

Ministerul Educației al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Departamentul Electroenergetică și Electrotehnică

Proiect de an

la disciplina: „Transportul și distribuția energiei electrice”.

TEMA: **Proiectarea unei rețele electrice de transport.**

A efectuat:

studentul gr. EE-001
Nume Prenume

A verificat:

Profesor

CUPRINS

INTRODUCERE	2
SARCINA.....	3
1. BILANȚUL PUTERILOR ACTIVE ȘI REACTIVE ÎN PROIECTAREA UNEI REȚELE ELECTRICE	4
1.1. Puterea activă debitată	4
1.2. Puterea reactivă disponibilă	4
1.3. Bilanțul puterilor reactive	4
1.4. Puterea instalațiilor de compensare	5
1.5. Puterea aparentă de calcul	6
2. ALEGEREA SCHEMEI REȚELEI ELECTRICE	7
2.1. Structura rețelei electrice	7
2.2. Configurația rețelei electrice	7
2.3. Fluxurile aproximative de putere în tronsoane.....	9
2.4. Stabilirea tensiunii nominale.....	10
2.5. Schemele electrice de conexiune a stațiilor de coborâre	12
2.6. Dimensionarea transformatoarelor de forță	13
2.7. Dimensionarea liniilor electrice	14
2.8. Compararea tehnico-economică.....	16
3. CALCULUL REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE A REȚELEI ELECTRICE	20
3.1. Schema echivalentă	20
3.2. Schema de calcul	20
3.3. Regimul normal de funcționare.....	21
3.4. Regimul postavarie	25
3.5. Reglarea tensiunii	27
4. CALCULUL MECANIC AL CONDUCTORULUI	30
4.1. Sarcinile specifice.....	30
4.2. Lungimile critice a deschiderii	31
4.3. Regimul inițial de calcul	32
4.4. Săgeata maximă.....	32
4.5. Curbele de montaj și șablon	33
CONCLUZII.....	34
BIBLIOGRAFIE	35

Chisinau
2017

SARCINA

De proiectat o rețea electrică cu tensiunea 35 – 220 kV menită să alimenteze o regiune cu energie electrică, formată din 6 consumatori.

Datele necesare pentru proiectarea rețelei sunt prezentate în tabelele ce urmează.

Tabelul 1

Informația despre sursele de energie

Nodul		A	B
Coordonatele	X	0	15
	Y	14	0
Tipul sursei		ТДТН-16000/115/38,5/11 Sarcina TM – 6 MVA Sarcina TJ – 2 MVA	Centrală
Factorul de putere		0,85	0,85

Tabelul 2

Informația despre sarcini

Nodul		1	2	3	4	5	6
Coordonatele	X	6	18	5	13	4	13
	Y	15	11	10	5	4	3
Sarcina maximă de iarnă P_{ci} , MW		2	7	4	5	6	3
Factorul de putere $\cos\varphi_{ci}$		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Componența consumatorului conform categoriei de alimentare I/II/III		20/40/40	10/10/80	40/10/50	0/10/90	30/20/50	50/10/40

Tabelul 3

Informația despre rețeaua electrică

Tensiunea nominală a rețelei de joasă tensiune U_{nomJT} , kV		11
Tensiunea la barele surselor de energie, %	Regim normal	1,06
	Regim postavarie	1,08
Scara μ , km/cm		5
Durata de utilizare a maximului T_{max} , h/an		5700
Durata anuală de funcționare a instalației T_f , h/an		8760
Perioada de studiu T , ani		15
Durata de viață T_{sn} , ani		25
Rata de actualizare i , %		15
Rata de creștere a sarcinii r_s , %		0
Costul unui kW putere instalat la centrala etalon C_p , u.m./kW		700
Zona climaterică	după presiunea dinamică a vântului	II
	după grosimea stratului de chiciură	III
	după temperatură	patru

1. BILANȚUL PUTERILOR ACTIVE ȘI REACTIVE ÎN PROIECTAREA UNEI REȚELE ELECTRICE

1.1. Puterea activă debitată

Puterea activă a surselor debitată în rețea se determină conform relației:

$$\sum P_G = k_{s(p)} \cdot \sum_{i=1}^n P_{ci} + \Delta P_* \cdot \sum_{i=1}^n P_{ci}$$

unde, $\sum P_G$ este puterea activă sumară a generatoarelor centralelor electrice din sistem furnizată în rețeaua electrică proiectată, MW;

$k_{s(p)}$ - coeficientul de simultaneitate a sarcinii maxime active, $k_{s(p)} = 0,9 \div 0,95$;

n - numărul consumatorilor;

P_{ci} - sarcina maximă de iarnă a consumatorului racordat în nodul „i”, MW;

ΔP_* - valoarea relativă sumară a pierderilor de putere pentru elementele rețelei electrice,

$\Delta P_* = 0,05 \div 0,075$;

$$\sum P_G = k_{s(p)} \cdot \sum_{i=1}^6 P_{ci} + \Delta P_* \cdot \sum_{i=1}^6 P_{ci} = 0,95 \cdot (2 + 7 + 4 + 5 + 6 + 3) + 0,05 \cdot (5 + 7 + 4 + 5 + 6 + 3) = 27 MW;$$

1.2. Puterea reactivă disponibilă

Puterea reactivă disponibilă a surselor se determină după relația:

$$\sum Q_G = Q_A + Q_B = 8,429 + 8,308 = 16,737 M \text{ var};$$

unde $\sum Q_G$ este puterea reactivă disponibilă a surselor de alimentare, MVar;

Q_A , Q_B - puterea reactivă a sursei A, respectiv a sursei B, MVar;

$$P_A = S_{nom}^{TR} \cdot \cos\varphi_G = 16 \cdot 0,85 = 13,6 MW$$

$$Q_A = S_{nom}^{TR} \cdot \sin\varphi_G = 16 \cdot 0,526 = 8,429 MVar$$

$$Q_B = P_B \cdot tg\varphi_G = (\sum P_G - P_A) \cdot tg\varphi_G = (27 - 13,6) \cdot 0,62 = 8,308 M \text{ var};$$

1.3. Bilanțul puterilor reactive

Puterea reactivă necesară pentru alimentarea consumatorilor este:

$$\sum Q_C = k_{s(q)} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{ci} + \sum_{j=1}^m (\Delta Q_{ij} - Q_j) + \Delta Q_* \cdot t \cdot \sum_{i=1}^n S_{ci};$$

unde: $k_{s(q)}$ este coeficientul de simultaneitate a sarcinii maxime reactive, $k_{s(q)} = 0,95 \div 1$;

Q_{ci} - puterea reactivă maximă a consumatorului racordat în nodul „i”, MVar;

$$Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi_i;$$

j - numărul de tronsoane ale rețelei electrice;

ΔQ_{ij} - pierderile de putere reactivă în tronsonul „j”, MVar;

Q_j - puterea reactivă, generată de linia „j”, MVar;

ΔQ_* - valoarea pierderii de putere reactivă corespunzătoare fiecărei transformări, $\Delta Q_* = 0,1$;

t - numărul treptelor de transformare, $t = 1$;

S_{ci} - puterea totală aparentă a consumatorului racordat în nodul „i”, MVA;

$$S_{ci} = \frac{P_{ci}}{\cos\varphi_{ci}};$$

$$\begin{aligned} Q_{c1} &= P_{c1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = 2 \cdot 0,62 = 1,24 \text{MVA}r; & Q_{c2} &= P_{c2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 7 \cdot 0,62 = 4,34 \text{MVA}r; \\ Q_{c3} &= P_{c3} \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 4 \cdot 0,62 = 2,48 \text{MVA}r; & Q_{c4} &= P_{c4} \cdot \operatorname{tg} \varphi_4 = 5 \cdot 0,62 = 3,1 \text{MVA}r; \\ Q_{c5} &= P_{c5} \cdot \operatorname{tg} \varphi_5 = 6 \cdot 0,62 = 3,72 \text{MVA}r; & Q_{c6} &= P_{c6} \cdot \operatorname{tg} \varphi_6 = 3 \cdot 0,62 = 1,86 \text{MVA}r; \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^6 Q_{ci} = 16,74 \text{MVA}r;$$

$$S_{c1} = \frac{P_{c1}}{\cos \varphi_1} = \frac{2}{0,85} = 2,353 \text{MVA}; \quad S_{c2} = \frac{P_{c2}}{\cos \varphi_2} = \frac{7}{0,85} = 8,235 \text{MVA};$$

$$S_{c3} = \frac{P_{c3}}{\cos \varphi_3} = \frac{4}{0,85} = 4,706 \text{MVA}; \quad S_{c4} = \frac{P_{c4}}{\cos \varphi_4} = \frac{5}{0,85} = 5,882 \text{MVA};$$

$$S_{c5} = \frac{P_{c5}}{\cos \varphi_5} = \frac{6}{0,85} = 7,059 \text{MVA}; \quad S_{c6} = \frac{P_{c6}}{\cos \varphi_6} = \frac{3}{0,85} = 3,529 \text{MVA};$$

$$\sum_{i=1}^6 S_{ci} = 31,764 \text{MVA};$$

$$\sum Q_C = k_{s(q)} \cdot \sum_{i=1}^6 Q_{ci} + \sum_{j=1}^8 (\Delta Q_{lj} - Q_j) + \Delta Q_s \cdot t \cdot \sum_{i=1}^6 S_{ci} = 0,95 \cdot 16,74 + 0 + 0,1 \cdot 1 \cdot 31,764 = 19,079 \text{MVA}r$$

1.4. Puterea instalațiilor de compensare

Puterea reactivă sumară a instalațiilor de compensare:

$$\sum Q_{IC} = \sum Q_G - \sum Q_C = 16,737 - 19,079 = -2,342 \text{MVA}r;$$

Observăm că $\sum Q_{IC} < 0$, deci rezultă că este necesar de a instala în nodurile consumatoare surse suplimentare de putere reactivă, de regulă se instalează baterii de condensatoare.

$$\operatorname{tg} \varphi_b = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ci} - |\sum Q_{IC}|}{\sum_{i=1}^n P_{ci}} = \frac{16,74 - 2,342}{27} = 0,533 > \operatorname{tg} \varphi_e = 0,4$$

Se alege: $\operatorname{tg} \varphi_k = \operatorname{tg} \varphi_e = 0,4$;

Puterea reactivă a instalațiilor de compensare:

$$Q_{ic,i} = P_{ci} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{ci} - \operatorname{tg} \varphi_k);$$

$$\begin{aligned} Q_{ic,1} &= P_{c1} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{c1} - \operatorname{tg} \varphi_k) = 2 \cdot (0,62 - 0,4) = 0,44 \text{MVA}r; & Q_{ic,2} &= P_{c2} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{c2} - \operatorname{tg} \varphi_k) = 7 \cdot (0,62 - 0,4) = 1,54 \text{MVA}r; \\ Q_{ic,3} &= P_{c3} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{c3} - \operatorname{tg} \varphi_k) = 4 \cdot (0,62 - 0,4) = 0,88 \text{MVA}r; & Q_{ic,4} &= P_{c4} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{c4} - \operatorname{tg} \varphi_k) = 5 \cdot (0,62 - 0,4) = 1,1 \text{MVA}r; \\ Q_{ic,5} &= P_{c5} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{c5} - \operatorname{tg} \varphi_k) = 6 \cdot (0,62 - 0,4) = 1,32 \text{MVA}r; & Q_{ic,6} &= P_{c6} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{c6} - \operatorname{tg} \varphi_k) = 3 \cdot (0,62 - 0,4) = 0,66 \text{MVA}r; \end{aligned}$$

1.5. Puterea aparentă de calcul

Puterea de calcul aparentă a consumatorilor se determină conform relației:

$$S_{ki} = P_{ki} + jQ_{ki} = P_{ci} + j(Q_{ci} - Q_{ic,i});$$

$$S_{k1} = P_{c1} + j(Q_{c1} - Q_{ic,1}) = 2 + j(1,24 - 0,44) = 2 + j0,8 \text{MVA};$$

$$S_{k2} = P_{c2} + j(Q_{c2} - Q_{ic,2}) = 7 + j(4,34 - 1,54) = 7,0 + j2,8 \text{MVA};$$

$$S_{k3} = P_{c3} + j(Q_{c3} - Q_{ic,3}) = 4 + j(2,48 - 0,88) = 4,0 + j1,6 \text{MVA};$$

$$S_{k4} = P_{c4} + j(Q_{c4} - Q_{ic,4}) = 5 + j(3,1 - 1,1) = 5 + j2,0 \text{MVA};$$

$$S_{k5} = P_{c5} + j(Q_{c5} - Q_{ic,5}) = 6 + j(3,72 - 1,32) = 6,0 + j2,4 \text{MVA};$$

$$S_{k6} = P_{c6} + j(Q_{c6} - Q_{ic,6}) = 3 + j(1,86 - 0,66) = 3,0 + j1,2 \text{MVA};$$

2. ALEGEREA SCHEMEI REȚELEI ELECTRICE

2.1. Structura rețelei electrice

În dependența de structura schemei, rețelele electrice locale pot fi de configurație arborescentă, de configurație arborescentă cu rezervare sau buclate rezervate (inelare, linie cu alimentare de la două capete). În exemplul analizat se va realiza o rețea electrică structura căreia va fi buclată rezervată, pe alocuri se va întâlni și configurație arboriscentă, dat fiind faptul că există noduri unde sunt consumatori de categoria a III-a.

Alimentarea consumatorilor de categoria III poate fi realizată cu o linie fără rezervă simplu circuit. Conform indicațiilor NAIE consumatorii de categoria I și II trebuie să fie asigurați cu energie electrică de către cel puțin două surse de alimentare (SA) independente.

La soluționarea întrebărilor care țin de alimentarea cu rezervă a consumatorilor de diferite categorii, care sunt situați în aceeași regiune, iar în rețeaua electrică ei sunt prezentați ca un singur nod, apare problema realizării alimentării separate a acestor consumatori. De aceea la alegerea structurii rețelei, care alimentează unul sau mai multe noduri ale rețelei, trebuie de executat construcția rețelei începând cu cea mai înaltă categorie din considerentele cerințelor asigurării consumatorilor cu energie electrică.

Schemele cu cele mai raționale structuri ale rețelei care au fost acceptate în procesul de proiectare vor fi considerate când se va efectua alegerea variantelor posibile de configurare a rețelei.

2.2. Configurația rețelei electrice

Pentru alcătuirea variantelor de configurație trebuie să se respecte următoarele recomandări:

- Lungimea sumară a liniilor să fie cât mai mică.
- Transportul energiei electrice de la sursă până la punctul de consum trebuie să se realizeze pe traseul cel mai scurt cu un număr minim de transformări.
- În regim normal de funcționare toate liniile trebuia să fie încărcate.
- Structura rețelei electrice trebuie să fie realizată conform indicațiilor prezentate în paragraful precedent. În caz de regim de avarie liniile nu trebuie să fie supraîncărcate.

Centrul convențional al sarcinilor electrice CSE a regiunii este calculată aproximativ pe baza algoritmului de determinare a centrului de greutate pentru figuri netede de formă complexă. Teritoriul regiunii este reprezentat printr-o suprafață cu noduri de consum de putere, care au drept „forță de greutate” – sarcina electrică. Astfel coordonatele centrului sistemului de forțe paralele – CSE pot fi determinate după relația:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

unde P_i – puterea activă a nodului i ;

x_i, y_i – coordonatele nodului i ;

n – numărul nodurilor de consum de putere în rețeaua proiectată.

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^6 P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^6 P_i} = \frac{2 \cdot 6 + 7 \cdot 18 + 4 \cdot 5 + 5 \cdot 13 + 6 \cdot 4 + 3 \cdot 13}{2 + 7 + 4 + 5 + 6 + 3} \approx 10,6$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^6 P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^6 P_i} = \frac{2 \cdot 15 + 7 \cdot 11 + 4 \cdot 10 + 5 \cdot 5 + 6 \cdot 4 + 3 \cdot 3}{2 + 7 + 4 + 5 + 6 + 3} \approx 7,6$$

Se determină lungimile liniilor după scara indicată în sarcină $\mu = 5$, conform formulei:

$$l_{ij} = \mu \cdot \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2};$$

Tabelul 2.1.

Lungimile tronsoanelor pentru Varianta 1

tronson	A-1	A-5	1-3	3-2	2-B	5-4	4-6	6-B
lungimea, km	30,414	53,852	25,495	65,192	57,009	45,277	10,00	18,028

Tabelul 2.2.

Lungimile tronsoanelor pentru Varianta 2

tronson	2xA-3	3-1	3-5	1-2	5-6	6-4	6-2	2xB-6
lungimea, km	32,016	25,495	30,414	63,246	45,277	10,00	47,170	18,028

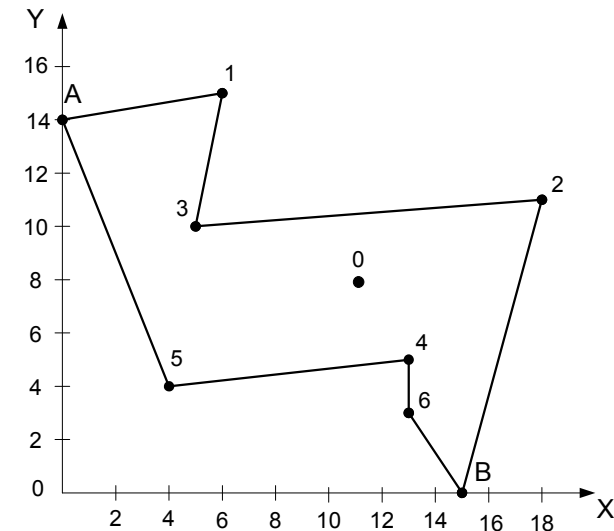


Fig.2.1. Schema rețelei pentru varianta 1.

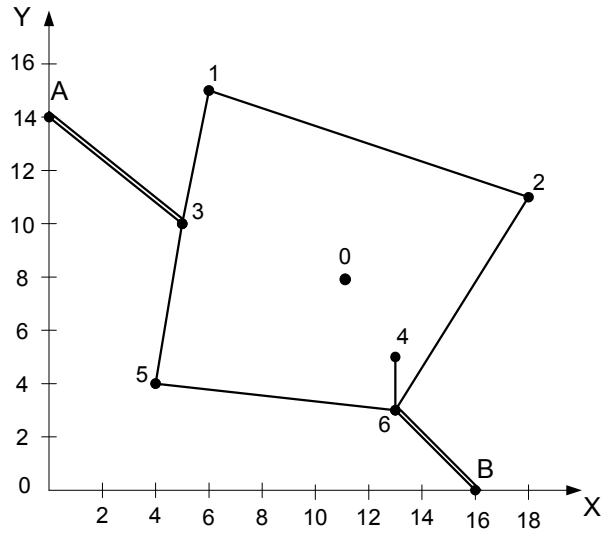
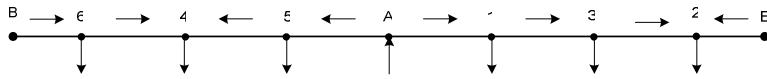


Fig.2.2. Schema rețelei pentru varianta 2.

2.3. Fluxurile aproximative de putere în tronsoane

Calculul circulațiilor aproximative de putere se efectuează fără considerarea pierderilor de putere în tronsoanele rețelelor electrice. Se consideră că toate liniile au aceeași secțiune și sînt executate din același tip de material.

Varianta I:



$$S_{B6} = \frac{S_{k6} \cdot l_{645.A132B} + S_{k4} \cdot l_{45.A132B} + S_{k5} \cdot l_{5.A132B} - S_A \cdot l_{A132B} + S_{k1} \cdot l_{132B} + S_{k3} \cdot l_{32B} + S_{k2} \cdot l_{2B}}{l_{B645.A132B}} = \frac{(3 + j1,2) \cdot 287,239 + (5 + j2,0) \cdot 277,239 + (6 + j2,4) \cdot 231,962 - (13,6 + j8,429) \cdot 178,11 + (2 + j0,8) \cdot 147,696 + (4 + j1,6) \cdot 122,201 + (7 + j2,8) \cdot 57,009}{305,267} = 7,864 + j1,402MVA$$

Aplicând legea I a lui Kirchhoff:

$$\begin{aligned} S_{64} &= S_{B6} - S_{k6} = (7,864 + j1,402) - (3 + j1,2) = 4,864 + j0,202MVA; \\ S_{54} &= S_{k4} - S_{64} = (5 + j2,0) - (4,864 + j0,202) = 0,136 + j1,798MVA; \\ S_{45} &= S_{54} + S_{k5} = (0,136 + j1,798) + (6 + j2,4) = 6,136 + j4,198MVA; \\ S_{A1} &= S_A - S_{45} = (13,6 + j8,429) - (6,136 + j4,198) = 7,464 + j4,231MVA; \\ S_{13} &= S_{A1} - S_{k1} = (7,464 + j4,231) - (2 + j0,8) = 5,464 + j3,431MVA; \\ S_{32} &= S_{13} - S_{k3} = (5,464 + j3,431) - (4 + j1,6) = 1,464 + j1,831MVA; \\ S_{B2} &= S_{k2} - S_{32} = (7 + j2,8) - (1,464 + j1,831) = 5,536 + j0,969MVA; \end{aligned}$$

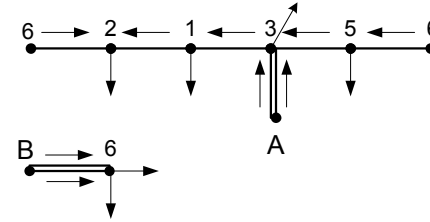
Verificare:

$$S_A + S_{B6} + S_{B2} = \sum_{i=1}^6 S_{ki}$$

$$\sum_{i=1}^6 S_{ki} = (2 + j0,8) + (7 + j2,8) + (4 + j1,6) + (5 + j2) + (6 + j2,4) + (3 + j1,2) = 27 + j10,8MVA$$

$$S_A + S_{B6} + S_{B2} = (13,6 + j8,429) + (7,864 + j1,402) + (5,536 + j0,969) = 27 + j10,8MVA$$

Varianta a II



$$S_{62} = \frac{S_{k2} \cdot l_{21356} + S_{k1} \cdot l_{1356} + (S_{k3} - S_A) \cdot l_{356} + S_{k5} \cdot l_{56}}{l_{621356}} = \frac{(7 + j2,8) \cdot 164,432 + (2 + j0,8) \cdot 101,186 + ((4 + j1,6) - (13,6 + j8,429)) \cdot 75,691 + (6 + j2,4) \cdot 45,277}{211,602} = 4,246 + j0,629MVA$$

$$S_{12} = S_{k2} - S_{62} = (7 + j2,8) - (4,246 + j0,629) = 2,754 + j1,971MVA;$$

$$S_{31} = S_{12} + S_{k1} = (2,754 + j1,971) + (2 + j0,8) = 4,754 + j2,771MVA;$$

$$S_{53} = S_{31} + (S_{k3} - S_A) = (4,754 + j2,771) + ((4 + j1,6) - (13,6 + j8,429)) = -4,846 - j4,058MVA;$$

$$S_{65} = S_{k5} + S_{53} = (6 + j2,4) + (-4,846 - j4,058) = 1,154 - j1,658MVA;$$

$$S_{A3} = S_A / 2 = (13,6 + j8,429) / 2 = 6,8 + j4,2145MVA;$$

$$S_{64} = S_{k4} = 5 + j2,0MVA;$$

$$2 \cdot S_{B6} = S_{62} + S_{64} + S_{65} + S_{k6} = (4,246 + j0,629) + (5 + j2,0) + (1,154 - j1,658) + (3 + j1,2) = 13,4 + j2,171MVA;$$

$$S_{B6} = 6,7 + j1,0855MVA;$$

Verificare:

$$S_A + 2S_{B6} = \sum_{i=1}^6 S_{ki}$$

$$\sum_{i=1}^6 S_{ki} = (2 + j0,8) + (7 + j2,8) + (4 + j1,6) + (5 + j2,0) + (6 + j2,4) + (3 + j1,2) = 27 + j10,8MVA$$

$$S_A + 2S_{B6} = (13,6 + j8,429) + (13,4 + j2,171) = 27 + j10,8MVA$$

2.4. Stabilirea tensiunii nominale

Tensiunea pe fiecare tronson a rețelei electrice se determină conform relației lui Still:

$$U_{ecij} = \frac{1000}{\sqrt{l_{ij} + \frac{2500}{P_{ij}}}}$$

unde U_{ecij} este tensiunea economică a tronsonului „ij”, kV;

l_{ij} – lungimea tronsonului „ij”, km;

P_{ij} – puterea activă a tronsonului „ij”, MW;

Varianta I:

$$U_{B6} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{B6}} + \frac{2500}{P_{B6}}}} = \frac{1000}{\sqrt{18,028 + 7,864}} = 53,788kV;$$

$$U_{64} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{64}} + \frac{2500}{P_{64}}}} = \frac{1000}{\sqrt{10 + 4,864}} = 42,108kV;$$

$$U_{54} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{54}} + \frac{2500}{P_{54}}}} = \frac{1000}{\sqrt{45,277 + 0,136}} = 7,37kV;$$

$$U_{A5} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{A5}} + \frac{2500}{P_{A5}}}} = \frac{1000}{\sqrt{53,852 + 6,136}} = 48,987kV;$$

$$U_{A1} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{A1}} + \frac{2500}{P_{A1}}}} = \frac{1000}{\sqrt{30,414 + 7,464}} = 53,347kV;$$

$$U_{13} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{13}} + \frac{2500}{P_{13}}}} = \frac{1000}{\sqrt{25,495 + 5,464}} = 45,78kV;$$

$$U_{32} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{32}} + \frac{2500}{P_{32}}}} = \frac{1000}{\sqrt{65,192 + 1,464}} = 24,145kV;$$

$$U_{B2} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{B2}} + \frac{2500}{P_{B2}}}} = \frac{1000}{\sqrt{57,009 + 5,536}} = 46,607kV;$$

$$I_{B6} = \frac{|S_{B6}|}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{7,988}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 41,926A < 185A;$$

Deci, pentru varianta I se alege tensiunea nominală: $U_{nom} = 110kV$;

Varianta II:

$$U_{62} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{62}} + \frac{2500}{P_{62}}}} = \frac{1000}{\sqrt{47,17 + 4,246}} = 40,846kV;$$

$$U_{12} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{12}} + \frac{2500}{P_{12}}}} = \frac{1000}{\sqrt{63,246 + 2,754}} = 33,047kV;$$

$$U_{31} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{31}} + \frac{2500}{P_{31}}}} = \frac{1000}{\sqrt{25,495 + 4,754}} = 42,816kV;$$

$$U_{A3} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{A3}} + \frac{2500}{P_{A3}}}} = \frac{1000}{\sqrt{32,016 + 6,8}} = 51,08kV;$$

$$U_{53} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{53}} + \frac{2500}{P_{53}}}} = \frac{1000}{\sqrt{30,414 + 4,846}} = 43,342kV;$$

$$U_{65} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{65}} + \frac{2500}{P_{65}}}} = \frac{1000}{\sqrt{45,277 + 1,154}} = 21,430kV;$$

$$U_{64} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{64}} + \frac{2500}{P_{64}}}} = \frac{1000}{\sqrt{10 + 5}} = 42,640kV;$$

$$U_{B6} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{I_{B6}} + \frac{2500}{P_{B6}}}} = \frac{1000}{\sqrt{18,028 + 6,7}} = 49,946kV;$$

$$I_{B6} = \frac{|S_{B6}|}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6,787}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 35,623A < 185A;$$

Deci, pentru varianta II se alege tensiunea nominală: $U_{nom} = 110kV$;

2.5. Schemele electrice de conexiune a stațiilor de coborâre

Tipul schemei pe partea tensiunii înalte a stațiilor electrice se determină de categoria ei, rolul și poziția în schema electrică. Schemele de conexiune ale stațiilor electrice se aleg în funcție de tensiunea nominală a tronsoanelor și numărul de racordări în nod.

Pentru varianta I:

- pentru nodurile 1 – 6 se alege schema prezentată în fig.2.3;

Pentru varianta II:

- pentru nodurile 1,2,5 se alege schema prezentată în fig.2.3;
- pentru nodul 4 se alege schema prezentată în fig.2.4;
- pentru nodul 3 se alege schema prezentată în fig.2.5;
- pentru nodul 6 se alege schema prezentată în fig.2.6;

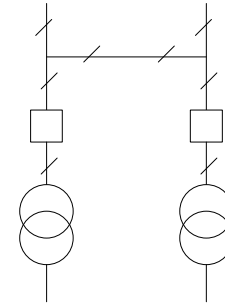


Fig.2.3. Schema de conexiune a stațiilor electrice, n=2.

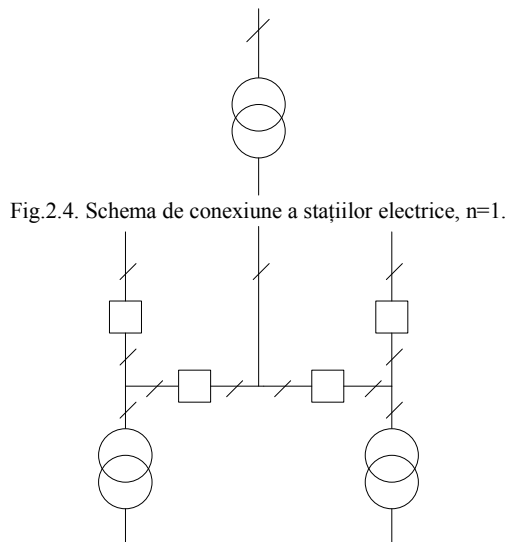


Fig.2.4. Schema de conexiune a stațiilor electrice, n=1.

Fig.2.5. Schema de conexiune a stațiilor electrice, n>2.

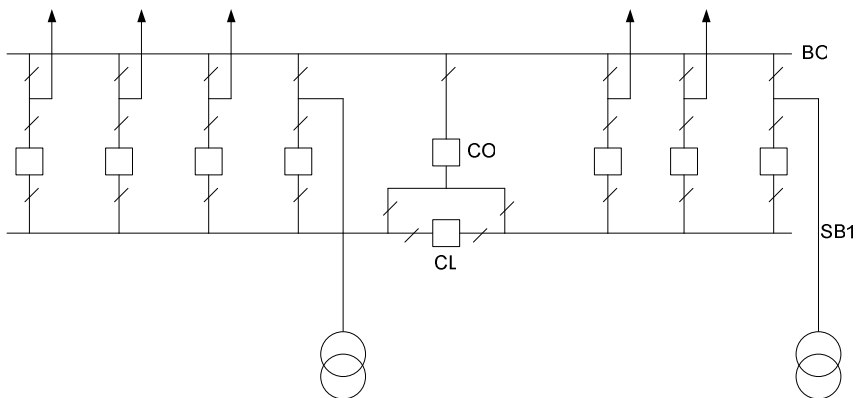


Fig.2.6. Schema de conexiune a stațiilor electrice, n>2.

2.6. Dimensionarea transformatoarelor de forță

Toate stațiile electrice sunt prevăzute cu câte două transformatoare de putere. Puterea nominală a transformatoarelor instalate în stația „i” trebuie să respecte următoarea condiție:

$$S_{nom,i} \geq \frac{S_{ki}}{k_{ss}}$$

unde, S_{ki} este puterea aparentă de calcul în nodul „i”, $S_{ki} = \sqrt{P_{ki}^2 + Q_{ki}^2}$;

k_{ss} – coeficientul de suprasarcină admisibilă, $k_{ss} = 1,4$;

$$S_{calc,1}^{TR} = \frac{\sqrt{P_{k1}^2 + Q_{k1}^2}}{k_{ss}} = \frac{\sqrt{2^2 + 0,8^2}}{1,4} = 1,539 MVA;$$

$$S_{calc,2}^{TR} = \frac{\sqrt{P_{k2}^2 + Q_{k2}^2}}{k_{ss}} = \frac{\sqrt{7^2 + 2,8^2}}{1,4} = 5,385 MVA;$$

$$S_{calc,3}^{TR} = \frac{\sqrt{P_{k3}^2 + Q_{k3}^2}}{k_{ss}} = \frac{\sqrt{4^2 + 1,6^2}}{1,4} = 3,077 MVA;$$

$$S_{calc,4}^{TR} = \frac{\sqrt{P_{k4}^2 + Q_{k4}^2}}{k_{ss}} = \frac{\sqrt{5^2 + 2^2}}{1,4} = 3,847 MVA;$$

$$S_{calc,5}^{TR} = \frac{\sqrt{P_{k5}^2 + Q_{k5}^2}}{k_{ss}} = \frac{\sqrt{6^2 + 2,4^2}}{1,4} = 4,616 MVA;$$

$$S_{calc,6}^{TR} = \frac{\sqrt{P_{k6}^2 + Q_{k6}^2}}{k_{ss}} = \frac{\sqrt{3^2 + 1,2^2}}{1,4} = 2,308 MVA;$$

Rezultatele se introduc în tab.2.3 și se alege tipul transformatoarelor din tab.14.[3].

Pentru varianta a doua vom recalcula $S_{calc,4}^{TR}$ în nodul patru.

$$S_{nom,4}^{TR} \geq S_{k4};$$

$$S_{calc,4}^{TR} = S_{k4} = \sqrt{P_{k4}^2 + Q_{k4}^2} = \sqrt{5^2 + 2^2} = 5,385 MVA;$$

Rezultatele se introduc în tab.2.3 și se alege tipul transformatoarelor din tab.14.[3]

Tabelul 2.3

Nod	$S_{calc,i}^{TR}$ MVA	$S_{nom,i}^{TR}$ MVA	Tipul Tra-fo	U_{nom}^{IT} kV	U_{nom}^{JT} kV	U_{sc} , %	ΔP_{sc} , kW	ΔP_{0} , kW	ΔQ_{0} , kVar	R_t , Ω	x_t , Ω
1	1,539	2,5	TMH-2500/110	110	11	10,5	22	5	37,5	46,6	555
2	7,539	10	ТДН-10000/110	115	11	10,5	60	14	90	7,95	139
3	3,077	4	TMH-4000/110	115	11	10,5	35	7	48	28,3	347
4	3,847	4	TMH-4000/110	115	11	10,5	35	7	48	28,3	347
5	4,616	6,3	TMH-6300/110	115	11	10,5	50	10	63	16,6	220
6	2,308	2,5	TMH-2500/110	110	11	10,5	22	5	37,5	46,6	555

Pentru varianta a doua este necesar de făcut precizarea: tabelul ramine identic, dar pentru nodul patru vom alege transformatorul, tipul caruia este prezentat în tabelul 2.4:

Tabelul 2.4

Nod	$S_{calc,i}^{TR}$ MVA	$S_{nom,i}^{TR}$ MVA	Tipul Tra-fo	U_{nom}^{IT} kV	U_{nom}^{JT} kV	U_{sc} , %	ΔP_{sc} , kW	ΔP_{0} , kW	ΔQ_{0} , kVar	R_t , Ω	x_t , Ω
4	5,385	6,3	TMH-6300/110	115	11	10,5	50	10	63	16,6	220

2.7. Dimensionarea liniilor electrice

Conform criteriului densității economice secțiunea economică se determină prin următoarea relație:

$$F_{ecij} = \frac{\alpha_i \cdot I_{max,ij}}{j_{ec}}$$

unde, α_i – coeficientul ce ia în considerație variația sarcinii în timp, $\alpha_i = 1,05$;

$$j_{ec} - \text{densitatea economică, } j_{ec} = 1 \frac{A}{mm^2};$$

$I_{max,ij}$ – curentul maxim ce parcurge tronsonul „ ij ”;

$$I_{max,ij} = \frac{S_{ij} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}}, A$$

Varianta I:

$$I_{max,B6} = \frac{S_{B6} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{7,988 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 41,926 A; \quad I_{max,A1} = \frac{S_{A1} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{8,58 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 45,033 A;$$

$$I_{max,64} = \frac{S_{64} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{4,868 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 25,55 A; \quad I_{max,13} = \frac{S_{13} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{6,452 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 33,864 A;$$

$$I_{max,54} = \frac{S_{54} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{1,803 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 9,463 A; \quad I_{max,32} = \frac{S_{32} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{2,344 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 12,303 A;$$

$$I_{max,A5} = \frac{S_{A5} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{7,435 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 39,024 A; \quad I_{max,B2} = \frac{S_{B2} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{5,62 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 29,497 A;$$

Varianta II:

$$I_{max,62} = \frac{S_{62} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{4,292 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 22,527 A; \quad I_{max,65} = \frac{S_{65} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{2,02 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 10,602 A;$$

$$I_{max,12} = \frac{S_{12} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{3,387 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 17,777 A; \quad I_{max,A3} = \frac{S_{A3} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 41,989 A;$$

$$I_{max,31} = \frac{S_{31} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{5,503 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 28,88 A; \quad I_{max,64} = \frac{S_{64} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{6,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 33,591 A;$$

$$I_{max,53} = \frac{S_{53} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{6,321 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 33,177 A; \quad I_{max,B6} = \frac{S_{B6} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} = \frac{6,787 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 35,623 A;$$

Se determină secțiunile economice ale tronsoanelor, rezultatele calculului se introduc în tab.2.5 și tab.2.6 și se alege secțiunea conductoarelor din tab.2[3]

Tabelul 2.5

Datele despre secțiunile conductoarelor pentru varianta I

Trons.	$F_{ec,ij}, mm^2$	Tip conductor	$r_0, \frac{\Omega}{km}$	$x_0, \frac{\Omega}{km}$	$b_0, 10^{-6} S/km$	l, km	R_l, Ω	x_l, Ω	$B_l, 10^{-6} S$
B-6	44,022	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	18,028	7,572	7,932	46,512
6-4	26,828	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	10	4,2	4,4	25,8
5-4	9,936	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	45,277	19,016	19,922	116,815
A-5	40,975	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	53,852	22,618	23,695	138,938
A-1	47,285	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	30,414	12,773	13,382	78,468
1-3	35,557	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	25,495	10,708	11,218	65,777
3-2	12,918	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	65,192	27,381	28,684	168,195
B-2	30,972	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	57,009	23,944	25,084	147,083

Datele despre secțiunile conductoarelor pentru varianta II

Trons.	$F_{ec,ij}, mm^2$	Tip conductor	$r_0, \frac{\Omega}{km}$	$x_0, \frac{\Omega}{km}$	$b_0, 10^{-6} S/km$	l, km	R_l, Ω	x_l, Ω	$B_l, 10^{-6} S$
6-2	23,653	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	47,170	19,811	20,755	121,699
1-2	18,666	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	63,246	26,563	27,828	163,175
3-1	30,324	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	25,495	10,708	11,218	65,777
5-3	34,836	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	30,414	12,774	13,382	78,468
6-5	11,132	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	45,277	19,016	19,922	116,815
A-3	44,088	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	32,016	13,447	14,087	82,601
6-4	35,271	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	10,00	4,2	4,4	25,8
B-6	37,404	AC-70/11	0,42	0,44	2,58	18,028	7,572	7,932	46,512

2.8. Compararea tehnico-economică

Pentru a determina soluția optimă de alimentare a consumatorilor este necesar de efectuat o comparare a unei serii de variante de alimentare a consumatorilor. În calculul economic financiar un moment extrem de important este factorul timp. În majoritatea cazurilor acest lucru este realizat prin actualizarea tuturor cheltuielilor și veniturilor indiferent de natura lor.

În energetică, în majoritatea cazurilor, pentru a determina soluția optimă se utilizează metoda CTA.

Varianta I.

$$CTA_I = CTA_I^{LE} + CTA_I^{ST}$$

$$CTA_I^{LE} = I^{LE} \cdot E_{\Sigma}^{LE} + CPW^{LE}$$

unde I^{LE} sunt investițiile sumare în liniile rețelei electrice, u.m.;

E_{Σ}^{LE} - coeficient sumar ce ține cont de cheltuielile de exploatare, întreținere și reparații, dar și de valoarea remanentă a liniilor electrice;

CPW^{LE} - costul sumar al pierderilor variabile de putere și energie, u.m.

$$I^{LE} = \sum_{i=1}^m K^{LE} \cdot L$$

unde K^{LE} este costul specific al liniei electrice (pentru LE simplu circuit $K^{LE} = 50000 u.m.$, iar în cazul LE dublu circuit $K^{LE} = 75000 u.m.$);

L - lungimea liniei electrice, km;

m - numărul liniilor electrice.

$$I^{LE} = \sum_{i=1}^8 K^{LE} \cdot L = 50000 \cdot (18,028 + 10 + 45,277 + 53,852 + 30,414 + 25,495 + 65,192 + 57,009) = 15263350 \text{ u.m.}$$

$$E_{\Sigma}^{LE} = 1 + p_{i,r} \cdot \bar{T} - \alpha_{rem}$$

unde $p_{i,r}$ este cota anuală din valoarea investiției necesară pentru exploatare, întreținere și reparații (pentru LE 110kV $p_{i,r} = 1,75\%$, conform tab.3 [3, pag.61]).

\bar{T} - durata de actualizare a perioadei de studiu;

α_{rem} - cota procentuală din valoarea remanentă a instalației.

$$\bar{T} = \frac{1 - (1+i)^{-\theta-T}}{i} = \frac{1 - (1+0,15)^{0-15}}{0,15} = 5,8474$$

unde θ este anul de actualizare, care, în majoritatea cazurilor, se acceptă egal cu zero;
 T - perioada de studiu, ani;
 i - rata de actualizare.

$$\alpha_{rem} = \left(1 + \frac{T}{T_{sn}}\right) \cdot (1+i)^{-T} = \left(1 + \frac{15}{25}\right) \cdot (1+0,15)^{-15} = 0,1966$$

unde T_{sn} este durata de viață a liniilor electrice.

$$E_{\Sigma}^{LE} = 1 + p_{i,r} \cdot \bar{T} - \alpha_{rem} = 1 + 0,0175 \cdot 5,8474 - 0,1966 = 0,906$$

$$CPW^{LE} = \Delta P' \cdot C'_{pw}$$

unde $\Delta P'$ sunt pierderile variabile în liniile electrice, kW;

C'_{pw} - costul specific al pierderilor variabile de putere și energie, $C'_{pw} = C_p \cdot K_p + \tau \cdot C_w \cdot K_w$;
 τ - durata de calcul a consumurilor proprii tehnologice de energie, h/an,

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10^4}\right)^2 \cdot T_f = \left(0,124 + \frac{5700}{10^4}\right) \cdot 8760 = 4219,131h / an$$

$$\Delta P' = \sum_{i=1}^8 3 \cdot I_i^2 \cdot R_i = 3(41926^2 \cdot 7,572 + 2555^2 \cdot 4,2 + 9,463^2 \cdot 19,016 + 39,024^2 \cdot 22,618 + 45,033^2 \cdot 12,773 + 33,864^2 \cdot 10,708 + 12,303^2 \cdot 27,381 + 29,497^2 \cdot 23,944) = 346078kW.$$

Dacă rata de creștere a sarcinii este nulă, atunci costul specific al pierderilor variabile de putere și energie se determină după relația:

$$C'_{pw} = C_p + \tau \cdot C_w \cdot \bar{T} = 700 + 4219,131 \cdot 0,065 \cdot 5,8474 = 2303,612u.m.$$

$$CPW^{LE} = 346,078 \cdot 2303,612 = 797229,434u.m.$$

Astfel: $CTA_I^{LE} = I^{LE} \cdot E_{\Sigma}^{LE} + CPW^{LE} = 15263350 \cdot 0,906 + 797229,434 = 14625824,53u.m.$

$$CTA_I^{ST} = I^{ST} \cdot E_{\Sigma}^{ST} + CPW^{ST} + CPW^{mST}$$

unde I^{ST} sunt investițiile sumare în stațiile rețelei electrice, u.m.;

E_{Σ}^{ST} - coeficient sumar ce ține cont de cheltuielile de exploatare, întreținere și reparații, dar și de valoarea remanentă a stațiilor de transformare;

CPW^{ST} - costul sumat al pierderilor variabile de putere și energie, u.m.;

CPW^{mST} - costul sumat al pierderilor variabile de putere și energie, u.m.

$$I^{ST} = \sum_1^n n_{IA} \cdot K_{IA} + \sum_1^n n_{TR} \cdot K_{TR}$$

unde K_{IA} este costul unui întrerupător (se acceptă $K_{IA} = 18000u.m.$);

n_{IA} - numărul întrerupătoarelor din stație;

K_{TR} - costul unui transformator de putere, u.m.;

n_{TR} - numărul transformatoarelor de putere din stație;

n - numărul stațiilor electrice.

$$I^{ST} = \sum_1^6 n_{IA} \cdot K_{IA} + \sum_1^6 n_{TR} \cdot K_{TR} = 6 \cdot 2 \cdot 18000 + 2 \cdot 2 \cdot 55000 + 2 \cdot 2 \cdot 63000 + 1 \cdot 2 \cdot 72000 + 1 \cdot 2 \cdot 80000 = 992000 u.m.$$

$$E_{\Sigma}^{ST} = 1 + p_{i,r} \cdot \bar{T} - \alpha_{rem}$$

unde $p_{i,r}$ este cota anuală din valoarea investiției necesară pentru exploatare, întreținere și reparații (pentru ST 110kV $p_{i,r} = 3,3\%$, conform tab.3 [3, pag.61]).

$$E_{\Sigma}^{ST} = 1 + p_{i,r} \cdot \bar{T} - \alpha_{rem} = 1 + 0,033 \cdot 5,8474 - 0,1966 = 0,996$$

$$CPW^{mST} = \Delta P' \cdot C'_{pw}$$

unde $\Delta P'$ sunt pierderile variabile în transformatoarele de forță din stații, kW;

$$\Delta P' = \sum_{i=1}^6 \frac{\Delta P_{sc}}{n_{TR}} \cdot k_{si}^2 = \frac{22}{2} \cdot \left(\frac{2,154}{2,5}\right)^2 + \frac{60}{2} \cdot \left(\frac{7,539}{10}\right)^2 + \frac{35}{2} \cdot \left(\frac{4,31}{4}\right)^2 + \frac{35}{2} \cdot \left(\frac{5,39}{4}\right)^2 + \frac{50}{2} \cdot \left(\frac{6,46}{6,3}\right)^2 + \frac{22}{2} \cdot \left(\frac{3,23}{2,5}\right)^2 = 121,958kW$$

$$CPW^{mST} = \Delta P' \cdot C'_{pw} = 121,958 \cdot 2303,612 = 280943,912u.m.$$

$$CPW^{nST} = \Delta P'' \cdot C''_{pwt}$$

unde $\Delta P''$ sunt pierderile constante în transformatoarele de forță, kW;

C''_{pwt} - costul specific al pierderilor constante de putere și energie, $C''_{pwt} = C_p + T_f \cdot C_w \cdot \bar{T}$

$$\Delta P'' = \sum_{i=1}^6 n_{TR} \cdot \Delta P_0 = (2 \cdot 5 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 5) = 96 kW.$$

$$C''_{pwt} = C_p + T_f \cdot C_w \cdot \bar{T} = 700 + 8760 \cdot 0,065 \cdot 5,8474 = 4030u.m.$$

$$CPW^{nST} = \Delta P'' \cdot C''_{pwt} = 96 \cdot 4030 = 386880u.m.$$

Astfel:

$$CTA_I^{ST} = I^{ST} \cdot E_{\Sigma}^{ST} + CPW^{mST} + CPW^{nST} = 992000 \cdot 0,996 + 280943,912 + 386880 = 1655855,912u.m.$$

Deci: $CTA_I = CTA_I^{LE} + CTA_I^{ST} = 14625824,53 + 1655855,912 = 16281680,44u.m.$

Varianta II.

$$CTA_{II} = CTA_{II}^{LE} + CTA_{II}^{ST}$$

$$I^{LE} = \sum_{i=1}^8 K^{LE} \cdot L = 75000 \cdot (32,016 + 18,028) + 50000 \cdot (25,495 + 30,414 + 63,246 + 45,277 + 10 + 47,170) = 14833400 u.m.$$

$$E_{\Sigma}^{LE} = 1 + p_{i,r} \cdot \bar{T} - \alpha_{rem} = 1 + 0,0175 \cdot 5,8474 - 0,1966 = 0,906$$

$$\Delta P' = \sum_{i=1}^8 3 \cdot I_i^2 \cdot R_i = 3(22527^2 \cdot 19,811 + 17,777^2 \cdot 26,563 + 28,88^2 \cdot 10,708 + 33,177^2 \cdot 12,774 + 10,602^2 \cdot 19,016 + 41,989^2 \cdot 13,447 + 33,59^2 \cdot 4,2 + 35,623^2 \cdot 7,572) = 24489879W = 244899kW.$$

$$C'_{pw} = C_p + \tau \cdot C_w \cdot \bar{T} = 700 + 4219,131 \cdot 0,065 \cdot 5,8474 = 2303,612u.m.$$

$$CPW^{LE} = 244,899 \cdot 2303,612 = 564152,275u.m.$$

Astfel: $CTA_{II}^{LE} = I^{LE} \cdot E_{\Sigma}^{LE} + CPW^{LE} = 14833400 \cdot 0,906 + 564152,275 = 14003212,68u.m.$

$$I^{ST} = \sum_1^6 n_{IA} \cdot K_{IA} + \sum_1^6 n_{TR} \cdot K_{TR} = (1 \cdot 1 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2 + 9 \cdot 1) \cdot 18000 + 2 \cdot 2 \cdot 55000 + 1 \cdot 2 \cdot 80000 + 2 \cdot 2 \cdot 72000 + 2 \cdot 1 \cdot 63000 = 1154000u.m.$$

$$E_{\Sigma}^{ST} = 1 + p_{i,r} \cdot \bar{T} - \alpha_{rem} = 1 + 0,033 \cdot 5,8474 - 0,1966 = 0,996$$

$$\Delta P'' = \sum_{i=1}^6 \frac{\Delta P_{sc}}{n_{TR}} \cdot k_{si}^2 = \frac{22}{2} \cdot \left(\frac{2,154}{2,5}\right)^2 + \frac{60}{2} \cdot \left(\frac{7,539}{10}\right)^2 + \frac{35}{2} \cdot \left(\frac{4,31}{4}\right)^2 + \frac{50}{2} \cdot \left(\frac{5,385}{6,3}\right)^2 + \frac{50}{2} \cdot \left(\frac{6,46}{6,3}\right)^2 + \frac{22}{2} \cdot \left(\frac{3,23}{2,5}\right)^2 = 108,448kW.$$

$$CPW^{mST} = \Delta P'' \cdot C'_{pw} = 108,448 \cdot 2303,612 = 249822,114u.m.$$

$$\Delta P'' = \sum_{i=1}^6 n_{TR} \cdot \Delta P_0 = (2 \cdot 5 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 10 + 10) = 102kW$$

$$C''_{pwt} = C_p + T_f \cdot C_w \cdot \bar{T} = 700 + 8760 \cdot 0,065 \cdot 5,8474 = 4030u.m.$$

$$CPW^{nST} = \Delta P'' \cdot C''_{pwt} = 102 \cdot 4030 = 411060u.m.$$

Astfel:

$$CTA_{II}^{ST} = I^{ST} \cdot E_{\Sigma}^{ST} + CPW^{1ST} + CPW^{mST} = 1154000 \cdot 0,996 + 249822,114 + 411060 = 1810266,114 u.m.$$

Deci: $CTA_{II} = CTA_{II}^{LE} + CTA_{II}^{ST} = 14003212,68 + 1810266,114 = 15813478,79 u.m.$

Din calculele efectuate mai sus reiese ca a doua varianta este mai potrivita, insa diferenta procentuala dintre cheltuielile totale actualizate pentru cele doua variante constituie 2,87%.

$$\varepsilon\% = \frac{CTA_I - CTA_{II}}{CTA_I} = \frac{16281680,44 - 15813478,79}{16281680,44} \cdot 100\% = 2,87\%$$

Reieșind din aceste considerente se poate accepta I varianta de configurare a rețelei electrice.

3. CALCULUL REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE A REȚELEI ELECTRICE

3.1. Schema echivalentă

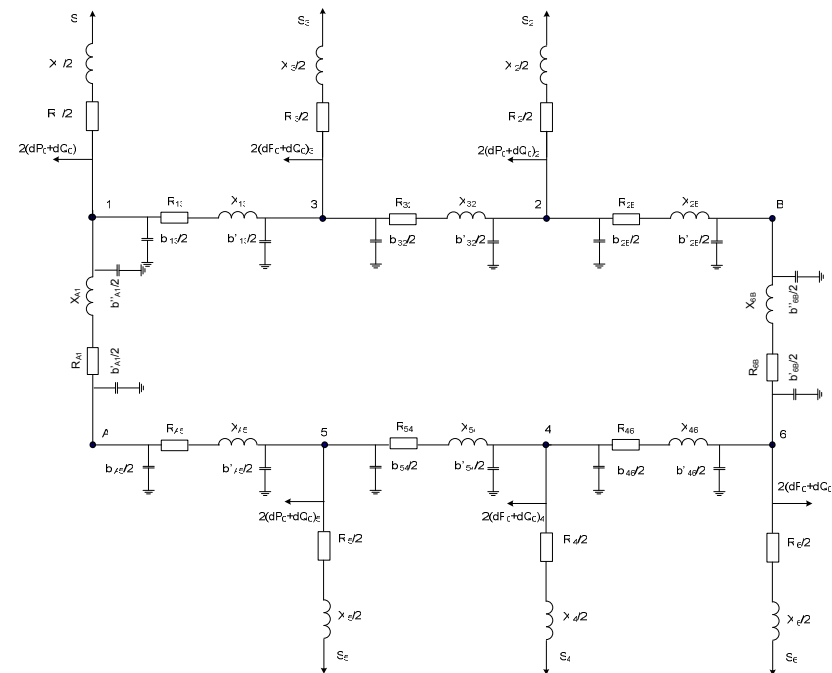


Fig.3.1. Schema echivalentă a rețelei electrice.

3.2. Schema de calcul

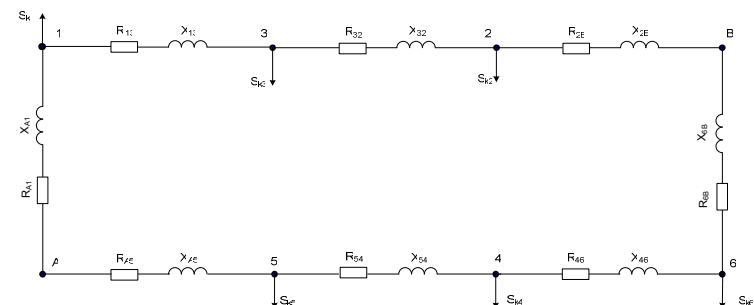


Fig.3.2. Schema de calcul a rețelei electrice.

3.3. Regimul normal de funcționare

Calculul regimului permanent de funcționare se începe cu determinarea puterilor de calcul ale consumatorilor în toate nodurile luând în considerație pierderile de putere în TR și LEA.

Se determină pierderile de putere activă și reactivă în transformatoare:

$$\Delta P_{t,i} = \frac{\Delta P_{sc,i}}{2} \cdot k_{m,i}^2; \quad \Delta Q_{t,i} = \frac{U_{sc,i}}{100} \cdot \frac{S_{nom,i}}{2} \cdot k_{m,i}^2;$$

$$\Delta P_{t,1} = \frac{\Delta P_{sc,1}}{2} \cdot k_{m,1}^2 = \frac{22}{2} \cdot 0,862^2 = 0,008MW; \quad \Delta Q_{t,1} = \frac{U_{sc,1}}{100} \cdot \frac{S_{nom,1}}{2} \cdot k_{m,1}^2 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{2,5}{2} \cdot 0,862^2 = 0,098MVar;$$

$$\Delta P_{t,2} = \frac{\Delta P_{sc,2}}{2} \cdot k_{m,2}^2 = \frac{60}{2} \cdot 0,7539^2 = 0,017MW; \quad \Delta Q_{t,2} = \frac{U_{sc,2}}{100} \cdot \frac{S_{nom,2}}{2} \cdot k_{m,2}^2 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{10}{2} \cdot 0,7539^2 = 0,298MVar;$$

$$\Delta P_{t,3} = \frac{\Delta P_{sc,3}}{2} \cdot k_{m,3}^2 = \frac{35}{2} \cdot 1,0775^2 = 0,020MW; \quad \Delta Q_{t,3} = \frac{U_{sc,3}}{100} \cdot \frac{S_{nom,3}}{2} \cdot k_{m,3}^2 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{4}{2} \cdot 1,0775^2 = 0,244MVar;$$

$$\Delta P_{t,4} = \frac{\Delta P_{sc,4}}{2} \cdot k_{m,4}^2 = \frac{35}{2} \cdot 1,3475^2 = 0,032MW; \quad \Delta Q_{t,4} = \frac{U_{sc,4}}{100} \cdot \frac{S_{nom,4}}{2} \cdot k_{m,4}^2 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{4}{2} \cdot 1,3475^2 = 0,381MVar;$$

$$\Delta P_{t,5} = \frac{\Delta P_{sc,5}}{2} \cdot k_{m,5}^2 = \frac{50}{2} \cdot 1,025^2 = 0,026MW; \quad \Delta Q_{t,5} = \frac{U_{sc,5}}{100} \cdot \frac{S_{nom,5}}{2} \cdot k_{m,5}^2 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{6,3}{2} \cdot 1,025^2 = 0,348MVar;$$

$$\Delta P_{t,6} = \frac{\Delta P_{sc,6}}{2} \cdot k_{m,6}^2 = \frac{22}{2} \cdot 1,292^2 = 0,018MW; \quad \Delta Q_{t,6} = \frac{U_{sc,6}}{100} \cdot \frac{S_{nom,6}}{2} \cdot k_{m,6}^2 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{2,5}{2} \cdot 1,292^2 = 0,219MVar;$$

Se determină puterea reactivă generată în LEA conform relației:

$$Q_{ij} = \frac{B_{ij} \cdot U_{nom}^2}{2};$$

$$Q_{B6} = \frac{B_{B6} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{46,512 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,281MVar; \quad Q_{A1} = \frac{B_{A1} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{78,468 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,475MVar;$$

$$Q_{64} = \frac{B_{64} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{25,8 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,156MVar; \quad Q_{13} = \frac{B_{13} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{65,777 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,398MVar;$$

$$Q_{54} = \frac{B_{54} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{116,815 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,707MVar; \quad Q_{32} = \frac{B_{32} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{168,195 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 1,018MVar;$$

$$Q_{A5} = \frac{B_{A5} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{138,938 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,841MVar; \quad Q_{B2} = \frac{B_{B2} \cdot U_{nom}^2}{2} = \frac{147,083 \cdot 10^{-6} \cdot 110^2}{2} = 0,890MVar;$$

Se determină sarcinile de calcul precizate ale consumatorilor:

$$S_{k1} = S_1 + \Delta P_{t1} + j\Delta Q_{t1} + 2(\Delta P_{0t1} + j\Delta Q_{0t1}) - jQ_{A1} - jQ_{13} = (2 + j0,8) + (0,008 + j0,098) + 2(0,005 + j0,037) - j0,475 - j0,398 = 2,018 + j0,099MVA;$$

$$S_{k2} = S_2 + \Delta P_{t2} + j\Delta Q_{t2} + 2(\Delta P_{0t2} + j\Delta Q_{0t2}) - jQ_{32} - jQ_{2B} = (7 + j2,8) + (0,017 + j0,298) + 2(0,014 + j0,09) - j1,018 - j0,890 = 7,045 + j1,37MVA;$$

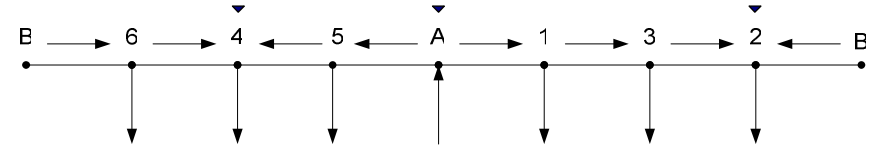
$$S_{k3} = S_3 + \Delta P_{t3} + j\Delta Q_{t3} + 2(\Delta P_{0t3} + j\Delta Q_{0t3}) - jQ_{13} - jQ_{32} = (4 + j1,6) + (0,02 + j0,244) + 2(0,007 + j0,048) - j0,398 - j1,018 = 4,034 + j0,524MVA;$$

$$S_{k4} = S_4 + \Delta P_{t4} + j\Delta Q_{t4} + 2(\Delta P_{0t4} + j\Delta Q_{0t4}) - jQ_{54} - jQ_{46} = (5 + j2,0) + (0,032 + j0,381) + 2(0,007 + j0,048) - j0,707 - j0,156 = 5,046 + j1,614MVA;$$

$$S_{k5} = S_5 + \Delta P_{t5} + j\Delta Q_{t5} + 2(\Delta P_{0t5} + j\Delta Q_{0t5}) - jQ_{45} - jQ_{54} = (6 + j2,4) + (0,026 + j0,348) + 2(0,010 + j0,063) - j0,841 - j0,707 = 6,046 + j1,326MVA;$$

$$S_{k6} = S_6 + \Delta P_{t6} + j\Delta Q_{t6} + 2(\Delta P_{0t6} + j\Delta Q_{0t6}) - jQ_{46} - jQ_{6B} = (3 + j1,2) + (0,018 + j0,219) + 2(0,005 + j0,037) - j0,156 - j0,281 = 3,028 + j1,056MVA;$$

Pe baza valorilor precizate ale puterilor de calcul în noduri vom determina fluxurile de putere în tronsoane precizate pentru schema echivalentă de calcul. În aceste calcule în locul lungimii liniei se vor folosi impedanțele lor.



$$S_{B6} = \frac{S_{k6} \cdot Z_{645A132B} + S_{k4} \cdot Z_{45A132B} + S_{k5} \cdot Z_{5A132B} - S_A \cdot Z_{A132B} + S_{k1} \cdot Z_{132B} + S_{k3} \cdot Z_{32B} + S_{k2} \cdot Z_{2B}}{Z_{B645A132B}}$$

$$= \frac{(3,028 + j1,056) \cdot (120,64 - j126,385) + (5,046 + j1,614) \cdot (116,44 - j121,985) + (6,046 + j1,326) \cdot (97,424 - j102,063) - (13,6 + j8,429) \cdot (74,806 - j78,368) + (2,018 + j0,099) \cdot (62,033 - j64,986) + (4,034 + j0,524) \cdot (51,325 - j53,768) + (7,045 + j1,37) \cdot (23,944 - j25,084)}{128,212 - j134,317} = 7,59 - j0,937 MVA.$$

$$S_{64} = S_{B6} - S_{k6} = (7,59 - j0,937) - (3,028 + j1,056) = 4,562 - j1,993MVA;$$

$$S_{54} = S_{k4} - S_{64} = (5,046 + j1,614) - (4,562 - j1,993) = 0,484 + j3,607MVA;$$

$$S_{A5} = S_{54} + S_{k5} = (0,484 + j3,607) + (6,046 + j1,326) = 6,53 + j4,933MVA;$$

$$S_{A1} = S_A - S_{A5} = (13,6 + j8,429) - (6,53 + j4,933) = 7,07 + j3,496MVA;$$

$$S_{13} = S_{A1} - S_{k1} = (7,07 + j3,496) - (2,018 + j0,099) = 5,051 + j3,397MVA;$$

$$S_{32} = S_{13} - S_{k3} = (5,051 + j3,397) - (4,034 + j0,524) = 1,017 + j2,873MVA;$$

$$S_{B2} = S_{k2} - S_{32} = (7,045 + j1,37) - (1,017 + j2,873) = 6,028 - j1,503MVA;$$

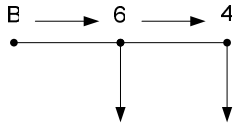
Verificare:

$$S_A + S_{B6} + S_{B2} = \sum_{i=1}^6 S_{ki}$$

$$27,218 + j5,989 = 27,217 + j5,989$$

Pentru a determina tensiunile în noduri întâi trebuie de determinat pierderile de putere în regim maxim de funcționare. Se determină nodurile sarcina cărora se alimentează din două părți, numite noduri de separare. După ce s-au determinat nodurile de separare se secționează convențional rețeaua electrică în dreptul nodurilor de separare și în dreptul nodului-sursă unde este indicată tensiunea.

Schema I:



$$S_{64}^{\prime\prime} = S_{64} = 4,562 - j1,993 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{64} = \frac{|S_{64}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{64} + jX_{64}) = \frac{4,562^2 + 1,993^2}{110^2} \cdot (4,2 + j4,4) = 0,009 + j0,009 \text{ MVA};$$

$$S_{64}^I = S_{64}^{\prime\prime} + \Delta S_{64} = (4,562 - j1,993) + (0,009 + j0,009) = 4,571 - j1,984 \text{ MVA};$$

$$S_{B6}^{\prime\prime} = S_{64}^I + S_{k6} = (4,571 - j1,984) + (3,028 + j1,056) = 7,599 - j0,928 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{B6} = \frac{|S_{B6}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{B6} + jX_{B6}) = \frac{7,599^2 + 0,928^2}{110^2} \cdot (7,572 + j7,932) = 0,037 + j0,038 \text{ MVA};$$

$$S_{B6}^I = S_{B6}^{\prime\prime} + \Delta S_{B6} = (7,599 - j0,928) + (0,037 + j0,038) = 7,636 - j0,89 \text{ MVA};$$

$$U_B = 1,06 \cdot U_n = 1,06 \cdot 110 = 116,6 \text{ kV}$$

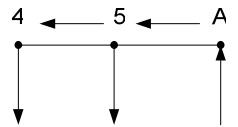
$$\Delta U_{B6} = \frac{P_{B6}^I \cdot R_{B6} + Q_{B6}^I \cdot X_{B6}}{U_B} = \frac{7,636 \cdot 7,572 - 0,89 \cdot 7,932}{116,6} = 0,435 \text{ kV};$$

$$U_6 = U_B - \Delta U_{B6} = 116,6 - 0,435 = 116,165 \text{ kV};$$

$$\Delta U_{64} = \frac{P_{64}^I \cdot R_{64} + Q_{64}^I \cdot X_{64}}{U_6} = \frac{4,571 \cdot 4,2 - 1,984 \cdot 4,4}{116,165} = 0,090 \text{ kV};$$

$$U_4 = U_6 - \Delta U_{64} = 116,165 - 0,090 = 116,075 \text{ kV};$$

Schema II:



$$S_{A5}^{\prime\prime} = S_{A5} = 6,53 + j4,933 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{A5} = \frac{|S_{A5}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{A5} + jX_{A5}) = \frac{6,53^2 + 4,993^2}{110^2} \cdot (22,618 + j23,695) = 0,133 + j0,139 \text{ MVA};$$

$$S_{A5}^I = S_{A5}^{\prime\prime} + \Delta S_{A5} = (6,53 + j4,993) + (0,133 + j0,139) = 6,663 + j5,132 \text{ MVA};$$

$$S_{54}^{\prime\prime} = S_{A5}^I - S_{k5} = (6,663 + j5,132) - (6,046 + j1,326) = 0,617 + j3,806 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{54} = \frac{|S_{54}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{54} + jX_{54}) = \frac{0,617^2 + 3,806^2}{110^2} \cdot (19,016 + j19,922) = 0,022 + j0,023 \text{ MVA};$$

$$S_{54}^I = S_{54}^{\prime\prime} + \Delta S_{54} = (0,617 + j3,806) + (0,022 + j0,023) = 0,639 + j3,829 \text{ MVA};$$

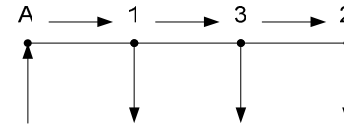
$$\Delta U_{54} = \frac{P_{54}^I \cdot R_{54} + Q_{54}^I \cdot X_{54}}{U_4} = \frac{0,439 \cdot 19,016 + 3,769 \cdot 19,922}{116,075} = 0,72 \text{ kV};$$

$$U_5 = U_4 + \Delta U_{54} = 116,075 + 0,72 = 116,795 \text{ kV};$$

$$\Delta U_{A5} = \frac{P_{A5}^I \cdot R_{A5} + Q_{A5}^I \cdot X_{A5}}{U_5} = \frac{6,463 \cdot 22,618 + 5,072 \cdot 23,695}{116,795} = 2,28 \text{ kV};$$

$$U_A = U_5 + \Delta U_{A5} = 116,795 + 2,28 = 119,075 \text{ kV};$$

Schema III:



$$S_{32}^{\prime\prime} = S_{32} = 1,017 + j2,873 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{32} = \frac{|S_{32}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{32} + jX_{32}) = \frac{1,017^2 + 2,873^2}{110^2} \cdot (27,381 + j28,684) = 0,021 + j0,022 \text{ MVA};$$

$$S_{32}^I = S_{32}^{\prime\prime} + \Delta S_{32} = (1,017 + j2,873) + (0,021 + j0,022) = 1,038 + j2,895 \text{ MVA};$$

$$S_{13}^{\prime\prime} = S_{32}^I + S_{k3} = (1,038 + j2,895) + (4,034 + j0,524) = 5,072 + j3,419 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{13} = \frac{|S_{13}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{13} + jX_{13}) = \frac{5,072^2 + 3,419^2}{110^2} \cdot (10,708 + j11,218) = 0,033 + j0,035 \text{ MVA};$$

$$S_{13}^I = S_{13}^{\prime\prime} + \Delta S_{13} = (5,072 + j3,419) + (0,033 + j0,035) = 5,105 + j3,454 \text{ MVA};$$

$$S_{A1}^{\prime\prime} = S_{13}^I + S_{k1} = (5,105 + j3,454) + (2,018 + j0,099) = 7,123 + j3,553 \text{ MVA};$$

$$\Delta S_{A1} = \frac{|S_{A1}^{\prime\prime}|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{A1} + jX_{A1}) = \frac{7,123^2 + 3,553^2}{110^2} \cdot (12,773 + j13,382) = 0,067 + j0,07 \text{ MVA};$$

$$S_{A1}^I = S_{A1}^{\prime\prime} + \Delta S_{A1} = (7,123 + j3,553) + (0,067 + j0,07) = 7,190 + j3,623 \text{ MVA};$$

$$\Delta U_{A1} = \frac{P_{A1}^I \cdot R_{A1} + Q_{A1}^I \cdot X_{A1}}{U_A} = \frac{7,19 \cdot 12,773 + 3,623 \cdot 13,382}{119,075} = 1,178 \text{ kV};$$

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A1} = 119,075 - 1,178 = 117,897 \text{ kV};$$

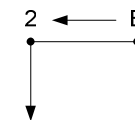
$$\Delta U_{13} = \frac{P_{13}^I \cdot R_{13} + Q_{13}^I \cdot X_{13}}{U_1} = \frac{5,105 \cdot 10,708 + 3,454 \cdot 11,218}{117,897} = 0,792 \text{ kV};$$

$$U_3 = U_1 - \Delta U_{13} = 117,897 - 0,792 = 117,105 \text{ kV};$$

$$\Delta U_{32} = \frac{P_{32}^I \cdot R_{32} + Q_{32}^I \cdot X_{32}}{U_3} = \frac{1,038 \cdot 27,381 + 2,873 \cdot 28,684}{117,105} = 0,946 \text{ kV};$$

$$U_2 = U_3 - \Delta U_{32} = 117,105 - 0,946 = 116,159 \text{ kV};$$

Schema patru:



$$S_{B2}^H = S_{B2} = 6,028 - j1,503 MVA;$$

$$\Delta S_{B2} = \frac{|S_{B2}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{B2} + jX_{B2}) = \frac{6,028^2 + 1,503^2}{110^2} \cdot (23,944 + j25,084) = 0,076 + j0,08 MVA;$$

$$S_{B2}^I = S_{B2}^H + \Delta S_{B2} = (6,028 - j1,503) + (0,076 + j0,08) = 6,104 - j1,423 MVA;$$

$$\Delta U_{B2} = \frac{P_{B2}^I \cdot R_{B2} + Q_{B2}^I \cdot X_{B2}}{U_B} = \frac{6,104 \cdot 23,944 - 1,423 \cdot 25,084}{116,6} = 0,947 kV;$$

$$U_2 = U_B - \Delta U_{B2} = 116,6 - 0,947 = 115,653 kV;$$

$$\varepsilon_{\%} = \frac{U_A - U_2}{U_A} \cdot 100\% = \frac{119,075 - 115,653}{119,075} \cdot 100\% = 2,87\%;$$

3.4. Regimul postvarie

Se va decupla cel mai incarcat tronson: tronsonul A5.

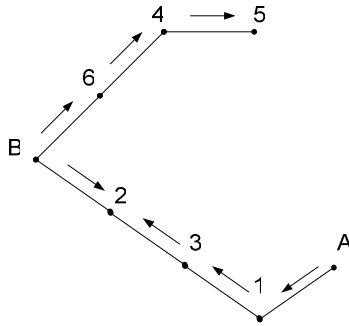
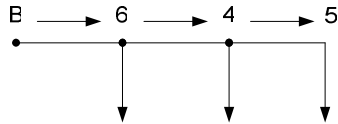


Fig.3.3. Schema de calcul a rețelei electrice in regim postvarie.

Schema I:



$$S_{45}^H = S_{k5} = 6,046 + j1,326 MVA;$$

$$\Delta S_{45} = \frac{|S_{45}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{45} + jX_{45}) = \frac{6,046^2 + 1,326^2}{110^2} \cdot (19,016 + j19,922) = 0,06 + j0,063 MVA;$$

$$S_{45}^I = S_{45}^H + \Delta S_{45} = (6,046 + j1,326) + (0,06 + j0,063) = 6,106 + j1,389 MVA;$$

$$S_{64}^H = S_{45}^I + S_{k4} = (6,106 + j1,389) + (5,046 + j1,614) = 11,152 + j3,003 MVA;$$

$$\Delta S_{64} = \frac{|S_{64}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{64} + jX_{64}) = \frac{11,152^2 + 3,003^2}{110^2} \cdot (4,2 + j4,4) = 0,046 + j0,048 MVA;$$

$$S_{64}^I = S_{64}^H + \Delta S_{64} = (11,152 + j3,003) + (0,046 + j0,048) = 11,198 + j3,051 MVA;$$

$$S_{B6}^H = S_{64}^I + S_{k6} = (11,198 + j3,051) + (3,028 + j1,056) = 14,226 + j4,107 MVA;$$

$$\Delta S_{B6} = \frac{|S_{B6}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{B6} + jX_{B6}) = \frac{14,226^2 + 4,107^2}{110^2} \cdot (7,572 + j7,932) = 0,137 + j0,143 MVA;$$

$$S_{B6}^I = S_{B6}^H + \Delta S_{B6} = (14,226 + j4,107) + (0,137 + j0,143) = 14,363 + j4,25 MVA;$$

$$U_B = 1,08 \cdot U_n = 1,08 \cdot 110 = 118,8 kV$$

$$\Delta U_{B6} = \frac{P_{B6}^I \cdot R_{B6} + Q_{B6}^I \cdot X_{B6}}{U_B} = \frac{14,363 \cdot 7,572 + 4,25 \cdot 7,932}{118,8} = 1,20 kV;$$

$$U_6 = U_B - \Delta U_{B6} = 118,8 - 1,2 = 117,6 kV;$$

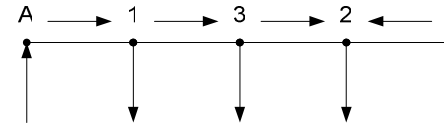
$$\Delta U_{64} = \frac{P_{64}^I \cdot R_{64} + Q_{64}^I \cdot X_{64}}{U_6} = \frac{11,198 \cdot 4,2 + 3,051 \cdot 4,4}{117,6} = 0,514 kV;$$

$$U_4 = U_6 - \Delta U_{64} = 117,60 - 0,514 = 117,086 kV;$$

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45}^I \cdot R_{45} + Q_{45}^I \cdot X_{45}}{U_4} = \frac{6,106 \cdot 19,016 + 1,389 \cdot 19,922}{117,086} = 1,23 kV;$$

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 117,086 - 1,23 = 115,856 kV;$$

Schema II:



$$S_{A1}^H = S_A = 13,6 + j8,429 MVA;$$

$$\Delta S_{A1} = \frac{|S_{A1}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{A1} + jX_{A1}) = \frac{13,6^2 + 8,429^2}{110^2} \cdot (12,773 + j13,382) = 0,27 + j0,283 MVA;$$

$$S_{A1}^I = S_{A1}^H + \Delta S_{A1} = (13,6 + j8,429) + (0,27 + j0,283) = 13,87 + j8,712 MVA;$$

$$S_{13}^H = S_{A1}^I - S_{k1} = (13,87 + j8,712) - (2,018 + j0,099) = 11,852 + j8,613 MVA;$$

$$\Delta S_{13} = \frac{|S_{13}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{13} + jX_{13}) = \frac{11,852^2 + 8,613^2}{110^2} \cdot (10,708 + j11,218) = 0,17 + j0,18 MVA;$$

$$S_{13}^I = S_{13}^H + \Delta S_{13} = (11,852 + j8,613) + (0,17 + j0,18) = 12,022 + j8,793 MVA;$$

$$S_{32}^H = S_{13}^I - S_{k3} = (12,022 + j8,793) - (4,034 + j0,524) = 7,988 + j8,269 MVA;$$

$$\Delta S_{32} = \frac{|S_{32}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{32} + jX_{32}) = \frac{7,988^2 + 8,269^2}{110^2} \cdot (27,381 + j28,684) = 0,236 + j0,248 MVA;$$

$$S_{32}^I = S_{32}^H + \Delta S_{32} = (7,988 + j8,269) + (0,236 + j0,248) = 8,224 + j8,517 MVA;$$

$$S_{B2}^H = S_{k2} - S_{32}^I = (7,045 + j1,37) - (8,224 + j8,517) = -1,179 - j7,147 MVA;$$

$$\Delta S_{B2} = \frac{|S_{B2}^H|^2}{U_{nom}^2} \cdot (R_{B2} + jX_{B2}) = \frac{0,179^2 + 7,147^2}{110^2} \cdot (23,944 + j25,084) = 0,065 + j0,068 MVA;$$

$$S_{B2}^I = S_{B2}^H + \Delta S_{B2} = (-1,179 - j7,147) + (0,065 + j0,068) = -1,114 - j7,079 MVA;$$

$$U_B = 1,08 \cdot U_n = 1,08 \cdot 110 = 118,8 kV$$

$$\Delta U_{B2} = \frac{P_{B2}^I \cdot R_{B2} + Q_{B2}^I \cdot X_{B2}}{U_B} = \frac{0,238 \cdot 27,944 - 5,657 \cdot 25,084}{118,8} = -1,138 kV;$$

$$U_2 = U_B - \Delta U_{B2} = 118,8 + 1,138 = 119,938 kV;$$

$$\Delta U_{32} = \frac{P_{32}' \cdot R_{32} + Q_{32}' \cdot X_{32}}{U_2} = \frac{6,872 \cdot 27,381 + 7,095 \cdot 28,684}{119,938} = 3,28kV;$$

$$U_3 = U_2 + \Delta U_{32} = 119,938 + 3,28 = 123,218kV;$$

$$\Delta U_{13} = \frac{P_{13}' \cdot R_{13} + Q_{13}' \cdot X_{13}}{U_3} = \frac{11,142 \cdot 10,708 + 7,867 \cdot 11,218}{123,218} = 1,68kV;$$

$$U_1 = U_3 + \Delta U_{13} = 123,218 + 1,68 = 124,898kV;$$

$$\Delta U_{A1} = \frac{P_{A1}' \cdot R_{A1} + Q_{A1}' \cdot X_{A1}}{U_1} = \frac{13,33 \cdot 12,773 + 8,146 \cdot 13,382}{124,898} = 2,236kV;$$

$$U_A = U_1 + \Delta U_{A1} = 124,898 + 2,236 = 127,134kV;$$

$$\varepsilon\% = \frac{U_A - U_s}{U_A} \cdot 100\% = \frac{127,134 - 115,856}{127,134} \cdot 100\% = 8,87\%;$$

3.5. Reglarea tensiunii

Reglarea tensiunii în rețeaua electrică proiectată se poate de realizat atât pe barele sursei de alimentare cât și la stațiile principale de coborâre. Numărul prizelor la care trebuie să funcționeze transformatorul se determină conform relației:

$$\alpha_{i,d} = \left(\frac{k_{i,d}}{k_{i,nom}} - 1 \right) \cdot \frac{100}{a\%};$$

unde, $k_{i,nom}$ – raportul de transformare nominal, $k_{i,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}}$;

U_{nom1}, U_{nom2} – tensiunea nominală primară și secundară;

$k_{i,d}$ – raportul de transformare dorit, $k_{i,d} = \frac{U_i'}{U_{c,d}}$;

$$U_i' = U_i - \Delta U_{ii};$$

U_i – tensiunea impusă nodului „i”;

ΔU_{ii} – pierderile de tensiune în transformator care se determină conform relației:

$$\Delta U_{ii} = \frac{P_{ri} \cdot R_{ii} + Q_{ri} \cdot X_{ii}}{2 \cdot U_i};$$

$U_{c,d}$ – tensiunea rețelei de joasă tensiune, $U_{c,d} = 11kV$;

$a\%$ – valoarea procentuală a unei prize față de tensiunea nominală.

Nodul 1:

$$\Delta U_{r1} = \frac{P_{r1} \cdot R_{r1} + Q_{r1} \cdot X_{r1}}{2 \cdot U_1} = \frac{2,018 \cdot 46,6 + 0,099 \cdot 555}{2 \cdot 117,915} = 0,632kV;$$

$$U_1' = U_1 - \Delta U_{r1} = 117,915 - 0,632 = 117,283kV;$$

$$k_{1,d} = \frac{U_1'}{U_{c1,d}} = \frac{117,283}{11} = 10,662; \quad k_{1,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}} = \frac{110}{11} = 10;$$

$$\alpha_{1,d} = \left(\frac{k_{1,d}}{k_{1,nom}} - 1 \right) \cdot \frac{100}{a\%} = \left(\frac{10,662}{10} - 1 \right) \cdot \frac{100}{1,5} = 4,41; \quad \alpha_{1,r} = 4;$$

$$k_{1,r} = k_{1,nom} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{1,r} \cdot a\%}{100} \right) = 10 \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 1,5}{100} \right) = 10,60;$$

$$U_1'' = \frac{U_1'}{k_{1,r}} = \frac{117,283}{10,60} = 11,06kV;$$

Nodul 2:

$$\Delta U_{r2} = \frac{P_{r2} \cdot R_{r2} + Q_{r2} \cdot X_{r2}}{2 \cdot U_2} = \frac{7,045 \cdot 7,95 + 1,37 \cdot 139}{2 \cdot 116,172} = 1,06kV;$$

$$U_2' = U_2 - \Delta U_{r2} = 116,172 - 1,06 = 115,112kV;$$

$$k_{12,d} = \frac{U_2'}{U_{c2,d}} = \frac{115,112}{11} = 10,46; \quad k_{12,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}} = \frac{115}{11} = 10,45;$$

$$\alpha_{2,d} = \left(\frac{k_{12,d}}{k_{12,nom}} - 1 \right) \cdot \frac{100}{a\%} = \left(\frac{10,46}{10,45} - 1 \right) \cdot \frac{100}{1,78} = 0,05; \quad \alpha_{2,r} = 0;$$

$$k_{12,r} = k_{12,nom} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{2,r} \cdot a\%}{100} \right) = 10,45 \cdot \left(1 + \frac{0 \cdot 1,78}{100} \right) = 10,45;$$

$$U_2'' = \frac{U_2'}{k_{12,r}} = \frac{115,112}{10,45} = 11,012kV;$$

Nodul 3:

$$\Delta U_{r3} = \frac{P_{r3} \cdot R_{r3} + Q_{r3} \cdot X_{r3}}{2 \cdot U_3} = \frac{4,034 \cdot 28,3 + 0,524 \cdot 347}{2 \cdot 117,123} = 1,264kV;$$

$$U_3' = U_3 - \Delta U_{r3} = 117,123 - 1,264 = 115,859kV;$$

$$k_{13,d} = \frac{U_3'}{U_{c3,d}} = \frac{115,859}{11} = 10,53; \quad k_{13,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}} = \frac{115}{11} = 10,45;$$

$$\alpha_{3,d} = \left(\frac{k_{13,d}}{k_{13,nom}} - 1 \right) \cdot \frac{100}{a\%} = \left(\frac{10,53}{10,45} - 1 \right) \cdot \frac{100}{1,78} = 0,43; \quad \alpha_{3,r} = 0;$$

$$k_{13,r} = k_{13,nom} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{3,r} \cdot a\%}{100} \right) = 10,45 \cdot \left(1 + \frac{0 \cdot 1,78}{100} \right) = 10,45;$$

$$U_3'' = \frac{U_3'}{k_{13,r}} = \frac{115,859}{10,45} = 11,087kV;$$

Nodul 4:

$$\Delta U_{r4} = \frac{P_{r4} \cdot R_{r4} + Q_{r4} \cdot X_{r4}}{2 \cdot U_4} = \frac{5,046 \cdot 28,3 + 1,614 \cdot 347}{2 \cdot 116,075} = 3,028kV;$$

$$U_4' = U_4 - \Delta U_{r4} = 116,075 - 3,028 = 113,047kV;$$

$$k_{14,d} = \frac{U_4'}{U_{c4,d}} = \frac{113,047}{11} = 10,277; \quad k_{14,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}} = \frac{115}{11} = 10,45;$$

$$\alpha_{4,d} = \left(\frac{k_{14,d}}{k_{14,nom}} - 1 \right) \cdot \frac{100}{a\%} = \left(\frac{10,277}{10,45} - 1 \right) \cdot \frac{100}{1,78} = -0,93; \quad \alpha_{4,r} = -1;$$

$$k_{t4,r} = k_{t4,nom} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{4,r} \cdot a\%}{100}\right) = 10,45 \cdot \left(1 - \frac{1 \cdot 1,78}{100}\right) = 10,264;$$

$$U_4^H = \frac{U_4^I}{k_{t4,r}} = \frac{113,047}{10,264} = 11,014 kV;$$

Nodul 5:

$$\Delta U_{i5} = \frac{P_{r5} \cdot R_{i5} + Q_{r5} \cdot X_{i5}}{2 \cdot U_5} = \frac{6,046 \cdot 16,6 + 1,326 \cdot 220}{2 \cdot 116,795} = 1,679 kV;$$

$$U_5^I = U_5 - \Delta U_{i5} = 116,795 - 1,679 = 115,116 kV;$$

$$k_{t5,d} = \frac{U_5^I}{U_{e5,d}} = \frac{115,116}{11} = 10,47; \quad k_{t5,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}} = \frac{115}{11} = 10,45;$$

$$\alpha_{5,d} = \left(\frac{k_{t5,d}}{k_{t5,nom}} - 1\right) \cdot \frac{100}{a\%} = \left(\frac{10,47}{10,45} - 1\right) \cdot \frac{100}{1,78} = 0,11; \quad \alpha_{5,r} = 0;$$

$$k_{t5,r} = k_{t5,nom} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{5,r} \cdot a\%}{100}\right) = 10,45 \cdot \left(1 + \frac{0 \cdot 1,78}{100}\right) = 10,45;$$

$$U_5^H = \frac{U_5^I}{k_{t5,r}} = \frac{115,116}{10,45} = 11,016 kV;$$

Nodul 6:

$$\Delta U_{i6} = \frac{P_{r6} \cdot R_{i6} + Q_{r6} \cdot X_{i6}}{2 \cdot U_6} = \frac{3,028 \cdot 46,6 + 1,056 \cdot 555}{2 \cdot 116,165} = 3,13 kV;$$

$$U_6^I = U_6 - \Delta U_{i6} = 116,165 - 3,13 = 113,035 kV;$$

$$k_{t6,d} = \frac{U_6^I}{U_{e6,d}} = \frac{113,035}{11} = 10,276; \quad k_{t6,nom} = \frac{U_{nom1}}{U_{nom2}} = \frac{110}{11} = 10;$$

$$\alpha_{6,d} = \left(\frac{k_{t6,d}}{k_{t6,nom}} - 1\right) \cdot \frac{100}{a\%} = \left(\frac{10,276}{10} - 1\right) \cdot \frac{100}{1,5} = 1,84; \quad \alpha_{6,r} = 2;$$

$$k_{t6,r} = k_{t6,nom} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{6,r} \cdot a\%}{100}\right) = 10 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 1,5}{100}\right) = 10,30;$$

$$U_6^H = \frac{U_6^I}{k_{t6,r}} = \frac{113,035}{10,30} = 10,974 kV.$$

4. CALCULUL MECANIC AL CONDUCTORULUI AC-70/11

4.1. Sarcinile specifice

1. Sarcina specifică condiționată de greutatea proprie a conductorului:

$$\gamma_1 = g_0 \cdot \frac{G}{F_\Sigma} \cdot 10^{-4} = 9,81 \cdot \frac{274}{79,3} \cdot 10^{-4} = 3,390 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2};$$

unde $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$ – accelerația căderii libere;

G – greutatea specifică a conductorului, kg/km ;

F_Σ – secțiunea sumară a conductorului:

$$F_\Sigma = F_{Al} + F_{Ot} = 68 + 11,3 = 79,3 \text{ mm}^2.$$

2. Sarcina specifică condiționată de greutatea chiciurii:

$$\gamma_2 = \frac{8,829 \cdot \pi \cdot (d + b_c) \cdot b_c}{F_\Sigma} \cdot 10^{-4} = \frac{8,829 \cdot 3,14 \cdot (11,4 + 15) \cdot 15}{79,3} \cdot 10^{-4} = 13,844 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2};$$

3. Sarcina specifică verticală totală:

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2 = 3,390 \cdot 10^{-3} + 13,844 \cdot 10^{-3} = 17,234 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2}.$$

4. Sarcina specifică condiționată de presiunea vântului asupra conductorului neacoperit cu chiciură:

$$\gamma_4 = \frac{\alpha \cdot k_c \cdot q_{max} \cdot d}{F_\Sigma} = \frac{0,85 \cdot 1,2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 11,4}{79,3} = 5,865 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2},$$

unde $\alpha = 0,85$ – coeficient de uniformitate a presiunii vântului;

$k_c = 1,2$ – coeficient aerodinamic;

$$q_{max} - \text{presiunea maximă a vântului: } q_{max} = \frac{V^2}{16} = \frac{25^2}{16} = 40 \frac{daN}{m^2};$$

$V = 25 \text{ m/s}$ – viteza vântului.

5. Sarcina specifică condiționată de presiunea vântului asupra conductorului acoperit cu chiciură:

$$\gamma_5 = \frac{\alpha \cdot k_c \cdot q_c \cdot (d + 2 \cdot b_c)}{F_\Sigma} \cdot 10^{-4} = \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 14 \cdot (11,4 + 2 \cdot 15)}{79,3} = 8,771 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2},$$

$$\text{unde } q_c = 0,25 \cdot q_{max} = 0,25 \cdot 40 = 10 \frac{daN}{m^2}.$$

$$\text{Deoarece } q_c < 14 \frac{daN}{m^2}, \text{ alegem } q_c = 14 \frac{daN}{m^2}.$$

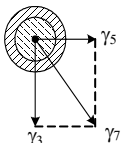
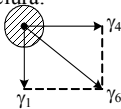
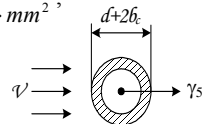
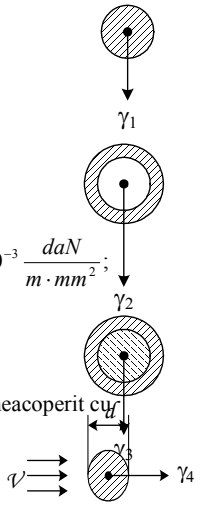
6. Sarcina specifică rezultantă, care acționează asupra conductorului neacoperit cu chiciură:

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2} = \sqrt{(3,390 \cdot 10^{-3})^2 + (5,865 \cdot 10^{-3})^2} = 6,774 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2}.$$

7. Sarcina specifică rezultantă, care acționează asupra conductorului acoperit cu chiciură:

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2} = \sqrt{(17,234 \cdot 10^{-3})^2 + (8,771 \cdot 10^{-3})^2} = 19,337 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2}.$$

$$8. \text{ Sarcina maximă: } \gamma_{67} = 19,337 \cdot 10^{-3} \frac{daN}{m \cdot mm^2}.$$



4.2. Lungimile critice a deschiderii

Relația pentru determinare lungimii critice a deschiderii poate fi obținută din ecuația de stare a conductorului:

$$\sigma_n - \frac{\gamma_n^2 \cdot l_{cr}^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma_n^2} + \alpha \cdot E \cdot t_n = \sigma_m - \frac{\gamma_m^2 \cdot l_{cr}^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma_m^2} + \alpha \cdot E \cdot t_m,$$

unde: l_{cr} – lungimea critică a conductorului i în deschidere ($i=1, 2, 3$), m ;

α – coeficientul de dilatare termică a conductorului: $\alpha = 19,2 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$;

$E=1/\beta$ – modulul de elasticitate: $E = 8,25 \cdot 10^3 \frac{daN}{mm^2}$,

$$\beta = \frac{1}{E} = \frac{1}{8,25} \cdot 10^3 = 121,2 \cdot 10^{-6} \frac{mm^2}{daN};$$

σ_n și σ_m – tensiunile mecanice admisibile în conductor în regimurile „m” și „n”, daN/mm^2 ;

γ_m și γ_n – sarcinile specifice respective, $daN/m \cdot mm^2$;

t_m și t_n – temperaturile respective, $^{\circ}C$.

Din egalitatea de mai sus determinăm l_{cr} :

$$l_{cr} = 2 \cdot \frac{\sigma_m}{\gamma_n} \cdot \sqrt{\frac{6\{\beta(\sigma_m - \sigma_n) + \alpha(t_m - t_n)\}}{\left[\left(\frac{\gamma_m}{\gamma_n}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_n}\right)^2\right]}}, m.$$

Deschiderile critice se pot calcula substituind în formula de mai sus mărimile necesare σ, γ, t , care caracterizează regimurile inițiale, tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

i=1		i=2		i=3	
$\sigma_m = \sigma_e$	$\sigma_n = \sigma_-$	$\sigma_m = \sigma_c$	$\sigma_n = \sigma_-$	$\sigma_m = \sigma_c$	$\sigma_n = \sigma_e$
$\gamma_m = \gamma_1$	$\gamma_n = \gamma_1$	$\gamma_m = \gamma_{6,7}$	$\gamma_n = \gamma_1$	$\gamma_m = \gamma_{6,7}$	$\gamma_n = \gamma_1$
$t_m = t_e$	$t_n = t_-$	$t_m = t_c$	$t_n = t_-$	$t_m = t_c$	$t_n = t_e$

$$\sigma_e = 8,7 daN/mm^2; \quad \sigma_- = 11,6 daN/mm^2; \quad \sigma_c = 11,6 daN/mm^2;$$

$$t_e = 5^{\circ}C; \quad t_{max} = 40^{\circ}C; \quad t_{min} = -35^{\circ}C; \quad t_c = -5^{\circ}C;$$

$$l_{cr1} = 2 \cdot \frac{8,7}{3,390 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{6 \cdot [121,2 \cdot 10^{-6} (8,7 - 11,6) + 19,2 \cdot 10^{-6} (5 - (-35))]}{\left(\frac{3,390 \cdot 10^{-3}}{3,390 \cdot 10^{-3}}\right)^2 - \left(\frac{8,7}{11,6}\right)^2}} = 387,96 m;$$

$$l_{cr2} = 2 \cdot \frac{11,6}{3,390 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{6 \cdot [121,2 \cdot 10^{-6} (11,6 - 11,6) + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (-5 - (-35))]}{\left(\frac{19,337 \cdot 10^{-3}}{3,390 \cdot 10^{-3}}\right)^2 - \left(\frac{11,6}{11,6}\right)^2}} = 71,64 m;$$

$$l_{cr3} = 2 \cdot \frac{11,6}{3,390 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{6 \cdot [121,2 \cdot 10^{-6} (11,6 - 8,7) + 19,2 \cdot 10^{-6} (5 - 5)]}{\left(\frac{19,337 \cdot 10^{-3}}{3,390 \cdot 10^{-3}}\right)^2 - \left(\frac{11,6}{8,7}\right)^2}} = 38,17 m;$$

4.3. Regimul inițial de calcul

Comparând mărimea deschiderii impuse “ $L_r=150 \text{ m}$ ” cu mărimea “ L_{cr} ” se poate de determinat regimul inițial.

Tabelul 4.2

Raportul deschiderilor critice	Raportul deschiderilor critice și reale	Condițiile inițiale de calcul
$L_{cr1} < L_{cr2} < L_{cr3}$	$L_r < l_{cr1}$	σ_-, γ_1, t_-
	$l_{cr1} < L_r < l_{cr3}$	σ_e, γ_1, t_e
	$L_r > l_{cr3}$	$\sigma_c, \gamma_{6,7}, t_c$
$L_{cr1} > L_{cr2} > L_{cr3}$	$L_r < l_{cr2}$	σ_-, γ_1, t_-
	$L_r > l_{cr2}$	$\sigma_c, \gamma_{6,7}, t_c$

Condiții inițiale: $\sigma_c = 11,6 daN/mm^2; \gamma_{67} = 19,337 \cdot 10^{-3} daN/(m \cdot mm^2); t_c = -5^{\circ}C$.

4.4. Săgeata maximă

Tensiunea mecanică a conductorului se determină din ecuația de stare a conductorului:

$$\sigma_n - \frac{\gamma_n^2 \cdot l^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma_n^2} + \alpha \cdot E \cdot t_n = \sigma_m - \frac{\gamma_m^2 \cdot l^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma_m^2} + \alpha \cdot E \cdot t_m,$$

Săgeata conductorului la aceeași înălțime de fixare pentru fiecare regim de calcul se determină după următoarea relație:

$$f_i = \frac{\gamma_i \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_i},$$

unde γ_i – sarcina specifică, $daN/m \cdot mm^2$;

σ_i – tensiunea mecanică în materialul conductorului dat, daN/mm^2 ;

l – lungimea reală a deschiderii.

Tabelul 4.3

Regimul de calcul	Enumerarea condițiilor climatice	Numărul sarcinii
I	Conductorul acoperit cu chiciură, $t = -5^{\circ}C$ presiunea vântului 0,25 (dar nu mai mare de $140 N/m^2$)	6,7
II	Conductorul acoperit cu chiciură, $t = -5^{\circ}C$ vîntul lipsește $q=0$	3
III	Presiunea vîntului q , $t = -5^{\circ}C$, chiciura lipsește	6
IV	Temperatura medie anuală t_e , vîntul și chiciura lipsesc	1
V	Temperatura $t = +15^{\circ}C$, vîntul și chiciura lipsesc	1
VI	Temperatura joasă t_- , vîntul și chiciura lipsesc	1
VII	Temperatura maximă t_{max} , vîntul și chiciura lipsesc	1

BIBLIOGRAFIE

1. Стратан И.П., Шепелевич Е.И. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине “Электрические сети и системы”. Кишинёв: КПИ им. С. Лазо, 1987.
2. Стратан И.П. Справочный материал к курсовому проекту по электрическим сетям и системам. Кишинёв: КПИ им. С. Лазо, 1980.
3. Arion V., Codreanu S. Bazele calculului tehnico-economic al sistemelor de transport și distribuție a energiei electrice, Chișinău U.T.M. 1998
4. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочный материал для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергия, 1989.
7. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989.
8. Буслова Н.В., Винославский В.Н., Денисенко Г.И., Перхач В.С. Электрические системы и сети. Киев: Вища школа, 1986.
9. Электрические системы. Т.2. Под ред. Веникова В.А. М.: Высшая школа, 1971.
10. Караев Р.И., Волобрынский С.Д., Ковалев И.Н. Электрические сети и энергосистемы. М.: Транспорт, 1988.
11. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. Под ред. Веникова В.А. М.: Высшая школа, 1983.
12. Dobrea I.: Indrumar metodic pentru elaborarea proiectului de an la disciplina “Partea electrica a centralelor”. Chisinau: UTM, 2007.

Regimul I: $\sigma_1 = 11,6 \text{ daN/mm}^2$; $f_1 = \frac{\gamma_7 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_1} = \frac{19,337 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 11,6} = 4,69 \text{ m}$;

Regimul II: $\sigma_2 = 10,589 \text{ daN/mm}^2$; $f_2 = \frac{\gamma_3 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_2} = \frac{17,234 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 10,589} = 4,58 \text{ m}$;

Regimul III: $\sigma_3 = 4,898 \text{ daN/mm}^2$; $f_3 = \frac{\gamma_6 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_3} = \frac{6,774 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 4,898} = 3,89 \text{ m}$;

Regimul IV: $\sigma_4 = 2,519 \text{ daN/mm}^2$; $f_4 = \frac{\gamma_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_4} = \frac{3,390 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 2,519} = 3,78 \text{ m}$;

Regimul V: $\sigma_5 = 2,397 \text{ daN/mm}^2$; $f_5 = \frac{\gamma_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_5} = \frac{3,390 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 2,397} = 3,98 \text{ m}$;

Regimul VI: $\sigma_6 = 3,253 \text{ daN/mm}^2$; $f_6 = \frac{\gamma_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_6} = \frac{3,390 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 3,253} = 2,93 \text{ m}$;

Regimul VII: $\sigma_7 = 2,152 \text{ daN/mm}^2$; $f_7 = \frac{\gamma_1 \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_7} = \frac{3,390 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{8 \cdot 2,152} = 4,43 \text{ m}$;

Determinarea temperaturii critice:

$$t_{cr} = t_c + \frac{\sigma_3}{\alpha \cdot E} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_1}{\gamma_3}\right) = (-5) + \frac{4,898}{19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8250} \left(1 - \frac{3,390 \cdot 10^{-3}}{17,234 \cdot 10^{-3}}\right) = 20^\circ \text{C}$$

Dacă $t_{\max} > t_{cr}$ atunci vom considera $f_{\max} = f_7$

4.5. Construirea curbelor de montaj și șablon

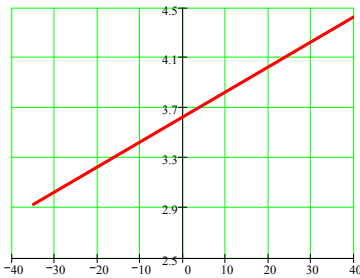


Fig. 4.1. Curba de montaj

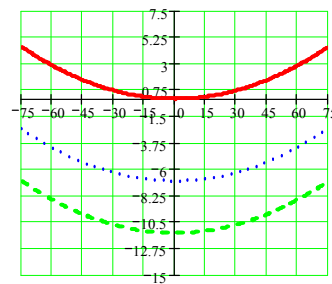


Fig. 4.2. Curbele șablon