

Cercetări privind optimizarea controlului stațiilor re tehnologizate sistem SCADA

Teză destinată obținerii titlului științific de doctor inginer
La Universitatea Politehnica Timișoara în domeniul
INGINERIE ELECTRICĂ
de către

Ing. Dumitru Ciulică

Conducător științific: prof. univ. dr. ing. Manuela Pănoiu

CUPRINS

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

1. INTRODUCERE	14
1.1. Oportunitatea și obiectivele tezei	14
1.2. Prezentarea conținutului tezei	15
2. SISTEMUL DE COMANDĂ CONTROL AL STAȚIILOR ELECTRICE. PROBLEME DE IDENTIFICARE ȘI CONDUCERE	17
2.1. Stadiul actual și tendințe ale sistemului de comandă control al stațiilor electrice re tehnologizate	17
2.2. Considerații tehnologice privind procesele de comutare	22
3. DECONNECTAREA DINAMICĂ	32
3.1. Stingerea arcului electric de curent alternativ	32
3.2. Modelarea restabilirii tensiunii între contactele echipamentelor de comutație.....	34
3.3. Deconectarea dinamică în instalațiile de curent alternativ	34
.....	38
3.4. Comutația controlată.....	38
3.5. Modelarea conectării controlate	38
4. OPTIMIZAREA TIMPULUI DE COMUTARE ÎN CAZUL ÎNTRERUPTOARELOR DE 400 KV CU SF6	41
4.1. Noțiuni generale despre optimizarea timpului de comutare.....	41
4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de compensare	47
4.3. Caracteristicile procesului de deconectare controlată a bobinei de compensare	54
5. CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE	63

5.1.	Aplicații principale pentru utilizarea controlere pe bază de programe pentru comutare.....	63
5.3.	Conectarea controlată a unei sarcini capacitive	71
5.4.	Deconectarea controlată a unei sarcini capacitive.....	81
5.5.	Conectarea controlată a unei sarcini inductive	82
5.6.	Deconectarea controlată a unei sarcini inductive	92
5.7.	Conectarea controlată a unui transformator de putere 93	
5.9.	Deconectarea necontrolată a unui transformator de putere	101
5.10.	Conectarea necontrolată a unui transformator de putere	104
6.	COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU.....	109
6.1.	Noțiuni generale	109
6.2.	Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui întrerupător	114
7.	COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL	131
7.1.	Prezentare sistem comandă control stație înaltă tensiune	131
7.2.	Comutarea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control.....	133
7.3.	Deschiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control.....	135
7.4.	Închiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control.....	142
7.5.	Deschiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul comanda control.....	150
7.6.	Închiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul comandă control.....	155

7.7. Reprezentare grafică comutarea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comanda control.....	161
.....	172
8. ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL COMANDĂ CONTROL.....	172
8.1. Noțiuni generale AAR.....	172
8.2. Structura ecran de comandă și supraveghere a serviciilor interne de curent alternativ prin intermediul sistemului SCADA.....	174
8.3. Schema normală de funcționare a AAR.....	176
8.4. Variante de funcționare a AAR.....	185
8.5. Simulare AAR.....	202
9. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII. PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE	239
9.1. Concluzii finale	239
9.2. Contribuții personale.....	240
9.3. Perspective de dezvoltare.....	241
BIBLIOGRAFIE.....	243

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

BI – blocul de intrare curenți
BU – blocul de intrare tensiuni
MUX – multiplexor analogic
CAN – blocul de conversie analog numerică
IN – blocul de intrări numerice
UC – unitatea de calcul
AT- autotransformator
BCU - terminalele numerice de comandă control
HMI – Interfața om-mașină (din engl. Human Machine Interface)
SCADA – Sistem de Monitorizare, Comandă și Achiziție de Date (din engl. Supervisory Control And Data Acquisition)
SCC – Sistem de Control Central
SLO – Stație de Lucru Operator
TNCC – Terminal Numeric de Comandă Control
TNP – Terminal Numeric de Protecție
UCCS – Unitate Centrală Control Stație: calculator care prelucrează datele necesare procesului de comandă control al stației
UCCP – Unitate Centrală Calculator Proces: calculator care rulează aplicația SCADA
TE – Transformator
LEA – Linie electrică aeriană
LES – Linie electrică subterană
TSI – Transformator de servicii interne
c.a. – Curent alternativ
c.c. – Curent continuu
TRV - tensiune de recuperare tranzitorie
RRDS - Rata de creștere a forței dielectrice
AAR – Anclanșarea automată a rezervei

LISTA DE TABELE

Tabel 4. 1 Tabel limite valori mărimi comutare	45
Tabel 4. 2 Valori variabile pentru închiderea întrerupătorului	45
Tabel 4. 3 Valori măsurate contacte poziție pentru închiderea întrerupătorului	45
Tabel 4. 4 Tabel cu unghiurile de defazaj raportat la timp	45
Tabel 4. 5 Tabel cu valorile măsurate ale timpului la operația de deschidere.....	46
Tabel 4. 6 Măsurători ale coeficientului de temperatură conectare.....	48
Tabel 4. 7 Evoluția factorului de timp ce depinde de tensiunea auxiliară la conectare	49
Tabel 4. 8 Evoluția factorului de timp ce depinde de presiunea de ulei a dispozitivului de acționare la conectare	50
Tabel 4. 9 Măsurători ale coeficientului de temperatură deconectare	55
Tabel 4. 10 Evoluția factorului de timp ce depinde de tensiunea auxiliară la deconectare	56
Tabel 4. 11 Evoluția factorului de timp ce depinde de presiunea de ulei a dispozitivului de acționare la deconectare	56
Tabel 4. 12 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă deconectare $t_1=13ms$	60
Tabel 4. 13 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă deconectare $t_1=27ms$	62
Tabel 5. 1 Succesiune conectare întreruptor pentru alimentare baterie de condensatoare	76

LISTA DE FIGURI

Fig.2. 1 Schema de principiu a unui terminal numeric de protecție	18
Fig.2. 2 Arhitectura sistemului de automatizare și teleconducere.....	21
Fig.2. 3 Vedere de ansamblu întrerupător	26
Fig.2. 4 Camera stingere întrerupător cu SF6 poziție deschis.....	27
Fig.2. 5 Camera stingere poziție întrerupător închis.....	28
Fig.2. 6 Transmiterea mișcării de deschidere de la dispozitivul de acționare	28
Fig.2. 7 Începutul deschiderii faza 1	29
Fig.2. 8 Efectul termic faza 2.....	29
Fig.2. 9 Întrerupere și ajutor la deschidere faza 3	29
Fig.2. 10 Întrerupere și ajutor la deschidere faza 4	30
Fig.2. 11 Vedere schematică a dispozitivului de acționare	30
Fig.3. 1 Deconectarea unui scurtcircuit la borne:	32
Fig.3. 2 Fenomene la trecerea curentului prin zero:.....	33
Fig.3. 3 Deconectarea dinamică a unui circuit de curent continuu.....	34
Fig.3. 4 Tensiunea tranzitorie de restabilire.....	35
Fig.3. 5 Schema electrică echivalentă la deconectarea dinamică a unui scurtcircuit trifazat	36
Fig.3. 6 Diagrama fazorială	37
Fig.3. 7 Regimul tranzitoriu de deconectare trifazată:.....	38
Fig.3. 8 Curba tensiune-timp:.....	39
Fig.3. 9 Curbele tensiunii sinusoidale și ale tensiunii de amorsare a spațiului dintre contacte	39
Fig. 4. 1 Schema monofilară de comutare	42
Fig. 4. 2 Controlul operației de închidere a întrerupătorului	44
Fig. 4. 3 Comutarea operației de deschidere întrerupător	44
Fig. 4. 4 Mărimile măsurate la operația de închidere monofazată la bobina de reactanță.....	46
Fig. 4. 5 Deschidere faza R șunt reactor.....	46
Fig. 4. 6 Schema electrică monofilară	48
Fig. 4. 7 Caracteristică coeficient funcție de temperatură conectare.....	48
Fig. 4. 8 Caracteristica timp funcție de tensiunea auxiliară la conectare	49
Fig. 4. 9 Caracteristica timp funcție de presiunea agentului hidraulic la conectare	50
Fig. 4. 10 Schema logică conectare întrerupător	52
Fig. 4. 11 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă închidere t comanda $t_1=5ms$	52
Fig. 4. 12 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă închidere $t_1=5ms$	53
Fig. 4. 13 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă închidere $t_1=41ms$	53
Fig. 4. 14 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă închidere $t_1=41ms$	54
Fig. 4. 15 Măsurători ale coeficientului de temperatură deconectare	55
Fig. 4. 16 Caracteristica timp funcție de tensiunea auxiliară la deconectare	56
Fig. 4. 17 Caracteristica timp funcție de presiunea agentului hidraulic la deconectare	57
Fig. 4. 18 Schemă logică deconectare întrerupător.....	59
Fig. 4. 19 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă deconectare $t_1=13ms$	59
Fig. 4. 20 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă deconectare $t_1=27ms$	61

Fig. 5. 1 Conectare baterie de condensator TF - Timpul pentru detectarea tensiunii de referință finale zero TV - Timp de așteptare TM = Timpul de așteptare al întreruptorului	69
Fig. 5. 2 Exemplu de calcul timp de deschidere întrerupător la test de duranță. 70	70
Fig. 5. 3 Alegerea momentului de conectare pentru o sarcină capacitivă	71
Fig. 5. 4 Apariția fenomenelor tranzitorii la conectare sarcină capacitivă baterie de condensatori	72
Fig. 5. 5 Conectare necontrolată sarcină capacitivă	75
Fig. 5. 6 Secvență de reprezentare a timpilor la conectare baterii de condensatoare cu frecvența 50Hz.....	76
Fig. 5. 7 Schema conectare trifazată baterie condensatoare	77
Fig. 5. 8 Succesiune conectare întreruptor pentru alimentare baterie de condensatoare acționate trifazat	77
Fig. 5. 9 Schema de comandă controlată baterie de condensatoare acționată monopolar	78
Fig. 5. 10 Reprezentare parametrilor comutare controlată baterie de condensatori cu acționare monopolară.....	78
Fig. 5. 11 Caracteristica timp funcție de temperatură conectare sarcină capacitivă 79	79
Fig. 5. 12 Caracteristica timp funcție de tensiune bobina anclanșare conectare sarcină capacitivă	79
Fig. 5. 13 Caracteristica timp funcție de presiunea agentului de acționare dispozitiv întreruptor	80
Fig. 5. 14 Reprezentare timpi comandă conectare sarcina capacitivă	80
Fig. 5. 15 Reprezentare tensiune și curent pe fiecare fază, la conectarea controlată sarcină capacitivă	81
Fig. 5. 16 Deconectarea controlată sarcină capacitivă.....	82
Fig. 5. 17 Caracteristica timp funcție de temperatură deconectare sarcină capacitivă	82
Fig. 5. 18 Caracteristica curent tensiune la deconectarea monofazată controlată a unei sarcini capacitive	83
Fig. 5. 19 Supratensiunea la deschiderea reactorului de șunt fără reaprindere	84
Fig. 5. 20 Tensiunea în reactorul de șunt în caz de reaprindere.....	85
Fig. 5. 21 Momentul de timp pentru deconectarea unei sarcini inductive	86
Fig. 5. 22 Apariția fenomenelor tranzitorii la deconectarea unei sarcini inductive bobină de compensare.....	87
Fig. 5. 23 Schema de comandă controlată a unei bobine de compensare acționată monopolar	90
Fig. 5. 24 Reprezentare conectare controlată bobină de compensare cu acționare monopolară.....	91
Fig. 5. 25 Reprezentare tensiune și curent pe fiecare fază, la conectarea controlată sarcină inductivă.....	91
Fig. 5. 26 Deconectarea controlată a unei sarcini inductive.....	92
Fig. 5. 27 Caracteristica timp funcție de temperatură deconectare sarcină inductivă	93
Fig. 5. 28 Variația curentului de mers în gol la un transformator de putere.....	94
Fig. 5. 29 Curbă de magnetizare din miezul transformatorului la tensiunea nominală	94
Fig. 5. 30 Curentul apărut la conectarea necontrolată a transformatorului de putere în gol	95
Fig. 5. 31 Schema comandă controlată transformator de putere	96
Fig. 5. 32 Conectarea monofazată controlată a unui transformator.....	97

12 Listă de figuri

Fig. 5. 33 Reprezentare timpi conectare monofazată controlată a unui transformator	98
Fig. 5. 34 Reprezentarea caracteristicii coeficientului de întârziere funcție de temperatura mediului ambiant unde se găsește întrerupătorul.....	98
Fig. 5. 35 Reprezentarea caracteristicii coeficientului de întârziere funcție de presiunea agentului de acționare al mecanismului întrerupătorului	99
Fig. 5. 36 Reprezentarea caracteristicii coeficientului de întârziere funcție de tensiunea auxiliară de curent continuu care alimentează bobina de conectare întrerupător	99
Fig. 5. 37 Deconectarea monofazată controlată a unui transformator	99
Fig. 5. 38 Deconectarea tripolară necontrolată a unui transformator de putere ..	100
Fig. 5. 39 Deconectarea necontrolată monofazată a unui transformator la tensiunea de fază maximă	101
Fig. 5. 40 Deconectarea necontrolată monofazată a unui transformator la tensiunea de fază minimă.....	102
Fig. 5. 41 Conectarea necontrolată trifazată a unui transformator	105
Fig. 5. 42 Conectarea necontrolată a unui transformator, tensiunea pe fază minimă	105
Fig. 5. 43 Conectarea necontrolată a unui transformator, tensiunea pe fază maximă	106
Fig. 6. 1 Reprezentarea elementelor rețelei conectate la bornele întrerupătorului	109
Fig. 6. 2 Curentul și tensiunea în jurul valorii de zero a curentului la întreruperea unui curent de scurtcircuit.....	110
Fig. 6. 3 Întreruperea curentului inductiv mic	111
Fig. 6. 4 Reprezentarea monofazată a unui circuit capacitiv.....	112
Fig. 6. 5. Caracteristica curentului și tensiunii în timpul întreruperii curentului capacitiv	113
Fig. 6. 6 Fenomenul de reaprindere în cazul întreruperii unui curent capacitiv....	113
Fig. 6. 7 Caracteristica curentului și tensiunii după întreruperea unei tensiuni a unei linii de înaltă tensiune:	114
Fig. 6. 8 Modelul matematic folosit în regim tranzitoriu	115
Fig. 6. 9 Caracteristica tensiunii și curentului monofazat în intervalul de timp $t = -100$ și 0 ms.....	116
Fig. 6. 10 Componentele caracteristicii tranzitorie în intervalul de timp $t = 0$ ms și 100 ms.....	116
Fig. 6. 11 Caracteristica curent de defect inductiv	117
Fig. 6. 12 Caracteristica curent tranzitoriu sarcină capacitivă.....	118
Fig. 6. 13 Caracteristica curentului tranzitoriu la modificarea coeficientului σ	118
Fig. 6. 14 Caracteristica de deconectare necontrolată în regim tranzitoriu	119
Fig. 6. 15 Comutarea controlată regim tranzitoriu	120
Fig. 6. 16 Comutarea controlată regim tranzitoriu moment comandă curent maxim	120
Fig. 6. 17 Comutarea controlată regim tranzitoriu sarcină capacitivă	121
Fig. 6. 18 Comutare controlată regim tranzitoriu sarcină inductivă	122
Fig. 6. 19 Deconectare controlată regim tranzitoriu	122
Fig. 7. 1 Ecran principal stația 110 kV	132
Fig. 7. 2 Ecran principal stația 220 kV	132
Fig. 7. 3 Ecran principal stația 400 kV	133
Fig. 7. 4 Ecran de comandă al unei celule de linie	134
Fig. 7. 5. Ecran fereastră deschidere întrerupător	136

Fig. 7. 6. Ecran deschidere controlată întrerupător	137
Fig. 7. 7 Ecran comandă celulă întreruptor deschis	143
Fig. 7. 8 Ecran închidere întreruptor	144
Fig. 7. 9 Ecran închidere controlată întreruptor	145
Fig. 7. 10 Ecran comandă celulă autotransformator	151
Fig. 7. 11 Ecran deschidere întreruptor AT	152
Fig. 7. 12 Ecran deschidere controlată întreruptor AT	153
Fig. 7. 13 Ecran închidere întreruptor AT	156
Fig. 7. 14 Ecran închidere controlată AT	157
Fig. 7. 15 Ecran deschidere controlată a unui întreruptor de linie cu opțiunea trasare grafic	162
Fig. 7. 16 Ecran reprezentare grafică operația de deschidere controlată a unui întreruptor de linie	163
Fig. 7. 17 Ecran închidere controlată întrerupător linie și opțiunea trasare grafic	164
Fig. 7. 18 Ecran reprezentare grafică operația de închidere controlată a unui întreruptor de linie	164
Fig. 8. 1 Schemă simplă de AAR	173
Fig. 8. 2 Variația tensiunii pe bare funcție de timp la funcționarea schemei AAR.	173
Fig. 8. 3 Ecranul de comandă și supraveghere a serviciilor interne de curent alternativ	175
Fig. 8. 4 Varianta 1 AAR	176
Fig. 8. 5 Varianta 1A AAR	177
Fig. 8. 6 Varianta 2 AAR	177
Fig. 8. 7 Varianta 2A AAR	178
Fig. 8. 8 Varianta 3 AAR	179
Fig. 8. 9 Varianta 3A AAR	179
Fig. 8. 10 Varianta 3B AAR	180
Figura 8. 11 Varianta 4 AAR	181
Fig. 8. 12 Varianta 4A AAR	181
Fig. 8. 13 Varianta 5A AAR	182
Fig. 8. 14 Varianta 5A AAR	183
Fig. 8. 15 Varianta 6 AAR	183
Fig. 8. 16 Varianta 6A AAR	184
Fig. 8. 17 Varianta 7 AAR	184
Fig. 8. 18 Varianta 7A AAR	185
Fig. 8. 19 Funcționare AAR din varianta 1	187
Fig. 8. 20 Funcționare AAR din varianta 1A	188
Fig. 8. 21 Funcționare AAR din varianta 2	189
Fig. 8. 22 Funcționare AAR din varianta 2A	190
Fig. 8. 23 Funcționare AAR din varianta 3A	191
Fig. 8. 24 Funcționare AAR din varianta 3 scenariul 2	193
Fig. 8. 25 Funcționare AAR din varianta 3A scenariul 1	194
Fig. 8. 26 Funcționare AAR din varianta 6	196
Fig. 8. 27 Funcționare AAR din varianta 4 secția 2 retrasă	197
Fig. 8. 28 Funcționare AAR din varianta 4A secția 2 retrasă	198
Fig. 8. 29 Funcționare AAR din varianta 5	199
Fig. 8. 30 Funcționare AAR din varianta 5A	201
Fig. 8. 31 Panou comandă și semnalizare AAR	202

1. INTRODUCERE

1.1. Oportunitatea și obiectivele tezei

Energia electrică este cea mai utilizată formă de energie. Furnizarea de energie electrică este vitală pentru aproape toate activitățile noastre zilnice, variind de la utilizarea calculatoarelor personale la alimentarea echipamentelor de infrastructură precum: telecomunicații, iluminat și încălzire. Astfel această energie trebuie să îndeplinească unele cerințe standard privind calitatea și disponibilitatea.

Calitatea alimentării cu energie electrică este dificil de definit și de evaluat. Dar mai ales, ea poate fi definită în termeni de evaluare cu valori nominale, cum ar fi tensiunea și frecvența. De asemenea, poate include definiții despre nivelul perturbațiilor, cum ar fi: armonice, scăderile de tensiune și supratensiuni. Disponibilitatea de energie electrică la furnizarea de energie este destul de ușor de definit și ar trebui să fie disponibilă în momentul când aceasta este necesară. Adică, orice utilizator poate primi în orice moment energia necesară la parametri de calitate.

Tendințele de rețehnologizare a sistemului energetic presupun înlocuirea echipamentelor de comutație cu echipamente moderne, de exemplu: întreruptoarele cu SF₆, autotransformatoare, transformatoare și bobine de compensare, etc. Sistemul de automatizare SCADA oferă o soluție de sistem pentru efectuarea eficientă a tuturor sarcinilor dintr-o stație electrică. Cercetarea se va îndrepta pe două dintre roluri respectiv autodiagnoza și comanda echipamentelor.

Deoarece în instalațiile de înaltă tensiune operațiile de comutare au ca efect uzura întreruptoarelor, pentru a reduce aceasta se va realiza un program care să fie implementat în cadrul sistemelor de comandă control a stației electrice și care să funcționeze numai în cazul comenzilor manuale de conectare și deconectare.

Rolul sistemului de comandă control este acela de a comanda, măsura precum și supraveghea diferite mărimi, cum ar fi: tensiunea de bară, tensiunile de linie, curenții de linie, mărimi analogice precum și poziția echipamentelor primare. Toate acestea se folosesc de programul de comutare controlată.

Teza de doctorat se dorește a fi un studiu laborios cu privire la optimizarea comenzii și controlul stațiilor, unde ca elemente de comutație sunt întreruptoare cu SF₆ și sistemul de comandă control se face cu ajutorul sistemului SCADA. Programul instalat în sistemul de comandă control trebuie să facă o analiză în timp real a tensiunii și curentului pentru optimizarea punctului de comutare la întrerupătorul de circuit SF₆.

Într-o stație de transformare 400/220/110 kV există echipamente foarte scumpe care trebuie protejate la efectele negative ale proceselor de comutație cum ar fi:

- Autotransformatoare 220/110 kV și 400/220kV de putere care în rețea au o sarcină inductivă, deci trebuie să se folosească un algoritm de comutare pentru sarcină inductivă.
- Bobine de compensare, care în rețea se comportă ca o sarcină inductivă.
- Baterii de condensatoare, care în rețea se comportă ca o sarcină capacitivă, deci trebuie să se folosească un algoritm de comutare pentru sarcina capacitivă.
- LEA linii electrice aeriene de 110kV, 220 kV, 400 kV care în funcție de sarcina pe care o vehiculează pot să funcționeze cu o sarcină capacitivă, inductivă sau

combinat, deci în cazul acesta algoritmul trebuie să verifice în momentul comutării tipul de sarcină.

În funcție de tipul sarcinii din linie, punctul de comutare se alege la trecerea prin zero a tensiunii sau curentului.

Un alt studiu din această teză de doctorat este optimizarea alimentării stației pe servicii interne de curent alternativ AAR, anclanșarea automată a rezervei în situații limită în funcție de numărul de surse aflate în stație. O serie de echipamente importante din stație: calculatoare de proces, mecanisme de acționare la echipamentele primare, baterii de răcire, autotransformatoare, sunt alimentate cu curent alternativ iar nealimentarea acestora ar crea o serie de probleme în instalație în funcție de timpul de nefuncționare.

1.2. Prezentarea conținutului tezei

Lucrarea care se constituie ca o sinteză a cercetărilor efectuate de autor pe parcursul întregului stagiul de doctorat este structurată pe 8 capitole desfășurate pe 249 pagini, 152 figuri, 14 tabele și 110 referințe bibliografice.

O parte dintre contribuțiile aferente tezei au fost validate de către autor prin publicarea de lucrări științifice, după cum urmează: 2 lucrări publicate în volumele unor conferințe indexate ISI; 3 lucrări publicate în volumele unor conferințe indexate BDI.

În **capitolul 1** sunt prezentate motivația și obiectivele tezei, avantajele și dezavantajele comutării controlate, problemele care pot să apară în timpul comutării normale, precum și conținutul tezei.

Capitolul 2 prezintă informațiile necesare cunoașterii sistemului de comandă control, stadiul actual și tendințe ale sistemului de comandă control al stațiilor electrice re tehnologizate.

De asemenea este prezentată o clasificare a întreruptoarelor de înaltă tensiune folosite, rolul acestora precum și condițiile pe care trebuie să le îndeplinească acestea.

Pentru o cunoaștere cât mai precisă a întreruptoarelor cu SF₆ sunt prezentate elementele constructive, regimurile de funcționare, părțile componente și caracteristicile de funcționare ale acestora, iar pentru o cunoaștere cât mai precisă a procesului de comutare sunt prezentate operațiile și fazele procesului de închidere sau deschidere.

De asemenea este prezentat mecanismul cu resoarte a dispozitivului de acționare al întreruptorului cu SF₆ precum și fenomenele principale ale procesului de comutare.

Capitolul 3 prezintă informațiile necesare cunoașterii procesului de stingere a arcului electric de curent alternativ și modelele matematice abordate în literatura de specialitate care simulează comportamentul arcului electric, respectiv modelarea restabilirii tensiunii între contactele echipamentelor de comutație.

Sunt prezentate și formulele matematice care definesc fenomenul de deconectare dinamică în instalațiile de curent alternativ precum și modelul conectării controlate prezentat în literatura de specialitate.

În **capitolul 4** s-a realizat un model de comutare controlată prin exemplificarea timpilor necesari procesului de comutare. Astfel s-au realizat două simulări pentru operația de conectare a unei sarcini inductive cu reprezentare grafică a principalelor mărimi ce intervin în proces, schema logică ce stă la baza calcului timpului de comutare precum și valorile măsurate.

Tot în acest capitol s-au realizat două simulări pentru operația de deconectare controlată cu algoritmul folosit, reprezentarea grafică a operației precum și compararea cu modelul din literatura de specialitate.

Capitolul 5 prezintă un program de simulare pentru comutarea controlată a principalelor tipuri de sarcini.

Au fost sintetizate și analizate mai multe tipuri de comutări considerate reprezentative pentru procesul avut în vedere: deconectare controlată a unei sarcini capacitive; conectare controlată a unei sarcini capacitive; deconectare controlată a unei sarcini inductive; conectare controlată a unei sarcini inductive; deconectare controlată a unui transformator de putere; conectare controlată a unui transformator de putere.

Comutările controlate au fost analizate și comparate cu comutările necontrolate pentru a evidenția care dintre acestea oferă performanțe mai bune.

În **capitolul 6** este tratată problema comutării controlate a întrerupătoarelor de înaltă tensiune în regim tranzitoriu. În prima parte sunt prezentate schemele echivalente pe tipuri de defecte.

Au fost sintetizate și analizate mai multe tipuri de comutări, considerate reprezentative pentru regimul tranzitoriu, în funcție de:

- tipul sursei: caracter capacitiv, caracter rezistiv, caracter inductiv.
- tipul sarcinii: caracter capacitiv, caracter rezistiv, caracter inductiv.
- locul de defect: apropiat sau depărtat.

Tot în acest capitol s-au realizat simulări pentru operația de deconectare controlată în regim tranzitoriu cu diferite tipuri de defecte.

Capitolul 7 prezintă sinteza studiului procesului de comutare controlată a întrerupătoarelor de înaltă tensiune cu ajutorul sistemului comandă control.

În acest capitol s-au aplicat studiile din capitolele precedente prin realizarea simulării comutării controlate în: deschiderea și închiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul de comandă control; deschiderea și închiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul comanda control.

În **capitolul 8** este studiată anclanșarea automată a alimentării de rezervă cu sistemul de comandă control pentru serviciile interne de curent alternativ cu 3 surse de bază și un grup electrogen ale unei stații electrice.

În acest capitol se simulează toate defectele posibile care pot să apară la alimentarea serviciilor interne, precum și rezolvarea acestor probleme cu ajutorul unor algoritmi instalați în sistemul de comandă control.

2. SISTEMUL DE COMANDĂ CONTROL AL STAȚIILOR ELECTRICE. PROBLEME DE IDENTIFICARE ȘI CONDUCERE

2.1. Stadiul actual și tendințe ale sistemului de comandă control al stațiilor electrice rețehnologizate

În prezent, sistemele de alimentare pe plan național sunt rețele foarte complexe, formate din complexe energetice de producție și sisteme de distribuție-transport pentru a furniza energia electrică la consumatorii finali. Pentru a menține calitatea energiei furnizate în astfel de rețele complexe, sistemele de control și protecție ar trebui să fie proiectate pentru a face față oricăror condiții nefavorabile de funcționare cum ar fi: defectele, suprasarcina, scurtcircuitul. Orice defect într-un sistem de alimentare ar trebui să fie detectat imediat și sursa de defect izolată de sistem. Eliminarea acestui defect se realizează prin operații de comutare rapidă.

Tehnologia releelor de protecție electromagnetice se caracterizează printr-un număr mare de echipamente, fiecare dintre ele concepute pentru o aplicație distinctă, interconectate între ele prin fire conductoare în vederea îndeplinirii funcțiilor de protecție, control și măsură. Se constată astfel un număr mare de conexiuni între echipamentul primar și cel secundar.

Progresul realizat în domeniul electronicii digitale face astăzi ca majoritatea funcțiilor echipamentului secundar din stațiile electrice de transformare să poată fi implementate cu ajutorul modulelor software care rulează pe o platformă bazată pe calculator.

Releele de protecție electromecanice și electromagnetice au arătat de-a lungul anilor o fiabilitate foarte bună, însă necesită verificarea periodică pentru identificarea posibilelor defecțiuni. Dincolo de diferența tehnologică, terminalele digitale de protecții aduc o noutate importantă prin capacitatea de autotestare, astfel probabilitatea de funcționare incorectă, respectiv nefuncționare în caz de defect pe echipamentul protejat, este mult mai mică.

Un echipament digital înglobează mai multe funcții, tratate până acum separat, în echipamente distincte, precum și un număr de intrări analogice și numerice, respectiv ieșiri numerice. Numărul și felul intrărilor și ieșirilor sunt determinate fizic de partea hardware, iar funcționalitatea sistemului este determinată de partea software. Unitățile de prelucrare microprocesoare determină puterea de calcul. La un moment dat, puterea de calcul necesară reprezintă de fapt suma timpilor de prelucrare ai diferitelor funcțiuni.

Tendințele de rețehnologizare a sistemului energetic presupune înlocuirea echipamentelor secundare precum și înlocuirea echipamentelor de comutație cu echipamente moderne. [1]

BI – blocul de intrare curenți, care are rolul de a prelua de la TC curenții de linie și de a-i transforma în semnale proporționale cu aceștia și compatibile cu circuitele electronice.

BU – blocul de intrare tensiuni, care adaptează tensiunea din secundarul TT la valori compatibile cu circuitele electronice.

MUX – multiplexor analogic, bloc de distribuire date.

CAN – blocul de conversie analog numerică, având rolul de a transforma datele analogice culese din proces în mărimi numerice (digitale), mărimi ce vor putea fi prelucrate de sistemul de calcul și comandă în timp real.

18 SISTEMUL DE COMANDĂ CONTROL AL STAȚIILOR ELECTRICE.PROBLEME DE IDENTIFICARE ȘI CONDUCERE-2

IN – blocul de intrări numerice, care are rolul, pe de o parte, de a furniza informații cu privire la poziția întreruptorului, separatoarelor etc., iar pe de altă parte, de a separa galvanic echipamentele de achiziție a datelor din proces față de echipamentele de prelucrare a acestora.

UC – unitatea de calcul, care are rolul de a comanda prelucrarea pe baza programelor de protecție a datelor culese din sistem și, în eventualitatea unui defect pe echipamentul protejat, să comande declanșarea întreruptorului prin echipamentul de execuție IE.

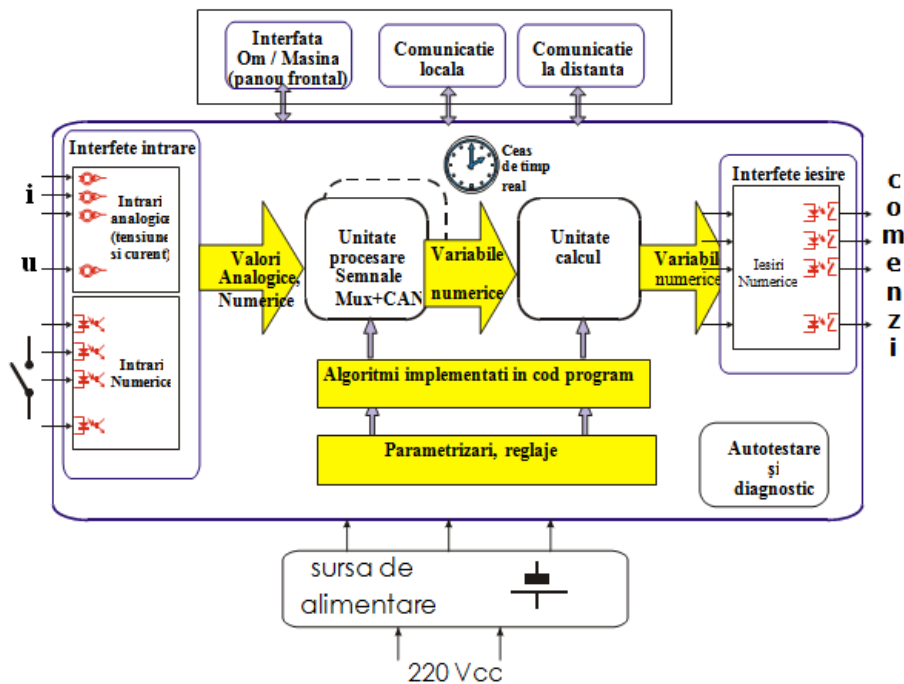


Fig.2. 1 Schema de principiu a unui terminal numeric de protecție

Funcțiile interfeței om mașină, respectiv ale comunicației, trebuie să permită utilizatorului să definească funcționalitatea echipamentului. [2]

Operațiile principale în acest sens sunt :

- activarea și configurarea funcțiilor de control, protecție, automatizare și monitorizare.
- atașarea intrărilor și ieșirilor echipamentului la funcțiile activate.
- specificarea tipului și caracteristicilor intrărilor și ieșirilor.
- testare și informare.

Combinarea mai multor funcțiuni într-un singur echipament presupune că, la o eventuală cădere a echipamentului, toate funcțiunile sunt pierdute. Pe de altă parte, integrarea mai multor funcțiuni într-un echipament are efecte benefice asupra fiabilității.

Autotestarea și autodiagnosticarea sunt active permanent și detectează imediat apariția unui defect care poate duce la funcționarea incorectă, astfel testarea periodică se poate face la intervale mult mai mari de timp.

2.1. Stadiul actual și tendințe ale sistemului de comandă control al stațiilor electrice rețehnologizate 19

Funcțiile de protecție ale echipamentului trebuie să fie sigure, rapide și să nu fie niciodată blocate de alte funcții.

Funcțiile cu rol de evaluare (măsură, jurnal de evenimente), nefiind esențiale pentru protecție, sunt puse pe un nivel de prioritate inferior în mecanismul concurenței la resursele echipamentului (procesor, memorie, etc.)

Funcțiile de comunicație respectă aceleași prevederi cu cele de mai sus excluzând situațiile în care realizarea funcțiilor de protecție depind de comunicație, situație în care comunicația devine acțiune prioritară alături de protecție.

Funcțiile de autotestare și autodiagnostic au rolul de a valida integritatea funcțională a echipamentului. Aceste funcții sunt întrerupte numai de funcțiile de protecție.

Tendința actuală privind tratarea protecțiilor și controlului se poate împărți în 2 categorii: [3]

- Sisteme coordonate de protecție și control – sistemul de protecții și cel de control își păstrează autonomia unul față de celălalt, însă prevăd funcții de colaborare reciprocă. Cele două subsisteme comunică transmițându-și reciproc informații globale rezultate în urma prelucrării mărimilor de proces.
- Sisteme integrate de protecție și control – sistemul de protecție și cel de control sunt concepute ca un tot unitar, utilizând în comun resursele hardware și software.

Echipamentele utilizează tehnicile de măsurare numerică. Procesarea numerică completă a semnalului oferă o precizie ridicată a măsurării și o constantă pe termen lung, dar și o prelucrare sigură a armonicilor și proceselor tranzitorii. Tehnicile de filtrare digitală și stabilizare adaptivă a valorilor măsurate asigură cea mai înaltă securitate în stabilirea răspunsurilor corecte ale echipamentelor. Erorile de echipament sunt recunoscute și anunțate rapid prin intermediul rutinelor integrate de automonitorizare. Defectarea protecției în timpul unei avarii este astfel evitată aproape în întregime.

Se pot alege echipamente cu funcții separate de protecție și control al procesului sau se poate selecta o soluție ce implementează ambele cerințe.

Sunt disponibile următoarele soluții:

- protecția și controlul în echipamente diferite;
- echipamente de control ce oferă posibilitatea controlului unui întreruptor sau echipament de comutație primară printr-o interfață de comunicație;
- echipamente având proprietăți combinate care, pe lângă funcțiile de protecție, oferă posibilitatea manevrării la fața locului a mai multor întreruptoare și echipamente de comutație primară și funcții de comandă pentru stații de transformare extinse.

Sistemul integrat de comandă, control, protecție și automatizare dintr-o celulă (linie/cuplă/AT) include subsistemul de comandă, control și subsistemul de protecție, automatizare.

De asemenea, pe lângă sistemul integrat de comandă, control, protecție și automatizare, instalațiile de circuite secundare pentru celule include și componentele sistemului local de contorizare.

Subsistemul de comandă, control pentru celule este realizat într-o configurație distribuită, ierarhizată cu amplasare descentralizată. Acesta îndeplinește toate funcțiile tipice de supraveghere, control și achiziția de date a echipamentelor primare din celulă.

Sistemul este de tip deschis atât hardware cât și software.

Comanda și achiziția de date aferente celei sunt incluse în terminalele numerice de comandă control (BCU). Echipamentele BCU utilizate într-o celulă sunt

20 SISTEMUL DE COMANDĂ CONTROL AL STAȚIILOR ELECTRICE. PROBLEME DE IDENTIFICARE ȘI CONDUCERE-2

identice, redundante, montate de regulă în dulapuri separate, complet echipate și cablate.

Alimentarea echipamentelor BCU este realizată din sursa de tensiune operativă a stației (curent continuu). Redundanța echipamentelor BCU, se realizează prin amplasarea a câte două echipamente BCU conectate printr-o rețea, de asemenea redundantă. În regimul de funcționare normală, unul din echipamentele BCU este în funcțiune, iar celălalt în rezervă. Ambele echipamente BCU sunt conectate la înfășurări separate ale transformatoarelor de măsură pentru achiziția de date analogice, respectiv la circuitele secundare pentru achiziția datelor binare. În cazul în care echipamentul BCU are integrate funcțiuni de protecție acesta este conectat de regulă la înfășurări secundare de protecție ale transformatoarelor de curent. Ambele echipamente BCU pot comanda echipamentele primare sau/și secundare de comutație. În funcționare normală, numai echipamentul BCU aflat în funcțiune va putea emite comenzile spre circuitele primare sau/și secundare de comutație. În cazul unui defect care afectează echipamentul BCU aflat în funcțiune sau circuitele de comunicație aferente acestuia, defectul trebuie sesizat și apoi printr-o logică adecvată se va transfera controlul, inclusiv partea de comenzi către echipamentul BCU aflat în rezervă, fără temporizare și fără pierderea datelor achiziționate.

Stația poate fi comandată și supravegheată local din dulapurile comandă, control, protecție și automatizare destinate acestui scop (nivelul "celulă"), din camera de control a stației (nivelul "stație") și de la distanță.

Subsistemul de control la nivel celulă îndeplinește următoarele funcțiuni principale:

1. Funcții de achiziție date:

- achiziția și prelucrarea de date logice în timp real (indicarea poziției echipamentelor primare, semnalizări preventive și semnalizări de avarie);
- achiziția și prelucrarea de date analogice în timp real (măsurarea mărimilor electrice);
- achiziția și prelucrarea de date pentru subsistemul de contorizare.

2. Funcții de control:

- comanda la distanță a echipamentelor de comutație primară;
- existența unei interfețe de control/acces și interogare a echipamentelor;
- comanda locală a echipamentelor de comutație primară din celula proprie prin intermediul interfeței proprii de operare om-mașină cu: verificarea condițiilor de interblocare a echipamentelor primare; verificarea condițiilor de sincronism sau verificarea condiției de lipsă tensiune pe linie/bare.

3. Funcții de monitorizare / prelucrare date:

- gestionarea alarmelor;
- înregistrarea și stocarea evenimentelor;
- transmisia de date către unitatea centrală redundantă a subsistemului de control la nivel "stație".

4. Funcții de interfațare / comunicație:

- afișarea schemei monofilare a celulei pe ecranul LCD;
- afișarea mărimilor caracteristice necesare supravegherii și operării;
- autosupravegherea și autodiagnoza continuă a echipamentului.

5. Funcții de interblocare

Echipamentul BCU (în funcțiune) realizează blocajele dintre echipamentele primare ale celulei și ale celorlalte celule, pornind de la schema monofilară primară a stației. Inter blocajele de la nivelul celulei trebuie să rămână funcționale și în cazul indisponibilității comunicației între nivelul celulă și nivelul central, precum și în cazul

2.1. Stadiul actual și tendințe ale sistemului de comandă control al stațiilor electrice re tehnologizate 21

defectării unui BCU aparținând altei celule. Condițiile de interblocare sunt verificate permanent prin funcția de autotestare a echipamentului de control. [4]

Posibilitățile de funcționare/anulare a inter blocajelor sunt realizate astfel: "hard" prin intermediul unui comutator montat în dulapul celulei; printr-un buton "soft" în ecranul HMI. După o comandă opțională cu "anularea inter blocajelor", trebuie ca revenirea lor în funcțiune să se realizeze automat după o comutare a unui echipament primar sau în maximum 120 s din momentul dezactivării.

De asemenea, comenzile efectuate de la panoul frontal al BCU trebuie să asigure rezerva conducerii stației pentru funcțiile de comandă control la nivelul celulei.

Comunicația dintre BCU și celelalte componente ale subsistemului de comandă, control este realizată prin protocolul de comunicație definit de standardul IEC 61850, iar suportul fizic de transmisiune este realizat printr-o rețea redundantă de cabluri din fibră.

Sistemul de automatizare și teleconducere SICAM PAS este un sistem deschis care utilizează componente standardizate permițând realizarea unei configurații flexibile. Sistemul poate integra și poate fi integrat în alte sisteme de automatizare deoarece utilizează interfețe standardizate.

Dispozitivele pentru automatizare pot fi integrate și configurate prin utilizarea SICAM PAS UI software.

Sistemul SICAM PAS dispune pentru testare și diagnosticare de instrumente software dedicate.

Sistemul SICAM PAS este proiectat să îndeplinească următoarele funcțiuni generale:

- Telecomunicație;
- Monitorizare;
- Automatizare;
- Comanda locală / distanță cu inter blocaje pe stație;
- Integrarea releelor de protecție și a unităților de conducere pe celulă;
- Editarea și afișarea informațiilor de proces în stație, utilizând SICAM PAS CC (CC: Control Centre);
- Arhivarea și afișarea comenzilor și evenimentelor din stație utilizând SICAM PAS CC.

Arhitectura sistemului de automatizare și teleconducere SICAM PAS pentru o stație 400/220/110kV este descrisă în figura 2. [5] [6]

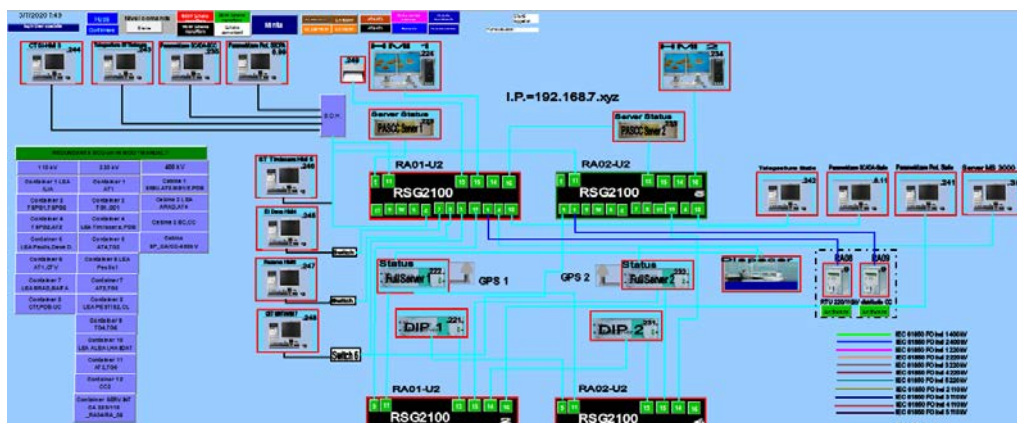


Fig.2. 2 Arhitectura sistemului de automatizare și teleconducere

2.2. Considerații tehnologice privind procesele de comutare

Tendențele de re tehnologizare a sistemului energetic presupune înlocuirea echipamentelor de comutație cu echipamente moderne, de exemplu: întreruptoare cu SF₆.

Operațiunile de comutare sunt efectuate nu numai pentru izolarea defectelor, ci și pentru conectarea sau deconectarea părților rețelei pentru a atinge scopul de izolare a părților unui sistem pentru mentenanță sau echilibrarea producției și consum. Orice operație de comutare înseamnă o schimbare a stării sistemului. Deoarece din punct de vedere fizic nu este posibilă comutarea perfectă între două zone, deci va fi inevitabil un răspuns tranzitoriu în cadrul sistemului în timpul acestei schimbări, care poate fi sub formă de supracurenți sau supratensiuni.

Lucrarea își propune optimizarea comenzii și controlul stațiilor, unde ca elemente de comutație sunt întreruptoare cu SF₆ și sistemul de comandă control se face cu ajutorul sistemului SCADA

2.2.1. Tipuri de întrerupătoare

Întrerupătoarele de circuit sunt definite de Instituția de electricitate și electronică Inginerii (IEEE) ca „un dispozitiv mecanic capabil să întrerupă, să tranziteze și să întrerupă curenții în condiții normale de circuit și, de asemenea, întreruperea, transportul pentru timpul specific și curenții de rupere în condiții de circuit anormale specificate cum ar fi cele de scurtcircuit ” [7] [8].

Întreruptorul este echipamentul electric care trebuie să efectueze operația de comutare (închidere și deschidere) a circuitelor primare. Sarcina principală a acestuia este de a restabili sau întrerupe curentul de sarcină în urma acțiunii unui operator și de a întrerupe curenții de scurtcircuit în mod automat ca urmare a acțiunii unei protecții.

Funcția cea mai importantă a unui întreruptor de înaltă tensiune, deși nu cea mai frecventă, se rezumă la deschiderea automată a circuitelor electrice în momentul apariției scurtcircuitelor. [9]

Prin urmare întreruptorul este unul dintre echipamentele cele mai importante din cadrul stațiilor electrice, el asigurând deschiderea circuitelor atunci când sunt străbătute de curenții de scurtcircuit, asigurându-se astfel prevenirea și avarierea altor elemente de circuit. Este adevărat că decizia de declanșare a întrerupătorului este efectuată de sistemele de protecție sau de către operator. [10]

Pentru a-și putea îndeplini rolul, întrerupătoarele sunt prevăzute cu diverse dispozitive de acționare.

Întreruptoarele sunt dispozitivele mecanice utilizate într-un sistem electric pentru conectarea și deconectarea părților rețelei. Sunt concepute pentru a rezista cel mai mult la șocuri, stresuri severe suferite de orice echipament de pe un sistem de alimentare și de a proteja alte echipamente de la distrugere, în special în condiții de avarie.

Principiile de comutare controlate și detaliile aplicației depind foarte mult de comportamentul întrerupătorului care trebuie utilizat. În consecință, pentru a înțelege modul de funcționare a întreruptoarelor și cum este influențată funcționarea de diverși factori, este importantă dezvoltarea unei scheme de control adecvată. În contextul

2.2. Considerații tehnologice privind procesele de comutare 23

acestui studiu de teză, este important să oferim o descriere despre diferite tipuri de întrerupătoare de înaltă tensiune cu SF₆.

Analiza detaliată a întreruptoarelor de înaltă tensiune, chiar dacă sunt limitate numai la acestea, utilizarea gazului SF₆ ca mediu de întrerupere constituie un domeniu important de cercetare care implică combinarea unei game variate de discipline și care variază de la fizica arcului, la ingineria de înaltă tensiune și o analiză a sistemului de acționare la inginerie mecanică.

Cercetarea următoare este de a identifica acele aspecte ale întreruptoarelor de înaltă tensiune SF₆, care au efect direct asupra dezvoltării pentru aplicația de comutare controlată.

Un întrerupător trebuie să îndeplinească patru funcții principale:

1. Transportă curentul nominal la tensiune și frecvență de putere, atunci când este în poziție închis;
2. Întrerupe curenții nominali la tensiune nominală și frecvență de putere la executarea unei comenzi;
3. Păstrează gradul de izolație, dielectricul nominal (frecvența de putere și impulsul) care rezistă la niveluri atunci când este în poziție deschisă;
4. Își schimbă poziția de la deschis la închis și invers într-un timp foarte scurt.

Dacă procesele fizice care apar în echipamentele de comutație, la conectarea circuitelor, solicită mai puțin întrerupătorul, deconectarea dinamică, însoțită de amorsarea arcului electric între contacte, ridică dificile probleme de ordin tehnic. În acest caz apare o solicitare suplimentară, produsă ca urmare a transferului de energie termică din coloana arcului spre componentele constructive din interiorul întrerupătorului, ceea ce face ca temperatura acestora să crească rapid, la valori foarte mari.

Cea mai solicitantă funcție dintre acestea este întreruperea curenților nominali la tensiune nominală și frecvența rețelei, deoarece întrerupătorul trebuie să funcționeze satisfăcător într-o gamă largă de condiții de comutare posibile, variind de la curenți de sarcină mici, care pot fi puternic inductivi, fie puternic capacitiv la curentul de defect asimetric nominal. Dielectric, termic și uniform tensiunile mecanice care solicită întrerupătorul cu ocazia acestor condiții variază mult de la caz la caz și se dorește ca întrerupătorul să funcționeze chiar și în cele mai defavorabile condiții. Pentru a răspunde acestei cerințe, întreruptoarele sunt proiectate și testate în funcție de un instrument foarte extensiv, gama de cerințe de comutare nominale cu cerințele de performanță asociate [11] [12].

O altă solicitare solicitantă a întreruptoarelor este schimbarea poziției într-un interval de timp foarte scurt. Această cerere oneroasă este îndeplinită de operarea puternică a întreruptoarelor de înaltă tensiune care asigură o energie în interval de 1 kJ la 20 kJ în funcție de caracteristicile individuale ale întrerupătorului.

Întreruptoarele de înaltă tensiune sunt aparate destinate comutației circuitelor cât și protecției acestora, fiind necesar să comute curentul de scurtcircuit. Din această cauză întrerupătoarele sunt cele mai importante echipamente din circuitele primare ale unei stații electrice.

După principiul de stingere a arcului electric și mediul de stingere acestea pot fi:

- Cu ulei mult;
- Cu ulei puțin;
- Cu aer comprimat;
- Cu hexafluorură de sulf;
- Cu suflaj magnetic;
- Cu vid.

În funcție de felul dispozitivului de acționare acestea pot fi:

24 SISTEMUL DE COMANDĂ CONTROL AL STAȚIILOR ELECTRICE. PROBLEME DE IDENTIFICARE ȘI CONDUCERE-2

- Electric;
- Pneumatic;
- Hidraulic.

Polii unui întreruptor pot fi acționați individual de către un mecanism independent pentru fiecare pol sau pot fi acționate tripolar de un mecanism comun. Primul tip de întreruptor menționat este, în general, denumit monopolar, în timp ce acesta din urmă este denumit tripolar. În unele cazuri, este introdusă o întârziere mecanică a mecanismului de acționare prestabilită între polii întrerupătorului. Acest tip de operație este în general menționat ca operație de întârziere pe poli.

Majoritatea întreruptoarelor produse astăzi și în ultimele decenii sunt de tip SF6 și chiar dacă există alte tipuri de întrerupătoare în prezent în exploatare, este clar că acestea vor fi, de asemenea, înlocuite cu întrerupătoarele cu SF6 în viitorul apropiat.

Întrerupătoarele care folosesc gaz SF6 au fost supuse unei evoluții mai mult de peste 40 de ani. Proiectările timpurii s-au bazat pe două întrerupătoare de presiune unde arcul electric a fost răcit prin gazul SF6 comprimat dintr-un rezervor separat [13] [14] HV modern. Întreruptoarele SF6 sunt întrerupătoare cu o singură presiune, unde gazul SF6 [15] este comprimat de pistoanele conectate la mecanismul de funcționare. Întreruptoarele SF6 moderne sunt în general clasificate în două grupuri, acestea sunt tip puffer și auto-sufraj.

2.2.2. Arcul electric

Procesul de deconectare dinamică a circuitelor electrice parcurse de curent este însoțit de amorsarea, între contactele echipamentului de comutație care se numesc și electrozi, a unui arc electric, prin coloana căruia curentul continuă să circule.

Arcul electric format la deconectare reprezintă o descărcare autonomă, prin care spațiul dintre contactul fix și cel mobil, care este electroizolant, devine bun conducător de electricitate, caracterizat prin densitate de curent și conductivitate de valori mari, apariția unei temperaturi mari, presiune mai mare decât cea normală înainte de deconectare și gradient de potențial (intensitate a câmpului electric) de valoare mică. [16]

Emisia electronică este generată de existența unei diferențe de potențial între contacte, în aceste condiții ea producându-se chiar la distanțe mai mari între anod și catod. Suprapunerea câmpului electric conduce la micșorarea energiei cinetice, necesare părăsirii electronilor de pe catod.

Electronii astfel extrași de pe suprafața catodului, accelerați spre anod în câmpul electric format, produc ionizări prin ciocniri cu particule neutre, astfel între anod și catod se amorsează o descărcare prin arc. Aceasta este întreținută prin creșterea în avalanșă a numărului de particule cu sarcină electrică din spațiul dintre electrozi, atât pe seama emisiei termoelectrice la suprafața catodului, a cărei temperatură crește rapid în timp, cât și datorită ionizării termice în coloana arcului, ca urmare a creșterii temperaturii acesteia la valori de $5 \cdot 10^4 \dots 10^4 \text{ }^\circ\text{K}$

Procesele curente de întrerupere și inițiere nu sunt numai mecanice, ci și fenomene electrice. O separare clară între fenomenele electrice și mecanice în aceste procese este necesară pentru dezvoltarea principiilor comutării controlate.

Înainte de a oferi descrieri despre întreruperea și inițierea curentă, este important să definim termenii de bază folosiți împreună cu operații întreruptor. Pe parcursul acestei

2.2. Considerații tehnologice privind procesele de comutare 25

teze vor fi folosiți unii termeni în conformitate cu definițiile furnizate de Electrotehnica Internațională Comisie [17].

Înteruperea curentului este obținută prin separarea contactelor întrerupătorului de către mecanismul de acționare. Când contactele unui întreruptor se separă, energia magnetică stocată în sistem obligă circulația curentului. Chiar înainte de separarea contactelor întrerupătorului, curentul circulă printr-o suprafață foarte îngustă, iar densitatea ridicată a curentului în acest caz topește materialul de contact, care produce o descărcare de gaz în mediul înconjurător. După această descărcare, un canal de plasmă este generat între contactele întrerupătorului. Acest canal este numit arc electric și este singurul element cunoscut, cu excepția puterii semiconductorilor, pentru a trece de la o stare de conducție la o stare de izolare într-un timp foarte scurt perioada de timp [14]. Dacă acest arc de plasmă poate fi răcit suficient în momentul de față, unde magnitudinea curentă este zero, atunci curentul poate fi întrerupt cu succes.

Pentru a realiza comutația curentului electric, este necesar ca rezistența întrerupătorului la începutul procesului să fie nulă iar apoi să crească și să tindă spre infinit, păstrându-se în această stare pe perioada apariției unei tensiuni la borne. În curent alternativ, având în vedere trecerea curentului de două ori prin valoarea zero într-o perioadă, se poate întrerupe curentul electric în momentul când energia electromagnetică din circuit este zero.

Întrerupătorul ideal trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- Rezistență zero, când este în poziție închisă;
- Conductanță zero, când este în poziție deschis;
- Rigiditate dielectrică, mare când este în poziție deschis și are o tensiune la borne;
- Posibilitatea de trecere dintr-o stare în alta într-un timp foarte scurt odată cu trecerea prin zero a curentului.

Există materiale foarte bune izolatoare sau foarte bune conductoare dar un număr foarte mic care să dețină ambele proprietăți.

În întrerupătoare, separarea contactelor se face într-un mediu de stingere care poate fi lichid, gazos sau vid, aceasta fiind însoțită de apariția arcului electric, care arde până ce condițiile stingerii definitive sunt îndeplinite.

Astfel arcul deține cele două proprietăți:

- Prin procesul de ionizare se face trecerea din starea de plasmă conductoare în cea de mediu electroizolant;
- Această trecere se obține natural la trecerea curentului prin zero și într-un timp foarte scurt, datorită inerției termoelectrice scăzute a mediului de stingere ionizat.

Arcul electric, deși participă la procesul de comutație, trebuie să fie stins pentru a se realiza cu succes procesul de comutație.

Pentru stingerea arcului trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- Energia produsă la separarea contactelor și trecerea prin zero a curentului să poată fi absorbită de întrerupător și să nu afecteze procesul de comutație;
- În intervalul de timp când prin arc circulă curentul ce trebuie întrerupt, energia arcului trebuie să fie mai mică decât energia disipată de circulația curentului post arc pentru a nu produce reaprinderea arcului;
- Tensiunea tranzitorie de restabilire nu trebuie să fie mai mare decât tensiunea de ținere între contacte, care apare crescător în zona ionizată anterior, evitându-se astfel reaprinderea arcului.

2.3. Întreruptoare cu SF₆

2.3.1. Elemente constructive ale întreruptoarelor cu SF₆

Întreruptoarele de înaltă tensiune sunt aparate electrice automate, destinate pentru comutația (închiderea și deschiderea) circuitelor electrice de înaltă tensiune, parcurse de curenți. Sarcinile principale ale acestor întreruptoare sunt operațiile de restabilire și întrerupere (rupere) a curentului de sarcină normală de serviciu, la intervenția voită a operatorului și întreruperea (ruperea) cât mai rapidă, în mod automat a curenților de scurtcircuit și de suprasarcină, foarte mari, în urma sesizării protecției prin rele.

Întreruptorul are ca mediu izolant și de stingere a arcului electric gazul hexaflurură de sulf – SF₆.

Pentru ca SF₆ să asigure izolația întreruptorului și stingerea arcului electric este necesară o anumită densitate a gazului [18], având o densitate minimă pentru care întreruptorul poate fi menținut în exploatare.

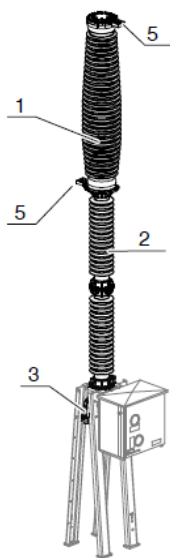


Fig.2. 3 Vedere de ansamblu întrerupător

În figura Fig.2.3 este reprezentat un pol al unui întreruptor cu SF₆ cu următoarele elemente principale: 1-cameră de stingere a arcului; 2-coloană suport; 3-cutie mecanism de acționare; 5-cleme principale de curent [19]

Camera de stingere a arcului se află într-o carcasă izolantă ceramică sau din compozit, amplasată vertical, dotată la fiecare capăt cu o clemă de curent.

Coloana suport formată din unul sau mai mulți izolatoare ceramice sau compozit, asigură izolarea masei întreruptorului și conține tija de acționare izolantă, care transmite mișcarea dispozitivului de acționare la contactul mobil al camerei de stingere.

Cutie mecanismului de acționare: este o cutie situată la baza coloanei, ce închide dispozitivul bielă-manivelă prin tija de acționare izolantă cu contactul mobil.

În această cutie se află dispozitivul de umplere și de supraveghere al gazului SF₆.

Camera de stingere este prezentată în fig.2.4, mediul de stingere este SF₆ sau în mod excepțional un amestec de gaz SF₆ + CF₄ sub presiune.

Principiul de întrerupere: camera de stingere a arcului este de tipul stingerii termice cu energie de arc cu efect autopneumatic auxiliar. [20]

Camera de stingere a arcului electric a fost concepută în ideea de a crește rezistența mecanică și electrică a părții active și de a profita de avantajele uzurii scăzute a contactelor supuse acțiunii arcului în SF₆. Partea activă este închisă într-o carcasă ceramică etanșă, asigurând izolarea între intrarea și ieșirea întreruptorului.

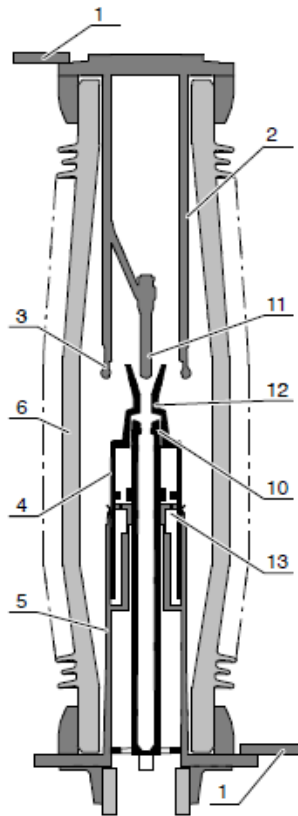


Fig.2. 4 Camera stingere întreruptor cu SF₆ poziție deschis

Camera este compusă din următoarele elemente: 1-cleme de legătură de curent; 2-suport contact fix; 3-contacte principale; 4-contact mobil; 5-suport de contact mobil; 6-carcasă; 10-contacte de arc; 11-tija contact fix; 12-vârf izolant; 13-supapă.

În fig.2.5 este prezentată o secțiune prin camera de stingere cu întrerupătorul închis și se observă calea de curent:1-clemă de legătură curent superioară; 2-suportul contact fix; 3-contact principal fix; 4-contact principal mobil; 5-suport contact mobil 1-clemă de legătură curent inferioară . [19]

28 SISTEMUL DE COMANDĂ CONTROL AL STAȚIILOR ELECTRICE.PROBLEME DE IDENTIFICARE ȘI CONDUCERE-2

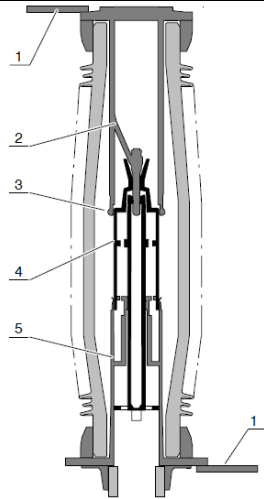


Fig. 2. 5 Camera stingere poziție întrerupător închis

În Fig.2.6 este reprezentată transmiterea comenzii de deschidere electrice sau manuale, energia acumulată în resortul de deschidere 7, situat în dispozitivul de acționare, este eliberată. Tija de acționare izolatoare 8, acționată în mod direct prin resortul de deschidere 7, transmite mișcarea contactului mobil 4, fapt care asigură separarea contactelor.

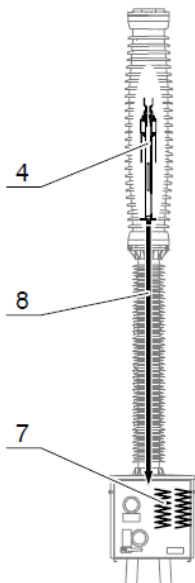


Fig.2. 6 Transmiterea mișcării de deschidere de la dispozitivul de acționare

Având în vedere că principalele fenomene se produc la deschiderea întreruptorului prezentăm etapele acestui proces [21] [22]:

- Începutul deschiderii faza 1

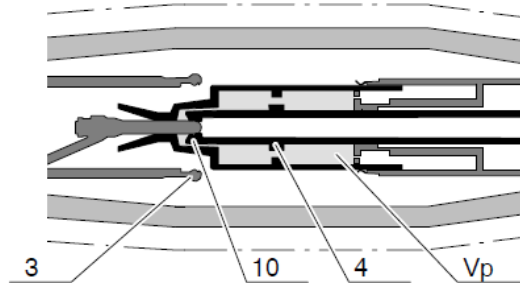


Fig.2. 7 Începutul deschiderii faza 1

Când contactul mobil 4 părăsește contactele principale 3, curentul este comutat pe contactele arcului 10. Compresia volumului V_p duce la o primă creștere în presiune.
- Efectul termic faza 2

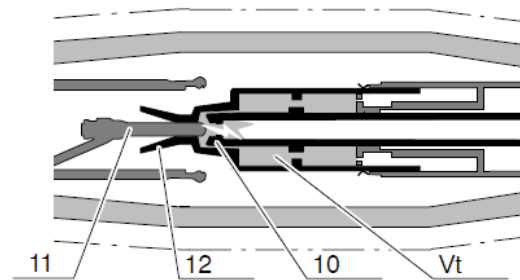


Fig.2. 8 Efectul termic faza 2

La separarea contactelor 10, se produce arcul și energia acestuia duce la creșterea în presiune a volumului de expansiune termică V_t închis prin tija contactului fix 11 și vârful izolator 12. [23]

- Întrerupere și ajutor la deschidere faza 3

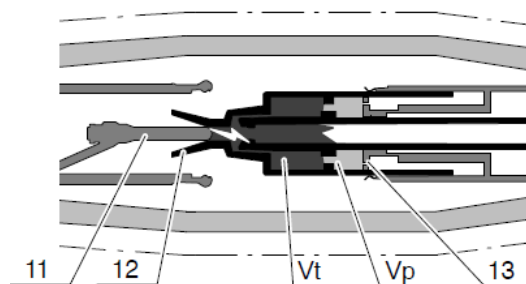


Fig.2. 9 Întrerupere și ajutor la deschidere faza 3

Când tija 11 iese din vârful 12, supra-presiunea termică aflată în volumul V_t este eliberată, ceea ce provoacă un suflu de energie, chiar înainte de trecerea curentului prin nivelul zero, asigurând stingerea finală a arcului. Volumul V_p revine la presiunea ambiantă, datorită supapei 13, pentru a permite terminarea deschiderii.

- Poziția "DESCHIS" faza 4

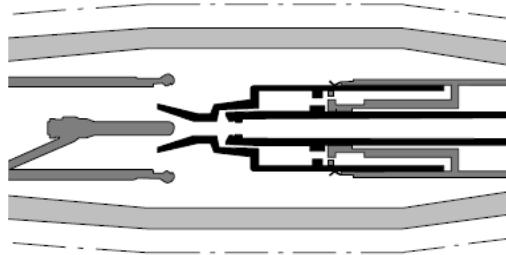


Fig.2. 10 Întrerupere și ajutor la deschidere faza 4

Arcul este stins. Moleculele de SF₆ separate de arc se refac instantaneu. Gazele reziduale ale întreruperii sunt absorbite de către sita moleculară, situată la baza camerei. Câteva produse pulverizate se depun sub formă de praf, fără nici un efect asupra disjunctorului.

În cazul curenților slabi (ex: manevrarea liniilor în gol, transformatoare sau baterii de condensatori), energia termică a arcului este prea mică pentru a provoca o suprapresiune necesară. În consecință, pentru a obține stingerea arcului, se folosește în principal efectul auto pneumatic clasic care se dezvoltă în volumul (V_p). [24]

2.3.2. Dispozitiv de acționare cu resort

În Fig.2.11 este reprezentat [25] [26] mecanismul cu resoarte a dispozitivului de acționare al întreruptorului cu SF₆.

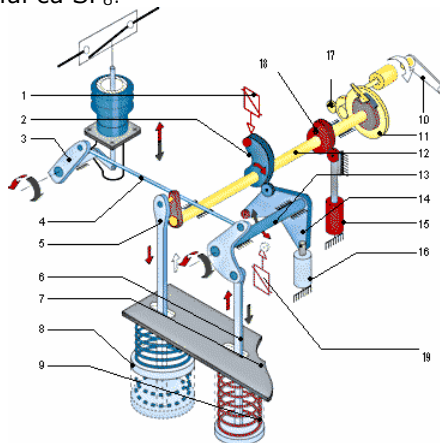


Fig.2. 11 Vedere schematică a dispozitivului de acționare

În fig.2.11 avem următoarele componente: 1–bobina de închidere; 2–disc camă; 3–pârghie de acționare; 4–ax de acționare; 5–tijă de conectare pentru resortul de închidere; 6–tijă de conectare pentru resortul de deschidere; 7–placă de protecție; 8–resort de închidere; 9–resort de deschidere; 10–pârghie de armare; 11–angrenaj de armare; 12–ax de armare; 13–tijă de legătură; 14–sistem de pârghii; 15–amortizor de închidere; 16–amortizor de deschidere; 17–motor de armare și ansamblul de angrenaje; 18–clichet de închidere (zăvorâre); 19–bobină de deschidere.

În vederea închiderii întreruptorului în prima etapă trebuie armat resortul de închidere. În acest scop 17-motorul de armare acționează asupra 12-axului de armare și prin intermediul 5- tije de conectare resortul de închidere este comprimat și armat până în momentul în care 18-clichetul de închidere decuplează 11-angrenajul de armare de 12-axul de armare. După finalizarea acestei operații resortul de închidere este armat și mecanismul de acționare este pregătit pentru manevra de închidere.

Pentru închiderea întreruptorului se alimentează bobina de închidere care eliberează 2-discul camă. Eliberarea discului camă determină prin destinderea resortului de închidere rotirea 12-axului de armare și prin intermediul 14-sistemului de pârghii și a 3-pârghiei de acționare la închiderea întreruptorului. În același timp cu închiderea întreruptorului prin 14-sistemul de pârghii se acționează și asupra resortului de deschidere care este armat și pregătit pentru operația de deschidere. În timpul procesului de închidere motorul de armare este pornit și este repetată operația de armare a resortului de închidere.

Pentru deschiderea întreruptorului se alimentează bobina de deschidere prin care se eliberează clichetul de zăvorâre la deschidere .

Dispozitivul de acționare este prevăzut cu blocaje mecanice și electrice care asigură următoarele :

- blocarea anclanșării întreruptorului în timpul operației de armare a resortului,
- blocarea anclanșării și declanșării întreruptorului în mod repetat în cazul unor comenzi de anclanșare și declanșare repetate (efect anti pompaj) ;

2.4. Procesul de comutare

Stresul dielectric este, în general, denumit tensiunea de recuperare, care este tensiunea care apare între contactele întrerupătorului după întreruperea curentului. Tensiunea de recuperare poate fi considerată în două intervale de timp succesive.

În primul interval, tensiunea de recuperare este formată din răspunsurile tranzitorii din ambele laturi ale întrerupătorului.

În al doilea interval, apare tensiunea de recuperare care este diferența dintre tensiunile dintre ambele părți ale întrerupătorului, numit și stres dielectric, care poate provoca un refuz la deconectare, denumită tensiune de recuperare tranzitorie (TRV). Cu alte cuvinte, „ tensiunea tranzitorie de recuperare este diferența dintre tensiunile de răspuns ale sistemului de alimentare pe partea sursei și pe partea de sarcină a întrerupătorului. [27] ”

Pentru a rezista la aceste tensiuni dielectrice în urma întreruperii curente, întrerupătorul trebuie să stabilească o distanță de separare fizic suficient între contactul fix și contactul mobil înainte ca un curent mic să apară. Capacitatea de rezistență la tensiune crește pe măsură ce contactele sunt separate.

Distanța de contact poate fi, în general, considerată crescând liniar cu timpul procesului de deschidere.

În cazurile în care nivelul rezistenței dielectrice devine mai scăzut decât tensiunea tranzitorie de recuperare, între contactele întrerupătorului, în orice moment, are loc o întrerupere a tensiunii între contactele întrerupătorului.

1. Reaprinde: Defalcarea tensiunii în primul ciclu de 1/4 după întrerupere.

2. Reamorsări: Defalcarea tensiunii în 1/4 ciclu sau mai mult după întrerupere.

Natura și forma tensiunii de recuperare tranzitorie depinde de circuitul ce trebuie întrerupt. Tensiuni de recuperare simplificate avem în exemplul din circuitul din figura 2.2. Pentru cazurile de sarcină rezistivă, capacitivă și inductivă sunt date exemple în Figura 2.3, Figura 2.4, respectiv Figura 2.5.

3. DECONECTAREA DINAMICĂ

3.1. Stingerea arcului electric de curent alternativ

Stingerea arcului electric de curent alternativ este favorizată de trecerea periodică a curentului prin zero, trecerea prin zero produce maximul de ionizare a coloanei [28]. Procesele sunt diferite, după cum au loc la stingerea arcului electric lung (de înaltă tensiune), respectiv scurt (de joasă tensiune).

Stingerea arcului electric lung depinde de caracteristicile sarcinii circuitului care se deconectează (tensiunea tranzitorie de restabilire, care produce solicitarea dielectrică în întreruptor și intensitatea curentului, care produce încălzirea întrerupătorului) cât și de caracteristicile tipului de întreruptor (tensiunea de străpungere în camera de stingere, care exprimă viteza de restabilire a rigidității dielectrice și tensiunea arcului electric, care produce răcirea și de mediul de stingere). În perioade mici de timp, între perioadele de trecere prin zero a curentului, temperatura coloanei arcului și conductanța acesteia scad brusc, generându-se procesul de regenerare a rigidității dielectrice, astfel spațiul dintre contacte își refacă proprietățile electroizolante, pierdute în urma aprinderii arcului. Această etapă se concretizează prin creșterea tensiunii de străpungere a mediului dintre contacte.

În momentul trecerii prin zero a curentului, moment când are loc practic stingerea repetată a arcului electric de curent alternativ, în mediul dintre contactele echipamentului de comutație apare o tensiune tranzitorie de restabilire. Aceasta este formată din tensiunea de regim permanent a sursei de alimentare, având pulsația ω_r la care se adaugă o componentă aparținând regimului liber al circuitului deconectat, de pulsație $\omega_e \gg \omega$. [29]

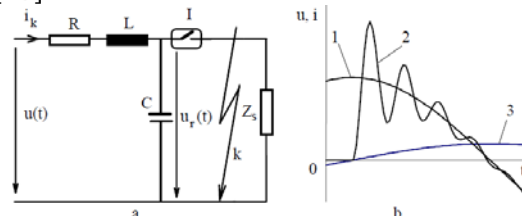


Fig.3. 1 Deconectarea unui scurtcircuit la borne: a-schema electrică echivalentă; b-regimul tranzitoriu de deconectare; 1-tensiunea sursei; 2-tensiunea tranzitorie de restabilire; 3-curentul de scurtcircuit

De obicei, se poate admite că stingerea definitivă a arcului electric de curent alternativ se produce la trecerea naturală a curentului prin zero, corespunzător căruia tensiunea tranzitorie de restabilire are o viteză de creștere suficient de mică, încât să nu mai poată produce reamorsarea arcului electric, nici prin ambalare termică, nici prin străpungere termodielectrică [29]. Condițiile acestea se îndeplinesc în condițiile normale de deconectare dinamică în instalațiile de curent alternativ, caracteristice regimurilor normale de sarcină, fie celor de scurtcircuit.

La întreruptoarele de linie, curenții de scurtcircuit sunt puternic inductivi, deoarece parametrii liniilor electrice respectă relația $L\omega \gg R$.

3.2. Modelarea restabilirii tensiunii între contactele echipamentelor de 33 comutație

În Fig.3.1b, drept origine a timpului ($t=0$) este considerat momentul unei treceri prin zero a intensității $i_k(t)$ a curentului de scurtcircuit. La același moment avem un maxim al tensiunii sursei de alimentare (curba 1); curba 2 reprezintă tensiunea tranzitorie de restabilire, conținând tensiunea sursei de alimentare, la care se adună regimul liber al circuitului oscilant echivalent (Fig. 3.1a). [30] [31]

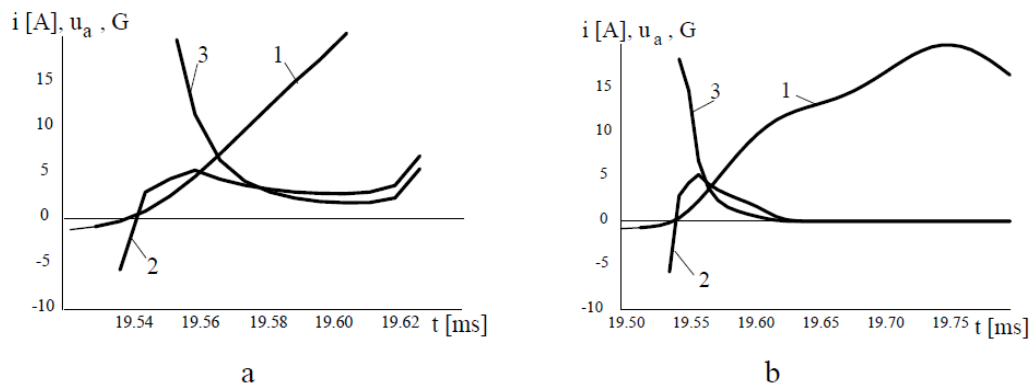


Fig.3. 2 Fenomene la trecerea curentului prin zero:
a-reamorsare termică: 1-tensiunea de arc; 2-intensitatea curentului; 3-conductanța arcului;
b-stingere definitivă: 1-tensiunea tranzitorie de restabilire

Studiul în sistemul volt-ampere a ecuației (3.1), de bilanț al puterilor în coloana arcului electric, arată faptul că pentru puncte de funcționare pentru care este îndeplinită condiția $E_{ai} > P_0$ rezultă $dQ/dt > 0$; în cazul în care are loc efectul de creștere bruscă a temperaturii în coloana arcului, care produce reaprinderea arcului.

Procesele care au loc în arcul electric și fenomenele produse la deconectare, sunt prezentate în Fig.3.2.

Caracteristicile procesului de trecere prin zero a curentului sunt reprezentate grafic în Fig.3.2a. Dacă degajarea energiei sub formă de căldură se face cu mare intensitate, procesele de ionizare au ca efect pierderea bruscă a conductanței, Fig. 3.2b, finalizându-se cu stingerea definitivă a arcului electric, deci la întreruperea circuitului. [32] [33]

$$E_{ai} = p + \frac{dQ}{dt} \quad (3.1)$$

unde Q reprezintă energia din volumul coloanei arcului, E_{ai} -gradientul de potențial respectiv intensitatea curentului, iar p -puterea cedată mediului ambiant sub formă de căldură în unitatea de timp.

Raportare în coordonate volt-ampere a fenomenelor de reaprindere prin ambalare termică (curba 1), de asemenea stingerea arcului electric total (curba 2) ca în Fig.3.2, unde curba 3 reprezintă caracteristica statică ($u_a i = P_0 l$). O deconectare, în prima fază, reușită din punct de vedere termic, poate fi finalizată cu un șoc termic dielectric.

Dacă tensiunea tranzitorie de restabilire este mai mare decât tensiunea de străpungere $u_s(t)$ în zona de stingere; creșterea acesteia caracterizează procesul de refacere a rigidității dielectrice a spațiului dintre contacte.

3.2. Modelarea restabilirii tensiunii între contactele echipamentelor de comutație

Diferența de tensiune măsurată la bornele unui echipament de comutație, în poziție închis și străbătut de sarcină, este de mărimea zecilor de milivolți, distribuită uniform pe rezistența de contact.

Apariția tensiunii are loc în două etape:

- etapa 1 începe în momentul separării contactelor și se oprește odată cu stingerea totală a arcului electric,
- etapa 2 care depinde de procesul tranzitoriu de restabilire a tensiunii pe contactele echipamentului. [29]

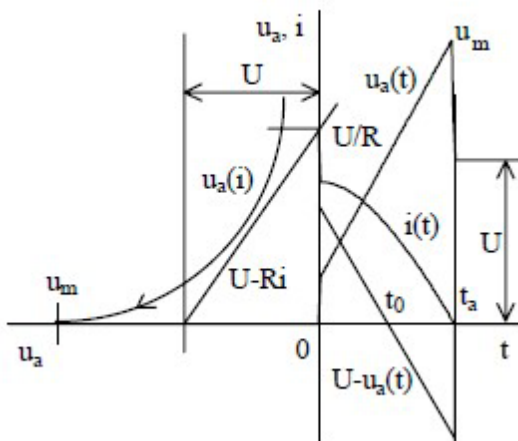


Fig.3. 3 Deconectarea dinamică a unui circuit de curent continuu

Tensiunea care apare pe contactele echipamentului de comutație după stingerea totală a arcului electric pe perioada tranzitorie de restabilire se numește tensiune tranzitorie de restabilire.

În cadrul procesului tranzitoriu de restabilire a tensiunii, amplitudinile tensiunii măsurate pe contactele echipamentului de comutație sunt mult mai mari decât valorile nominale, apariția unor supratensiuni de comutație poate duce la distrugerea izolației instalației. Studiul acestor fenomene sunt folosite pentru proiectarea, testarea și exploatarea echipamentelor de comutație. [34]

3.3. Deconectarea dinamică în instalațiile de curent alternativ

La deconectarea echipamentelor operate în curent alternativ, tensiunea tranzitorie de restabilire va avea caracter aperiodic sau oscilant.

Pentru studiul caracteristicilor cu privire la restabilirea tensiunii în instalațiile de curent alternativ, se reprezintă schema electrică echivalentă a deconectării unui scurtcircuit, Fig.3.1a, produs la bornele întrerupătorului.

Părțile circuitului se consideră concentrate, față de realitate când acestea sunt distribuite. Schema din Fig.3.1 este folosită pentru testări și prezintă interes în special

pentru încercările echipamentelor de comutație, deoarece, la probele din fabrică, circuitele sunt de regulă formate din elemente cu parametrii concentrați.

Folosind ca origine a axei timpului momentul stingerii arcului electric, se va trece la anularea curentului de scurtcircuit.

Ecuția matematică din [30]Fig.3.1 este:

$$\sqrt{2}U\omega_0^2 \sin(\omega t + \psi) = \frac{d^2u_r}{dt^2} + 2\delta \frac{du_r}{dt} + \omega_0^2 u_r, u_r(0) = 0, \left. \frac{du_r}{dt} \right|_{t=0} = 0 \quad (3.2)$$

și admite soluția oscilantă:

$$u_r(t) = \frac{\sqrt{2}U}{\omega C Z} \sin(\omega + \psi_u) - \frac{\sqrt{2}U e^{-\delta t}}{\omega C Z} \times \left[\left(\frac{\delta}{\omega_e} \sin \psi_u + \frac{\omega}{\omega_e} \cos \psi_u \right) \sin \omega_e t + \sin \psi_u \cos \omega_e t \right] \quad (3.3)$$

$$\begin{cases} Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}, \psi_u = \psi - \varphi - \frac{\pi}{2}, \varphi = \arctg \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \\ \delta = \frac{R}{2L}, \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \omega_e = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}, \omega_0 > \delta \end{cases} \quad (3.4)$$

La scurtcircuit la borne, circuitul echivalent este puternic inductiv ($L\omega \gg R$), unghiul de defazaj este:

$$\psi \cong \frac{\pi}{2} \quad (3.5)$$

Considerând ecuațiile (3.4), parametrii φ și Z obținem:

$$\varphi = \arctg \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\delta\omega}, Z = \frac{\sqrt{4\delta^2\omega^2 + (\omega^2 - \omega_0^2)^2}}{\omega_0^2\omega C} \quad (3.6)$$

Aproximând relațiile:

$$\omega_0 \cong \omega_e \gg \delta, \omega_0 \cong \omega_e \gg \omega, \quad (3.7)$$

Coefficienții se pot aproxima:

$$\varphi \cong \frac{\pi}{2}, Z \cong \frac{1}{\omega C} \quad (3.8)$$

Folosind expresiile (3.4), (3.7), (3.8) vom obține următoarea formulă pentru tensiunea tranzitorie de restabilire:

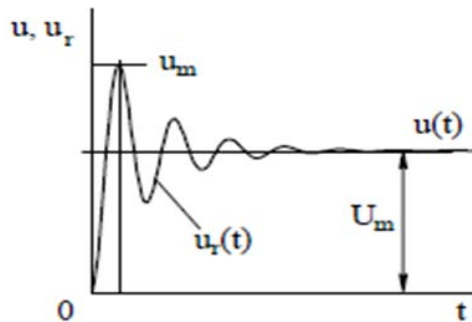


Fig.3. 4 Tensiunea tranzitorie de restabilire

$$u_r = \sqrt{2}U(\cos\omega t - e^{-\delta t}\cos\omega_e t) \quad (3.9)$$

raportată în Fig.3.4. [29]

Într-un interval mic se aproximează regimul tranzitoriu $\cos\omega t \cong 1$, astfel ecuația (3.9) se reduce obținându-se:

$$u_r = \sqrt{2}U(1 - e^{-\delta t} \cos \omega_e t), \quad (3.10)$$

existentă și în recomandările cu privire la încercările echipamentelor de comutație. În funcție de ecuația (3.10), se definesc parametrii caracteristici ai tensiunii tranzitorii de restabilire oscilante, cu o singură frecvență și anume:

- tensiunea de vârf, u_m se calculează pentru $\omega_e t = \pi$, obținem:

$$u_m = \sqrt{2}U \left(1 + e^{-\frac{\pi\delta}{\omega_e}} \right) \quad (3.11)$$

- factorul de oscilație, γ , egal cu:

$$\gamma = \frac{u_m}{\sqrt{2}U} = 1 + e^{-\frac{\pi\delta}{\omega_e}}, 1 < \gamma < 2; \quad (3.12)$$

- frecvența proprie de oscilație, f_e :

$$f_e = \frac{\omega_e}{2\pi} \quad (3.13)$$

Tensiunea tranzitorie de restabilire depinde de caracteristicile rețelei electrice. [30]

Frecvența proprie de oscilație pentru rețelele de medie tensiune (6...35 kV) are valori cuprinse între 3...4 kHz, pentru liniile de înaltă tensiune (220..400 kV) obținem frecvențe în intervalul 0,5...1 kHz.

Factorul de oscilație γ are, de obicei valori între 1,3...1,6.

Frecvența proprie, factorul de oscilație f_e și γ , tensiunea tranzitorie de restabilire influențează decisiv procesul de stingere a arcului electric de curent alternativ.

La rețele trifazate curentul de scurtcircuit trifazat, Fig.3.5, face ca stingerea arcului electric la polii întrerupătorului să nu se facă în același moment de timp, deoarece intensitățile curenților pe faze, $\vec{I}_1, \vec{I}_2, \vec{I}_3$, sunt defazate cu $2\pi/3$, așa cum se indică în Fig.3.6.

Stingerea arcului electric începe cu polul (faza) care trece prima prin zero, fie acesta polul 1, la care sunt îndeplinite condițiile stingerii definitive în momentul trecerii prin zero a intensității curentului. Astfel defectul este alimentat prin celelalte 2 faze transformându-se în scurtcircuit bifazat, intensitățile curenților \vec{I}_2, \vec{I}_3 transformându-se, prin alungire de fază, în fazori \vec{I}'_2, \vec{I}'_3 . Stingerea definitivă a arcului electric efectuându-se în același moment de timp la polii (fazele) 2, 3, după un interval de timp corespunzător defazajului de $\pi/2$. [31]

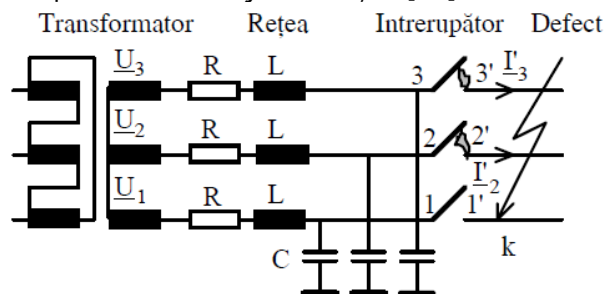


Fig.3. 5 Schema electrică echivalentă la deconectarea dinamică a unui scurtcircuit trifazat

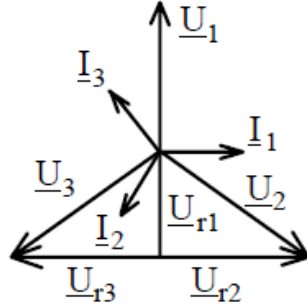


Fig.3. 6 Diagrama fazorială

Valoarea efectivă a tensiunii tranzitorie de restabilire U_{r1} apare între contactele polului 1, după stingerea definitivă a arcului electric Fig.3.5 care are următoarea expresie [35] [36]:

$$U_{r1} = U_1 - U_2 + (R + jL\omega)I_2' \quad (3.14)$$

Astfel:

$$I_2' = -I_3' = \frac{U_2 - U_3}{2(R + jL\omega)} \quad (3.15)$$

Obținem:

$$U_{r1} = U_1 - 0,5(U_2 + U_3) \quad (3.16)$$

$$U_{r2} = -U_{r3} = 0,5(U_2 - U_3) \quad (3.17)$$

$$U_{r2} = U_{r3} = U_{r2,3} = 0,5\sqrt{3}U_1 = 0,5U_n \quad (3.18)$$

Folosind expresiile (3.16), (3.17), (3.18), amplitudinile maxime ale tensiunilor tranzitorii de restabilire, apărute la deconectarea unui scurtcircuit trifazat, se determină folosind formulele:

$$u_{m1} = \frac{1,5\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\gamma U_n, u_{m2,3} = 0,5\sqrt{2}\gamma U_n \quad (3.19)$$

unde u_{m1} , $u_{m2,3}$ sunt amplitudinile maxime ale tensiunii tranzitorii de restabilire ale fazei care întrerupe prima, respectiv pentru celelalte două faze, γ -factorul de oscilație, iar U_n -tensiunea nominală a instalației trifazate. Astfel folosind relația (3.19) va rezulta: [30]

$$\frac{u_{m1}}{u_{m2,3}} = \sqrt{3} \quad (3.20)$$

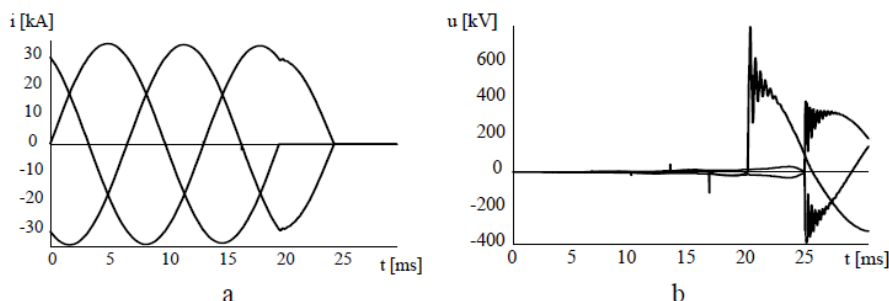


Fig.3. 7 Regimul tranzitoriu de deconectare trifazată:

a-curentul de scurtcircuit; b-tensiunea de arc și tensiunea tranzitorie de restabilire

Astfel la deconectarea unui echipament de comutație trifazat, polul care întrerupe primul este solicitat la supratensiuni mai mari decât ceilalți doi poli care, la rândul lor, sunt suprasolicitați sub raport termic, din cauza duratei mai mari de ardere a arcului electric.

3.4. Comutația controlată

Pentru definirea procedurii de comutație controlată (sincronizată) se alătură soluțiile tehnice definite pentru realizarea unui anumit tip de comandă a întreruptoarelor de putere de înaltă tensiune, procesul de conectarea sau/și deconectarea acestora să se realizeze la un moment de timp prestabilit în raport cu un semnal sinusoidal de referință, având frecvența industrială și care se găsește într-o anumită relație de fază cu mărimile de stare ale instalației (tensiune de alimentare, curent). Comanda sincronizată [37] [38] a întrerupătoarelor își propune să micșoreze cât mai mult fenomenele care apar în regim tranzitoriu odată cu procesele de comutație, provocate de supratensiuni și supracurenți. În funcție de tipul sarcinii care este comutată (inductivă, capacitivă) și studiul comutației controlate, se tratează fiecare fenomen de conectare (punerea sub tensiune), respectiv de deconectare.

3.5. Modelarea conectării controlate

La operația de conectare, energia arcului electric este cea mai mare solicitare apărută în întreruptor care duce la uzura contactelor precum și eforturile mecanice care forțează sistemul de stingere al arcului. [39].

Dacă trebuie să mărim presiunea mediului de stingere din camera de stingere, această mărime influențează negativ viteza de deplasare a contactelor mobile ceea ce duce la mărirea timpului arcului electric precum și șansa de lipire a contactelor. Energia mare degajată generează mărirea presiunii mediului de stingere care fac să se amplifice solicitările mecanice ale întreruptorului.

Deci efortul mecanic în întreruptor este proporțional cu maximul curentului la conectare și cu energia arcului electric, cei doi termeni sunt funcție de unghiul de conectare. Calcularea energiei de arc la valori predefinite ale unghiurilor de conectare realizează comutarea optimă a întreruptorului. În Fig.3.8 avem reprezentată caracteristica tensiunii în funcție de timp a arcului aprins în mediul de stingere la contactele întrerupătorului.

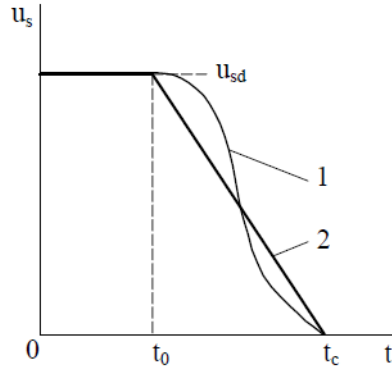


Fig.3. 8 Curba tensiune-timp:
 u -tensiunea de străpungere a spațiului dintre contacte; t_0 -începutul deplasării contactelor; t_c -momentul atingerii pieselor de contact; 1-curba reală; 2-aproximare lineară.

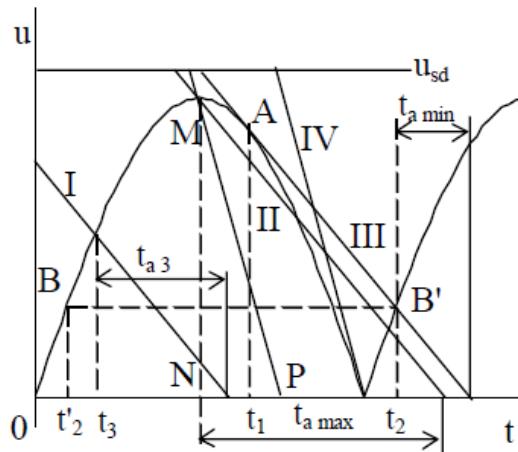


Fig. 3. 9 Curbele tensiunii sinusoidale și ale tensiunii de amorsare a spațiului dintre contacte
 Caracteristica măsurată 1 este aproximativ identică cu caracteristica ideală liniară 2. Polii întreruptorului pornesc în procesul de închidere la momentul t_0 iar acestea se unesc fizic la momentul t_c . Caracteristica este diferită și depinde de viteza de deplasare a polilor întrerupătorului. Având în vedere că tensiunea de amorsare nu este influențată de sensul acesteia în Fig.3.9 sunt reprezentate caracteristicile sinusoidale a tensiunii în funcție de timp. În funcție de momentul de timp de conectare a bobinei electromagnetului de închidere sunt reprezentate caracteristicile I, II, III . Pe grafic amorsarea arcului în camera de stingere este materializată prin punctul de intersecție dreapta tangentă cu caracteristica sinusoidală a tensiunii aplicate. La caracteristica I, în momentul t_3 se amorsează arcul electric și durează un timp t_{a3} .La caracteristica II, în punctul M se amorsează arcul care se găsește pe valoarea de maxim a caracteristicii tensiunii aplicate și durează $t_{a \max}$,adică durata de ardere este cea mai mare.La caracteristica III se amorsează arcul în punctul A care este tangentă la caracteristica sinusoidală a tensiunii. Această dreaptă este caracteristică cazului de minim al duratei de ardere $t_{a \min}$. Dacă se deplasează puțin spre dreapta, arcul se amorsează la momentul de timp t_2 , în a doua jumătate a perioadei, dacă se

deplasează dreapta spre origine, arcul electric se va amorsa la valoarea t_1 . Pentru aceste două poziții timpul de ardere este cel mai mic adică t_{\min} .

Între punctele A și B de pe caracteristica sinusoidală a tensiunii, amorsarea arcului apare la un timp mai mare decât momentul emiterii comenzii către bobina de închidere. Partea aperiodică cea mai mare a curentului de scurtcircuit la conectarea nu există din cauză că apariția curentului la trecerea prin zero a tensiunii nu se poate realiza. Partea aperiodică maximă se produce la amorsarea arcului electric în punctul B caracteristica IV a tensiunii de amorsare este tangentă la caracteristica sinusoidală a tensiunii la momentul $t = \pi/\omega$ (Fig.3.9), corespunzătoare vitezei minime de modificare a tensiunii de amorsare la conectarea la trecerea prin zero a tensiunii se poate realiza, se dorește determinarea în condițiile acestora a timpului maxim al arcului la aceeași viteză, aceasta corespunde la amorsarea arcului în întreruptor la valoarea de maxim a tensiunii la borne caracteristica V.

Considerăm tensiunea la bornele întreruptorului:

$$u(t) = \sqrt{2}U \sin \omega t, \quad (3.21)$$

viteza de variație a tensiunii de amorsare, la momentul $t = \pi/\omega$ corespunzătoare caracteristicii tensiunii rezultă:

$$\frac{du_s}{dt} = \left. \frac{du}{dt} \right|_{t=\pi/\omega} = -\sqrt{2}\omega U \quad (3.22)$$

Intervalul de ardere a arcului electric la conectarea întreruptorului este egal cu:

$$t_a = \frac{\sqrt{2}U \sin \omega t}{-\frac{du_s}{dt}} \quad (3.23)$$

Se înlocuiește momentul $t = \pi/\omega$ și se obține timpul maxim de ardere al arcului electric.

$$t_{a \max} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega \sqrt{2}U} = \frac{1}{\omega} = 3,18 \text{ ms} \quad (3.24)$$

Valoarea maximă a duratei arcului electric de conectare, de 3,18 ms, poate fi criteriul de obținere a componentei aperiodice maxime. Închiderea circuitului la trecerea prin zero a tensiunii este posibilă dacă $t_{a \max} \leq 3,18 \text{ ms}$; în caz contrar, curba de rigiditate dielectrică a intervalului intersectează întotdeauna curba sinusoida tensiunii aplicate, înainte de trecerea acesteia prin zero

4. OPTIMIZAREA TIMPULUI DE COMUTARE ÎN CAZUL ÎNTRERUPTOARELOR DE 400 KV CU SF6

4.1. Noțiuni generale despre optimizarea timpului de comutare

SF6 a fost utilizat ca mediu de stingere a arcului și mediu izolator pentru sistemele de distribuție de înaltă tensiune. Caracteristicile electrotehnice, chimice și fizice favorabile ale gazului au influențat considerabil dezvoltarea tehnologiei de comutație. SF6 este o alternativă la alte medii convenționale de izolare și de stingere, cum ar fi de ex. ulei și aer. În același timp, SF6 în comparație cu uleiul reduce riscul de pericol (de ex., Incendiu, explozie) la personal și mediu. O evaluare globală, având în vedere toate aspectele ecologice, economice, de siguranță și tehnologice, a demonstrat că SF6 este încă o alegere excelentă ca mediu izolant. Tehnologia SF6 existentă în domeniul transportului și distribuției de energie este rezultatul deceniilor de optimizare și contribuie în principal la dezvoltarea ulterioară a distribuției eficiente din punct de vedere economic [40] [41] [42].

Momentul de comutare pentru întreruptoare este calculat de un program instalat în sistemul de comandă control al stației electrice și primește comanda de la utilizator pentru a închide sau a deschide întrerupătorul în punctul pe caracteristica de tensiune sau curent, luat ca referință. Metoda se numește comutare sincronă sau comutarea controlată [40].

Întreruptorul cu SF6 este folosit frecvent, datorită performanțelor sale excelente. Datorită proprietăților deosebite ale SF6 fac ca acest mediu de stingere să fie utilizat în echipamentele de putere, cum ar fi rezistența dielectrică ridicată, capacitatea de stingere a arcului electric, o stabilitate termică excelentă și o conductivitate termică bună.

Funcționarea întrerupătorului cu SF6 este de asemenea dependent de presiunea de SF6 și dacă dispozitivul de acționare este cu ulei depinde și de presiunea acestuia. Bazat pe presiune mecanismul său necesită un anumit timp pentru acționare. În plus, fenomenul de comutare se bazează în mare parte pe unghiurile la care fazele sunt CLOSE sau OPEN. Prin aceasta înțelegem că secvența și unghiurile de comutare a fazelor pentru o sarcină specifică sunt importante. În acest caz, pentru sarcina capacitivă, închiderea se face pe vârful de tensiune când curentul este zero pe fază. Sunt cercetate noi aplicații care se adaptează dinamic la diferite unghiuri, pe baza tipului de sarcină.

Alegerea momentului de comutare a întreruptorului pentru punctul de comutare aflat pe caracteristică depinde de următorii parametri: tensiunea curentului continuu DC la bobinele de comandă, presiunea SF6, presiunea uleiului din dispozitivul de acționare, tipul de sarcină, frecvența fazei de referință, în care luăm Faza R ca referință [18]

Comutarea controlată este utilizată pentru eliminarea regimurilor tranzitorii și încărcările electrodinamice și dielectrice la comutarea manuală a bateriilor de condensatori, a reactoarelor de șunt și a transformatoarelor de putere. Un aspect important al tuturor aplicațiilor controlate de comutare este precizia obținută în timpul procesării și ruperii arcului.

Închiderea sau deschiderea necontrolată a întreruptoarelor poate duce la uzura echipamentului. Rezistențele de închidere și bobinele care au fost utilizate anterior pentru a reduce aceste solicitări nu mai sunt necesare. Controlul comutării oferă o soluție eficientă. Luând în considerare valorile de curent, unitatea de comandă optimizează operațiile de comutare ale întrerupătorului folosind tensiunea instantanee sau curentul instantaneu [43]. La deschiderea unei sarcini inductive sau capacitive poate avea ca efect reaprinderea arcului electric și supratensiuni. La închiderea unei sarcini inductive pot avea ca efect supracurenți în cazul comutării neoptimizate.

Punctul de comutare la trecerea prin zero a caracteristicii este o metodă de eliminare a efectelor tranzitorii, care apar la operațiunile de comutare cu timp controlat. Comenzile de închidere sau de deschidere ale întrerupătorului de circuit sunt întârziate astfel încât închiderea sau deschiderea contactului să aibă loc la momentul optim caracteristic unghiului de fază. Cu ajutorul acestei metode putem crește performanța și durata de viață a întrerupătorului.

În exemplul următor Fig.4.1 este prezentat principiul de funcționare al unui sistem, pentru comanda unei linii electrice aeriene LEA. Pentru a evita efectele tranzitorii, alegerea momentului de comutare în funcție de sarcina inductivă a LEA trebuie să fie la trecerea tensiunii prin zero. Pentru simplitate, se consideră doar o singură fază [18].

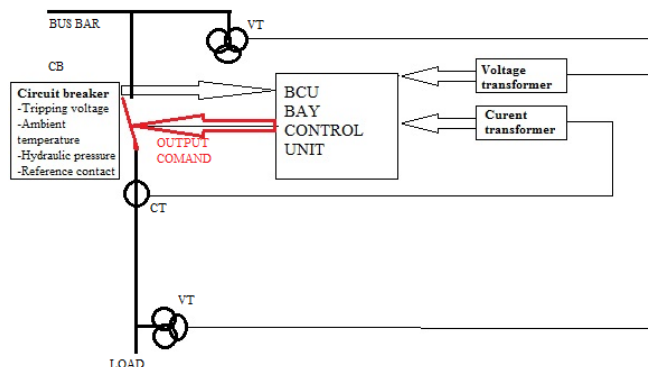


Fig. 4. 1 Schema monofilară de comutare

Timpuri caracteristici procesului de comutare [18]:

a. *Timpul de închidere*

Timpul de la excitarea bobinei de închidere până când contactul activ al întrerupătorului este închis.

b. *Timpul de deschidere*

Timpul de la excitarea bobinei de deschidere până la separarea contactului activ al întrerupătorului.

c. *Timp de funcționare / întrerupere*

Timpul scurs de la excitarea bobinei de închidere până când curentul începe să circule în circuitul principal;

d. *Timpul Pre-arcing*

Timpul de la pornirea curentului în circuitul principal până la atingerea contactului.

Timp Pre-arcing = Timp închidere - Timp de execuție

e. *Timpul Ardere*

Timpul în care arcul electric arde la contactele întrerupătorului pe durata deschiderii acestuia.

f. *RDDS*

4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de 43 compensare

Rata de scădere a rezistenței dielectrice, a caracteristicilor întreruptorului de circuit care descrie panta tensiunii la închiderea unui întrerupător de circuit .

g. RRDS

Panta de creștere a rezistenței dielectrice, caracteristică a întreruptorului care descrie panta de creștere a tensiunii de rezistență la deschiderea unui întrerupător de circuit. Valoarea RRDS definește timpul minim de arc necesar pentru întreruperea fără reaprindere a sarcinilor inductive [44].

Principalul avantaj al acestei metode este reducerea efectelor tranzitorii la comutare, cu reducerea implicită a tensiunilor în sistem și echipamentele acestuia. Scăderea tensiunilor tranzitorii, de ex : pe un transformator de putere, va prelungi durata de viață a echipamentului. Prin urmare, comutarea controlată poate fi considerată un instrument valoros care contribuie la maximizarea duratei de viață utilă a echipamentelor foarte scumpe cum ar fi transformatoarele de putere [45] [46].

În plus, întrerupătorul de circuit controlat însuși va avea curenți de rupere reduși, ceea ce va duce la o uzură redusă a întreruptorului. Pentru bateriile de condensatoare, grupuri de filtrare și bobine de reactanță numărul de operațiuni de comutare a sarcinii poate fi de obicei dublat înaintea unei reparații planificate, în comparație cu funcționarea necontrolată [45] [47] .

Rolul sistemului de comandă este de a furniza comenzi de comutare comandate (sincrone) la bobinele OPEN și CLOSE ale întrerupătorului. Comutarea controlată cu succes reduce uzurile mecanice și electromagnetice suferite în timpul operațiilor normale de comutare prin reducerea curenților de aprindere la operația de închidere și de reaprindere în timpul deschiderii. Având în vedere mărimile precise de intrare (temperatură, presiune, tensiune auxiliară etc.) asupra timpului de funcționare al întreruptorului, compensarea este integrată în algoritmul de calcul, asigurând o performanță pentru toate tipurile de sarcini.

Datorită defazajelor dintre faze, sistemul este proiectat să calculeze și să trimită comenzile de comutare separate la fiecare fază a întrerupătorului. Monitorizarea curenților de aprindere și de reaprindere asigură o comutare sincronă reușită a întreruptorului. Principiul de funcționare utilizează trecerile prin zero ale unui semnal sinusoidal; Un semnal de tensiune va fi folosit ca referință înainte de închidere și poate fi utilizat un semnal de curent sau de tensiune înainte de deschidere. Atunci când caracteristicile întrerupătorului sunt identice pentru fiecare fază, există o întârziere de timp constantă ($T / 6$) între comenzile sincrone în fiecare fază, de exemplu în secvența "R, Y, B" (1/3 dintr-un ciclu global). [48]

De îndată ce se recepționează o comandă CLOSE, comanda este menținută și se aplică o întârziere de timp, așteptând prima trecere la zero a tensiunii. Dacă nu se detectează nici o trecere prin zero în intervalul de timp presetat, întreruperea sincronă se întrerupe și se execută un CLOSE pe cele trei faze simultan.

Dacă are loc o traversare prin zero în intervalul de întârziere prestabilită și nu se detectează alte defecțiuni, comenzile sincrone CLOSE pentru fiecare fază sunt emise după întârzierile de timp calculate. Întârzierile de timp calculate sunt măsurate de la traversarea prin zero și sunt compensate pentru efectele variabile și variațiile caracteristicilor întrerupătorului, pentru fiecare fază. Contactele auxiliare ale întrerupătorului sunt monitorizate pentru analiza temporizării, dacă se detectează o eroare de secvență, comanda sincronă este întreruptă și se execută o comutare trifazată.

În figurile 2 și 3 se prezintă operația de deschidere și operația de închidere cu un sistem de comandă

Principiul funcțional al operației OPEN este aceeași ca și pentru CLOSE cu diferența că poate fi folosit ca semnal de referință pentru o trecere prin zero a curentului și că sunt monitorizați curenții reîncărcați [49].

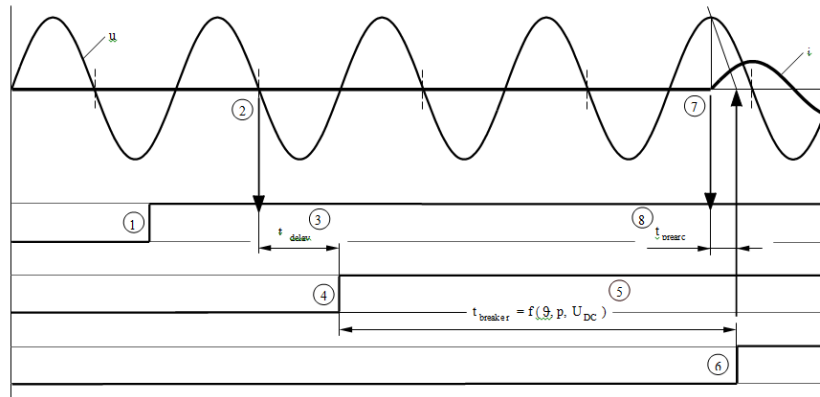


Fig. 4. 2 Controlul operației de închidere a întrerupătorului

1 – Comanda de deschidere, 2 – Identificarea punctului de trecere prin zero al curentului, 3 – Timp de întârziere, 4 – Comanda la bobina de deschidere întreruptor, 5 – Timp de deschidere, 6 – Separarea contactelor, 7 – Timp arc, 8 – Sfârșitul fluxului de curent

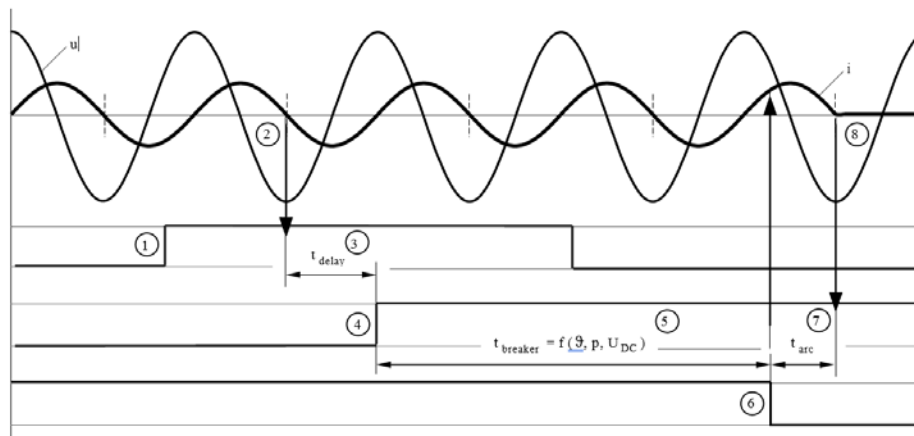


Fig. 4. 3 Comutarea operației de deschidere întrerupător

1 – Comanda de închidere, 2 – Identificarea punctului de trecere prin zero a tensiunii, 3 – Timp de întârziere, 4 – Comanda la bobina de închidere întreruptor, 5 – Timp de închidere, 6 – Atingerea contactelor, 7 – Început flux de curent, 8 – Timp Pre-arc

Când întrerupătorul are o funcționare constantă în comportamentul său, cu variații ale condițiilor externe, se pot face corecții pentru acestea. Verificarea variațiilor mecanice sistematice în funcție de variațiile condițiilor ambientale, cum ar fi influența timpului de mers în gol, variația temperaturii, variația tensiunii bobinei, schimbarea presiunii agentului hidraulic și modificarea presiunii gazului SF₆ [50].

Variațiile temperaturii mediului ambiental pot fi compensate prin traductoare adecvate. Necesitatea compensării depinde de gradul de variație și de condițiile de funcționare reale. Pentru o funcționare frecventă, controlul adaptării poate fi suficient de bun pentru a lua în considerare treptat micile variații. Sistemul poate compensa timpul de funcționare preconizat al întrerupătorului pentru variațiile de temperatură, presiuni, presiunea gazului SF₆ și alimentarea cu tensiune auxiliară.

4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de 45 compensare

	Limite		Valori curente		
	min	max	pole A	pole B	pole C
Frecvența [Hz]	48	52	50		
Tensiune control [V]	187	255	242		
Tensiune declanșare închidere CLOSE [V]	187	255	242		
Tensiune declanșare deschidere OPEN [V]	154	255	241		
Presiunea hidraulică [bar]	0	400	335	335	341

Tabel 4. 1 Tabel limite valori mărimi comutare

Cele mai importante variabile care influențează timpul de funcționare mecanic al întreruptorului sunt: tensiunea de comandă pe bobina de CLOSE și OPEN (U), temperatura mediului ambiant unde se găsește întreruptorul (T), precum și presiunea hidraulică (p) pentru întrerupătoarele cu mecanisme de acționare hidraulică [50].

Close			
Initial values	pole A	pole B	pole C
closing times[ms]	79.8	79.5	79.8
hydraulic pressure [bar]	330	330	330
trip voltage [V]	240		
temperature [grdC]	20		

Tabel 4. 2 Valori variabile pentru închiderea întrerupătorului

Close			
	pole A	pole B	pole C
delay reference contact [ms]	-18.4	-18.7	-18
reference contact signal duration [ms]	8.9	9.5	8.9
reference contact travel [mm]	0	0	0

Tabel 4. 3 Valori măsurate contacte poziție pentru închiderea întrerupătorului

În tabelul 4.3 sunt trecute valorile măsurate în procesul de închidere al întreruptorului. Se observă că timpul de închidere este aproximativ egal pe cele trei faze.

În tabelul 4.3 sunt trecute întârzierile contactului de referință și durata semnalului dat de acest contact de referință. În tabelul 4 este calculat timpul de reglaj funcție de defazajul în grade.

	pol A	pol B	pol C
Unghi defazaj\pol[°]	90	210	150
Defazaj\întrerupător[°]	-10		
Diferență timp [ms]	14.3	13	12.7

Tabel 4. 4 Tabel cu unghiurile de defazaj raportat la timp

În figura 4.4, se poate observa că comanda de închidere este dată la trecerea tensiunii de referință faza A prin zero și sunt prezentate următoarele semnale și mărimi [51]:

Cmd R- Afișarea comenzii transmise de către BCU la polul A
 Ref R – Afișarea semnalului de contact de referință de la polul A
 HSo-R- Afișarea contactului auxiliar al contactului întreruptorului polul A
 UB-R Afișarea semnalului tensiunii de bare analogice pentru întrerupătorul fazei conectate polul A
 UI-R Afișarea tensiunii de linie analogic pentru polul A
 Is-R Afișare curent de linie analogic pentru polul A

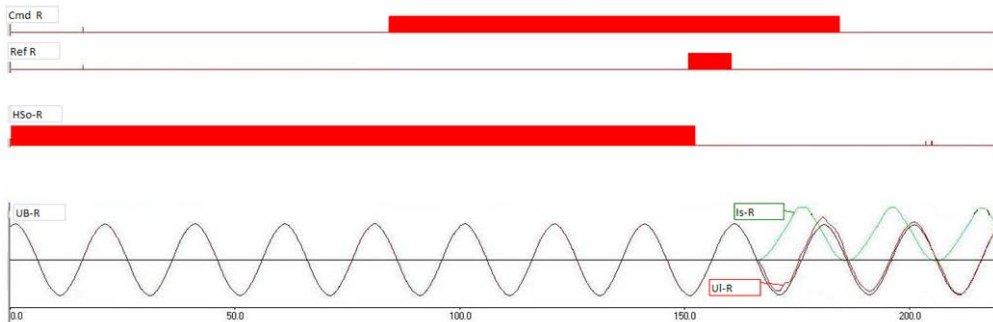


Fig. 4. 4 Mărimile măsurate la operația de închidere monofazată la bobina de reactanță

Operația de deschidere solicită mai mult întreruptorul și trebuie să se aleagă momentul trecerii curbei curentului prin zero [52]

	pole A	pole B	pole C
phase shift\pole[°]	90	210	150
phase shift\breaker[°]	0		
adjusting time [ms]	7	7	7

Tabel 4. 5 Tabel cu valorile măsurate ale timpului la operația de deschidere

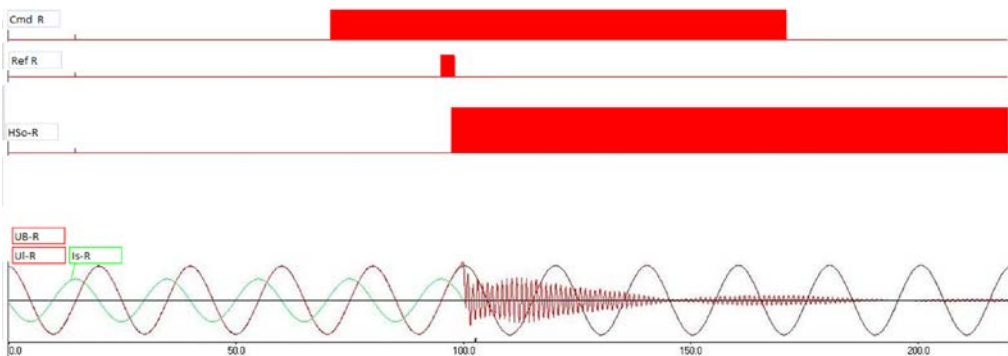


Fig. 4. 5 Deschidere faza R șunt reactor

Separarea contactelor întrerupătorului are loc mai devreme decât stingerea arcului electric. [53] [54]

4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de 47 compensare

Deschiderea operațională se desfășoară după cum urmează:

- Este emisă comanda de deschidere
- BCU urmărește trecerea curbei curentului prin zero (la trecerea prin zero în intervalul negativ) sincronizarea poziției de fază a curentului.
- După expirarea timpului de deschidere, se deschid contactele și fluxul de curent curge fără arc suplimentar
- Fluxul de curent se încheie după timpul de arc-electric la trecerea prin zero a curentului.

CONCLUZII :

- Întrerupătoarele cu SF6 existente sunt amplasate în exterior unde există și alte echipamente care măsoară temperatura ambientală cum ar fi autotransformatoarele. Deci temperatura necesară BCU poate fi citită din sistemul de comandă control (SCADA)
- Având în vedere că noile tipuri de întreruptoare cu SF6 au ca dispozitiv de acționare resortul, se poate scoate din program influența senzorului pentru presiunea hidraulică.
- În funcție de tipul celulei care este alimentată linia, BC, sau AT se instalează un program caracteristic fiecărui tip de sarcină.
- Acționarea trebuie să se facă pe fiecare fază independent.
- Programul nu trebuie să acționeze în cazul când comanda este emisă de la protecții sau de la automatizările montate în celulă.
- Programul poate să trimită mesaje de eroare dacă apar defecte la unul din senzori și să blocheze funcționarea acestuia.
- Având în vedere că acest program rulează în paralel cu sistemele SCADA acesta nu trebuie să acționeze decât după verificarea blocajelor din BCU atât local cât și de la distanță.
- În condiții normale de funcționare caracteristicile ar putea fi compensate în mod constant pe o perioadă lungă de timp, prin utilizarea caracteristicilor obținute din testele de fabrică.

4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de compensare

Închidere - Timpul care trece între comanda electrică emisă întrerupătorului pentru închidere și închiderea fermă a contactelor la toți polii întrerupătorului este timpul de închidere. Procesul de stingere al arcului electric în întreruptor poate provoca fluxul de curent care poate reamorsa arcul pe perioada de stingere a arcului electric.

Intervalul de timp dintre comanda emisă întreruptorului și apariția arcului electric (pornire fluxul de curent), la primul pol al întrerupătorului este considerat momentul zero (originea timpului). [55]

Procesul de comutare pentru cei trei poli ai întreruptorului trebuie să fie priviți separat pentru controlul de comutări.

Pentru studiul procesului de comutare vom defini următorii timpi:

- Timpul de închidere:* timpul scurs între comanda electrică la polul întreruptorului în cauză și închiderea contactelor (galvanic) în circuitul întrerupătorului.
- Timpul de lucru:* timpul scurs între comanda electrică la polul întreruptorului (pornire fluxul de curent) în cauză și arcul electric produs la polul întreruptorului.
- Timp de Pre-arc electric:* timpul în care arcul arde la polul întreruptorului în timpul închiderii.

48 DECONECTAREA DINAMICĂ - 3

Pentru studiu s-a folosit un sistem monofazat cu $U=8,6 \text{ V}$, $\phi U=-0.34$, $f=50\text{Hz}$, $I=3\text{A}$, $\phi I=1.24$

$$u(t) = \sqrt{2}U\sin(2\pi ft + \phi U) \tag{4.1}$$

$$i(t) = \sqrt{2}I\sin(2\pi ft + \phi I) \tag{4.2}$$

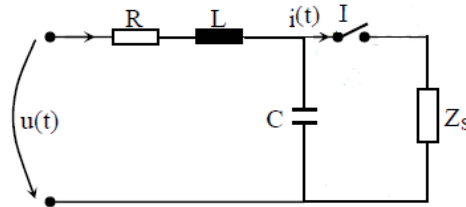


Fig. 4. 6 Schema electrică monofilară

Pentru simulare s-a folosit un model de timp ca în Figura 4.2
Calculul coeficienților de timp, ce depind de:

1. $t_{Temp}=f(T)$ funcție de temperatura mediului ambiant.

În tabelul următor avem valori ale coeficientului de temperatură determinat la diferite teste cu întreruptorul.

T [°C]	t(T) ms
40	71.5
20	72
0	72.5
-20	73
-30	74
-40	81

Tabel 4. 6 Măsurători ale coeficientului de temperatură conectare

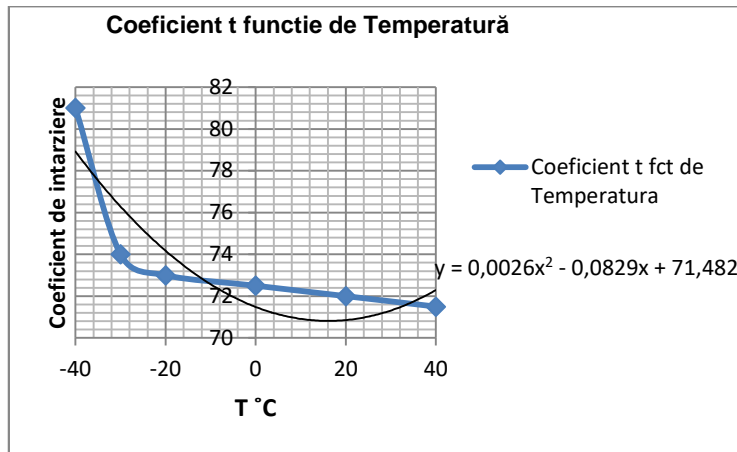


Fig. 4. 7 Caracteristică coeficient funcție de temperatură conectare

Având în vedere că întrerupătorul funcționează în condiții normale, adică temperatura în limitele 0°C $+40^{\circ}\text{C}$ putem aproxima acest coeficient ca fiind egal cu 72 milisecunde pentru operația de închidere.

4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de 49
compensare

2. $t_{UDC} = f(U_{DC})$ funcție de tensiunea de curent continuu UDC ce alimentează bobina de anclanșare ce comandă electric întrerupătorul.
 $U_n = 220V$ este tensiunea nominală

U control (V) UDC	Coef (msec) t_{UDC}
187	6.6
192	5.6
203	3.4
209	2.2
221	-0.2
232	-2.4
241	-4.2
252	-6.4
255	-7

Tabel 4. 7 Evoluția factorului de timp ce depinde de tensiunea auxiliară la conectare

Aceste valori sunt măsurate prin modificarea tensiunii de alimentare a bobinei de conectare a întrerupătorului și măsurarea timpului de închidere al întrerupătorului.

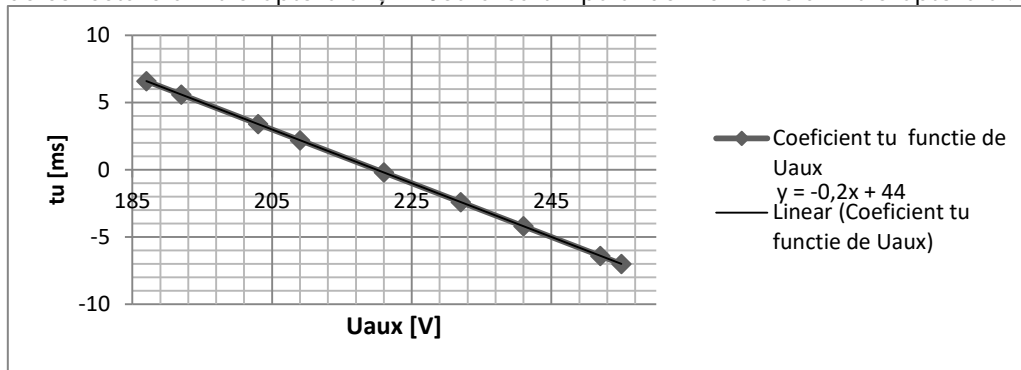


Fig. 4. 8 Caracteristica timp funcție de tensiunea auxiliară la conectare

După cum se observă din acest grafic, coeficientul de timp ce depinde de tensiunea de curent continuu de alimentare a bobinei de anclanșare a întrerupătorului are o caracteristică liniară și valoarea nulă la $U_n = 220 V$ și scade odată cu creșterea valorii tensiunii.

Această tensiune trebuie să fie situată în intervalul $U_{min} = 187 V$ și $U_{max} = 255 V$. Dacă depășește acest interval ea este semnalizată de către relele de monitorizare aflate în serviciile interne de curent continuu.

3. $t_P = f(P)$ funcție de presiune $P_n = 330 \text{ bar}$ - coeficientul de timp ce depinde de presiunea agentului hidraulic (în cazul în care acționarea întrerupătorului se face cu dispozitive de acționare cu agent hidraulic ulei)

Din grafic se observă o evoluție liniară cu următoarea ecuație $y = -0.3x + 99$, cu panta descendentă, la creșterea presiunii agentului hidraulic. Aceste valori ale timpului de închidere a întrerupătorului sunt luate din cartea tehnică a întrerupătorului [19].

Schema logică simulare conectare întreruptor este figurată în Fig. 4.10 [56]

P hidraulic (bar)	Coef (msec)
310	6
316	4.2
321	2.7
326	1.2
333	-0.9
337	-2.1
342	-3.6
346	-4.8
350	-6

Tabel 4. 8 Evoluția factorului de timp ce depinde de presiunea de ulei a dispozitivului de acționare la conectare

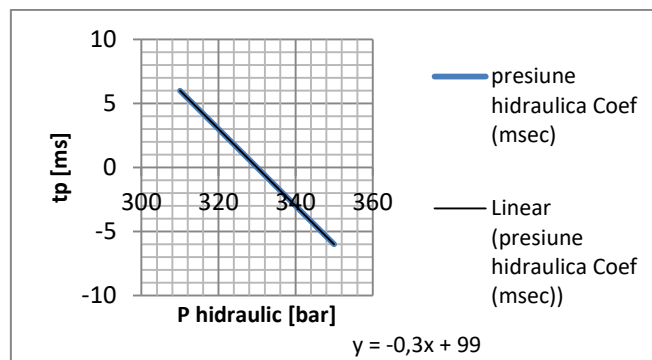
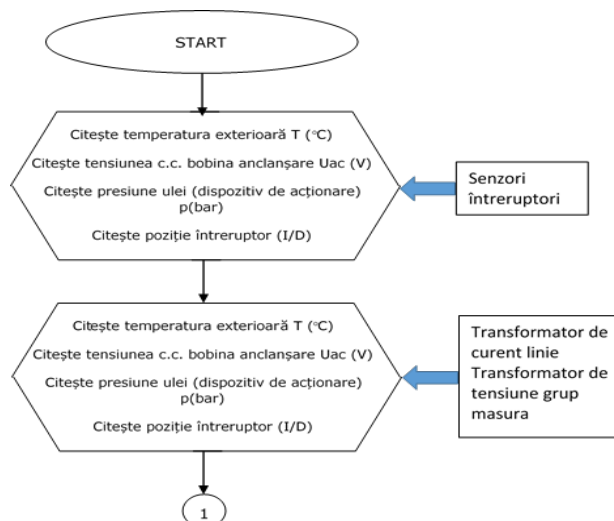
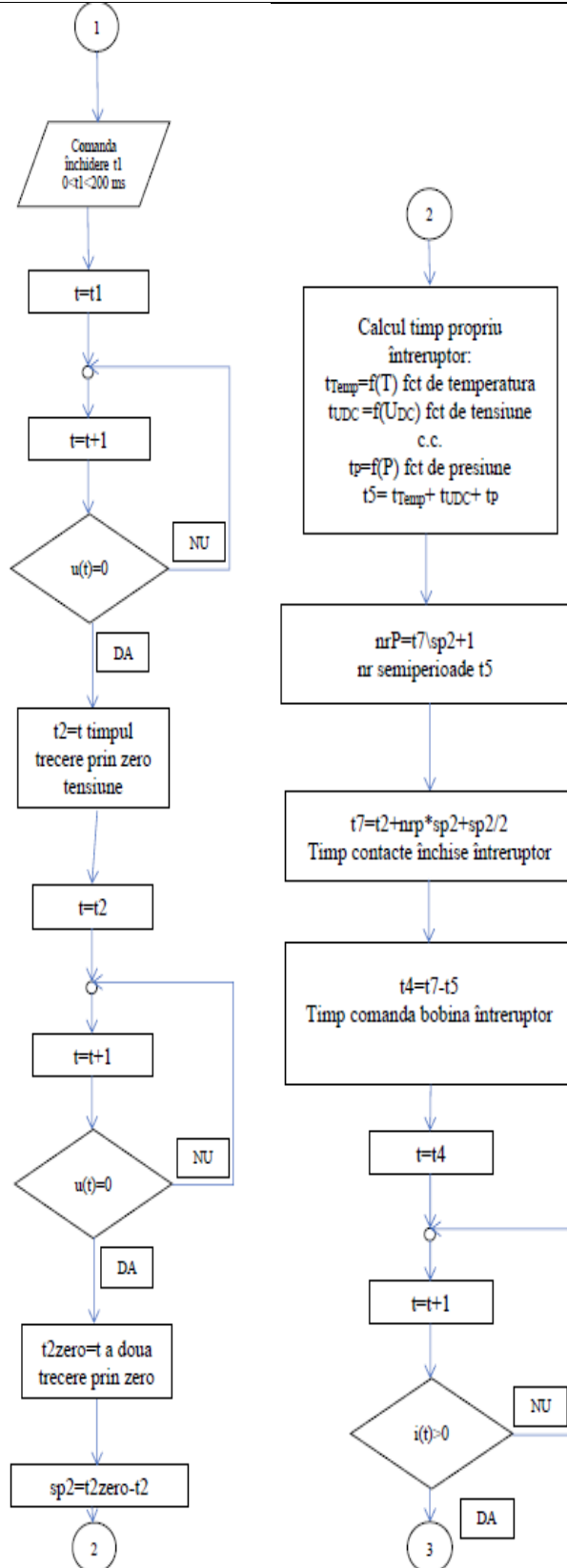


Fig. 4. 9 Caracteristica timp funcție de presiunea agentului hidraulic la conectare



4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de 51 compensare



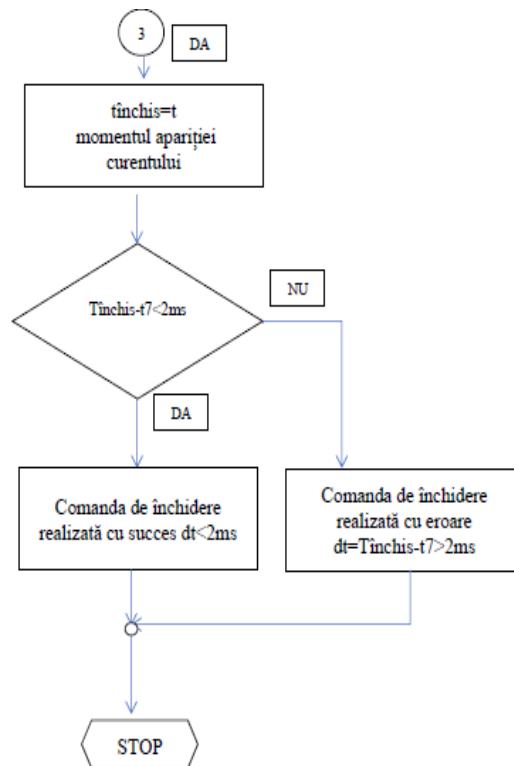


Fig. 4. 10 Schema logică conectare întreruptor

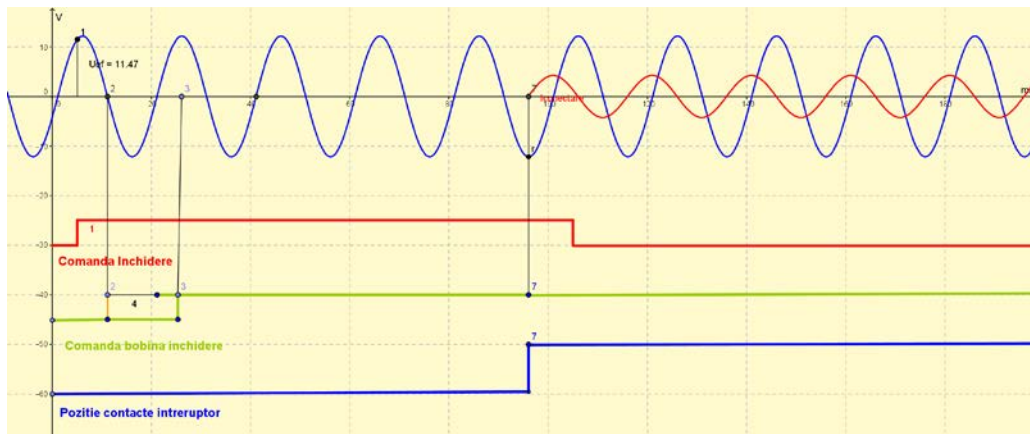


Fig. 4. 11 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă închidere t comanda t1=5ms

Pentru simulare s-a folosit un sistem monofazat cu $U=8,6V$, $\phi U=-0.34$, $f=50Hz$, $I=3A$, temperatura exterioară $18\text{ }^{\circ}C$, $U_{cc}=238V$, $P=325$, bar folosind un program în Excel și reprezentare grafică în Geogebra. [57]

4.2. Caracteristicile procesului de conectare controlată a bobinei de 53 compensare

Temperatura[°C]	18	tT	71	ms
U cc [V]	238	tucc	-4	ms
P [bar]	325	tp	2	ms
		t5	69	ms

t1	5	ms	
t2	6	12.158176	ms
	7	11.66022	ms
	8	10.02088	ms
	9	7.4006272	ms
	10	4.0559489	ms
	11	0.3142462	ms
	12	-3.4582172	ms
	13	-6.8921662	ms
	14	-9.6514619	ms
	15	-11.466005	ms
u(t)=0	t2=	11	ms
t=f(T,U,P)	t5=	69	ms
SP2=1000/f/3	sp2=	10	ms
nrp= t5/SP2 +2	nrp=	8	ms
t7=t2+nrp*SP2+Sp2/3	t7=	96	ms
t4=t7-t6	t4=	27	ms
t3=t4-t3	t3=	38	ms

Fig. 4. 12 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă închidere t1=5ms

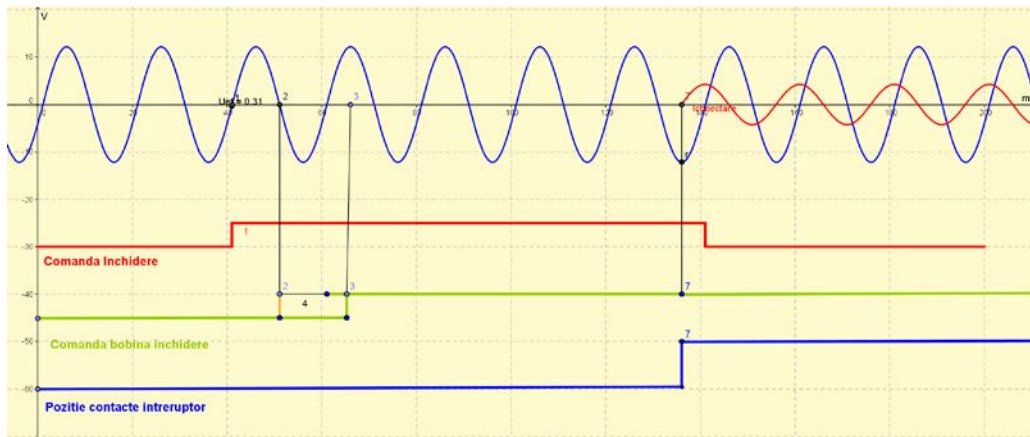


Fig. 4. 13 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă închidere t1=41ms

Pentru o a doua simulare s-a folosit un sistem monofazat cu $U=8,6$ V, $\phi U=-0.34$, $f=50$ Hz, $I=3$ A, temperatura exterioară 23°C, $U_{cc}=242$ V, $P=330$ bar, timp comandă $t_1=41$ ms

Temperatura[°C]	23	tT	71	ms
U cc [V]	242	tucc	-4	ms
P [bar]	330	tp	0	ms
		t5	67	ms
t1	41			ms
		42	3.4582172	ms
		43	6.8921662	ms
		44	9.6514619	ms
		45	11.466005	ms
		46	12.158176	ms
		47	11.66022	ms
		48	10.02088	ms
		49	7.4006272	ms
		50	4.0559489	ms
		51	0.3142462	ms
		u(t)=0	t2= 51	ms
		t=f(T,U,P)	t5= 67	ms
		SP2=1000/f/3	sp2= 10	ms
		nrp= t5/SP2 +2	nrp= 8	ms
		t7=t2+nrp*SP2+Sp2/3	t7= 136	ms
		t4=t7-t6	t4= 69	ms
		t3=t4-t3	t3= 120	ms

Fig. 4. 14 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă închidere $t_1=41$ ms

4.3. Caracteristicile procesului de deconectare controlată a bobinei de compensare

Deschidere: Timpul care trece între comanda electrică emisă întrerupătorului pentru deschiderea și separarea galvanică a contactelor, la toți polii întrerupătorului, este timpul de deschidere. Reaprirea arcului poate avea loc după separarea contactelor și lungirea fluxului de curent, acesta este considerat timpul arcului electric.

Intervalul de timp dintre emiterea comenzii și stingerea arcului electric (capătul fluxului de curent) în toți polii întrerupătorului este timpul de rupere. [58] [59]

Procesul de comutare pentru cei trei poli ai întrerupătorului trebuie să fie priviți separat pentru controlul de comutări.

Pentru studiul procesului de deconectare vom defini următorii timpi:

- Timpul deschidere*: timpul scurs între comanda electrică la polul întrerupătorului și separarea galvanică a contactelor în polul întrerupătorului.
- Timpul de lucru*: timpul scurs între comanda electrică la polul întrerupătorului (pornire fluxul de curent) în cauză și arc electric polul întrerupătorului.
- Timpul arcului electric*: timpul în care arcul arde la polul întrerupătorului în cauză, în timpul de întrerupere.

4.3. Caracteristicile procesului de deconectare controlată a bobinei de compensare 55

Pentru studiul deconectării controlate a unui întrerupător vom folosi un sistem figurat în fig.4.1, cu schema electrică monofilară reprezentată în fig.4.2, utilizând ecuațiile matematice (4.1) și (4.2).

Calculul coeficienților de timp, ce depind de :

1. Temperatura mediului ambiant, astfel se calculează $t_{Temp}=f(T)$ funcție de temperatura mediului ambiant. În tabelul următor avem valori ale coeficientului de temperatură determinat la diferite teste cu întrerupătorul pentru operația de deconectare.

T [°C]	t(T) ms
40	21,5
20	22
0	22,5
-20	23
-30	24
-40	31

Tabel 4. 9 Măsurători ale coeficientului de temperatură deconectare

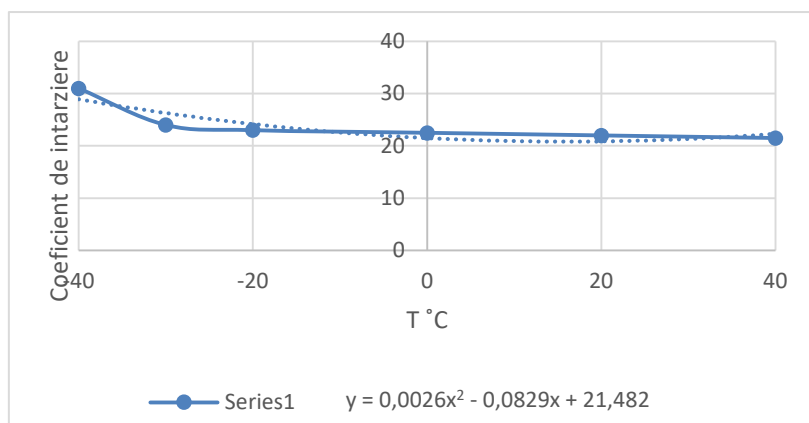


Fig. 4. 15 Măsurători ale coeficientului de temperatură deconectare

În funcție de valorile măsurate din Tabelul 4.9 s-a reprezentat grafic Fig.4.15, caracteristica coeficientului de timp funcție de temperatura mediului ambiant, unde se găsește întrerupătorul și s-a determinat ecuația de variație [56].

$$t_{Temp}(T) = 0,0026(T)^2 - 0,0829(T) + 21,482 \quad (4.3)$$

Având în vedere că întrerupătorul funcționează în condiții normale, adică temperatura în limitele 0°C +40 °C, putem aproxima acest coeficient ca fiind egal cu 22 milisecunde pentru operația de închidere.

2. Tensiunea de curent continuu UDC $t_{UDC} = f(UDC)$, ce alimentează bobina de declanșare care comandă electric întrerupătorul.

U control (V) UDC	Coef (msec) tUDC
187	6.6
192	5.6
203	3.4

209	2.2
221	-0.2
232	-2.4
241	-4.2
252	-6.4
255	-7

Tabel 4. 10 Evoluția factorului de timp ce depinde de tensiunea auxiliară la deconectare

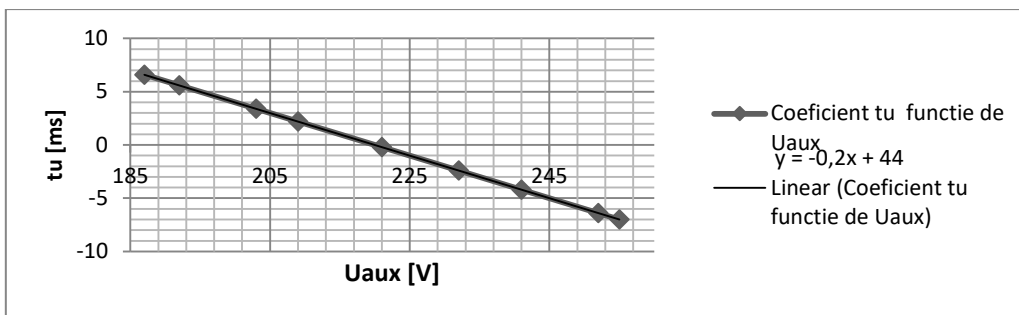


Fig. 4. 16 Caracteristica timp funcție de tensiunea auxiliară la deconectare

În funcție de valorile măsurate din Tabelul 4.10 s-a reprezentat grafic Fig.4.16 caracteristica coeficientului de timp funcție de tensiunea de curent continuu care alimentează bobina de declanșare a întreruptorului și s-a determinat ecuația de variație.

$$t_{UDC}(UDC) = - 0,2(UDC) + 44 \quad (4.4)$$

Se observă din această ecuație liniară că la valoarea nominală de $U_n = 220V$ coeficientul de timp calculat este zero. Dacă valoarea acestei tensiuni nu se găsește în gama de reglaj stabilită adică 187 V și 255 V aceasta este semnalizată în panoul din servicii interne al stației de unde este alimentată.

3. Coeficientul de timp ce depinde de presiunea agentului hidraulic (în cazul în care acționarea întreruptorului se face cu dispozitive de acționare cu agent hidraulic ulei)

P hidraulic (bar)	Coef (msec)
310	6
316	4.2
321	2.7
326	1.2
333	-0.9
337	-2.1
342	-3.6
346	-4.8
350	-6

Tabel 4. 11 Evoluția factorului de timp ce depinde de presiunea de ulei a dispozitivului de acționare la deconectare

4.3. Caracteristicile procesului de deconectare controlată a bobinei de compensare 57

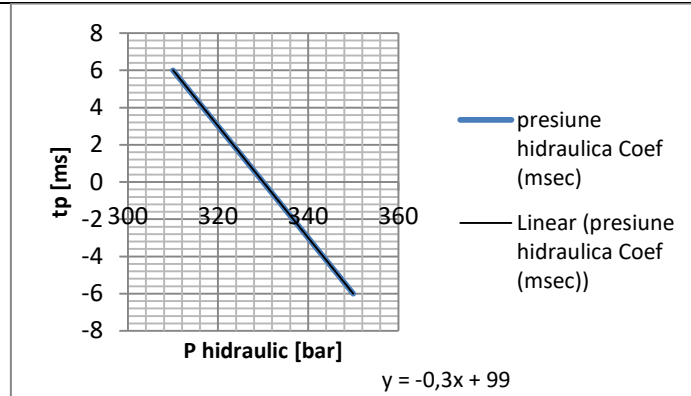
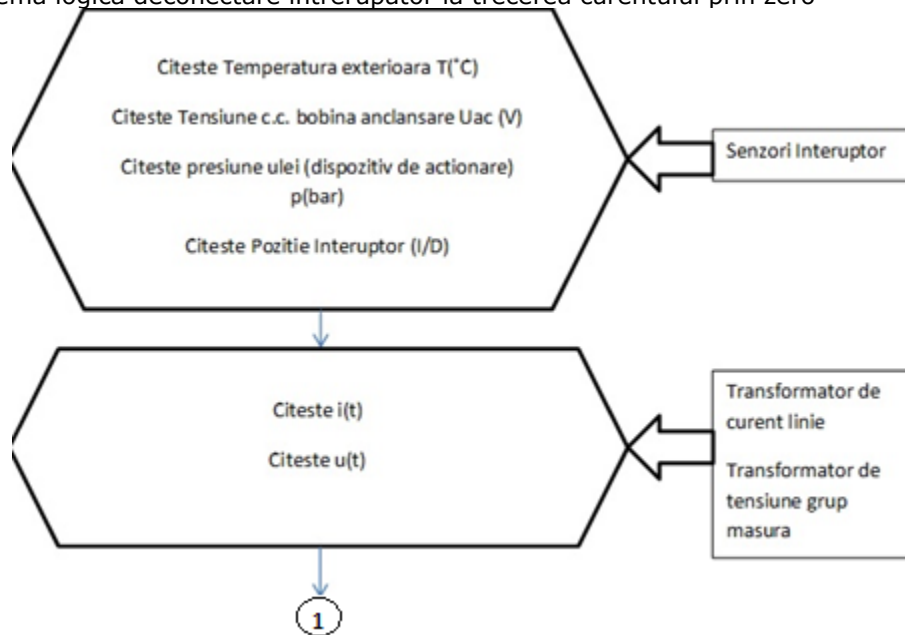


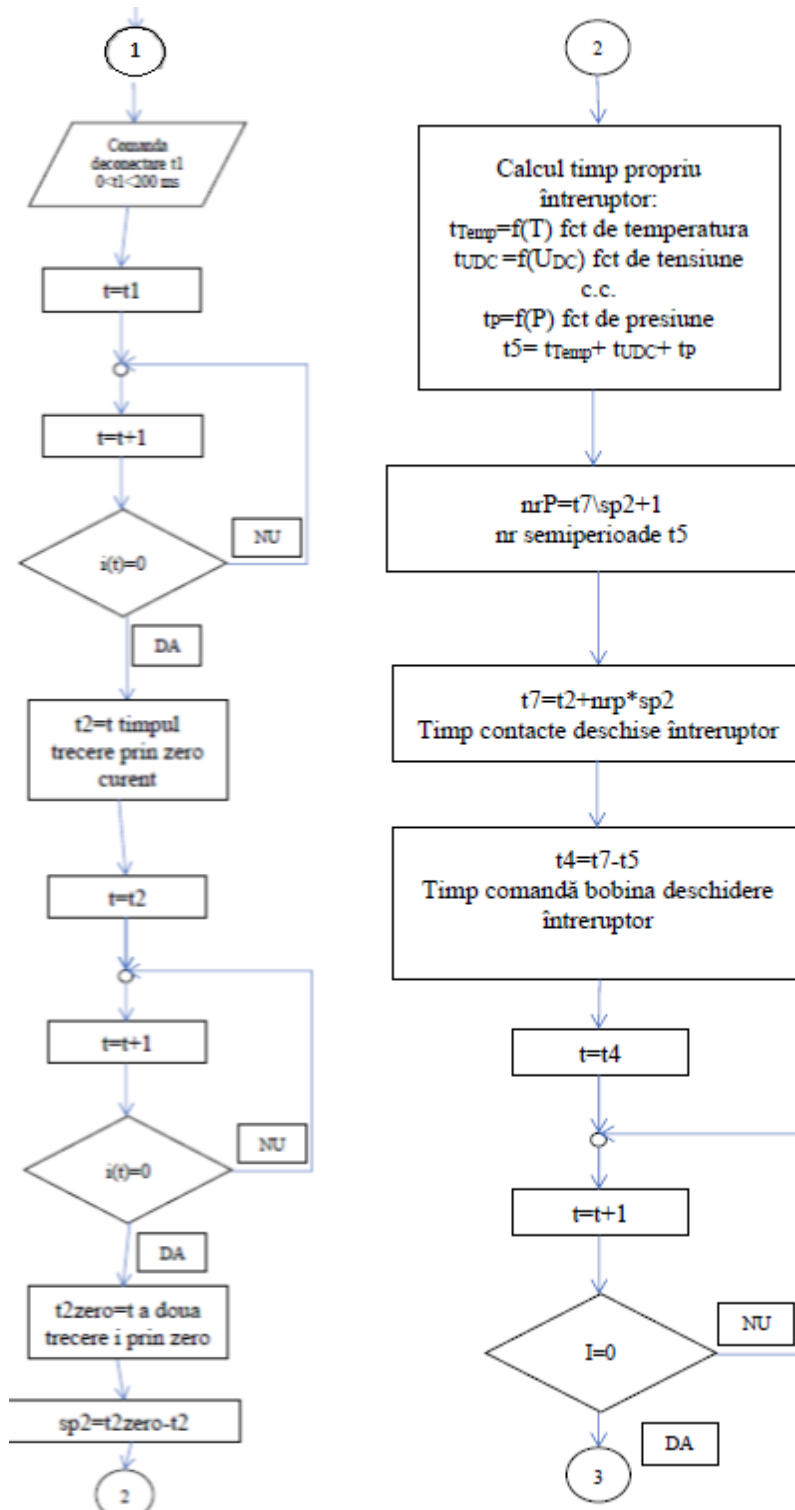
Fig. 4. 17 Caracteristica timp funcție de presiunea agentului hidraulic la deconectare

În funcție de valorile măsurate din Tabelul 4.11 s-a reprezentat grafic Fig.4.17 caracteristica coeficientului de timp funcție de presiunea agentului hidraulic ce alimentează dispozitivul de acționare a întreruptorului și s-a determinat ecuația de variație.

$$tP(P) = - 0,3(P) + 99 \quad (4.5)$$

Schema logică deconectare întrerupător la trecerea curentului prin zero





4.3. Caracteristicile procesului de deconectare controlată a bobinei de compensare 59

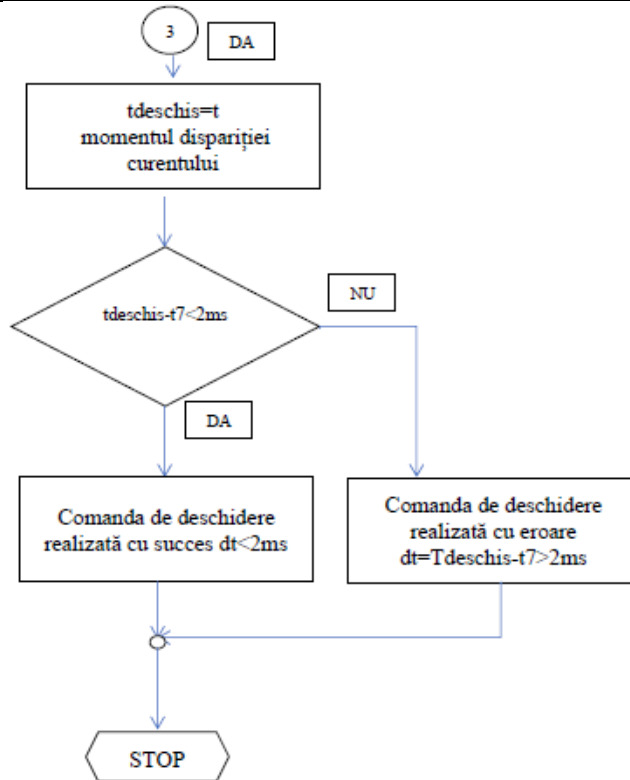


Fig. 4. 18 Schemă logică deconectare întreruptor

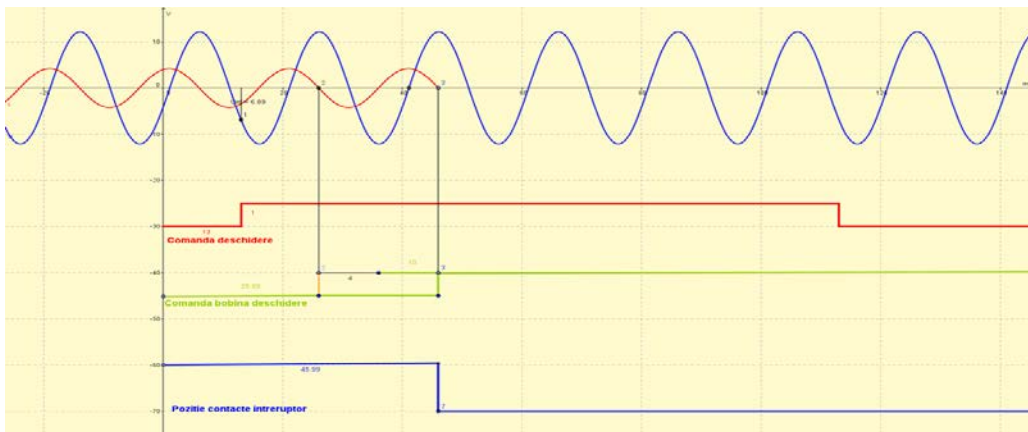


Fig. 4. 19 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă deconectare $t_1=13\text{ms}$

Pentru simulare s-a folosit un sistem monofazat cu $U=8,6\text{ V}$, $\phi U=-0.34$, $f=50\text{Hz}$, $I=3\text{A}$, $\phi I=1.26$, temperatura exterioară 23°C , $U_{cc}=242\text{V}$, $P=330\text{bar}$.

60 DECONNECTAREA DINAMICĂ - 3

Temperatura[°C]	23	tT	21	ms
U cc [V]	242	tucc	-4	ms
P [bar]	330	tp	0	ms
		t5	17	ms

Tabel valori calcul			
t1	13		ms
t2	18	2,5052903	ms
	19	3,4407354	ms
	20	4,0393772	ms
	21	4,2426167	ms
	22	4,0305593	ms
	23	3,4239627	ms
	24	2,4822047	ms
	25	1,2974713	ms
	26	-0,0142677	ms
	27	-1,3246101	ms
	28	-2,5052903	ms
	29	-3,4407354	ms
	30	-4,0393772	ms
	i(t)=0	t2=	26
t=f(T,U,P)	t5=	17	ms
SP2=1000/f/3	sp2=	10	ms
nrp= t5/SP2 +1	nrp=	2	ms
t7=t2+nrp*SP2	t7=	46	ms
t4=t7-t6	t4=	29	ms
t3=t4-t2	t3=	3	ms

Tabel 4. 12 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă deconectare t1=13ms

Pentru o a doua simulare, pentru deconectarea la trecerea prin zero, s-a folosit un sistem monofazat cu $U=8,6V$, $\phi U=-0.34$, $f=50Hz$, $I=3A$, $\phi I=1.26$ temperatura exterioară $21^{\circ}C$, $U_{cc}= 241V$, $P=328$ bar și timpul de comandă $t1=27$ ms

4.3. Caracteristicile procesului de deconectare controlată a bobinei de compensare 61

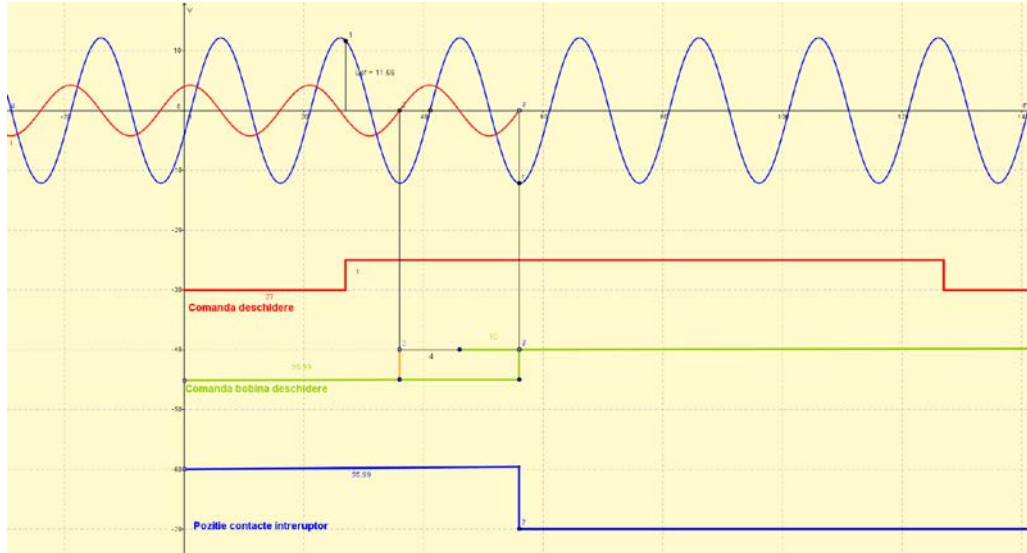


Fig. 4. 20 Caracteristica conectare monofazată pentru comandă deconectare $t_1=27\text{ms}$

Temperatura [°C]	21	tT	21	ms
U cc [V]	241	tucc	-4	ms
P [bar]	328	tp	1	ms
		t5	17	ms

Tabel valori calcul			
t1	27		ms
t2	32	-4,0305593	ms
	33	-3,4239627	ms
	34	-2,4822047	ms
	35	-1,2974713	ms
	36	0,0142677	ms
	37	1,3246101	ms
	38	2,5052903	ms
	39	3,4407354	ms
	40	4,0393772	ms
	41	4,2426167	ms
	42	4,0305593	ms
	43	3,4239627	ms
44	2,4822047	ms	
i(t)=0	t2=	36	ms

$t=f(T,U,P)$	$t5=$	17	ms
$SP2=1000/f/3$	$sp2=$	10	ms
$nrp= t5/SP2 +1$	$nrp=$	2	ms
$t7=t2+nrp*SP2$	$t7=$	56	ms
$t4=t7-t6$	$t4=$	39	ms
$t3=t4-t2$	$t3=$	3	ms

Tabel 4. 13 Calcul mărimi conectare monofazată pentru comandă deconectare $t1=27ms$ **CONCLUZII CONECTARE**

Pe baza rezultatelor obținute s-au identificat următoarele concluzii:

- Simularea timpului de închidere în cazul întreruptoarelor cu SF6 depinde în mare măsură de tipul întrerupătorului.
- Pentru fiecare tip de întrerupător trebuie să se ridice caracteristicile acestora funcție de temperatură, tensiunea de alimentare cu curent continuu a bobinelor de acționare și presiunea agentului hidraulic
- Având în vedere că întrerupătorul funcționează în condiții normale, adică temperatura în limitele $0^{\circ}C +40^{\circ}C$, putem aproxima acest coeficient ca fiind egal cu 72 milisekunde pentru operația de conectare și cu 22 milisekunde pentru operația de deconectare.
- Pentru verificarea acestor timpi este necesară folosirea unor contacte auxiliare care copiază poziția contactelor întreruptorului foarte rapide și precise. [60]
- Algoritmul de calcul pentru timpul de conectare este simplu, totul se rezumă la calcularea celor șapte momente de timp și aplicarea cât mai rapidă a comenzii la bobina întrerupătorului. [61]
- Măsurarea cu o precizie ridicată cu ajutorul unor traductoare existente în instalație a temperaturii și tensiunii de curent continuu. [62]
- Simularea s-a făcut pentru o singură fază, pentru cazul în care comanda întreruptorului este monopolară, atunci pe fiecare fază trebuie să se transmită comanda de comutare defazată față de faza studiată cu o anumită întârziere calculată.

5. CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE

5.1. Aplicații principale pentru utilizarea controlere pe bază de programe pentru comutare

Comutării controlate se folosesc pentru următoarele aplicații:

a) Baterii de condensatoare legate în șunt:

Scopul principal este de a controla închiderea întrerupătorului și pentru a minimiza armonicile de curent la conectare (oscilațiile de tensiune precum și curenții de aprindere). Pentru a îmbunătăți performanța de întrerupere, poate fi utilizată deschiderea controlată.

b) Bobină de reactanță (Reactoare cu șunt):

Scopul principal este de a controla deconectarea întrerupătorului fără reaprinderea arcului electric. În cazul închiderii controlate se urmărește minimizarea curenților de aprindere.

c) Transformatoare sau Autotransformatoare în gol:

Scopul comutării controlate a transformatorului în gol este de a minimiza curenții de aprindere (și variațiile de tensiune) luând în considerare fluxul rezidual. În funcție de aceste condiții aplicația pentru deschiderea controlată poate servi drept suport pentru închiderea controlată.

d) Linie electrică aeriană (LEA) în gol:

Controlul conectării în sarcină sau în gol al liniilor aeriene asigură minimizarea armonicilor de curent tranzitorii.

Tipuri de sarcini:

a) *Baterii de condensatoare legate în șunt*

Bateriile de condensatoare de șunt (sau baterii de filtrare) pot fi cu nulul legat la pământ sau izolat.

După operația de deconectare bateria de condensatoare rămâne complet încărcată cu sarcină. Trebuie blocată comanda de conectare până când bateriile de condensatoare sunt descărcate.

Elementele bateriilor de condensatoare se pot conecta în stea sau în triunghi.

b) *Bobinele de reactanță*

Se conectează în derivație, direct la liniile de înaltă tensiune sau în înfășurarea terțiară a autotransformatoarelor pentru a absorbi puterea capacitivă a liniilor de transport a energiei electrice, în sarcină sau în funcționare în gol, reducând astfel supratensiunile datorate circulațiilor curenților capacitivi pe linie.

Bobinele de reactanță se construiesc cu miez de fier, prevăzută cu întrefier mare.

Pot fi clasificate în funcție de modul de construcție:

- Unitate trifazată;
- Trei unități monofazate;
- Tipul de răcire (în aer, ulei).

Înfășurarea poate fi legată în următoarele moduri:

- Y conectat și nulul legat la pământ;
- Nulul izolat față de pământ (conexiune Y sau triunghi);
- Bobina de reactanță legată la pământ.

64 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

Bobina de reactanță este caracterizată prin faptul că are o curbă caracteristică de magnetizare liniară.

c) Transformatoare de putere

Miezul de fier, precum și grupa de conexiune electrică a înfășurărilor se pot modifica. Transformatoarele sunt caracterizate de o curbă de magnetizare neliniară.

d) Liniile de transport necompensate

Linia este caracterizată prin faptul că nu există echipamente de compensare între întreruptoarele de linie. La deconectarea unei linii de transport care deține un transformator de tensiune capacitiv o fază sănătoasă va fi complet încărcată pentru câteva secunde după dezactivarea energiei electrice.

Linii de transport compensate cu bobină de reactanță se caracterizează prin faptul că au bobine de reactanță conectate la linie și care sunt comutate împreună cu întreaga linie.

Tensiunea unei linii sănătoase va oscila pentru câteva secunde (în funcție de condițiile meteorologice și de tipul transformatoarelor de tensiune) cu o frecvență determinată de gradul de compensare.

În cazul unor rețele pentru reglarea tensiunii se modifică parametrii rețelei de alimentare, fie prin conectarea sau deconectarea circuitelor care funcționează în paralel, fie prin compensarea reactanței inductive a liniilor electrice.

Deconectarea sau conectarea unor circuite (linii electrice sau transformatoare) care funcționează în paralel produc creșterea sau scăderea impedanței longitudinale a rețelei, în felul acesta modificându-se căderile de tensiune care apar pe elementele rețelei electrice.

Comutarea este calculată pentru a comuta toate tipurile de baterii de condensatoare de șunt și de baterii de filtre armonice. Conectarea trebuie să se facă la trecerea prin zero sau aproape de zero a tensiunii de alimentare prin contactele întreruptorului, evitând astfel apariția regimului tranzitoriu la conectare. Condiția care trebuie respectată presupune că bateriile de condensatoare să fie descărcate înainte de conectare.

Pentru deschiderea controlată, timpul de deschidere trebuie să fie calculat astfel încât timpul de arc să fie suficient de lungi pentru a evita reaprinderile arcului electric la deconectare, ceea ce duce la scăderea rezistenței de izolație. Necesitatea unei deschideri controlate depinde de performanța întrerupătorului, de condițiile de încărcare și de frecvența sistemului.

Toate tipurile de bobine de reactanțe, independente de circuitul magnetic și electric, pot fi comutate în mod controlat. Strategia de deschidere controlată este aceea de a selecta timpul de arc suficient de lungi pentru a evita reaprinderea arcului la deconectare.

Strategia poate varia în funcție de puterea bobinei de reactanță. [63] Strategia de închidere controlată este de a energiza la momentele în care rezultă simetria fluxului (simetrie curentă), reducând astfel riscul de declanșare a neplăcerilor și a vibrațiilor rotorului în generatoarele din apropiere datorită curentului de secvență zero. [64] [65]

În mod obișnuit în practică, conectarea unui transformator de putere se face de partea cu tensiune mai mare. Strategia pentru energizare controlată a transformatoarelor fără sarcină este de a energiza sarcina la momente care au ca rezultat simetria fluxului prin luarea în considerare a fluxului rezidual. Fluxul rezidual poate fi ridicat datorită curbei de magnetizare neliniară. Tehnic se poate, de asemenea, energiza din partea de joasă tensiune, care este mai puțin folosită.

Se aplică trei metode diferite:

5.1. Aplicații principale pentru utilizarea controlere pe bază de programe pentru comutare 65

- 1) Dacă fluxul rezidual poate fi ignorat, sunt selectate momente de energizare la vârf de tensiune (flux zero). În astfel de cazuri, întreruptoarele pot să fie acționate monopolar, fie acționate tripolar.
- 2) Dacă fluxul rezidual nu poate fi ignorat, deschiderea controlată înainte de închiderea controlată este o metodă adecvată care ia în considerare fluxul rezidual. Deschiderea controlată este utilizată ca bază pentru operația de închidere controlată imediat următoare. Controlul deschiderii asigură condiții repetate de flux (polaritate și magnitudine). Întreruptoarele care utilizează această tehnică trebuie să fie acționate monopolar.
- 3) Direcționarea automată prin măsurarea fluxului rezidual. Această metodă necesită măsurarea tensiunii de transformare și a tensiunii de sarcină în conformitate cu combinațiile necesare. Întrerupătorul de circuit trebuie, de asemenea, să fie monopolar. Strategia în acest caz este de a conecta la momente când fluxul potențial este egal cu fluxul rezidual. Fluxul este determinat de integrarea tensiunilor de sarcină.

Linii de transport necompensate

La deconectarea fazelor sănătoase ale unei linii necompensate fără sarcină, tensiunea alternativă va fi întreruptă, acesta se aplică dacă nu se utilizează pe linie transformatoare de tensiune magnetice. Pentru anclanșarea automată rapidă sau o energizare lentă, se măsoară tensiunile de linie și tensiunile de bară și se verifică condițiile de sincronizare. Vor fi controlate până la momentele în care se vor furniza diferențe de tensiune aflate în limitele de reglaj înainte de conectare.

Pentru linii de transport necompensate trebuie folosit un întrerupător de circuit cu acționare monopolară. [66]

Linia de transport compensată cu reactor de șunt

Strategia optimă este conectarea liniei compensate cu reactoare cu șunt la momente când diferența de tensiune dintre contactele întrerupătorului ajunge la minim. Cu toate acestea, această metodă ar necesita un traductor capabil să citească tensiunea continuă pe întrerupător.

Este posibilă utilizarea unei strategii simplificate care să identifice poziția contactelor întrerupătorului cu ajutorul contactelor auxiliare ale acestuia independente de tensiunea de pe linie.

Această metodă este indicat să se utilizeze în combinație cu descărcătoarele de supratensiune. Pentru deschiderea (sau închiderea) controlată, se poate supraveghea momentul de separare a contactelor. BCU-ul poate fi, de asemenea, programat să supravegheze dacă curentul dispăre după ce s-a executat operația de întrerupere a curentului.

Referință - Pentru toate comutările, referința este un semnal de la transformatoarele de tensiune de la barele colectoare ale stației. Se poate folosi orice tensiune între fază-pământ sau fază-fază. Un punct de referință este un punct pe curba tensiunii la trecerea prin zero pe panta ascendentă a curbei. Tensiunea de referință este monitorizată continuu de către sistemul de comandă control.

Setările pentru comutarea controlată pot să fie programate diferit, fie adaptabil în funcție de condițiile de întrerupere. BCU-urile la care programul este utilizat în cazul bobinelor de compensare sau autotransformatoarele comută întrerupătorul de circuit controlat la momente de comutare fixe (senzori de poziție contacte fixe sau contacte de contact și /sau timpi de arc fix la întrerupere).

Pentru programele folosite în cazul liniilor de distribuție, momentele de comutare vor varia. Obiectivele variază în funcție de condițiile anterioare de întrerupere și ținta pentru operația următoare este determinată de măsurătorile de tensiune pe partea de sarcină.

66 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

Schimbări de fază

Toate momentele față de care se calculează momentul comutării sunt exprimate în raport cu o fază de referință, astfel pentru toate tipurile de comutări este o tensiune de bară.

Pentru închiderea controlată țintă sunt definite ca o anumită schimbare de fază în raport cu faza de referință. Pentru deschiderea controlată, momentele finale sunt anumite situații de separare a contactelor în raport cu schimbarea de fază a curenților de sarcină. Deoarece referința este o tensiune a barei colectoare și țintele trebuie exprimate în acest sens, trebuie să existe o schimbare reală a fazelor de 90 de grade electrice (întârzierea sau declanșarea în funcție de sarcina inductivă sau de sarcina capacitivă) între curenți și tensiunea fază-pământ.

Comanda de intrare reprezintă transmiterea comenzii către BCU de la sistemul comandă control. [67]

Timpul de pauză este diferența de timp dintre punctul de referință final și momentul emiterii comenzii spre bobina întreruptorului.

Comanda de ieșire este comanda întârziată de controler către bobina întreruptorului. Comanda este procesată în așa fel încât activarea bobinei de închidere și / sau deschidere să aibă loc la intervale care vor avea ca rezultat situațiile optime de realizare și / sau momentele de separare a contactelor, presupunând că timpul închidere și timpul de deschidere sunt previzibile.

Instrumente Transformatoare (senzori)

Transformatoare de tensiune și Transformatoare de curent (VT și CT)

Semnalul de referință ar trebui să fie o tensiune pe partea de alimentare permanentă (tensiunea de la grupuri de măsură bară). Tensiunea de referință există afișată în sistemul comandă control înainte de comanda de comutare dată.

Orice tip de transformator de tensiune care există deja în sistem este folosit de sistemul comandă control, acesta fiind foarte precis.

Când se efectuează monitorizarea instantanee și / sau întreruperi, este necesar un semnal secundar de curent de la transformatoarele de curent. Transformatoarele de curent existente în sistemul comandă control transmite mărimile măsurate sistemului de comandă control de unde sunt citite de controler.

Pentru controlerile care comută linii electrice sau transformatoare sunt necesare măsurători de tensiune pentru determinarea condițiilor de sarcină (încărcare capacitiv sau inductiv) acestea se fac tot din sistemul comandă control care le afișează în sistem.

Compensarea se face automat, atunci când întrerupătorul are variații de funcționare bine cunoscută în comportamentul său, cu variații ale condițiilor externe, se pot face corecții pentru acestea.

În programul de control trebuie să se folosească valorile unor mărimi de compensare. Un exemplu de posibile condiții externe care pot fi compensate sunt variațiile temperaturii ambiante și variațiile tensiunii auxiliare de curent continuu pentru bobinele întrerupătoarelor de circuit.

Orice parametru extern care dă o dependență cunoscută poate fi compensat.

Caracteristicile de compensare sunt deosebit de importante pentru întreruptoarele care nu sunt comutate frecvent.

Pentru întreruptoarele care funcționează frecvent, comportamentul întrerupătorului de influență a schimbării parametrilor externi poate fi considerat minor și compensat prin controlul de adaptare.

Echipamentul de compensare este destinat în principal pentru întreruptoarele care nu funcționează frecvent.

Contacte auxiliare de precizie

5.1. Aplicații principale pentru utilizarea controlere pe bază de programe pentru comutare 67

Dacă se vor monitoriza momentele de atingere a contactului sau de separare a contactelor, se vor utiliza contacte auxiliare speciale. [68] [69]

Caracteristica de funcționare monopolară sau tripolară a întrerupătorului se rezumă la controlul unui întrerupător de circuit cu un singur pol, care dă câte o comandă de ieșire separată fiecărui pol.

Întrerupătoarele cu funcționare tripolare pot fi dotate cu dispozitive mecanice de comutare, făcându-le adecvate pentru comutarea controlată. În aceste cazuri, va exista o distribuție mecanică încorporată (schimbare de fază) între poli, care este adecvată pentru comutarea optimizată a sarcinii la frecvența specificată. Distribuția mecanică este aranjată pentru a atinge condiții de comutare adecvate, cu un minim de eșalonare (care pentru curenții monofazați înseamnă comutarea în ordinea de rotație inversă).

Corelarea deschiderii controlate a unui întrerupător de circuit tripolar depinde de condițiile de încărcare și de relația dintre viteza de închidere și deschidere. Timpul de întârziere pentru deschidere va fi inversat în comparație cu închiderea (care în mod normal este cel mai utilizat).

Nu este întotdeauna posibilă combinarea închiderii controlate și a deschiderii controlate pentru întreruptoarele de circuit tripolare.

În comutarea controlată, timpii optimi pentru fiecare pol de întrerupător nu coincid. Atunci când se utilizează întrerupătoare de circuit cu trei poli, trebuie să fie încorporată o schimbare mecanică a fazelor. Această schimbare mecanică de fază, asigură atingerea contactului și / sau separarea contactelor pentru toți poli la momente diferite optime. Această dispunere mecanică se realizează prin proiectarea specială a legăturilor electrice în mecanismul de acționare .

RDDS-Rata de scădere a rezistenței dielectrice.

Pentru funcția corectă, valoarea RDDS ar trebui să depășească derivatul maxim al tensiunii aplicate. Variația statistică a RDDS ar trebui să fie scăzută.

RRDS-Rata de creștere a rezistenței dielectrice. Valoarea RRDS definește timpul minim de arc necesar pentru întreruperea fără sarcină inductivă a reconectării.

Timpul de închidere este timpul scurs de la activarea bobinei de închidere până la atingerea contactului în întreruptor.

Timp de menținere impuls închidere este timpul de la alimentarea bobinei de închidere până când curentul începe să curgă în circuitul principal. Controlul adaptării se ajustează instantaneu.

Timp de pre-arc este intervalul de timp de la pornirea fluxului de curent în circuitul principal până la atingerea contactului.

Timp de pre-arc = Timpul de închidere – timp de energizare

Reaprinere este reapariția tensiunii în întreruptor la o durată egală sau mai mare de un sfert de ciclu după începerea deconectării.

Timpul de deschidere este intervalul de timp scurs de la energizarea bobinei de deschidere până la separarea contactului.

Timpul de arc este timpul trecut de la separarea contactelor până la întreruperea curentă.

Circuite de control

Declanșarea defecțiunilor

Deoarece o operație de deschidere controlată va cauza un timp de verificare prelungit (durata verificării intrării, timpul pentru găsirea punctului de referință final și timpul de așteptare suplimentar), este important ca toate comenzile de declanșare venite de la protecții să nu treacă prin controler adică să meargă direct la bobina de declanșare a întreruptorului.

68 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

Modul de tratare al nului rețelei este un parametru important pentru definirea timpilor optimi pentru comutarea controlată.

Aționarea trifazată a unui întrerupător cu un singur dispozitiv de acționare nu este simetrică. Principiul este acela că operațiunile de închidere sau de deschidere comandate trebuie să aibă loc în ordine inversă (adică ordinea R-T-S într-o rețea cu tensiuni secvențiale pozitive în ordinea R-S-T).

Introducere - Comutare controlată

Există mai multe aplicații importante pentru întreruptoare în care închiderea aleatorie sau timpul de deschidere poate duce la o supratensiune și apariția de efecte de comutare tranzitorii curente. Aceste tranzitorii apar în circuitele principale, dar pot, de asemenea, să provoace efecte tranzitorii în circuitele de control și auxiliare, precum și în cele adiacente sisteme de tensiune. Procesului tranzitoriu de comutare îi sunt asociate o varietate de efecte dielectrice și solicitări mecanice ale echipamentului de înaltă tensiune, și pot provoca treptat sau imediat deteriorarea echipamentului din sistem. Tranzițiile provocate pot duce la o varietate de defecte, de ex. în stație sistemul de control și protecție, calculatoare și procesoare sau telecomunicații. (70)

Conectarea normală a condensatoarelor de șunt, bobinele de reactanță și transformatoare de putere produc efecte tranzitorii grave - supratensiuni, subtensiuni, sau curenți mari de aprindere. La deconectarea bobinelor de reactanță, vor apărea reaprinderi, care duc la producere de supratensiuni mari. Mărimea tranzitoriilor depinde de punctul de unde se închide sau se deschid contactele întrerupătorului de circuit. Dacă nu se folosește procesul de comutare controlată este inevitabil producerea de comutări la un unghi de fază, cel mai rău posibil care poate duce la distrugerea echipamentului. Chiar dacă se folosește un întrerupător modern care are posibilitatea de a limita procesul de comutare cu sarcini capacitive sau filtre armonice în timp pot apărea efecte tranzitorii pe parcursul unui număr mare de operațiuni de comutare. Acest risc de defecte izolate pot fi eliminate prin mijloace de operații de deschidere controlată.

Contramăsuri convenționale pentru eliminarea efectului comutării tranzitorii sunt folosirea de rezistențe pre-insertie, reactoare de amortizare, rezistoarele sau descărcătoarele sunt utilizate pentru a limita magnitudinea. O altă metodă este izolarea zonelor de sistem și folosirea de echipamente noi care să reziste la solicitări electrodinamice mai mari. Toate aceste metode pot fi ineficiente, nesigure sau scumpe, și nu tratează rădăcina problemei.

5.2. Principiul comutării controlate

Controlul comutării este o metodă pentru eliminarea tranzitoriilor mari prin controlul momentului operațiunii de comutare. Comenzile de închidere sau deschidere către întrerupător sunt întârziate în așa fel încât separarea contactelor întrerupătorului va avea loc la momentul optim, care depinde de unghiul de fază.

Cu ajutorul programului de comutare controlată instalat în sistemul de comandă control operațiunile de conectare și de deconectare pot să fie controlate în ceea ce privește poziția punctului pe caracteristică, ceea ce va evita generarea unui proces tranzitoriu dăunător.

Următorul exemplu ilustrează principiul general de funcționare al BCU controler, pentru conectarea unei baterii de condensatoare.

Pentru a elimina producerea proceselor tranzitorii, momentul de comutare trebuie făcut la trecerea tensiunii prin zero. Pentru simplificarea studiului este doar pentru o singură fază. [49]

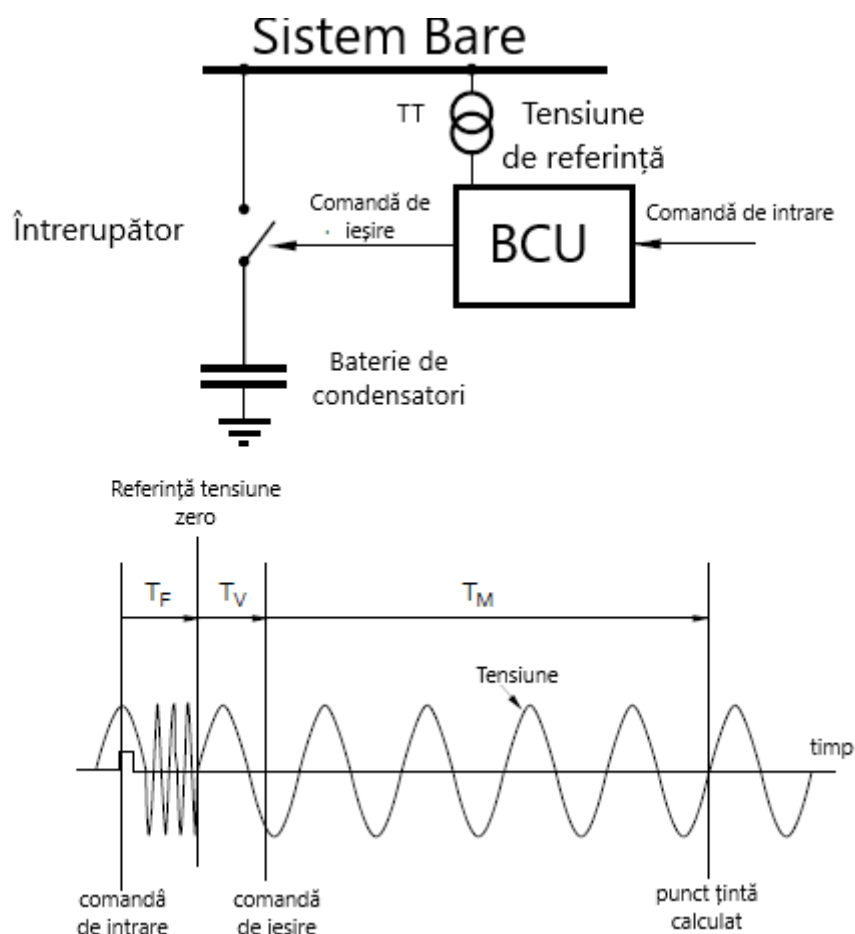


Fig. 5. 1 Conectare baterie de condensator TF - Timpul pentru detectarea tensiunii de referință finale zero TV - Timp de așteptare T_M = Timpul de așteptare al întreprupătorului

Dacă se aplică o deschidere controlată, este important ca toate comenzile de declanșare a protecției, să treacă de BCU acest lucru este realizat fizic prin legături directe ale protecțiilor cu bobinele întreprupătorului. Când bateria condensatorului trebuie să fie alimentată, o comandă de intrare este dată BCU-ului. În urma comenzii, BCU va determina momentul de referință a timpului, raportată la unghiul de fază al tensiunii barei de colectare. După ce s-a făcut acest lucru și după un timp de așteptare creat intern, BCU va da apoi comanda de închidere la întreprupător. Momentul de timp al comenzii de închidere a ieșirii este determinat de timpul de închidere dat de producătorul întreprupătorului și de punctul țintă pentru închidere efectiv. Timpul de închidere efectiv și momentul țintă previzibil au fost calculate în prealabil în controler. Întreprupătorul va efectua comanda la momentul potrivit și va reduce astfel la minim efectele tranzitorii de comutare. [43] [71]

Întreprupătoarele moderne cu SF6 au mecanisme de acționare cu arc. Pentru unele dintre variante, au mecanismul de acționare cu resorturi acționate cu motoare cu curent alternativ. Toate aceste întreprupătoare au perioade de funcționare stabile, care variază doar într-o măsură limitată de factori precum temperatura ambiantă și tensiunea de comandă. Pentru o variație moderată a acestor factori, timpii de

70 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

deschidere și de închidere vor prezenta de obicei o variație mai mică decât plus / minus 0,5 ms. În mod similar, după o perioadă lungă de așteptare, fie în poziția închisă, fie în poziția deschisă, întreruptoarele vor avea timpi de funcționare stabili, chiar și la prima operație.

Întreruptoarele au, de asemenea, o rezistență dielectrică dinamică ridicată și stabilă între contacte, atât la închidere, cât și la operațiile de deschidere. Aceste proprietăți, împreună cu duratele de funcționare stabile, fac ca aceste întreruptoare să fie potrivite pentru comutarea controlată.

Din moment ce proprietățile dielectrice dinamice stabile, care au, de asemenea, o rată ridicată de schimbare, sunt necesare pentru obținerea unei performanțe reușite pentru comutarea controlată, nu este recomandabil să se combine rezistențele pre-insertie și închiderea controlată.

Proprietățile dielectrice dinamice ale contactelor rezistenței pre-insertie nu sunt destul de diferite sau suficient de stabile pentru a fi adecvate pentru închiderea controlată. În modul de adaptare, această condiție poate duce la un control de adaptare instabil.

Trebuie remarcat faptul că întrerupătoarele de circuit de altă construcție, de ex. utilizând alte tipuri de mecanisme, pot prezenta variații mai mari în timpii de funcționare, statistic de la funcționare la funcționare și, de asemenea, ca rezultat al variațiilor temperaturii ambientale etc. De aceea, ar putea fi mai puțin benefic să se utilizeze astfel de întrerupătoare de circuit pentru aplicațiile de comutare controlată. Proprietățile dielectrice dintre contacte, la efectuarea sau la ruperea operațiunilor, pot fi, de asemenea, mai puțin potrivite. [72]

Pentru rezultate bune și limitarea adecvată a tranzitoriilor de comutare, se recomandă să folosirea comenzilor BCU numai cu întreruptoarele cu SF6 și mecanismele de acționare cu resort. [73]

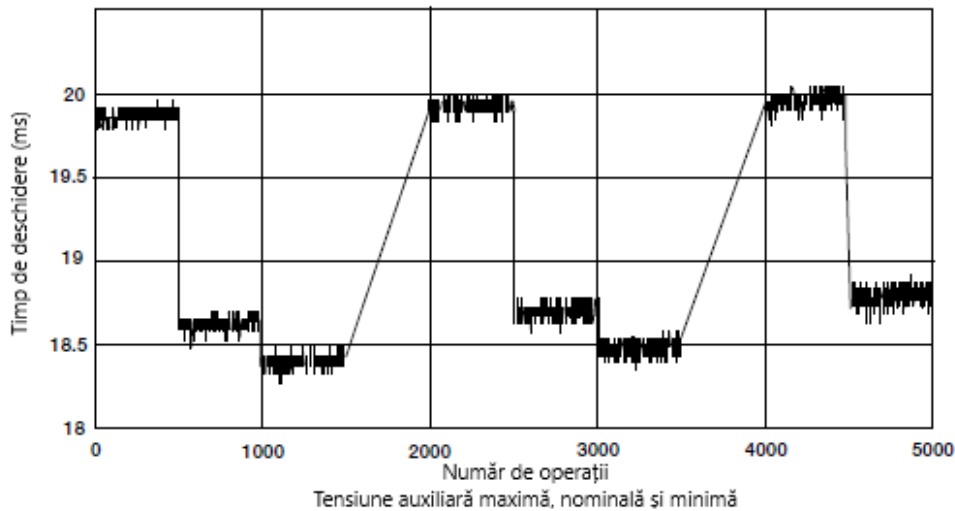


Fig. 5. 2 Exemplu de calcul timp de deschidere întrerupător la test de durabilitate

5.3. Conectarea controlată a unei sarcini capacitive

Controlul operațiunilor de închidere BCU controler de circuit pentru bateriile de condensatori și filtrele armonice sunt utilizate în mod normal pentru controlul operațiunii de închideri.

Un condensator descărcat este similar cu un scurtcircuit în momentul conectării la o sursă de energie. Dacă este alimentat atunci când sursa de tensiune este mare, rezultatele conexiunii în tranzistori de tensiune și curent pot provoca probleme grave. Depinzând de configurarea rețelei, creșterea tensiunii poate cauza distrugerea izolației dielectrice undeva în rețeaua de înaltă tensiune și echipamentele de joasă tensiune se pot defecta sau suferi pagube de izolație. La rețelele electrice în gol, acestea sunt încărcate cu sarcină capacivă astfel curentul care apare la conectare poate avea o amplitudine și frecvență mare care pot duce în acest caz la distrugerea întreruptorului. [74]

Controlul întrerupătorului pentru a conecta o sarcină capacivă trebuie să se facă la trecerea prin zero a tensiunii, astfel se elimină efectele negative ale fenomenelor tranzitorii.

În figura 5.3. Conectarea se face la momentul trecerii tensiunii prin zero acesta este setat ușor după trecerea tensiunii prin zero pentru a minimiza influența RDDS-rata de scădere a rezistenței dielectrice.

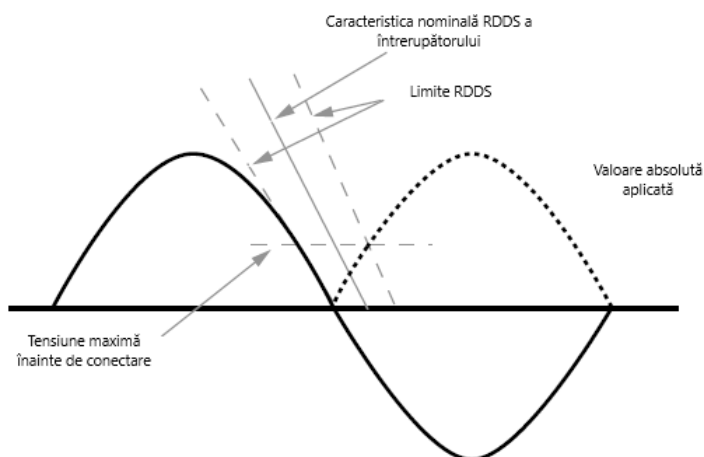


Fig. 5. 3 Alegerea momentului de conectare pentru o sarcină capacivă

La o operație de închidere, contactele polului întrerupătorului vor avea rezistența dielectrică capacivă care scade rapid de la o valoare de pornire mare spre zero, când se ating contactele. [75] Această proprietate este denumită adesea RDDS, rata de scădere a rezistenței dielectrice, a întreruptorului de circuit. [76]

Într-un caz ideal, întrerupătorul de circuit se conectează în momentul când tensiunea trece prin zero, exact atunci când tensiunea între contacte este zero. Pentru ca asta să fie posibil, RDDS a întrerupătorului trebuie să fie mai mare decât rata de scădere a tensiunii aplicate aproape de zero. În realitate va exista întotdeauna o anumită valoare viteza de închidere și rezistența dielectrică caracteristică contactelor. Pentru ca să minimalizeze efectul advers al unor astfel de statistici variații și datorită

72 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

vitezei limitate, stabilirea țintei nominale este stabilită ușor după tensiunea zero, așa cum este ilustrat în figura 5.3. [77] [78]

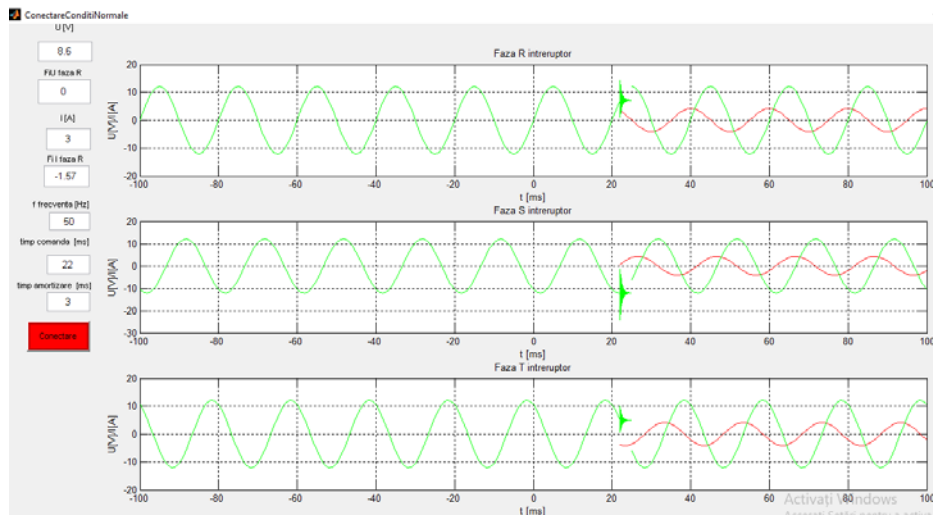


Fig. 5. 4 Apariția fenomenelor tranzitorii la conectare sarcină capacitivă baterie de condensatori

În figura 5.4. este reprezentat fenomenul tranzitoriu care apare odată cu fenomenul de conectare trifazată a unui întrerupător pe o sarcină capacitivă acționare trifazată adică contactele acestuia se închid simultan. Pentru această simulare am folosit un program Matlab [79] [80] [81].

Pentru această simulare s-au folosit ca mărimi de intrare:

- U- amplitudinea tensiunii de referință faza R;
- FiU faza R -defazajul tensiunii pe faza de referință R;
- I- amplitudinea curentului de referință faza R;
- Fii faza R -defazajul curentului pe faza de referință R;
- f -frecvența ;
- timp comandă – reprezintă momentul începerii operației de conectare
- timp amortizare – reprezintă timpul în milisecunde de amortizare a curentului după deconectare.

În figura 5.4. se observă că pe faza S curentul în momentul deconectării este aproape de zero, deci amplitudinea amortizării este foarte mică pe când pe celelalte faze această amplitudine se apropie de maxim. Este reprezentat fenomenul tranzitoriu care apare odată cu fenomenul de deconectare trifazată a unui întrerupător cu acționare trifazată adică contactele acestuia se deschid simultan.

```
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
Upre=str2double(get(handles.U,'string'));% tensiunea bare
Ipre=str2double(get(handles.I,'string'));% curent deconectat
FIU1=str2double(get(handles.FIU,'string'));% defazajul tensiune
```

5.3. Conectarea controlată a unei sarcini capacitive 73

```

Fil1=str2double(get(handles.Fil,'string'));% defazajul curent
fHz=str2double(get(handles.f,'string'));% frecventa
tc=str2double(get(handles.tc,'string'));% timp comandă întrerupător
tamort=str2double(get(handles.tam,'string'));% timp de amortizare
Fil=Fil1;
subplot(311);
tt=-100:1:tc;
ttc=tc:1:100;
ppp=lpred(ttc,lpre,fHz,Fil); % desenare faza R
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-FiU1);
yyy=Amortizare1(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','g')
title('Faza R intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('UR ','IR');
grid on;
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza R predefect
FiU=FiU1;
%tt=-100:1:tter;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
tt=tter:1:100;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
% pentru faza S defazata cu +60 grade 2*pi/3
subplot(312);
Fil=Fil1+2*pi/3;
FiU=FiU1+2*pi/3;
tt=-100:1:tc;
ttc=tc:1:100;
ppp=lpred(ttc,lpre,fHz,Fil); % desenare faza R
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-FiU);
%yyy=Amortizare(a);
yyy=Amortizare1(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
title('Faza S intreruptor');
xlabel('t [ms]');

```

74 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE
DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

```
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('US ','IS');
grid on;
plot(tamp,xp,'Color','g')
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza R predefect
FiU=FiU1+2*pi/3;
tt=-100:1:tc;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
tt=tter:1:100;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
% pentru faza T defazata cu +60 grade -2*pi/3
subplot(313);
FiI=FiI1-2*pi/3;
FiU=FiU1-2*pi/3;
tt=-100:1:tc;
ttc=tc:1:100;
ppp=Ipred(ttc,Ipre,fHz,FiI); % desenare faza T
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-FiU);
%yyy=Amortizare(a);
yyy=AmortizareI(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','g')
hold all
axis auto
grid on
title('Faza T intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('UT ','IT');
grid on;
% se deseneaza tensiunea faza T predefect
tt=-100:1:tc;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza T
tt=tter:1:100;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza T

function [Upre]=Upred(t,Upre,fHz,FiU)
% functie care deseneaza curentul in functinare normala
Upre=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*t/1000-FiU);
plot (t,Upre,'Color','g')
end
```

5.3. Conectarea controlată a unei sarcini capacitive 75

```
function [Ipre]=Ipred(t,Ipre,fHz,FiI)
% functie care deseneaza curentul in functionare normala
Ipre=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*t/1000-FiI);
plot (t,Ipre,'Color','r')
end
```

```
function AmrtI=AmortizareI(a,fHz,tamort)
om=fHz;fi=0;tam=0:0.005:tamort;si=2;
y=a+a*exp(-si.*tam). *cos(om.*tam+fi);
AmrtI=y;
end
```

Pentru această simulare am aplicat o tensiune de $U=8.6V$ cu un defazaj pe faza R de 0 grade, un curent $I=3 A$ cu un defazaj de $-\pi/2$ pe faza R, adică o sarcină pur capacitivă și s-a aplicat o comandă de închidere $t=22ms$ și un interval de amortizare de 3 ms.

Se observă din fig.5.4 că amplitudinile tensiunilor sunt foarte mari în momentul conectării sarcinii capacitive deoarece nici o tensiune nu trece prin zero în acel moment.

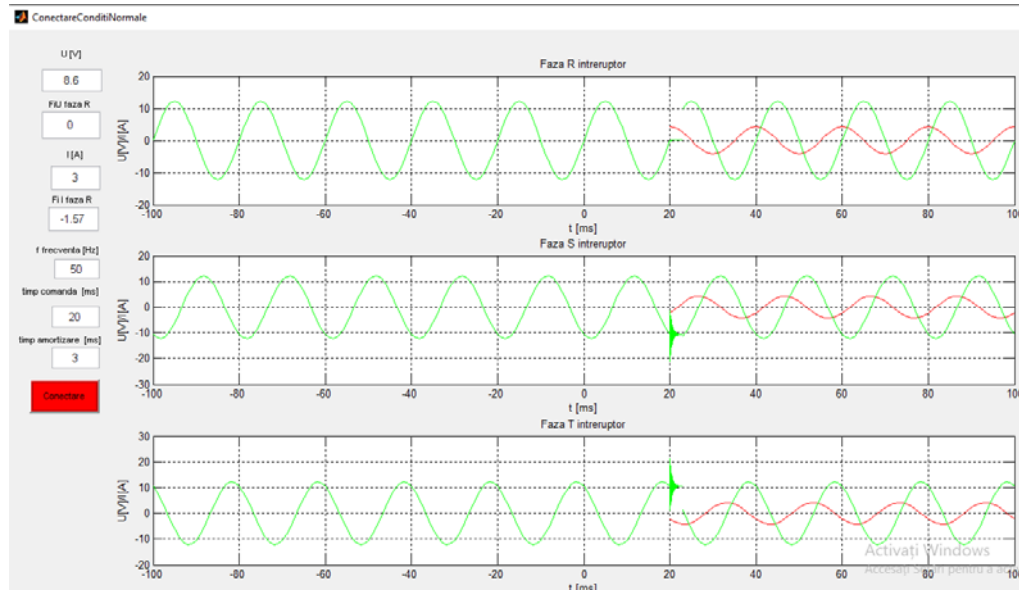


Fig. 5. 5 Conectare necontrolată sarcină capacitivă

Pentru această simulare am aplicat o tensiune de $U=8.6V$ cu un defazaj pe faza R de 0 grade, un curent $I=3 A$ cu un defazaj de $-\pi/2$ pe faza R, adică o sarcină pur capacitivă și s-a aplicat o comandă de închidere $t=20ms$ și un interval de amortizare de 3 ms. Se observă din fig.5.5 că amplitudinea tensiunii pe faza R este zero deoarece tensiunea de referință pe faza R trece prin zero în momentul conectării.

Într-o situație normală în rețeaua trifazată, cei trei poli ai întrerupătorului ar trebui să se închidă la momente diferite de timp. Diferențele de timp depind de aplicație. Pentru bateriile de condensatoare cu neutru legat la pământ, cei trei poli trebuie să se închidă succesiv cu o diferență de timp de $1/6$ ciclu (3,3 ms la 50 Hz sau

76 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

2,8 ms la 60 Hz). Pentru bornele condensatoarelor cu neutru izolat față de pământ, doi poli ar trebui să se închidă simultan la tensiunea fazei R care trece prin zero și ultimul pol T cu 1/4 ciclu mai târziu (5 ms la 50 Hz sau la 4,2 ms la 60 Hz). [49]

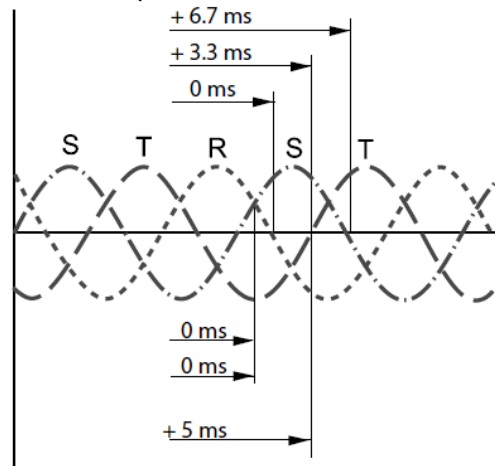


Fig. 5. 6 Secvență de reprezentare a timpilor la conectare baterii de condensatoare cu frecvența 50Hz

În cazul unui întrerupător de circuit cu acționare tripolară, adică fiecare pol are propriul mecanism de acționare, programul va controla fiecare pol individual, pentru a face comutarea la momentul potrivit. Pentru un întrerupător de circuit cu trei poli, cu un singur mecanism de acționare, polii sunt ajustați mecanic (eșalonat) pentru a se comuta la momentul potrivit.

Pentru comutarea unei baterii de condensatoare de șunt sau a unui filtru armonic, alegerea efectivă a eșalonării depinde de:

- Modul de tratare a neutrului rețelei – legat direct la pământ sau izolat
- Frecvența rețelei - 50 sau 60 Hz

Comutarea unui întrerupător de circuit va afecta atât timpii de închidere cât și de deschidere a polilor individuali. Atunci când a fost aleasă o combinație pentru controlul operațiilor de închidere, operațiile de deschidere vor fi de asemenea influențate.

Este foarte important ca pentru o funcționare corectă, întrerupătoarele destinate bateriilor de condensare cu nulul legat la pământ trebuie să fie respectată succesiunea fazelor.

Conectarea corectă depinde de tipul întrerupătorului și este ilustrată pentru întrerupător de 110 kV. Cu o secvență de fază pozitivă R-S-T a rețelei de alimentare, conexiunile de fază-pământ în acest caz trebuie să fie:

Fază primară întrerupător	Dispozitiv de acționare întrerupător	Unghi de defazaj la închidere întrerupător
R	C	+60°
S	B	0°
T	A	+120°

Tabel 5. 1 Succesiune conectare întrerupător pentru alimentare baterie de condensatoare

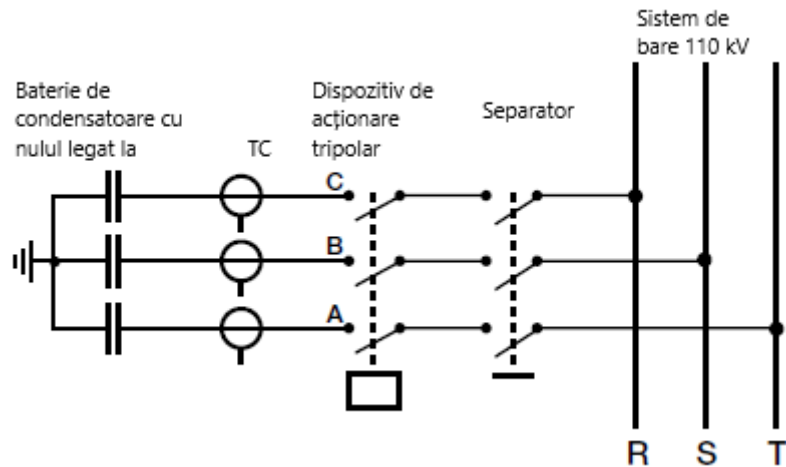


Fig. 5. 7 Schema conectare trifazată baterie condensatoare

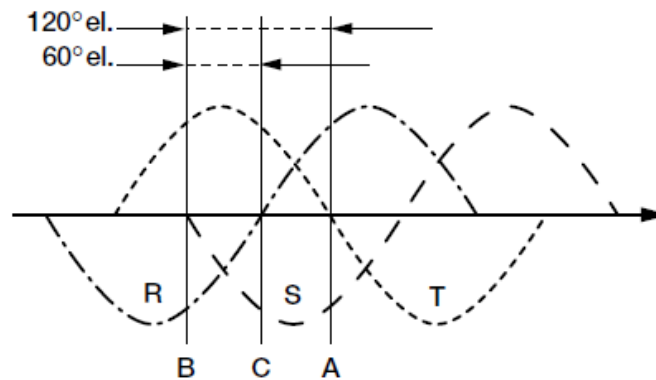


Fig. 5. 8 Succesiune conectare întreruptor pentru alimentare baterie de condensatoare acționate trifazat

În figura 5.9 este reprezentată schema de comutare controlată a unei baterii de condensatoare. În această schemă se observă că avem posibilitatea să comandăm controlat atât conectarea cât și deconectarea. Pentru a realiza comutarea controlată se citesc din sistemul de comandă control temperatura mediului ambiant unde este montat întreruptorul, tensiunea auxiliară de curent continuu care alimentează bobinele de anclanșare și de declanșare ale întreruptorului precum și presiunea agentului de acționare al dispozitivului de manevrare al întreruptorului dacă acesta nu este cu resort.

În fig.5.9 avem: R,S,T -sistem trifazat de bare, C_{in} -inițiere comandă de închidere, O_{in} -inițiere comandă de deschidere, U_{ref} -tensiunea de referință, C_{out} -emitere comandă de închidere, O_{out} -emitere comandă de deschidere

78 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

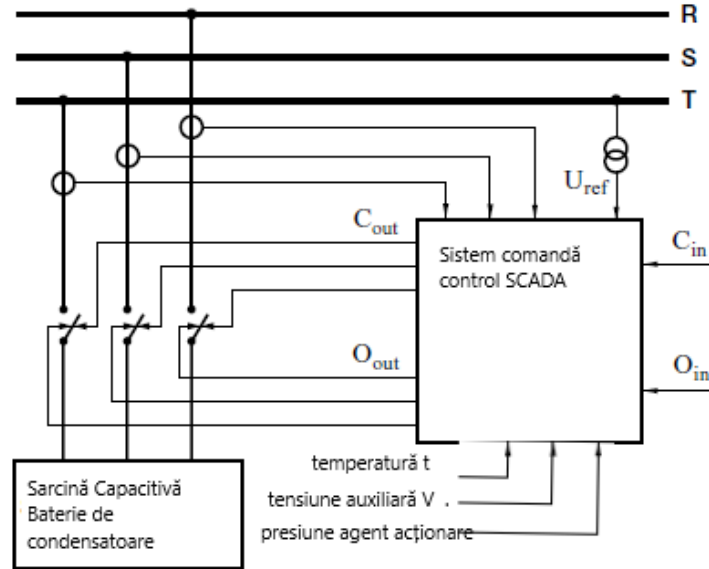


Fig. 5. 9 Schema de comandă controlată baterie de condensatoare acționată monopolar

Pentru simularea operației de comutare am realizat un program în Matlab Tras_graf_trifaza care este realizat sub forma unei interfețe grafice ca în figura 5.10. în care sunt introduse mărimile de intrare după cum urmează:

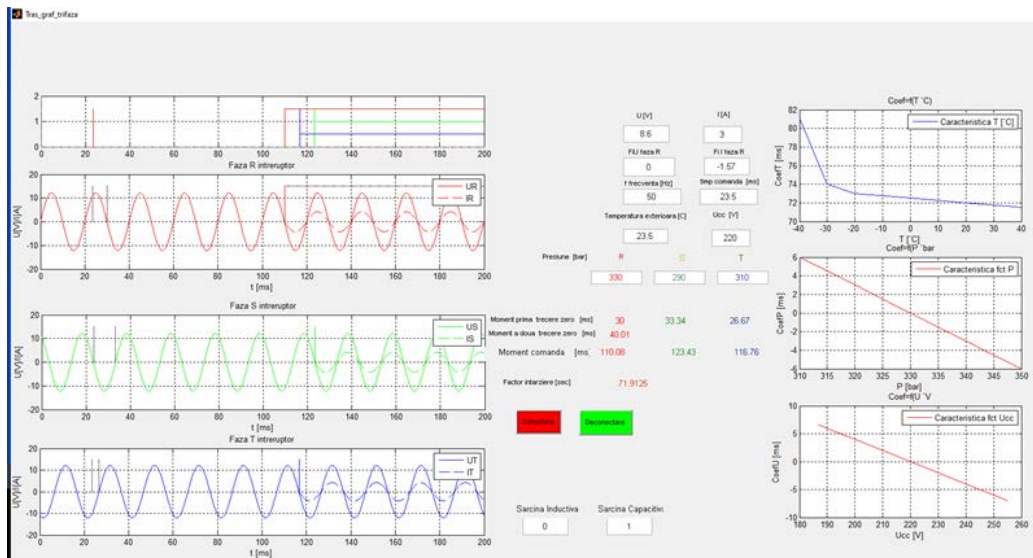


Fig. 5. 10 Reprezentare parametrii comutare controlată baterie de condensatori cu acționare monopolară

5.3. Conectarea controlată a unei sarcini capacitive 79

amplitudinea tensiunii $U=8.6$ V, un defazaj pe faza R de 0 grade, un curent $I=3$ A cu un defazaj de $-\pi/2$ pe faza R adică o sarcină pur capacitivă, frecvența $f=50$ Hz, aplicat o comandă de închidere $t=23.5$ ms.

Pentru compensarea și calculul factorului de întârziere temperatura exterioară 23.5 °C, tensiunea comandă bobine anclanșare $U_{cc}=220$ V, presiunea uleiului de acționare a mecanismului, pe faza R $P=330$ bar, faza S $P=290$ bar, faza T $P=310$ bar. Programul calculează și afișează pentru faza R de referință a tensiunii prima trecere prin zero a acesteia care este 30 ms și identifică și a doua trecere care este afișată respectiv 40.01 ms. Pentru celelalte faze este afișată prima trecere prin zero după emiterea comenzii de conectare respectiv faza S=33.34 ms și faza T=26.67 ms.

Pentru calculul coeficientului de întârziere funcție de temperatură programul afișează caracteristica $CoefT$ (ms) fig.5.11. în funcție de aceasta și interpolează valoarea temperaturii introduse pentru a găsi valoarea $coefT$ care reprezintă valoarea de întârziere datorată temperaturii.

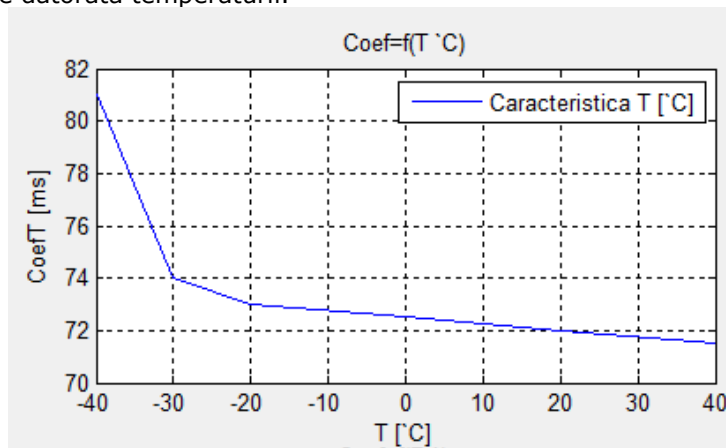


Fig. 5. 11 Caracteristica timp funcție de temperatură conectare sarcină capacitivă

Programul calculează coeficientul de întârziere datorat tensiunii de comandă bobine anclanșare $CoefU$ (ms) și reprezintă grafic caracteristica acestuia fig. 5.12

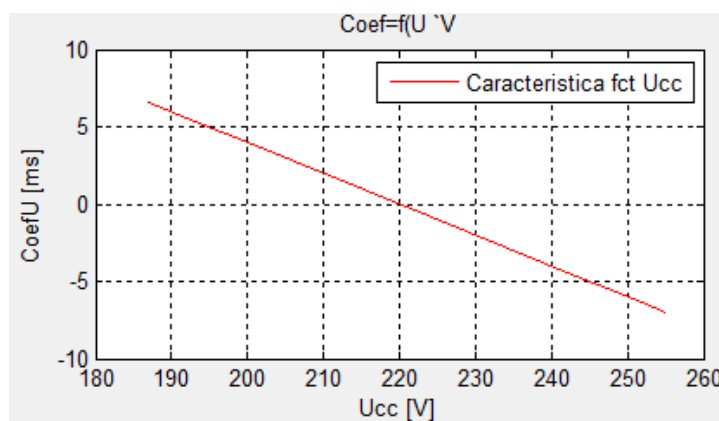


Fig. 5. 12 Caracteristica timp funcție de tensiune bobina anclanșare conectare sarcină capacitivă

80 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

De asemenea se calculează dacă avem acționare cu mecanism cu ulei coeficientul de timp $\text{CoefP}(\text{ms})$ datorat presiunii acestuia, pentru fiecare fază se calculează valoarea prin interpolare conform graficului din Fig.5.13.

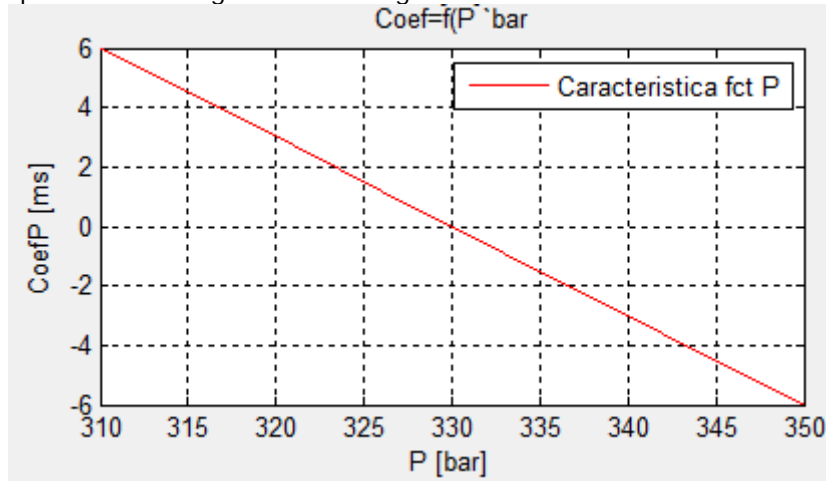


Fig. 5. 13 Caracteristica timp funcție de presiunea agentului de acționare dispozitiv întreruptor

După determinarea timpului minim de întârziere care este alcătuit din suma celor trei coeficienți se calculează momentul de timp imediat superior timpului de comandă plus întârziere în care tensiunea trece prin zero pentru fiecare fază care reprezintă timpul de execuție al comenzii de conectare.

În figura Fig.5.14 avem reprezentate momentele de timp când se emite comanda de conectare pe fiecare fază astfel pentru valorile introduse avem timp comandă execuție faza R = 110.08 ms; S = 123.43 ms; T = 116.76 ms.

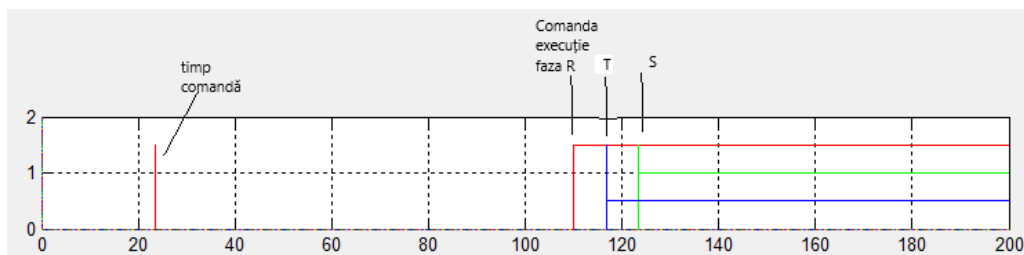


Fig. 5. 14 Reprezentare timpi comandă conectare sarcina capacitivă

În fig.5.15. avem reprezentate tensiunea și curentul pe fiecare fază precum și printr-o linie verticală momentul emiterii comenzii de conectare, prima trecere prin zero precum și momentul comenzii de execuție. Se observă din această figură că în cazul conectării sarcinii capacitive apariția curentului se face la tensiune zero.

5.3. Conectarea controlată a unei sarcini capacitive 81

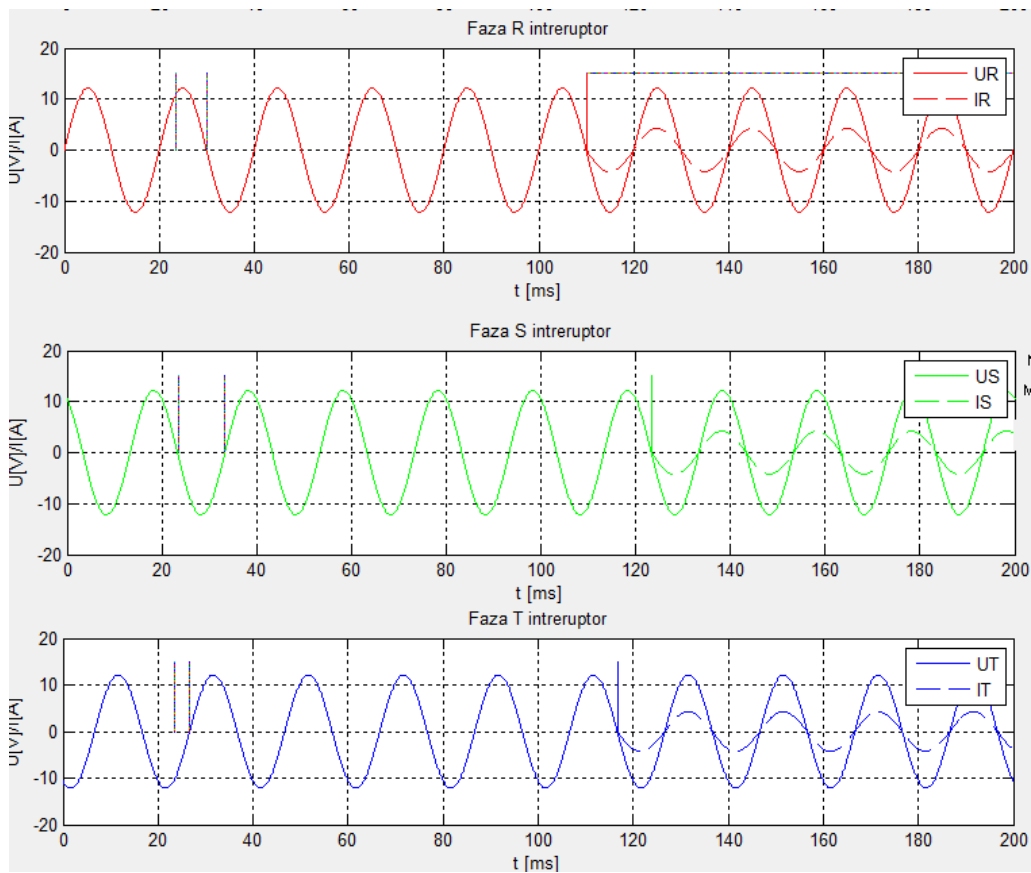


Fig. 5. 15 Reprezentare tensiune și curent pe fiecare fază, la conectarea controlată sarcină capacivă

5.4. Deconectarea controlată a unei sarcini capacitive

Deschiderea întrerupătoarelor de circuit de la bornele condensatoarelor, în general, nu duce la apariția unor tranziții semnificative de comutare. Motivul principal este că întreruptoarele sunt proiectate să aibă un risc foarte scăzut de restrângeri la întreruperea curentului capacitiv. Folosind schema din fig.5.9. pentru comanda de deconectare a unei sarcini capacitive și același program Tras_graf_trifaza în Matlab vom obține următoarele rezultate.

Pentru această simulare s-au folosit următoarele mărimi de intrare:

- $U=15\text{ V}$; $\phi U(R)=0$; $I=5\text{ A}$; $\phi I(R)=-\pi/2$; $f=50\text{ Hz}$; $t_c=17.3\text{ ms}$; $T=21.5\text{ }^\circ\text{C}$;
- $U_{cc}=218\text{ V}$; $P(R)=325\text{ bar}$; $P(S)=300\text{ bar}$; $P(T)=306\text{ bar}$

În urma calculului timpului de întârziere s-au obținut următoarele rezultate:

- momentul primei treceri prin zero faza R $t=25\text{ ms}$ a doua trecere $t=35\text{ ms}$
- momentul primei treceri prin zero faza S $t=18.34\text{ ms}$
- momentul primei treceri prin zero faza T $t=21.67\text{ ms}$

factorul total de întârziere faza R $t=23.8625\text{ ms}$

momentul execuție comandă deconectare faza R $t=55\text{ ms}$, faza S $t=58.34\text{ ms}$, faza T $t=61.67\text{ ms}$

82 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

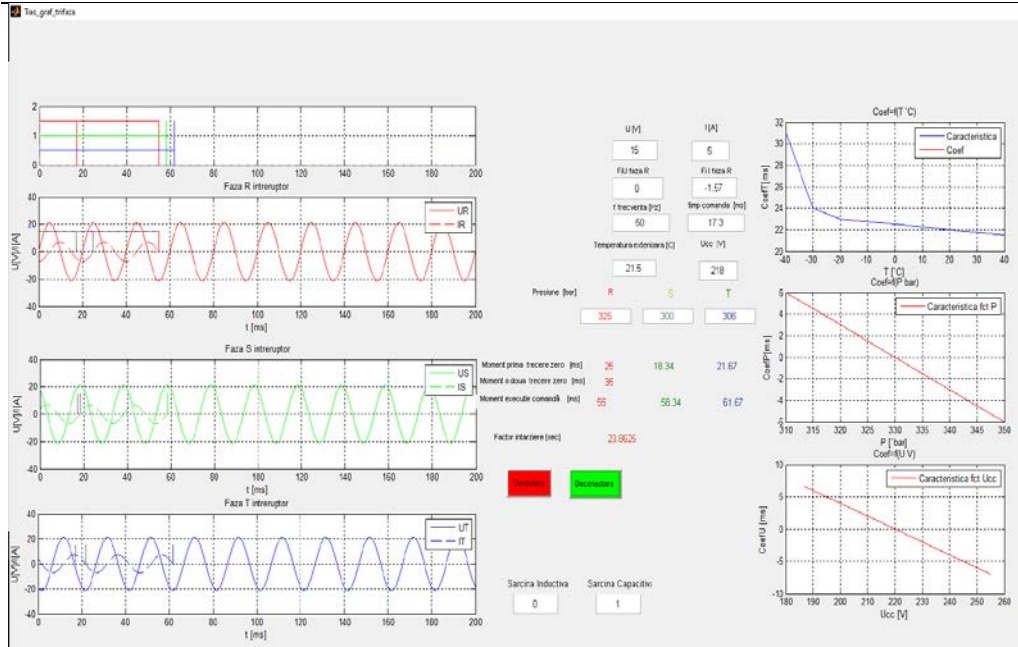


Fig. 5. 16 Deconectarea controlată sarcină capacitivă

Din figura fig.5.17 se observă că coeficientul de timp ce depinde de temperatură la operația deconectare este mai mic decât la operația de conectare, deci de aici putem trage concluzia că timpul de deconectare este mai scurt decât timpul de conectare.

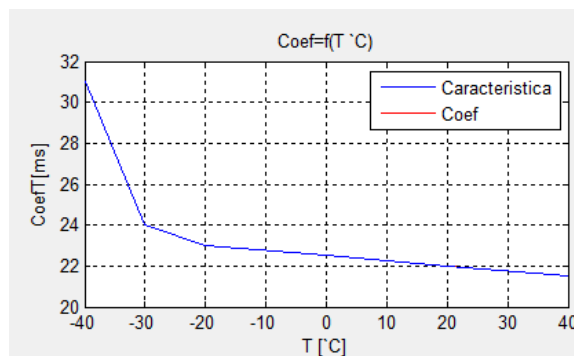


Fig. 5. 17 Caracteristica timp funcție de temperatură deconectare sarcină capacitivă

5.1. Conectarea controlată a unei sarcini inductive

Cele mai importante sarcini inductive folosite în sistemul energetic sunt bobinele de compensare care sunt denumite reactoare de șunt.

Reactoarele cu șunt sunt utilizate în principal în rețelele de transport. Funcția lor este de a consuma surplusul de energie reactivă generată de liniile aeriene în condiții de încărcare redusă, stabilizând astfel tensiunea sistemului. Acestea sunt destul de des conectate și deconectate zilnic, urmărind situația încărcării în sistem.

5.4. Deconectarea controlată a unei sarcini capacitive 83

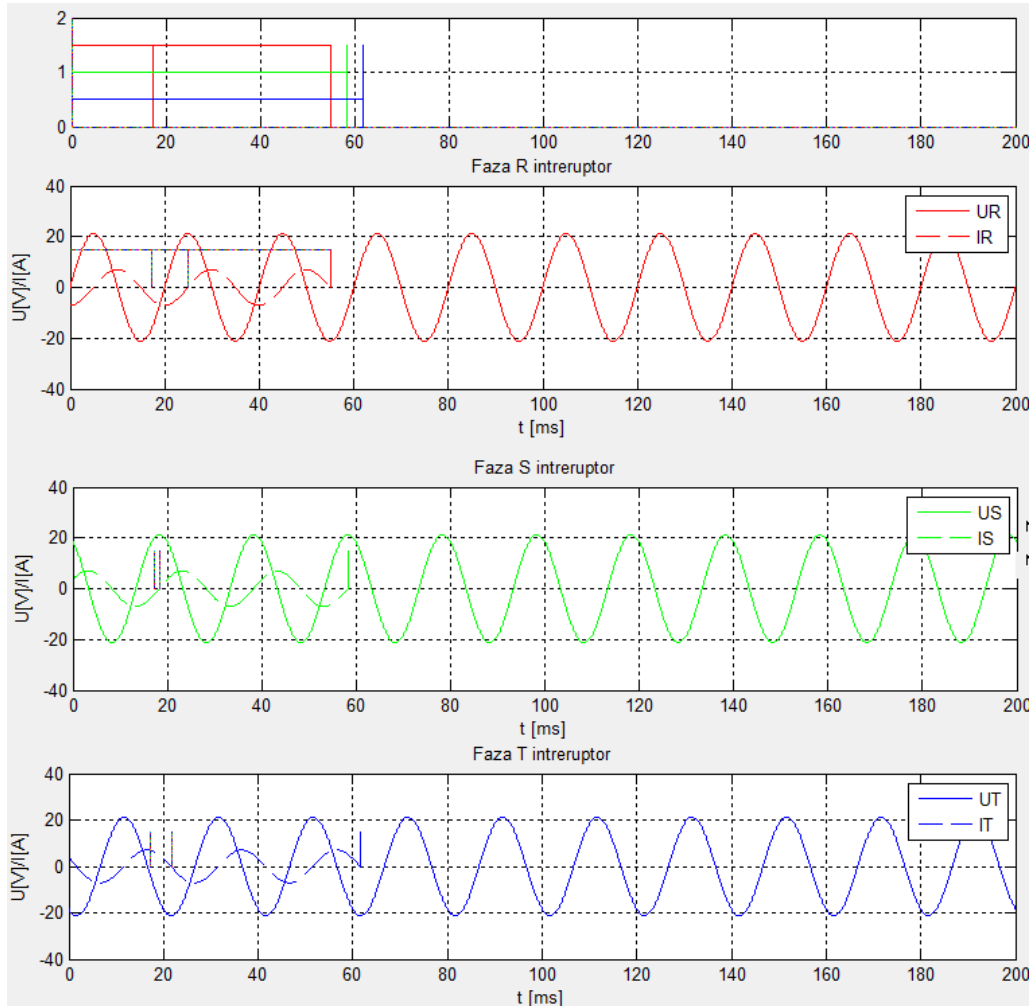


Fig. 5. 18 Caracteristica curent tensiune la deconectarea monofazată controlată a unei sarcini capacitive

Reactoarele cu șunt sunt în mod normal conectate la barele de distribuție, dar pot fi conectate direct la liniile aeriene. O altă soluție poate fi de asemenea conectarea bobinelor de compensare la înfășurările terțiare ale transformatoarelor de putere. Bobinele de reactanță pot avea neutru legat direct la pământ, izolat sau prin rezistență. Reactoarele cu șunt au miezul de fier realizat din tole cu goluri de aer integrate. Datorită tolelor, miezurile de fier nu pot fi saturate în mod semnificativ și, prin urmare, reactoarele vor avea un comportament liniar în mod rezonabil în timpul evenimentelor de energizare, de exemplu.

Reactoarele de șunt trifazate pot fi formate din trei unități separate monofazate sau pot fi integrate într-o cuvă și cele trei faze să aibă un miez comun. Miezurile obișnuite, trifazate, pot să fie realizate cu cinci coloane sau trei coloane. Miezurile cu cinci coloane sunt utilizate în principal pentru tensiunile de transport.

84 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

Acestea fac ca cele trei faze să fie independente din punct de vedere magnetic, în timp ce miezurile cu trei coloane duc la cuplarea magnetică între faze. Tipul miezului - împreună cu modul de legare al înfășurării (conexiunea stea Y- sau triunghi D) și condițiile de legare a nulului - influențează, secvențele de comutare utilizate pentru comutarea controlată a întreruptorului.

Reactoarele de șunt de medie tensiune care sunt conectate la înfășurările terțiare ale transformatoarelor au în majoritatea cazurilor înfășurări izolate cu aer fără miez de fier.

Reactoarele de șunt legate la pământ printr-o rezistență au rolul de a mări reactanța de secvență zero a liniei aeriene, astfel curentul de defect este menținut mic în cazul unui defect monofazat pe linia electrică eliminat prin declanșarea unei singure faze a întrerupătorilor de linie. Ca efect există o mare probabilitate ca arcul de la locul de defect să fie stins și operația de reconectare să fie reușită.

5.1.1. Operațiuni de deschidere: Limitarea supratensiunilor și reaprinderea

În plus față de inductanța înfășurării, un reactor de șuntare are întotdeauna o capacitate de oscilație, în bobine, cleme și în cablurile de conectare. Atunci când un reactor este deconectat, tensiunea de pe el va oscila cu frecvența naturală determinată de inductanță și capacitate strictă. Frecvența de oscilație este în mod obișnuit de câteva kHz. Datorită întreruperii curentului puțin înainte de trecerea naturală prin zero a curentului, tensiunea oscilantă a reactorului va avea o amplitudine mai mare decât tensiunea de alimentare. [82]

Pentru întreruptoarele automate SF6, magnitudinea tipică a acestei "supratensiuni de tăiere" este de la 1,2 până la 2,0 p.u. cu cele mai mari valori care apar pentru reactoarele mici. Surplusul de tăiere, cu amplitudinea și frecvența limitată, este în mod normal destul de inofensiv atât pentru reactorul în sine, cât și pentru sistemul din jur. [30]

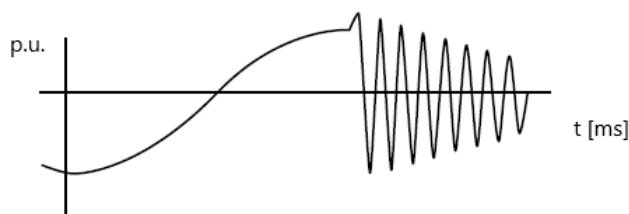


Fig. 5. 19 Supratensiunea la deschiderea reactorului de șunt fără reaprindere

Datorită tensiunii oscilante a reactorului, se va produce o tensiune de înaltă tensiune în întreruptor. Dacă distanța dintre contacte este încă mică, adică dacă timpul de ardere este scurt, întrerupătorul de circuit va reaprinde arcul. O reaprindere va genera tranziții de înaltă frecvență (de obicei sute de kHz) de tensiunea, cât și a curentului reactorului. După reaprindere, curentul reactorului va fi întrerupt din nou, fie la o frecvență zero a curentului, fie cel mai probabil la frecvența zero a puterii.

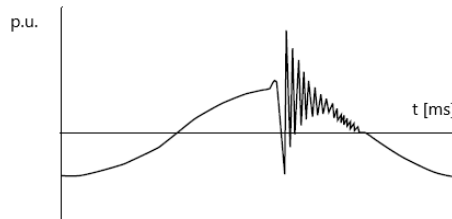


Fig. 5. 20 Tensiunea în reactorul de șunt în caz de reaprindere

În figura 5.20 se observă că la deconectarea unei bobine de reactanță este generat un regim tranzitoriu de înaltă frecvență. [83]

Variațiile de tensiune cauzate de reaprindere vor fi distribuite inegal pe toată suprafața înfășurării reactorului, cu cea mai mare solicitare a înfășurărilor primare. Există riscul ca supratensiunile să producă distrugerea izolației înfășurării în reactor, ceea ce poate conduce la distrugerea completă pe termen lung. Izolația echipamentului din circuit poate fi de asemenea deteriorată. Protecțiile la supratensiuni vor proteja într-o măsură limitată, deoarece mărimea supratensiunii este direct proporțională atât de frecvență, cât și de amplitudine.

Programele instalate în BCU-uri pentru întreruptoarele folosite pentru comanda reactoare de șunt sunt utilizate în mod normal pentru controlul operațiilor de deschidere. Deconectarea necontrolată poate cauza, reaprinderea la cel puțin un pol al întrerupătorului. Prin controlul separării contactelor în așa fel încât să nu se producă aprinderi scurte de arc, reaprinderile vor fi eliminate. Tensiunea tranzitorie rămasă este o supratensiune de stingere cu o frecvență foarte scăzută. O valoare normală a timpului de stingere a arcului este de 5-6 ms, dar pentru reactoarele de puteri mici, timpul de arc poate fi chiar mai lung de $\frac{1}{2}$ din semiperioada curentului. În acest caz, vor exista tranziții minore de reaprindere la prima trecere prin zero a curentului după separarea contactelor, în timp ce întreruperea finală fără reaprindere va avea loc la cea de-a doua trecere a curentului prin zero.

În cele mai multe cazuri, există o gamă largă de timpi de arc fără reaprindere. Pentru astfel de cazuri, funcția adaptivă a comutării din BCU nu este necesară.

Controlul închiderii întrerupătoarelor de circuit cu reactor de șunt este utilizat în mai multe cazuri și, în mod normal, ca o completare la deschiderea controlată.

Momentul care dă cel mai mic curent de rupere a reactorului este vârful tensiunii de pe caracteristica de tensiune a întrerupătorului de circuit. Întreruperea curentului în acest caz creează o tensiune tranzitorie de tensiune egală cu cea care apare dacă întrerupătorul se închide la 1 p.u. tensiune în timpul unei operații de deschidere. Această supratensiune este în mod normal în limite acceptabile, dar nu este posibil să se întrerupă simultan atât curentul de aprindere, cât și supratensiunea tranzitorie.

86 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

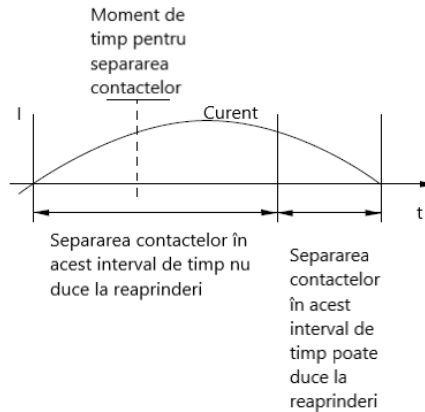


Fig. 5. 21 Momentul de timp pentru deconectarea unei sarcini inductive

Dispozitivele tripolare care au un singur dispozitiv de acționare mecanic, sunt proiectate cu un timp de întârziere cât mai mic posibil pentru a se potrivi cu timpul defazaj. Cea mai scurtă perioadă de eșantionare posibilă înseamnă că încărcările care au faze nedeconectate sunt deschise într-un mod controlat în ordine inversă. Acesta este cazul pentru deschiderea controlată a reactorului de sarcină cu nulul legat la pământ și circuite magnetice independente.

Eșalonarea va permite o anumită acțiune întârziată a polilor individuali la începutul funcționării. Începerea întârziată a unei operații de deschidere nu duce la viteze de deschidere a contactelor, măsurate din momentele de separare a contactelor, care sunt mai mici ca cele ale unui singur pol ale întreruptorului. Prin urmare, performanța de întrerupere, în comparație cu un pol standard, va fi menținută.

De asemenea, este de menționat faptul că este imposibil să se combine închiderea controlată și deschiderea controlată prin intermediul întrerupătoarelor cu întârzieri realizate mecanic la cei trei poli, pentru diferite tipuri de sarcină.

Întreruptoarele cu dispozitive mecanice de declanșare și destinate să comute reactoare monopolare magnetice sunt proiectate să întrerupă în secvența de fază inversă. Mecanismul mecanic rezultat în timpul închiderii va fi inversat față de cel de deschidere, ceea ce înseamnă o ordine de închidere a polului urmând secvența de fază directă. Comanda optimă de închidere a polului, pentru a minimiza curentul secvenței zero, este de a închide în secvența de fază inversă, care nu poate fi realizată.

Întreruptoarele pentru reactoarele de șunt sunt în mod normal acționate cu un singur pol, datorită tensiunilor mari. În cazurile cu întreruptoare cu trei poli, operațiunile de deschidere controlată pot fi aranjate prin folosirea fazelor întrerupătorului în trepte. Cu toate acestea, în mod normal nu este posibil să se controleze atât operațiunile de deschidere, cât și de închidere cu întreruptoare trifazate acționate cu un singur dispozitiv.

5.5. Conectarea controlată a unei sarcini inductive 87

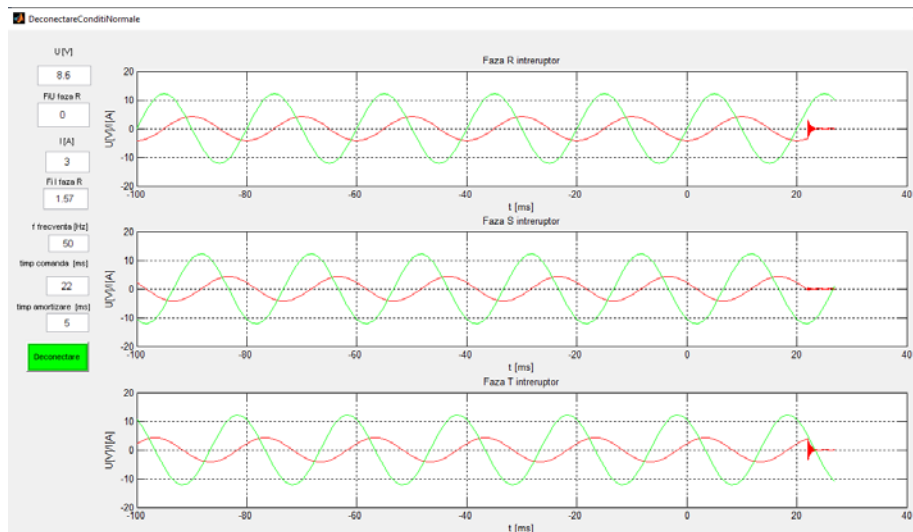


Fig. 5. 22 Apariția fenomenelor tranzitorii la deconectarea unei sarcini inductive bobină de compensare

În figura 5.22. sunt reprezentate fenomenele tranzitorii care apar odată cu fenomenul de deconectare trifazată a unui întrerupător pe o sarcină inductivă acționată trifazat, adică contactele acestuia se deschid simultan. Pentru această simulare am folosit un program Matlab. [81]

Pentru simulare s-au folosit ca mărimi de intrare:

- U-amplitudinea tensiunii de referință fază mărime măsurată în secundarul transformatorului de măsură.
- FiU faza R-defazajul tensiunii pe faza de referință
- I-amplitudinea curentului de referință faza R
- Fil faza R-defazajul curentului pe faza de referință R
- f-frecvența
- timp comandă–reprezintă momentul începerii operației de conectare
- timp amortizare–reprezintă timpul în milisekunde de amortizare a curentului după deconectare.

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Upre=str2double(get(handles.U,'string'));% tensiunea bare
Ipre=str2double(get(handles.I,'string'));% curent deconectat
FiU1=str2double(get(handles.FiU,'string'));% defazajul tensiune
Fil1=str2double(get(handles.Fil,'string'));% defazajul curent
fHz=str2double(get(handles.f,'string'));% frecventa
tc=str2double(get(handles.tc,'string'));% timp comandă întrerupător
tamort=str2double(get(handles.tam,'string'));% timp de amortizare
Fil=Fil1;
subplot(311);
tt=-100:1:tc;
ppp=Ipre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fil); % desenare faza S
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fil);
```


88 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE
DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

```
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
title('Faza R intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('UR ','IR');
grid on;
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza S predefect
FiU=FiU1;
tt=-100:1:tter;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza S
% pentru faza S defazata cu +60 grade 2*pi/3
subplot(312);
Fil=Fil1+2*pi/3;
tt=-100:1:tc;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza R
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fil);
%yyy=Amortizare(a);
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
title('Faza S intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('US ','IS');
grid on;
plot(tamp,xp,'Color','r')
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza R predefect
FiU=FiU1+2*pi/3;
tt=-100:1:tter;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
% pentru faza T defazata cu +60 grade -2*pi/3
subplot(313);
Fil=Fil1-2*pi/3;
tt=-100:1:tc;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza T
hold all
```

```

axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fil);
%yyy=Amortizare(a);
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
hold all
axis auto
grid on
title('Faza T intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('UT ','IT');
grid on;
% se deseneaza tensiunea faza T predefect
tt=-100:1:tter;
FiU=FiU1-2*pi/3;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza T

function [Upre]=Upred(t,Upre,fHz,FiU)
% functie care deseneaza curentul in functinare normala
Upre=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*t/1000-FiU);
plot (t,Upre,'Color','g')
end

function [Ipre]=Ipred(t,Ipre,fHz,Fil)
% functie care deseneaza curentul in functionare normala
Ipre=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*t/1000-Fil);
plot (t,Ipre,'Color','r')
end

function AmrtI=AmortizareI(a,fHz,tamort)
    om=fHz;fi=0;tam=0:0.005:tamort;si=2;
    y=a+a*exp(-si.*tam). *cos(om.*tam+fi);
    AmrtI=y;
end

```

Pentru această simulare am aplicat o tensiune de $U=8.6V$, tensiune măsurată în secundarul transformatorului de tensiune cu un defazaj pe faza R de 0 grd , un curent $I=3 \text{ A}$ în secundarul transformatorului de curent cu un defazaj de $+\pi/2$ pe faza R, adică o sarcină pur inductivă și s-a aplicat o comandă de închidere $t=22\text{ms}$ și un interval de amortizare de 3 ms .

Se observă din fig.5.22 că amplitudinile curenților sunt foarte mari pe fazele R și T în momentul deconectării sarcinii inductive, deoarece caracteristica curentului nu trece prin zero în acel moment. Pe faza S curentul la momentul deconectării este aproape zero, la o amplitudine maximă a tensiunii de fază se obține astfel o valoare mică de oscilație a curentului la deconectare. [84] [85]

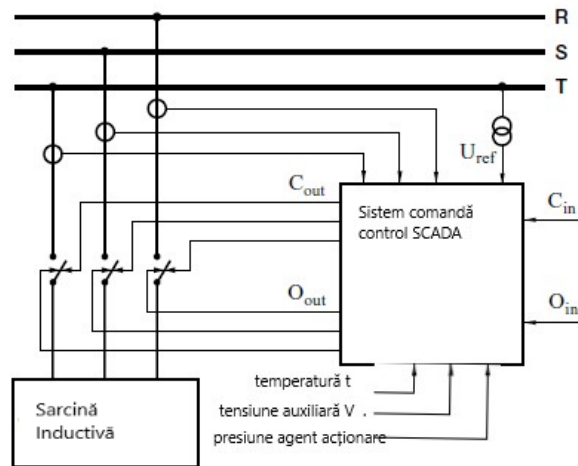


Fig. 5. 23 Schema de comandă controlată a unei bobine de compensare acționată monopolar

În fig.5.23 avem: R,S,T-sistem trifazat de bare, C_{in} -inițiere comandă de închidere, O_{in} -inițiere comandă de deschidere, U_{ref} -tensiunea de referință, C_{out} -emitere comandă de închidere, O_{out} -emitere comandă de deschidere.

Pentru simularea operației de comutare folosim programul în Matlab Tras_graf_trifaza, care este realizat sub forma unei interfețe grafice ca în figura 5.24. amplitudinea tensiunii $U=10$ V cu un defazaj pe faza R de 0 grade, un curent $I=6$ A cu un defazaj de $+\pi/2$ pe faza R adică o sarcină pur capacitivă, frecvența $f=50$ Hz, aplicată o comandă de închidere $t=11$ ms.

Pentru compensarea și calculul factorului de întârziere, se folosesc temperatura exterioară 23.5 °C, tensiunea comandă bobine anclanșare $U_{cc}=220$ V, presiunea uleiului de acționare a mecanismului pe: faza R $P=330$ bar, faza S $P=290$ bar, faza T $P=310$ bar.

Programul calculează și afișează pentru faza R de referință a tensiunii prima trecere prin zero a acesteia care este 20 ms și identifică și a doua trecere care este afișată, respectiv 30 ms. Pentru celelalte faze este afișată prima trecere prin zero după emiterea comenzii de conectare, respectiv faza S=13.34 ms și faza T=16.67 ms. și în care sunt introduse mărimile de intrare după cum se vede în figura 5.24.

Programul calculează coeficientul de întârziere datorat tensiunii comandă bobine anclanșare $CoefU(ms)$ și reprezintă grafic caracteristica acestuia fig.5.12. De asemenea se calculează dacă avem acționare cu mecanism cu ulei coeficientul de timp $CoefP(ms)$ datorat presiunii acestuia pentru fiecare fază se calculează valoarea prin interpolare conform graficului din Fig.5.13.

După determinarea timpului minim de întârziere $t=71.9125$ ms, care este alcătuit din suma celor trei coeficienți, se calculează momentul de timp imediat superior timpului de comandă plus întârziere în care tensiunea trece prin zero pentru fiecare fază care reprezintă timpul de execuție al comenzii de conectare.

În figura Fig.5.25 avem reprezentate momentele de timp când se emite comanda de conectare pe fiecare fază, astfel pentru valorile introduse avem timp comandă execuție faza R =95 ms, S=98.34 ms, T=101.67 ms.

5.5. Conectarea controlată a unei sarcini inductive 91

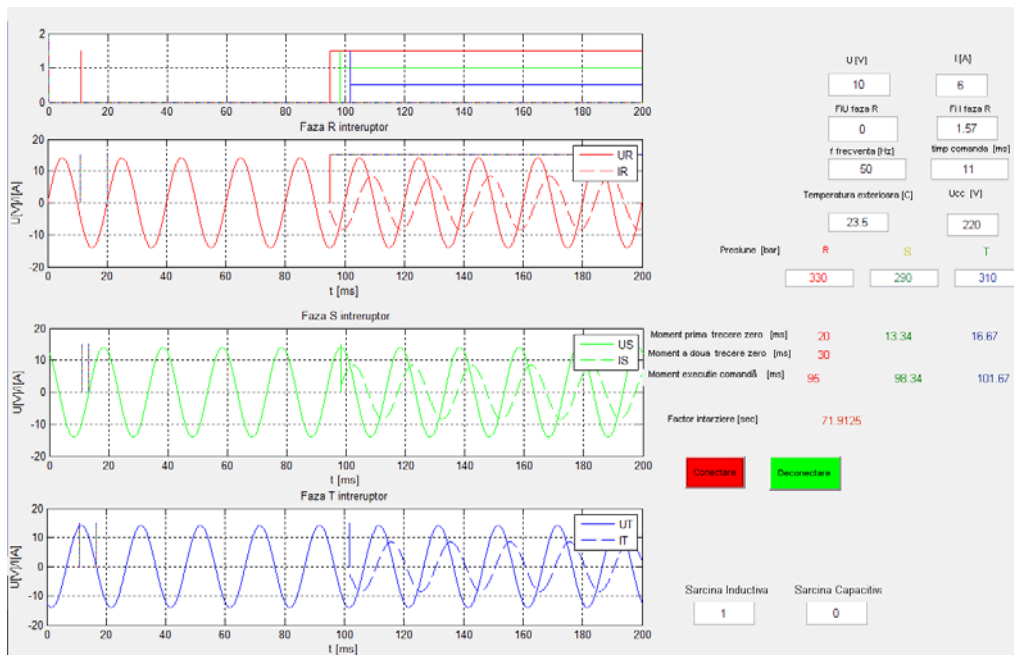


Fig. 5. 24 Reprezentare conectare controlată bobină de compensare cu acționare monopolară

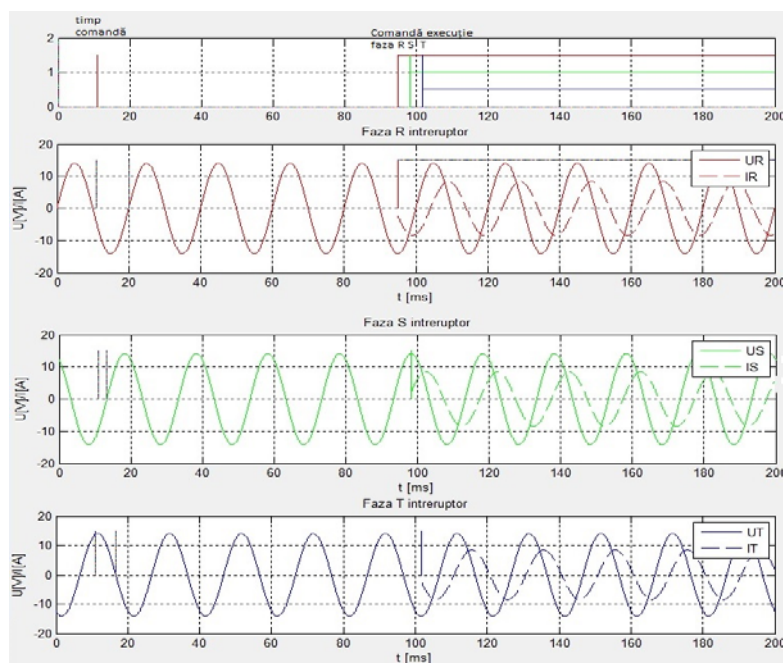


Fig. 5. 25 Reprezentare tensiune și curent pe fiecare fază, la conectarea controlată sarcină inductivă

5.2. Deconectarea controlată a unei sarcini inductive

Deschiderea întrerupătoarelor de alimentare bobină de declanșare, în general, duce la apariția unor tranzii semnificative de comutare. Motivul principal este că întrerupătoarele sunt proiectate să aibă un risc foarte scăzut de restrângeri la întreruperea curentului inductiv.

Folosind schema din fig.5.23, pentru comanda de deconectare a unei sarcini capacitive și același program Tras_graf_trifaza în Matlab vom obține următoarele rezultate. [86]

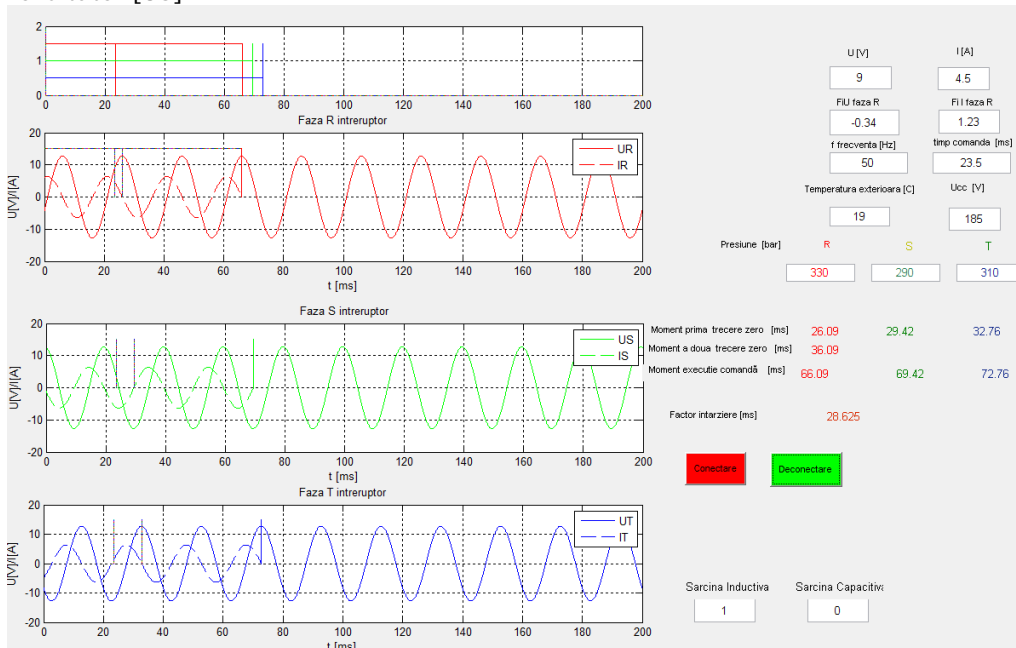


Fig. 5. 26 Deconectarea controlată a unei sarcini inductive

Pentru această simulare s-au folosit următoarele mărimi de intrare:

$U=9\text{ V}$; $\phi U(R)=-0.34$; $I=4.5\text{ A}$; $\phi I(R)=-0.34+\pi/2$, $f=50\text{ Hz}$, $t_c=23.5\text{ ms}$, $T=19\text{ }^\circ\text{C}$, $U_{cc}=185\text{ V}$

$P(R)=330\text{ bar}$, $P(S)=290\text{ bar}$, $P(T)=310\text{ bar}$

În urma calcului timpului de întârziere s-au obținut următoarele rezultate:

- momentul primei treceri prin zero faza R $t=26.09\text{ ms}$, a doua trecere $t=36.09\text{ ms}$
- momentul primei treceri prin zero faza S $t=29.42\text{ ms}$;
- momentul primei treceri prin zero faza T $t=32.76\text{ ms}$;
- factorul total de întârziere faza R $t=28.625\text{ ms}$;
- momentul execuție comandă deconectare faza R $t=66.09\text{ ms}$, faza S $t=69.42\text{ ms}$, faza T $t=72.76\text{ ms}$

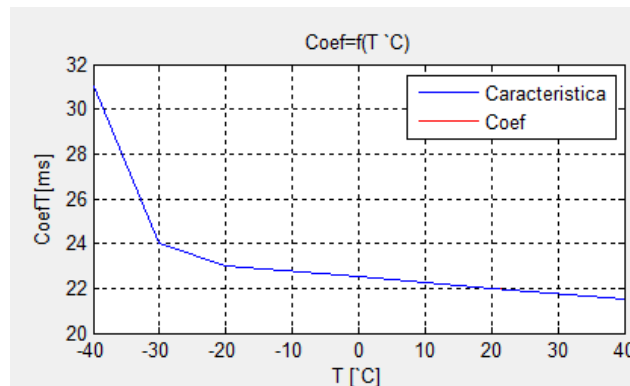


Fig. 5. 27 Caracteristica timp funcție de temperatură deconectare sarcină inductivă

Timpul de întârziere funcție de temperatură, la deconectarea unei sarcini inductive, este mult mai mic decât timpul de întârziere funcție de temperatură, la conectarea unei sarcini inductive.

5.3. Conectarea controlată a unui transformator de putere

Transformatoarele de putere trifazate pot fi construite din trei unități separate monofazate sau pot fi o unitate trifazată având un miez comun. Majoritatea transformatoarelor trifazate pot avea o construcție cu cinci coloane, sau trei coloane. Înfășurările primare și secundare pot fi legate în configurația stea Y- (cu nulul izolat sau legat la pământ) sau în configurația triunghi D. Unele transformatoare de putere pot avea și înfășurări terțiare, la conexiunea triunghi D-conectate sunt utilizate în cazurile cu înfășurări primare și secundare conectate în Y.

În funcție de configurația miezului și a înfășurării, fazele R,S,T pot sau nu să se influențeze reciproc în timpul operațiilor de comutare și acest lucru trebuie luat în considerare atunci când se aplică comutarea controlată.

Fazele se vor influența reciproc în următoarele cazuri:

- Neutru izolat pe partea comutată
- Miez cu trei înfășurări
- Înfășurarea secundară sau terțiară conectată la D

Un transformator de putere în funcție, fără sarcină, adică cu partea secundară în gol, va consuma doar câțiva amperi curent de magnetizare. Din motive economice, miezul va fi magnetizat în totalitate, fluxul magnetic ajungând până la punctul său de inflexiune, iar curentul de magnetizare are, în mod normal, o formă pronunțată nesinusoidală. [49]

În fig 5.28 se observă forma nesimetrică a curentului de mers în gol în cazul unui transformator de putere care este influențat de fluxul de magnetizare din miezul transformatorului.

94 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

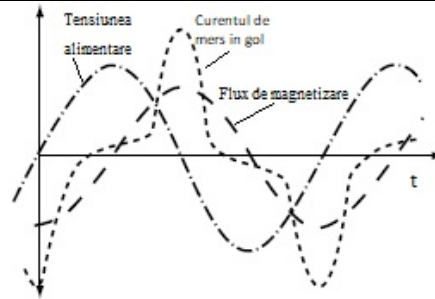


Fig. 5. 28 Variația curentului de mers în gol la un transformator de putere

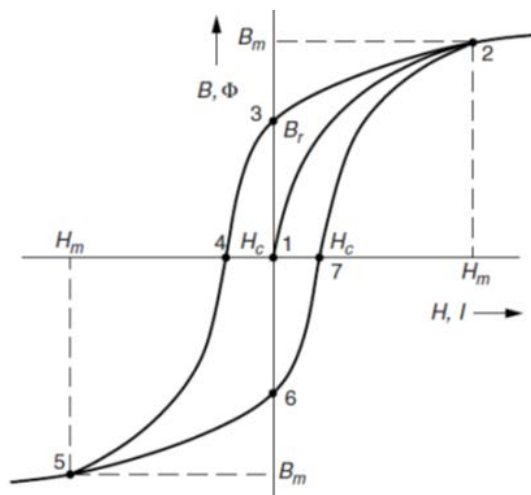


Fig. 5. 29 Curbă de magnetizare din miezul transformatorului la tensiunea nominală

Din fig. 5.29 se determină valoarea curentului de magnetizare care are o valoare pozitivă sau negativă minimă la flux nul adică cele două puncte de intersecție a axei orizontale.

Începând cu un miez de transformator nemagnetizat, densitatea fluxului B urmează curbei inițiale de magnetizare începând de la origine (punctul 1 fig.5.29), intensitatea câmpului magnetic H crește la o valoare H_m unde curba se orizontalizează și saturația este atinsă (punctul 2 fig.5.29). Când H este redus la zero, B nu trece la zero, dar are o densitate de flux reziduală sau remanență B_r (punctul 3 fig.5.29).

Atunci când H se inversează deoarece polaritatea modificărilor curentului, H crește negativ și B ajunge la zero la un câmp negativ numit forța coercitivă H_c (punctul 4 fig.5.29).

Pe măsură ce H crește și mai mult în direcția negativă, miezul transformatorului devine magnetizat în continuare cu polaritate negativă. În primul rând, magnetizarea este ușoară și apoi devine mai dificilă la atingerea saturației. Intensitatea câmpului magnetic este egală cu $-H_m$ (punctul 5 fig.5.29). Când câmpul aplicat se reia zero, miezul este lăsat cu o magnetizare reziduală cu densitatea fluxului $-B_r$ (punctul 6 fig.5.29). Atunci când H se inversează la următoarea buclă de curent

și crește în direcția pozitivă, B ajunge la zero la un câmp pozitiv sau o forță coercitivă H_c (punctul 7 fig.5.29).

Cu o creștere suplimentară, miezul transformatorului atinge saturația cu polaritatea inițială. Când un transformator de putere a fost oprit din sistem, miezul transformatorului este lăsat cu un flux rezidual B_r . Când transformatorul de putere este conectat la rețea din nou într-o astfel de clipă încât polaritatea tensiunii sistemului este aceeași cu polaritatea fluxului rezidual B_r , apoi la tensiunea maximă, densitatea totală a fluxului în miez ar fi crescut.

Controlul operațiunilor de deschidere în situațiile în care există fluxuri reziduale, pot fi utilizate pentru a controla magnitudinea și polaritatea acestor fluxuri reziduale. Prin utilizarea operațiunilor de deschidere controlate ca bază pentru operațiile de închidere controlate ulterioare, curentul de pornire poate fi limitat și mai mult. Controlul operațiunilor de închidere trebuie să țină cont de valoarea curentului de energizare care depinde de fluxul magnetic din miezul transformatorului, fiind direct proporțional cu valoarea tensiunii pe fază. În condițiile unui sistem simetric trifazat, tensiunea și fluxul magnetic sunt simetrice și sinusoidale, după cum se ilustrează în Fig. 5.28.

Situația poate fi destul de diferită când se închide întrerupătorul circuitului la o valoare de tensiune instantanee minimă. În cazul conectării monofazate și fără a ține seama de fluxul rezidual, cea mai gravă situație ar fi atunci când se produce la valoarea tensiunii de zero. În acest caz, fluxul este inițial crescut până la o valoare de vârf de două ori mai mare decât în funcționarea normală, va fi extrem de asimetric și va ajunge după un timp la forma sa simetrică normală. În consecință, miezul va fi magnetizat până la saturație, iar curentul de conectare va fi extrem de asimetric și ne sinusoidal. În funcție de polaritate, orice flux rezidual din miez la momentul energizării poate crește fluxul dependent de tensiune și poate face situația și mai gravă.

Un curent tipic de pornire poate avea valori ale maximumului atingând mai mulți kA, ducând la un efort mecanic asupra înfășurărilor transformatorului, influențând circuitele secundare prin apariția armonicilor superioare de curent după cum se observă în fig. 5.30. [87] [88]

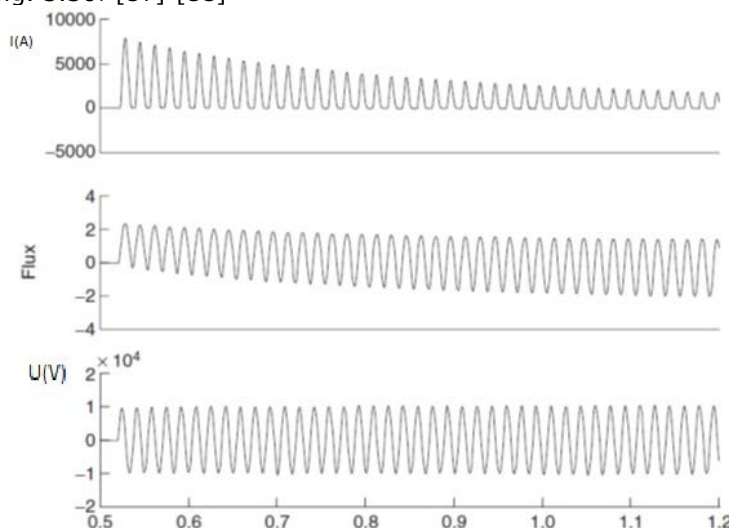


Fig. 5. 30 Curentul apărut la conectarea necontrolată a transformatorului de putere în gol

96 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

Controlul operațiunilor de conectare controlată pentru întreruptoarele de transformatoare sunt utilizate pentru a limita curentii de aprindere. Operația de închidere trebuie inițiată la o anumită perioadă de timp, în funcție de fluxul rezidual al miezului transformatorului. Scopul este de a realiza un flux magnetic în miezul transformatorului simetric, de la început.

Dacă nu se ia în considerare fluxul rezidual, principiile generale în atingerea acestui obiectiv pot fi rezumate astfel:

- Comanda de conectare controlată se face prin controlul monofazat al tensiunii pe o singură fază de referință, dacă nulul înfășurării primare al transformatorului pe care se face conectarea este legat la pământ. Comanda de conectare controlată se face prin controlul bifazat al tensiunii pe două faze de referință, dacă nulul înfășurării primare a transformatorului este izolat de pământ. Realizarea trebuie să aibă loc la o tensiune maximă față de nul (nulul legat la pământ) sau la o tensiune maximă de fază (neutru izolat față de pământ).
- Comutarea fazei sau fazelor rămase ar trebui să aibă loc într-un moment în care fluxul din miezurile corespunzătoare rezultate din prima comutare este același cu fluxul care va circula în aceste miezuri în condiții staționare.

Dacă nu se ține cont de fluxul rezidual este suficient să se controleze operațiunile de închidere numai verificând conectarea la maximumul tensiunii de fază. Această metodă directă va limita magnitudinea curentului de pornire, chiar dacă există un flux rezidual. Această metodă poate fi aplicată la conectarea transformatoarelor de putere unde se cunosc fluxurile reziduale sau acestea nu pot fi măsurate.

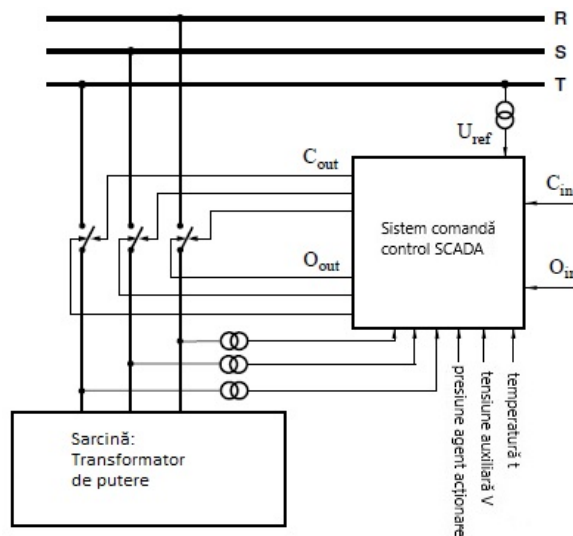


Fig. 5. 31 Schema comandă controlată transformator de putere

Cu schema din figura 5.31 se poate face comutarea controlată pentru conectarea sau deconectarea unui transformator de putere.

Pentru simularea conectării controlate a unui întrerupător, ce alimentează un transformator de putere, vom folosi programul Matlab Tras_graf_trifaza care este realizat cu ajutorul unei interfețe grafice de dialog.

5.7. Conectarea controlată a unui transformator de putere 97

Se poate observa din fig.5.38 că momentul de închidere a întrerupătorului se alege astfel încât tensiunea de fază să fie maximă precum și timpul după emiterea comenzii de conectare să fie suficient pentru realizarea acesteia din punct de vedere tehnic de către întrerupător.

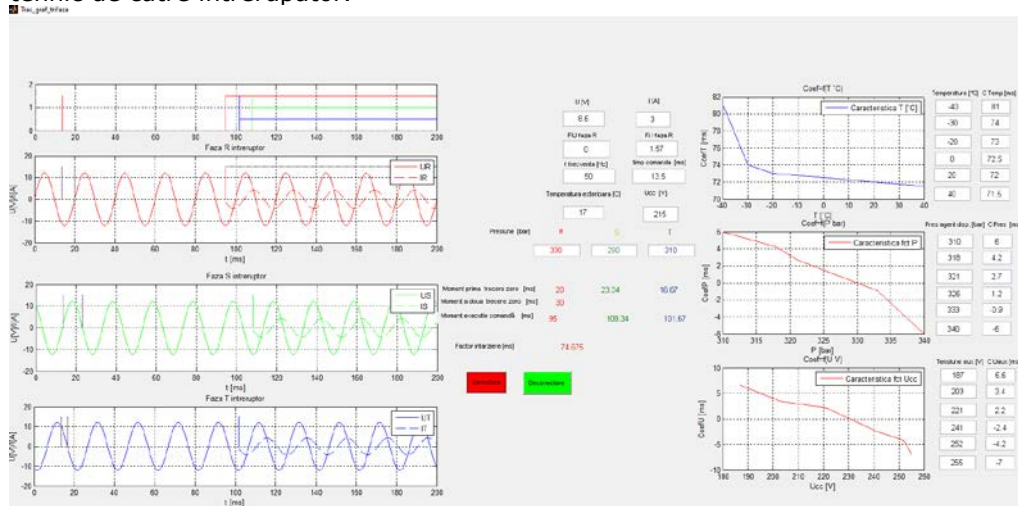


Fig. 5. 32 Conectarea monofazată controlată a unui transformator

Pentru această simulare s-au folosit următoarele mărimi de intrare:

- $U=8.6$ V, $\phi U(R)=0$, $I=3$ A, $\phi I(R)=+\pi/2$, $f=50$ Hz, $t_c=13.5$ ms, $T=17$ °C, $U_{cc}=215$ V, $P(R)=330$ bar, $P(S)=290$ bar, $P(T)=310$ bar

În urma calcului timpului de întârziere s-au obținut următoarele rezultate:

- momentul primei treceri prin zero faza R $t=20.00$ ms, a doua trecere $t=30$ ms;
- momentul primei treceri prin zero faza S $t=23.34$ ms;
- momentul primei treceri prin zero faza T $t=16.67$ ms;
- factorul total de întârziere faza R $t=74.675$ ms;
- momentul execuție comandă deconectare faza R: $t=95.00$ ms, faza S: $t=108.34$ ms, faza T: $t=101.67$ ms.

98 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

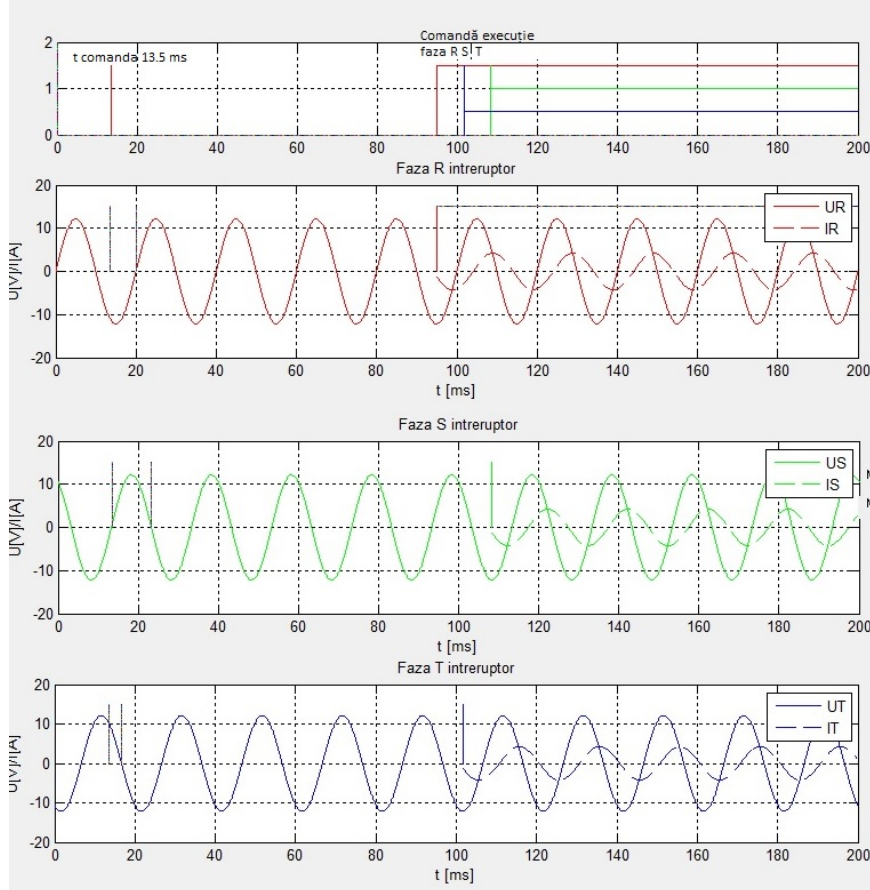


Fig. 5. 33 Reprezentare timpi conectare monofazată controlată a unui transformator

Pentru calculul coeficienților de întârziere, ce depind de temperatura mediului ambiant unde este amplasat întrerupătorul, se introduc în tabelul de lângă grafic fig.5.40 valorile măsurate ale factorului de întârziere la diferite temperaturi sau se folosesc valorile din buletinele de fabrică.

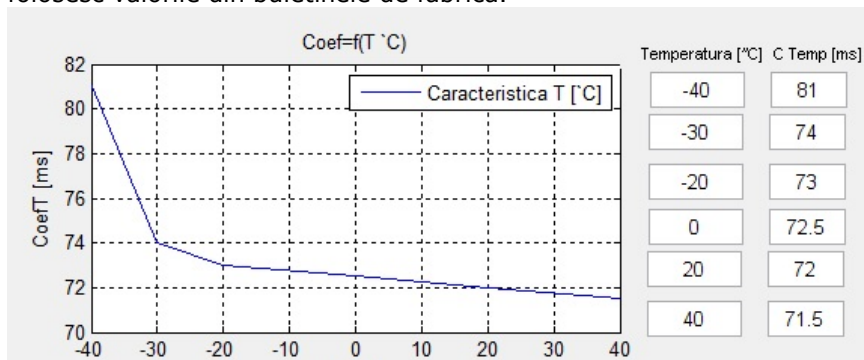


Fig. 5. 34 Reprezentarea caracteristicii coeficientului de întârziere funcție de temperatura mediului ambiant unde se găsește întrerupătorul

5.7. Conectarea controlată a unui transformator de putere 99

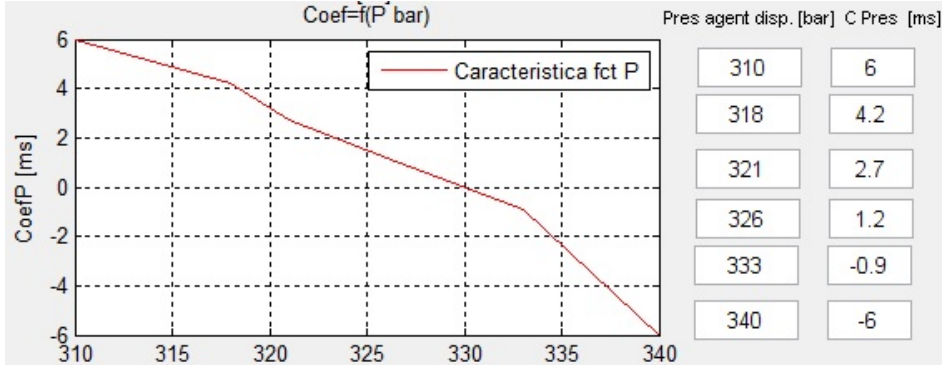


Fig. 5. 35 Reprezentarea caracteristici coeficientului de întârziere funcție de presiunea agentului de acționare al mecanismului întrerupătorului

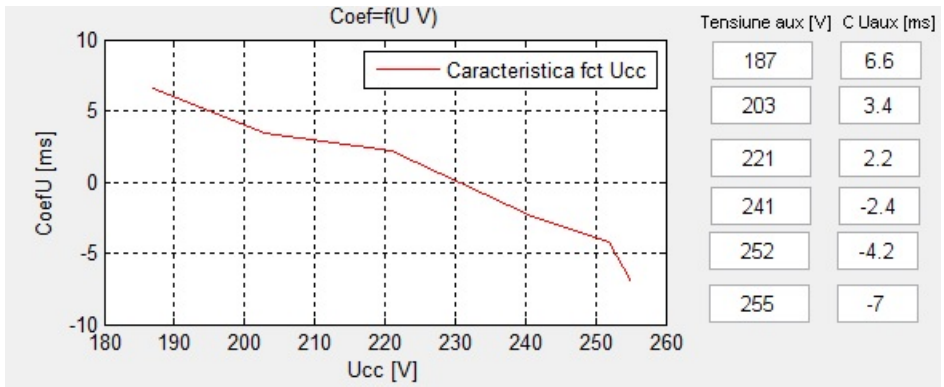


Fig. 5. 36 Reprezentarea caracteristici coeficientului de întârziere funcție de tensiunea auxiliară de curent continuu care alimentează bobina de conectare întrerupător

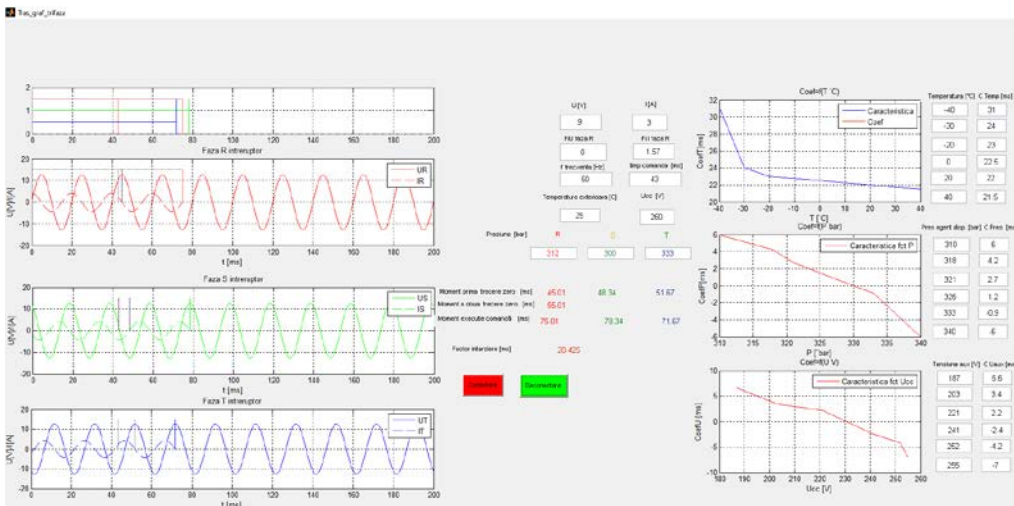


Fig. 5. 37 Deconectarea monofazată controlată a unui transformator

100 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

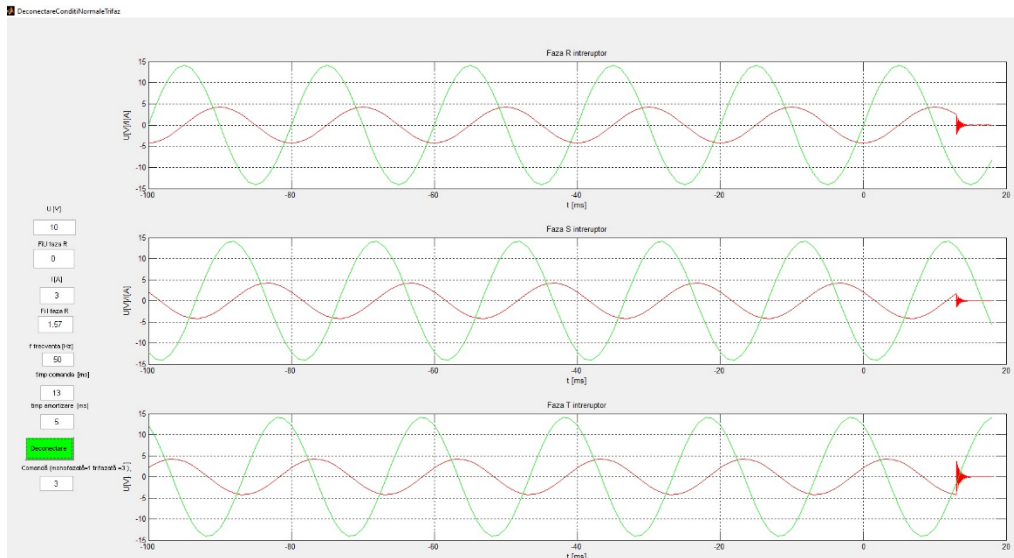


Fig. 5. 38 Deconectarea tripolară necontrolată a unui transformator de putere

Dacă mecanismul de acționare al întrerupătorului este unul cu mecanism oleopneumatic spre exemplu, trebuie introduse presiunile de ulei în tabelul de lângă caracteristica ce depinde de acesta fig.5.41 precum și valoarea indicată de manometrele celor trei faze ale întrerupătorului. Programul calculează prin interpolare valoarea coeficientului de întârziere pe fiecare fază.

Dacă se folosește un mecanism cu resort aceste valori nu trebuie introduse.

Așa cum s-a constatat tensiunea de alimentare a bobinei de anclanșare influențează timpul de comutare al întrerupătorului. Deci prin măsurători se determină acest timp care este introdus în tabelul de lângă graficul care va determina această caracteristică fig.5.42 . Valoarea acestei tensiuni de curent continuu se poate citi din sistemul de comandă control de la serviciile interne de curent continuu.

5.4. Deconectarea controlată a unui transformator de putere

Pentru simularea deconectării controlate a unui întrerupător ce alimentează un transformator de putere vom folosi programul Matlab Tras_graf_trifaza care este realizat cu ajutorul unei interfețe grafice de dialog. Se poate observa din fig.5.43 că momentul de deschidere a întrerupătorului se alege astfel încât curentul pe fiecare fază să fie zero precum și timpul după emiterea comenzii de deconectare să fie suficient pentru realizarea acesteia din punct de vedere tehnic de către întrerupător.

Pentru această simulare s-au folosit următoarele mărimi de intrare:

- $U=9$ V, $\phi U(R)=0$, $I=3$ A, $\phi I(R)=+\pi/2$, $f=50$ Hz, $t_c=43$ ms, $T=25$ °C, $U_{cc}=260$ V, $P(R)=312$ bar, $P(S)=300$ bar, $P(T)=333$ bar.

În urma calcului timpului de întârziere s-au obținut următoarele rezultate:

- momentul primei treceri prin zero a curentului faza R: $t=45.01$ ms, a doua trecere $t=55.01$ ms;
- momentul primei treceri prin zero a curentului faza S: $t=48.34$ ms;
- momentul primei treceri prin zero a curentului faza T: $t=51.67$ ms;
- factorul total de întârziere faza R: $t=20.425$ ms;
- momentul execuție comandă deconectare faza R: $t=75.01$ ms, faza S: $t=78.34$ ms, faza T: $t=71.67$ ms.

Se constată că factorul total de întârziere este mai mic decât la operația de conectare.

5.5. Deconectarea necontrolată a unui transformator de putere

Pentru simularea deconectării necontrolate a unui transformator de putere vom folosi un program realizat în Matlab DeconectareCondițiiNormaleTrifazat.

Dacă se execută o deconectare necontrolată a unui transformator de putere cu un mecanism de acționare tripolar, adică deconectarea celor trei faze ale întrerupătorului se va executa la același moment și se va observa din figura 5.32 că pe faza S, unde valoarea tensiunii este aproape de maxim, o valoare instantanee a curentului care trebuie întrerupt este mai mic decât în cazul fazei T, la care tensiunea este apropiată de valoarea minimă și valoarea curentului care trebuie întrerupt este maxim. [86] Deci la acest tip de întrerupător se observă că nu se poate face o comandă controlată a deconectării fără o sincronizare a timpului pe fiecare fază.

De asemenea dacă folosim un întrerupător cu acționare monopolară, unde comanda pe fiecare fază este defazată cu $2\pi/3$ respectiv cu $-2\pi/3$, se observă conform fig.5.33 că valoarea curentului întrerupt este minimă la o amplitudine maximă a tensiunii pe faza de referință.

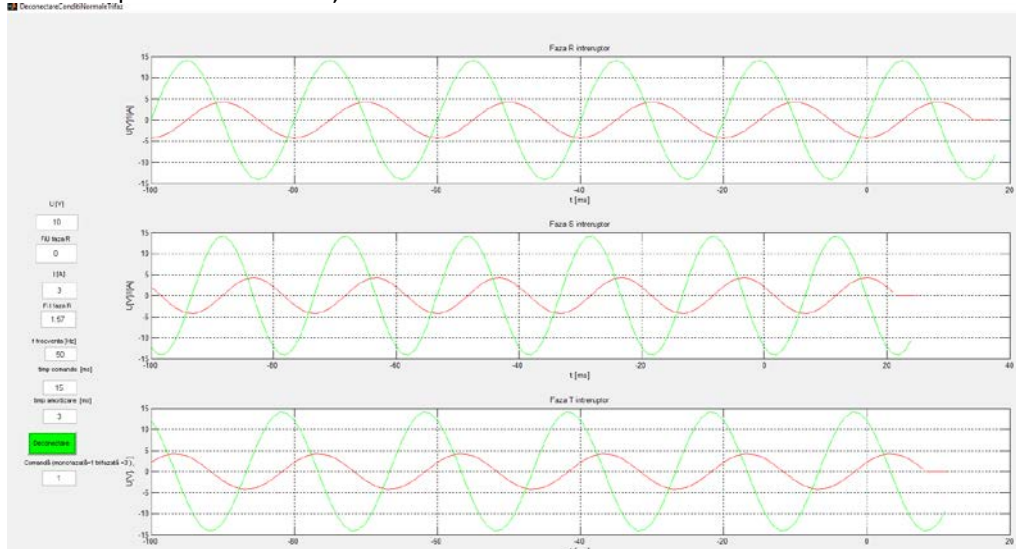


Fig. 5. 39 Deconectarea necontrolată monofazată a unui transformator la tensiunea de fază maximă

Pentru a se evita deconectarea unui transformator, în condiții de curent maxim, care s-ar produce în cazul deconectării necontrolate la trecerea tensiunii prin zero după cum se observă în fig. 5.34. [89] [86]

102 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

Pentru această simulare s-au folosit ca mărimi de intrare:

- U-amplitudinea tensiunii de referință faza mărime măsurată în secundarul transformatorului de măsură, $U=10$ V;
- FiU faza R-defazajul tensiunii pe faza de referință $FiU=0$;
- I-amplitudinea curentului de referință faza R $I=3$ A;
- Fil faza R-defazajul curentului pe faza de referință R $Fil=+\pi/2=1.57$;
- f-frecvența $f=50$ Hz;
- timp comandă—reprezintă momentul începerii operației de conectare, pentru fig.5.33: $t=15$ ms și pentru fig.5.44: $t=20$ ms
- timp amortizare—reprezintă timpul în miliseunde de amortizare a curentului după deconectare, $t=3$ ms
- Comandă monofazată =1

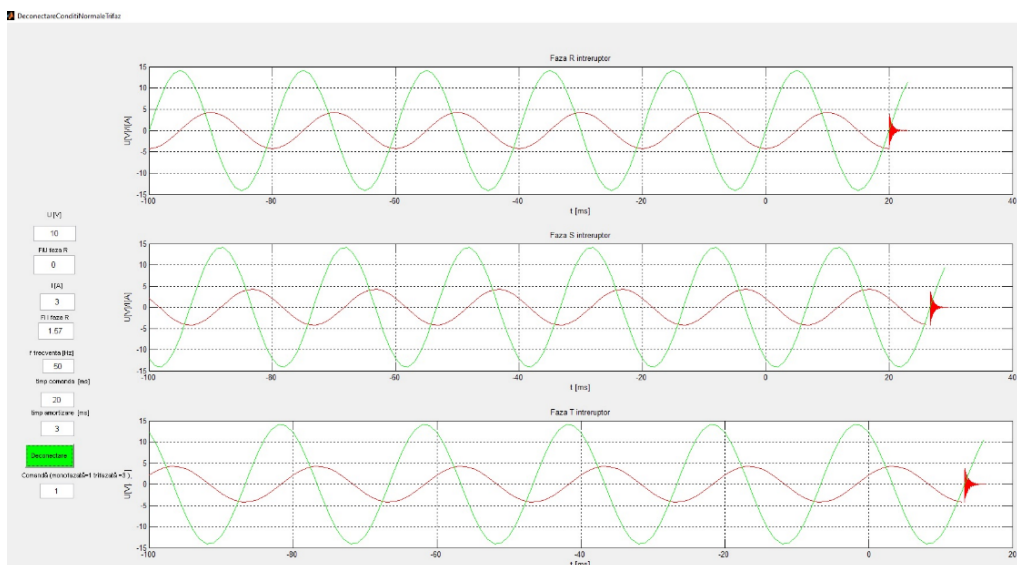


Fig. 5. 40 Deconectarea necontrolată monofazată a unui transformator la tensiunea de fază minimă

Listingul programului folosit la simulare realizat în Matlab DeconectareCondițiiNormaleTrifaz.

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Upre=str2double(get(handles.U,'string'));% tensiunea bare
Ipre=str2double(get(handles.I,'string'));% curent deconectat
FiU1=str2double(get(handles.FiU,'string'));% defazajul tensiune
Fil1=str2double(get(handles.Fil,'string'));% defazajul curent
fHz=str2double(get(handles.f,'string'));% frecventa
tc=str2double(get(handles.tc,'string'));% timp comandă întrerupător
tamort=str2double(get(handles.tam,'string'));% timp de amortizare
TipCom=str2double(get(handles.TipComanda,'string'));% tip comandă
Fil=Fil1;
subplot(311);
tt=-100:1:tc;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza R
```

```

hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fil);
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
title('Faza R intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('IR','UR');
grid on;
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza S predefect
FiU=FiU1;
tt=-100:1:tter;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza S
% pentru faza S defazata cu +60 grade 2*pi/3
subplot(312);
Fil=Fil1+2*pi/3;
if TipCom > 1
    tcS=tc;
else
    tcS=tc+2/fHz/6*1000;
end
tt=-100:1:tcS;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza S
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tcS/1000-Fil);
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
tter=tamort+tcS;
tamp=tcS:0.005:tter;
title('Faza S intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('IS','US');
grid on;
plot(tamp,xp,'Color','r')
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza T predefect
FiU=FiU1+2*pi/3;
tt=-100:1:tter;

```


104 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

```
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU); % se deseneaza tensiunea faza T
% pentru faza T defazata cu +60 grade -2*pi/3
subplot(313);
Fil=FiU1-2*pi/3;
if TipCom > 1
    tcT=tc;
else
    tcT=tc-2/fHz/6*1000;
end
tt=-100:1:tcT;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza T
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tcT/1000-Fil);
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tcT;
tamp=tcT:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
hold all
axis auto
grid on
title('Faza T intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('IT','UT');
grid on;
% se deseneaza tensiunea faza T predefect
tt=-100:1:tter;
FiU=FiU1-2*pi/3;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU); % se deseneaza tensiunea faza T
```

Funcțiile *Upred* , *Ipred* și *Amortizare* au fost folosite și la programul anterior.

5.6. Conectarea necontrolată a unui transformator de putere

Pentru această simulare vom folosi un program realizat în Matlab.

Pentru simularea procesului de conectare trifazată a unui întrerupător, ce alimentează un transformator s-a dat un timp de comandă care după cum se observă în fig. 5.35 pe faza R curentul de conectare este minim, deoarece corespunde unei valori maxime a tensiunii de fază. Pe fazele S și T se observă că acest curent are o valoare apropiată de jumătatea amplitudinii maxime a curentului. Deci pentru a se putea face conectarea controlată a unui întrerupător acționat trifazat trebuie să se poată face o defazare mecanică a momentului de acționare pe toate fazele față de faza de referință. [88] [78]

5.10. Conectarea necontrolată a unui transformator de putere 105

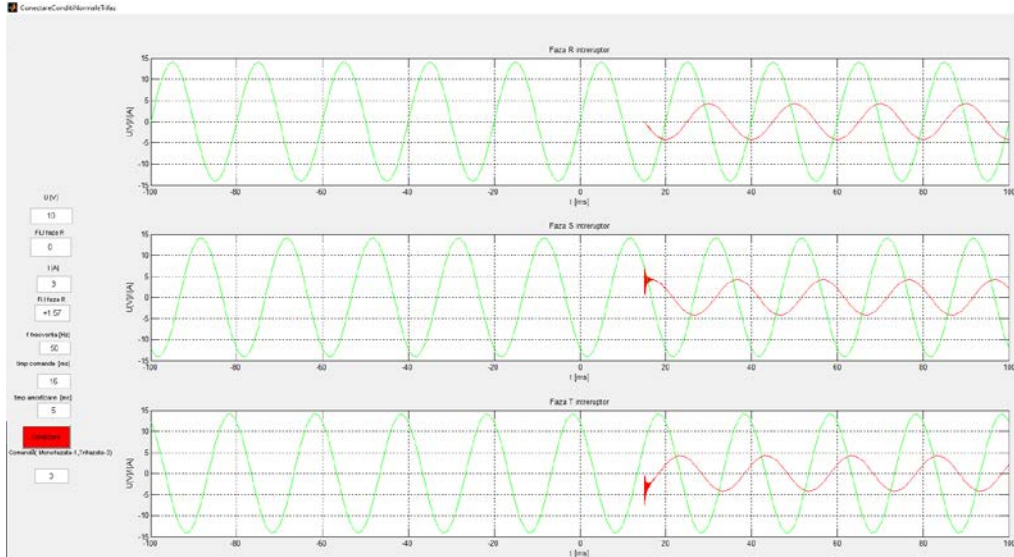


Fig. 5. 41 Conectarea necontrolată trifazată a unui transformator

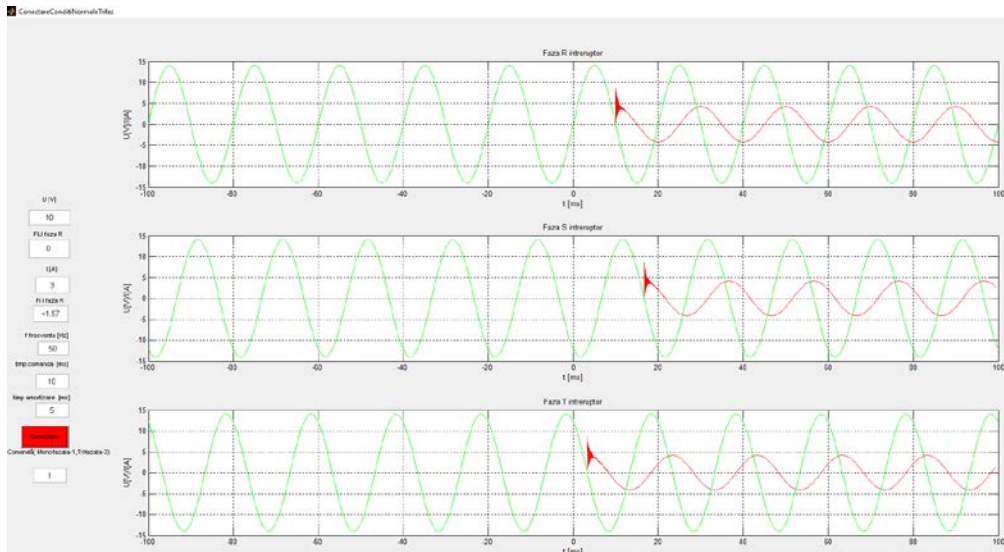


Fig. 5. 42 Conectarea necontrolată a unui transformator, tensiunea pe fază minimă

La conectarea necontrolată trifazată a unui transformator de putere, în condițiile cele mai nefavorabile după cum se vede în fig. 5.36 este momentul în care tensiunea pe fază de referință este minimă, ce face ca valoarea curentului la conectare să aibă o valoare maximă. Pentru evitarea acestui fenomen se va alege timpul de conectare astfel încât tensiunea pe fază de referință să fie maximă, după cum se observă din simularea din fig. 5.37.

106 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

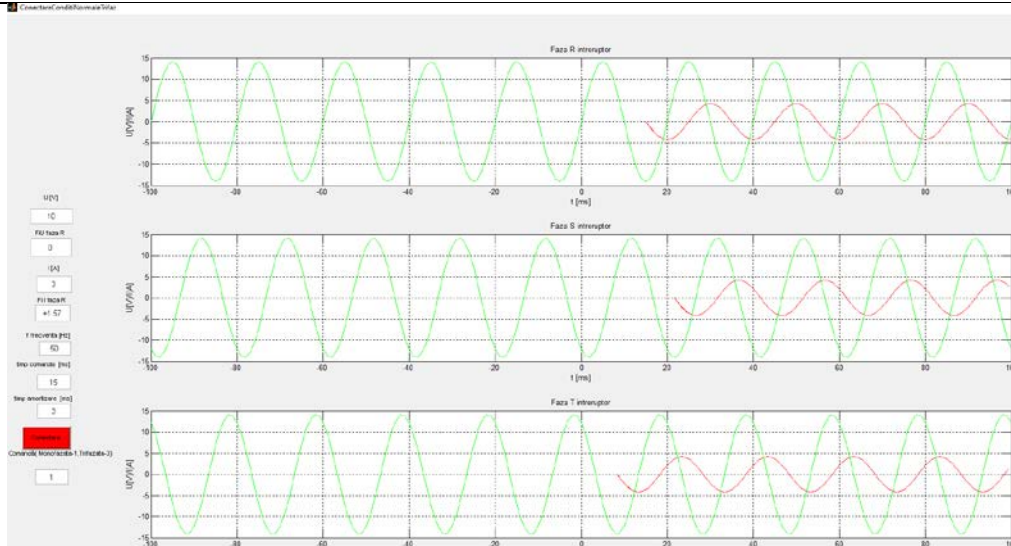


Fig. 5. 43 Conectarea necontrolată a unui transformator, tensiunea pe fază maximă

- Pentru această simulare s-au folosit ca mărimi de intrare:
- U-amplitudinea tensiunii de referință faza mărime măsurată în secundarul transformatorului de măsură, $U=10\text{ V}$
 - FiU faza R-defazajul tensiunii pe faza de referință $FiU=0$
 - I-amplitudinea curentului de referință faza R $I=3\text{ A}$
 - FiI faza R-defazajul curentului pe faza de referință R $FiI=+\pi/2=1.57$
 - f-frecvența $f=50\text{ Hz}$
 - timp comandă-reprezintă momentul începerii operației de conectare pentru fig.5.36: $t=10\text{ ms}$ și pentru fig.5.37: $t=15\text{ ms}$
 - timp amortizare-reprezintă timpul în milisecunde de amortizare a curentului după deconectare $t=5\text{ ms}$ respectiv 3 ms
 - Comandă monofazată =1

Listingul programului folosit la simulare realizat în Matlab ConectareCondițiiNormaleTrifaz.

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Upre=str2double(get(handles.U,'string'));% tensiunea bare
Ipre=str2double(get(handles.I,'string'));% curent deconectat
FiU1=str2double(get(handles.FiU,'string'));% defazajul tensiune
FiI1=str2double(get(handles.FiI,'string'));% defazajul curent
fHz=str2double(get(handles.f,'string'));% frecventa
tc=str2double(get(handles.tc,'string'));% timp comandă întrerupător
tamort=str2double(get(handles.tam,'string'));% timp de amortizare
TipCom=str2double(get(handles.TipComanda,'string'));% tip comandă
FiI=FiI1;
subplot(311);
tt=-100:1:tc+tamort;
ttc=tc:1:100;
ppp=Ipred(ttc,Ipre,fHz,FiI); % desenare I faza R
hold all
axis auto
```

5.10. Conectarea necontrolată a unui transformator de putere 107

```

grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fil);
yyy=AmortizareII(a,fHz,tamort,Ipre,Fil,tc);
xp=yyy;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
title('Faza R intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('UR ','IR');
grid on;
hold all
axis auto
grid on
% se deseneaza tensiunea faza R predefect
FiU=FiU1;
tt=-100:1:tter;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
tt=tter:1:100;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza R
% pentru faza S defazata cu +60 grade 2*pi/3
subplot(312);
Fil=Fil1+2*pi/3;
FiU=FiU1+2*pi/3;
if TipCom > 1
    tcS=tc;
else
    tcS=tc+2/fHz/6*1000;
end
tt=-100:1:tcS+tamort;
ttcS=tcS:1:100;
ppp=Ipred(ttcS,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza R
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tcS/1000-Fil);
yyy=AmortizareII(a,fHz,tamort,Ipre,Fil,tcS);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tcS;
tamp=tcS:0.005:tter;
title('Faza S intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('US ','IS');
grid on;
plot(tamp,xp,'Color','r')
hold all
axis auto
grid on

```

108 CONTROLERE PE BAZĂ DE PROGRAME PENTRU COMUTAREA PRIN PUNCTE
DE PE CARACTERISTICĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE - 5

```
% se deseneaza tensiunea faza T predefect
FiU=FiU1+2*pi/3;
tt=-100:1:100;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza T
% pentru faza T defazata cu +60 grade -2*pi/3
subplot(313);
Fil=Fil1-2*pi/3;
FiU=FiU1-2*pi/3;
if TipCom > 1
    tcT=tc;
else
    tcT=tc-2/fHz/6*1000;
end
tt=-100:1:tcT+tamort;
ttcT=tcT:1:100;
ppp=Ipred(ttcT,Ipre,fHz,Fil); % desenare faza T
hold all
axis auto
grid on
a=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*tcT/1000-Fil);
yyy=AmortizareII(a,fHz,tamort,Ipre,Fil,tcT);
xp=yyy;
%tter=3+tc;
tter=tamort+tcT;
tamp=tcT:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
hold all
axis auto
grid on
title('Faza T intreruptor');
xlabel('t [ms]');
ylabel('U[V]/I[A]');
%legend('UT ','IT');
grid on;
% se deseneaza tensiunea faza T predefect
tt=-100:1:100;
uu=Upred(tt,Upre,fHz,FiU);% se deseneaza tensiunea faza T
function AmrtI=AmortizareII(a,fHz,tamort,Ipre,Fil,tc)
    om=fHz;fi=0;tam=0:0.005:tamort;si=2;
    y=a*exp(-
si.*tam). *cos(om.*tam+fi)+sqrt(2)*Ipre.*sin(2*pi*om*(tc+tam)/1000-Fil) ;
    AmrtI=y;
end
```

Funcțiile *Upred* , *Ipred* au fost folosite și la programul anterior

6. COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU

6.1. Noțiuni generale

Înteruperea curentă a unui întrerupător se produce în mod normal la curent zero într-un interval de timp de microsecunde. În procesul de întrerupere curentă, au loc mai multe procese în același timp. [90]

Tensiunea arcului, după întrerupere, se menține la o valoare constantă în intervalul de curent ridicat, crește la o valoare de vârf, vârful de extincție și apoi scade la zero cu o valoare foarte mare du/dt .

Curentul se apropie de trecerea prin zero cu mai mult sau mai puțin constant di/dt , dar poate fi ușor distorsionată sub influența tensiunii arcului. Arcul este rezistiv și, prin urmare, tensiunea arcului și curentul ajung la trecerea prin zero în același moment. [91] [92]

În apropierea valorii de zero a curentului, energia în canalul de arc, este destul de scăzută (la valoarea curentului de zero nu există nici o creștere de energie), și atunci când lungimea arcului este la maxim, curentul poate fi întrerupt.

După întreruperea curentă, gazul încă fierbinte între contactele întrerupătorului este caracterizat de o pantă abruptă de creștere a recuperării de tensiune și în câmpul electric rezultat. Particulele încărcate prezente încep să circule și să provoace un curent, care nu poate fi măsurat, numit curentul post-arc. Împreună cu tensiunea de recuperare tranzitorie, produc un consum de energie în canalul de gaz fierbinte.

Atunci când, la începutul procesului de stingere, energia arcului este formată din moleculele individuale de gaz disociate în electronii liberi și ionii pozitivi, starea de plasmă a arcului este refăcută din nou și întreruperea curentului nu se poate realiza. Aceasta fenomen se numește reamorsare termică a întreruptorului.

Când întreruperea curentului este realizată, canalul de gaz fierbinte se răcește și curentul post-arc dispare. Încă un canal electric poate apărea atunci când rezistența dielectrică a spațiului dintre contactele întreruptoare nu este suficientă pentru a rezista la tensiunea de recuperare tranzitorie.

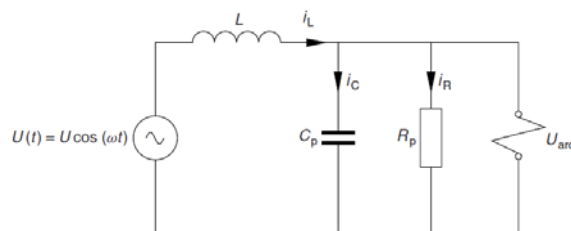


Fig. 6. 1 Reprezentarea elementelor rețelei conectate la bornele întrerupătorului

Rezistența este paralelă, adică impedanța caracteristică conexiunii sistem, iar condensatorul paralel realizează comutarea curentului de arc în intervalul de timp din jurul valorii zero a curentului.

110 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

Curentul este eliminat, în primul rând de Rp și apoi de Cp, energia de intrare în arc este redusă, iar răcirea mecanismului are o perioadă mai lungă de timp pentru a fi eficientă.

Când întreruperea curentă este realizată la curent zero, tensiunea pe Cp este egală cu zero. Recuperarea tranzitorie, la apariția tensiunii la contactele întrerupătorului se încarcă prima la capacitatea Cp, și provoacă așa-numita întârziere de timp a formei de undă TRV.

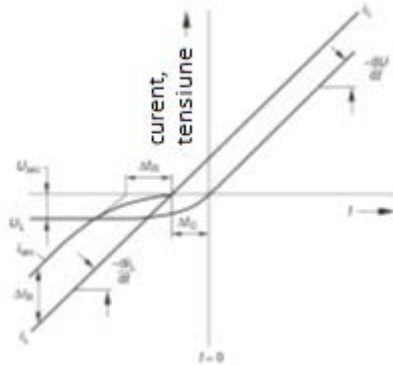


Fig. 6. 2 Curentul și tensiunea în jurul valorii de zero a curentului la întreruperea unui curent de scurtcircuit

$$\Delta t = \Delta t_R + \Delta t_C = \frac{u_0/R_p + C_p \left(\frac{du_{arc}}{dt} \right)}{di_L/dt} \quad (6.1)$$

Astfel, se montează la întreruptoare cu SF6 pentru a mări capacitatea de întrerupere un condensator paralel cu întreruptorul. După o operație de închidere, curentii tranzitorii vor circula prin sistem, și după o operație de deschidere, atunci când un curent de frecvență mare este întrerupt, va apărea o tensiune de recuperare tranzitorie sau TRV la bornele întreruptorului. [93]

Configurația rețelei la bornele întreruptorului, determină amplitudinea, frecvența și forma oscilațiilor de curent și de tensiune.

Când bateriile de condensatori, pentru reglarea tensiunii, sunt plasate într-o stație, dispozitivele de întrerupere întrerup o sarcină în principal capacitivă atunci când operează sub condiții normale de încărcare. Curentul și tensiunea sunt defazate cu aproximativ 90 ° iar curentul este defazat înaintea tensiunii.

Când un transformator mare este deconectat într-o situație normală de sarcină, curent și tensiune sunt defazate cu aproximativ 90 ° și curentul este defazat în urma tensiunii.

O defecțiune este numită scurtcircuit. De obicei un defect între o fază și nul, se produce pe o linie de transport de înaltă tensiune, la distanțe de câteva sute de metri, la câțiva kilometri de bornele întrerupătorului.

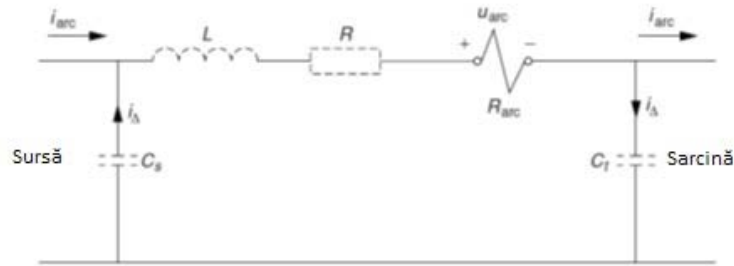


Fig. 6. 3 Întreruperea curentului inductiv mic

Între tensiunea arcului și curent este (32):

$$(u_{arc} i_{arc})^\alpha = \eta = \text{constant} \quad (6.2)$$

Parametrul α este o constantă care se găsește în intervalul (0,4 și 1).

Dacă oscilația de înaltă frecvență provoacă o mică perturbare a curentului de arc și presupunem canalul arcului în stare de echilibru, astfel încât ecuația (6.2) determină relația dintre curentul de arc și tensiunea arcului. [94]

Aplicând legea de tensiune a lui Kirchoff din Figura 6.3.

$$L \frac{d(i_{arc} + i_\Delta)}{dt} + R(i_{arc} + i_\Delta) + R_{arc}(i_{arc} + i_\Delta) + \int \frac{i_\Delta}{C} dt = u_0 \quad (6.3)$$

$$R_{arc} = \frac{u_{arc}}{i_{arc}} = \frac{\eta}{(i_{arc} + i_\Delta)^{\alpha+1}} \quad (6.4)$$

u_0 = tensiune reziduală pe C_s și C_t și capacitatea echivalentă $C = \frac{C_s C_t}{(C_s + C_t)}$

diferențierea ecuației (3) și înlocuirea lui R_{arc} și dR_{arc}/dt rezultă:

$$L \frac{d^2 i_\Delta}{dt^2} + (R - \alpha R_{arc}) \frac{d i_\Delta}{dt} + \frac{i_\Delta}{C} = 0 \quad (6.5)$$

$$\lambda^2 + \frac{(R - \alpha R_{arc})}{L} \lambda + \frac{1}{LC} = 0 \quad (6.6)$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{(R - \alpha R_{arc})}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R - \alpha R_{arc}}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \quad (6.7)$$

Circuitul din Fig.6.3 oscilează când (95):

$$\left(\frac{R - \alpha R_{arc}}{2L}\right)^2 < \frac{1}{LC} \quad (6.8)$$

a) dacă $\alpha R_{arc} > R$ termenul de amortizare și atunci când $\alpha R_{arc} > R$ termenul de amortizare $\frac{R - \alpha R_{arc}}{2L} > 0$ și indicele de oscilație poate crește în amplitudine.

b) Dacă $\frac{R}{\alpha} < R_{arc} < \frac{R+2\sqrt{\frac{L}{C}}}{\alpha}$ apare o mică perturbare, și considerăm că procesele fizice din canalul arcului electric au un comportament neprevizibil, poate induce o oscilație, care la rândul său poate provoca o trecere la zero a curentului de arc și forțarea stingerii arcului electric înainte de trecerea natural a curentului prin zero.

112 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

Valoarea curentului depinde de mediul de stingere și de valoarea capacității C , care este de ordinul a $0,01-0,05 \mu\text{F}$.

Pentru întrerupătoarele cu stingere în gaze, curentul de stingere poate varia de la câțiva Amperi pentru SF_6 până la câteva zecimi Amperi pentru întrerupătoarele cu vid.

Sistemele de alimentare conțin condensatori: cum ar fi băncile de condensatori pentru reglarea tensiunii sau îmbunătățirea factorului de putere și condensatorii care sunt o parte a băncilor de filtrare pentru a filtra armonice mai mari. În plus, prin cablu rețelele de distribuție formează o sarcină, în principal capacitivă, pentru dispozitive de comutare. Comutarea capacitivă necesită o atenție deosebită deoarece, după întreruperea curentă, sarcina capacitivă conține o sarcină electrică și poate provoca o reaprindere dielectrică a dispozitivului de comutare. Când acest proces se repetă, întreruperea curentilor capacitivi determină supratensiuni mari.

Figura 6.4 prezintă o reprezentare monofazică a unui circuit capacitiv.

Inductanța L_s este inductanța alimentării și reprezintă inductanța sincronă a generatoarelor de alimentare și pierderile inductive a transformatoarelor de putere. R_s și C_s generează împreună pe partea de alimentare TRV și reprezintă amortizarea și capacitatea transformatoarelor de tensiune, transformatoare de curent, sistemul barelor colectoare din stație.

Sarcina capacitivă este reprezentată de un condensator C , conectat prin intermediul unei inductanțe L' cu partea de încărcare a întrerupătorului de circuit.

Când $L_s \gg L'$ și $\omega L_s \ll 1/\omega C$, curentul este defazat înaintea tensiunii de alimentare cu 90° . Curentul capacitiv este mic, de la câțiva Amperi la câteva sute de Amperi, în comparație cu curentul nominal de scurtcircuit pentru care este proiectat un întrerupător de circuit și curentul capacitiv poate fi întrerupt chiar și la curenți mici de arc.

În momentul întreruperii curente, condensatorul este încărcat complet și tensiunea este aproximativ egală cu tensiunea maximă a alimentării. După o jumătate de ciclu, tensiunea de alimentare are și o inversare de polaritate, iar tensiunea la bornele întrerupătorului este de două ori valoarea maximă a tensiunii de alimentare, așa cum se poate vedea în Figura 6.5. [96] [97] [98]

Când întrerupătorul este în poziție închisă, tensiunea pe partea sarcinii întrerupătorului este mai mare decât tensiunea de alimentare. Diferența de tensiune este $U = U_c - E$. Aceasta se numește fenomen Ferranti și se poate vedea și ca efectul condensatorului care acționează ca o sursă de putere reactivă. Ulterior crește nivelul de tensiune. Ca o consecință a creșterii Ferranti, are loc un salt de tensiune în tensiunea de alimentare a întrerupătorului.

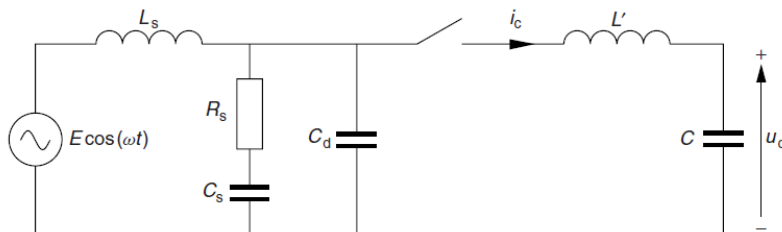


Fig. 6. 4 Reprezentarea monofazată a unui circuit capacitiv

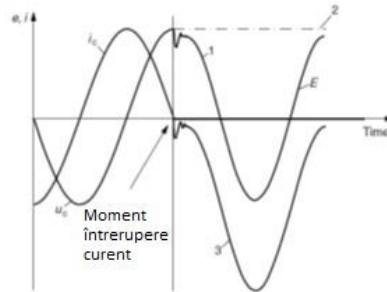


Fig. 6. 5. Caracteristica curentului și tensiunii în timpul întreruperii curentului capacitiv
1-tensiune de alimentare 2-tensiune pe condensator 3-tensiune pe întrerupător

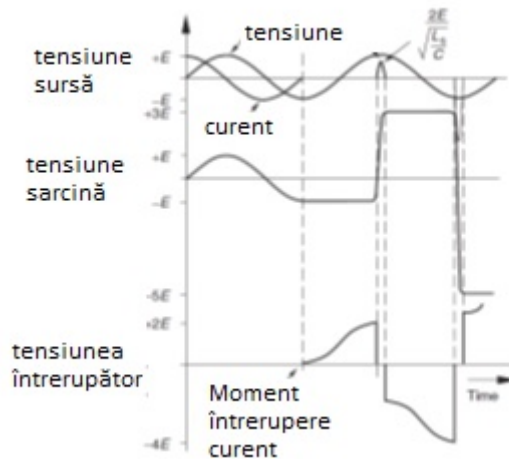


Fig. 6. 6 Fenomenul de reaprindere în cazul întreruperii unui curent capacitiv

Frecvența oscilației tranzitorii ca rezultat al acestui salt de tensiune este:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}} \quad (6.9)$$

$$I = \frac{2E}{\sqrt{\frac{L_s}{C_s}}}$$

Cu cât valoarea L_s este mai mică, cu atât frecvența este mai mare și este mai mare amplitudinea curentului tranzitoriu. În momentul reaprinderii, valoarea tensiunii pe condensatorul C a avut amplitudinea $-E$, atunci tensiunea devine $+3E$ la prima trecere prin zero a curentului tranzitoriu. Când canalul de arc se stinge, întreruptorul întrerupe curentul oscilant. Tensiunea de recuperare de-a lungul contactelor crește la $4E$ (influența tensiunii pe partea de alimentare este $-E$ și a capacităților încărcarea pe condensatorul C este $+3E$). Contactele arcuitoare ale circuitului de rupere a arcului se despart foarte puțin și este posibil să se repete o altă reaprindere a arcului. Rezultatul acestei a doua reaprindere a arcului este un curent oscilant cu o amplitudine dublă. Când întrerupătorul întrerupe curentul tranzitoriu, la următoarea trecere prin zero, tensiunea pe condensatorul C crește la $5E$ și tensiunea pe contactele întrerupătorului crește la $6E$. [29]

Atunci când apar două fenomene de acest fel, tensiunile foarte mari care se formează în camera de stingere a întrerupătorului, pot duce la explozia acestuia.

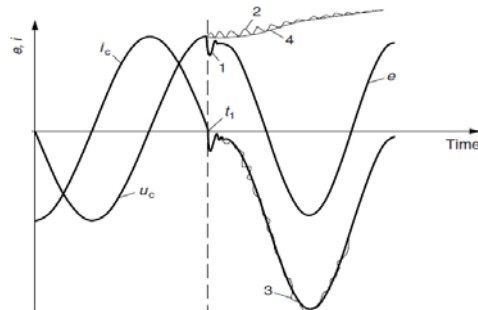


Fig. 6. 7 Caracteristică a curentului și tensiunii după întreruperea unei tensiuni a unei linii de înaltă tensiune:
 1-salt de tensiune pe partea de alimentare, 2-oscilația tensiunii tranzitorii pe partea liniei 3-tensiunea pe bornele întreruptorului 4-frecvența generată de faza vecină

În stingerea arcului electric, intervin atât parametrii ai circuitului care se deconectează (tensiunea tranzitorie de restabilire, care produce solicitarea dielectrică în întrerupător și intensitatea curentului, care solicită termic întrerupătorul) cât și parametrii specifici întrerupătorului (tensiunea de străpungere în camera de stingere, care exprimă viteza de restabilire a rigidității dielectrice și tensiunea arcului electric, dependentă de gradul de răcire și de mediul de stingere). [99]

În intervalele de timp scurte, conținând momentele anulării intensității curentului, temperatura coloanei arcului și conductanța acesteia scad rapid, înregistrându-se procedeul de refacere a rigidității dielectrice, prin care spațiul dintre contacte își recapătă proprietățile electroizolante, pierdute în urma amorsării arcului. Acest proces se caracterizează prin creșterea tensiunii de străpungere a spațiului dintre contacte. [100]

În momentul anulării intensității curentului, corespunzător cărora are loc practic stingerea periodică a arcului electric de curent alternativ, spațiului dintre contactele echipamentului de conotație i se aplică tensiunea tranzitorie de restabilire. Aceasta este constituită din tensiunea de regim permanent a sursei de alimentare, având pulsația ω_r pe care se suprapune o componentă corespunzătoare regimului liber al circuitului deconectat, de pulsație $\omega_e \gg \omega$.

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui întrerupător

S-a realizat un model matematic în Matlab astfel pentru intervalul de timp cuprins între $t=-100$ ms și 0 ms, folosind pentru tensiune și curent înainte de defect, conform figurii 6.8.

$$u(t) = \sqrt{2}U \sin(2\pi ft + \phi U) \quad (6.10)$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(2\pi ft + \phi I) \quad (6.11)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}, \psi_u = \psi - \varphi - \frac{\pi}{2}, \varphi = \arctg \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \quad (6.12)$$

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 115 întrerupător

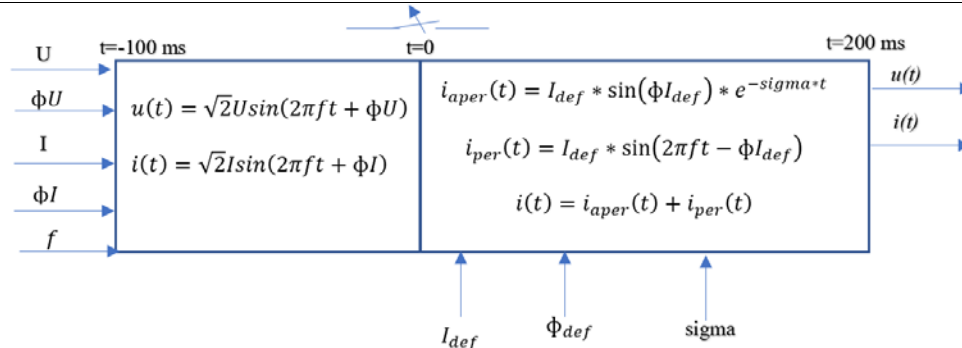


Fig. 6. 8 Modelul matematic folosit în regim tranzitoriu

Pentru simulare, la momentul de timp cuprins între $t \in (-100, 0)$ sunt folosite amplitudinea tensiunii U [V], defazajul tensiunii ϕU , amplitudinea curentului I [A] și f [Hz] - frecvența fazei inițiale a curentului ϕI a sursei.

$$\begin{cases} \phi I \in [-\pi/2, 0) \text{ caracter capacitiv} \\ \phi I = 0 \text{ caracter rezistiv} \\ \phi I \in (0, \pi/2] \text{ caracter inductiv} \end{cases} \quad (6.13)$$

Regimul tranzitoriu apare frecvent în cazul deschiderii întrerupătorului la un defect pe liniile electrice de înaltă tensiune. În acest caz curentul tranzitoriu este format din două componente: una periodică, cu frecvență egală cu sursa, ce alimentează defectul și una aperiodică, exponențială, care depinde de locul de defect pe linie.

Defectele de acest tip sunt reprezentate de scurtcircuiturile monofazate care sunt de fapt punerea unei faze la pământ, fie direct sau prin intermediul unei rezistențe cum ar fi un arbore sau o izolație scăzută a componentelor liniilor electrice. Pentru eliminarea acestor defecte protecțiile LEA sesizează creșterea de curent peste o anumită limită și existența unei automatizări numite reanclanșarea automată rapidă (RAR) care declanșează LEA și după o pauză de câteva milisecunde, care se numește pauză de RAR, reconectează din nou LEA. Dacă defectul persistă se produce o declanșare definitivă a LEA. [101]

De cele mai multe ori aceste defecte sunt trecătoare și se produc pe o singură fază, adică defectul este monopolar, din această cauză studiul se va face pe o singură fază. Declanșarea și reconectarea se face monofazat și dacă defectul persistă se va face declanșarea trifazată a LEA. [102]

În figura 6.9 se observă că în intervalul de timp cuprins între -100 ms și 0 ms tensiunea și curentul pe fază sunt caracteristice funcționării normale a sistemului trifazat. [103]

Se consideră momentul $t=0$ ms, momentul apariției defectului și regimul tranzitoriu pentru acest caz este determinat cu următoarele ecuații matematice (6.14, 6.15, 6.16) pentru curent:

$$i_{aper}(t) = I_{def} * \sin(\phi I_{def}) * e^{-\sigma t} \quad (6.14)$$

$$i_{per}(t) = I_{def} * \sin(2\pi ft - \phi I_{def}) \quad (6.15)$$

$$i(t) = i_{aper}(t) + i_{per}(t) \quad (6.16)$$

Unde: i_{aper} - componenta aperiodică a curentului în regimul tranzitoriu

i_{per} - componenta periodică a curentului în regimul tranzitoriu

$i(t)$ - curentul tranzitoriu: suma celor două componente

116 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

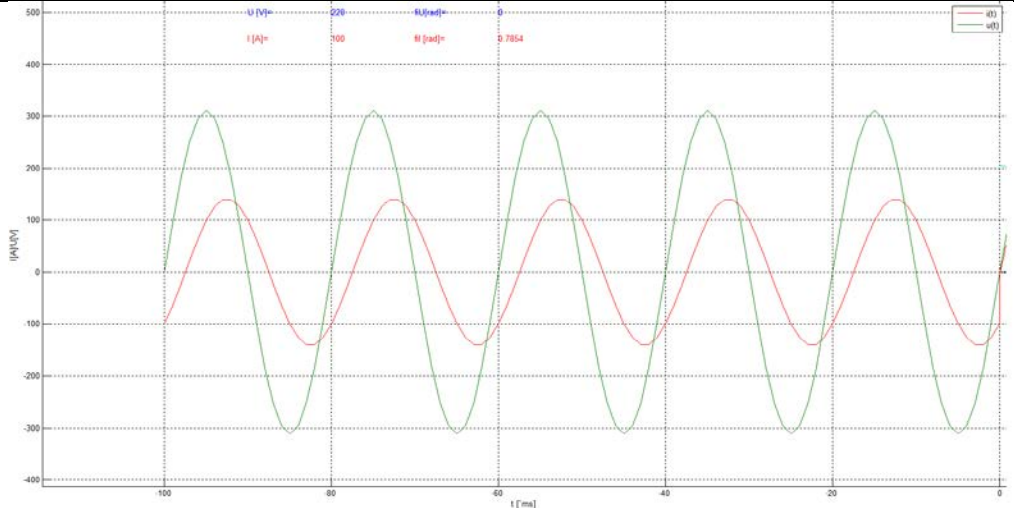


Fig. 6. 9 Caracteristica tensiunii și curentului monofazat în intervalul de timp $t = -100$ și 0 ms

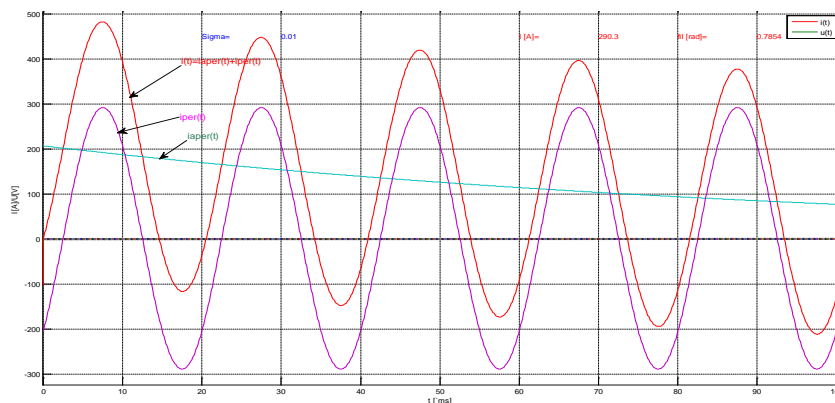


Fig. 6. 10 Componentele caracteristicii tranzitorie în intervalul de timp $t = 0$ ms și 100 ms

În figura 6.10 sunt reprezentate cele două componente ale curentului tranzitoriu precum și suma acestora care este de fapt curentul de defect.

Pentru regimul tranzitoriu se definește amplitudinea curentului de defect I_{def} [A], faza curentului de defect și $\phi_{I_{def}}$ care reprezintă defazajul sarcinii. Acesta se observă că poate fi diferit de defazajul ϕ_I precum și amplitudinea curentului de defect este mult mai mare. [104]

$$\begin{cases} \phi_{I_{def}} \in [-\pi/2, 0) \text{ caracter capacitiv} \\ \phi_{I_{def}} = 0 \text{ caracter rezistiv} \\ \phi_{I_{def}} \in (0, \pi/2] \text{ caracter inductiv} \end{cases}$$

σ – Distanța sursă defect care este cuprins în intervalul $\sigma \in (0, 1]$ defectul este îndepărtat pentru valori de zero sau apropiat pentru valori egale cu 1. Această

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 117 întrerupător

constantă intervine în calculul componentei aperiodice a curentului și are o caracteristică exponențială.

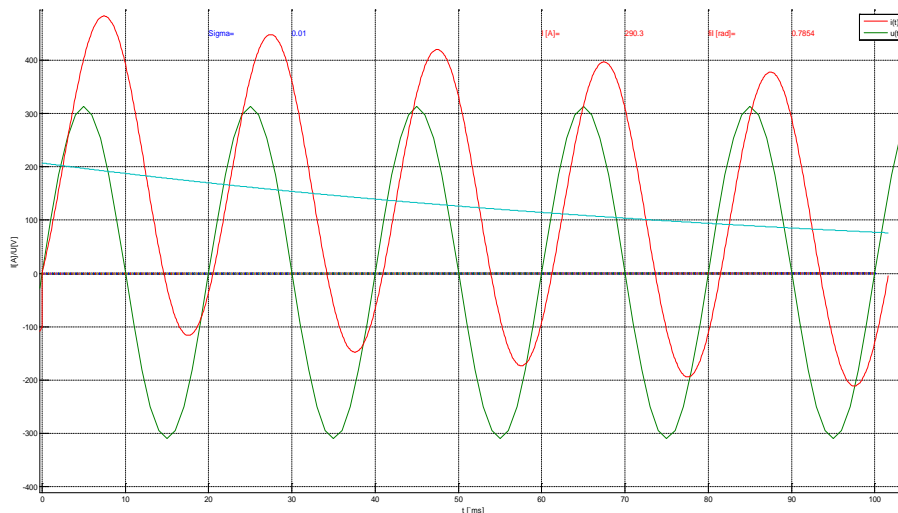


Fig. 6. 11 Caracteristica curent de defect inductiv

În figura 6.11 sunt reprezentate tensiunea și curentul caracteristici unui regim tranzitoriu, unde $\sigma=0.01$, deci defectul este îndepărtat și defazajul componentei periodice a curentului este egal cu $\pi/2$, amplitudinea curentului de defect este $I=290.3A$. În acest caz se observă că componenta aperiodică este deasupra orizontalei de unde și curentul tranzitoriu se găsește în zona pozitivă.

Dacă defazajul curentului de defect este negativ $\phi_{def}=-\pi/2$, caracteristica monofazată a curentului tranzitoriu $I_{def}=290.3 A$ în intervalul de timp $t = 0 ms$ și $100 ms$ defect îndepărtat $\sigma=0.01$ ca în figura 6.12, se constată că maximum curentului tranzitoriu este negativ. [105]

Pentru a studia influența locului de defect se modifică coeficientul $\sigma=0.9; 0.09; 0.009; 0.0009$ de la defect apropiat la depărtat figura 6.13 se observă că aplatizarea componentei aperiodice este mai pronunțată pentru defectele apropiate, adică σ aproximativ egală cu valoarea 1.

Se observă în figura 6.13 că la apariția unui regim tranzitoriu, curentul care trebuie întrerupt este foarte mare și dacă momentul deschiderii întrerupătorului se găsește pe un maxim de undă acest curent solicită foarte mult contactele întrerupătorului. [105]

Cu ajutorul programului DecRezTranzFaraZero [105], realizat în Matlab am demonstrat necesitatea deconectării controlate a întrerupătoarelor la trecerea curentului prin zero, în cazul apariției unui curent tranzitoriu.

Pentru exemplificare s-au introdus următoarele valori:

$U=220 V$, $\phi U=0 rad$;

$I=100 A$, $\phi I=1.57=\pi/2 rad$;

$f=50 Hz$, distanța defect $\sigma=0.005$;

$I_{def}=290.3 A$, $\phi I_{def} = 1.57=\pi/2 rad$;

Timp comandă=31.221 ms.

118 COMUTAREA CONTROLĂȚĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

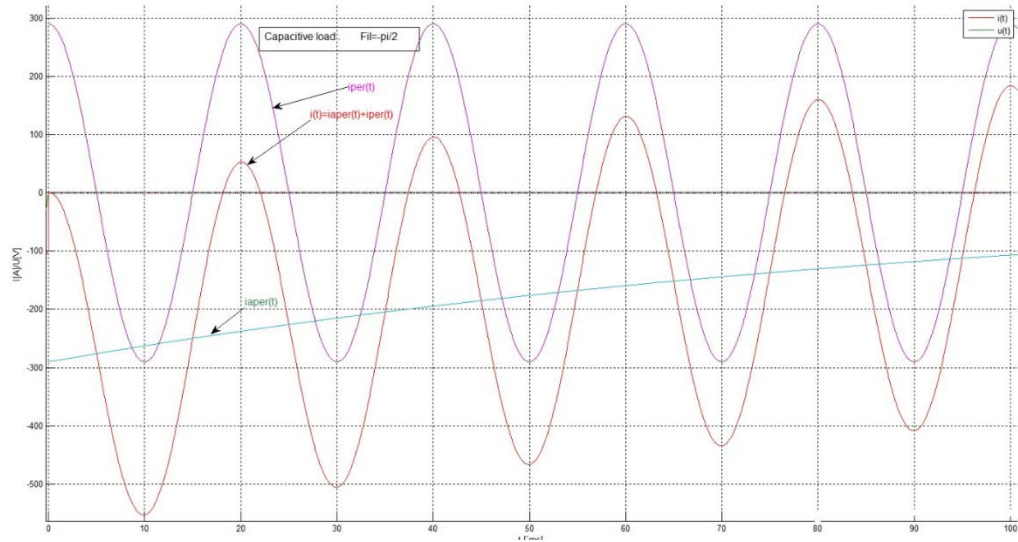


Fig. 6. 12 Caracteristica curent tranzitoriu sarcină capacitivă.

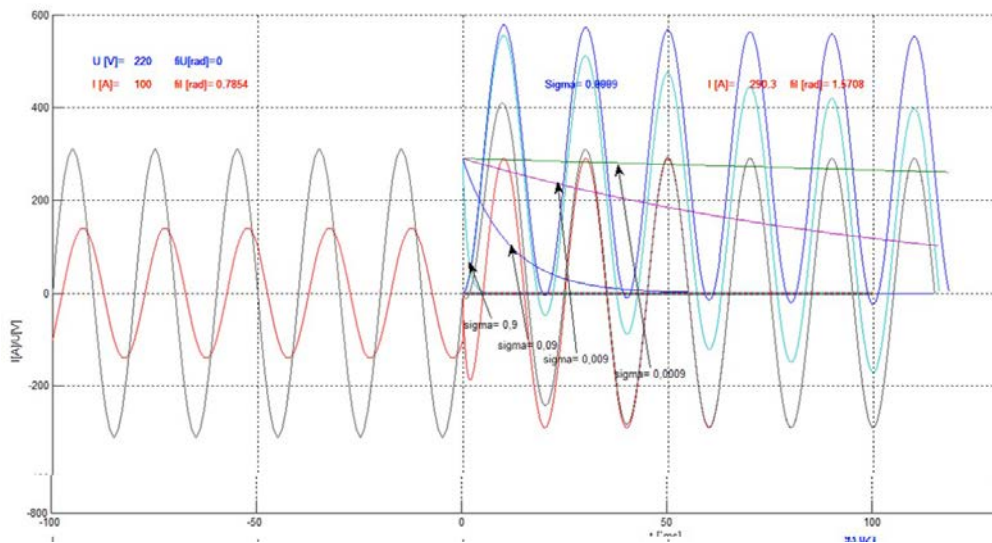


Fig. 6. 13 Caracteristica curentului tranzitoriu la modificarea coeficientului sigma.

Acest timp este dat de protecția care sesizează apariția defectului. Din figura 6.14 se constată faptul că curentul care trebuie întrerupt este mare și într-un interval de câteva milisecunde acesta se amortizează solicitând foarte mult procesul de stingere al arcului electric.

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 119 întrerupător

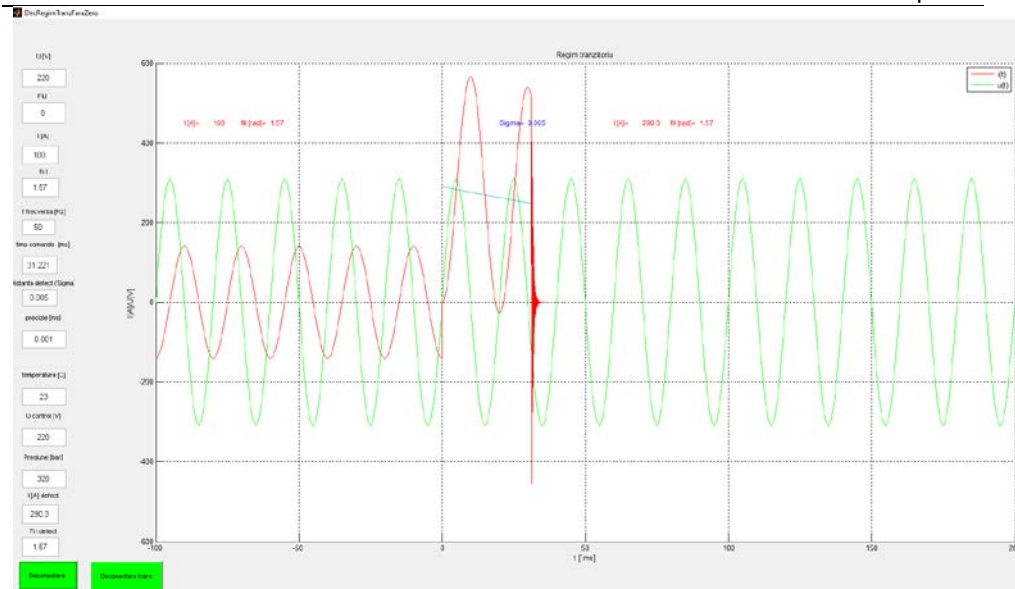


Fig. 6. 14 Caracteristica de deconectare necontrolată în regim tranzitoriu

Curentul de defect fig. 6.14 trebuie să fie întrerupt într-un timp foarte mic de la apariția acestuia deoarece dacă acesta se menține un timp îndelungat poate duce la distrugerea echipamentelor electrice aflate în funcțiune.

Pentru simularea deschiderii controlate figura 6.15 a întrerupătorului s-au folosit următoarele mărimi de intrare :

$U=220\text{ V}$, $\omega U=0\text{ rad}$;

$I=100\text{ A}$, $\omega I=1.57=\pi/2\text{ rad}$;

$f=50\text{ Hz}$, distanța defect $\text{Sigma}=0.005$;

$I_{\text{def}}=290.3\text{ A}$, $\omega I_{\text{def}}=1.57=\pi/2\text{ rad}$;

Timp comandă=65 ms.

Acest moment de timp se găsește pe la jumătatea amplitudinii curentului de defect. Se observă că dacă deschiderea s-ar produce la acest moment de timp am avea o variație amortizată a curentului și a tensiunii. [106] Programul găsește momentul de timp în care curentul de defect intersectează axa timpului $t=97.108\text{ ms}$ și deschide întrerupătorul astfel încât valoarea momentană a curentului de defect este aproape zero.

Chiar dacă este întârziată această deschidere cu $t=32.108\text{ ms}$ avem un curent de rupere aproape nul, ceea ce duce la un proces de comutare reușit și protejarea echipamentului de comutație.

Pentru exemplul din fig.6.16 am introdus:

$U=200\text{ V}$, $\omega U=0\text{ rad}$;

$I=100\text{ A}$, $\omega I=1.57=\pi/2\text{ rad}$;

$f=50\text{ Hz}$, distanța defect $\text{Sigma}=0.005$;

$I_{\text{def}}=290.3\text{ A}$, $\omega I_{\text{def}}=1.57=\pi/2\text{ rad}$;

Timp comandă=50 ms

120 COMUTAREA CONTROLĂȚĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

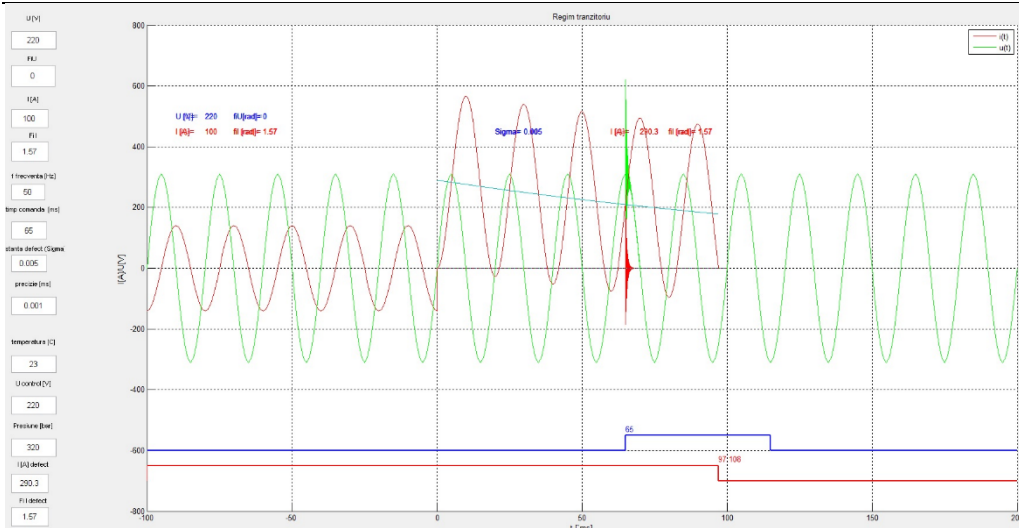


Fig. 6. 15 Comutarea controlată regim tranzitoriu

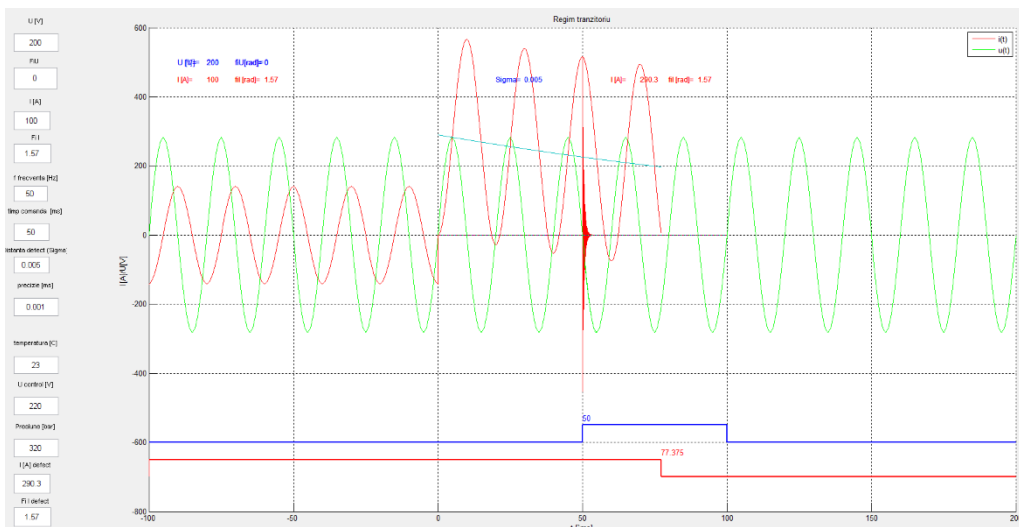


Fig. 6. 16 Comutarea controlată regim tranzitoriu moment comandă curent maxim

La această simulare, momentul de timp comandă s-a ales la maximum curentului de defect. Se observă că dacă s-ar deschide la acest moment, curentul de rupere ar fi maximum ceea ce ar duce la un proces de întrerupere extrem de greu.

Pe același grafic fig.6.16 s-a simulat și deconectarea controlată la momentul calculat de 77.375 ms unde caracteristica curentului de defect trece prin zero. Se constată o diferență de timp de 22.375 ms dintre comanda necontrolată de deschidere și cea controlată.

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 121 întrerupător

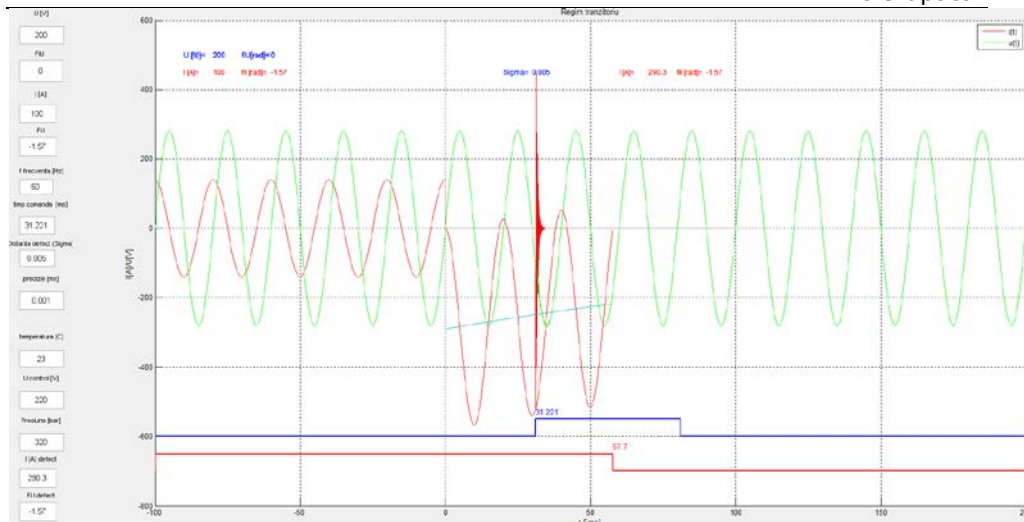


Fig. 6. 17 Comutarea controlată regim tranzitoriu sarcină capacitivă

Pentru exemplul de simulare în figura 6.17 avem o sursă cu caracter capacitiv și sarcina tot capacitivă, cu următoarele valori introduse:

$U=200\text{ V}$, $\phi U=0\text{ rad}$;
 $I=100\text{ A}$, $\phi I=-1.57=-\pi/2\text{ rad}$;
 $f=50\text{ Hz}$, distanța defect $\text{Sigma}=0.005$;
 $I_{\text{def}}=290.3\text{ A}$, $\phi I_{\text{def}}=-1.57=-\pi/2\text{ rad}$;
 Timp comandă $=31.221\text{ ms}$.

La această simulare se observă că amplitudinea curentului de rupere este negativă și are o valoare mare dacă s-ar deschide necontrolat întrerupătorul. Deschiderea controlată se calculează la valoarea de timp de 57.7 ms cu o diferență de 26.5 ms față de deschiderea necontrolată.

Pentru simularea pentru exemplul de deschidere sursă rezistivă și sarcină inductivă figura 6.20 folosim ca valori de intrare:

$U=200\text{ V}$, $\phi U=0\text{ rad}$;
 $I=100\text{ A}$, $\phi I=0.75\text{ rad}$;
 $f=50\text{ Hz}$, distanța defect $\text{Sigma}=0.005$;
 $I_{\text{def}}=290.3\text{ A}$, $\phi I_{\text{def}}=1\text{ rad}$;
 Timp comandă $=50\text{ ms}$, s-a calculat timpul de comandă controlată la $t=94.997\text{ ms}$.
 Pentru această simulare se observă o diferență de timp de $dt=44.997\text{ ms}$, suficientă pentru a deschide în condiții de curent de rupere minim.

122 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

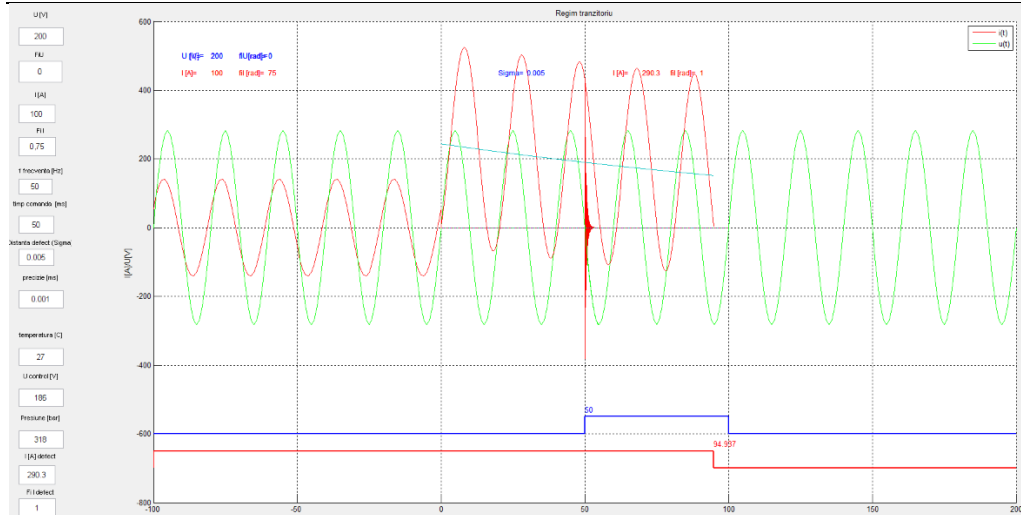


Fig. 6. 18 Comutare controlată regim tranzitoriu sarcină inductivă

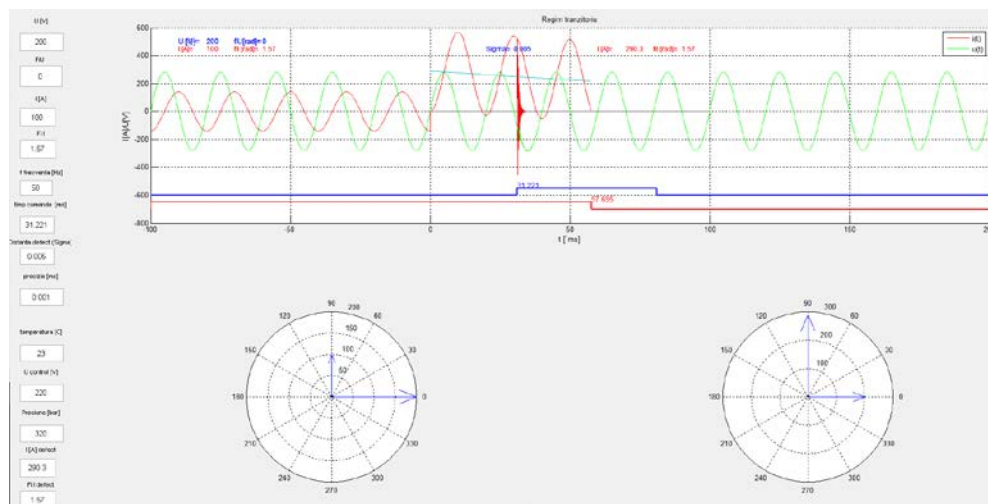


Fig. 6. 19 Deconectare controlată regim tranzitoriu

În figura 6.19 avem reprezentați fazorii și unghiul de defazaj dintre tensiune și curent la sursă și sarcină inductivă.

Concluzii:

În urma simulărilor se pot formula următoarele avantaje concluzii referitoare la deconectarea controlată a regimului tranzitoriu propus:

- permite obținerea unei caracteristici curent și tensiune a cărei formă este echivalentă cu cea regăsită în literatura de specialitate;
- permite obținerea de curenți de rupere diferiți, necesari procesului de deconectare;
- permite modificarea caracterului sursei prin modificarea defazajului de curent și tensiune;

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 123 întrerupător

- permite modificarea caracterului sarcinii prin modificarea defazajului de curent și tensiune;
- permite evidențierea parametrilor care sunt supervizați în cazul instalației electrice reale;
- permite lucrul cu distanțe de defect diferite (modificare sigma);
- urmărește formele de undă ale curentului și tensiunii, obținute de la instalația reală;
- curentul maxim de rupere a arcului se obține pentru o deschidere la momentul când curentul de defect este la maximum amplitudinii curentului de defect;
- poate fi folosit în sinteza structurilor de conducere.

Listingul programului de comutare necontrolată regim tranzitoriu este:

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
Rp=100000;% Snubber resistance Rp ohmi Rezistenta proprie intreruptor
Cp=0.0001;% Snubber capacitance Cp farad Capacitatea proprie intreruptor
Upre=str2double(get(handles.U,'string'));
Ipre=str2double(get(handles.I,'string'));
FiU=str2double(get(handles.FiU,'string'));
Fil=str2double(get(handles.Fil,'string'));
fHz=str2double(get(handles.f,'string'));
tc=str2double(get(handles.tcom,'string'));
Idefect=str2double(get(handles.Id,'string'));
Fidefect=str2double(get(handles.Fid,'string'));
DistantaSursa=str2double(get(handles.sig,'string'));
preciz=str2double(get(handles.prec,'string'));
tempExt=str2double(get(handles.temp,'string'));
Ucontrol=str2double(get(handles.Ucon,'string'));
Pmas=str2double(get(handles.pres,'string'));
tamort=5;
tComanda=tc; % se memoreaza timp comanda
% se deseneaza fazori tensiune curent
subplot(2,2,3)
compass([Upre*exp(j*FiU),Ipre*exp(j*Fil)]);
subplot(2,2,4)
compass([Upre*exp(j*FiU),Idefect*exp(j*Fidefect)]);
subplot(2,2,1:2)
t2=-100:1:100;
hold all
axis auto
grid on
tt=-100:1:0;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil);
hold all
axis auto
grid on
p2=Upred(t2,Upre,fHz,FiU);
% se desenează amortizarea tensiunii
```

124 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

```
a=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*tc/1000-FiU);
yyy=AmortizareII(a,fHz,tamort,Upre,FiU,tc);
xp=yyy;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','g')
t=0:0.1:tc;
pp=ltran(t,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);
ppp=lap(t,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);
% se traseaza componenta periodica
t=0:0.1:tc;
pp=ltran(t,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);
yap=Idefect*sin(Fidefect)*exp(-DistantaSursa.*tc);
ype=Idefect*sin(2*pi*fHz*tc/1000-Fidefect);
a=yap+ype;
yyy=Amortizare(a,fHz,tamort);
xp=yyy;
tter=tamort+tc;
tamp=tc:0.005:tter;
plot(tamp,xp,'Color','r')
% se deseneaza linia de trecere la regim tranzitoriu in 0
Iopred=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*0/1000-Fil);
Iodefect=Idefect*sin(Fidefect)*exp(-
DistantaSursa.*0)+Idefect*sin(2*pi*fHz*0/1000-Fidefect);
lc=line([0 0], [Iopred Iodefect],'Color','r','LineWidth',1);
%se afisaza marimile introduse
c= num2str(Upre);
text(-80,500,c,'Color','b','FontSize',9);
text(-90,500,'U [V]=' , 'Color','b','FontSize',9);
c= num2str(FiU);
text(-60,500,c,'Color','b','FontSize',9);
text(-70,500,'fiU [rad]=' , 'Color','b','FontSize',9);
c= num2str(Ipre);
text(-80,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(-90,450,'I [A]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(Fil);
text(-60,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(-70,450,'fil [rad]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(Idefect);
text(70,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(60,450,'I [A]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(Fidefect);
text(90,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(80,450,'fil [rad]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(DistantaSursa);
text(30,450,c,'Color','b','FontSize',9);
text(20,450,'Sigma=' , 'Color','b','FontSize',9);
title('Regim tranzitoriu');
xlabel('t [ ms]');
ylabel('I[A]/U[V] ');
legend('i(t) ', 'u(t)');
```

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 125 întrerupător

grid on;

pentru deconectarea controlată avem următorul listing:

```
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
Rp=100000;% Snubber resistance Rp ohmi Rezistenta proprie intreruptor
Cp=0.0001;% Snubber capacitance Cp farad Capacitatea proprie intreruptor
Upre=str2double(get(handles.U,'string'));
Ipre=str2double(get(handles.I,'string'));
FiU=str2double(get(handles.FiU,'string'));
Fil=str2double(get(handles.Fil,'string'));
fHz=str2double(get(handles.f,'string'));
tc=str2double(get(handles.tcom,'string'));
Idefect=str2double(get(handles.Id,'string'));
Fidefect=str2double(get(handles.Fid,'string'));
DistantaSursa=str2double(get(handles.sig,'string'));
preciz=str2double(get(handles.prec,'string'));
tempExt=str2double(get(handles.temp,'string'));
Ucontrol=str2double(get(handles.Ucon,'string'));
Pmas=str2double(get(handles.pres,'string'));
tComanda=tc; % se memoreaza timp comanda
t2=-100:1:100;
hold all
axis auto
grid on
tt=-100:1:0;
ppp=Ipred(tt,Ipre,fHz,Fil);
hold all
axis auto
grid on
t=0:0.1:100;
axis auto
grid on
% se caută trecerea prin zero după un timp folosind funcția
pct=tzeroIsc(tc,t,preciz,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);% se apeleaza functia
de determinare prima trecere prin zero
tzero1=pct;
tc=tzero1+preciz;
pct=tzeroIsc(tc,t,preciz,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);% se apeleaza functia
de determinare a doua trecere prin zero
tzero2=pct;
semiper=tzero2-tzero1;
per=2*semiper;
% se calculeaza coeficientul de intarziere U de alimenatre bobina
tUc=FuncUcontrol(Ucontrol); % calcul coeficient de intarziere fct de U cc alimentare
bobina declansare
tuu=tUc;
```

126 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

```
% se calculeaza timpul de intarziere datorat temperaturi exterioare
tTDec=FunctTempD(tempExt);
tut=tTDec;
% se calculeaza timpul de intarziere datorat presiunii uleiului
tPre=FunctPresiune(Pmas);
tint=tUc+tTDec+tPre;
nrsem=round(tint/semiper);
ttDeconectare=tzero1+(nrsem+1)*semiper;% timpul total de intarziere
tint=tzero1+tUc+tTDec+tPre; % momentul de timp de comanda
pct=tzeroIsc(tint,t,preciz,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);% se apeleaza functia
de determinare comanda efectiva prin zero
ttDeconectare=pct;

% se deseneaza tensiunea pana in momentul deconectarii
t2=-100:1:200;
p2=Upred(t2,Upre,fHz,FiU);
t=0:0.1:ttDeconectare;
pp=ltran(t,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);
% se traseaza componenta aperiodica
ppp=lap(t,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);
% se traseaza componenta periodica
%pppp=lpp(t,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa);
%se calculeaza timpul de arc tarcc
Uarcc=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*ttDeconectare/1000-FiU);% se calculează Uarcc
valoarea tensiunii in momentul deconectării
tarcc=(Uarcc/Rp+Cp*0.77)/0.77; % calcul duratei arcului funcție de u0 si
parametrii intreruptor
tcmdArc=ttDeconectare-tarcc; % calcul timp comanda reala înainte stingere arc
c=num2str(tComanda);
text(tComanda,-530,c,'Color','b','FontSize',10);
% desenare linii ajutatoare generare tcomnda
lc=line([-100 tComanda], [-600 -600],'Color','b','LineWidth',2);
lc=line([tComanda tComanda], [-600 -550],'Color','b','LineWidth',2);
lc=line([tComanda tComanda+50], [-550 -550],'Color','b','LineWidth',2);
lc=line([tComanda+50 tComanda+50], [-550 -600],'Color','b','LineWidth',2);
lc=line([tComanda+50 200], [-600 -600],'Color','b','LineWidth',2);
% desenare linii ajutatoare comanda deschidere 1 logic ajunge zero
c=num2str(ttDeconectare);
text(ttDeconectare,-630,c,'Color','r','FontSize',10);
lc=line([-100 -100], [-700 -650],'Color','r','LineWidth',2);
lc=line([-100 ttDeconectare], [-650 -650],'Color','r','LineWidth',2);
lc=line([ttDeconectare ttDeconectare], [-650 -700],'Color','r','LineWidth',2);
lc=line([ttDeconectare 200], [-700 -700],'Color','r','LineWidth',2);
%se afisaza marimile introduse
c= num2str(Upre);
text(-80,500,c,'Color','b','FontSize',10);
text(-90,500,'U [V]=' , 'Color','b','FontSize',10);
c= num2str(FiU);
text(-60,500,c,'Color','b','FontSize',10);
text(-70,500,'fiU[rad]=' , 'Color','b','FontSize',10);
% se deseneaza linia de trecere la regim tranzitoriu in 0
```

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 127
întrerupător

```

Iopred=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*0/1000-Fil);
Iodefct=Idefect*sin(Fidefect)*exp(-
DistantaSursa.*0)+Idefect*sin(2*pi*fHz*0/1000-Fidefect);
lc=line([0 0], [Iopred Iodefct],'Color','r','LineWidth',1);
c= num2str(Ipre);
text(-80,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(-90,450,'I [A]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(Fil);
text(-60,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(-70,450,'fil [rad]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(Idefect);
text(70,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(60,450,'I [A]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(Fidefect);
text(90,450,c,'Color','r','FontSize',9);
text(80,450,'fil [rad]=' , 'Color','r','FontSize',9);
c= num2str(DistantaSursa);
text(30,450,c,'Color','b','FontSize',9);
text(20,450,'Sigma=' , 'Color','b','FontSize',9);
%title('Regim tranzitoriu');
xlabel('t [ ms]');
ylabel('I[A]/U[V] ');
legend('i(t) ', 'u(t)');
grid on;

function [Ipre]=Ipred(t,Ipre,fHz,Fil)
% funcție care desenează curentul in funcționare normala
Ipre=sqrt(2)*Ipre*sin(2*pi*fHz*t/1000-Fil);
plot (t,Ipre,'Color','r')
end

function [Upre]=Upred(t,Upre,fHz,FiU)
% functie care deseneaza curentul in functinare normala
Upre=sqrt(2)*Upre*sin(2*pi*fHz*t/1000-FiU);
plot (t,Upre,'Color','g')
end

function [tzero]=tzeroisc(tc,t,preciz,Idefect,fHz,Fidefect,DistantaSursa)
%se cauta momentul treceri prin zero
tg=tc; %tc este moment comanda iar tg este moment gasire zero
yap=Idefect*sin(Fidefect)*exp(-DistantaSursa.*tg);
ype=Idefect*sin(2*pi*fHz*tg/1000-Fidefect);
yf=yap+ype;
if yf>0
while yf>=0
tg=tg+preciz;
yap=Idefect*sin(Fidefect)*exp(-DistantaSursa.*tg);
ype=Idefect*sin(2*pi*fHz*tg/1000-Fidefect);
yf=yap+ype;
end
tzero=tg;

```


128 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

```

    plot (t,yf)
    % lc=line([tc tc], [0 Idefect]);
    % text(tc,0,' Pcomanda','FontSize',10);
    % lc=line([tg tg], [0 Idefect]);% se deseneaza trecerea prin zero
    % text(tg,0,' Pzero','FontSize',10);
    return
end
if yf<0
    while yf<=0
        tg=tg+preciz;
        yap=Idefect*sin(Fidefect)*exp(-DistantaSursa.*tg);
        ype=Idefect*sin(2*pi*fHz*tg/1000-Fidefect);
        yf=yap+ype;
    end
    tzero=tg;
    plot (t,yf)
    % lc=line([tc tc], [0 Idefect]);
    % text(tc,0,' Pcomanda','FontSize',10);
    % lc=line([tg tg], [0 Idefect]);% se deseneaza trecerea prin zero
    % text(tg,0,' Pzero','FontSize',10);
    return
end
plot (t,yf)
%lc=line([tg 0], [tg Idefect]);
hold all
return
end

function AmrtI=AmortizareI(a,fHz,tamort)
    om=fHz;fi=0;tam=0:0.005:tamort;si=2;
    % y=a+a*exp(-si.*tam).*cos(om.*tam+fi)
    y=a+a*exp(-si.*tam).*cos(om.*tam+fi)+sqrt(2)*a*sin(2*pi*om*tam/1000+fi)
;
    AmrtI=y;
end

% functie de calcul factor de intarziere functie de presiunea agentului
% hidraulic la conectare
function coefP=FuncPresiune(Pmas)
Ph=[310 316 321 326 333 337 342 346 350];
cPh=[6 4.2 2.7 1.2 -0.9 -2.1 -3.6 -4.8 -6];

for i=1:8
    if Ph(i)<=Pmas
        if Pmas<Ph(i+1)
            %coefControl=cUM(i)+(Ucontrol-UcM(i))*(cUM(i+1)-cUM(i))/(UcM(i+1)-
UcM(i));
            coefP=cPh(i)+(Pmas-Ph(i))*(cPh(i+1)-cPh(i))/(Ph(i+1)-Ph(i));
        end
    end

return
end

```

6.2. Simularea regimului tranzitoriu la operația de deschidere a unui 129
întrerupător

```

end

end
if Pmas<Ph(1)
    coefP=cPh(1);
else
    coefP=cPh(9);
end

% functie de calcul factor de iantariere functie de temperatura exterioara
% la conecatre
function coefTempD=FunctTempD(tempExt)
MtempExt=[-40 -30 -20 0 20 40];
McoefTemp=[31 24 23 22.5 22 21.5];

for i=1:5
    if MtempExt(i)<=tempExt
        if tempExt<MtempExt(i+1)
            %coefControl=cUM(i) + (Ucontrol-UcM(i)) * (cUM(i+1)-cUM(i))/(UcM(i+1)-
UcM(i));
            cTemp=McoefTemp(i) + (tempExt-MtempExt(i)) * (McoefTemp(i+1)-
McoefTemp(i))/(MtempExt(i+1)-MtempExt(i));
            coefTempD=cTemp;
            return
        end
    end
end

end

if tempExt<MtempExt(1)
    coefTempD=MtempExt(1);
else
    coefTempD=MtempExt(6);
end

%plot(MtempExt,McoefTemp)
end

end

% functie de calcul factor de iantariere functie de temperatura exterioara
% la conecatre
function coefUcontrol=FunctUcontrol(Ucontrol)
UcM=[187 192 203 209 221 232 241 252 255];
cUM=[6.6 5.6 3.4 2.2 -0.2 -2.4 -4.2 -6.4 -7];
for i=1:8
    if UcM(i)<=Ucontrol
        if Ucontrol<UcM(i+1)
            %coefControl=cUM(i) + (Ucontrol-UcM(i)) * (cUM(i+1)-cUM(i))/(UcM(i+1)-
UcM(i));
            cControl=cUM(i) + (Ucontrol-UcM(i)) * (cUM(i+1)-cUM(i))/(UcM(i+1)-UcM(i));

```

130 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
ÎN REGIM TRANZITORIU - 6

```
    coefUcontrol=cControl;  
    % return  
    end  
end  
end  
if Ucontrol<UcM(1)  
    cControl=cUM(1);  
    coefUcontrol=cControl;  
    return  
else  
    cControl=cUM(9);  
    coefUcontrol=cControl;  
    return  
end  
end  
end
```

7. COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL

7.1. Prezentare sistem comandă control stație înaltă tensiune

Scopul principal al prezentei simulări este de a prezenta într-un mod accesibil modul de operare al interfeței grafice a sistemului de comandă control. Simularea își propune să prezinte interfața grafică a sistemului, importantă pentru interacțiunea cu operatorul. [4]

În cele ce urmează interfața grafică va fi denumită HMI (en. Human Machine Interface) cu semnificația de interfață operator - OI. Pentru o înțelegere cât mai facilă a sistemului, sunt prezentate în continuare și noțiuni generale despre arhitectura, configurarea și principiile după care este construit sistemul de comandă control .

Prezenta simulare este destinată testării comutării controlate, la fel ca utilizarea în exploatare a sistemului de comandă control de către personalul operativ din stație.

Simularea se axează pe prezentarea accesului la informație, efectuarea de comenzi asupra aparatajului primar și secundar, supravegherea întregului sistem.

Principalele roluri ale sistemului de comandă control sunt:

- să ofere operatorului o cantitate optimă de informații pentru o exploatare eficientă a instalațiilor din stație;
- să se autodiagnosticeze și să ofere informații despre comportarea sistemului de comandă control;
- să asigure comanda echipamentelor primare și secundare din stație;
- să asigure interfața cu nivelele superioare de conducere în scopul telecomandării stației;
- să permită parametrizarea echipamentelor secundare și achiziția de oscilograme pentru analiza evenimentelor apărute.

7.1.1. Ecranul general de supraveghere stația 400 /220/110kV. Rolul ecranului de supraveghere

Ecranul de supraveghere figura 7.1 este ecranul principal și furnizează informațiile de ansamblu, necesare pentru supravegherea în timp real a parametrilor electrici de funcționare al echipamentelor și instalațiilor din stația de transformare precum și de navigare la diferite ferestre de prezentare ale stației electrice unde sunt prezentate informații de detaliu. [4]

132 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

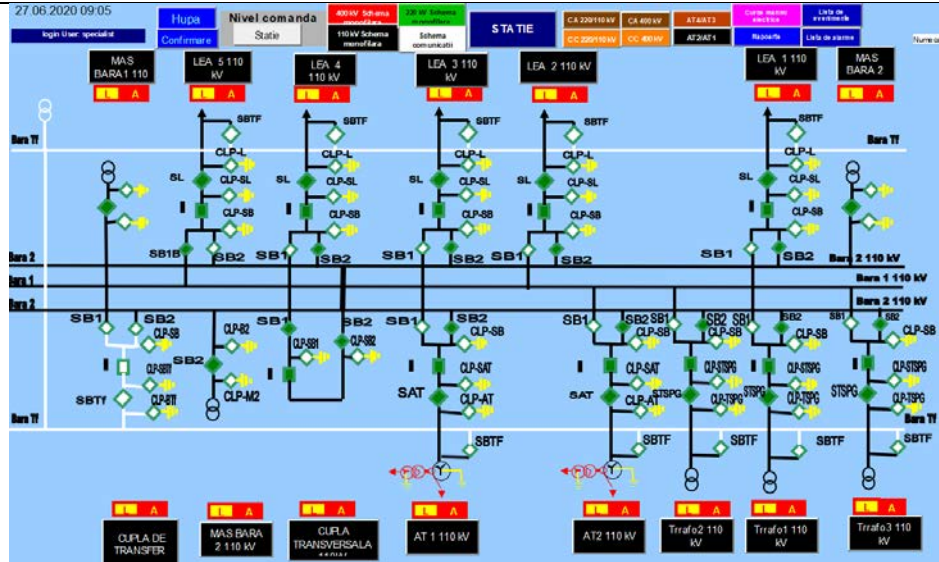


Fig. 7. 1 Ecran principal stația 110 kV

În figura 7. 1 este reprezentat monofilar stația de 110 kV unde sunt reprezentate echipamentele primare.

Cu ajutorul colorării dinamice este afișată poziția acestora precum și butoanele de accesare a fiecărei celule pe fond negru, corespunzător nivelului de tensiune de 110 kV.

Se observă că s-a ales o schemă care conține: un sistem dublu de bare, o bară de transfer, 5 celule de linie, 2 celule de autotransformator, o cuplă transfer, o cuplă transversală și 3 celule de transformator.

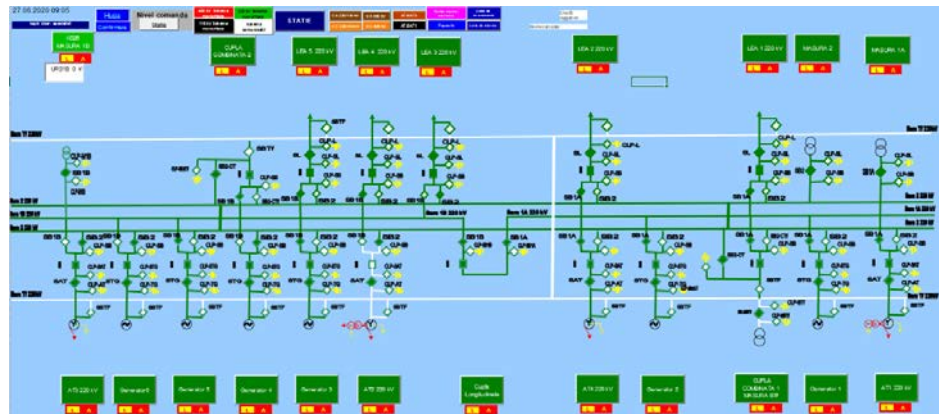


Fig. 7. 2 Ecran principal stația 220 kV

În figura 7.2 este reprezentat monofilar stația de 220 kV unde sunt reprezentate echipamentele primare.

Cu ajutorul colorării dinamice este afișată poziția acestora precum și butoanele de accesare a fiecărei celule pe fond verde corespunzător nivelului de tensiune de 220 kV.

7.1. Prezentare sistem comandă control stație înaltă tensiune 133

Se observă că s-a ales o schemă cu un sistem dublu de bare (una dintre ele respectiv bara B1 este secționată cu o celulă de cuplă longitudinală) și o bară de transfer, 5 celule de linie, 4 celule de autotransformator, 2 cuple combinate, o cuplă longitudinală și 6 celule de generator.

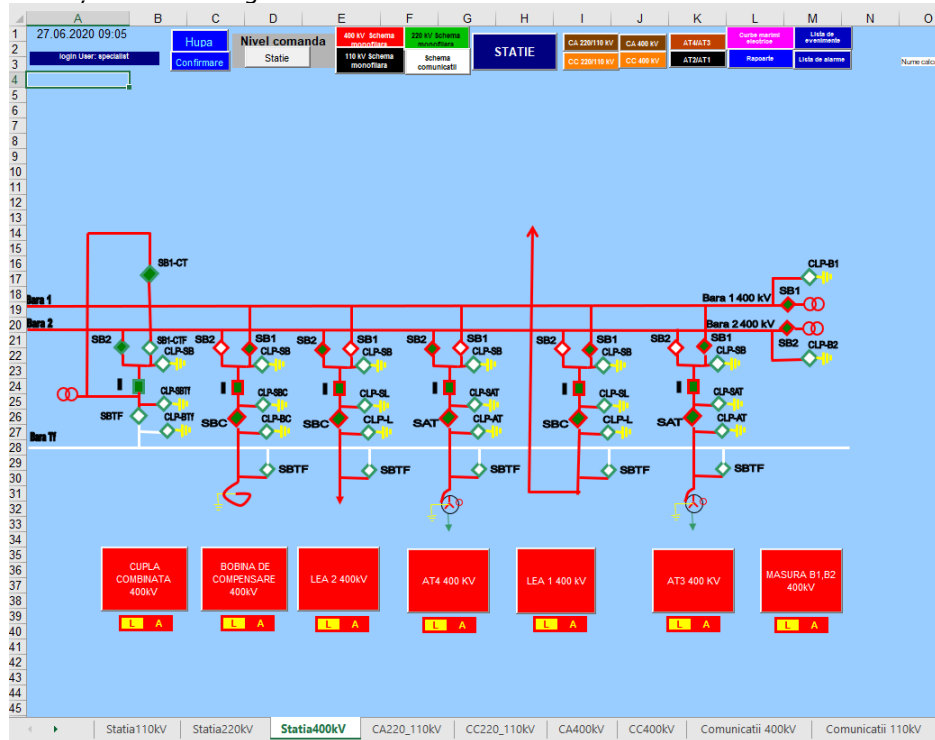


Fig. 7. 3 Ecran principal stația 400 kV

În figura 7.3 este reprezentată monofilar stația de 400 kV, unde sunt reprezentate echipamentele primare.

Cu ajutorul colorării dinamice este afișată poziția acestora precum și butoanele de accesare a fiecărei celule pe fond roșu corespunzător nivelului de tensiune de 400 kV.

Se observă că s-a ales o schemă cu un sistem dublu de bare și o bară de transfer, 2 celule de linie, 2 celule de autotransformator, 1 cuplă combinată.

7.2. Comutarea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control

7.2.1. Ecranul de comandă al unei celule de linie. Funcțiile ecranului de supraveghere

a. Funcția de supraveghere curentă, realizată prin:

- prezentarea în regim de colorare dinamică, a schemei monofilare de funcționare a stației;

134 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- prezentarea parametrilor electrici de funcționare ale echipamentelor și instalațiilor ce compun stația de transformare;
 - b. Funcția de navigare spre informații și ecrane de detaliu, realizată prin:
- accesare ecrane de comandă
- accesare ecrane de supraveghere dedicate pentru unități de transformare
 - c. Funcții operator, realizate prin:
- logare și delogare utilizator;
- transferul telecomenzii între diverse nivele de telecomandă și ilustrarea nivelului la care se află aceasta;
- inserarea de casete indicatoare;

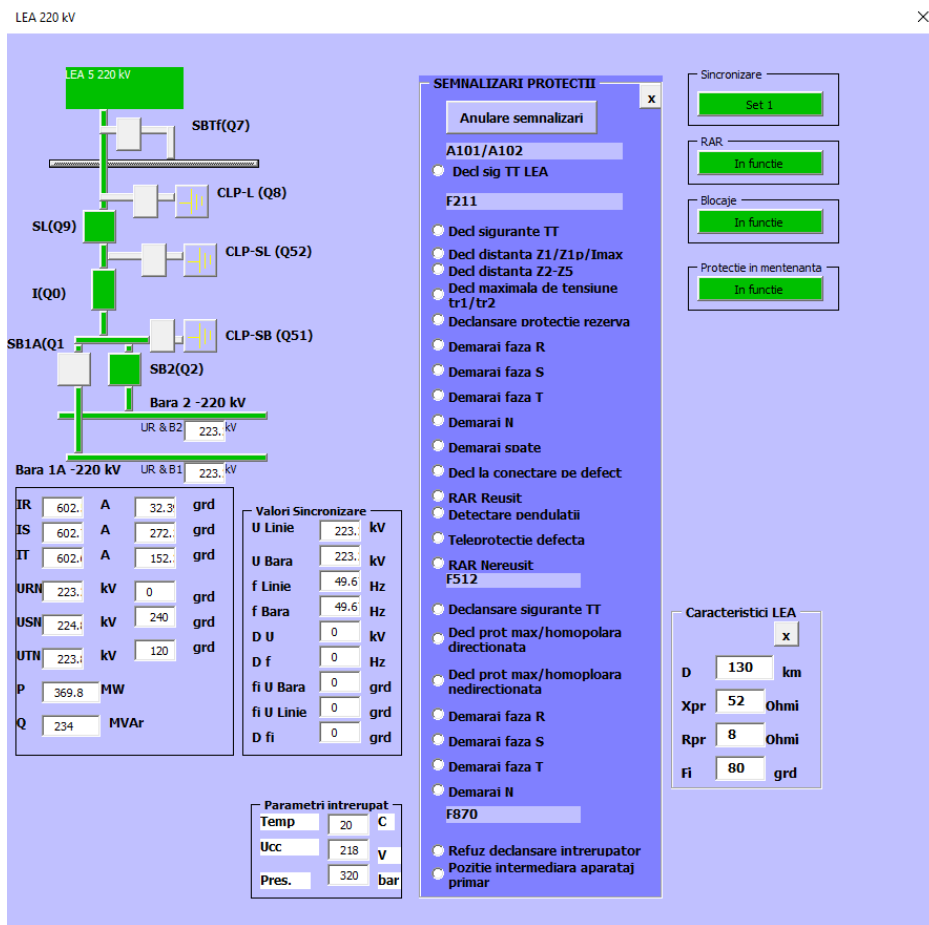


Fig. 7. 4 Ecran de comandă al unei celule de linie

Rolul ecranului:

Ecranul de comandă al unei celule de linie, Figura 7.4. este utilizat în primul rând pentru manevrarea echipamentelor primare aferente acesteia. De asemenea în acest ecran sunt ilustrate starea echipamentelor, parametrii electrici de funcționare ai lor, starea protecțiilor și automatizărilor.

7.2.2. Funcțiile ecranului de comandă al unei celule de linie

1. Funcția de supraveghere, realizată prin:
 - prezentarea în regim de colorare dinamică, a schemei monofilare de funcționare a celulei;
 - semnalizarea vizuală a problemelor ce apar în cadrul celulei.
2. Funcția de comandă:
 - oferă posibilitatea realizării comenzilor echipamentului primar, activarea sau dezactivarea anumitor automatizări.

7.2.3. Informații furnizate

1. Parametrii electrici de funcționare ai celulei de LEA: [4]
- a. Parametrii electrici, în timp real, prezentați pentru fiecare bară colectoare/de transfer:
 - tensiune de linie (kV);
 - frecvența (Hz).
- b. Parametrii electrici, în timp real, pentru celula de linie:
 - tensiunile de fază și de linie pentru fiecare fază (kV);
 - intensitatea curentului pe fiecare fază (A);
 - puterea activă (MW) și sensul de vehiculare al acesteia (↑ sau ↓);
 - puterea reactivă (MVar) și sensul de vehiculare al acesteia (↑ sau ↓);
 - frecvența (Hz).
2. Alarmer și alte informații furnizate prin intermediul acestui ecran:
 - informații cu privire la starea automatizărilor și protecțiilor celulei;
 - alarmer provenite de la protecțiile celulei;

7.3. Deschiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control

Schema monofilară a celulei va fi reprezentată în jumătatea din stânga a ecranului. Schema monofilară va reprezenta celula de linie fig. 7.4, utilizând simbolurile și colorarea dinamică.

Fiecare bară colectoare/bară de transfer are inscripționat în partea stângă numele și nivelul de tensiune al acesteia. De asemenea vor fi afișate informațiile provenite de la fiecare bară (tensiunea de linie și frecvența) prin intermediul unei etichete dinamice.

În partea de jos a celulei va fi afișată o etichetă dinamică ce conține informații, cu privire la nivelul curentilor pe fiecare fază, tensiunile de linie și de fază, frecvența, valoarea și sensul puterii active și reactive).

Acest ecran va avea butoane pentru activarea/dezactivarea anumitor automatizări. De asemenea este prezent un buton – etichetă denumit „Semnalizări protecții” ce va permite deschiderea unei alte ferestre sub acest buton, în care sunt afișate, prin intermediul LED-urilor de avertizare, semnalele provenite de la protecții. Aceste semnalizări vor fi grupate în funcție de terminalul numeric care le generează.

Butoanele aferente acestei ferestre și funcțiile acestora sunt următoarele:

136 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- butonul – etichetă, fără confirmare, „Anulare semnalizări”, va determina stingerea LED – urilor de semnalizare în cazul în care semnalul ce a determinat aprinderea acestora a dispărut;
- butonul – etichetă, fără confirmare, „X” permite închiderea acestei ferestre.

Vor fi prezente etichete dinamice pentru semnalizarea stării fiecărei grupe de protecții și a unității locale de protecție diferențială de bare.

Lungimea liniei va fi afișată într-o fereastră (fig. 7.6) ce se va deschide în momentul apăsării butonului – etichetă „Activ” de pe eticheta statică „Caracteristici LEA”. Butonul „Anulare” aferent ferestrei va determina închiderea acesteia. Această fereastră va conține informații cu privire la lungimea liniei în Km, valorile primare ale impedanței, reactanței și rezistenței. În partea de sus a ecranului este inscripționat nivelul de tensiune la care se află celula, tipul și numele celulei.

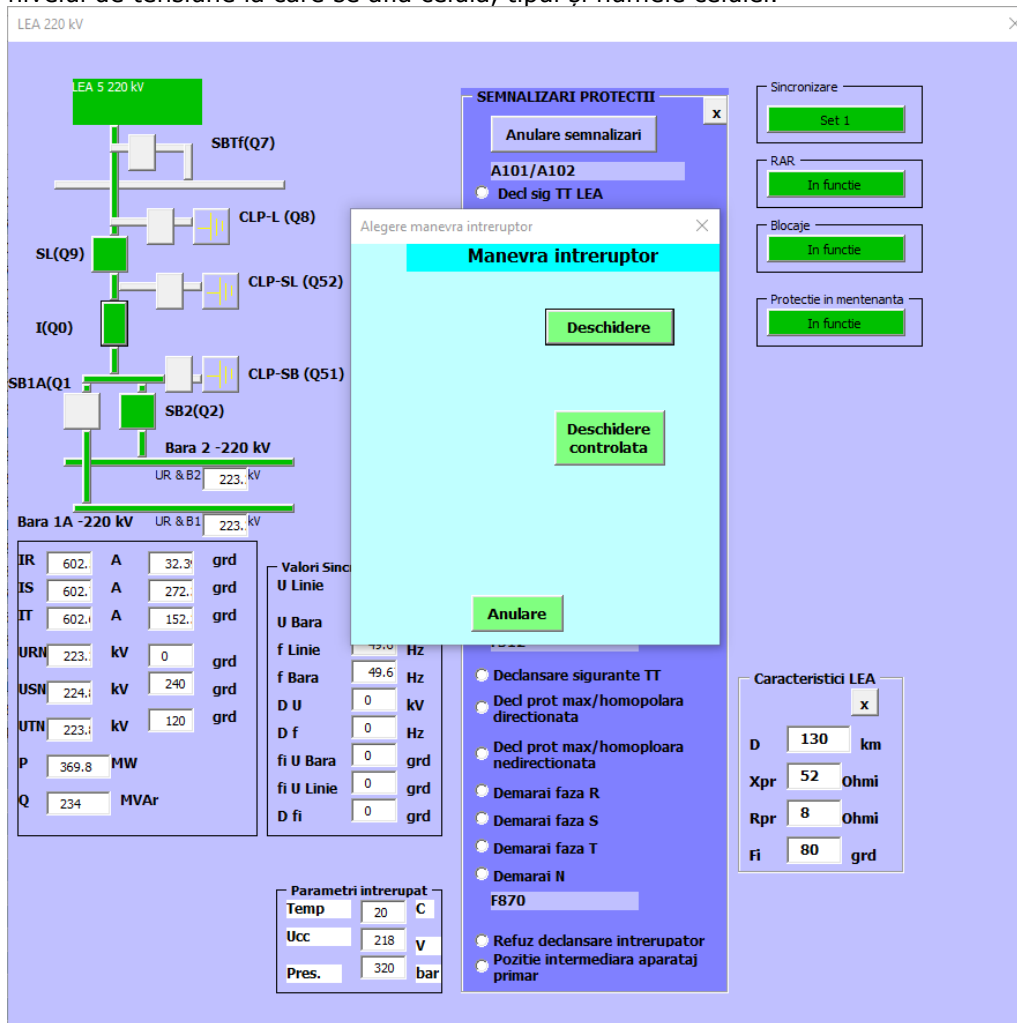


Fig. 7. 5. Ecran fereastră deschidere intreruptor

La selectarea întreruptorului, dacă acesta este închis, se va deschide o fereastră fig.7.5 ce va conține următoarele elemente:

7.3. Deschiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control ¹³⁷

- o etichetă statică inscripționată „Manevră întreruptor”;
- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Anulare”, ce permite închiderea ferestrei;
- două butoane – etichetă, cu confirmare, („Deschidere”, „Deschidere controlata”) ce permit realizarea deschiderii întreruptorului. Pentru alegerea butonului de „Deschidere” acesta va avea ca efect deschiderea întreruptorului fără nici un control.

Dacă se alege butonul „Deschidere controlata” atunci se va deschide o altă fereastră fig.7.6., care este opțiunea pentru controlul timpului de deschidere al întreruptorului.

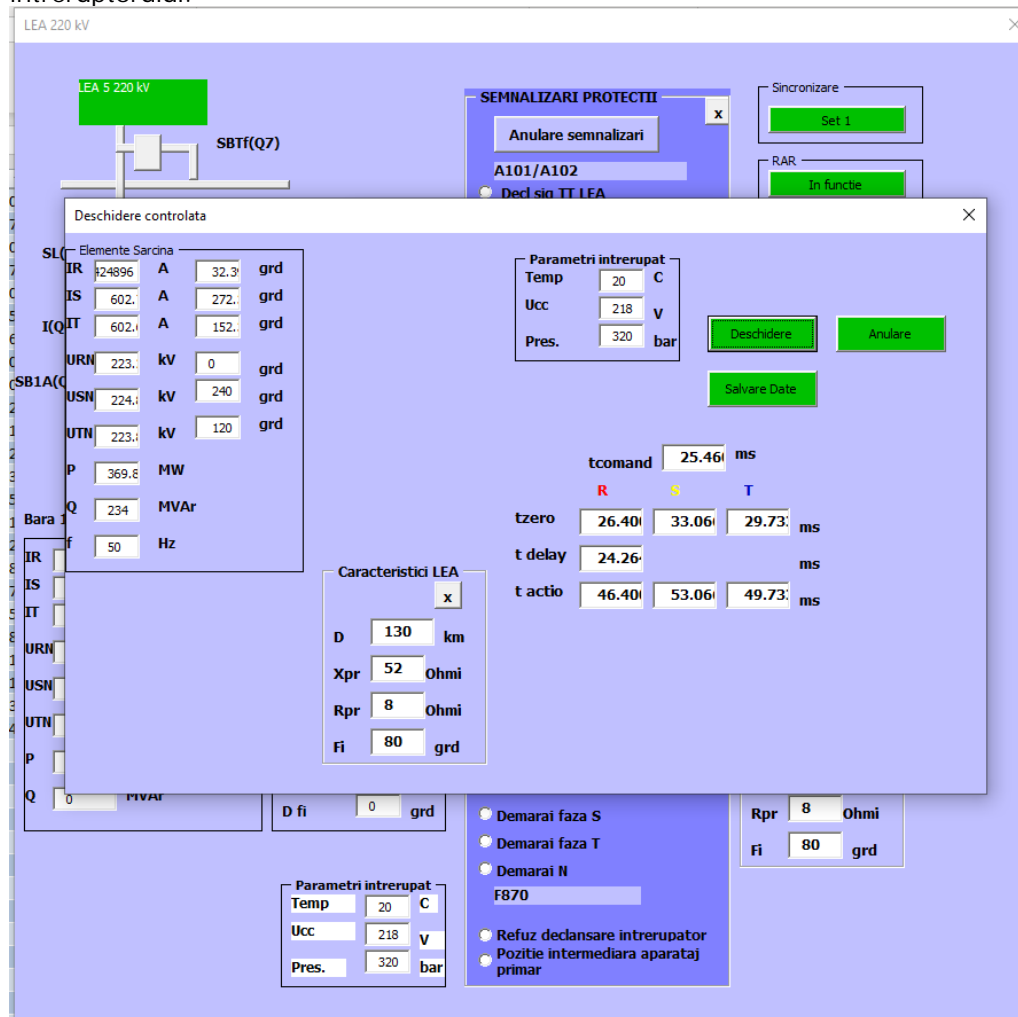


Fig. 7. 6. Ecran deschidere controlată întrerupător

La selectarea „Deschidere controlata” se va deschide o fereastră fig.7.6 ce va conține următoarele elemente:

- o etichetă statică inscripționată „Deschidere controlata”;

138 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Anulare” ce permite închiderea ferestrei;
- două butoane – etichetă, cu confirmare, („Deschidere”, „Salvare Date”) ce permit realizarea deschiderii întreruptorului și salvarea datelor din momentul deschiderii controlate.

Pentru a calcula timpul de deschidere controlată a întreruptorului va trebui să citim din sistemul de comandă control următoarele mărimi:

Elemente sarcină:

- IR- este valoarea efectivă a curentului pe faza R în A;
- IS- este valoarea efectivă a curentului pe faza S în A;
- IT- este valoarea efectivă a curentului pe faza T în A;
- Defazajul ϕ IR curentului pe faza R;
- Defazajul ϕ IS curentului pe faza S;
- Defazajul ϕ IT curentului pe faza T;
- URN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza R față de nul;
- USN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza S față de nul;
- UTN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza T față de nul;
- Defazajul ϕ URN tensiunii pe faza R;
- Defazajul ϕ USN tensiunii pe faza S;
- Defazajul ϕ UTN tensiunii pe faza T;
- Puterea activă P în MW;
- Puterea reactivă Q în MVar.

Parametrii întreruptor:

- Temperatura $^{\circ}\text{C}$;
- Tensiunea de serviciu curent continuu care alimentează bobina de anclanșare/declanșare întreruptor;
- Presiunea agentului mecanismului de acționare întreruptor.

Caracteristici LEA

- D lungimea liniei în km;
- Xpr reactanța liniei în Ω ;
- Rpr rezistența liniei în Ω ;
- Unghiul liniei Fi în $^{\circ}$

Pentru simulare am introdus aceste mărimi și programul generează aleator un timp de comandă pentru calculul timpului de acționare bobină de deschidere.

Se va calcula momentul trecerii prin zero a caracteristicii curentului pentru fiecare fază, care este apoi afișată în căsuța tzero R, S, T în milisecunde.

Se calculează timpul de întârziere propriu întrerupătorului pentru fiecare fază tdelay, afișându-se numai pentru faza R.

Programul calculează momentul de timp pentru acționare bobină deschidere întreruptor, respectiv t acționare care este afișat pentru fiecare fază în milisecunde.

Pentru efectuarea acestei operații se va selecta butonul „Deschidere”, iar pentru salvarea mărimilor necesare deschiderii se va apela butonul „Salvare Date”.

Cele trei tensiuni formează sistemul trifazat de tensiuni (7.1):

$$\begin{aligned}u_R &= \sqrt{2}U_R \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi U_R) \\u_S &= \sqrt{2}U_S \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi U_S) \\u_T &= \sqrt{2}U_T \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi U_T)\end{aligned}\tag{7.1}$$

7.3. Deschiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control ¹³⁹

Curenții din laturile circuitului formează sistemul trifazat de curenți (7.2):

$$\begin{aligned} i_R &= \sqrt{2}I_R \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi U_R + \varphi I_R) \\ i_S &= \sqrt{2}I_S \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi U_S + \varphi I_S) \\ i_T &= \sqrt{2}I_T \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi U_T + \varphi I_T) \end{aligned} \quad (7.2)$$

Pentru calculul unghiului de defazaj, dintre tensiune și curent, am folosit formula (7.3):

$$\begin{aligned} P &= U \cdot I \cdot \cos\varphi \\ Q &= U \cdot I \cdot \sin\varphi \\ S^2 &= P^2 + Q^2 \\ \varphi &= \arctg\left(\frac{Q}{P}\right) \end{aligned} \quad (7.3)$$

La selectarea butonului „Deschidere” se apelează în limbajul Visual Basic, folosind următoarea subrutină:

```
Private Sub CommandDeschid_Click()
calcul_timp_deconectare
If D06_LEA.Q0E18.BackColor = &HC000& Then
D06_LEA.Q0E18.BackColor = &H8000000F
D06_LEA.I_SL.BackColor = &H8000000F
D06_LEA.SL_LEA.BackColor = &H8000000F
D06_LEA.I1.text = 0
D06_LEA.I2.text = 0
D06_LEA.I3.text = 0
D06_LEA.fi1.text = 0
D06_LEA.fi2.text = 0
D06_LEA.fi3.text = 0
D06_LEA.P_LEA.text = 0
D06_LEA.Q_LEA.text = 0
D06_LEA.U1.text = 0
D06_LEA.U2.text = 0
D06_LEA.U3.text = 0
D06_LEA.ul.text = 0
D06_LEA.fl.text = 0
D06_LEA.fu1.text = 0
D06_LEA.fu2.text = 0
D06_LEA.fu3.text = 0
End If
End Sub
```

Pentru calculul timpului de deconectare s-a apelat o nouă subrutină, după cum urmează:

140 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

```
Sub calcul_timp_deconectare()  
Dim jj As Single  
Dim fi11 As Single  
Dim fb As Single  
Dim tcom As Single  
Dim temp As Single  
Dim ucc As Single  
Dim Pres As Single  
fb = Val(FDeschidControl.fb.Value)  
' citire frecventa linie egala cu cea de bara la deschidere I  
fi11 = Val(FDeschidControl.fi1.Value)  
' citire UNGHI DEFAZAJ curent I1 fazaR etalon masura  
Pi = 3.14159265358979  
FDeschidControl.Tcc.text = Str(100 * Rnd(100))  
tcom = Val(FDeschidControl.Tcc.Value)  
temp = Val(FDeschidControl.Temperatura.Value)  
ucc = Val(FDeschidControl.ucc.Value)  
Pres = Val(FDeschidControl.Pres.Value)  
s = 1  
jj = tzero(s, fi11, fb)  
If tcom > jj Then  
    For s = 2 To 10  
        jj = tzero(s, fi11, fb)  
        If tcom < jj Then  
            Exit For  
        End If  
    Next s  
End If  
semiper = 1000 / (fb * 6)  
' calcul semiperioada  
FDeschidControl.TextBoxTzero.text = Str(jj)  
TzeroR = jj  
TzeroS = TzeroR + 2 * semiper  
TzeroT = TzeroR + semiper  
FDeschidControl.TextBoxTzeroS.text = Str(TzeroS)  
FDeschidControl.TextBoxTzeroT.text = Str(TzeroT)  
' calcul coeficient intarziere temperatura  
tic = tintarD(temp)  
' calcul coeficient intarziere tensiune actionare cc  
tiu = tintarU(ucc)  
'calcul coeficient de intarziere functie de presiunea uleiului dispozitivului de actionare  
tip = tintarP(Pres)  
tintarz = tic + tiu + tip  
FDeschidControl.textDelay.text = Str(tintarz)  
'calcul semiperioada  
sem = 1000 / fb / 2  
' calcul nr semiperioade  
nr_semiperioade = Int(tintarz / sem)  
'timp comanda inchidere intreruptor  
tcomI = jj + sem * nr_semiperioade  
FDeschidControl.Taction.text = Str(tcomI)
```

7.3. Deschiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control ¹⁴¹

```
tcomIR = tcomI  
tcomIS = tcomIR + 2 * semiper  
tcomIT = tcomIR + semiper  
FDeschidControl.TextBoxTactionS.text = Str(tcomIS)  
FDeschidControl.TextBoxTactionT.text = Str(tcomIT)
```

```
End Sub
```

În acest program s-au folosit și următoarele funcții pentru calcul coeficienților de întârziere și timpului de trecere prin zero.

Pentru calculul timpului de trecere prin zero am folosit soluția ecuației trigonometrice (7.2.), astfel ca date de intrare avem:

- n - numărul de treceri prin zero a curentului
- Df - defazajul curentului în grd.
- f - frecvența

```
Function tzero(n, df, f)  
  Pi = 3.14159265358979  
  tzero = (Pi * n - df * 2 * Pi / 180) / (2 * Pi * f / 1000)  
End Function
```

Pentru calculul timpului de întârziere în funcție de temperatură am folosit o caracteristică de ordinul 2, care s-a determinat prin teste în capitolele anterioare.

```
Function tintarzD(temp)  
  tintarzD = 0.0026 * temp * temp - 0.0829 * temp + 21.482  
End Function
```

Pentru calcul timpului de întârziere în funcție de tensiunea de curent continuu, ce alimentează bobina de închidere întrerupător, am folosit o caracteristică liniară care s-a determinat prin teste în capitolele anterioare.

```
Function tintarzU(ucc)  
  tintarzU = -0.2 * ucc + 44  
End Function
```

Pentru calcul timpului de întârziere în funcție de presiunea uleiului din dispozitivul de acționare al întrerupătorului, am folosit o caracteristică liniară care s-a determinat prin teste în capitolele anterioare.

```
Function tintarzP(Pu)  
  tintarzP = -0.3 * Pu + 99  
End Function
```

Concluzii:

În urma simulărilor se pot formula următoarele avantaje concluzii referitoare la deschiderea controlată a unui întrerupător de linie:

- permite obținerea unei caracteristici curent și tensiune a cărei formă este echivalentă cu cea regăsită în practică;

142 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- permite citirea mărimilor necesare procesului din sistemul de comandă control prin intermediul Tag-uri interne, aceste valori sunt afișate în fereastra de lucru;
- permite modificarea mărimilor necesare procesului de simulare prin introducerea acestora manual;
- se determină cu o precizie ridicată momentul de trecere prin zero a curentului folosind unghiul de defazaj al curentului pe fiecare fază, se presupune că sistemul în condiții normale este trifazat echilibrat;
- permite calculul momentului de deschidere cu o precizie ridicată folosind algoritmi de calcul;
- permite afișarea poziției întrerupătorului cu ajutorul colorării dinamice;
- urmărește formele de undă ale curentului și tensiunii, obținute de la instalația reală;
- factorul de întârziere este calculat cu ajutorul testelor realizate;
- poate fi folosit în sinteza structurilor de conducere.

7.4. Închiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control

Schema monofilară a celulei va fi reprezentată în jumătatea din stânga a ecranului. Schema monofilară va reprezenta celula de linie fig. 7.7.

Utilizând simbolurile și colorarea dinamică se observă culoarea butonului întreruptor care este gri precum și racordul spre linie.

Fiecare bară colectoare/bară de transfer are inscripționat în partea stângă numele și nivelul de tensiune al acesteia. De asemenea vor fi afișate informațiile provenite de la fiecare bară (tensiunea de linie și frecvența) prin intermediul unei etichete dinamice.

În partea de jos a celulei va fi afișată o etichetă dinamică ce conține informații, cu privire la nivelul curenților de pe fiecare fază (tensiunile de linie și de fază, frecvența, valoarea și sensul puterii active și reactive).

Acest ecran va avea butoane pentru activarea/dezactivarea anumitor automatizări. De asemenea este prezent un buton – etichetă denumit „Semnalizări protecții” ce va permite deschiderea unei alte ferestre, sub acest buton, în care sunt afișate, prin intermediul LED-urilor de avertizare, semnalele provenite de la protecții. Aceste semnalizări vor fi grupate în funcție de terminalul numeric care le generează.

Butoanele aferente acestei ferestre și funcțiile acestora sunt următoarele:

- butonul – etichetă, fără confirmare, „Anulare semnalizări”, va determina stingerea LED – urilor de semnalizare în cazul în care semnalul ce a determinat aprinderea acestora a dispărut;
- butonul – etichetă, fără confirmare, „X” permite închiderea acestei ferestre.

Vor fi prezente etichete dinamice pentru semnalizarea stării fiecărei grupe de protecții și a unității locale de protecție diferențială de bare.

Lungimea liniei D va fi afișată într-o fereastră (fig. 7.7.) ce se va deschide în momentul apăsării butonului – etichetă „Activ” de pe eticheta statică „Caracteristici LEA”. Butonul „Anulare” aferent ferestrei va determina închiderea acesteia. Această fereastră va conține informații cu privire la lungimea liniei în Km, valorile primare ale reactanței X_{pr} și rezistenței R_{pr} . În partea de sus a ecranului este inscripționat nivelul de tensiune la care se află celula, tipul și numele celulei.

7.4. Închiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control 143

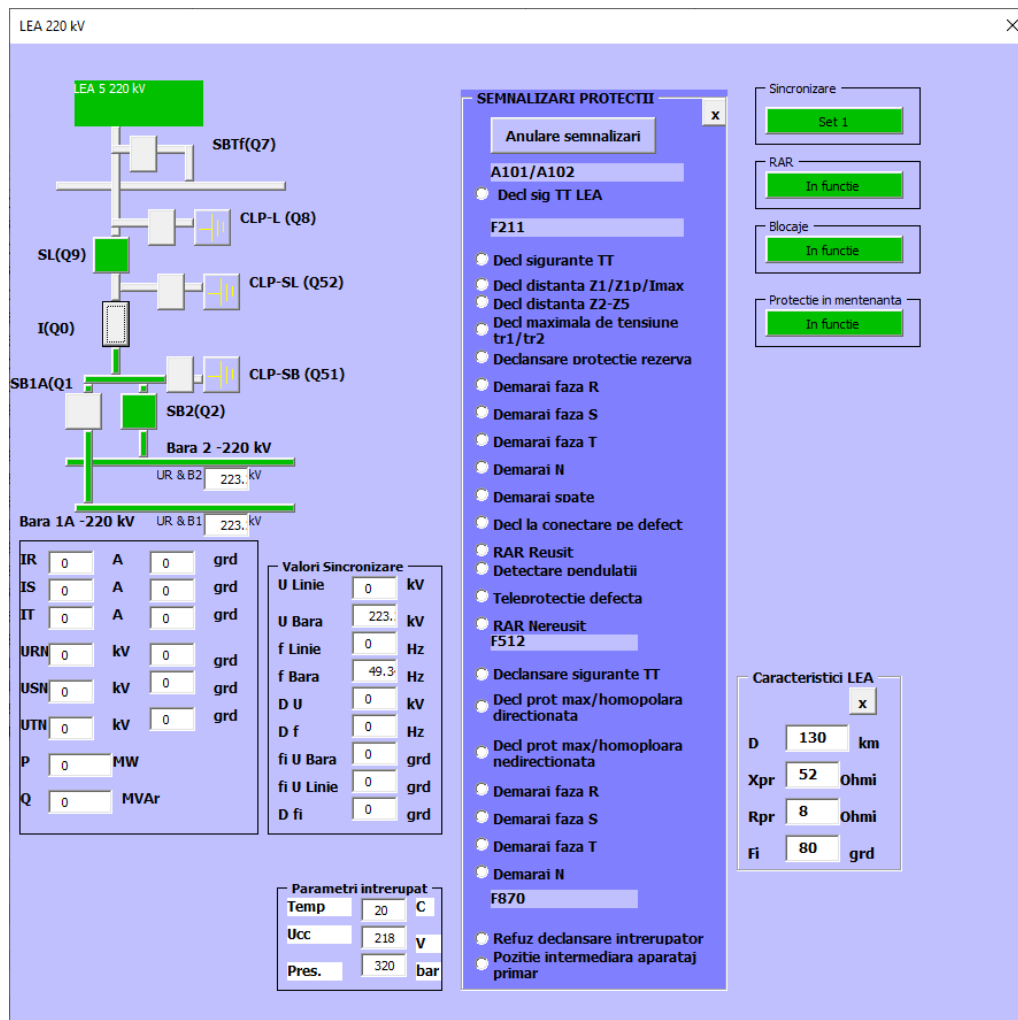


Fig. 7. 7 Ecran comandă celulă întreruptor deschis

La selectarea întreruptorului dacă acesta este deschis, va apărea o fereastră fig.7.8 ce va conține următoarele elemente:

- o etichetă statică inscripționată „Manevră întreruptor”;
- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Anulare”, ce permite închiderea ferestrei.
- trei butoane– etichetă, cu confirmare, („Închidere cu sincronizare”, „Închidere fără sincronizare”, „Închidere controlată”) ce permit realizarea închiderii întreruptorului. Pentru alegerea butonului de „Închidere fără sincronizare” acesta va avea ca efect închiderea întreruptorului fără nici un control.

Pentru alegerea butonului de „Închidere cu sincronizare”, acesta va avea ca efect închiderea întreruptorului cu verificarea condițiilor de sincronism.

144 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

Dacă se alege butonul „Închiderea controlată” se va deschide o altă fereastră fig.7.9., care este opțiunea pentru controlul timpului de închidere al întreruptorului.

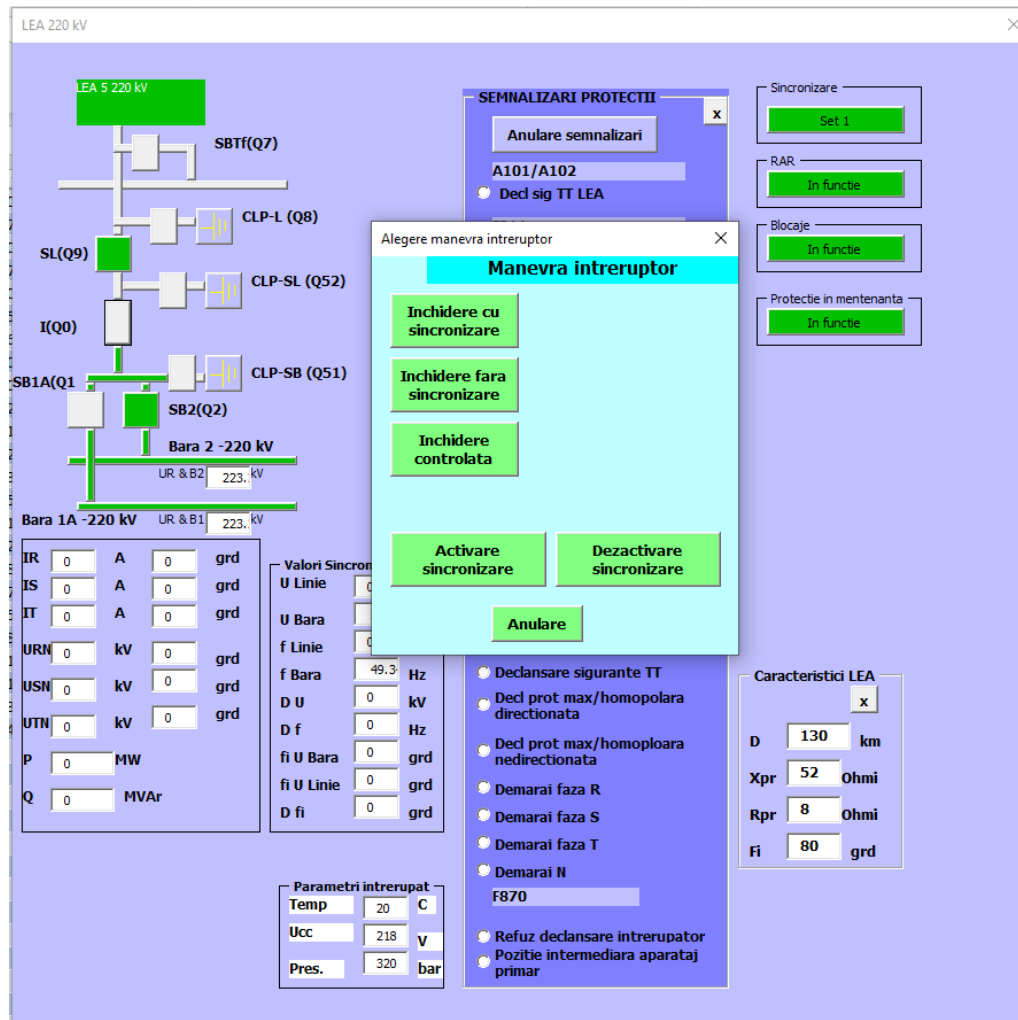


Fig. 7. 8 Ecran inchidere intreruptor

7.4. Închiderea controlată a unui întrerupător de linie cu sistemul comandă control 145

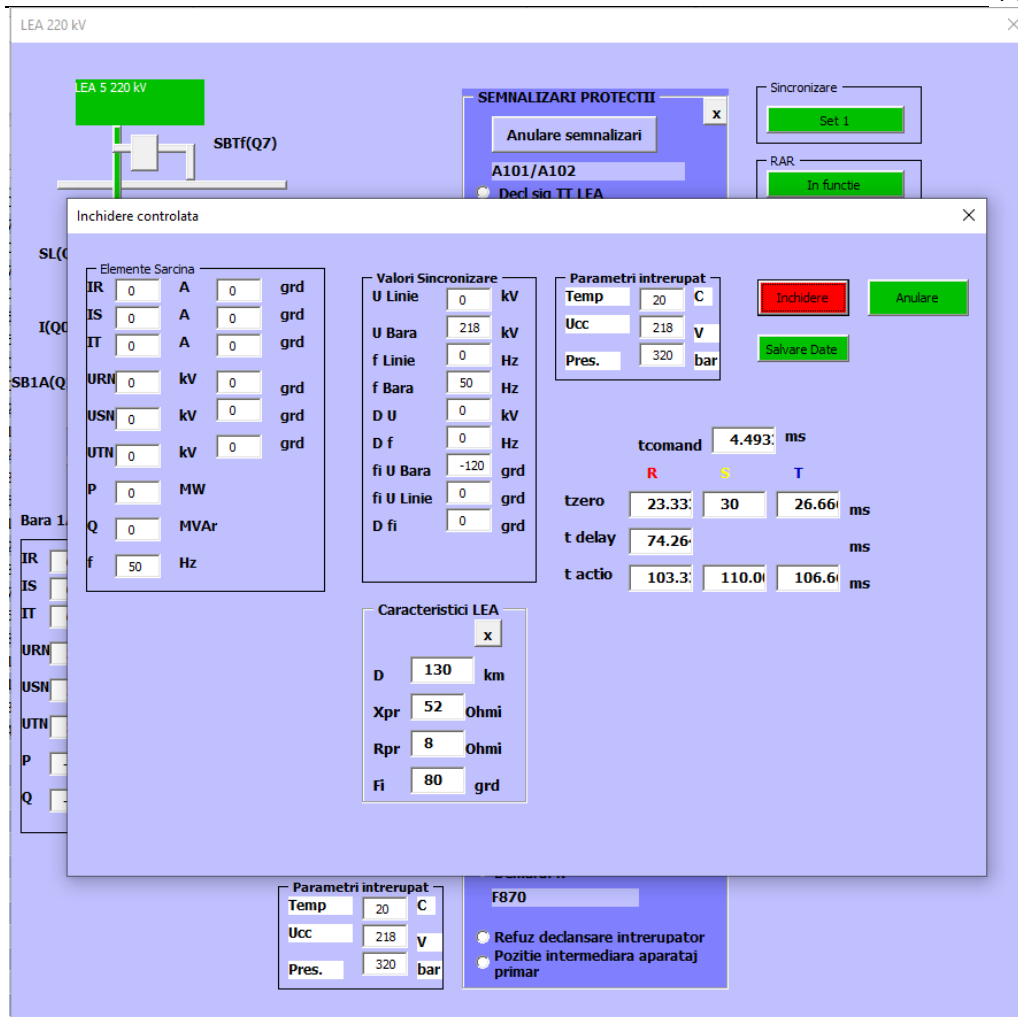


Fig. 7. 9 Ecran închidere controlată întrerupător

La selectarea „Închidere controlata” se va deschide o fereastră fig.7.9 ce va conține următoarele elemente:

- o etichetă statică inscripționată „Închidere controlata”;
- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Anulare”, ce permite închiderea ferestrei;
- două butoane – etichetă, cu confirmare, („Închidere”, „Salvare Date”) ce permit realizarea închiderii întrerupătorului și salvarea datelor din momentul închiderii controlate.

Pentru a calcula timpul de deschidere controlată a întrerupătorului va trebui să citim din sistemul de comandă control următoarele mărimi:

Elemente sarcină:

- IR- este valoarea efectivă a curentului pe faza R în A;
- IS- este valoarea efectivă a curentului pe faza S în A;
- IT- este valoarea efectivă a curentului pe faza S în A;

146 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- Defazajul ϕ IR curentului pe faza R;
- Defazajul ϕ IS curentului pe faza S;
- Defazajul ϕ IT curentului pe faza T;
- URN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza R față de nul;
- USN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza S față de nul;
- UTN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza T față de nul;
- Defazajul ϕ URN tensiuni pe faza R;
- Defazajul ϕ USN tensiuni pe faza S;
- Defazajul ϕ UTN tensiuni pe faza T;
- Puterea activă P în MW;
- Puterea reactivă Q în MVar

Valori sincronizare:

- U linie- este valoarea efectivă a tensiunii de linie pe faza R față de nul în kV;
- U bare- este valoarea efectivă a tensiunii de bară pe faza R față de nul în kV;
- f linie- este valoarea frecvenței pe linie în Hz;
- f bare- este valoarea frecvenței pe bare în Hz;
- Fiu linie defazajul ϕ U linie tensiune pe faza R;
- Fiu bare defazajul ϕ U bare tensiune pe faza R

Parametrii întreruptor:

- Temperatura $^{\circ}\text{C}$;
- Tensiunea de serviciu curent continuu care alimentează bobina de anclanșare/declanșare întreruptor;
- Presiunea agentului mecanismului de acționare întreruptor.

Caracteristici LEA

- D lungimea liniei în km;
- Xpr reactanța liniei în Ω ;
- Rpr rezistența liniei în Ω ;
- Unghiul liniei Fi în $^{\circ}$

Pentru simulare am introdus aceste mărimi și programul generează aleator un timp de comandă pentru calculul timpului de acționare bobină de închidere. Se va calcula momentul trecerii prin zero a caracteristicii tensiunii de bare pentru fiecare fază care este apoi afișată în căsuța tzero R, S, T în milisecunde. Se calculează timpul de întârziere propriu întrerupătorului pentru fiecare fază tdelay afișându-se numai pentru faza R.

Programul calculează momentul de timp pentru acționare bobină închidere întreruptor, respectiv t acționare, care este afișat pentru fiecare fază în milisecunde. Pentru efectuarea acestei operații se va selecta butonul „Închidere” iar pentru salvarea mărimilor necesare deschiderii se va apela butonul „Salvare Date”.

La selectarea buton „Închidere” se apelează în limbajul Visual Basic următoarea subrutină:

```
Private Sub CommandInchid_Click()  
calcul_timp_conectare_capacitiv  
Pi = 3.14159265358979  
If D06_LEA.Q0E18.BackColor = &H8000000F Then  
    D06_LEA.Q0E18.BackColor = &HC000&  
    D06_LEA.I_SL.BackColor = &HC000&  
    D06_LEA.SL_LEA.BackColor = &HC000&  
    D06_LEA.U1.text = D06_LEA.U1B1.text  
    D06_LEA.fu1.text = D06_LEA.fiUb.text  
    D06_LEA.I1.text = Str(Sheet1.Range("h12").Value + 10 * Rnd(10))
```

7.4. Închiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control 147

```

D06_LEA.I2.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
D06_LEA.I3.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
D06_LEA.fi1.text = D06_LEA.TextFilea.text
D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 2 * 120)

If Val(D06_LEA.fi2.text) > 360 Then
    D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi2.text) - 360)
End If
D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 120)
If Val(D06_LEA.fi3.text) > 360 Then
    D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi3.text) - 360)
End If
D06_LEA.P_LEA.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) * Val(D06_LEA.I1.text) *
Cos(Val(D06_LEA.fi1.text)) * Pi / 180)
D06_LEA.Q_LEA.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) * Val(D06_LEA.I1.text) *
Sin(Val(D06_LEA.fi1.text)) * Pi / 180)

'intrerupatorul este inchis adica este colorat in verde
D06_LEA.I1.text = Str(Sheet1.Range("h12").Value + 10 * Rnd(10))
D06_LEA.I2.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
D06_LEA.I3.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
D06_LEA.fl.text = D06_LEA.fb.text
'tensiunea pe linie
D06_LEA.U1.text = Str(Sheet1.Range("i12").Value + 10 * Rnd(10))
D06_LEA.U1B1.text = D06_LEA.U1.text
D06_LEA.U1B2.text = D06_LEA.U1.text
D06_LEA.U2.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) + 2 * Rnd(10))
D06_LEA.ul.text = D06_LEA.U1.text
D06_LEA.ub.text = D06_LEA.U1.text
D06_LEA.U3.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) + 2 * Rnd(10))
'se calculează defazajul curentului pe LEA in functie de putere q/p
p = Val(D06_LEA.P_LEA.text) + 2 * Rnd(10)
q = Val(D06_LEA.Q_LEA.text) + 2 * Rnd(10)
fi11 = Atn(q / p) * 180 / Pi
'D06_LEA.fi1.text = D06_LEA.TextFilea.text
D06_LEA.fi1.text = Str(fi11)
D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 2 * 120)
If Val(D06_LEA.fi2.text) > 360 Then
    D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi2.text) - 360)
End If
D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 120)
If Val(D06_LEA.fi3.text) > 360 Then
    D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi3.text) - 360)
End If
'D06_LEA.fi1.text = Str(Val(D06_LEA.fb.text) + Val(D06_LEA.TextFilea.text))
'defazaj U linie
D06_LEA.fiUl.text = D06_LEA.fiUb.text
D06_LEA.fu1.text = D06_LEA.fiUb.text
D06_LEA.fu2.text = Str(Val(D06_LEA.fu1.text) + 2 * 120)
If Val(D06_LEA.fu2.text) > 360 Then

```

148 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

```
D06_LEA.fu2.text = Str(Val(D06_LEA.fu2.text) - 360)
End If
D06_LEA.fu3.text = Str(Val(D06_LEA.fu1.text) + 1 * 120)
If Val(D06_LEA.fu3.text) > 360 Then
D06_LEA.fu3.text = Str(Val(D06_LEA.fu3.text) - 360)
End If

End If

End Sub
```

Pentru calcul timp conectare având în vedere că tipul de sarcină în cazul liniilor electrice aeriene este de tip capacitiv sau rezistiv s-a apelat o nouă subrutină "timp_conectare_capacitiv" după cum urmează:

```
Sub calcul_timp_conectare_capacitiv()
Dim jj As Single
Dim fiUb As Single
Dim fb As Single
Dim tcom As Single
Dim temp As Single
Dim ucc As Single
Dim Pres As Single
FInchideControl.Tcc.text = Str(100 * Rnd(100))
fb = Val(FInchideControl.fb.Value)
fiUb = Val(FInchideControl.fiUb.Value)
Pi = 3.14159265358979
tcom = Val(FInchideControl.Tcc.Value)
temp = Val(FInchideControl.Temperatura.Value)
ucc = Val(FInchideControl.ucc.Value)
Pres = Val(FInchideControl.Pres.Value)
s = 1
jj = tzero(s, fiUb, fb)
If tcom > jj Then
For s = 2 To 10
jj = tzero(s, fiUb, fb)
If tcom < jj Then
Exit For
End If
Next s
End If
semiper = 1000 / (fb * 6)
' calcul semiperioda
FInchideControl.TextBoxTzero.text = Str(jj)
TzeroR = jj
TzeroS = TzeroR + 2 * semiper
TzeroT = TzeroR + semiper
FInchideControl.TextBoxTzeroS.text = Str(TzeroS)
FInchideControl.TextBoxTzeroT.text = Str(TzeroT)
' calcul coeficient intarziere temperatura
tic = tintarzC(temp)
' calcul coeficient intarziere tensiune actionare cc
```

7.4. Închiderea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul comandă control 149

```
tiu = tintarzU(ucc)
'calcul coeficient de intarziere functie de presiunea uleiului dispozitivului de actionare
tip = tintarzP(Pres)
tintarz = tic + tiu + tip
FInchideControl.textDelay.text = Str(tintarz)
'calcul semiperioada
sem = 1000 / fb / 2
' calcul nr semiperioade
nr_semiperioade = Int(tintarz / sem) + 1
'timp comanda inchidere intreruptor sarcina capacitiva sau rezistiva la trecere
tensiune prin zero
tcomI = jj + sem * nr_semiperioade
FInchideControl.Taction.text = Str(tcomI)
tcomIR = tcomI
tcomIS = tcomIR + 2 * semiper
tcomIT = tcomIR + semiper
FInchideControl.TextBoxTactionS.text = Str(tcomIS)
FInchideControl.TextBoxTactionT.text = Str(tcomIT)
End Sub
```

În acest program s-au folosit și următoarele funcții pentru calcul coeficienților de întârziere și timpului de trecere prin zero.

Pentru calculul timpului de trecere prin zero am folosit soluția ecuației trigonometrice (7.1.) astfel ca date de intrare avem: n - numărul de treceri prin zero a tensiunii de bară

df-defazaajul tensiunii de bară in grd.

f-frecvența

Function tzero(n, df, f)

Pi = 3.14159265358979

tzero = (Pi * n - df * 2 * Pi / 180) / (2 * Pi * f / 1000)

End Function

Pentru calcul timpului de întârziere în funcție de temperatură, pentru închidere am folosit o caracteristică de ordinul 2 care s-a determinat prin teste în capitolele anterioare.

Function tintarzC(temp)

tintarzC = 0.0026 * temp * temp - 0.0829 * temp + 71.482

End Function

Pentru calcul timpului de întârziere în funcție de tensiunea de curent continuu ce alimentează bobina de închidere întrerupător, am folosit o caracteristică liniară care s-a determinat prin teste în capitolele anterioare.

Function tintarzU(ucc)

tintarzU = -0.2 * ucc + 44

End Function

Pentru calcul timpului de întârziere în funcție de presiunea uleiului din dispozitivul de acționare al întrerupătorului, am folosit o caracteristică liniară care s-a determinat prin teste în capitolele anterioare.

```
Function tintarzP(Pu)
  tintarzP = -0.3 * Pu + 99
End Function
```

Concluzii:

În urma simulărilor se pot formula următoarele avantaje concluzii referitoare la închiderea controlată a unui întrerupător de linie:

- permite obținerea unei caracteristici curent și tensiune a cărei formă este echivalentă cu cea regăsită în practică;
- permite citirea mărimilor necesare procesului din sistemul de comandă control prin intermediul Tag-uri interne, aceste valori sunt afișate în fereastra de lucru;
- permite modificarea mărimilor necesare procesului de simulare prin introducerea acestora manual;
- fereastra de dialog pentru simulare are grafica și modul de afișare identic cu cel folosit în practică în sistemul de comandă control;
- se determină cu o precizie ridicată momentul de trecere prin zero a tensiunii, folosind unghiul de defazaj al tensiunii pe fiecare fază, se presupune că sistemul în condiții normale este trifazat echilibrat și unghiul de defazaj al tensiunii pe faza R este zero;
- permite calculul momentului de închidere cu o precizie ridicată folosind algoritmi de calcul la trecerea tensiunii de referință prin zero;
- permite afișarea poziției întrerupătorului cu ajutorul colorării dinamice;
- urmărește formele de undă ale curentului și tensiunii, obținute de la instalația reală
- factorul de întârziere este calculat cu ajutorul testelor realizate;
- poate fi folosit în sinteza structurilor de conducere.

7.5. Deschiderea controlată a unui întrerupător de autotransformator cu sistemul comanda control

Schema monofilară a celei va fi reprezentată în jumătatea din stânga a ecranului. Schema monofilară va reprezenta celula de AT fig. 7.10, utilizând simbolurile și colorarea dinamică. [4] [6]

Fiecare bară colectoare/bară de transfer are inscripționat în partea stângă numele și nivelul de tensiune al acesteia. De asemenea vor fi afișate informațiile provenite de la fiecare bară (tensiunea de linie și frecvența) prin intermediul unei etichete dinamice. În partea de jos a celei va fi afișată o etichetă dinamică ce conține informații, cu privire la nivelul curenților pe fiecare fază, tensiunile de linie pe AT, frecvența, valoarea și sensul puterii active și reactive). Acest ecran va avea butoane pentru activarea/dezactivarea anumitor automatizări.

De asemenea este prezent un buton – etichetă denumit „Semnalizări protecții” ce va permite deschiderea unei alte ferestre, sub acest buton, în care sunt afișate, prin intermediul LED-urilor de avertizare, semnalele provenite de la protecții aferente AT. Aceste semnalizări vor fi grupate în funcție de terminalul numeric care le generează.

Butoanele aferente acestei ferestre și funcțiile acestora sunt următoarele:

- butonul – etichetă, fără confirmare, „Anulare semnalizări”, va determina stingerea LED – urilor de semnalizare în cazul în care semnalul ce a determinat aprinderea acestora a dispărut;

7.5. Deschiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul comanda control 151

- butonul – etichetă, fără confirmare, „X” permite închiderea acestei ferestre.

Vor fi prezente etichete dinamice pentru semnalizarea stării fiecărei grupe de protecții și a unității locale de protecție diferențială de bare.

Lungimea racordului va fi afișată într-o fereastră (fig. 7.10) ce se va deschide în momentul apăsării butonului – etichetă „Activ” de pe eticheta statică „Caracteristici LEA”.

Butonul „Anulare” aferent ferestrei va determina închiderea acesteia. Această fereastră va conține informații cu privire la lungimea racordului în Km, valorile primare ale impedanței, reactanței și rezistenței. În partea de sus a ecranului este inscripționat nivelul de tensiune la care se află celula, tipul și numele celulei.

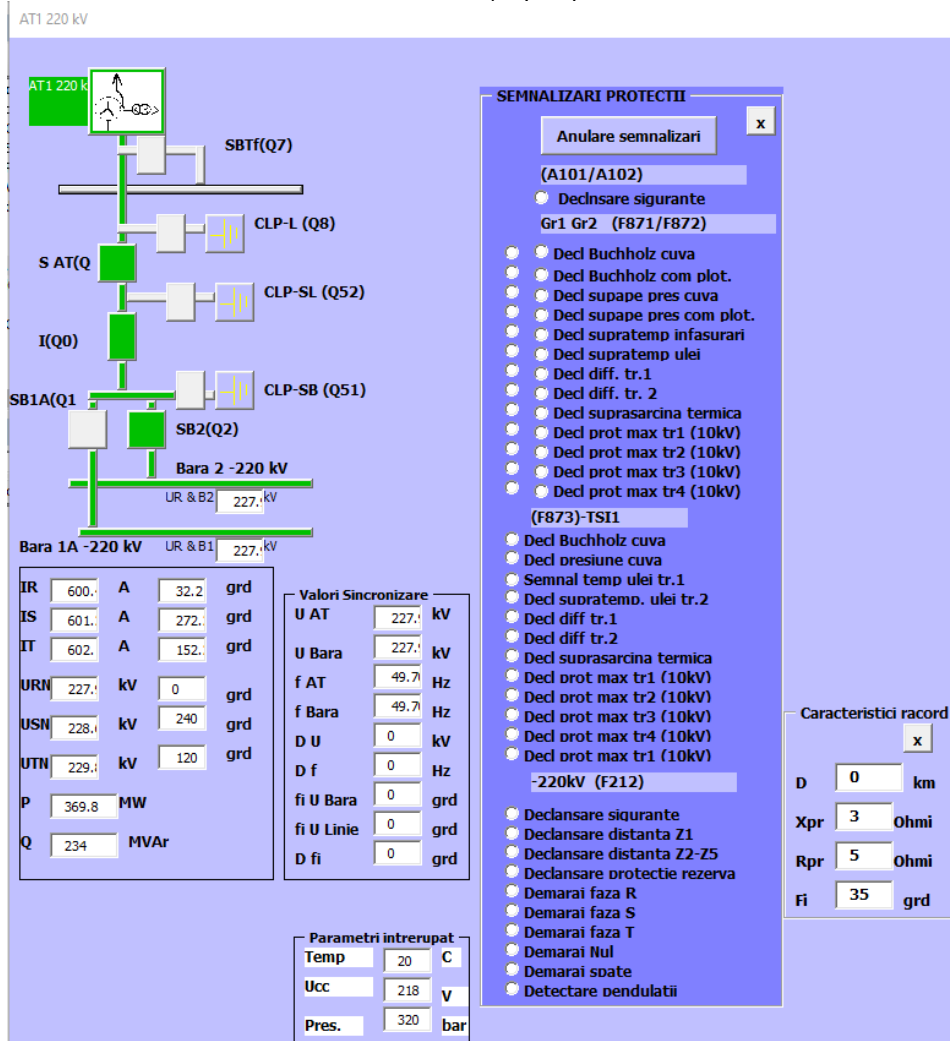


Fig. 7. 10 Ecran comandă celulă autotransformator

152 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

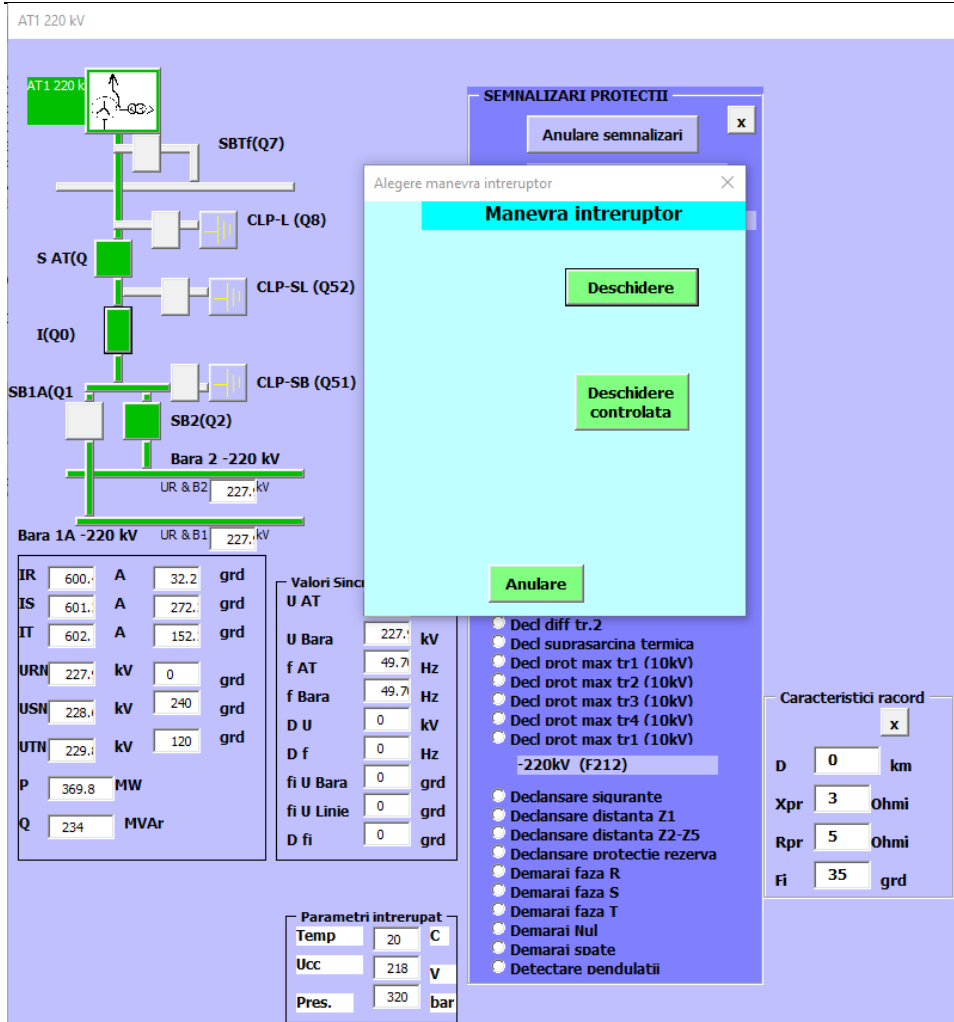


Fig. 7. 11 Ecran deschidere intreruptor AT

La selectarea întreruptorului de AT, dacă acesta este închis se va deschide o fereastră fig.7.11, ce va conține următoarele elemente:

- o etichetă statică inscripționată „Manevră întreruptor“;
- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Anulare” ce permite închiderea ferestrei.
- două butoane – etichetă, cu confirmare, („Deschidere”, „Deschidere controlata”) ce permit realizarea deschiderii întreruptorului.

Pentru alegerea butonului de „Deschidere” acesta va avea ca efect deschiderea întreruptorului fără nici un control.

Dacă se alege butonul „Deschidere controlata” atunci se va deschide o altă fereastră fig.7.12, care este opțiunea pentru controlul timpului de deschidere al întreruptorului de AT.

7.5. Deschiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul comanda control 153

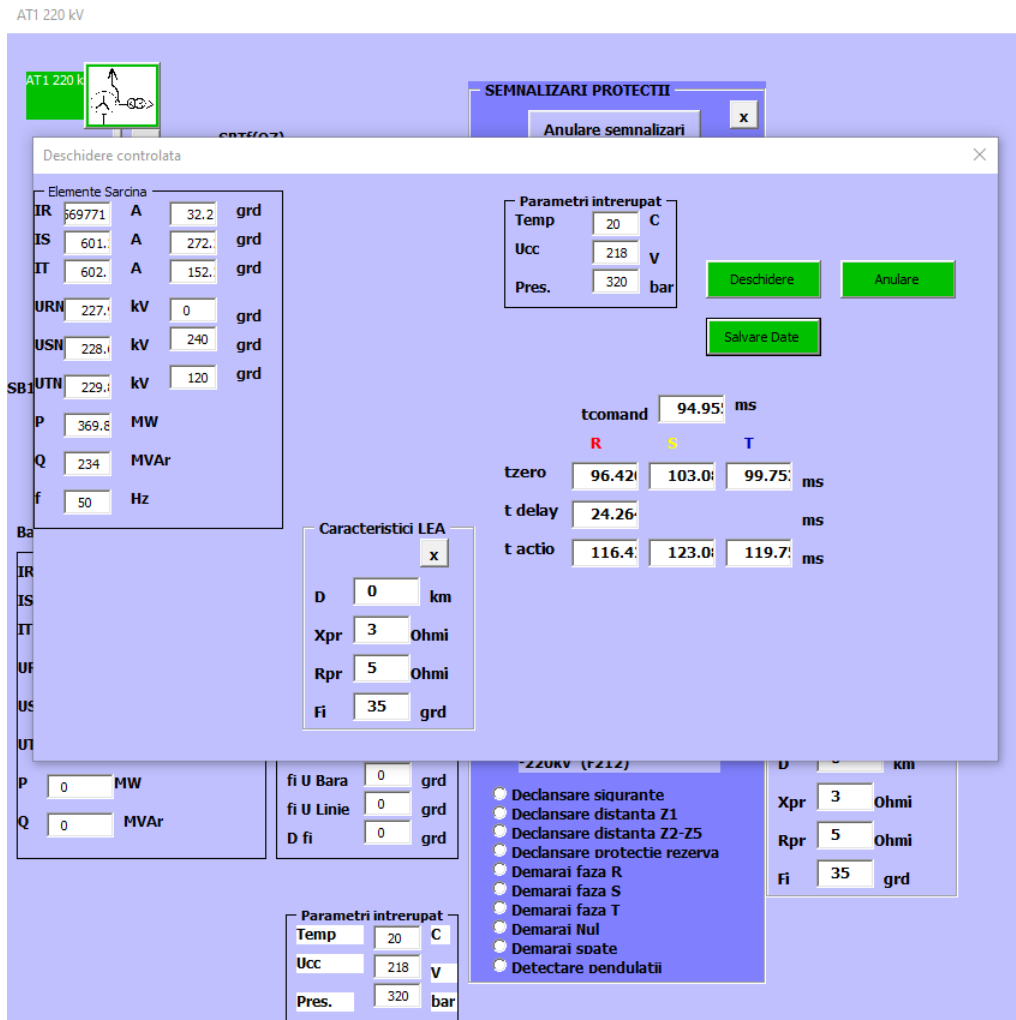


Fig. 7. 12 Ecran deschidere controlată întreruptor AT

La selectarea „Deschidere controlata” se va deschide o fereastră fig.7.12 ce va conține aceleași elemente ce trebuie completate ca și la deschiderea controlată a unui întreruptor la o celulă de linie.

Concluzii:

În urma simulărilor se pot formula următoarele avantaje concluzii referitoare la deschiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator:

- permite obținerea unei caracteristici curent și tensiune a cărei formă este echivalentă cu cea regăsită în practică;
- permite citirea mărimilor necesare procesului din sistemul de comandă control prin intermediul Tag-uri interne, aceste valori sunt afișate în fereastra de lucru;
- permite modificarea mărimilor necesare procesului de simulare prin introducerea acestora manual;

154 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- se determină cu o precizie ridicată momentul de trecere prin zero a curentului folosind unghiul de defazaj al curentului pe fiecare fază, se presupune că sistemul în condiții normale este trifazat echilibrat;
- permite calculul momentului de deschidere la trecerea prin zero a curentului cu o precizie ridicată folosind algoritmi de calcul;
- permite afișarea poziției întrerupătorului cu ajutorul colorării dinamice;
- urmărește formele de undă ale curentului și tensiunii, obținute de la instalația reală;
- factorul de întârziere este calculat cu ajutorul testelor realizate;
- poate fi folosit în sinteza structurilor de conducere.

7.6. Închiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul comandă control

Ferestrele de dialog fig.7.13 și fig.7.14, la închiderea controlată a unui întreruptor de autotransformator, sunt identice cu cele de închidere controlată a unui întreruptor de linie.

Fiecare bară colectoare/bară de transfer are inscripționat în partea stângă numele și nivelul de tensiune al acesteia. De asemenea vor fi afișate informațiile provenite de la fiecare bară (tensiunea la bornele autotransformatorului și frecvența) prin intermediul unei etichete dinamice.

În partea de jos a celulei de autotransformator va fi afișată o etichetă dinamică ce conține informații, cu privire la nivelul curenților de pe fiecare fază (tensiunile de linie și de fază, frecvența, valoarea și sensul puterii active și reactive).

Acest ecran va avea butoane pentru activarea/dezactivarea anumitor automatizări. De asemenea este prezent un buton – etichetă denumit „Semnalizări protecții” ce va permite deschiderea unei alte ferestre, sub acest buton, în care sunt afișate, prin intermediul LED-urilor de avertizare, semnalele provenite de la protecții. Aceste semnalizări vor fi grupate în funcție de terminalul numeric care le generează. Momentul de închidere controlată în cazul unei sarcini inductive se face având ca referință tensiunea de bară și momentul când tensiunea se găsește pe maximumul acesteia având în vedere defazajul curentului cu $\pi/2$ față de tensiune.

Pentru a calcula timpul de deschidere controlată a întreruptorului va trebui să citim din sistemul de comandă control următoarele mărimi:

Elemente sarcină:

- IR- este valoarea efectivă a curentului pe faza R în A;
- IS- este valoarea efectivă a curentului pe faza S în A;
- IT- este valoarea efectivă a curentului pe faza T în A;
- Defazajul ϕ IR curentului pe faza R;
- Defazajul ϕ IS curentului pe faza S;
- Defazajul ϕ IT curentului pe faza T;
- URN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza R față de nul;
- USN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza S față de nul;
- UTN- este valoarea efectivă a tensiunii pe faza T față de nul;
- Defazajul ϕ URN tensiunii pe faza R;
- Defazajul ϕ USN tensiunii pe faza S;
- Defazajul ϕ UTN tensiunii pe faza T;
- Puterea activă P în MW;
- Puterea reactivă Q în MVar

Valori sincronizare:

- U sarcină- este valoarea efectivă a tensiunii de sarcină pe faza R față de nul în kV;
- U bare - este valoarea efectivă a tensiunii de bară pe faza R față de nul în kV;
- f sarcină - este valoarea frecvenței pe linie în Hz;
- f bare - este valoarea frecvenței pe bare în Hz;
- Fiu sarcină defazajul ϕ U sarcină tensiune pe faza R;

Fiu bare defazajul ϕ U bare tensiune pe faza R

156 COMUTAREA CONTROLĂȚĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

ATI 220 kV

SEMNALIZARI PROTECTII

Anulare semnalizari

(A101/A102)

Alegere manevra intreruptor

Manevra intreruptor

Inchidere cu sincronizare

Inchidere fara sincronizare

Inchidere controlata

Activare sincronizare

Dezactivare sincronizare

Anulare

- Ded suprasarcina termica
- Ded prot max tr1 (10kV)
- Ded prot max tr2 (10kV)
- Ded prot max tr3 (10kV)
- Ded prot max tr4 (10kV)
- Ded prot max tr1 (10kV)

-220kV (F212)

- Declansare sigurante
- Declansare distanta Z1
- Declansare distanta Z2-Z5
- Declansare protectie rezerva
- Demarai faza R
- Demarai faza S
- Demarai faza T
- Demarai Nul
- Demarai spate
- Detectare pendulatii

Valori Sincronizare

U AT kV

U Bara kV

f AT Hz

f Bara Hz

D U kV

D f Hz

fi U Bara grd

fi U Linie grd

D fi grd

Parametri intreruptat

Temp C

Ucc V

Pres. bar

Caracteristici racord

D km

Xpr Ohmi

Rpr Ohmi

Fi grd

Bara 1A -220 kV UR & B1 225.4 kV

Bara 2 -220 kV UR & B2 225.4 kV

SB1A(Q1)

SB2(Q2)

I(Q0)

S AT(Q)

CLP-SL (Q52)

CLP-L (Q8)

CLP-SB (Q51)

SBTf(Q7)

AT1 220 kV

UR & B1

UR & B2

IR A grd

IS A grd

IT A grd

URN kV grd

USN kV grd

UTN kV grd

P MW

Q MVar

Fig. 7. 13 Ecran închidere întreruptor AT

7.7. Reprezentare grafică comutarea controlată a unui întrerupător de linie cu sistemul comanda control

157

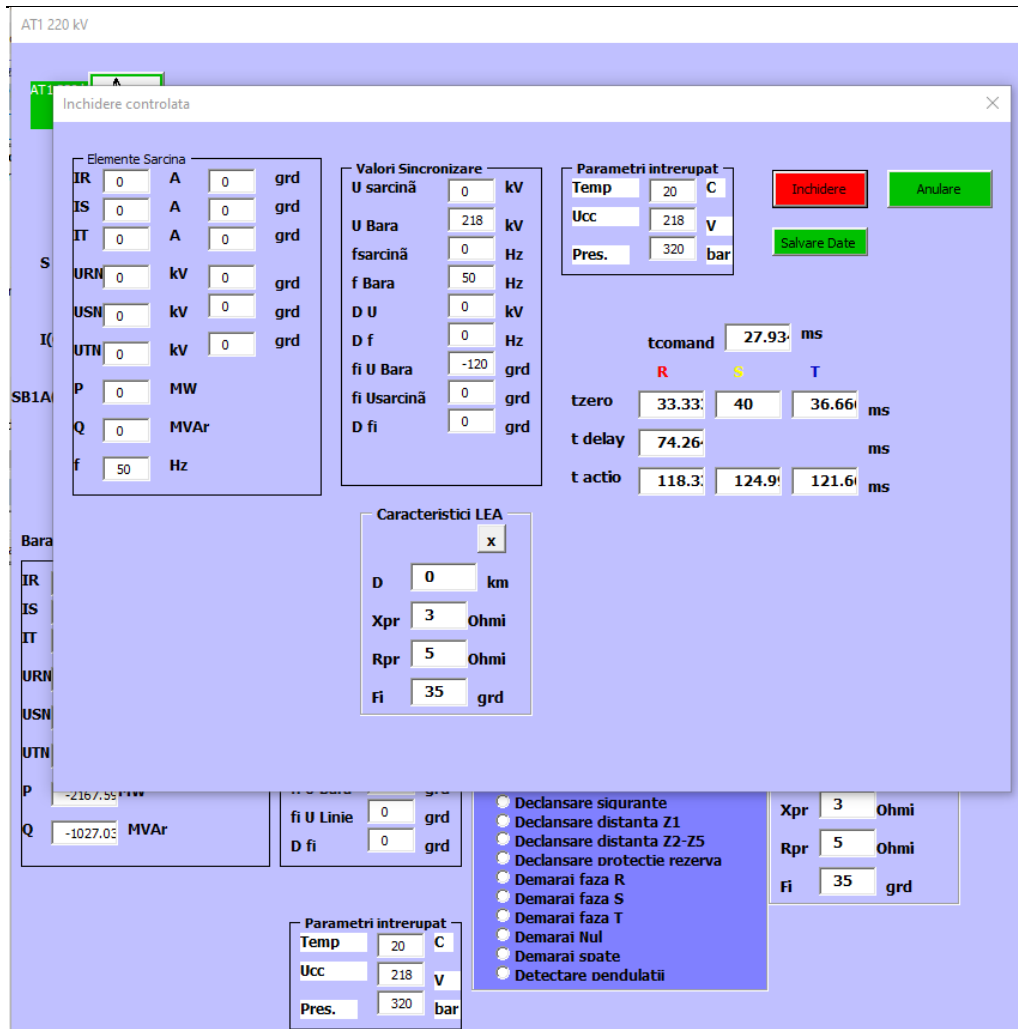


Fig. 7. 14 Ecran închidere controlată AT

- Parametrii întrerupător:
 - Temperatura °C;
 - Tensiunea de serviciu curent continuu care alimentează bobina de anclanșare/declanșare întrerupător;
 - Presiunea agentului mecanismului de acționare întrerupător.
- Caracteristici LEA
 - D lungimea liniei în km;
 - Xpr reactanța liniei în Ω ;
 - Rpr rezistența liniei în Ω ;
 - Unghiul liniei Fi în °

158 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

Pentru simulare am introdus aceste mărimi și programul generează aleator un timp de comandă pentru calculul timpului de acționare bobină de închidere.

Se va calcula momentul trecerii prin zero a caracteristicii tensiunii de bare pentru fiecare fază care este apoi afișată în căsuța tzero R, S, T în milisecunde. Se calculează timpul de întârziere propriu întrerupătorului pentru fiecare fază tdelay afișându-se numai pentru faza R.

Programul calculează momentul de timp pentru acționare bobină închidere întreruptor respectiv t acționare, care este afișat pentru fiecare fază în milisecunde. Pentru efectuarea acestei operații se va selecta butonul „Închidere” iar pentru salvarea mărimilor necesare deschiderii se va apela butonul „Salvare Date”.

La selectarea buton „Închidere” se apelează în limbajul Visual Basic următoarea subrutină:

```
Private Sub CommandInchid_Click()
```

```
calcul_timp_conectare_inductiv
```

```
Pi = 3.14159265358979
```

```
If D06_LEA.Q0E18.BackColor = &H8000000F Then
```

```
    D06_LEA.Q0E18.BackColor = &HC000&
```

```
    D06_LEA.I_SL.BackColor = &HC000&
```

```
    D06_LEA.SL_LEA.BackColor = &HC000&
```

```
    D06_LEA.U1.text = D06_LEA.U1B1.text
```

```
    D06_LEA.fu1.text = D06_LEA.fiUb.text
```

```
    D06_LEA.I1.text = Str(Sheet1.Range("h12").Value + 10 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.I2.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.I3.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.fi1.text = D06_LEA.TextFilea.text
```

```
    D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 2 * 120)
```

```
    If Val(D06_LEA.fi2.text) > 360 Then
```

```
        D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi2.text) - 360)
```

```
    End If
```

```
        D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 120)
```

```
    If Val(D06_LEA.fi3.text) > 360 Then
```

```
        D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi3.text) - 360)
```

```
    End If
```

```
    D06_LEA.P_LEA.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) * Val(D06_LEA.I1.text) *
```

```
    Cos(Val(D06_LEA.fi1.text)) * Pi / 180)
```

```
    D06_LEA.Q_LEA.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) * Val(D06_LEA.I1.text) *
```

```
    Sin(Val(D06_LEA.fi1.text)) * Pi / 180)
```

```
    'intrerupatorul este inchis adica este colorat in verde
```

```
    D06_LEA.I1.text = Str(Sheet1.Range("h12").Value + 10 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.I2.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.I3.text = Str(Val(D06_LEA.I1.text) + 2 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.fl.text = D06_LEA.fb.text
```

```
    'tensiunea pe linie
```

```
    D06_LEA.U1.text = Str(Sheet1.Range("i12").Value + 10 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.U1B1.text = D06_LEA.U1.text
```

```
    D06_LEA.U1B2.text = D06_LEA.U1.text
```

```
    D06_LEA.U2.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) + 2 * Rnd(10))
```

```
    D06_LEA.ul.text = D06_LEA.U1.text
```

```
    D06_LEA.ub.text = D06_LEA.U1.text
```

```

D06_LEA.U3.text = Str(Val(D06_LEA.U1.text) + 2 * Rnd(10))
'se calculează defazajul curentului pe LEA in functie de putere q/p
p = Val(D06_LEA.P_LEA.text) + 2 * Rnd(10)
q = Val(D06_LEA.Q_LEA.text) + 2 * Rnd(10)
fi11 = Atn(q / p) * 180 / Pi
'D06_LEA.fi1.text = D06_LEA.TextFilea.text
D06_LEA.fi1.text = Str(fi11)
D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 2 * 120)
If Val(D06_LEA.fi2.text) > 360 Then
    D06_LEA.fi2.text = Str(Val(D06_LEA.fi2.text) - 360)
End If
    D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi1.text) + 120)
If Val(D06_LEA.fi3.text) > 360 Then
    D06_LEA.fi3.text = Str(Val(D06_LEA.fi3.text) - 360)
End If
'D06_LEA.fi1.text = Str(Val(D06_LEA.fb.text) + Val(D06_LEA.TextFilea.text))
'defazaj U linie
D06_LEA.fiU1.text = D06_LEA.fiUb.text
D06_LEA.fu1.text = D06_LEA.fiUb.text
D06_LEA.fu2.text = Str(Val(D06_LEA.fu1.text) + 2 * 120)
If Val(D06_LEA.fu2.text) > 360 Then
    D06_LEA.fu2.text = Str(Val(D06_LEA.fu2.text) - 360)
End If
    D06_LEA.fu3.text = Str(Val(D06_LEA.fu1.text) + 1 * 120)
If Val(D06_LEA.fu3.text) > 360 Then
    D06_LEA.fu3.text = Str(Val(D06_LEA.fu3.text) - 360)
End If
End If
End Sub

```

Pentru calculul timpului de conectare, având în vedere că tipul de sarcină în cazul autotransformatoarelor este de tip inductiv s-a apelat o nouă subrutină "timp_conectare_inductiv", după cum urmează:

```

Sub calcul_timp_conectare_inductiv()
Dim jj As Single
Dim fiUb As Single
Dim fb As Single
Dim tcom As Single
Dim temp As Single
Dim ucc As Single
Dim Pres As Single
fb = Val(FInchideControl.fb.Value)
fiUb = Val(FInchideControl.fiUb.Value)
Pi = 3.14159265358979
FInchideControl.Tcc.text = Str(100 * Rnd(100))
tcom = Val(FInchideControl.Tcc.Value)
temp = Val(FInchideControl.Temperatura.Value)
ucc = Val(FInchideControl.ucc.Value)
Pres = Val(FInchideControl.Pres.Value)
s = 1

```


160 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

```
jj = tzero(s, fiUb, fb)
If tcom > jj Then
  For s = 2 To 10
    jj = tzero(s, fiUb, fb)
    If tcom < jj Then
      Exit For
    End If
  Next s
End If
semiper = 1000 / (fb * 6)
' calcul semiperioada
FInchideControl.TextBoxTzero.text = Str(jj)
TzeroR = jj
TzeroS = TzeroR + 2 * semiper
TzeroT = TzeroR + semiper
FInchideControl.TextBoxTzeroS.text = Str(TzeroS)
FInchideControl.TextBoxTzeroT.text = Str(TzeroT)
' calcul coeficient intarziere temperatura
tic = tintarzC(temp)
' calcul coeficient intarziere tensiune actionare cc
tiu = tintarzU(ucc)
'calcul coeficient de intarziere functie de presiunea uleiului dispozitivului de actionare
tip = tintarzP(Pres)
tintarz = tic + tiu + tip
FInchideControl.textDelay.text = Str(tintarz)
'calcul semiperioada
sem = 1000 / fb / 2
' calcul nr semiperioade
nr_semiperioade = Int(tintarz / sem) + 1
'timp comanda inchidere intreruptor sarcina inductiva trebuie sa fie pe maxim
tensiune +sem/2
tcoml = jj + sem * nr_semiperioade + sem / 2
FInchideControl.Taction.text = Str(tcoml)
tcomIR = tcoml
tcomIS = tcomIR + 2 * semiper
tcomIT = tcomIR + semiper
FInchideControl.TextBoxTactionS.text = Str(tcomIS)
FInchideControl.TextBoxTactionT.text = Str(tcomIT)
End Sub
Function tzero(n, df, f)
  Pi = 3.14159265358979
  tzero = (Pi * n - df * 2 * Pi / 180) / (2 * Pi * f / 1000)
End Function
Function tintarzC(temp)
  tintarzC = 0.0026 * temp * temp - 0.0829 * temp + 71.482
End Function
Function tintarzU(ucc)
  tintarzU = -0.2 * ucc + 44
End Function
Function tintarzP(Pu)
  tintarzP = -0.3 * Pu + 99
```

End Function

Concluzii:

În urma simulărilor se pot formula următoarele avantaje concluzii referitoare la închiderea controlată a unui întrerupător de autotransformator:

- permite obținerea unei caracteristici curent și tensiune a cărei formă este echivalentă cu cea regăsită în practică;
- permite citirea mărimilor necesare procesului din sistemul de comandă control prin intermediul Tag-uri interne, aceste valori sunt afișate în fereastra de lucru;
- permite modificarea mărimilor necesare procesului de simulare prin introducerea acestora manual;
- fereastra de dialog pentru simulare are grafica și modul de afișare identic cu cel folosit în practică în sistemul de comandă control;
- se determină cu o precizie ridicată momentul de trecere prin zero a tensiunii folosind unghiul de defazaj al tensiunii pe fiecare fază, se presupune că sistemul în condiții normale este trifazat echilibrat și unghiul de defazaj al tensiunii pe faza R este zero;
- permite calculul momentului de închidere care este pe maximumul tensiunii de referință cu o precizie ridicată folosind algoritmi de calcul;
- permite afișarea poziției întrerupătorului cu ajutorul colorării dinamice;
- urmărește formele de undă ale curentului și tensiunii, obținute de la instalația reală;
- factorul de întârziere este calculat cu ajutorul testelor realizate;
- poate fi folosit în sinteza structurilor de conducere.

7.7. Reprezentare grafică comutarea controlată a unui întrerupător de linie cu sistemul comanda control

Pentru reprezentarea grafică a mărimilor electrice ce intervin în procesul de deschidere a întrerupătorului, am realizat o subrutină care poate fi apelată de butonul "TRASARE GRAFIC" fig.7.15

La apelarea acestui buton se deschide o fereastră fig.7.16 cu următoarele butoane :

- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Trasează grafic DESCHIS ”, ce permite trasarea graficului pentru operația de deschidere.
 - un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Trasează grafic ÎNCHIS ”, ce permite trasarea graficului pentru operația de închidere.
 - un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Ștergere ”, ce permite ștergerea imaginii cu graficul.
 - un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Memorare ”, ce permite memorarea imaginii și ștergerea graficului.
 - un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Redesenare ”, ce permite redesenarea imaginii graficului memorat prin comanda anterioară.
- un buton – etichetă, fără confirmare, inscripționat „Close ”, ce permite închiderea ferestrei de dialog "Trasare Grafic" .

În acest ecran avem reprezentat în partea superioară tensiunea trifazată de bară, pe axa verticală în mărimi relative adică U_R , U_S , U_T / U_R în raport cu timpul într-un interval de 200 ms.

Al doilea grafic prezintă curentul trifazat pe linie reprezentat în mărimi relative I_R , I_S , I_T / I_R în raport cu timpul într-un interval de timp de 200 ms.

162 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

Din graficul curenților se observă întreruperea curentului la trecerea prin zero a acestuia, pe cele trei faze. Momentele de timp la care se produce operația de deschidere a contactelor întrerupătorului sunt cele calculate în pagina de deschidere fig. 7.15

Pentru reprezentare grafică a operației de închidere controlată fig.7.17 se alege buton "Trasare Grafic" din fereastra de dialog "Închidere controlată" ce are ca rezultat deschiderea ferestrei "Trasare Grafic".

După selectarea butonului "Trasare grafic ÎNCHIS" fig.7.18, pe acest ecran se va reprezenta grafic în partea superioară tensiunea trifazată pe bară în valori relative funcție de timp, precum și curentul trifazat în cel de al doilea grafic. Se observă că în cazul liniilor electrice, momentul de conectare este la trecerea tensiunii de referință prin zero fig.7.18.

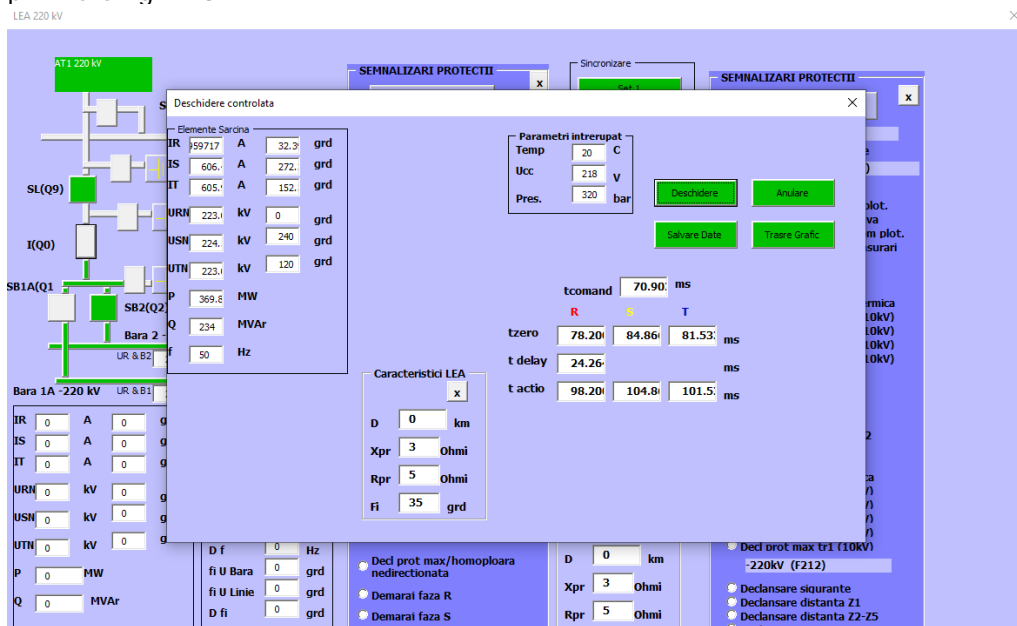


Fig. 7. 15 Ecran deschidere controlată a unui întrerupător de linie cu opțiunea trasare grafic

Pentru "Trasare grafic DESCHIS" fig.7.18, s-a folosit următoarea subrutină:
Private Sub CommandButton8_Click()

```

Dim shpTemp As Shape
Dim xorig1 As Single
Dim yorig1 As Single
Dim xgraf1 As Single
Dim ygraf1 As Single
Dim UL1E As Single
Dim defUL1E As Single
Dim scaraX As Single
Dim scaraY As Single
Dim X1 As Single
Dim Y1 As Single
Dim coef As Double
Dim X2 As Single
Dim Y2 As Single

```

7.7. Reprezentare grafică comutarea controlată a unui întreruptor de linie 163
cu sistemul comanda control

```

Dim i As Single
Dim tcR As Single
Dim unghtcR As Single
Dim tzero As Single
Dim ughTzero As Single
  xorig1 = 5
  yorig1 = Grafic.Height / 3 / 2
  xgraf1 = Grafic.Width - 5
  ygraf1 = Grafic.Height / 3 / 2 - Gra
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xgraf1, yorig1)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xorig1, ygraf1)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
  m_objDrawing.TextEffect xorig1, yorig1, msoTextEffect27, "O", "Veranda", 11
fic.Height / 3
  ' se traseaza axa oX pentru faza R
  ' se deseneaza tensiunea faza R
UL1E = Val(FDeschidControl.U1)
defUL1E = Val(FDeschidControl.fu1)
m_objDrawing.TextEffect xorig1, 5, msoTextEffect27, "Ur,Us,Ut (kV)", "Veranda",
11
m_objDrawing.TextEffect xgraf1, yorig1, msoTextEffect27, "t (ms)", "Veranda", 11

```



Fig. 7. 16 Ecran reprezentare grafică operația de deschidere controlată a unui întreruptor de linie

164 COMUTAREA CONTROLĂȚĂ A ÎNȚRRUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

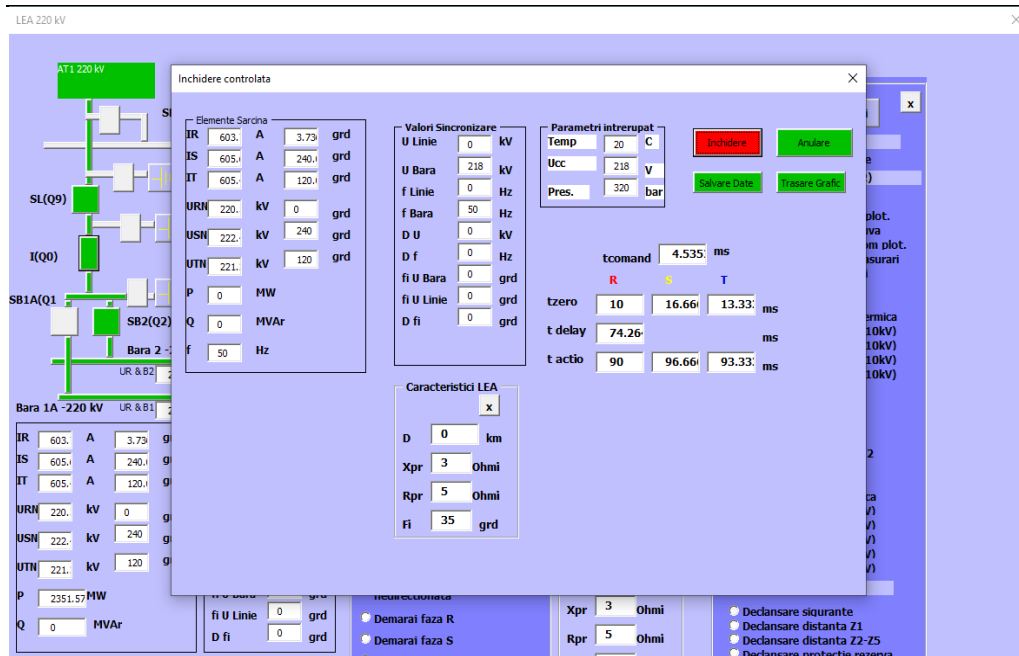


Fig. 7. 17 Ecran Închidere controlată întrerupător linie și opțiunea trasare grafic

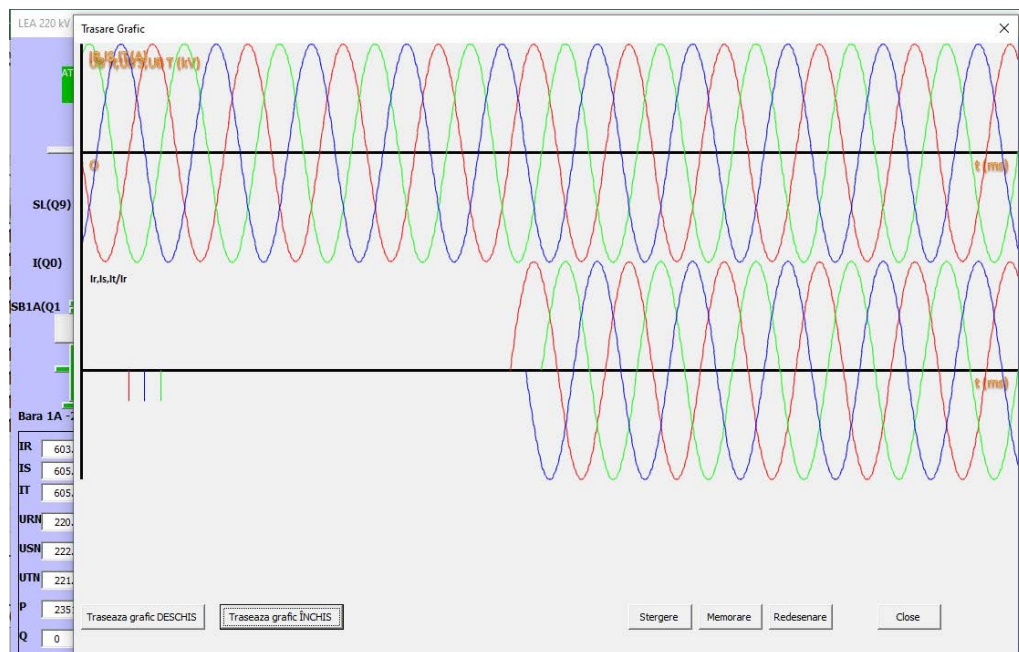


Fig. 7. 18 Ecran reprezentare grafică operația de închidere controlată a unui întrerupător de linie

```

X1 = xorig1
Y1 = yorig1
coef = 1.74532925199433E-02
scaraY = ygraf1 / UL1E
scaraX = xgraf1 / (360 * 5 * 2)
For i = 1 To 360 * 5 * 2 Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(255, 0, 0)
'ActiveSheet.Shapes.AddLine(X1, Y1, X2, Y2).Select
'Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = cul
'Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
'se deseneaza tensiunea faza S
UL1E = Val(FDeschidControl.U2)
defUL1E = Val(FDeschidControl.fu2)
X1 = xorig1
Y1 = yorig1
For i = 1 To 360 * 2 * 5 Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 255, 0)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
'se deseneaza tensiunea faza T
UL1E = Val(FDeschidControl.U3)
defUL1E = Val(FDeschidControl.fu3)

X1 = xorig1
Y1 = yorig1
For i = 1 To 360 * 5 * 2 Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 255)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
'se traseaza al doilea grafic pentru curent
yorig1 = Grafic.Height / 2
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xgraf1, yorig1)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
    
```

166 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

```
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xorig1, ygraf1)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
""se deseneaza curentul faza R
UL1E = Val(FDeschidControl.I1)
defUL1E = Val(FDeschidControl.fi1)
m_objDrawing.TextEffect xorig1, yorig1 - Grafic.Height / 3, msoTextEffect27,
"lr,ls,it (A)", "Veranda", 11
m_objDrawing.TextEffect xgraf1, yorig1, msoTextEffect27, "t (ms)", "Veranda", 11
tzero = Val(FDeschidControl.TextBoxTzero)
tcR = Val(FDeschidControl.Taction)
scaraY = (Grafic.Height / 3 / 2 - Grafic.Height / 3) / UL1E
ughTzero = tzero * 360 * 5 / 100
X2 = xorig1 + ughTzero * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((ughTzero + defUL1E) * coef) * scaraY
X1 = X2
Y1 = Y2 + 25
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(255, 0, 0)
X1 = xorig1
Y1 = yorig1
'transformare timp (ms) in grade
unghtcR = tcR * 360 * 5 / 100
For i = 1 To unghtcR Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(255, 0, 0)

X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
""se deseneaza curentul faza S
UL1E = Val(FDeschidControl.I2)
defUL1E = Val(FDeschidControl.fi2)
tcR = Val(FDeschidControl.TextBoxTactionS)
'se deseneaza prima trecere prin zero curentul faza S
tzero = Val(FDeschidControl.TextBoxTzeroS)
ughTzero = tzero * 360 * 5 / 100
X2 = xorig1 + ughTzero * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((ughTzero + defUL1E) * coef) * scaraY
X1 = X2
Y1 = Y2 + 25
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 255, 0)
X1 = xorig1
Y1 = yorig1
```

```
'transformare timp (ms) in grade
unghtcR = tcR * 360 * 5 / 100
For i = 1 To unghtcR Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 255, 0)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
'''se deseneaza curentul faza T
UL1E = Val(FDeschidControl.I3)
defUL1E = Val(FDeschidControl.fi3)
tcR = Val(FDeschidControl.TextBoxTactionT)
'se deseneaza prima trecere prin zero curentul faza T
tzero = Val(FDeschidControl.TextBoxTzeroT)
ughTzero = tzero * 360 * 5 / 100
X2 = xorig1 + ughTzero * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((ughTzero + defUL1E) * coef) * scaraY
X1 = X2
Y1 = Y2 + 25
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 255)
X1 = xorig1
Y1 = yorig1
'transformare timp (ms) in grade
unghtcR = tcR * 360 * 5 / 100
For i = 1 To unghtcR Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 255)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
' se traseaza al treilea grafic pentru timp
yorig1 = 2 * Grafic.Height / 2
ygraf1 = 2 * Grafic.Height / 2 - Grafic.Height / 3
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xgraf1, yorig1)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xorig1, ygraf1)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
    m_objDrawing.Paint
End Sub
Pentru "Trasare grafic ÎNCHIS" fig.7.18, sa folosit următoarea subrutină:
```


168 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

```
Private Sub CommandButton12_Click()  
    Dim shpTemp As Shape  
    Dim xorig1 As Single  
    Dim yorig1 As Single  
    Dim xgraf1 As Single  
    Dim ygraf1 As Single  
    Dim UL1E As Single  
    Dim defUL1E As Single  
    Dim scaraX As Single  
    Dim scaraY As Single  
    Dim X1 As Single  
    Dim Y1 As Single  
    Dim coef As Double  
    Dim X2 As Single  
    Dim Y2 As Single  
    Dim i As Single  
    Dim tcR As Single  
    Dim unghtcR As Single  
    Dim tzero As Single  
    Dim ughTzero As Single  
    xorig1 = 5  
    yorig1 = Grafic.Height / 3 / 2  
    xgraf1 = Grafic.Width - 5  
    ygraf1 = Grafic.Height / 3 / 2 - Grafic.Height / 3  
    ' se traseaza axa oX pentru faza R  
    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xgraf1, yorig1)  
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2  
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)  
    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xorig1, ygraf1)  
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2  
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)  
  
    m_objDrawing.TextEffect xorig1, yorig1, msoTextEffect27, "O", "Veranda", 11  
    'se deseneaza tensiunea faza R  
    UL1E = Val(FInchideControl.U1)  
    defUL1E = Val(FInchideControl.fu1)  
    m_objDrawing.TextEffect xorig1, 5, msoTextEffect27, "UB R,UB S,UB T (kV)",  
    "Veranda", 11  
    m_objDrawing.TextEffect xgraf1 - 50, yorig1, msoTextEffect27, "t (ms)", "Veranda",  
    11  
    X1 = xorig1  
    Y1 = yorig1  
    coef = 1.74532925199433E-02  
    scaraY = ygraf1 / UL1E  
    scaraX = xgraf1 / (360 * 10)  
    For i = 1 To 360 * 10 Step 5  
    X2 = xorig1 + i * scaraX  
    Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY  
    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)  
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1  
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(255, 0, 0)
```

```
'ActiveSheet.Shapes.AddLine(X1, Y1, X2, Y2).Select
'Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = cul
'Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
    'se deseneaza tensiunea faza S
    UL1E = Val(FInchideControl.U2)
    defUL1E = Val(FInchideControl.fu2)
    X1 = xorig1
    Y1 = yorig1
    For i = 1 To 360 * 10 Step 5
        X2 = xorig1 + i * scaraX
        Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
        Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
        If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
        If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 255, 0)
    'ActiveSheet.Shapes.AddLine(X1, Y1, X2, Y2).Select
    'Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = cul
    'Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    X1 = X2
    Y1 = Y2
    Next i
    'se deseneaza tensiunea faza T
    UL1E = Val(FInchideControl.U3)
    defUL1E = Val(FInchideControl.fu3)
    X1 = xorig1
    Y1 = yorig1
    For i = 1 To 360 * 10 Step 5
        X2 = xorig1 + i * scaraX
        Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY

    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
        If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
        If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 255)
    X1 = X2
    Y1 = Y2
    Next i
    ' se traseaza al doilea grafic pentru curent
    yorig1 = Grafic.Height / 2
    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xgraf1, yorig1)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
    Set shpTemp = m_objDrawing.Line(xorig1, yorig1, xorig1, ygraf1)
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 2
    If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 0)
    ""se deseneaza curentul faza R
    UL1E = Val(FInchideControl.I1)
    defUL1E = Val(FInchideControl.fi1)
```

170 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

```
m_objDrawing.TextEffect xorig1, yorig1 - 2 * Grafic.Height / 3, msoTextEffect27,
"IR,IS,IT (A)", "Veranda", 11
m_objDrawing.TextEffect xgraf1 - 50, yorig1, msoTextEffect27, "t (ms)", "Veranda",
11
tzero = Val(FInchideControl.TextBoxTzero)
tcR = Val(FInchideControl.Taction)
scaraY = (Grafic.Height / 3 / 2 - Grafic.Height / 3) / UL1E
ughTzero = tzero * 360 * 5 / 100
X2 = xorig1 + ughTzero * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((ughTzero + defUL1E) * coef) * scaraY
X1 = X2
Y1 = Y2 + 25
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(255, 0, 0)
'transformare timp (ms) in grade
unghtcR = tcR * 360 * 5 / 100
For i = unghtcR To 360 * 10 Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
If i = unghtcR Then
X1 = X2
Y1 = Y2
End If
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(255, 0, 0)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i

''''se deseneaza curentul faza S
UL1E = Val(FInchideControl.I2)
defUL1E = Val(FInchideControl.fi2)
tcR = Val(FInchideControl.TextBoxTactionS)
'se deseneaza prima trecere prin zero curentul faza S
tzero = Val(FInchideControl.TextBoxTzeroS)
ughTzero = tzero * 360 * 5 / 100
X2 = xorig1 + ughTzero * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((ughTzero + defUL1E) * coef) * scaraY
X1 = X2
Y1 = Y2 + 25
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 255, 0)
'transformare timp (ms) in grade
unghtcR = tcR * 360 * 5 / 100
For i = unghtcR To 360 * 10 Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
If i = unghtcR Then
```

```

X1 = X2
Y1 = Y2
End If
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
  If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
  If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 255, 0)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
  ""se deseneaza curentul faza T
UL1E = Val(FInchideControl.I3)
defUL1E = Val(FInchideControl.fi3)
tcR = Val(FInchideControl.TextBoxTactionT)
'se deseneaza prima trecere prin zero curentul faza T
tzero = Val(FInchideControl.TextBoxTzeroT)
ughTzero = tzero * 360 * 5 / 100
X2 = xorig1 + ughTzero * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((ughTzero + defUL1E) * coef) * scaraY
X1 = X2
Y1 = Y2 + 25
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
  If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
  If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 255)
'transformare timp (ms) in grade
unghtcR = tcR * 360 * 5 / 100
For i = unghtcR To 360 * 10 Step 5
X2 = xorig1 + i * scaraX
Y2 = yorig1 - UL1E * Sin((i + defUL1E) * coef) * scaraY
If i = unghtcR Then
  X1 = X2
  Y1 = Y2
End If
Set shpTemp = m_objDrawing.Line(X1, Y1, X2, Y2)
  If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.Weight = 1
  If Not shpTemp Is Nothing Then shpTemp.Line.ForeColor.RGB = RGB(0, 0, 255)
X1 = X2
Y1 = Y2
Next i
  m_objDrawing.Paint
End Sub

```

Concluzii:

În urma simulărilor se pot formula următoarele avantaje concluzii referitoare la Trasare grafic comutare controlată a unui întrerupător:

- permite vizualizarea caracteristicii curent și tensiune după fiecare operație, aceasta fiind o verificare finală;
- permite vizualizarea la o scară adecvată a momentului de întrerupere sau pornire a curentului;
- permite modificarea mărimilor necesare procesului de simulare prin introducerea acestora manual

8. ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL COMANDĂ CONTROL

8.1. Noțiuni generale AAR

Asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, este una din problemele principale ale proiectării și exploatării sistemelor electrice.

Indiferent de tipul și importanța consumatorului, nu se poate întrerupe alimentarea până la repararea defectului și deci, restabilirea alimentării normale. Trebuie rezolvată această alimentare a consumatorilor pe durata avariilor.

Pentru aceasta se pot adopta două soluții:

- dubla alimentare constă în faptul că, deși pentru alimentarea consumatorului este necesar un singur element de legătură (linie sau transformator), se prevăd două elemente care sunt ambele în funcțiune. Astfel, elementele de legătură sunt în funcțiune tot timpul încărcate cu jumătate din puterea necesară consumatorului. La defectarea unuia din elemente, celălalt preia întreaga sarcină.
- alimentarea de rezervă.

Alimentarea consumatorilor deosebit de importanți (categoria I) trebuie să se facă, de regulă, de la surse de alimentare independente, astfel încât la ieșirea din funcțiune a uneia dintre ele, cealaltă să intre automat în funcțiune în timpul cel mai scurt, astfel ca funcționarea consumatorilor să nu fie perturbată.

Pentru consumatorii importanți (categoria II), alimentarea de rezervă a unui consumator este constituită din alimentarea normală a altui consumator și invers (fiecare consumator să servească de rezervă unul altuia).

Consumatorii din serviciile proprii ale stațiilor electrice de înaltă tensiune sunt de categoria I.

Consumatorii racordați pe barele de servicii interne dintr-o stație electrică (consumatori de curent alternativ) se împart în două categorii:

- consumatori vitali,
- consumatori nevitali.

Consumatorii vitali sunt consumatorii care asigură funcționarea normală a instalațiilor. Întreruperea acestor consumatori afectează grav siguranța în funcționare a stației electrice de înaltă tensiune. Aceștia sunt cu regim de funcționare continuu și funcționare intermitentă. Din această categorie fac parte:

- pompele de ulei și ventilatoarele transformatoarelor;
- pompele de ulei ale mecanismelor de acționare ale întreruptoarelor;
- instalațiile tampon de încărcare a bateriei de curent continuu;
- instalațiile de iluminat și încălzire.

Pentru toți consumatorii vitali se asigură alimentarea de rezervă, folosindu-se sistemul AAR. Pentru consumatorii nevitali (consumatori care nu intervin în procesul de funcționare al stațiilor electrice), restabilirea automată a alimentării nu este necesară. Scopul unei scheme de anclanșare automată a alimentării de rezervă este ca în momentul dispariției tensiunii, din orice cauză, alimentarea principală nu mai este în măsură să satisfacă cererile consumatorilor (manevre greșite sau avarii) să intre în funcțiune alimentarea de rezervă.

8.2. Structura ecran de comandă și supraveghere a serviciilor 173
interne de curent alternativ prin intermediul sistemului SCADA

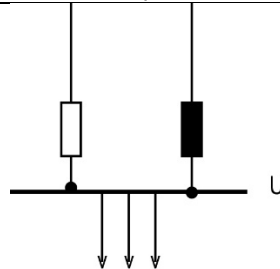


Fig. 8. 1 Schemă simplă de AAR

În fig. 8.1 avem reprezentată o schemă monofilară principală de conexiuni și variația tensiunii și curentului pe bare funcție de timp la funcționarea schemei AAR.

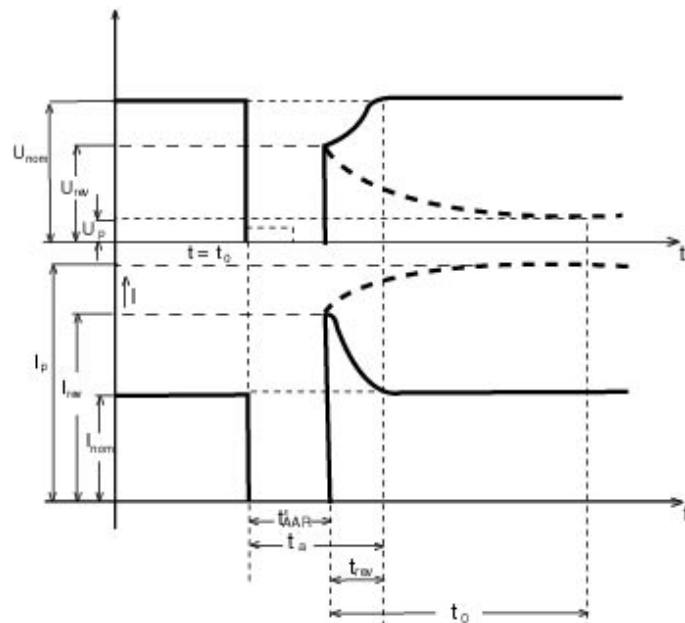


Fig. 8. 2 Variația tensiunii pe bare funcție de timp la funcționarea schemei AAR

În fig. 8.2 este reprezentată variația tensiunii și curentului funcție de timp la funcționarea schemei AAR unde: t_0 este momentul scăderii tensiunii, până la acest moment instalația funcționează normal, U_{nom} tensiunea în regim nominal, I_{nom} curentul în regim normal. Momentul t_0 este considerat momentul apariției defectului care are ca efect căderea totală a tensiunii. [5] [6]

După un timp numit timpul anclanșării automate a alimentării de rezervă (t_{AAR}) este cuplată alimentarea de rezervă.

În acest interval de timp motoarele și-au redus turația, astfel încât la apariția tensiunii are loc un proces de autopornire; curentul absorbit de la sursă $I_{rev.}$ este mai mare decât în regim normal de alimentare $I_{nom.}$, iar tensiunea de revenire $U_{rev.}$ este mai mică decât tensiunea normală datorită căderii de tensiune prin impedanța liniei de alimentare sau a transformatorului.

174 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

Dacă tensiunea de revenire are o valoare care să permită autopornirea motoarelor, după un anumit timp acestea revin la turație normală și ca urmare, curentul va scădea la valoarea inițială (înainte de avarie).

În cazul în care valoarea tensiunii de revenire este sub limita care să asigure autopornirea motoarelor, acestea își reduc turația în continuare, ca urmare curentul va crește și tensiunea va scădea.

După un anumit timp motoarele se vor opri, curentul va ajunge la valoarea I_p egală cu cea a curentului de pornire, iar tensiunea va scădea până la valoarea U_{p_i} , corespunzătoare curentului I_p (reprezentat punctat).

Acest fenomen se numește avalanșă de tensiune, situație în care funcționarea AAR este inutilă. Din acest model se observă că timpul de AAR t_{AAR} să fie cât mai mic.

În prezent majoritatea consumatorilor deosebit de importanți sunt alimentați la joasă tensiune, deoarece puterile absorbite de acești consumatori și tensiunea receptoarelor lor determină ca tensiune economică tensiunea de 0,4 kV.

O serie din acești consumatori necesită un grad sporit de siguranță în funcționare sub aspectul continuității. Exemplificăm aici: spitale, obiective industriale, precum și serviciile interne din centralele și stațiile electrice. Puterile necesare a fi rezervate (de la câteva zeci, la câteva sute de kilowați) pot fi preluate în caz de avarii grave, de grupuri electrogene proprii care sunt prevăzute cu porniri automate și pot să intre în plină sarcină după numai 7-8 secunde de la dispariția tensiunii pe barele de 0.4 kV ale consumatorilor.

Principalele avantaje pe care le prezintă instalațiile AAR de joasă tensiune:

- Măsura tensiunii pe bare se poate face direct fără a folosi transformatoare de tensiune;
- Sursa de tensiune operativă este în mod curent tensiunea barei de rezervă.

Instalațiile AAR pentru servicii interne de c.a. folosite în stațiile electrice sunt concepute în funcție de schema de alimentare a consumatorilor :

- Servicii interne de c.a. cu o singură bară, cu posibilitatea de separare longitudinală cu ajutorul unui separator sau întreruptor de secționare având două surse de alimentare pe fiecare secțiune, una în funcțiune cealaltă în rezervă caldă;
- Servicii interne de c.a. cu două secții de bare prevăzute cu cuplă longitudinală. Fiecare din cele două sisteme de bare este alimentat dintr-o sursă independentă.

8.2. Structura ecran de comandă și supraveghere a serviciilor interne de curent alternativ prin intermediul sistemului SCADA

Rolul ecranului:

Ecranul de comandă și supraveghere a serviciilor interne de curent alternativ (c.a.) afișează schema monofilară a serviciilor interne de curent alternativ cu poziția echipamentelor de comutație și valorile parametrilor electrici. Tot din acest ecran se pot da comenzi asupra echipamentelor de comutație, pornirea sau oprirea grupului electrogen și activarea sau dezactivarea automatizării AAR. [4] [107]

Funcțiile ecranului de comandă a serviciilor interne de curent alternativ

a. Funcția de supraveghere curentă, realizată prin:

8.2. Structura ecran de comandă și supraveghere a serviciilor 175 interne de curent alternativ prin intermediul sistemului SCADA

- prezentarea online, în regim de colorare dinamică, a schemei monofilare de funcționare a serviciilor interne de curent alternativ;
 - prezentarea online a parametrilor electrici și neelectrici (stări, poziții etc.) ai serviciilor interne de curent alternativ;
 - alarmarea sonoră și semnalizarea vizuală a problemelor ce apar în cadrul serviciilor interne de curent alternativ;
- b. Funcția de comandă:
- oferă posibilitatea realizării comenzilor asupra echipamentelor de comutație, asupra grupului electrogen și a automatizării AAR.
- c. Funcția de comandă:
- Alarmer și alte informații furnizate prin intermediul acestui ecran:
- starea în funcțiune/anulat a automatizării AAR;
 - semnalizare informații cu privire la funcționarea automatizării AAR;
 - informații cu privire la poziția întreruptoarelor ce pot fi comandate de automatizarea AAR;

Informațiile provenite de la automatizarea AAR sunt următoarele:

- în cazul funcționării automatizării AAR, acesta va fi semnalizat printr-un LED de avertizare de pe eticheta statică cu denumirea „Funcționat AAR”;
- blocarea automatizării AAR va fi semnalizată printr-un LED de avertizare de pe eticheta statică cu denumirea „AAR Blocat”;
- semnalizarea stării de „În lucru” sau „În rezervă”, prin intermediul unor LED – uri de semnalizare, a întreruptoarelor ce pot fi comandate de către automatizarea AAR;
- un buton - etichetă, cu confirmare, ce permite alegerea stării de funcționare a automatizării AAR („În funcțiune” sau „Anulat”).

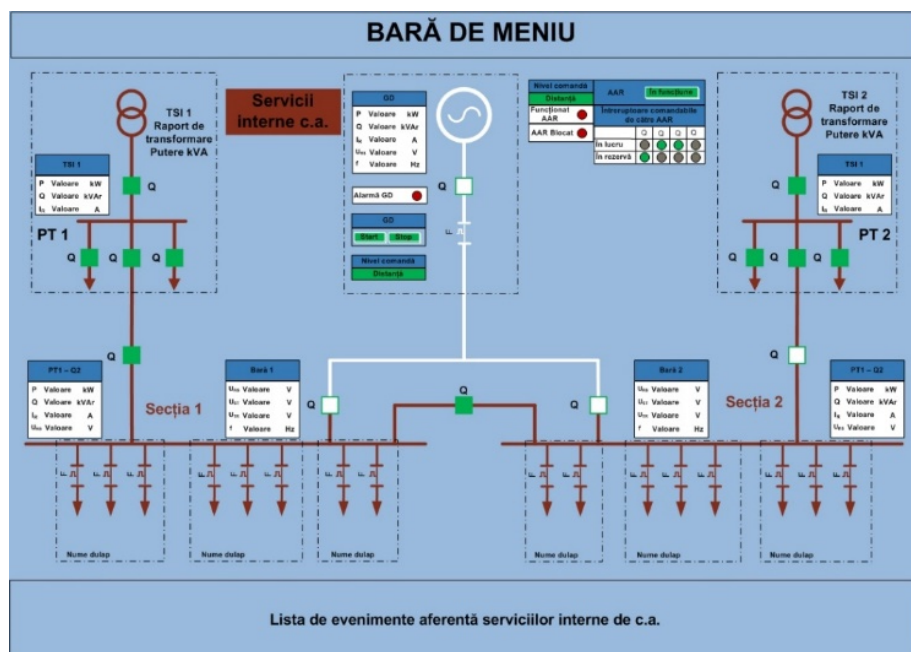


Fig. 8. 3 Ecranul de comandă și supraveghere a serviciilor interne de curent alternativ

176 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

S-a realizat un program în Visual Basic [108] care păstrează structura ecranului de comandă și supraveghere a serviciilor interne de curent alternativ, și care în funcție de poziția întreruptoarelor din logica automatizării AAR îndeplinește aceleași funcțiuni.

Pentru simulare s-a folosit o schemă de servicii interne având 3 surse reprezentate de 3 transformatoare de servicii interne TSI și o alimentare de rezervă un grup electrogen Diesel. Un sistem de două secții de curent alternativ separate printr-un întrerupător de cuplă. [6]

8.3. Schema normală de funcționare a AAR

Schema normală de funcționare poate fi realizată în 11 variante posibile, aceste stări putând fi vizualizate prin selectarea etichetei cu roșu din stânga ecran:

- Varianta 1:
 - Q104 și Q 101 conectat;
 - Q103, Q203, Q 201, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q 200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

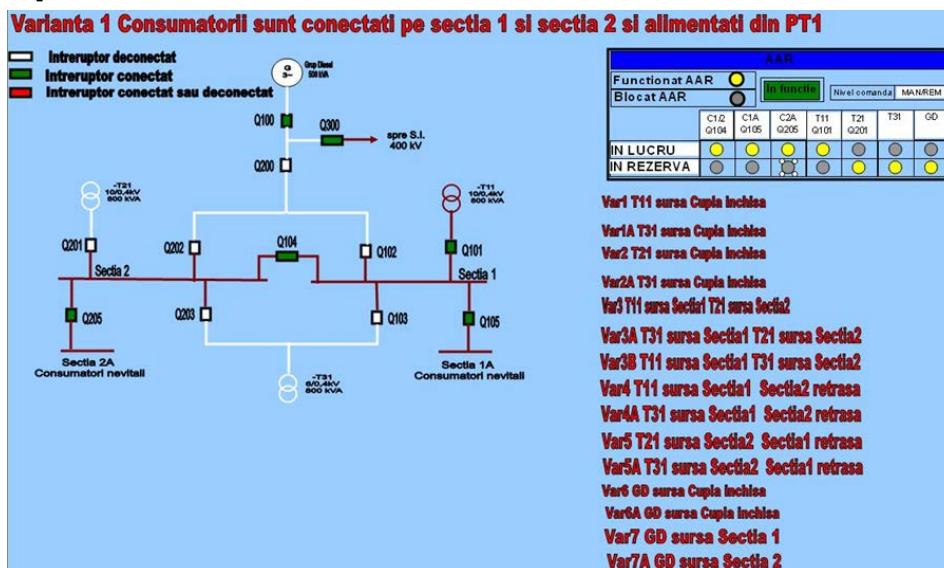


Fig. 8. 4 Varianta 1 AAR

- Varianta 1A:
 - Q104 și Q 103 conectate;
 - Q101, Q203, Q 201, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

8.3. Schema normală de funcționare a AAR177

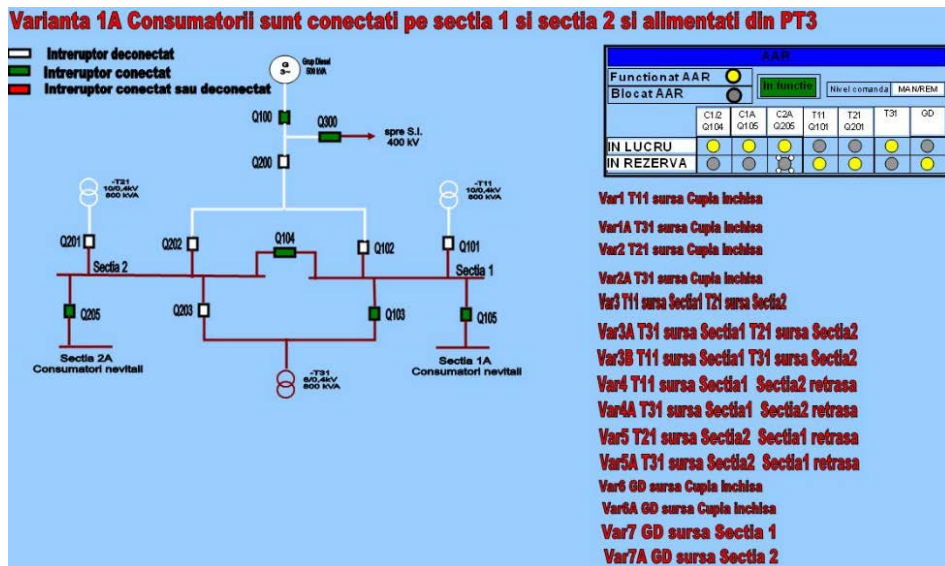


Fig. 8. 5 Varianta 1A AAR

- Varianta 2:
 - Q104 și Q 201 conectate;
 - Q103, Q203, Q 101, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q 200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

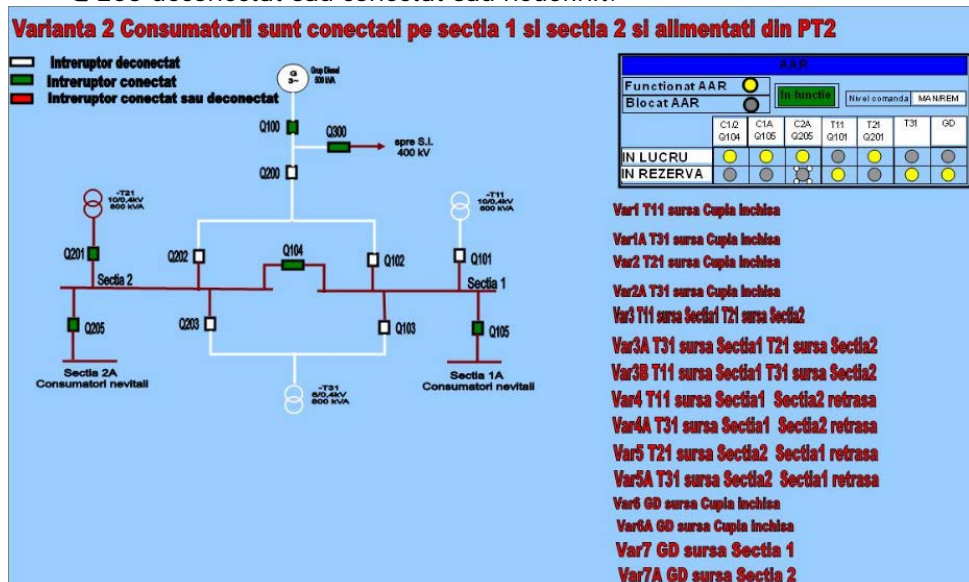


Fig. 8. 6 Varianta 2 AAR

178 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- Varianta 2A:
 - Q104 și Q 203 conectate;
 - Q101, Q103, Q 201, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

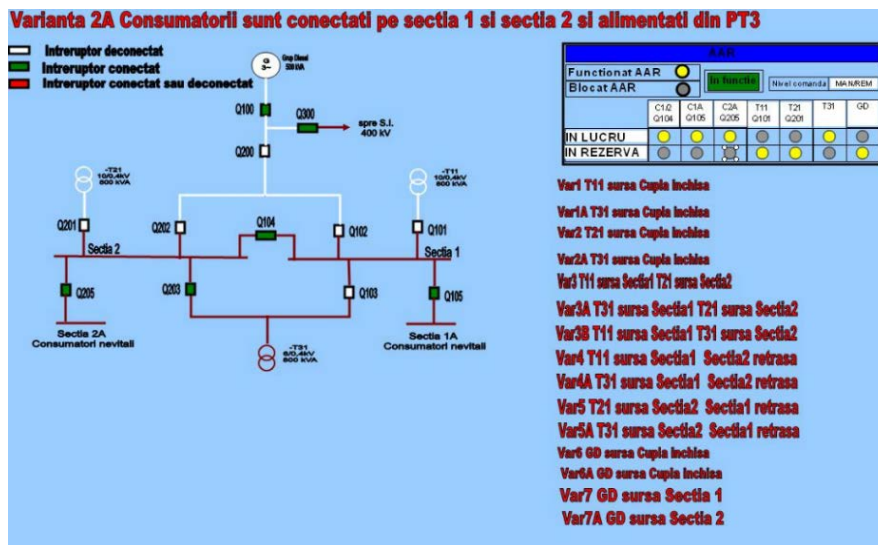


Fig. 8. 7 Varianta 2A AAR

- Varianta 3:
 - Q101 și Q 201 conectate;
 - Q104, Q103, Q 203, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

8.3. Schema normală de funcționare a AAR179

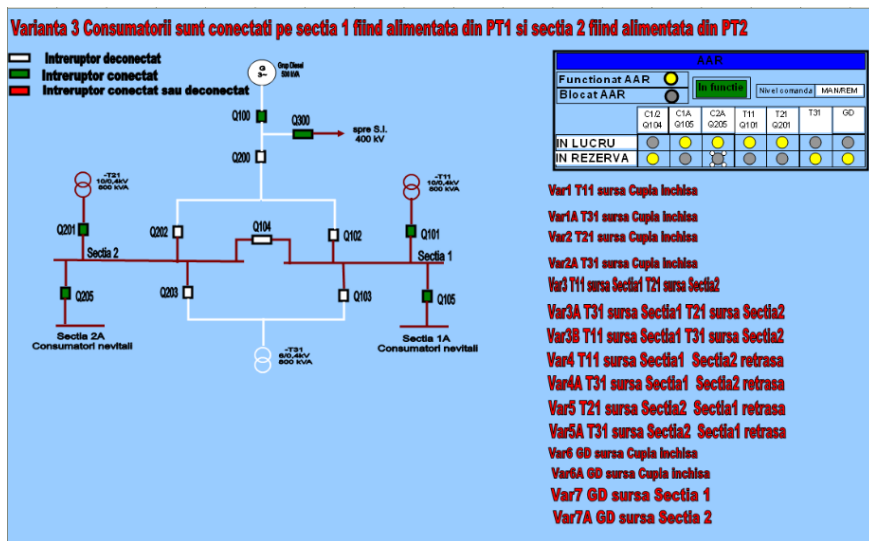


Fig. 8. 8 Varianta 3 AAR

- Varianta 3A:
 - Q103 și Q 201 conectate;
 - Q104, Q101, Q 203, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

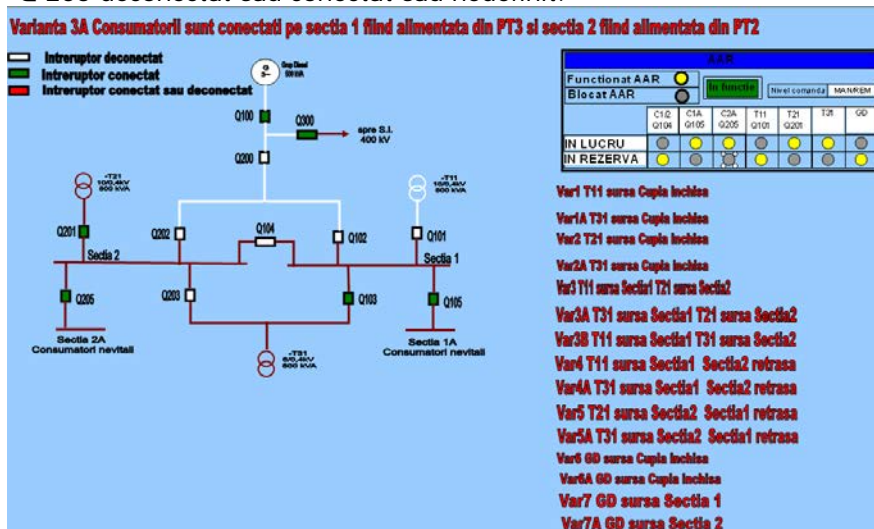


Fig. 8. 9 Varianta 3A AAR

- Varianta 3B:
 - Q101 și Q 203 conectate;
 - Q104, Q103, Q 201, Q102 și Q202 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;

180 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
- Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
- Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit.

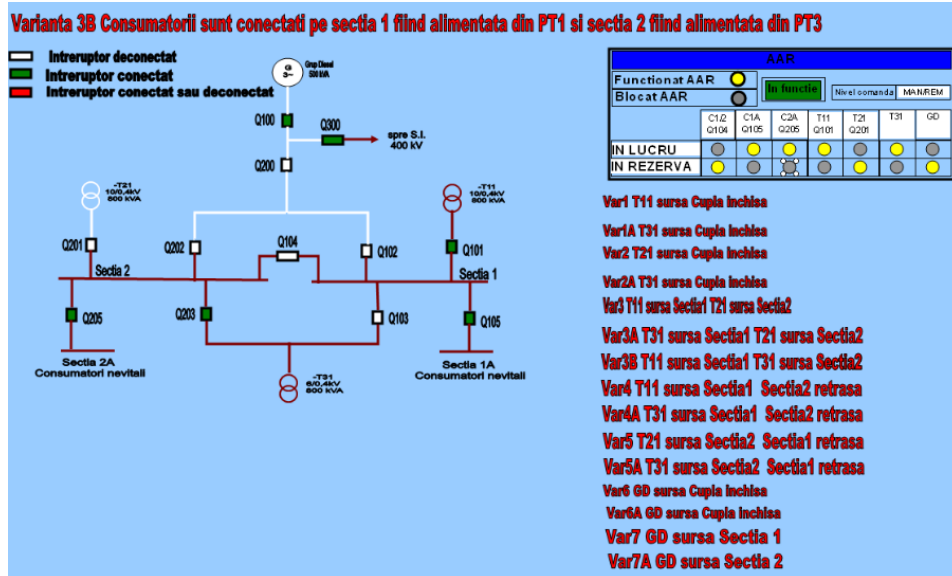


Fig. 8. 10 Varianta 3B AAR

- Varianta 4: Toți consumatorii sunt conectați pe secția 1. Secția 2 și T21 sunt retrase din exploatare:
 - Q101 conectat;
 - Q104, Q103, Q202, Q203 și Q102 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 201 deconectat sau conectat sau nedefinit.

8.3. Schema normală de funcționare a AAR181

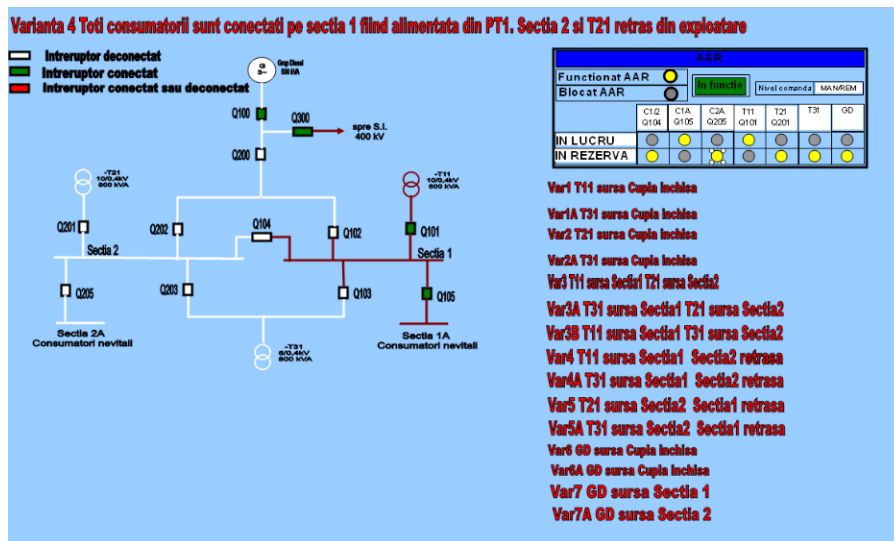


Figura 8. 11 Varianta 4 AAR

- Varianta 4A: Toți consumatorii sunt conectați pe secția 1. Secția 2 și T21 sunt retrase din exploatare:
 - Q103 conectat;
 - Q104, Q101, Q202, Q203 și Q102 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 201 deconectat sau conectat sau nedefinit.

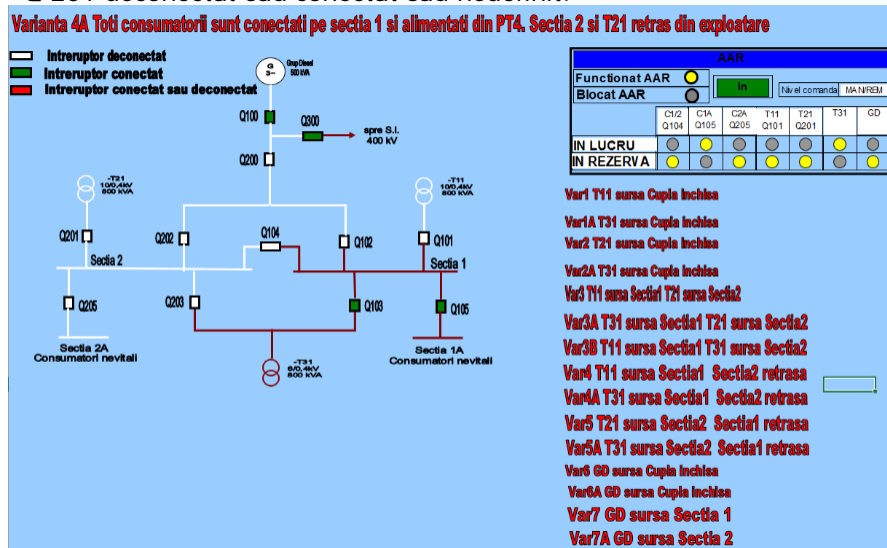


Fig. 8. 12 Varianta 4A AAR

182 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- Varianta 5: Toți consumatorii sunt conectați pe secția 2. Secția 1 și T11 sunt retrase din exploatare:
 - Q201 conectat;
 - Q104, Q103, Q202, Q203 și Q102 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 101 deconectat sau conectat sau nedefinit.

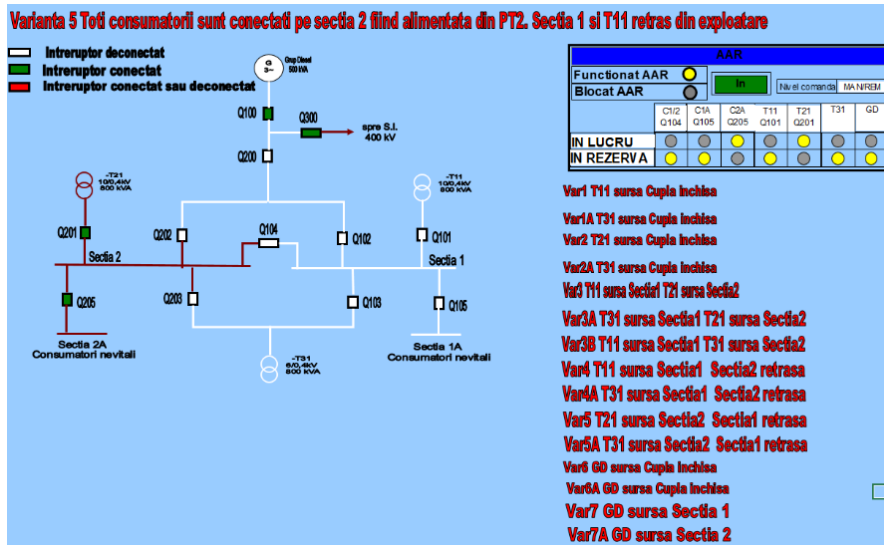


Fig. 8. 13 Varianta 5A AAR

- Varianta 5A: Toți consumatorii sunt conectați pe secția 2. Secția 1 și T11 sunt retrase din exploatare:
 - Q203 conectat;
 - Q104, Q103, Q202, Q201 și Q102 deconectate;
 - Grupul diesel oprit sau pornit sau nedefinit;
 - Q200 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 205 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q 101 deconectat sau conectat sau nedefinit.

8.3. Schema normală de funcționare a AAR183

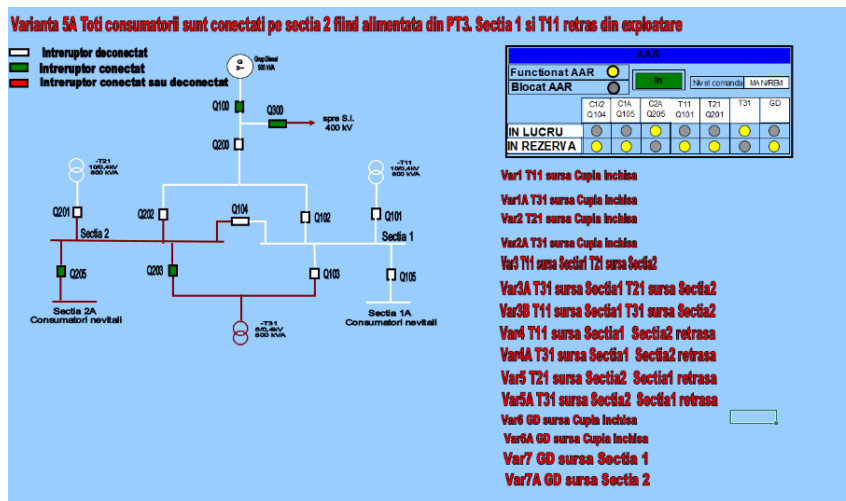


Fig. 8. 14 Varianta 5A AAR

Schema de funcționare de siguranță pe grupul diesel poate fi în 4 variante de stări posibile, astfel:

- Varianta 6: Consumatorii sunt conectați pe secția 1 și secția 2.
 - Q102, Q104 și Q200 conectate;
 - Grupul diesel pornit;
 - Q 101, Q103, Q105, Q 201, Q202, Q 203, Q205, deconectate;

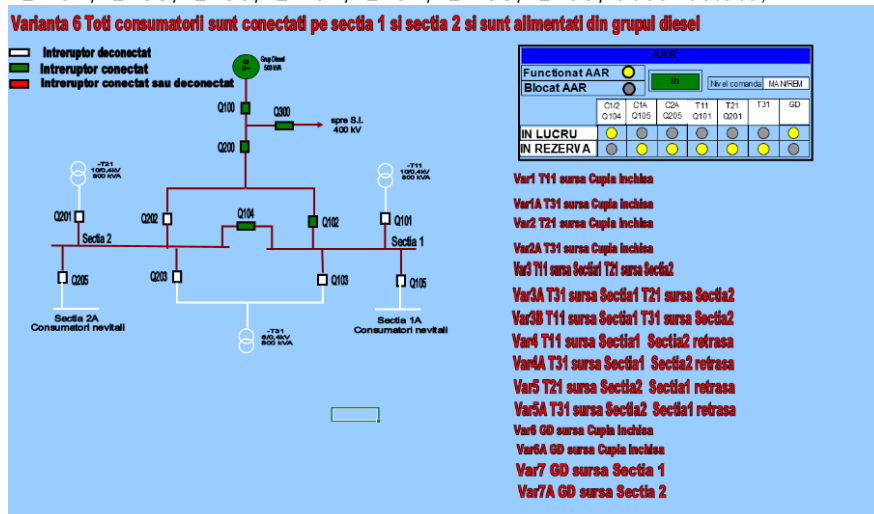


Fig. 8. 15 Varianta 6 AAR

- Varianta 6A: Consumatorii sunt conectați pe secția 1 și secția 2.
 - Q202, Q104 și Q200c conectate;
 - Grupul diesel pornit;
 - Q 101, Q103, Q105, Q 201, Q102, Q 203, Q205, deconectate;

184 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

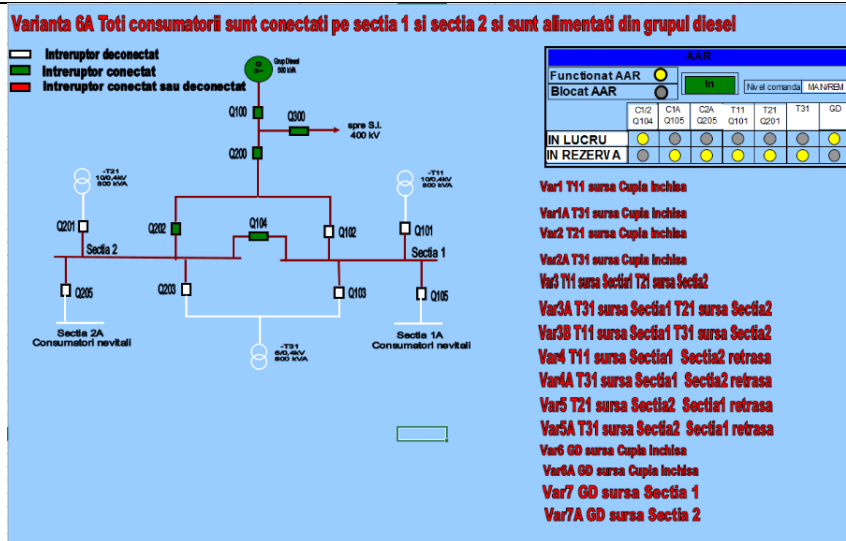


Fig. 8. 16 Varianta 6A AAR

- Varianta 7: Consumatorii sunt conectați pe secția 1. Secția 2 și T21 sunt retrase din exploatare:
 - Q102 și Q200 conectate;
 - Grupul diesel pornit;
 - Q101, Q104, Q103, Q105, Q202, Q203 deconectate;
 - Q205 deconectat sau conectat sau nedefinit;
 - Q201 deconectat sau conectat sau nedefinit.

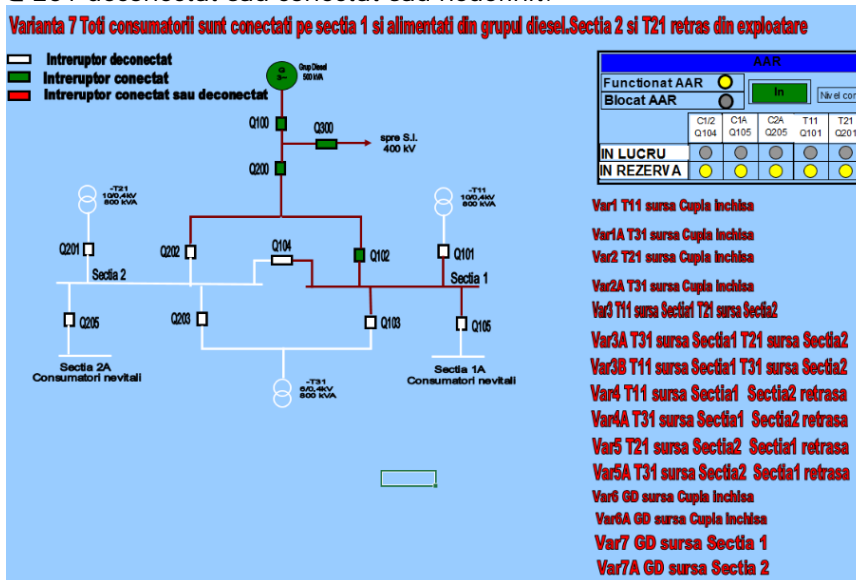


Fig. 8. 17 Varianta 7 AAR

Varianta 7A: Consumatorii sunt conectați pe secția 2. Secția 1 și T11 sunt retrase din exploatare:

8.3. Schema normală de funcționare a AAR185

- Q202 și Q200 conectate;
- Grupul diesel pornit;
- Q 201, Q104 , Q203, Q205, Q 102, Q103 deconectate;
- Q 105 deconectat sau conectat sau nedefinit;
- Q 101 deconectat sau conectat sau nedefinit.

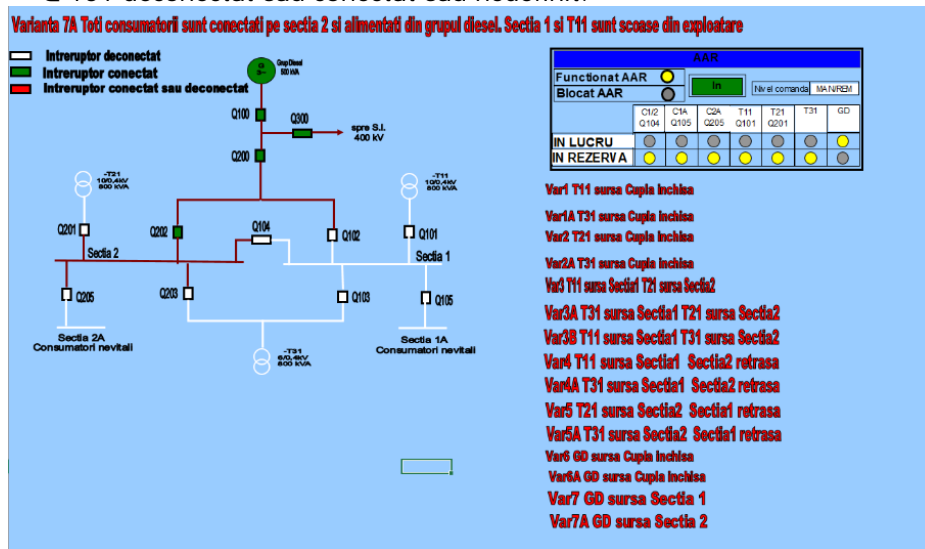


Fig. 8. 18 Varianta 7A AAR

Stările în care se poate afla instalația sunt următoarele: [107]

a) Starea „normală”:

1. în care avem disponibile sursele de bază (T11, T21, T31).

În acest caz sunt posibile variantele 1, 1A, 2, 2A și 3, 3A și 3B, în funcție de regimul ales prin manevre efectuate înainte de punerea în funcție a AAR (prin butonul IN verde sau ANULAT roșu).

2. în care avem disponibile sursele de bază și se retrage din exploatare Secția 2.

În acest caz sunt posibile variantele 4 și 4A, în funcție de regimul ales prin manevre efectuate înainte de punerea în funcție a AAR (prin butonul IN verde sau ANULAT roșu).

3. în care avem disponibile sursele de bază dar se retrage din exploatare Secția 1.

În acest caz sunt posibile variantele 5 și 5A, în funcție de regimul ales prin manevre efectuate înainte de punerea în funcție a AAR (prin butonul IN verde sau ANULAT roșu). Dacă una din sursele de bază aflate în funcțiune nu este în parametri nominali, iar una din celelalte surse, este în parametri normali, instalația AAR va trece la o schemă de preluare a tuturor consumatorilor de către cealaltă sursă, pornind de la una din stările normale de la punctul a) 1. la care ambele secții sunt în funcțiune.

8.4. Variante de funcționare a AAR

Se pot distinge următoarele situații de funcționare AAR [109]:

a) Varianta 1 fig. 8.19:

- dacă apare simultan lipsă tensiune pe secția 1 și pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 101);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 101, Q201, Q102 și Q202 sunt deconectate;

186 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

- se conectează Q 201 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T21 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 2, sau se conectează Q 203 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T21 nu este în parametri normali și tensiunea pe 0,4 kV la T31 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 2A.

b) Varianta 1A fig. 8.20:

- dacă apare simultan lipsă tensiune pe secția 1 și pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 103);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 101, Q201, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează Q 201 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T21 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 2, sau se conectează Q 101 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T21 nu este în parametri normali și tensiunea pe 0,4 kV la T11 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 1.

c) Varianta 2 fig. 8.21:

- dacă apare simultan lipsă tensiune pe secția 1 și pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 201);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 101, Q201, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează Q 101 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T11 este în parametri normali.

În acest caz am ajuns în varianta 1, sau se conectează Q 103 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T11 nu este în parametri normali și tensiunea pe 0,4 kV la T31 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 1A.

d) Varianta 2A fig. 8.22:

- dacă apare simultan lipsă tensiune pe secția 1 și pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 203);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 101, Q201, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează 201 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T21 este în parametri normali.

În acest caz am ajuns în varianta 2, sau se conectează Q 101 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T21 nu este în parametri normali și tensiunea pe 0,4 kV la T11 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 1.

e) Varianta 3 scenariul 1 fig. 8.23:

8.4. Variante de funcționare a AAR187

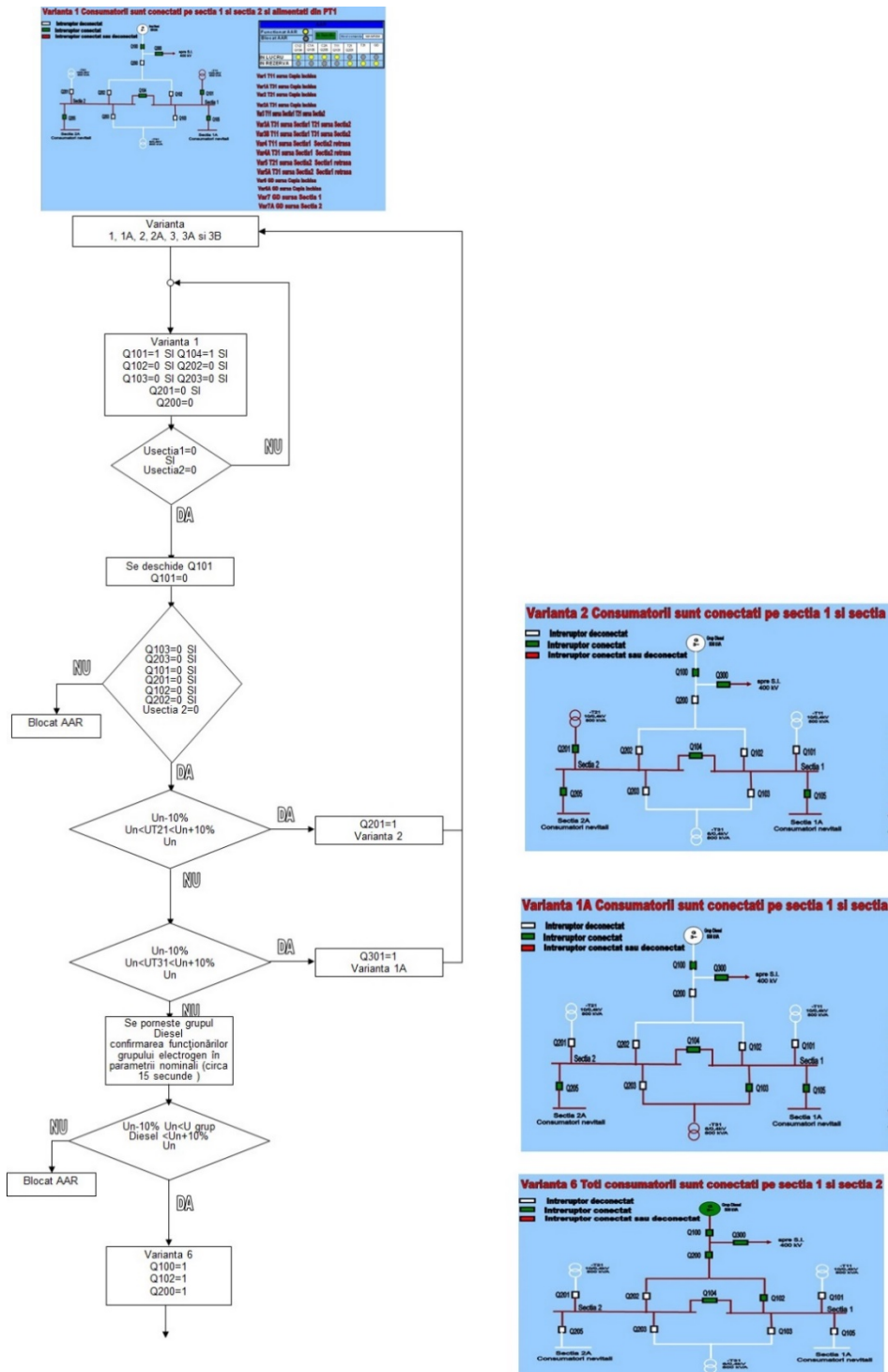


Fig. 8. 19 Funcționare AAR din varianta 1

188 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

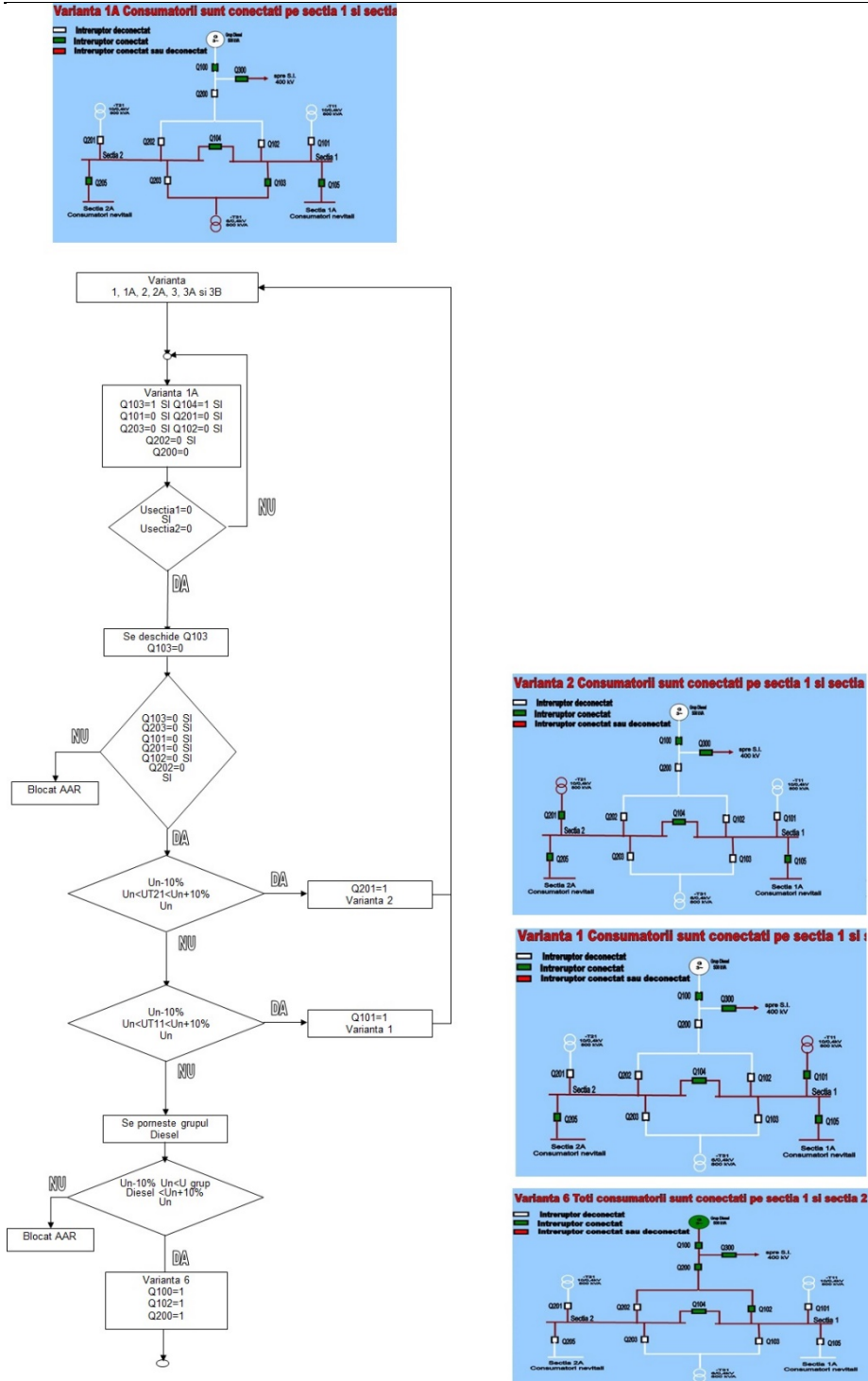


Fig. 8. 20 Funcționare AAR din varianta 1A

8.4. Variante de funcționare a AAR189

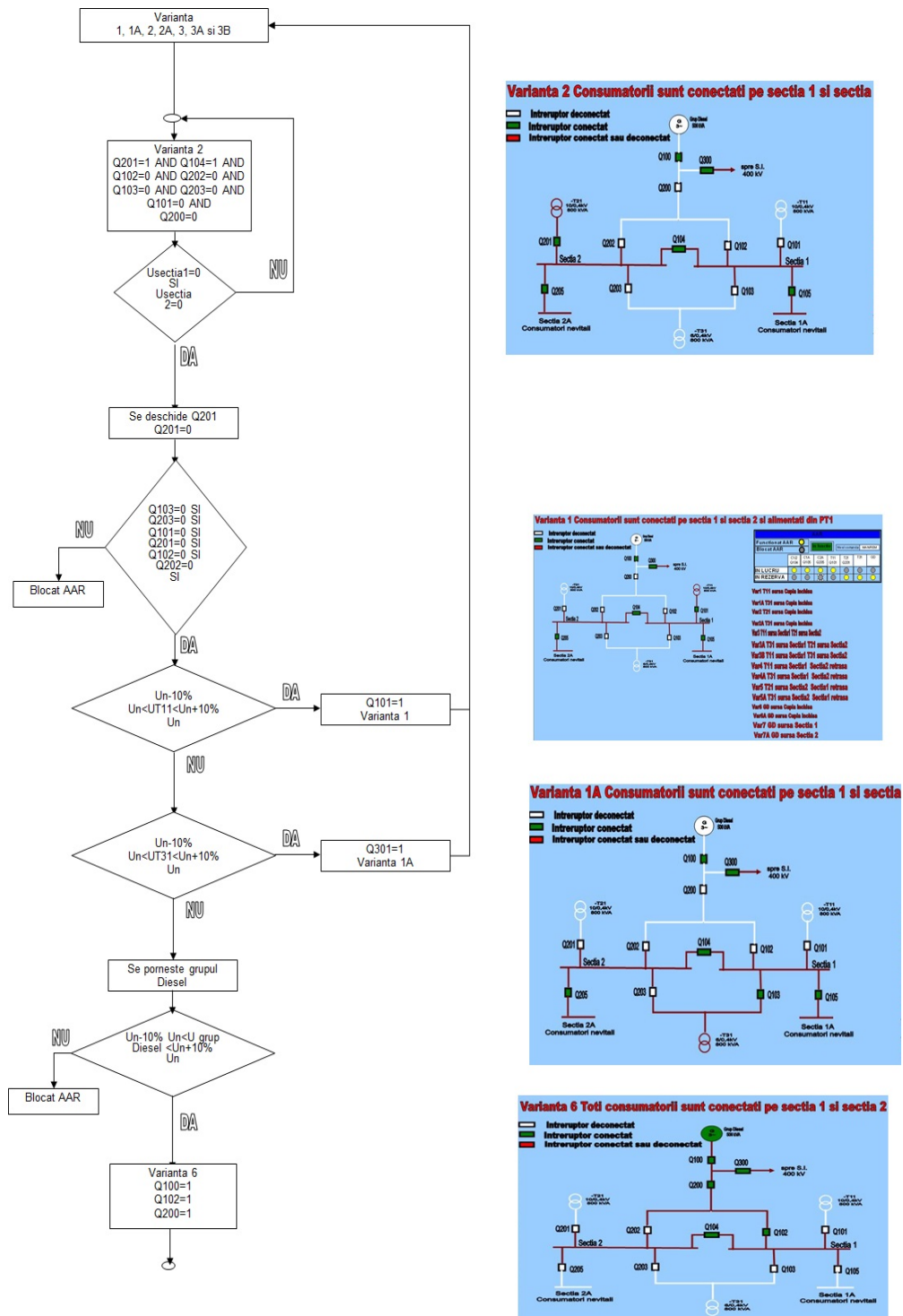


Fig. 8. 21 Funcționare AAR din varianta 2

190 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

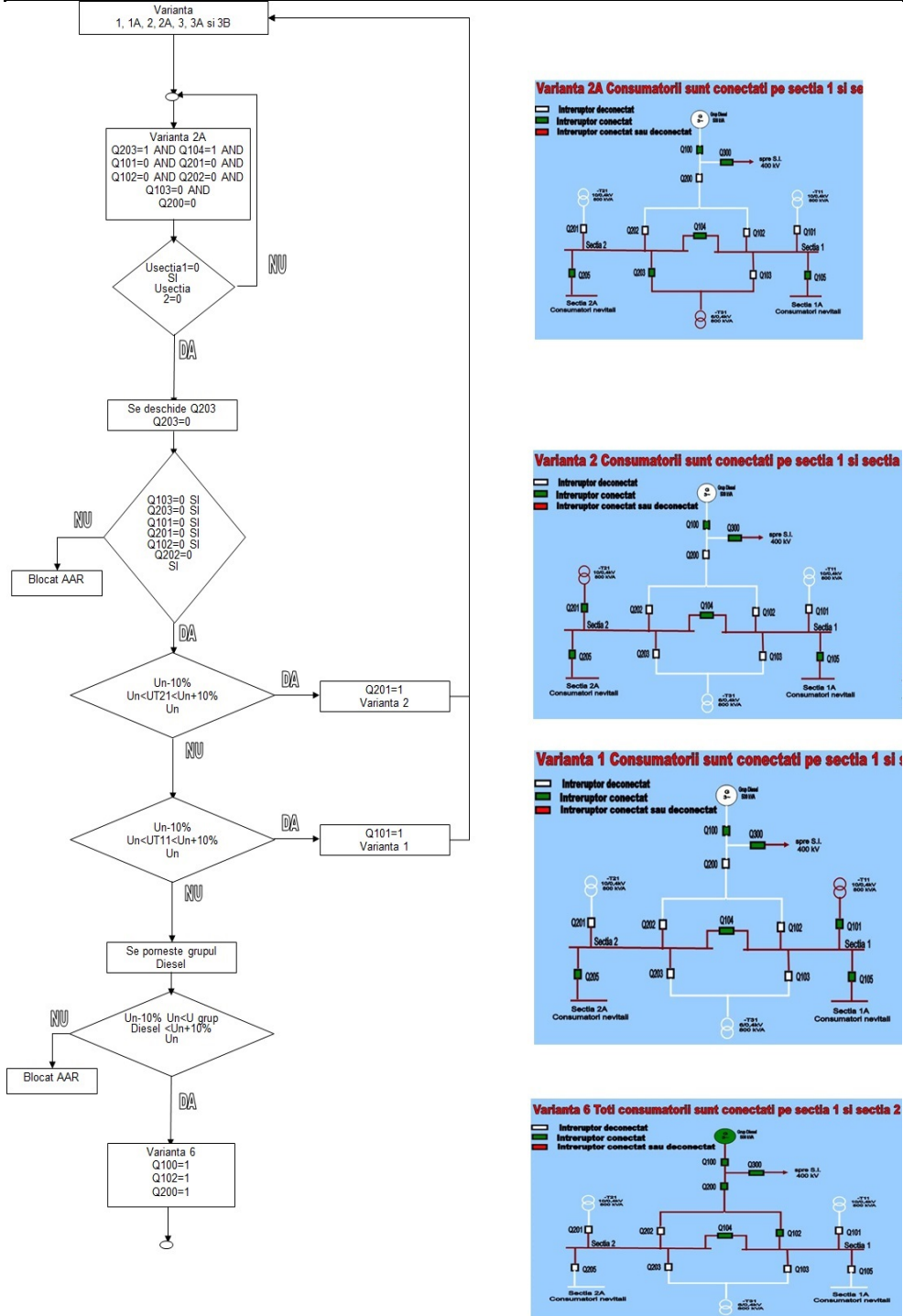


Fig. 8. 22 Funcționare AAR din varianta 2A

8.4. Variante de funcționare a AAR191

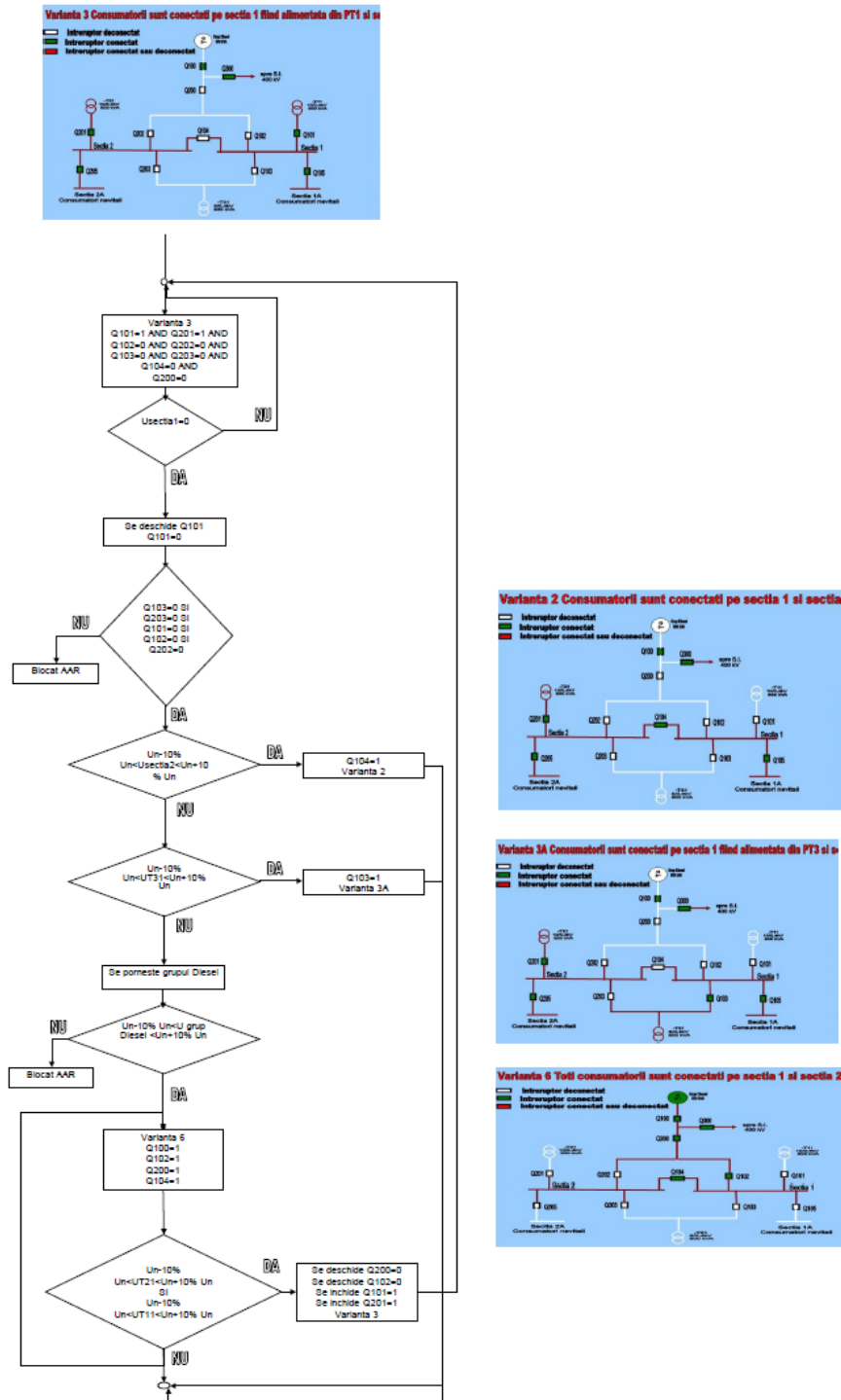


Fig. 8. 23 Funcționare AAR din varianta 3A

192 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

f) Varianta 3, scenariul 2 fig. 8.24_[109]

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 201);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 201, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează Q 104 dacă tensiunea pe secția 1 este în parametri normali.

În acest caz am ajuns în varianta 1. Sau se conectează Q 203 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T31 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 3B

g) Varianta 3A scenariul 1 fig. 8.25:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 1;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 103);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 101, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează Q 104 dacă tensiunea pe secția 2 este în parametri normali.

În acest caz am ajuns în varianta 2. Sau se conectează Q 101 dacă tensiunea pe 0.4 kV la T11 este în parametri normali. În acest caz am ajuns în varianta 3.

h) Varianta 3B scenariul 1 fig. 8.26:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 1;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 101);
- se verifică dacă Q103, Q104, Q 101, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează Q 104 dacă tensiunea pe secția 2 este în parametri normali.

În acest caz am ajuns în varianta 2A.

i) Varianta 3B scenariul 2:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 203);
- se verifică dacă Q103, Q203, Q 201, Q102 și Q202 sunt deconectate;
- se conectează Q 104 dacă tensiunea pe secția 2 este în parametri normali.

În acest caz am ajuns în varianta 1.

8.4. Variante de funcționare a AAR193

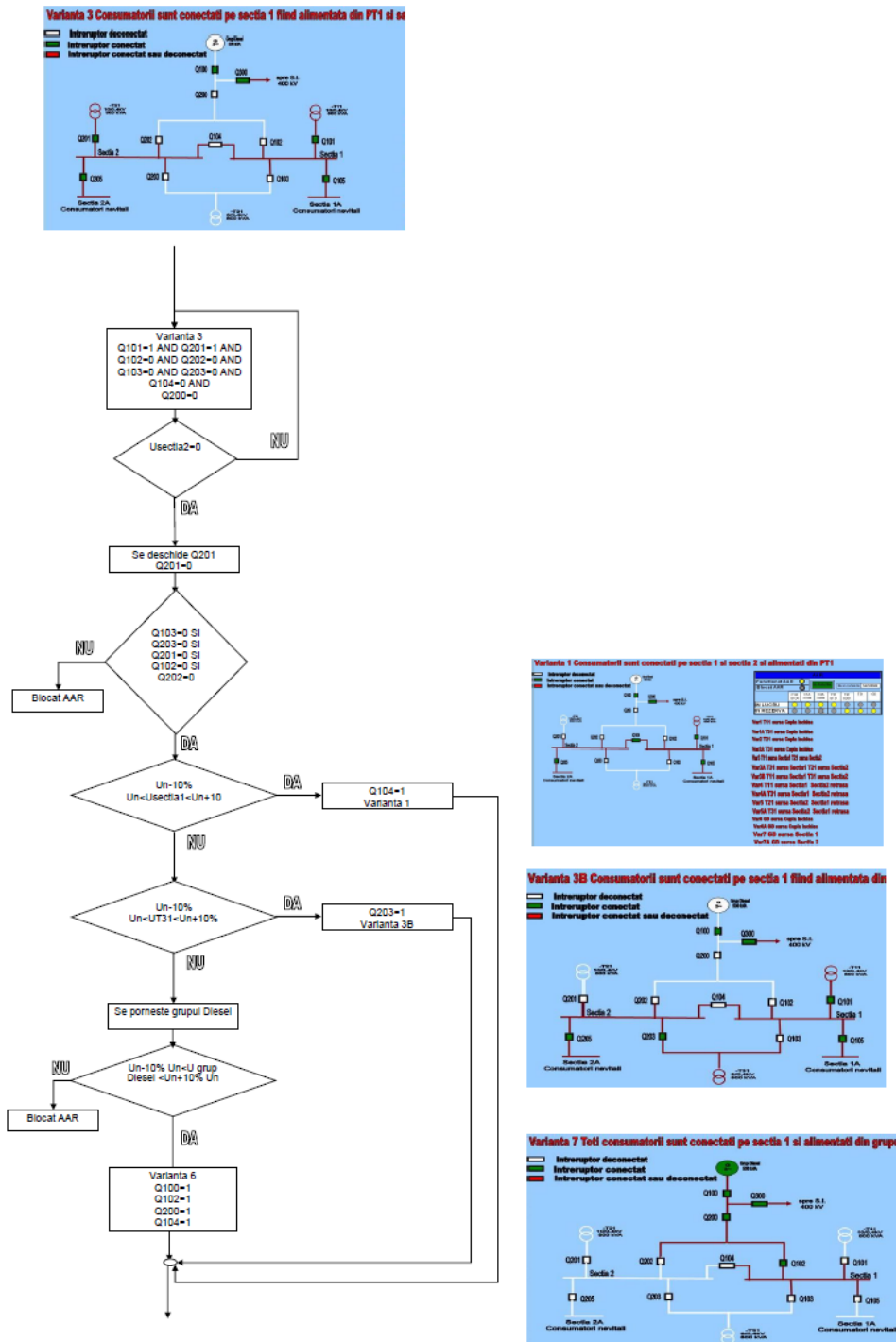


Fig. 8. 24 Funcționare AAR din varianta 3 scenariul 2

194 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

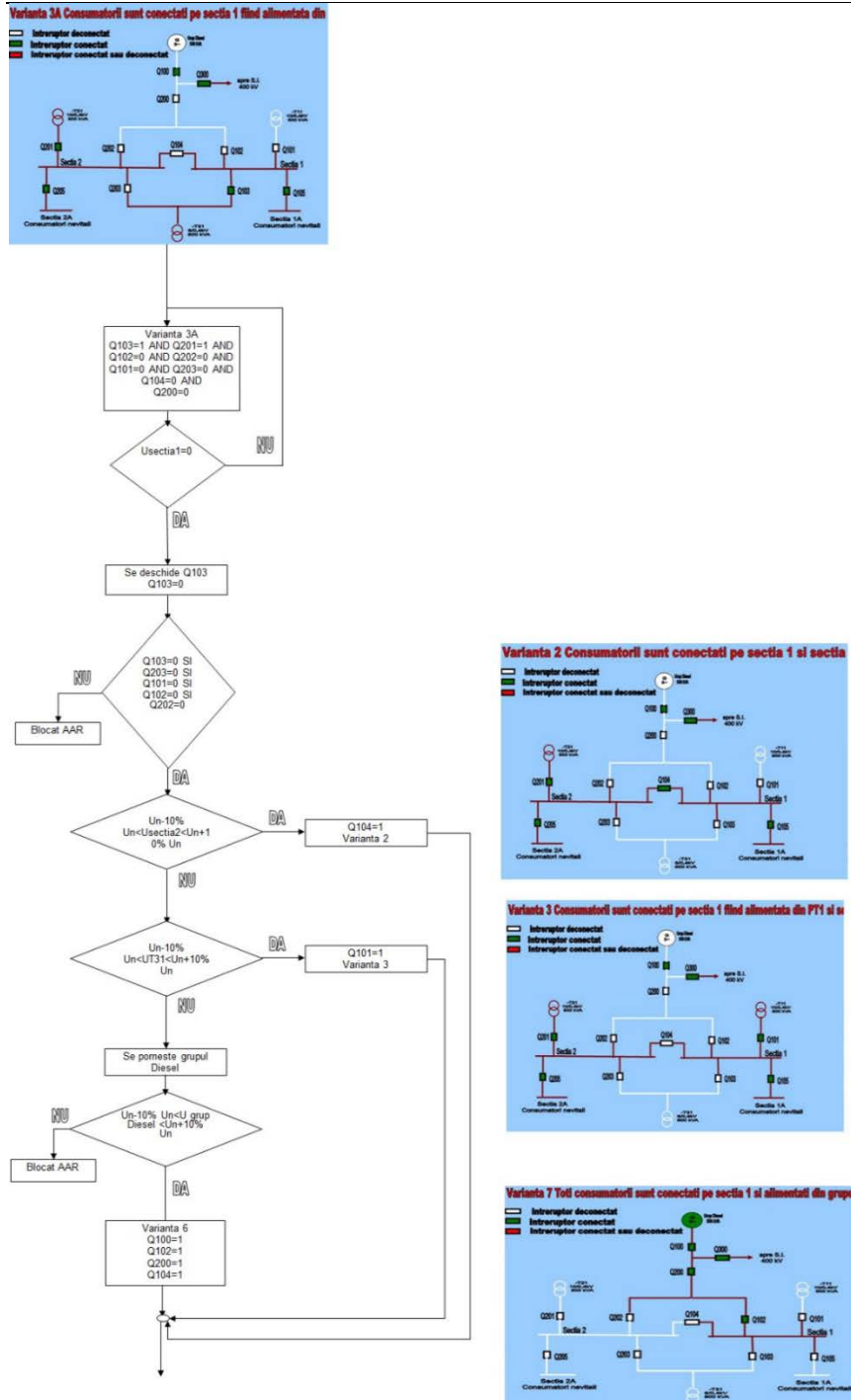


Fig. 8. 25 Funcționare AAR din varianta 3A scenariul 1

j) Varianta 6 Fig.8.26:

Dacă revine tensiunea la sursa T11 se dă comanda de deschidere la Q102 și Q202, iar după confirmarea poziției deschis a lui Q 102 și Q202 se închide Q 101, după care temporizat se dă comanda de închidere la Q105 și Q205. În acest caz am ajuns în varianta 1 (dacă Q104 este conectat).

Dacă revine tensiunea la sursa T21 se dă comanda de deschidere la Q102 și Q202, iar după confirmarea poziției deschis a lui Q 102 și Q202 se închide Q 201, după care temporizat se dă comanda de închidere la Q105 și Q205. În acest caz am ajuns în varianta 2(dacă Q104 este conectat).

Dacă revine tensiunea la sursa T31 se dă comanda de deschidere la Q102 și Q202, iar după confirmarea poziției deschis a lui Q 102 și Q202 se închide Q 103, după care temporizat se dă comanda de închidere la Q105 și Q205.

k) Varianta 4 secția 2 retrasă Fig.8.27:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 1;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 101);
- se verifică dacă Q101, Q103, Q104 sunt deconectate;
- este dată comanda de pornire a grupului electrogen;
- se dă comanda de deschidere la Q202;
- se dă comanda de deschidere la Q105;
- după confirmarea deschiderii lui Q202 și Q105, și confirmarea funcționării grupului electrogen în parametrii nominali se închide Q102 și Q 200. În acest caz am ajuns în varianta 7.

Dacă revine tensiunea la sursa T11 care a fost în funcțiune:

- se dă comanda de deschidere la Q102;
- se verifică poziția deconectat a lui Q102, Q103 și Q104;
- se dă comandă de închidere la întrerupătorul Q101;
- după care temporizat se da comanda de închidere la Q105. În acest caz am ajuns în varianta 4.

l) Varianta 4A secția 2 retrasă Fig.8.28:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 1;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 103);
- se verifică dacă Q101, Q103, Q104 sunt deconectate;
- este dată comanda de pornire a grupului electrogen;
- se dă comanda de deschidere la Q202;
- se dă comanda de deschidere la Q105;
- după confirmarea deschiderii lui Q202 și Q105, și confirmarea funcționării grupului electrogen în parametrii nominali se închide Q102 și Q 200. În acest caz am ajuns în varianta 7.

Dacă revine tensiunea la sursa T31 care a fost în funcțiune:

- se dă comanda de deschidere la Q102;
- se verifică poziția deconectat a lui Q102, Q101 și Q104;
- se dă comandă de închidere la întrerupătorul Q103;
- după care temporizat se dă comanda de închidere la Q105. În acest caz am ajuns în varianta 4A.

196 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

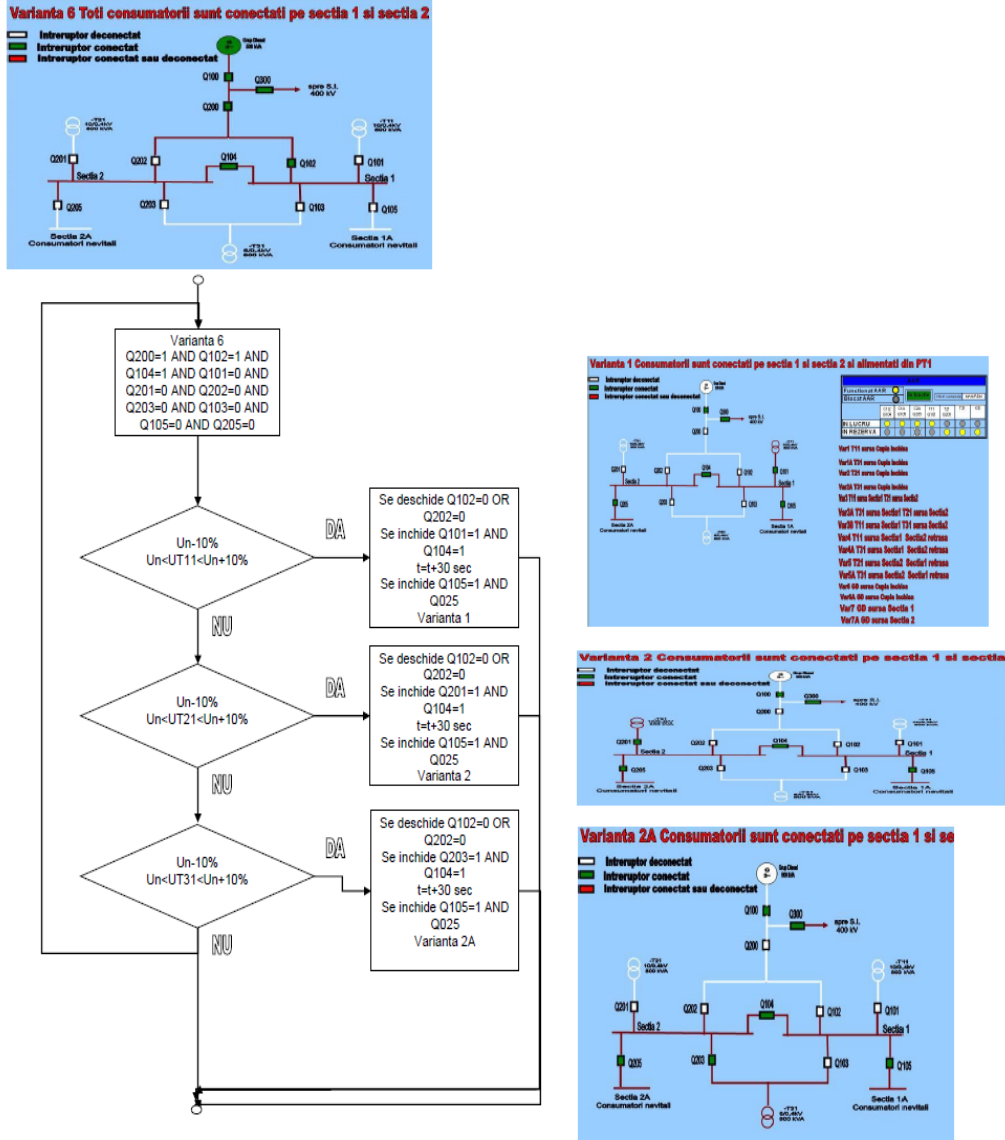


Fig. 8. 26 Funcționare AAR din varianta 6

8.4. Variante de funcționare a AAR197

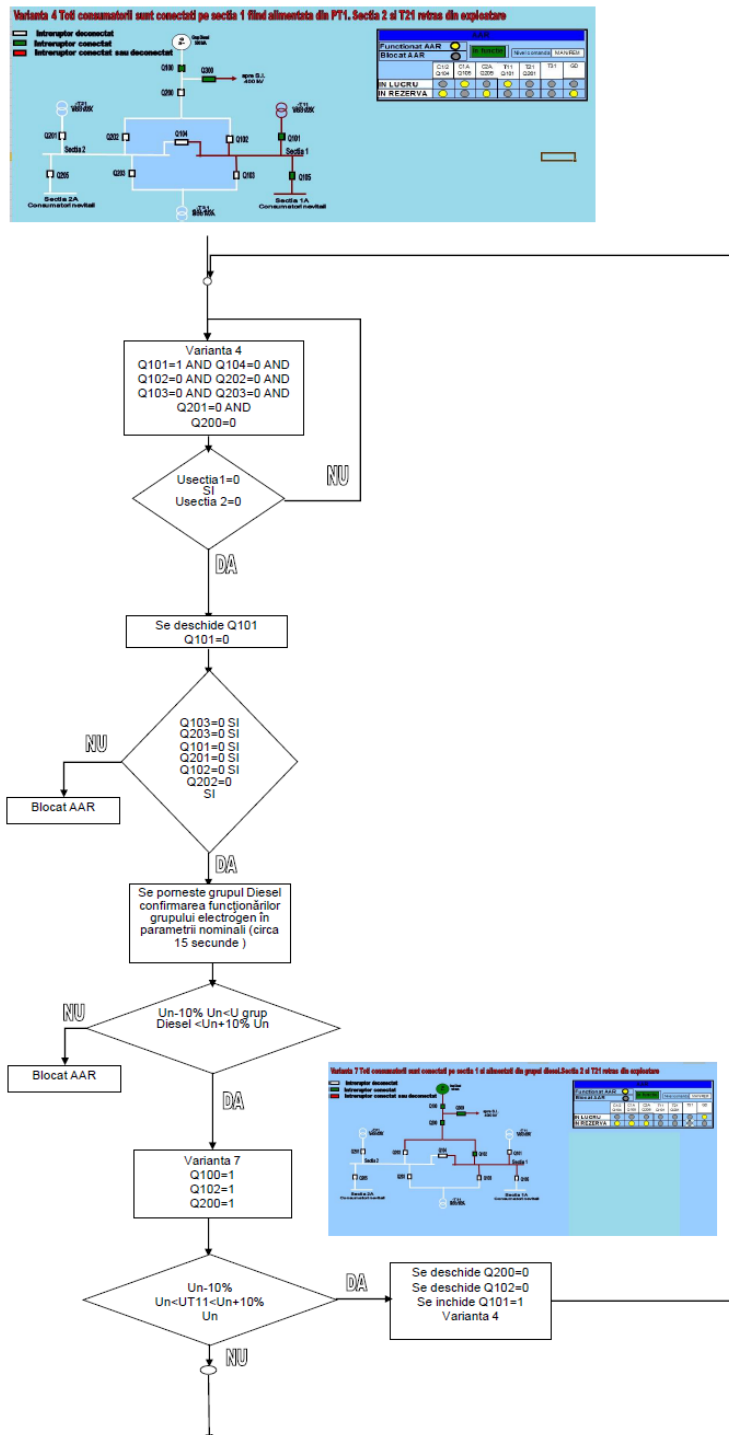


Fig. 8. 27 Funcționare AAR din varianta 4 secția 2 retrasă

198 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

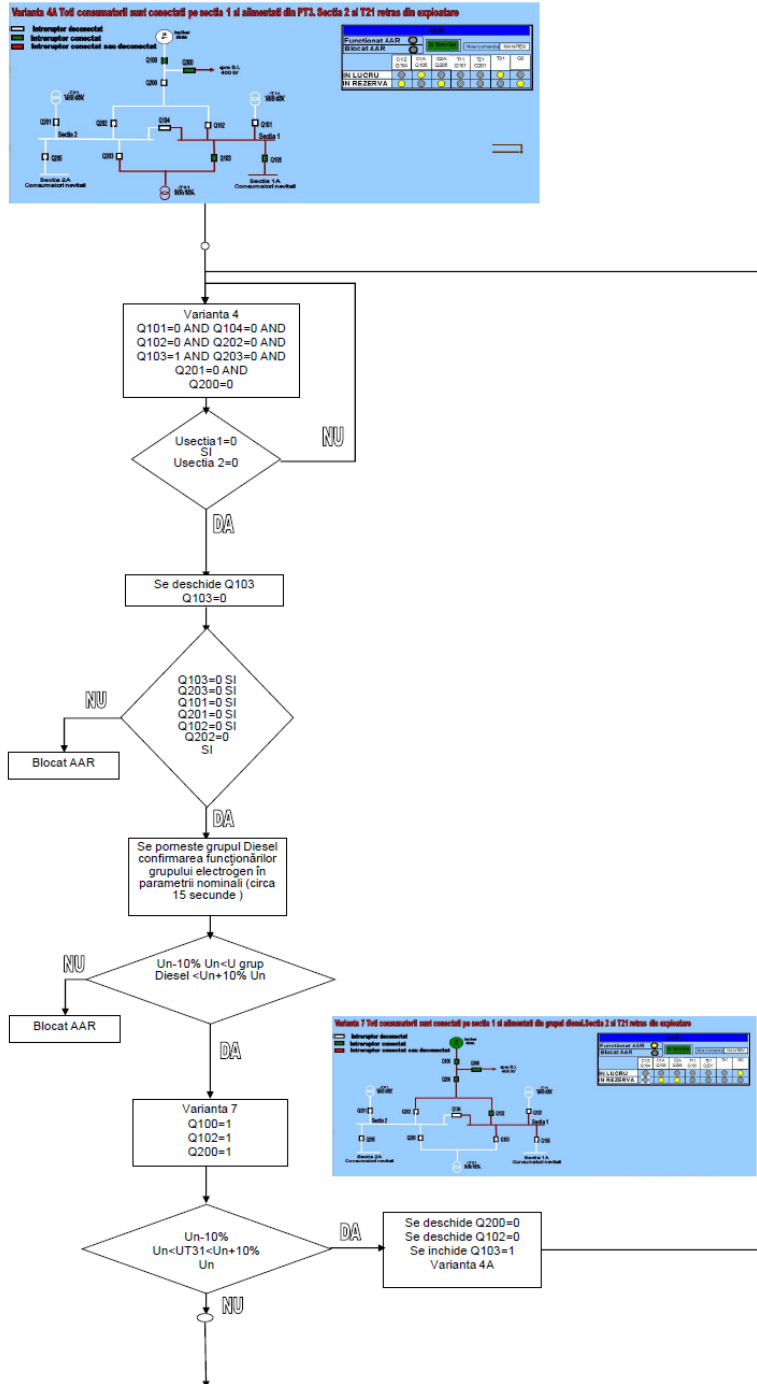


Fig. 8. 28 Funcționare AAR din varianta 4A secția 2 retrasă

8.4. Variante de funcționare a AAR199

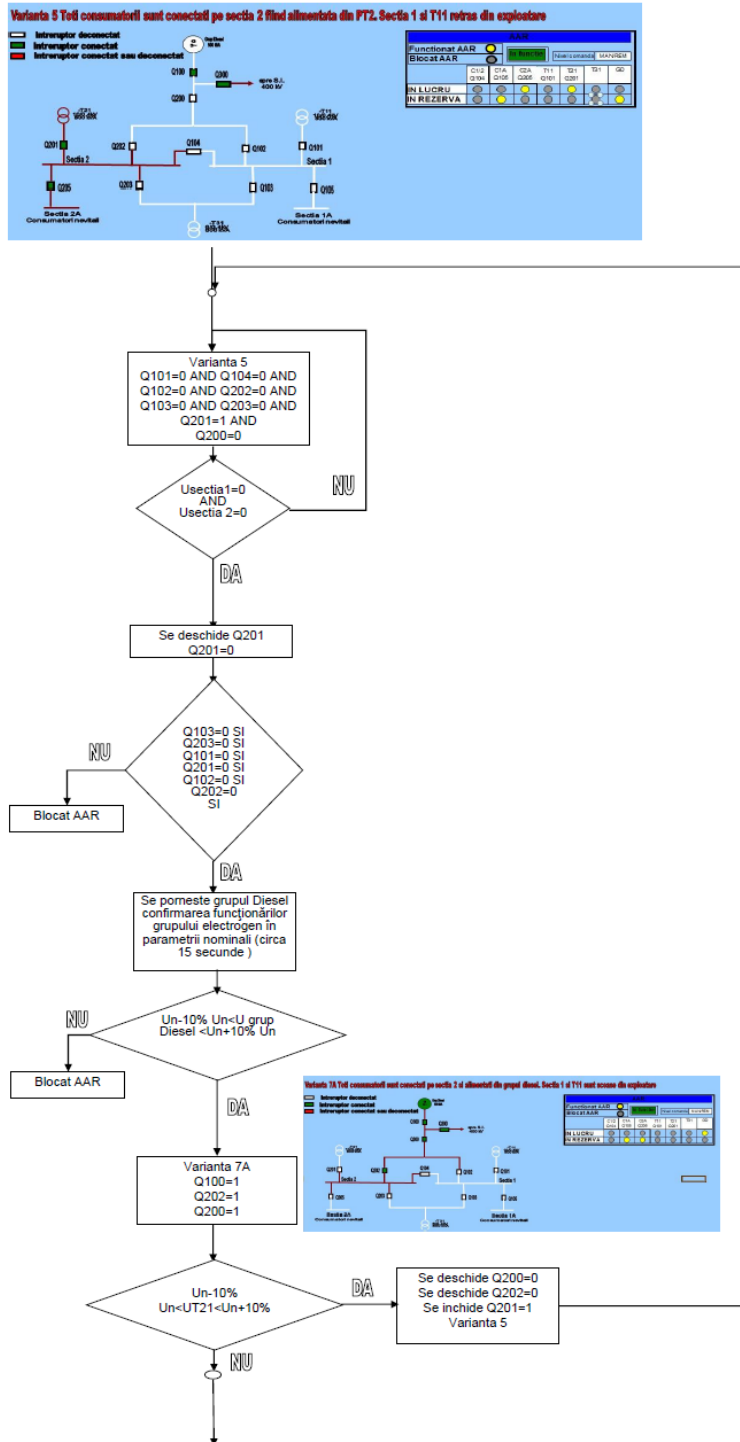


Fig. 8. 29 Funcționare AAR din varianta 5

200 COMUTAREA CONTROLATĂ A ÎNTRERUPĂTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE
CU AJUTORUL SISTEMULUI COMANDĂ CONTROL - 7

m) Varianta 5 Fig.8.29:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 201);
- se verifică dacă Q101, Q102, Q201, Q203, Q104 sunt deconectate;
- este dată comanda de pornire a grupului electrogen;
- se dă comanda de deschidere la Q205;
- după confirmarea deschiderii lui Q205, și confirmarea funcționării grupului electrogen în parametrii nominali se închide Q202. În acest caz am ajuns în varianta 7A.

Dacă revine tensiunea la sursa T21 care a fost în funcțiune:

- se dă comanda de deschidere la Q202;
- se verifică poziția deconectat a lui Q104, Q201, Q202 și Q203;
- se dă comandă de închidere la întrerupătorul Q201;
- după care temporizat se dă comanda de închidere la Q205. În acest caz am ajuns în varianta 5.

n) Varianta 5A Fig.8.30:

- dacă apare lipsă tensiune pe secția 2;
- se deconectează întrerupătorul sursei cu probleme (Q 203);
- se verifică dacă Q102, Q202, Q201, Q203, Q104 sunt deconectate;
- este dată comanda de pornire a grupului electrogen conform punctului c);
- se dă comanda de deschidere la Q205;
- după confirmarea deschiderii lui Q205, și confirmarea funcționării grupului electrogen în parametrii nominali (circa 15 secunde) se închide Q202. În acest caz am ajuns în varianta 7A.

Dacă revine tensiunea la sursa T31:

- se dă comanda de deschidere la Q202;
- se verifică poziția deconectat a lui Q104, Q201, Q202 și Q203;
- se dă comandă de închidere la întrerupătorul Q203;
- după care temporizat se da comanda de închidere la Q205.

În acest caz am ajuns în varianta 5A.

8.4. Variante de funcționare a AAR201

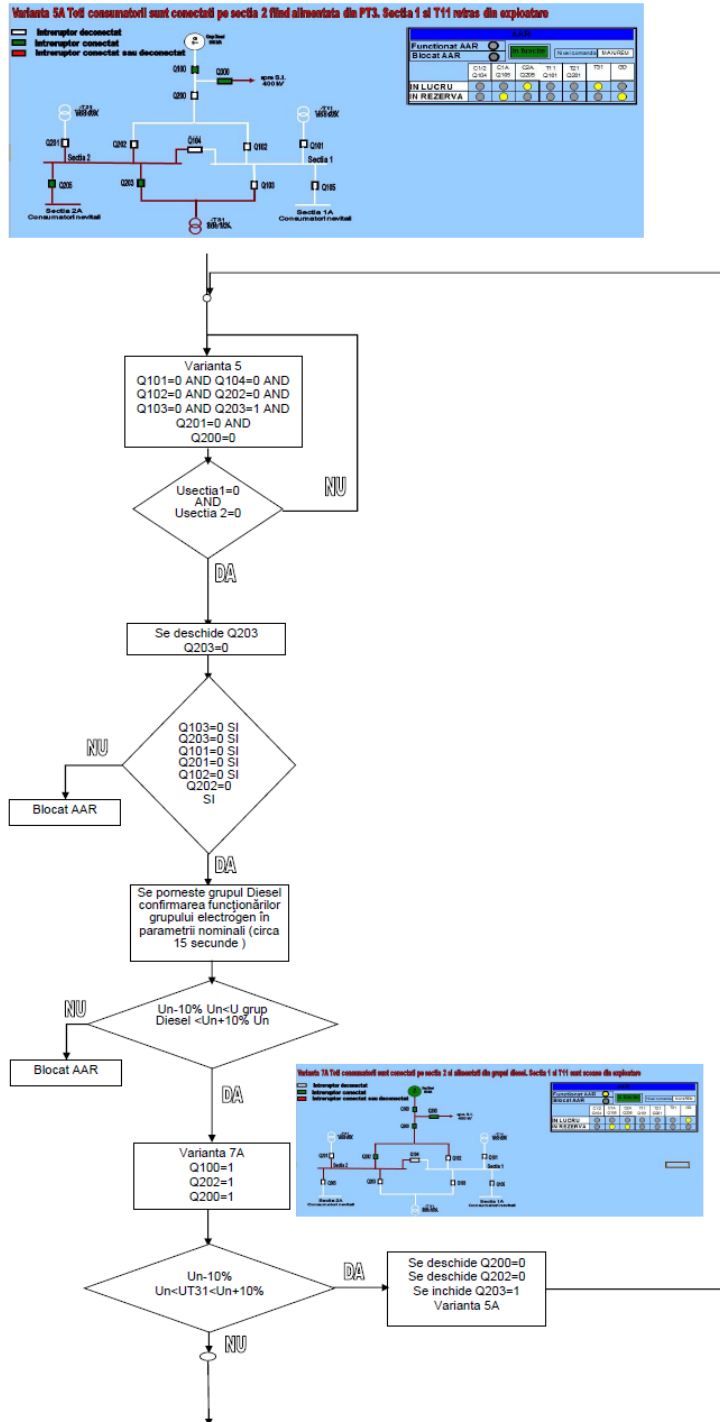


Fig. 8. 30 Funcționare AAR din varianta 5A

8.5. Simulare AAR

Simularea anclanșării automate a alimentării de rezervă cu sistemul de comandă control s-a făcut cu ajutorul limbajului de programare Visual Basic. Ecranul principal conține un grup de butoane și Led-uri care indică atât funcționarea precum și starea întrerupătoarelor ce intră în logica de AAR.

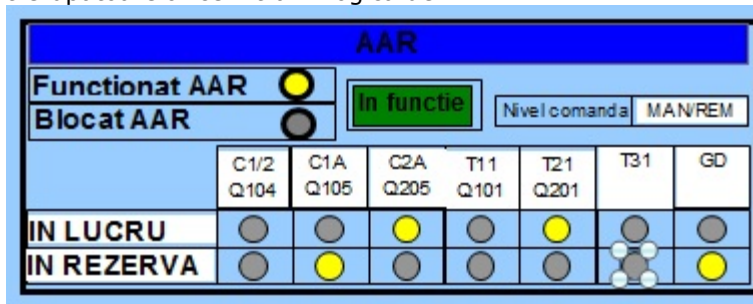


Fig. 8. 31 Panou comandă și semnalizare AAR

LED "Funcționat AAR" este colorat dinamic și dacă este activ adică are culoarea galbenă indică faptul că AAR a lucrat și nu poate să funcționeze în continuare decât după luarea la cunoștință, aceasta se face prin apăsarea butonului "In funcțiune" și butonul devine colorat în verde și automatizarea este pregătită pentru un nou ciclu.

AAR poate să fie și în starea "Anulat" semnalizată de buton în culoarea roșie în această stare AAR este scos din funcție și nu va putea să execute un ciclu de AAR decât după revenirea în starea "In funcțiune".

La apăsarea acestui buton se execută subrutina cu numele "click_buton_AAR()".

Pentru a putea să funcționeze și să arate că AAR este pregătit să avem următoarele LED-uri și butoane:

LED-ul C1/2 Q104 IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_COUPLER_1_2_IN_SERVICE.Value" în sistemul SCADA i poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q104 este conectat respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q104 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul C1/2 Q104 IN REZERVĂ legat la următorul Tag "RA_ABT_COUPLER_1_2_READY.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q104 este in rezervă adică prin conectarea întrerupătorului Q104 amândouă secțiile ar fi sub tensiune respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q104 nu este in rezervă respectiv indicația ledului este gri.

Pentru simularea acestuia prin click pe acest LED se apelează următoarea subrutină "Q104CuplaIndisp() "

LED-ul C1A Q105 IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_COUPLER_1A_SERVICE.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q105 este conectat respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q105 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul C1A Q105 IN REZERVĂ legat la următorul Tag

"RA_ABT_COUPLER_1A_READY.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q105 este in rezervă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q105 nu este in rezervă respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul C2A Q205 IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_COUPLER_2A_SERVICE.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q205 este conectat respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q205 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul C2A Q205 IN REZERVĂ legat la următorul Tag "RA_ABT_COUPLER_2A_READY.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q205 este in rezervă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q205 nu este in rezervă respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul T11 Q101 IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_TRANSFORMER_T11_IN_SERVICE.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q101 este conectat respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q101 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul T11 Q101 IN IN REZERVĂ legat la următorul Tag "RA_ABT_TRANSFORMER_T11_READY.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q101 este in rezervă adică T11 este sub tensiune și prin conectarea întrerupătorului Q101 T11 ar deveni sursă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q101 nu este in rezervă adică T11 nu este sub tensiune respectiv indicația ledului este gri.

Pentru simularea acestuia prin click pe acest LED se apelează următoarea subrutină "T11Indisp()"

LED-ul T21 Q201 IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_TRANSFORMER_T21_IN_SERVICE.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q201 este conectat respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q201 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul T21 Q201 IN IN REZERVĂ legat la următorul Tag "RA_ABT_TRANSFORMER_T21_READY.Value" în sistemul SCADA si poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q201 este in rezervă adică T21 este sub tensiune și prin conectarea întrerupătorului Q201 T21 ar deveni sursă respectiv indicația ledului este galbenă;

204 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

- 0 dacă întrerupătorul Q201 nu este în rezervă adică T21 nu este sub tensiune respectiv indicația ledului este gri.

Pentru simularea acestuia prin click pe acest LED se apelează următoarea subrutină "T21Indisp()"

LED-ul T31 IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_TRANSFORMER_T31_IN_SERVICE.Value" în sistemul SCADA și poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q103 sau Q203 este conectat adică T31 este sursă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q103 și Q203 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul T31 IN REZERVĂ legat la următorul Tag "RA_ABT_TRANSFORMER_T31_READY.Value" în sistemul SCADA și poate avea două valori:

- 1 dacă T31 este în rezervă adică T31 este sub tensiune și prin conectarea întrerupătorului Q103 sau Q203 T31 ar deveni sursă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătoarele Q103 și Q203 nu sunt pregătite sau T31 nu este sub tensiune respectiv indicația ledului este gri.

Pentru simularea acestuia prin click pe acest LED se apelează următoarea subrutină "T31Indisp()"

LED-ul GD IN LUCRU legat la următorul Tag "RA_ABT_GENERATOR_GO_IN_SERVICE.Value" în sistemul SCADA și poate avea două valori:

- 1 dacă întrerupătorul Q102 sau Q202 este conectat adică GD este sursă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătorul Q102 și Q202 este deconectat respectiv indicația ledului este gri.

LED-ul GD IN REZERVĂ legat la următorul Tag "RA_ABT_GENERATOR_GO_READY.Value" în sistemul SCADA și poate avea două valori:

- 1 dacă GD este în rezervă adică GD poate deveni sursa prin conectarea întrerupătorului Q102 sau Q202 GD ar deveni sursă respectiv indicația ledului este galbenă;
- 0 dacă întrerupătoarele Q102 și Q202 nu sunt pregătite sau GD nu este rezervă respectiv indicația ledului este gri.

Pentru simularea acestuia prin click pe acest LED se apelează următoarea subrutină "GDIndisp()".

Pentru simulare:

- se alege o variantă de funcționare prin selecția din listă printr-un click, schema monofilară se va modifica automat și ca titlu se afișează noua variantă;
- după care se deselectează sursa de rezervă prin deselectarea LED-ului corespunzător sursei dorite;
- se pune în funcție AAR prin selectarea butonului "In funcție";
- se dă click pe secția pe care tensiunea dispare. Pentru secția 1 se apelează următoarea subrutină "click_B1()" sau pentru secția 2 "click_B2()"

Dim Q100 As Integer

Dim Q101 As Integer

Dim Q102 As Integer

Dim Q103 As Integer

```
Dim Q104 As Integer
Dim Q105 As Integer
Dim Q200 As Integer
Dim Q201 As Integer
Dim Q202 As Integer
Dim Q203 As Integer
Dim Q300 As Integer
Dim Q205 As Integer
Sub DeschQ202()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 2").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ101()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 27").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ104()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ200()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 14").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ100()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 12").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ105()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 56").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ205()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 64").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub DeschQ300()
```

206 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 23").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ100()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 12").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ300()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 23").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ200()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 14").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ101()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 27").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ102()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 7").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ104()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ202()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 2").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ201()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 33").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
```

```

    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ105()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 56").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ103()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 46").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ203()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 44").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub InchQ205()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 64").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub var1()
    ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ101: ColQ101Con: InchQ104
    DeschQ103: DeschQ203: ColQ103203Dec: DeschQ201: ColQ201Dec
    DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200
    ColQ200Dec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 1 Consumatorii sunt
    conectati pe sectia 1 si sectia 2 si alimentati din PT1"
    CitirePozl
End Sub
Sub var1A()
    ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ103: ColQ103203Con: InchQ104
    DeschQ101: ColQ101Dec: DeschQ203: DeschQ201: ColQ201Dec
    DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 1A Consumatorii sunt
    conectati pe sectia 1 si sectia 2 si alimentati din PT3"
    CitirePozl
End Sub
Sub var2()
    ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ201: ColQ201Con: InchQ104
    DeschQ103: DeschQ203: ColQ103203Dec: DeschQ101: ColQ101Dec
    DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select

```


208 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 2 Consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 si sectia 2 si alimentati din PT2"
CitirePozl

End Sub

Sub var2A()

ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ203: ColQ103203Con: InchQ104
DeschQ101: ColQ101Dec: DeschQ103: DeschQ201: ColQ201Dec:
DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 2A Consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 si sectia 2 si alimentati din PT3"
CitirePozl

End Sub

Sub var3()

ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ101: ColQ101Con: InchQ201
ColQ201Con: DeschQ104: DeschQ103: DeschQ203: ColQ103203Dec
DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 3 Consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 fiind alimentata din PT1 si sectia 2 fiind alimentata din
PT2"
CitirePozl

End Sub

Sub var3A()

ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ103: ColQ103203Con: InchQ201
ColQ201Con: DeschQ104: DeschQ101: ColQ101Dec: DeschQ203
DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 3A Consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 fiind alimentata din PT3 si sectia 2 fiind alimentata din
PT2"
CitirePozl

End Sub

Sub var3B()

ColSectia1Con: InchQ203: ColQ103203Con: InchQ101: ColQ101Con:
DeschQ104: DeschQ103: DeschQ201: ColQ201Dec: DeschQ102:
DeschQ202: InchQ105: InchQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 3B Consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 fiind alimentata din PT1 si sectia 2 fiind alimentata din
PT3"
CitirePozl

End Sub

Sub var4()

ColSectia1Con: ColSectia2Dec: InchQ101: ColQ101Con: DeschQ104:
DeschQ103: DeschQ203: DeschQ201: ColQ103203Dec: ColQ201Dec
DeschQ102: DeschQ202: InchQ105: DeschQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 4 Toti consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 fiind alimentata din PT1. Sectia 2 si T21 retras din
exploatare"

```
CitirePozl
End Sub
Sub var4A()
    ColSectia1Con: ColSectia2Dec: InchQ103: ColQ103203Con: DeschQ104:
    DeschQ101: DeschQ203: ColQ101Dec: ColQ201Dec: DeschQ102:
    DeschQ202: InchQ105: DeschQ205: DeschQ200: ColQ200Dec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 4A Toti consumatorii sunt
    conectati pe sectia 1 si alimentati din PT4. Sectia 2 si T21 retras din
    exploatare"
    CitirePozl
End Sub
Sub var5()
    ColSectia1Dec: ColSectia2Con: InchQ201: ColQ201Con: DeschQ104:
    DeschQ103: DeschQ203: ColQ103203Dec: ColQ101Dec: DeschQ102
    DeschQ202: InchQ205: DeschQ105: DeschQ200: ColQ200Dec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 5 Toti consumatorii sunt
    conectati pe sectia 2 fiind alimentata din PT2. Sectia 1 si T11 retras din
    exploatare"
    CitirePozl
End Sub
Sub var5A()
    ColSectia1Dec: ColSectia2Con: InchQ203: ColQ103203Con: DeschQ104:
    DeschQ103: DeschQ202: DeschQ201: ColQ201Dec: ColQ101Dec
    DeschQ102: DeschQ202: InchQ205: DeschQ105: DeschQ200: ColQ200Dec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 5A Toti consumatorii sunt
    conectati pe sectia 2 fiind alimentata din PT3. Sectia 1 si T11 retras din
    exploatare"
    CitirePozl
End Sub
Sub var6()
    ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ102: InchQ104: InchQ200:
    ColQ200Con: InchQ100: DeschQ101: DeschQ103: DeschQ105
    DeschQ201: DeschQ202: DeschQ203: DeschQ205: ColQ103203Dec
    ColQ201Dec: ColQ101Dec: ColSect1ADec: ColSect2ADec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 6 Toti consumatorii sunt
    conectati pe sectia 1 si sectia 2 si sunt alimentati din grupul diesel"
    CitirePozl
End Sub
Sub var6A()
    ColSectia1Con: ColSectia2Con: InchQ202: InchQ104: InchQ200:
    ColQ200Con: InchQ100: DeschQ101: DeschQ103: DeschQ105
    DeschQ201: DeschQ102: DeschQ203: DeschQ205: ColQ103203Dec
    ColQ201Dec: ColQ101Dec: ColSect1ADec: ColSect2ADec
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
    Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 6A Toti consumatorii sunt
    conectati pe sectia 1 si sectia 2 si sunt alimentati din grupul diesel"
    CitirePozl
```

210 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

End Sub

Sub var7()

ColSectia1Con: ColSectia2Dec: InchQ102: InchQ200: InchQ100:
ColQ200Con: DeschQ101: DeschQ104: DeschQ103: DeschQ105
DeschQ202: DeschQ203: DeschQ205: ColQ103203Dec: ColQ201Dec
ColQ101Dec: ColSect1ADec: ColSect2ADec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 7 Toti consumatorii sunt
conectati pe sectia 1 si alimentati din grupul diesel.Sectia 2 si T21 retras din
exploatare"
CitirePozI

End Sub

Sub var7A()

ColSectia1Dec: ColSectia2Con: InchQ202: InchQ200: InchQ100:
ColQ200Con: DeschQ201: DeschQ104: DeschQ203: DeschQ205
DeschQ102: DeschQ103: DeschQ105: ColQ103203Dec: ColQ201Dec
ColQ101Dec: DeschQ105: DeschQ101: ColSect1ADec: ColSect2ADec
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 7A Toti consumatorii sunt
conectati pe sectia 2 si alimentati din grupul diesel. Sectia 1 si T11 sunt
scoase din exploatare"
CitirePozI

End Sub

Sub DeschQ102()

ActiveSheet.Shapes("Rectangle 7").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid

End Sub

Sub DeschQ103()

ActiveSheet.Shapes("Rectangle 46").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid

End Sub

Sub DeschQ201()

ActiveSheet.Shapes("Rectangle 33").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid

End Sub

Sub DeschQ203()

ActiveSheet.Shapes("Rectangle 44").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid

End Sub

Sub NedQ200()

ActiveSheet.Shapes("Rectangle 14").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoFalse

```
End Sub
Sub NedQ105()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 56").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoFalse
End Sub
Sub NedQ205()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 64").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoFalse
End Sub
Sub ColQ200Dec()
    ActiveSheet.Shapes("Line 17").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("AutoShape 16").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("AutoShape 15").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 21").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 22").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 13").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Oval 9").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub ColQ200Con()
    ActiveSheet.Shapes("AutoShape 16").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("AutoShape 15").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 17").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 22").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 21").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 13").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
```

212 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 9").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub ColQ101Dec()
  ActiveSheet.Shapes("Line 29").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 32").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 30").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ201Dec()
  ActiveSheet.Shapes("Line 35").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 54").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 53").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ103203Dec()
  ActiveSheet.Shapes("AutoShape 50").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 51").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 36").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 38").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ105Dec()
  ActiveSheet.Shapes("Line 57").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 68").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ205Dec()
```

```
ActiveSheet.Shapes("Line 65").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 25").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Range("K36").Select
End Sub
Sub ColQ101Con()
ActiveSheet.Shapes("Line 29").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 32").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 30").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ201Con()
ActiveSheet.Shapes("Line 35").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 54").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 53").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ105Con()
ActiveSheet.Shapes("Line 68").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 57").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ205Con()
ActiveSheet.Shapes("Line 65").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 25").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColQ103203Con()
ActiveSheet.Shapes("AutoShape 50").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 51").Select
```

214 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 36").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Oval 38").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColSectia1Dec()
  ActiveSheet.Shapes("Line 58").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("WordArt 71").Select
  ActiveSheet.Shapes("Line 26").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 28").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 47").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 8").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("AutoShape 6").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 57").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 68").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColSectia2Dec()
  ActiveSheet.Shapes("Line 66").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 69").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("AutoShape 4").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 3").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 34").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
```

```
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 45").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 25").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 65").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColSectia1Con()
    ActiveSheet.Shapes("Line 58").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("WordArt 71").Select
    ActiveSheet.Shapes("Line 26").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 28").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 8").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 47").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("AutoShape 6").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 57").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 68").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColSectia2Con()
    ActiveSheet.Shapes("AutoShape 4").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 69").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 45").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    ActiveSheet.Shapes("Line 3").Select
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
```


216 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
ActiveSheet.Shapes("Line 34").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 66").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 25").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 65").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 16
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub NedQ201()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 33").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub NedQ101()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 27").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub ColSect1ADec()
ActiveSheet.Shapes("Line 57").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 68").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColSect2ADec()
ActiveSheet.Shapes("Line 65").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
ActiveSheet.Shapes("Line 25").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub TextVarianta()
ActiveSheet.Shapes("WordArt 90").Select
Selection.ShapeRange.TextEffect.Text = "Varianta 1"
End Sub
Sub click_B2()
'subrutina in cazul click pa B2 dispere tensiune
' subrutina in cazul lucrului AAR B1 sub tensiune
ColSectia2Dec
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17 Then
```

```

' daca si B1 este sub tensiune din cupla
  ColSectia1Dec
End If
MsgBox "lipsa tensiune Sectia2"
' se verifica ca nu este aprins a Functionat AAR
ActiveSheet.Shapes("oval 101").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
  MsgBox "A functionat AAR (Anuleaza AAR)", , "Atentie"
Else
  ActiveSheet.Shapes("Rectangle 163").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor <> 10 Then
    AAR
  Else
    MsgBox "AAR este anulat ", , "Atentie"
  End If
End If
End Sub
Sub click_B1()
' subrutina in cazul lucrului AAR B1 sub tensiune
ColSectia1Dec
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17 Then
' daca si B2 este sub tensiune din cupla
ColSectia2Dec
End If
MsgBox "lipsa tensiune Sectia1", , "Atentie"
' se verifica ca nu este aprins a Functionat AAR
ActiveSheet.Shapes("oval 101").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
  MsgBox "A functionat AAR (Anuleaza AAR)", , "Atentie"
Else
  ActiveSheet.Shapes("Rectangle 163").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor <> 10 Then
    AAR
  Else
    MsgBox "AAR este anulat ", , "Atentie"
  End If
End If
End Sub
Sub AAR()
' se citeste pozitia pentru panou AAR
CitirePozI_faraAAR
' SE VERIFICA IN PANOUL AAR daca toate sursele mai putin GD sunt
disponibile
' se verifica daca Q104 este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue

```

218 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55 Then
    Q104indisp = 1
End If
' se verifica daca Q101 este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55 Then
    Q101indisp = 1
End If
' se verifica daca Q201 este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55 Then
    Q201indisp = 1
End If
' se verifica daca T31 este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55 Then
    QT31indisp = 1
End If
If Q104indisp = 1 And Q101indisp = 1 And Q201indisp = 1 And QT31indisp
= 1 Then
    ' nici o sursa nu este disponibila mai putin GD
    var7
    GoTo 10
End If
'CAZUL 1 suntem in Varianta 1 si trece in Varianta 2
If Q101 = 1 And Q104 = 1 And Q103 = 0 And Q203 = 0 And Q201 = 0 And
Q102 = 0 And Q202 = 0 Then
    ' se verifica daca Q201 este disponibil in panoul AAR
    ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
        ' daca este rezerva Q201
        var2
    Else
        ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
        Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
        Selection.ShapeRange.Fill.Solid
        If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
        Then
            'daca este rezerva T31
            var2A
        End If
    End If
End If
```

```

        GoTo 10
    End If
    'CAZUL 1A suntem in Varianta 1A si trece in Varianta 2 sa Varianta 1
    If Q103 = 1 And Q104 = 1 And Q101 = 0 And Q203 = 0 And Q201 = 0 And Q102 =
    0 And Q202 = 0 Then
        ' se verifica daca Q201 este disponibil in panoul AAR
        ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
        Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
        Selection.ShapeRange.Fill.Solid
        If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
            ' daca este rezerva Q201
            var2
        Else
            ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
            Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
            Selection.ShapeRange.Fill.Solid
            If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
                'daca este rezerva T11
                var1
            End If
        End If
        GoTo 10
    End If

    'CAZUL 2 suntem in Varianta 2 si trece in Varianta 1 sa Varianta 1A
    If Q201 = 1 And Q104 = 1 And Q103 = 0 And Q203 = 0 And Q102 = 0 And Q101 =
    0 And Q202 = 0 Then
        ' se verifica daca Q201 este disponibil in panoul AAR
        ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
        Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
        Selection.ShapeRange.Fill.Solid
        If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
            ' daca este rezerva Q101
            var1
        Else
            ' sau Q103
            ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
            Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
            Selection.ShapeRange.Fill.Solid
            If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
                'daca este rezerva T31
                var1A
            End If
        End If
        GoTo 10
    End If

    'CAZUL 2A suntem in Varianta 2A si trece in Varianta 1 sa Varianta 1A
    If Q203 = 1 And Q104 = 1 And Q101 = 0 And Q103 = 0 And Q102 = 0 And Q201 =
    0 And Q202 = 0 Then
        ' se verifica daca Q201 este disponibil in panoul AAR

```

220 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    'daca este rezerva Q101
        var2
Else
    'sau Q103
    ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
        'daca este rezerva T31
            var1
    End If
End If
GoTo 10
End If
If Q101 = 1 And Q201 = 1 And Q103 = 0 And Q203 = 0 And Q102 = 0 And Q202 =
0 And Q104 = 0 Then
    ActiveSheet.Shapes("Line 26").Select
    If Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        'CAZUL 3 scenariul 1 suntem in Varianta 3 si trece in Varianta 2 si Varianta 3A
        'lipsa tensiune sectia 1
        'se verifica daca Q104 cupla este disponibil in panoul AAR
        ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
        Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
        Selection.ShapeRange.Fill.Solid
        If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
            'daca este rezerva Q104
                var2
        Else
            'sau Q125
            ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
            Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
            Selection.ShapeRange.Fill.Solid
            If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
                'daca este rezerva T31
                    var3A
            End If
        End If
    End If
    GoTo 10
End If
End If
If Q101 = 1 And Q201 = 1 And Q103 = 0 And Q203 = 0 And Q102 = 0 And Q202
= 0 And Q104 = 0 Then
    ActiveSheet.Shapes("Line 69").Select
    If Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        'CAZUL 3 scenariul 2 suntem in Varianta 1 si trece in Varianta 2 si Varianta 3B
        'lipsa tensiune sectia 2
```

```

' se verifica daca Q104 cupla este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva Q104
        var1
Else
    ' sau Q125
    ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
        'daca este rezerva T31
            var3B
    End If
End If
GoTo 10
End If
End If

If Q103 = 1 And Q201 = 1 And Q203 = 0 And Q101 = 0 And Q102 = 0 And Q202 =
0 And Q104 = 0 Then
    ActiveSheet.Shapes("Line 26").Select
    If Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        'CAZUL 3A scenariul 1 suntem in Varianta 3A si trece in Varianta 2 si Varianta 3
        ' lipsa tensiune sectia 1
        ' se verifica daca Q104 cupla este disponibil in panoul AAR
        ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
        Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
        Selection.ShapeRange.Fill.Solid
        If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
            ' daca este rezerva Q104
                var2
        Else
            ' sau Q101

            'daca este rezerva T11
                var3

        End If
        GoTo 10
    End If
End If

If Q103 = 1 And Q201 = 1 And Q203 = 0 And Q101 = 0 And Q102 = 0 And Q202
= 0 And Q104 = 0 Then
    ActiveSheet.Shapes("Line 69").Select
    If Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        'CAZUL 3A scenariul 2 suntem in Varianta 1A si trece in Varianta 2 si Varianta 3B
        ' lipsa tensiune sectia 2

```

222 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
' se verifica daca Q104 cupla este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva Q104
        var1A
Else
    'daca este rezerva T31
        var3B

End If
GoTo 10
End If
End If

'VARAIANTA 3B

If Q101 = 1 And Q203 = 1 And Q201 = 0 And Q202 = 0 And Q102 = 0 And Q103 =
0 And Q104 = 0 Then
    ActiveSheet.Shapes("Line 26").Select
    If Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        'CAZUL 3B scenariul 1 suntem in Varianta 3B si trece in Varianta 2A si Varianta
3A
        ' lipsa tensiune sectia 1
        ' se verifica daca Q104 cupla este disponibil in panoul AAR
        ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
        Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
        Selection.ShapeRange.Fill.Solid
        If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
            ' daca este rezerva Q104
                var2A
        Else
            ' sau Q101

            'daca este rezerva T11
                var3A

        End If
        GoTo 10
    End If
End If

If Q101 = 1 And Q203 = 1 And Q201 = 0 And Q202 = 0 And Q102 = 0 And Q103
= 0 And Q104 = 0 Then
    ActiveSheet.Shapes("Line 69").Select
    If Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        'CAZUL 3B scenariul 2 suntem in Varianta 1A si trece in Varianta 2 si Varianta 3B
        ' lipsa tensiune sectia 2
        ' se verifica daca Q104 cupla este disponibil in panoul AAR
```

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva Q104
        var1
Else
    'daca este rezerva T31
        var3

End If
GoTo 10
End If
End If

'CAZUL 6 suntem in Varianta 6 GD in functie si Cupla Q104 inchisa in Varianta 1 sa
Varianta 1A
If Q100 = 1 And Q200 = 1 And Q104 = 1 And Q101 = 0 And Q201 = 0 And Q203 =
0 And Q103 = 0 And Q105 = 0 And Q205 = 0 Then

    ' se verifica daca Q101 este disponibil in panoul AAR
    ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
        ' daca este rezerva Q101
            var1
            GoTo 10
    End If
    ' se verifica daca Q201 este disponibil in panoul AAR
    ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
        ' daca este rezerva Q201
            var2
            GoTo 10
    End If
    ' se verifica daca T31 este disponibil in panoul AAR
    ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
        ' daca este rezerva Q103
            var1A
            GoTo 10
    End If

End If

End If
```


224 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
' varianta 4 Toti consumatori pe bara 1 T11 in functie , Sectia 2 retrasa
If Q101 = 1 And Q201 = 0 And Q104 = 0 And Q102 = 0 And Q202 = 0 And Q103 =
0 And Q203 = 0 Then
  ' se verifica daca GD este disponibil in panoul AAR
  ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva GD
    var7
    GoTo 10
  End If
End If

' varianta 4A Toti consumatori pe bara 1 T31 in functie , Sectia 2 retrasa
If Q103 = 1 And Q201 = 0 And Q104 = 0 And Q102 = 0 And Q202 = 0 And Q101 =
0 And Q203 = 0 Then
  ' se verifica daca GD este disponibil in panoul AAR
  ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva GD
    var7
    GoTo 10
  End If
End If

' Varianta 7 revenire GD in functie pe sectia 1 , rev pe T11 sau T31
If Q100 = 1 And Q200 = 1 And Q102 = 1 And Q101 = 0 And Q104 = 0 And Q202 =
0 And Q201 = 0 And Q203 = 0 And Q103 = 0 Then
  ' se verifica daca T11 Q101 este disponibil in panoul AAR
  ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva GD
    var4
    GoTo 10
  End If
  ' se verifica daca T31 este disponibil in panoul AAR
  ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
    ' daca este rezerva GD
    var4A
    GoTo 10
  End If
End If
```

```
' varianta 5 Toti consumatori pe bara 2 T21 in functie , Sectia 1 retrasa
If Q201 = 1 And Q202 = 0 And Q104 = 0 And Q102 = 0 And Q103 = 0 And Q101 =
0 And Q203 = 0 Then
' se verifica daca GD este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
' daca este rezerva GD
var7A
GoTo 10
End If
End If
' varianta 5b Toti consumatori pe bara 2 T31 in functie , Sectia 1 retrasa
If Q203 = 1 And Q202 = 0 And Q104 = 0 And Q102 = 0 And Q103 = 0 And Q101 =
0 And Q201 = 0 Then
' se verifica daca GD este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
' daca este rezerva GD
var7A
GoTo 10
End If
End If
' Varianta 7A revenire GD in functie pe sectia 2 , rev pe T21 sau T31
If Q100 = 1 And Q200 = 1 And Q202 = 1 And Q101 = 0 And Q104 = 0 And Q102 =
0 And Q201 = 0 And Q203 = 0 And Q103 = 0 Then
' se verifica daca T11 Q101 este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
' daca este rezerva GD
var5
GoTo 10
End If
' se verifica daca T31 este disponibil in panoul AAR
ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13 Then
' daca este rezerva GD
var5A
GoTo 10
End If
End If
```

```
10
' aprins LED lucrat RAR
  ActiveSheet.Shapes("Oval 101").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
End Sub
Sub DefectT11()
' colorare defect T11
ColorDecIT11
' selectare Q101
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 27").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17 Then
  ' este conectat Q101
  ' lipsa tensiune B1
  ColSectia1Dec
  ' se verifica daca cupla Q104 este conectata
  ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select

  If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17 Then
    ColSectia2Dec
  End If
End If
End Sub
Sub ColorDecIT11()

  ActiveSheet.Shapes("Oval 30").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 14
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 29").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 14
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 32").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 14
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
Sub ColorDecIT21()

  ActiveSheet.Shapes("Oval 30").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 14
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Line 29").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 14
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  ActiveSheet.Shapes("Oval 32").Select
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 14
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
End Sub
```

```
Sub CitirePozl ()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 12").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q100 = 0

Else
    Q100 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 27").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q101 = 0

    ActiveSheet.Shapes("Oval 115").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

    ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

Else
    Q101 = 1
    ActiveSheet.Shapes("Oval 115").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
```

228 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

End If

```
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 7").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q102 = 0
Else
    Q102 = 1
```

End If

```
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 46").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q103 = 0
Else
    Q103 = 1
```

End If

```
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q104 = 0
    ActiveSheet.Shapes("Oval 103").Select
```

```
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
```

```
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Else
  Q104 = 1
  ActiveSheet.Shapes("Oval 103").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
  Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
  Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
  Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
  Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
  Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

  ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
  Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
  Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
  Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
  Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
  Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 56").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
  Q105 = 0
  ActiveSheet.Shapes("Oval 107").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
  Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
  Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
  Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
  Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
  Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

  ActiveSheet.Shapes("Oval 109").Select
```

230 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Else
    Q105 = 1
    ActiveSheet.Shapes("Oval 107").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

    ActiveSheet.Shapes("Oval 109").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 14").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q200 = 0
    ActiveSheet.Shapes("Oval 127").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
```

```
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Else
  Q200 = 1
  ActiveSheet.Shapes("Oval 127").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
  Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
  Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
  Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
  Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
  Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

  ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
  Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
  Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
  Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
  Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
  Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
  Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 33").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
  Q201 = 0
  ActiveSheet.Shapes("Oval 119").Select
  Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
  Selection.ShapeRange.Fill.Solid
  Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
```


232 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#  
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid  
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle  
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64  
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select  
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Fill.Solid  
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13  
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#  
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid  
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle  
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64  
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

Else

```
Q201 = 1  
ActiveSheet.Shapes("Oval 119").Select  
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Fill.Solid  
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13  
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#  
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid  
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle  
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64  
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select  
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Fill.Solid  
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55  
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#  
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid  
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle  
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#  
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue  
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64  
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
```

End If

```
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 2").Select  
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
```

```
    Q202 = 0
Else
    Q202 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 44").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q203 = 0
Else
    Q203 = 1
End If
If Q103 = 1 Or Q203 = 1 Then
    ActiveSheet.Shapes("Oval 123").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

    ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Else
    ActiveSheet.Shapes("Oval 123").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

    ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
```

234 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
End If
```

```
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 64").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q205 = 0
    ActiveSheet.Shapes("Oval 111").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
    ActiveSheet.Shapes("Oval 113").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
    Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
    Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Else
    Q205 = 1
    ActiveSheet.Shapes("Oval 111").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 13
    Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
    Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
    Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
    Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
```

```
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)

ActiveSheet.Shapes("Oval 113").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 1#
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
End If
End Sub
Sub CitirePozl_faraAAR()
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 12").Select
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        Q100 = 0
    Else
        Q100 = 1
    End If
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 27").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        Q101 = 0
    Else
        Q101 = 1
    End If
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 7").Select
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        Q102 = 0
    Else
        Q102 = 1
    End If
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 46").Select
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        Q103 = 0
    Else
        Q103 = 1
    End If
    ActiveSheet.Shapes("Rectangle 5").Select
    If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
        Q104 = 0
    Else
        Q104 = 1
    End If
End Sub
```

236 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 56").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q105 = 0
Else
    Q105 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 14").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q200 = 0
Else
    Q200 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 33").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q201 = 0
Else
    Q201 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 2").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q202 = 0
Else
    Q202 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 44").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q203 = 0
Else
    Q203 = 1
End If
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 64").Select
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 9 Then
    Q205 = 0
Else
    Q205 = 1
End If
End Sub
Sub T21Indisp()
    ActiveSheet.Shapes("Oval 121").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub T11Indisp()
    ActiveSheet.Shapes("Oval 117").Select
    Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
    Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
    Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub T31Indisp()
```

```
ActiveSheet.Shapes("Oval 125").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub GDIndisp()
ActiveSheet.Shapes("Oval 129").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub Q104CuplaIndisp()
ActiveSheet.Shapes("Oval 105").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
End Sub
Sub click_buton_AAR()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 163").Select
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
If Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor <> 10 Then
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 10
Selection.Characters.Text = "Anulat"
ActiveSheet.Shapes("oval 101").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
Else
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.Characters.Text = "In functie"
ActiveSheet.Shapes("oval 101").Select
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 55
End If
End Sub
Sub AAR_inFunctie()
ActiveSheet.Shapes("CommandButton1").Select
End Sub
Sub Macro2()
ActiveSheet.Shapes("CommandButton1").Select
ActiveSheet.Shapes("CommandButton1").Select
End Sub
Sub Macro3()
ActiveSheet.Shapes("CommandButton1").Select
End Sub
Sub Macro4()
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 163").Select
Selection.Characters.Text = "Anulat"
With Selection.Characters(Start: =1, Length: =6).Font
.Name = "Arial"
.FontStyle = "Regular"
.Size = 10
.Strikethrough = False
```

238 ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ CU SISTEMUL
COMANDĂ CONTROL- 8

```
.Superscript = False
.Subscript = False
.OutlineFont = False
.Shadow = False
.Underline = xlUnderlineStyleNone
.ColorIndex = xlAutomatic
End With
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 10
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 0.75
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Range("P17").Select
ActiveSheet.Shapes("Rectangle 163").Select
Selection.Characters.Text = "In functie"
With Selection.Characters(Start: =1, Length: =10).Font
    .Name = "Arial"
    .FontStyle = "Regular"
    .Size = 10
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Fill.Solid
Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor = 50
Selection.ShapeRange.Fill.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Weight = 0.75
Selection.ShapeRange.Line.DashStyle = msoLineSolid
Selection.ShapeRange.Line.Style = msoLineSingle
Selection.ShapeRange.Line.Transparency = 0#
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 64
Selection.ShapeRange.Line.BackColor.RGB = RGB(255, 255, 255)
Range("Q17").Select
End Sub
```

9. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII. PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE

9.1. Concluzii finale

Lucrarea de față abordează domeniul de actualitate al comenzii și controlul stațiilor rețehnologizate unde ca elemente de comutație sunt întreruptoare cu SF6 și sistemul de comandă control se face cu ajutorul sistemului SCADA.

Obiectivul principal al prezentei lucrări îl constituie modelarea matematică, identificarea factorilor care influențează procesul de comutație al întreruptoarelor unei stații electrice, cu scopul de a obține o comutare cât mai sigură și precisă cu efecte secundare minime și un timp de comutație minim. De asemenea în a doua parte a lucrării s-a studiat anclanșarea automată a rezervei folosind sistemul de comandă control și starea grafică a întrerupătoarelor care fac parte din logica de AAR. În contextul acestui obiectiv sunt dezvoltate următoarele direcții de cercetare abordate în teză:

- modelarea matematică a procesului de comutație al întrerupătorului în vederea cunoașterii cât mai precise a fenomenelor care apar la bornele întreruptoarelor;
- validarea modelelor dezvoltate prin compararea cu măsurătorile achiziționate de la instalația reală;
- modelarea și simularea matematică a schemei electrice a unei stații cu toate tipurile de consumatori și surse;
- sinteza și dezvoltarea unor soluții de comutare controlată adaptate la tipurile de sarcini și tipurile de surse existente în stațiile electrice;
- sinteza și dezvoltarea scenariilor de funcționare în cazul AAR unei stații cu un număr de 3 surse de bază și una de rezervă.
- validarea performanțelor strategiilor de comutare elaborate.

În cadrul tezei s-a realizat modelarea matematică a curentului și tensiunii de alimentare a sursei prin reprezentarea caracteristicii tensiune și curent funcție de timp, care simulează comportamentul acestora funcție de tipul sursei, respectiv modelarea matematică a întregului echipament electric din celulă. Pentru fiecare tip de sarcină au fost realizate analize comparative privitoare la influența parametrilor care influențează procesul de comutare, cum ar fi: temperatura mediului ambiant, tensiunea de alimentare a bobinelor de anclanșare și declanșarea, precum și presiunea agentului hidraulic al dispozitivului de acționare.

Modelele propuse au fost validate prin compararea datelor obținute prin simularea cu cele achiziționate de la echipamentul electric real, pentru aceasta fiind ilustrate caracteristicile curent, tensiune funcție de timp pe fiecare fază precum și momentul emiterii comenzii de comutare precum și momentul de timp în care se execută această comutare pe fiecare fază.

De asemenea au fost dezvoltate modele pentru comutarea controlată a întreruptoarelor de înaltă tensiune în regim tranzitoriu, unde s-a simulat deconectarea diferitelor tipuri de sarcini la trecerea prin zero a caracteristicii curentului la momentul de timp cel mai apropiat de momentul apariției regimului tranzitoriu.

În cadrul sistemelor de comutare controlată dezvoltate mărimile reglate au fost: pentru sursă amplitudinea tensiunii, defazajul tensiunii, amplitudinea curentului, defazajul curentului, frecvența fazei inițiale a curentului, pentru sarcină amplitudinea

tensiunii, defazajul tensiunii, amplitudinea curentului, defazajul curentului, distanța locului de defect precum și amplitudinea curentului de defect.

Sistemele de conducere propuse au fost analizate și comparate pentru a evidenția avantajele și performanțele de obținere a unui timp de comutare cât mai precis de ordinul milisecundelor.

Concluzia care poate fi desprinsă în urma prezentei lucrări este că sistemul de comandă control existent în stațiile rețehnologizate poate prin implementarea unui program, ca cel realizat în această lucrare, să realizeze în condiții normale de funcționare o comutare controlată care să contribuie la protejarea și creșterea duratei de viață a echipamentelor de comutație.

9.2. Contribuții personale

Pornind de la obiectivele declarate ale acestei lucrări se pot enumera următoarele contribuții:

- Elaborarea unui studiu asupra problematicilor de bază ale procesului de comutare a echipamentelor de înaltă tensiune în vederea comutării controlate a acestora.
- Realizarea identificării stării actuale a procesului de comutare în instalațiile de înaltă tensiune.
- Analiza principalelor operații și factori care influențează procesul de comutare a întreruptoarelor de înaltă tensiune prin prisma intereselor legate de comutarea controlată și validarea modelelor matematice propuse și respectiv elaborarea strategiilor de comutare controlată.
- Dezvoltarea și implementarea (în Excel și Geogebra) a unor modele matematice ale curentului, tensiunii în funcție de timp pentru conectarea și deconectarea controlată a bobinei de compensare de 400kV .
- Dezvoltarea și implementarea (în Matlab) a unor modele matematice ale curentului, tensiunii trifazate în funcție de timp pentru conectarea și deconectarea în condiții defavorabile a unei sarcini capacitive, sarcini inductive și transformator.
- Dezvoltarea și implementarea (în Matlab) a unor modele matematice ale curentului, tensiunii trifazate în funcție de timp pentru conectarea și deconectarea controlată a unei sarcini capacitive, sarcini inductive și transformator.
- Analiza comparativă a modelelor matematice ale curentului, tensiunii trifazate în funcție de timp pentru comutarea controlată față de comutarea necontrolată a unei sarcini capacitive, sarcini inductive și transformator.
- Dezvoltarea și implementarea (în Matlab) a unor modele matematice ale curentului, tensiunii trifazate în funcție de timp pentru conectarea și deconectarea controlată sau necontrolată a întrerupătoarelor de înaltă tensiune în regim tranzitoriu a unei sarcini capacitive, inductive, rezistive.
- Dezvoltarea și implementarea (în Visual Basic) a unor programe de determinare a momentului de timp pentru conectarea și deconectarea controlată a unui întreruptor de linie cu sarcină capacitivă sau rezistivă cu sistemul de comandă control.
- Dezvoltarea și implementarea (în Visual Basic) a unor programe de determinare a momentului de timp pentru conectarea și deconectarea controlată a unui întreruptor de autotransformator cu sistemul de comandă control.

- Dezvoltarea și implementarea (în Visual Basic) a unor programe de reprezentare grafică a curentului, tensiunii în funcție de timp și momentului de timp pentru conectarea și deconectarea controlată a unui întreruptor de linie cu sistemul de comandă control.
- Elaborarea unui program (în Visual Basic) pentru studiul și simularea automatizării AAR pentru sistemul de comandă control al serviciilor interne de c.a. a unei stații, precum și simularea tuturor variantelor de funcționare.
- Dezvoltarea și implementarea unui program de funcționare a AAR în toate variantele de defecte posibile a surselor de alimentare pentru serviciile interne de c.a. ale unei stații.

Problematicile prezentate, rezultatele obținute în urma soluționării lor, precum și utilizarea unor seturi de date obținute de la stația electrică 400/220/110 kV Mintia, conferă prezentei lucrări un real caracter de aplicabilitate practică, deschizând noi perspective ale cercetării în domeniul de comandă control al echipamentelor electrice de înaltă tensiune prin sisteme SCADA.

9.3. Perspective de dezvoltare

Cercetările viitoare pot fi axate pe studiul unor noi programe de comutare controlată bazate pe rețele neuronale, modele bazate pe rețele neuro-fuzzy.

De asemenea se poate avea în vedere realizarea unor programe care să folosească o bază de date cu mărimile electrice ale proceselor de comutare realizate.

LISTA DE LUCRĂRI PUBLICATE ÎN DOMENIUL TEZEI

A. Lucrări științifice publicate în volumele unor manifestări științifice (Proceedings) indexate ISI Proceedings

1. Ciulică D., Connection time study for 400 kV circuit breakers with SF₆ , IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 477, Issue 1, 18 February 2019, , International Conference on Applied Sciences 2018, ICAS 2018; University of Banja Luka, Bosnia and Herzegovina; 9 May 2018 - 11 May 2018
2. Ciulică D., Pănoiu M., Pănoiu C., Switching SF₆ Circuit Breaker for Point-on-wave transition regime, EEIC 2020, Madrid, 20th IEEE International Conference on Environmental and Electrical Engineering, 9-12 iunie 2020

B. Lucrări științifice publicate în volumele unor manifestări științifice (Proceedings) indexate BDI

1. Ciulică D., Optimizing the switching time for 400 kV SF₆ circuit breakers, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 294, Issue 1, 12 January 2018, International Conference on Applied Sciences 2017, ICAS 2017; Hunedoara; Romania; 10 May 17 - 12 May 2017; (SCOPUS)
2. Ciulică D., Rob R., Internal services simulation control in 220/110kV power transformer station Mintia, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 294, Issue 1, 12 January 2018, International Conference on Applied Sciences 2017, ICAS 2017; Hunedoara; Romania; 10 May 2017 - 12 May 2017 (SCOPUS)
3. Ciulica, D., Research on the transient regime of SF₆ circuit breakers in MATLAB, International Conference on Applied Sciences 2019, ICAS 2019; Hunedoara; Romania; 9 May 2019 - 11 May 2019; ; (SCOPUS)

BIBLIOGRAFIE

1. Modelling and evaluation of interruptible-load programmes in electricity markets. Yu, C. W., S. Zhang, T. S. Chung, K. P. Wong. s.l. : Generation Transmission and Distribution, IEE Proceedings, 2005. Vol. vol.152, pg. 581-588.
2. Vasileievici A., Gal S., Bălașiu F., Făgărașan T. Implementarea echipamentelor digitale de protecție și comandă pentru rețelele electrice . s.l. : Editura Tehnică 2000, 2000.
3. Vasile Dușa, Victor Vaida. Comanda și controlul funcționării rețelelor electrice. București : Editura Tehnică, 2001.
4. Nicolae, Chiosa. Instrucțiune tehnică internă privind exploatarea sistemului de comandă-control SICAM PAS din stația 400/220/110 kV Mintia . 2015.
5. Wolloner, Koovac. DCS- Manual de operare și mentenanță. s.l. : Siemens, 2013.
6. Nicolae, Chiosa. Curs studenți master sisteme moderne comandă control protecții din SEN. Timișoara : s.n., 2018.
7. Controlled Switching of HVAC Circuit Breakers, Guide for application lines, reactors, capacitors, transformers (1st part). Group, CIGRÉ Working. Paris : CIGRÉ Working Group 13.07, 1999. Electra No 183.
8. Controlled Switching of HVAC Circuit Breakers, Guide for application lines, reactors, capacitors, transformers (2nd part). Group, CIGRÉ Working. Paris : s.n., 1999 august. Electra No 185 part2.
9. Standard Definitions for Power. IEEE. s.l. : IEEE, 1992. C37.100-1992, IEEE Std.
10. AC Power Systems Handbook. Whitaker, Jerry C. s.l. : CRC Press LLC, 1999.
11. High-voltage switchgear and controlgear - Part 100:High-voltage alternating-current circuit-breakers. IEC 62271-100:2001. Geneva : s.n., 2001. International Electrotechnical Commission.
12. AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis - Preferred Ratings and Related Required. C37.06-1987, ANSI. New York : American National Standards Institute, 1987.
13. High Voltage Circuit Breakers : Design and Applications. D., Garzon R. New York : Marcel Dekker Inc, 1997.
14. Transients in Power Systems. van der Sluis, L. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2001.
15. SF6 Gas Circuit Breakers Reliability Estimation, Considering Likely Wear Points. Elaine A. L. Vianna, Alzenira R. Abaide, Luciane N. Canha, Priscila L. Vianna. s.l. : IEEE, 2016. 978-1-5090-4650-8/16/2016 IEEE.
16. Interruption simulation at different arcing times for a Puffer Type 252kV SF6 Circuit Breaker. Jin Guo, Xu Jiang, Bing Chen, Jingwei Mu. Busan, Korea : IEEE, 2015. 978-1-4673-7414-9/15.
17. Inductive load switching. 62271-110, IEC. s.l. : IEC, 2012. IEC High voltage switchgear and controlger. p. Part. 110.
18. Condition monitoring of SF6 circuit breakers. Akesson, U. s.l. : CIGRE, 1992 . pg. Paper 13-104.
19. Breaker technical manual 3APFI 400 kV. Siemens.
20. Power Engineering Guide. SIEMENS. s.l. : SIEMENS.
21. Improved model of circuit- breaker's dielectric strength restoration. Havar Mammadov, Tahir Lazimov, Samir Imanov. Bursa, Turkey : 6-th International Conference on Electrical and Electronics Engineering ELECO, 2009.

22. ***. 20172_Tutorial_AC_HV_Circuit_Breakers_Dufournet.pdf . s.l. : http://www.ewh.ieee.org/soc/pes/switchgear/presentations/tp_files/.
23. Power Circuit Breaker Theory and Design. C.H., [Flurschein. 1975.
24. How to maintain sf6 circuit breaker. H, Sharma S and Bhardwaj. s.l. : International Journal of Scientific Research Engineering & Technology 1, 2012. 030-035.
25. Multiphysics-Coupled Modeling: Simulation of the Hydraulic-Operating Mechanism for a SF6 High-Voltage Circuit Breaker. Bing Xu, Ruqi Ding, Junhui Zhang, Linfeng Sha, Min Cheng. NO. 1, s.l. : IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, , FEBRUARY 2016, 2016, Vol. VOL. 21.
26. Technological Trends in High-Voltage Circuit-Breakers. H., Knobloch. Paris : CIGRÉ, 2000. CIGRÉ. pg. 13-106.
27. Application guide for transient recovery voltage. IEEE. s.l. : IEEE, 2005. IEEE Std C37.011.
28. Electric Arc Model for High Voltage Circuit Breakers Based ob Matlab/Simulink. Mahajan N S, Patil K R and Shembekar S M. s.l. : International Journal of Science, Spirituality, Bussiness and Technology , 2013, Vol. 1(2).
29. Echipamente electrice. Adam, Maricel. 2005. Vol. 1, pg. pp.20,32.
30. —.Adrian Baraboi, Maricel Adam. Iași : Gh. Asachi. Vol. I. 2002.
31. —.Adrian Baraboi, Maricel Adam. Iași : GH. ASACHI, 2002. Vol. II.
32. Transient recovery voltage of 400 kv sf6 circuit breaker when clearing short-line fault. Uglešić I, Filipovic-Grcic B, Milardic V and Ivankovic I. Cape Town, South Africa : Proceedings of the 16th International Symposium on High Voltage Engineering, 2009.
33. Auto-Calibration of a Sf6 Circuit Breaker for Point-on-wave Switching an Application of Signal processing to Switchgear. Y, Namjoshi. Goa : s.n., 2013.
- Namjoshi Y , "Auto-Calibration of a Sf6 Circuit Breaker for Point-on-wave Switching an Application o International Conference on Electrical and Electronics Engineering. pg. Namjoshi Y , "Auto-Calibration of a Sf6 Circuit Breaker for Point-on-wave Switching an Application of Signal process14-18.
34. A Summary of the Final Results and Conclusions of the Second International Enquiry on the Reliability of High-Voltage Circuit Breakers. Janssen A.L.J., Degen W., Heising C.R., Bruvik H., Colombo E., Lanz W., Fletcher P., Sanchis G. Paris : CIGRÉ. Vol. Paper 13-202.
35. Interaction between phases in three-phase reactor switching, part I: Grounded reactors. van Den Heuvel, W.M.C., Papadias, B.C. Paris : Electra No 91. CIGRÉ.
36. Interaction between phases in three-phase reactor switching, part II: Ungrounded reactors. van Den Heuvel, W.M.C., Papadias, B.C. Paris : Electra No112. CIGRÉ.
37. Current zero behaviour of an SF6 nozzle arc under shock conditions. Q Zhang, J D Yan, M T C Fang. s.l. : J. Phys. D : Appl. Phys., vol. 46, 2013. 165203.
38. Controlled Switching Circuit Breaker Considerations. F., Hermosillo V. St. Pete Beach, Florida : IEEE/PES Switchgear Committee Meeting, 2003. Seminar/Workshop on Controlled Switching, CIGRÉ WG A3.07.
39. Modelare si simulare. Ivanov, S. Craiova : s.n., 2007.
40. Liu, F Jun, și alții. A Novel Smart High-Voltage Circuit Breaker for Smart Grid Applications. s.l. : IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID, VOL. 2, NO. 2,, June 2011. pg. 254,264. Vol. 2.
41. Controlled switching of circuit breaker and its site measurement in power distribution system. L. Liuling, Y. Qiu,. 2001. Electrical Insulating Materials, 2001. (ISEIM 2001). pg. 777-780.

42. Controlled Switching of HV AC Circuit Breakers :Benefits & economic aspects. A3.07, CIGRÉ Working Group. Paris. : CIGRÉ, Jan 2004.
43. Controlled Switching System for Capacitor Bank and Transformer Switching. Tsudata, H. s.l. : In Electrical Engineering. pg. 2125-2130.
44. Operating instructions PSD01 controller. Siemens. s.l. : Order No:927 00414 174 C, 2001. Presentation manual Edition.
45. Controlled switching technologies, state-of-the-art. Ito, H. s.l. : IEEE/PES, 2002. Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific. pg. 1455-1460 vol.2.
46. Controlled Switching of HV AC Circuit Breakers : Guidance for further applications including unloaded transformer switching, load and fault interruption and circuit-breaker uprating. A3.07, CIGRÉ Working Group. Paris : CIGRÉ, January 2004.
47. Controlled Switching: non-conventional applications. A3.07, CIGRÉ Working Group. Paris : Electra , Jun 2004. Vol. No 214. CIGRÉ.
48. "Modern methods for synchronous switching of circuit breakers in 400 kV substations of the Romanian Power System. Stroica, P. C. 2000. Proc. 2000 MELECON Conf. pg. 949-953.
49. Controlled Switching, Buyer's Guide, Application. ABB. 2004.
50. Criteria for Successful Short Circuit Current Interruption on a Real 245 kV 40/50 kA SF6 Circuit Breaker. Mahir Muratovic, Amer Smajkic, Kyong-Hoe Kim, Myoung-Hoo Kim, Mirsad Kapetanovi, Almir Ahmethodzic. Busan, Korea : 2015 3rd International Conference on Electric Power Equipment - Switching Technology (ICEPE-ST) Oct. 25-28, 2015, 2015.
51. Optimizing the switching time for 400 kV SF6 circuit breakers. D, Ciulică. Hunedoara; Romania : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering , 2017. Vol. 294.
52. Switching Over-Voltages at the Disconnection of the High Voltage Shunt Reactors in the Romanian Power System. P. C. Stroica, I. Merfu, M. Stroica, M. Merfu , A. Campeanu. s.l. : IEEE, 2009. 978-1-4244-3811-2/09/2009 IEEE.
53. Analysis and Characterization of the Shunt Reactor Switching Over-voltages interrupted by SF6 Circuit Breakers with Chopping Current. Sun Qiuqin, Ma Yong, Xie Tianxi, Liu Yang, Zhou Zhicheng, Tao Fengbo. Chengdu : 2014 International Conference on Power System Technology (POWERCON 2014) , 2014.
54. A method to decide the switching instants of controlled switching circuit breaker for shunt reactors. Lee, W.Y., Park, K.Y., Chong, J.K., Lee, B.Y., Kim, H.J. 2002.
55. Controlgear, IEEE Standard for High Voltage Switchgear. s.l. : IEEE, 2003. Standard C37.60.
56. Connection time study for 400 kV circuit breakers with SF6. D, Ciulica. s.l. : IOP Conf. Ser.:Mat. Sci. Eng. 477 012015, 2018 ,.
57. GeoGebra Manual The official manual of GeoGebra. s.l. : PDF generated , 2016.
58. Controlled switching of circuit breakers: A technology status review. Alvinsson, R. 1996. ABB switchgear AB, BC 96-027. pg. 1-25.
59. Direct Current Hybrid Breakers. Atmaji, A. s.l. : Data Library Technical University Eindhoven, 2000.
60. Razi-Kazemi, A. A. Applicability of Auxiliary Contacts in Circuit Breaker online Condition Assessment. s.l. : Electric Power SystemsResearch, 128. 128, 2015, 53 – 59..
61. An adaptive self-checking algorithm for controlled fault interruption . Thomas R., Sölver, C.E. Montreal, Canada : International Conference on Power System Transients (IPST), 2005.

62. A study of the use of corrective switching. Rolim, J. G., L. J. B. Machado. s.l. : IEEE Trans. Power Systems, 1999. Vol. vol. 14, no. 1, pg. 336-341.
63. Research of Shunt Reactor Switching Phenomena in SF6 Circuit Breaker. Chernoskutov, Dimitry. s.l. : IEEE, 2015. International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON).
64. Controlled switching as a reliable mean to reduce stresses imposed to the circuit breaker and to the network. Carvalho, A., Hofbauer, W., Hogg, P., Froehlich, K. Florianopolis, Brazil : Paper 13-95, CIGRÉ SC 13 Colloquium, 1995.
65. Synchronous closing of 525 and 765 kV circuit breakers: A means of reducing switching surges on unload lines. Maury, E. Paris : CIGRÉ. Vol. report 143.
66. Synchronous switching of power systems. J., Ware B. s.l. : Int. Conference on Large High Voltage Electric Systems. Vol. Session 13-205.
67. Optimal Transmission Switching With Contingency Analysis. Kory W. Hedman, Richard P. O'Neill, Emily Bartholomew Fisher, and Shmuel S. Oren. s.l. : IEEE Trans. Power Systems, 2009. Vol. vol. 24, no. 3, pg. 1577-1586.
68. Automated monitoring and analysis of circuit breaker operation. Kezunovic, M., Zhifang Ren, Latisko, G., Sevcik, D.R., Lucey, J.S., Cook, W.E., Koch, E.A. s.l. : IEEE Trans. Power Delivery, 2005. Vol. vol. 20, no. 3, pg. 1910-1918.
69. Life Management of SF6 Circuit Breakers based on Monitoring and Diagnosis. X. Zhang, J. Zhang, E. Gockenbach, H. Borsi. s.l. : IEEE-Electrical Insulation Magazine, 2009. 0883 – 7554, vol. 25, n° 3, May/June 2009.
70. Introduction to Controlled Switching. K., Froehlich. St. Pete Beach, Florida : IEEE/PES Switchgear Committee Meeting, 2003. CIGRÉ WG A3.07.
71. Wavelet based Capacitor Bank Adaptive Controlled Switching and its Application to RDDS Approximation for already installed Circuit Breaker, N. Charbkaew, T. Bunyagul. 2006. PowerCon 2006. International Conference on. pg. 1-6.
72. Weather, Corona and the Decay of Trapped Energy on Transmission Lines. Beehler, J.E. s.l. : IEEE PAS, 1964. Vol. 83, pg. 512-520.
73. Cold Characteristic Development Test of a New SF6 High Voltage Circuit Breaker. L. Ramming and M. Aristizabal, Member, IEEE. s.l. : IEEE, 2006. 1-4244-0288-3/06/ 2006 IEEE.
74. Capacitive Current Switching – State of the Art. 13.04, CIGRÉ Working Group. Paris : Electra No 155, 1994.
75. A Novel Intelligent High Voltage SF6 Circuit Breaker. J. Liu, G. M. Huang, Z. Ma. s.l. : Proc. 2010 IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2010.
76. Progress in D.C. breaking. Bartosik, M. Lodz, Poland : Proc. 8th Int. Conf. Switching Arc Phenomena, 1997. Vol. 2.
77. Combined Model of SF6 Circuit Breaker Udes in Digital Simulation Programs. Grega Bizjak, Peter Zunko and Dusan Povh. 19(1), : IEEE Transactions on Power Delivery, 2004.
78. Auto-Calibration of a Sf6 Circuit Breaker for Point-on-wave Switching an Application of Signal processing to Switchgear. Y, Namjoshi. Goa, India : International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 2013 , January 27. pg. pp 14-18.
79. Electrical endurance simulation of high voltage circuit breaker contact based on matlab. Wenping Hu, Xianggen Yin, Zhe Zhang, Jieyu Wu, and Dejun Shao, s.l. : China Proceedings of Electric Power System and Automation, 2003. Vol. vol. 15, no. 6, pg. 9-12.
80. High Voltage SF6 Circuit Breaker Modeling for Capacitor Bank Controlled Switching Simulation. Yotaka Chompusri, Srawut Kleesuwan, Noppadol Charbkaew, Teratam Bunyagul. s.l. : IEEE, 2006.

81. D., Zahariea. Limbaje de programare structurată. Aplicații Matlab. Iași : s.n., 2017.
82. Investigations of Multiple Reignition Phenomena and Protection Scheme of Shunt Reactor Current Interruption in GIS Substations. Ishikawa, M., Kosakada, M., Okabe, S., Suzuki, K., and Toda, H.,. s.l. : IEEE Transactions on Power Delivery, 1993. Vol. vol. 8, no. 1,, pg. pp. 197–202.
83. Interruptible Load and Demand Response: Worldwide Picture and the Situation in Sweden. Nguni, A. and T. Le. s.l. : Proceedings of 38th North American Power Symposium, 2006. pg. 121-127.
84. Controlled closing on shunt reactor compensated transmission lines, Part I: Closing control device development. Froehlich, K., Hoelzl, C., Stanek, M., Carvalho, A.C., Hofbauer, W.,Hoegg, P., Avent, B.L., Peelo, D.F., Sawada, J.H. s.l. : IEEE Transactions on Power Delivery,, 1997. Vol. Vol.12, No 2.
85. Controlled closing on shunt reactor compensated transmission lines, Part II: Application of closing control device for high speed autoreclosing on BC Hydro 500 kV transmission line. Froehlich, K., Hoelzl, C., Stanek, M., Carvalho, A.C., Hofbauer, W.,Hoegg, P., Avent, B.L., Peelo, D.F., Sawada, J.H. s.l. : IEEE Transactions on Power Delivery, 1997. Vol. Vol.12, No 2,.
86. Research on the transient regime of SF6 circuit breakers in MATLAB, , ICAS 2019; ; 9 May 2019 - 11 May 2019; ;. Ciulica, D. Hunedoara; Romania : International Conference on Applied Sciences 2019 (SCOPUS), 2019.
87. Elimination of transformer inrush currents by controlled switching - Part II: Application and performance considerations. Brunke J. H., Fröhlich K. J. s.l. : IEEE Transactions on Power Delivery, 2001. Vol. Vol. 16, No. 2.
88. Elimination of transformer inrush currents by controlled switching - Part I: Theoretical considerations. Brunke J. H., Fröhlich K. J.,. s.l. : IEEE Transactions on Power Delivery, 2001. Vol. Vol. 16, No. 2.
89. Simulation of Electric Arc Characteristics Based on MATLAB/Simulink. Li, Tian Lia and Huawei. s.l. : IOP Conf. Ser.: Mat. Sci. Eng, 2018. 452 042080.
90. Digital Computer Solution of Electromagnetic Transients in Single and Multiple Networks and Systems. Dommel, H. s.l. : In IEEE Transactions on Power Apparatus, 1969. Vol. PAS-88.
91. Electrical Transients in Power Systems. Greenwood, A. New York : Wiley-Interscience.
92. Study About the Possibility of Electrodes Motion Control in the EAF Based on Adaptive Impedance Control. Panoiu M, Panoiu C and Deaconu S. Poznan, Poland : 13th International Power Electronics And Motion Control Conference, 2008 . pg. 1409-1415.
93. An improved mayr-type arc model baded on current-zero measurements. Schavemaker P H, Van der Sluis L. s.l. : IEEE Transaction on Power Delivery, 2000.
94. Arc quenching Equations Solving in HV Circuit Breakers by a General Diagram Bloc Model. H, Ziani A and Moulai. Istanbul, Turkey : 3rd International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems, Yildiz Teclmical University, 2013 October 2-4.
95. Regimuri tranzitorii in retelele electrice. Gusa, M.D. Iasi : Gheorghe Asachi, 2002. .
96. Investigation on circuit breaker influence on transient recovery voltage. Kulas, arcin Szewczyk and Stanislaw. s.l. : 42nd International Universities Power Engineering Conference, 2007 .
97. ATP – Alternative Transient Program, VI.B.Statistic and systematic switches. Book, Rule.

98. ATP – Alternative Transient Program, XVI Jmarti setup. Book, Rule.
99. Visual Interactive Environment for Study the Power Electronics Using PSCAD-EMTDC Simulation Program. Panoiu C, Panoiu M, Muscalagiu I and Jordan A. s.l. : Computer Applications In Engineering Education, 2010. pg. 18(3) 469-475.
100. Considerations on the specification of circuit breakers intended to interrupt small inductive currents. S.A., Morais. Paris : CIGRÉ, 1993. Vol. Electra No 147.
101. Line switching reconfiguration corrective action for overloads in power systems. El-Ela, A. A. A., N. T. Tweig. s.l. : Universities Power Engineering Conference, 39th International,, 2004. pg. 992-998.
102. Application guide for automatic reclosing of line circuit breakers. IEEE. 2002. Std C37.104-2002.
103. Auto-Calibration of a Sf6 Circuit Breaker for Point-on-wave Switching an Application of Signal processing to Switchgear. Y, Namjoshi. Goa, India : International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 2013. pg. pp. 14-18.
104. Transients due to switching of 400 kV shunt reactor. Uglesic, I., Hutter, S., Krepela, M., Grcic, B.F., Jackl, F.
105. Switching SF6 Circuit Breaker for Point-on-wave transition regime. Ciulica D., Pănoiu M., Pănoiu C. Madrid : 20th IEEE International Conference on Environmental and Electrical Engineering, 2020.
106. Use of controlled switching systems in power system to mitigate switching transients. Trends and benefits – Brazilian experience. Fernandez, F.C., Esmeraldo, P.C.V., Filho, J.A., Zani, C.R. s.l. : IEEE/PES Transmission & Distribution Conference & Exposition: Latin America , 2004.
107. Nicolae, Chiosa. Instrucțiune tehnică de lucru servicii interne curent alternativ stația Mintia. Timișoara : s.n., 2013.
108. Michael Aexander. Excel VBA Programming . s.l. : For Dummies. 2015.
109. Internal services simulation control in 220/110kV power. Ciulica D., Rob R. Hunedoara, România : IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 294 (2018) 012009, 2017.
110. Optimizing the Arcing Time for Smart Circuit Breakers Using Synchronous Phase Control. J. Liu, G. M. Huang, Z. Ma. s.l. : IEEE, 2010. 978-1-4244-5226-2/10/2010 IEEE. pg. 3346-3352.