

7. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА РАДИЈАЛНИТЕ ДИСТРИБУТИВНИ МРЕЖИ

Во досегашните електрични пресметки на електроенергетските мрежи беа познати оптоварувањата и сите параметри на мрежата (т.е. должините на водовите, нивните напречни пресеци, растојанијата помеѓу спроводниците итн.), а со пресметките се определуваше загубата на напон и загубата на моќност, како и напонските прилики во самата мрежа. На тој начин вршеше контрола дали пресметаната загуба на напон е поголема од својата пропишана вредност или не. Вакви пресметки се прават уште во фазата на проектирањето на мрежата, но и подоцна, во текот на експлоатацијата, на пример кога треба да се провери можноста за приклучување на нови потрошувачи кон постојната мрежа итн.

При проектирањето може да се јави потреба и од решавање на друг вид проблеми. Имено, таков проблем е, на пример, димензионирањето, т.е. определувањето на потребниот пресек на поедините водови во мрежата, така што загубите на напонот од напојната точка до „електрички“ најоддалечените приемници, во режимите на најголеми оптоварувања, не ќе бидат поголеми од некоја однапред зададена, дозволена загуба на напон ΔU_{doz} .

Да се задржиме малку на особеностите со кои се карактеризира решавањето на оваа задача.

Ќе разгледаме најнапред едноставен случај, кога преку трифазен симетричен вод се напојува трифазно симетрично оптоварување (сл. 5.1), па е потребно да се определи површината на напречниот пресек A така што загубата на напон во него нема да биде поголема од одредена, однапред зададена вредност ΔU_{doz} .

Бидејќи погонската индуктивна отпорност на трифазните водови малку се менува со промената на нивниот пресек, вообичаено е пресметките да се вршат со просечните вредности за индуктивната отпорност x , кои практично зависат само од номиналниот напон на водот (бидејќи напонот условува определени растојанија меѓу фазните спроводници, а од нив зависи и големината на надолжната реактивна отпорност x). За потребите на димензионирањето можат да се користат просечните вредности за параметарот x , дадени во следната табела:

Табела 7.1. Просечни вредности на подолжните реактанции на водовите со разни номинални напони

Номинален напон, kV	Просечна вредност за x (Ω/km)	
	надземни водови	кабелски водови
110	0,40	/
35	0,39	0,12
20	0,38	0,10
10	0,37	0,08
до 1	0,34	0,06

При познато оптоварување на водот $\underline{S} = P + jQ$, позната должина l и позната (односно претпоставена) индуктивна отпорност x , од равенката за загуба на напонот се добива:

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_r = \frac{P \cdot R}{U_n} + \frac{Q \cdot X}{U_n} \leq \Delta U_{doz} , \quad (7.1)$$

од што следува:

$$\frac{P \cdot R}{U_n} \leq \Delta U_{doz} - \Delta U_r = \Delta U_{doz} - \frac{Q \cdot X}{U_n} , \quad (7.2)$$

Ќе го воведеме означувањето:

$$\Delta U_{a, doz} = (\Delta U_{doz} - \Delta U_r) = (\Delta U_{doz} - \frac{Q \cdot X}{U_n}) . \quad (7.3)$$

Тогаш, имајќи ја предвид релацијата за отпорноста на водот R :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\sigma \cdot A} , \quad (7.4)$$

можеме да пишуваме:

$$\frac{P \cdot R}{U_n} = \frac{P \cdot l}{\sigma \cdot U_n \cdot A} \leq \Delta U_{a, doz} , \quad (7.5)$$

од каде што следи релацијата:

$$A \geq \frac{P \cdot l}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a, doz}} . \quad (7.6)$$

Бидејќи напречните пресеци на спроводниците се стандардизирани, го избираме првиот најблизок пресек до пресметаниот. За вака усвоениот пресек сега е можно да се определат точните вредности на подолжните параметри r и x , а потоа и соодветната загуба на напонот.

$$\Delta U = \frac{l}{U_n} \cdot (P \cdot r + Q \cdot x) = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_n} . \quad (7.7)$$

Ако е исполнет условот $\Delta U \approx \Delta U_{doz}$, тогаш избраниот пресек може да се усвои за разгледуваниот вод. Но ако се случи да биде $\Delta U > \Delta U_{doz}$, тогаш ќе треба да се избере следниот поголем стандарден пресек и целата постапка за проверка на загубата на напон уште еднаш да се повтори.

7.1. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ СПОРЕД КРИТЕРИУМОТ НА КОНСТАНТЕН ПРЕСЕК

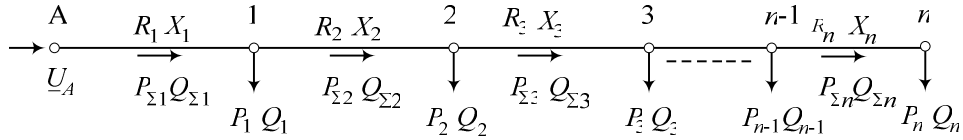
Задоволувањето на напонскиот критериум искажан со помош на релацијата:

$$\Delta U \leq \Delta U_{doz}$$

претставува основен критериум за димензионирање којшто мора безусловно да биде исполнет. Тој е доволен за претходниот случај на мрежа составена од само еден вод, кој што претставува специјален случај. Но кога мрежата има поголем број водови за нејзиното

димензионирање е неопходно да се воведат и дополнителни услови кои што може да имаат технички или економски карактер. Еден од почесто применуваните дополнителни услови или критериуми е критериумот на константен пресек.

Ако имаме случај на вод кој напојува повеќе потрошувачи (слика 7.1), вкупната загуба на напон во мрежата ќе биде сума од подолжните компоненти на загубите на напон во секоја нејзина делница, т.е.:



Слика 7.1. Магистрален вод со произволен број потрошувачи

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots + \Delta U_{n-1} + \Delta U_n = \sum_{i=1}^n \Delta U_i, \quad (7.8)$$

или

$$\Delta U = \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^n (P_{\Sigma i} \cdot R_i + Q_{\Sigma i} \cdot X_i) \quad (7.9)$$

или

$$\Delta U = \frac{1}{\sigma \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{P_{\Sigma i} \cdot l_i}{A_i} + \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \cdot x_i \cdot l_i. \quad (7.10)$$

Притоа е земен најопштиот случај кога сите водови од мрежата имаат различни пресеци. Во овој случај, проблемот не е решлив, бидејќи имаме само една равенка (релацијата (7.10) за загубата на напон во водот), во која фигурираат n непознати напречни пресеци: A_1, A_2, \dots, A_n .

Равенката (7.10) може да се реши само во случаите кога се воведуваат некои дополнителни услови, кои дозволуваат да се воспостават доволен број релации помеѓу непознатите пресеци.

Таков е, на пример, случајот кога воведуваме услов за константен пресек во мрежата, т.е. $A_1 = A_2 = \dots = A_n = A$. Во тој случај, може да се пишува равенката:

$$\Delta U_{doz} = \Delta U_a + \Delta U_r = \frac{1}{\sigma \cdot A \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Sigma i} \cdot l_i + \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \cdot x_i \cdot l_i, \quad (7.11)$$

односно:

$$\Delta U_{a.doz} = \Delta U_{doz} - \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \cdot x_i \cdot l_i = \frac{1}{\sigma \cdot A \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Sigma i} \cdot l_i, \quad (7.12)$$

од каде што следува:

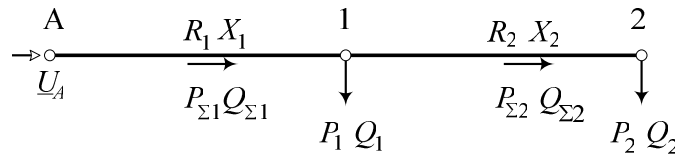
$$A = \frac{1}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a.doz}} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Sigma i} \cdot l_i. \quad (7.13)$$

Натаму за A го усвојуваме најблискиот стандарден пресек и потоа за него вршме проверка на вистинската загуба на напон, а по потреба и негова корекција.

7.2. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ СПОРЕД КРИТЕРИУМОТ НА КОНСТАНТНА ГУСТИНА НА СТРУЈАТА

Во низа случаи, како дополнителен услов при изборот на пресеците на спроводниците, се зема **еднаквоста на густините на струите** во сите секции од водот, т.е:

$$J_1 = J_2 = \dots = J_n = J_{const} . \quad (7.14)$$



Слика. 7.2. Магистрална мрежа со два вода

На сликата 7.2 е прикажана радијална мрежа која напојува два потрошувачи. Загубата на напон во оваа мрежа ќе биде:

$$\Delta U = \frac{1}{U_n} \cdot [(P_{\Sigma 1} \cdot R_1 + Q_{\Sigma 1} \cdot X_1) + (P_{\Sigma 2} \cdot R_2 + Q_{\Sigma 2} \cdot X_2)] . \quad (7.15)$$

Бидејќи е:

$$\begin{aligned} P_{\Sigma 1} &= \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 1} ; \quad P_{\Sigma 2} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 2} ; \\ J_1 &= \frac{I_1}{A_1} ; \quad J_2 = \frac{I_2}{A_2} \end{aligned} , \quad (7.16)$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{\Sigma 1} \cdot R_1}{U_n} &= \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 1} \cdot \frac{l_1}{\sigma_1 \cdot A_1} ; \\ \frac{P_{\Sigma 2} \cdot R_2}{U_n} &= \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 2} \cdot \frac{l_2}{\sigma_2 \cdot A_2} , \end{aligned} \quad (7.17)$$

равенката за загубата на напонот може да се пишува во вид:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}}{\sigma} \cdot (J_1 \cdot l_1 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 1} + J_2 \cdot l_2 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 2}) + \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^2 Q_{\Sigma i} \cdot x_i , \quad (7.18)$$

односно, при $J_1 = J_2 = J_{const}$:

$$\frac{\sqrt{3}}{\sigma} \cdot J_{const} \cdot (l_1 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 1} + l_2 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 2}) = \Delta U_{doz} - \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^2 Q_{\Sigma i} \cdot x_i \equiv \Delta U_{a, doz} , \quad (7.19)$$

од каде што следува:

$$J_{const} = \frac{\sigma \cdot \Delta U_{a, doz}}{\sqrt{3} \cdot (l_1 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 1} + l_2 \cdot \cos \varphi_{\Sigma 2})} . \quad (7.20)$$

Не е тешко да се покаже дека во општиот случај, кога мрежата напојува n потрошувачи, како во случајот на сликата 7.1, ќе биде:

$$\Delta U_{a,doz} = \Delta U_{doz} - \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \cdot X_i, \text{ и} \quad (7.21)$$

$$J_{const} = \frac{\sigma \cdot \Delta U_{a,doz}}{\sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot \cos \varphi_{\Sigma i}}. \quad (7.22)$$

По пресметувањето на густината на струјата J_{const} , за која што се постигнува условот (7.23) во поглед на загубата на напон во мрежата, се определуваат пресеците на поедините делници од мрежата, според (7.18):

$$A_i = I_i / J_{const}; \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (7.23)$$

а потоа тие се заокружуваат на најблиските стандардни постојни пресеци. По изборот се пресметува вистинската загуба на напон во мрежата со точните вредности за активните и реактивните отпорности на гранките од мрежата, се проверува дали е задоволен условот $\Delta U \leq \Delta U_{doz}$, и по потреба се врши корекција на пресеците.

Во радијалните мрежи изведбата на спроводниците со константен пресек не е секогаш целисходна. Имено, во почетните делници на мрежата струјата е поголема во споредба со струјата во крајните делници, поради што и загубите на моќност во првите делници ќе бидат поголеми. За да се искористи металот во спроводниците што е можно порационално, потребно ќе биде почетните делници да бидат изведени со поголем пресек, додека крајните делници да бидат изведени со помал пресек.

7.3. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ СПОРЕД КРИТЕРИУМОТ НА МИНИМАЛНА ПОТРОШУВАЧКА НА МАТЕРИЈАЛ

Распределбата на металот во спроводниците од поедините делници при однапред зададена големина на дозволената загуба на напонот може да се изврши на различни начини. Како дополнителен услов при определувањето на поедините пресеци во мрежата може да се користи и барањето на *минимална потрошувачка на материјал* (метал) во спроводниците (што води кон минимизација на цената на чинење на мрежата). За изградба на мрежите димензионирани според овој критериум се потребни најмали инвестициски вложувања.

За анализа на овој случај повторно ќе го искористиме примерот од сликата 7.2. Со ΔU_{a1} и ΔU_{a2} ќе ги означиме загубите на напонот во активните отпорности R_1 и R_2 на првата, односно втората делница. Во тој случај ќе имаме:

$$\Delta U_{a1} = \frac{P_{\Sigma 1} \cdot R_1}{U_n} = \frac{P_{\Sigma 1} \cdot l_1}{\sigma \cdot U_n \cdot A_1}; \quad \Delta U_{a2} = \frac{P_{\Sigma 2} \cdot R_2}{U_n} = \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2}{\sigma \cdot U_n \cdot A_2}, \quad (7.24)$$

од каде што следува:

$$A_1 = \frac{P_{\Sigma 1} \cdot l_1}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a1}} ; \quad A_2 = \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a2}} . \quad (7.25)$$

Бидејќи е:

$$\Delta U_{a.doz} \equiv \Delta U_{a1} + \Delta U_{a2} = \Delta U_{doz} - \frac{1}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^2 Q_{\Sigma i} \cdot X_i , \quad (7.26)$$

може да се пишува:

$$\Delta U_{a2} = \Delta U_{a.doz} - \Delta U_{a1} , \quad (7.27)$$

и

$$A_2 = \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2}{\sigma \cdot U_n \cdot (\Delta U_{a.doz} - \Delta U_{a1})} . \quad (7.28)$$

Волуменот на употребениот материјал (за една фаза) во мрежата е:

$$V = A_1 \cdot l_1 + A_2 \cdot l_2 = \frac{P_{\Sigma 1} \cdot l_1^2}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a1}} + \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2^2}{\sigma \cdot U_n \cdot (\Delta U_{a.doz} - \Delta U_{a1})} \quad (7.29)$$

Гледаме дека волуменот V е зависен од само една променлива величина ΔU_{a1} . Вредноста на независно променливата ΔU_{a1} , за која ќе имаме минимален волумен на употребениот материјал во спроводниците, ќе ја определиме од равенката:

$$\frac{dV}{d(U_{a1})} = 0 , \text{ т.е:} \quad (7.30)$$

$$-\frac{P_{\Sigma 1} \cdot l_1^2}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a1}^2} + \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2^2}{\sigma \cdot U_n \cdot (\Delta U_{a.doz} - \Delta U_{a1})^2} = 0 , \quad (7.31)$$

односно:

$$\frac{P_{\Sigma 1} \cdot l_1^2}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a1}^2} = \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2^2}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a2}^2} . \quad (7.32)$$

Ако двете страни од последната равенка ги поделеме со $\sigma \cdot U_n$ и ги изразиме преку пресеците A_1 и A_2 ќе добиеме:

$$\frac{A_1^2}{P_{\Sigma 1}} = \frac{A_2^2}{P_{\Sigma 2}} , \quad (7.33)$$

односно,

$$A_2 = A_1 \cdot \frac{\sqrt{P_{\Sigma 2}}}{\sqrt{P_{\Sigma 1}}} . \quad (7.34)$$

Добиениот однос за пресеците на спроводниците соодветствува на минимумот на употребениот материјал за спроводниците. Пресеците A_1 и A_2 на поедините делници ќе ги добиеме од последната релација и од условот за дозволена загуба на напон во мрежата.

$$\frac{P_{\Sigma 1} \cdot l_1}{\sigma \cdot U_n \cdot A_1} + \frac{P_{\Sigma 2} \cdot l_2}{\sigma \cdot U_n \cdot A_2} = \Delta U_{a.doz} . \quad (7.35)$$

Користејќи ја релацијата меѓу пресеците A_1 и A_2 , последната равенка може да се напише во следниот облик:

$$\frac{1}{\sigma \cdot U_n \cdot A_1} \cdot (P_{\Sigma 1} \cdot l_1 + l_2 \cdot \sqrt{P_{\Sigma 1} \cdot P_{\Sigma 2}}) = \Delta U_{a.doz}, \quad (7.36)$$

од каде што следува:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\sqrt{P_{\Sigma 1}}}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a.doz}} \cdot (l_1 \cdot \sqrt{P_{\Sigma 1}} + l_2 \cdot \sqrt{P_{\Sigma 2}}); \\ A_2 &= \frac{\sqrt{P_{\Sigma 2}}}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a.doz}} \cdot (l_1 \cdot \sqrt{P_{\Sigma 1}} + l_2 \cdot \sqrt{P_{\Sigma 2}}). \end{aligned} \quad (7.37)$$

Ако на сличен начин се анализира случајот кога мрежата се состои од n делници (слика 7.1), ќе се добие следната зависност:

$$\frac{A_1^2}{P_{\Sigma 1}} = \frac{A_2^2}{P_{\Sigma 2}} = \dots = \frac{A_n^2}{P_{\Sigma n}} = \text{const.}, \quad (7.38)$$

додека за пресекот во k -тата делница A_k добиваме:

$$A_k = \frac{\sqrt{P_{\Sigma k}}}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a.doz}} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot \sqrt{P_{\Sigma i}}; \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (7.39)$$

или:

$$A_k = k_P \cdot \sqrt{P_{\Sigma k}}; \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad (7.40)$$

каде што е:

$$k_P = \frac{1}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a.doz}} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot \sqrt{P_{\Sigma i}}. \quad (7.41)$$

Добиените пресеци A_k се заокружуваат на најблиските стандардни пресеци. Потоа се определуваат подолжните параметри r и x за секој пресек од мрежата и се пресметува загубата на напон во мрежата ΔU . На крајот се проверува дали е задоволен условот (7.22) и по потреба се врши корекција (зголемување) на некои од усвоените пресеци.

7.4. ЕКОНОМСКА ГУСТИНА НА СТРУЈАТА

Кога станува збор за димензионирање на мрежите треба да се има на ум следното. Од изборот на пресекот на поедините делници од мрежата зависат вкупните трошоци за изградбата и експлоатацијата на самата мрежа. Зголемувањето на пресеците ќе значи зголемување на трошоците за инвестиции и зголемување на делот од погонските трошоци за одржување и амортизација на мрежата, но во исто време ќе значи и намалување на трошоците за загуби на моќност и енергија – и обратно. Значи за секоја делница од мрежата постои пресек за којшто вкупните трошоци за мрежата ќе бидат најмали. Тој пресек се нарекува **економски пресек** на спроводниците A_{ek} . Густината на струјата што му соодветствува на економскиот пресек се нарекува **економска густина на струјата** j_{ek} . Овие две величини зависат на сложен начин од цените на материјалите, цената на капиталот, цената на електричната енергија,

од големината на употребното време T_M и др. За тоа станува збор подетално во деветата глава од учебников. Овде само ќе бидат изложени вредностите на економските густини на струјата за надземните водови и за енергетските кабли со различни карактеристики, во зависност од големината на употребното време на дијаграмот на оптоварување T_M на самите водови (табела 7.1).

Табела 7.1. Економски густини на струјата за надземните водови и енергетските кабли

Спроводник, кабел	Економска густина на струјата j_{ek} (A/mm ²) во зависност од времето на максимална моќност на товарот T_M (h/год.)		
	$1000 < T_M \leq 3000$	$3000 < T_M < 5000$	$T_M > 5000$
<i>Голи спроводници (јажииња) и собирници</i>			
– од бакар (Cu)	2,5	2,1	1,8
– од алуминиум (Al) или Al/Fe	1,3	1,1	1,0
<i>Кабли со изолација од PVC и од импрегнирана хартија (IP, NP)</i>			
– спроводници од бакар	3,0	2,5	2,0
– спроводници од алуминиум	1,6	1,4	1,2
<i>Кабли со изолација од гума (G), полиетилен (PE) или вмрежен полиетилен (XLPE)</i>			
– спроводници од бакар	3,5	3,1	2,7
– спроводници од алуминиум	1,9	1,7	1,6

Иако цените на наведените категории трошоци се разликуваат од една до друга земја, нивните односи се насекаде блиски по својата големина. Поради тоа вредностите на економската густина на струјата од земја до земја малку се разликуваат. Во табелата 7.1 се прикажани економските густини на струјата за разните видови надземни водови и кабли коишто се применувале во бившата СФРЈ и другите социјалистички земји, преземни од [9]. Може слободно да се каже дека вредностите изложени во табелата 7.1 ќе важат и денес, т.е. можат да користат при димензионирањето на пресеците на водовите и во нашите мрежи.

Ако со I_M ја означиме максималната вредност на струјата во некоја делница од мрежата, т.е. вредноста на струјата што се постигнува во режимот на максимално оптоварување, тогаш економскиот пресек за таа делница A_{ek} ќе биде:

$$A_{ek} = \frac{I_M}{j_{ek}} \quad (7.42)$$

Ако сите делници од мрежата ги димензионираме во согласност со релацијата (7.43):

$$A \approx A_{ek} \quad (7.43)$$

тогаш може да се очекува дека вкупните трошоци за изградбата и работата на мрежата ќе бидат најмалы. Затоа, во принцип, по извршеното димензионирање на мрежата според некој од претходно изложените три критериуми, се врши проверка на условот за економичност (7.43). Од овој принцип може и да се отстапи. Тоа се прави обично: при димензионирањето на НН индустриски мрежи за кои е $T_M < 4000$ h, при димензионирањето на отцепите во НН мрежи од јавната електрификација, при димензионирањето на собирниците во електраните, трансформаторските станици и др.

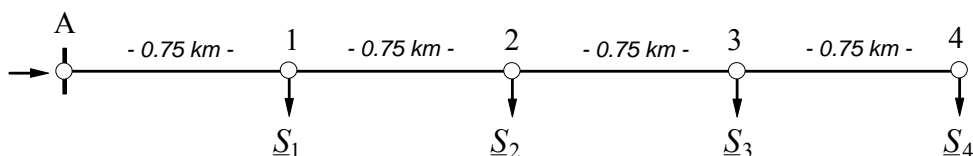
Кај мрежите што се димензионираат според критериумот на константна густина на струјата условот (7.20) се исполнува едноставно ако вредноста J_{const} на пресметаната густина на струјата се ограничи (од горна страна) со дополнителниот критериум:

$$J_{cons} \leq J_{ek} . \quad (7.44)$$



Пример 7.1. На сликата П.7.1 е прикажана 10 kV кабелски извод, кој треба да биде изведен со кабли од типот ХНР 48 А, 10 kV со спроводници од алуминиум ($\sigma = 32 \text{ Smm}^2/\text{km}$). Податоците за подолжните параметри r и x како и податоците за трајно дозволените струи I_d на овие кабли, во зависност од нивниот пресек A , се дадени во табелата П.7.1. Да се изврши димензионирање на изводот според критериумите на:

- а) константен пресек,
- б) константна густина на струјата и
- в) минимална потрошувачка на материјал.



Слика П.7.1. Кабелски извод што треба да се димензионира

Да се користат само пресеците што се дадени во табелата П.7.1. Дозволената загуба на напон изнесува $\Delta U_{doz} = 3\%$.

Сите секции од мрежата (изводот) имаат иста должина $l = 0,75$ km. Сите потрошувачи од мрежата имаат иста моќност: $\underline{S}_1 = \underline{S}_2 = \underline{S}_3 = \underline{S}_4 = \underline{S} = (600 + j250) \text{ kVA}$.

Табела П.7.1.1. Податоци за подолжните параметри на предвидените кабелски водови.

$A, (\text{mm}^2)$	16	25	35	50	70	95	120	150
$r, (\Omega/\text{km})$	2,003	1,282	0,866	0,641	0,443	0,320	0,253	0,206
$x, (\Omega/\text{km})$	0,136	0,131	0,126	0,121	0,116	0,112	0,108	0,105
$I_d, (\text{A})$	85	130	155	180	225	270	305	340

Решение:

Распределбата (приближна) на моќности во мрежата ќе биде:

$$\underline{S}_{\Sigma 1} = 4 \cdot \underline{S} = (2,4 + j1,0) \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{\Sigma 1} = 2,6 \angle 22,62^\circ \text{ MVA}; I_{\Sigma 1} = S_{\Sigma 1} / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 150 \text{ A.}$$

$$\underline{S}_{\Sigma 2} = 3 \cdot \underline{S} = (1,8 + j0,75) \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{\Sigma 2} = 1,95 \angle 22,62^\circ \text{ MVA}; I_{\Sigma 2} = S_{\Sigma 2} / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 112,5 \text{ A.}$$

$$\underline{S}_{\Sigma 3} = 2 \cdot \underline{S} = (1,2 + j0,5) \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{\Sigma 3} = 1,3 \angle 22,62^\circ \text{ MVA}; I_{\Sigma 3} = S_{\Sigma 3} / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 75 \text{ A.}$$

$$\underline{S}_{\Sigma 4} = \underline{S} = (0,6 + j0,25) \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{\Sigma 4} = 0,65 \angle 22,62^\circ \text{ MVA}; I_{\Sigma 4} = S_{\Sigma 4} / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 37,5 \text{ A.}$$

Дозволената загуба на напон во мрежата изнесува $\Delta U_{doz} = (3/100) \cdot U_n = 0,3 \text{ kV}$. Од табелата П.7.1 гледаме дека реактанциите на каблите по единица должина се движат во границите $0,105 \leq x \leq 0,136 \Omega/\text{km}$. Со оглед на тоа ќе усвоиме $x = 0,12 \Omega/\text{km}$. Во тој случај вкупната загуба на напон ΔU_r што се должи на течењето на реактивните моќности во мрежата ќе биде:

$$\Delta U_r = \frac{x}{U_n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\Sigma i} \cdot l_i;$$

$$\Delta U_r = \frac{0,12}{10} \cdot (1,0 \cdot 0,75 + 0,75 \cdot 0,75 + 0,5 \cdot 0,75 + 0,25 \cdot 0,75) = 0,0225 \text{ kV.}$$

Дозволената загуба на напон поради течењето на активните моќности тогаш ќе биде:

$$\Delta U_{a, doz} = \Delta U_{doz} - \Delta U_r = 0,3 - 0,0225 = 0,2775 \text{ kV.}$$

а) Димензионирање според критериумот на константен пресек

Потребниот пресек A на поедините делници од мрежата ќе биде:

$$A \geq \frac{\sum_{i=1}^4 P_{\Sigma i} \cdot l_i}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a, doz}} = \frac{(2,4 + 1,8 + 1,2 + 0,6) \cdot 0,75 \cdot 10^9}{32 \cdot 10 \cdot 0,2775 \cdot 10^6} = 50,7 \text{ mm}^2.$$

Усвојуваме $A = 50 \text{ mm}^2$. Подолжните параметри за овој пресек се:
 $\underline{z} = (r + jx) = (0,641 + j0,121) \Omega/\text{km}$.

Следи пресметка на загубата на напон во водот и проверка на условот $\Delta U < \Delta U_{doz}$.

$$\Delta U = r \cdot \frac{\sum_{i=1}^4 P_{\Sigma i} \cdot l_i}{U_n} + x \cdot \frac{\sum_{i=1}^4 Q_{\Sigma i} \cdot l_i}{U_n} = 0,641 \cdot \frac{4,5}{10} + 0,121 \cdot \frac{1,875}{10} = 0,311 \text{ kV}.$$

Бидејќи е $\Delta U > \Delta U_{doz}$, потребна е корекција на пресекот. Го усвојуваме следниот поголем стандарден пресек $A = 70 \text{ mm}^2$. За него важи: $r = 0,443; \Omega/\text{km}$, $x = 0,116 \Omega/\text{km}$. Новата проверка дава $\Delta U = 0,221 \text{ kV} \leq \Delta U_{doz}$. Значи пресекот на магистралниот вод, добиен според овој критериум, ќе изнесува 70 mm^2 .

б) Димензионирање според критериумот на константна густина на струјата

Потребната густина на струјата $J_{const} = J$ за која ќе биде задоволен условот $\Delta U = \Delta U_{doz}$ изнесува:

$$J_{const} = \frac{\sigma \cdot \Delta U_{a.doz}}{\sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^4 l_i \cdot \cos \varphi_{\Sigma i}} = \frac{32 \cdot 0,2775}{\sqrt{3} \cdot 2,769} = 1,85 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Притоа е:

$$\cos \varphi_{\Sigma i} = \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{600}{\sqrt{600^2 + 250^2}} = 0,923; \quad (i=1, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^4 l_i \cdot \cos \varphi_{\Sigma i} = \cos \varphi \cdot \sum_{i=1}^4 l_i = 0,923 \cdot 3 = 2,769 \text{ km}.$$

Врз основа на релацијата $A_i = I_{\Sigma i} / J$; ($i = 1, 4$) ги добиваме следните потребни пресеци:

$$A_1 = \frac{I_{\Sigma 1}}{J_{const}} = \frac{150}{1,85} = 81 \text{ mm}^2;$$

$$A_2 = \frac{I_{\Sigma 2}}{J_{const}} = \frac{112,5}{1,85} = 69 \text{ mm}^2;$$

$$A_3 = \frac{I_{\Sigma 3}}{J_{const}} = \frac{75}{1,85} = 40,5 \text{ mm}^2;$$

$$A_4 = \frac{I_{\Sigma 4}}{J_{const}} = \frac{37,5}{1,85} = 20 \text{ mm}^2.$$

Добиените пресеци ќе треба да ги заокружине до најблиските стандардни пресеци. Заокружуваме на следниот начин:

- Прва делница: $A_1 = 95 \text{ mm}^2$; $r_1 = 0,320 \Omega/\text{km}$; $x_1 = 0,112 \Omega/\text{km}$.
- Втора делница: $A_2 = 50 \text{ mm}^2$; $r_2 = 0,641 \Omega/\text{km}$; $x_2 = 0,121 \Omega/\text{km}$.
- Трета делница: $A_3 = 35 \text{ mm}^2$; $r_3 = 0,866 \Omega/\text{km}$; $x_3 = 0,126 \Omega/\text{km}$.
- Четврта делница: $A_4 = 25 \text{ mm}^2$; $r_4 = 1,282 \Omega/\text{km}$; $x_4 = 0,131 \Omega/\text{km}$.

Се разбира дека се можни и други начини на заокружување. Во принцип, кога начинот на заокружување не е јасно видлив (како во овдешниот случај) правилно би било почетните делници да се заокружуваат нагоре додека последните делници да се заокружуваат надолу.

Пресметка на загубата на напон во водот и проверка на условот $\Delta U < \Delta U_{doz}$.

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^4 (P_{\Sigma i} r_i + Q_{\Sigma i} x_i) \cdot l_i}{U_n} = 66 + 92 + 82 + 60 = 300 \text{ V}; \quad (\Delta U \% \leq 3\%).$$

Значи усвоените пресеци задоволуваат. Доколку последниот услов не беше исполнет, тогаш вториот пресек, којшто беше заокружен надолу, ќе го зголемевме на 70 mm^2 .

в) Димензионирање според критериумот на минимална потрошувачка на материјал

Кога е исполнет условот (7.38)

$$\frac{A_1^2}{P_{\Sigma 1}} = \frac{A_2^2}{P_{\Sigma 2}} = \dots = \frac{A_n^2}{P_{\Sigma n}} = k_P = \text{const.}$$

тогаш мрежата е димензионирана според овој критериум.

Во тој случај за пресекот на k -тата делница A_k ќе важи:

$$A_k = \frac{1000 \cdot \sqrt{P_{\Sigma k}}}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a, doz}} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot \sqrt{P_{\Sigma i}}; \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

Во конкретниот случај имаме:

$$\Delta U_{a, doz} = \Delta U_{doz} - \Delta U_r = 0,3 - 0,0225 = 0,2775 \text{ kV},$$

$$\sum_{i=1}^{4n} l_i \cdot \sqrt{P_{\Sigma i}} = 0,75 \cdot 2,4 + 0,75 \cdot 1,8 + 0,75 \cdot 1,2 + 0,75 \cdot 0,6 = 4,5 \text{ km} \times (\text{MW})^{1/2},$$

$$k_P = \frac{1000}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a, doz}} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot \sqrt{P_{\Sigma i}} = \frac{1000}{32 \cdot 10 \cdot 0,2775} \cdot 4,5 = 53,9.$$

За пресекот во првата делница ќе добиеме:

$$A_1 = k_P \cdot \sqrt{P_{\Sigma 1}} = 40,2 \cdot \sqrt{2,4} = 62,3 \text{ mm}^2$$

Слично, за потребните пресеци на останатите делници добиваме:

$$A_2 = k_P \cdot \sqrt{P_{\Sigma 2}} = 40,2 \cdot \sqrt{1,8} = 53,9 \text{ mm}^2,$$

$$A_3 = k_P \cdot \sqrt{P_{\Sigma 3}} = 40,2 \cdot \sqrt{1,2} = 44,1 \text{ mm}^2 \text{ и}$$

$$A_4 = k_P \cdot \sqrt{P_{\Sigma 4}} = 40,2 \cdot \sqrt{0,6} = 31,2 \text{ mm}^2.$$

Добиените пресеци ќе треба да ги заокружουμε до најблиските стандардни пресеци. Заокружуваме на следниот начин:

– Прва делница: $A_1 = 70 \text{ mm}^2$; $r_1 = 0,443 \text{ } \Omega/\text{km}$; $x_1 = 0,116 \text{ } \Omega/\text{km}$,

– Втора делница: $A_2 = 50 \text{ mm}^2$; $r_2 = 0,641 \text{ } \Omega/\text{km}$; $x_2 = 0,121 \text{ } \Omega/\text{km}$.

- Трета делница: $A_2 = 50 \text{ mm}^2$; $r_3 = 0,641 \text{ } \Omega/\text{km}$; $x_3 = 0,121 \text{ } \Omega/\text{km}$,
- Четврта делница: $A_3 = 35 \text{ mm}^2$; $r_4 = 0,866 \text{ } \Omega/\text{km}$; $x_4 = 0,126 \text{ } \Omega/\text{km}$.

Пресметката на загубата на напон во водот и проверка на условот:

$$\Delta U \leq \Delta U_{doz}$$

дава:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^4 (P_{\Sigma i} r_i + Q_{\Sigma i} x_i) \cdot l_i}{U_n} = 88 + 93 + 62 + 41 = 285 \text{ V} < 300 \text{ V} \quad (\Delta U\% < 3\%).$$

□ □ □

7.5. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА РАЗГРАНЕТИ ДИСТРИБУТИВНИ МРЕЖИ

Претходните модели за димензионирање на радијалните дистрибутивни мрежи се однесуваа на т.н. „магистрални“ мрежи кај кои потрошувачите се приклучени директно на магистралниот вод, нарекуван уште и фидер. Но во практиката се среќаваме и со разгранети дистрибутивни мрежи кај кои покрај фидерот постојат и т.н. „отцепи“, како што е тоа, на пример, случајот со мрежата прикажана на сликата П.7.2.1. Во таквите случаи релациите изложени во точките 7.1, 7.2 и 7.3 не ќе може директно да се применуваат и тогаш се постапува на начин како што е тоа објаснето во примерот П.7.2.

— ■ —

Пример 7.2. На сликата П.7.2.1 е прикажана 10 kV разгранета кабелска мрежа, која треба да биде изведена со кабли од типот IPO 13 A, 10 kV со спроводници од алуминиум ($\sigma = 32 \text{ S} \cdot \text{mm}^2/\text{km}$). Податоците за подолжните параметри r и x како и податоците за трајно дозволените струи I_d на овие кабли, во зависност од нивниот пресек A , се дадени во табелата П.7.2. Да се изврши димензионирање на мрежата според критериумот на константен пресек. Да се користат само пресеците што се дадени во табелата П.7.2. Дозволената загуба на напон изнесува $\Delta U_{doz} = 5\%$.

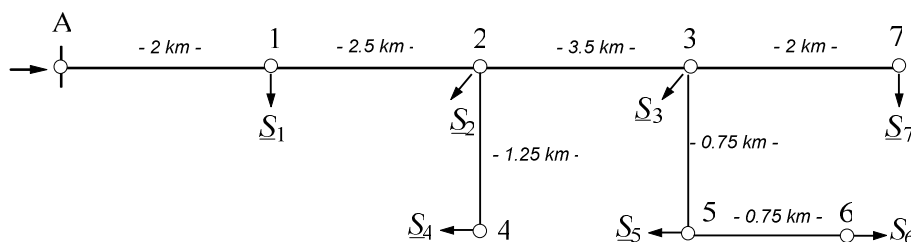
Должините на поедините секции од мрежата, изрзени во (km) се прикажани на самата слика П.7.2.1. Моќностите на потрошувачите, изразени во (kVA), се како што следува:

$$\underline{S}_1 = \underline{S}_2 = \underline{S}_3 = \underline{S}_4 = \underline{S}_7 = (600 + j250) \text{ kVA};$$

$$\underline{S}_5 = \underline{S}_6 = (360 + j200) \text{ kVA}.$$

Табела П.7.2. Податоци за параметрите на предвидените кабелски водови тип IPO 13 A.

A , (mm ²)	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
r , (Ω/km)	2,003	1,282	0,866	0,641	0,443	0,320	0,253	0,206	0,169	0,130
x , (Ω/km)	0,109	0,103	0,098	0,093	0,088	0,085	0,082	0,080	0,078	0,076
I_d , (A)	69	89	110	130	165	195	225	255	285	325
S_d , (kVA)	1195	1542	1905	2252	2858	3377	3897	4417	4936	5629

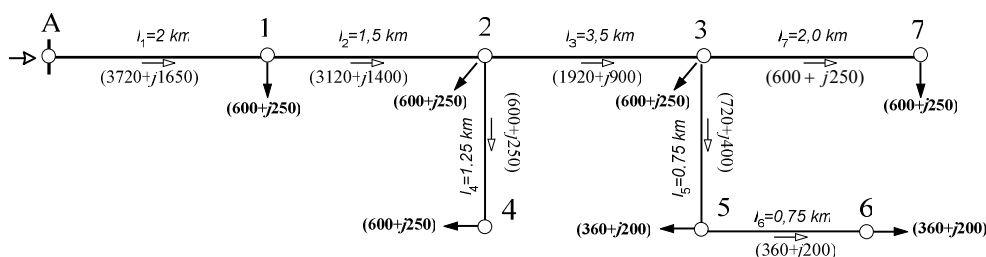


Слика П.7.2.1. Разгранета дистрибутивна СН мрежа

Решение:

Приближната распределба на моќности во мрежата (со занемарување на загубите на моќност во поедините делници), добиена со просто сумирање на моќностите на потрошувачите, ќе биде како на сликата П.7.2.2. Притоа секоја гранка е нумерирана според редниот број на нејзиниот краен јазел.

Пред да се пристапи кон определувањето на пресеците на поедините делници, ќе биде потребно да се утврди кои делници од мрежата го сочинуваат магистралниот вод, т.е. магистралата на мрежата. Потоа се врши избор на пресекот на водовите од магистралата по некаков критериум (во случајов критериумот на константен пресек), па дури потоа се врши димензионирање на останатите делови од мрежата коишто се нарекуваат „отцепи“.



Слика П.7.2.2. Распределба на моќности во мрежата

а) Определување на магистралата на мрежата

Магистралата на една мрежа ја претставува низата од гранки што се наоѓа на патеката што ги поврзува напојната точка „А“ и точката којашто е „електрички“ најоддалечена од напојната точка „А“. Таква електрички најоддалечена точка може да биде било која од крајните

т.е. „периферните“ точки на мрежата (точки кои се поврзани само со една гранка). Според тоа, врз основа на самата слика П.7.2.2 лесно може да се утврди дека периферни точки на мрежата се точките 4, 6 и 7. Ако со ω_k го означиме множеството на гранки на патеката помеѓу напојната точка „А“ и крајната точка „к“, тогаш трите можни магистрала на мрежата се дефинирани со следните низи од гранки:

$$\omega_4 = \{1, 2, 4\}; \quad \omega_6 = \{1, 2, 3, 5, 6\} \quad \text{и} \quad \omega_7 = \{1, 2, 3, 7\}.$$

Нека претпоставиме дека сите делници имаат ист пресек и исти подолжни параметри $\underline{z} = (r+jx)$. Тогаш загубата на напон од напојната точка „А“ до произволна точка „к“ ќе се добие со помош на следната релација:

$$\Delta U_{A-k} = \sum_{i \in \omega_k} \frac{\underline{Z}_i \cdot \underline{S}_{\Sigma i}^*}{\underline{U}_i^*} = \underline{z} \cdot \sum_{i \in \omega_k} \frac{l_i \cdot \underline{S}_{\Sigma i}^*}{\underline{U}_i^*} \approx \frac{\underline{z}}{U_n^2} \cdot \sum_{i \in \omega_k} l_i \cdot \underline{S}_{\Sigma i}^*.$$

Во последната релација со ω_k е означено множеството гранки што и’ припаѓаат на патеката помеѓу напојната точка „А“ и посматраната точка „к“ додека со $\underline{S}_{\Sigma i}$ е означена привидната моќност во i -тата гранка од мрежата.

Од тука е јасно дека најмал ќе биде напонот во онаа точка од мрежата „к“ за којашто сумата од производите на моќностите по должините на делниците ќе биде најголема. Таа точка е „електрички“ најоддалечена од напојната точка „А“. Но кога потрошувачите имаат ист (или приближно ист) фактор на моќност $\cos \varphi$, како што е случај во разгледуваната задача, тогаш наместо со производите $l_i \cdot \underline{S}_{\Sigma i}^*$ може да се оперира и со производите $l_i \cdot P_{\Sigma i}$.

На тој начин за трите можни магистрала на мрежата ќе имаме:

$$\Sigma_{\omega 4} = P_{\Sigma 1} \cdot l_1 + P_{\Sigma 2} \cdot l_2 + P_{\Sigma 4} \cdot l_4 = 12870 \text{ kW} \times \text{km};$$

$$\Sigma_{\omega 6} = P_{\Sigma 1} \cdot l_1 + P_{\Sigma 2} \cdot l_2 + P_{\Sigma 5} \cdot l_5 + P_{\Sigma 6} \cdot l_6 = 19650 \text{ kW} \times \text{km};$$

$$\Sigma_{\omega 7} = P_{\Sigma 1} \cdot l_1 + P_{\Sigma 2} \cdot l_2 + P_{\Sigma 3} \cdot l_3 + P_{\Sigma 7} \cdot l_7 = 20040 \text{ kW} \times \text{km}.$$

Значи магистралата е дефинирана со множеството гранки $\omega_7 = \{1, 2, 3, 7\}$.

б) Димензионирање на магистралата на мрежата

Како што се бара во задачата, магистралата на мрежата треба да се димензионира според критериумот на константен пресек. За таа цел најнапред ќе ги пресметаме величините ΔU_{doz} , ΔU_r и $\Delta U_{a. doz}$. Врз основа на податоците од табелата П.7.2.1 заклучуваме дека просечната вредност на реактанцијата по единица должина на каблите изнесува $x = 0,09 \Omega/\text{km}$.

Врз основа на изразот (7.11) добиваме:

$$\Delta U_r = \sum_{i \in \omega_7} \frac{Q_{\Sigma i} \cdot X_i}{U_n} \approx \frac{x}{U_n} \cdot \sum_{i \in \omega_7} Q_{\Sigma i} \cdot l_i;$$

$$\Delta U_r = \frac{0,09}{10} \cdot (1650 \cdot 2 + 1400 \cdot 1,5 + 900 \cdot 3,5 + 250 \cdot 2,0) = \frac{0,09}{10} \cdot 9050 = 81,5 \text{ V}.$$

$$\Delta U_{doz} = \frac{\Delta U_{doz} \%}{100} \cdot U_n = \frac{5}{100} \cdot 10 = 0,5 \text{ kV} \approx 500 \text{ V}.$$

$$\Delta U_{a.doz} = \Delta U_{doz} - \Delta U_r = 500 - 81,5 = 418,5 \text{ V} = 0,4185 \text{ kV}.$$

Врз основа на изразот (7.13) ќе го определиме потребниот пресек A на магистралата:

$$A \geq \frac{1000 \cdot \sum_{i \in \omega_7} P_{\Sigma i} \cdot l_i}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{a.doz}} = \frac{1000 \cdot 20040}{32 \cdot 10 \cdot 418,5} = 149,6 \text{ mm}^2.$$

Според тоа најблиску до добиената вредност е стандардниот пресек $A=150 \text{ mm}^2$ за кого од табелата П.7.2 отчитуваме: $r = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km}$ и $x = 0,08 \text{ } \Omega/\text{km}$. Проверката на загубата на напон до крајната точка 7 ќе даде:

$$\Delta U = \Delta U_{A-7} = \frac{r}{U_n} \cdot \sum_{i \in \omega_7} P_{\Sigma i} \cdot l_i + \frac{x}{U_n} \cdot \sum_{i \in \omega_7} Q_{\Sigma i} \cdot l_i;$$

$$\Delta U = \frac{0,206}{10} \cdot 20040 + \frac{0,08}{10} \cdot 9050 = 485 \text{ V} < 500 \text{ V}.$$

в) Димензионирање на отцепите на мрежата

Пред да преминеме кон димензионирањето на отцепите од мрежата ќе биде потребно да ги пресметаме загубите на напон ΔU_{A-2} и ΔU_{A-3} до точките 2 и 3 коишто претставуваат почетни (напојни) точки за отцепите (2–4) и (3–5–6) а потоа да ги пресметаме остатоците од дозволената загуба на напон $\Delta U_{1.ост}$ и $\Delta U_{2.ост}$ за првиот и вториот отцеп.

$$\Delta U_{A-1} = \Delta U_1 = \frac{P_{\Sigma 1} \cdot r + Q_{\Sigma 1} \cdot x}{U_n} \cdot l_1 = \frac{3720 \cdot 0,206 + 1650 \cdot 0,08}{10} \cdot 2 = 180 \text{ V};$$

$$\Delta U_{1-2} = \Delta U_2 = \frac{P_{\Sigma 2} \cdot r + Q_{\Sigma 2} \cdot x}{U_n} \cdot l_2 = \frac{3120 \cdot 0,206 + 1400 \cdot 0,08}{10} \cdot 1,5 = 113 \text{ V}.$$

$$\Delta U_{2-3} = \Delta U_3 = \frac{P_{\Sigma 3} \cdot r + Q_{\Sigma 3} \cdot x}{U_n} \cdot l_3 = \frac{1920 \cdot 0,206 + 900 \cdot 0,08}{10} \cdot 3,5 = 164 \text{ V};$$

$$\Delta U_{A-2} = \Delta U_{A-1} + \Delta U_{1-2} = 180 + 113 = 293 \text{ V};$$

$$\Delta U_{A-3} = \Delta U_{A-1} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3} = 180 + 113 + 164 = 457 \text{ V};$$

Според тоа дозволената загуба на напон за првиот отцеп ќе биде:

$$\Delta U_{1.ост} = \Delta U_{doz} - \Delta U_{A-2} = 500 - 293 = 207 \text{ V};$$

$$\Delta U_{2.ост} = \Delta U_{doz} - \Delta U_{A-3} = 500 - 457 = 43 \text{ V}.$$

Потребниот пресек за првиот отцеп ќе го добиеме со помош на релацијата (7.13):

$$\Delta U_{r.1} = \frac{l_4}{U_n} \cdot Q_{\Sigma 4} \cdot x = \frac{1,25}{10} \cdot 250 \cdot 0,09 = 2,8 \text{ V};$$

$$\Delta U_{1a.doz} = \Delta U_{1.ост} - \Delta U_{1.r} = 207 - 2,8 = 204,2 \text{ V};$$

$$A_4 \geq \frac{1000 \cdot (P_{\Sigma 4} \cdot l_4)}{\sigma \cdot U_n \cdot \Delta U_{1a.doz}} = \frac{1000 \cdot (600 \cdot 1,25)}{32 \cdot 10 \cdot 204,2} = 11,5 \text{ mm}^2.$$

Го усвојуваме првиот стандарден поголем пресек: $A_4 = 16 \text{ mm}^2$ (иако во практиката кај 10 kV мрежи не се усвојуваат толку мали пресеци). За овој пресек од табелата П.7.2 отчитуваме: $\underline{z} = (2,003 + j0,109) \Omega/\text{km}$.

Проверката на загубата на напон во водот 4 покажува дека е:

$$\Delta U_4 = \Delta U_{2-4} = \frac{P_{\Sigma 4} \cdot r + Q_{\Sigma 4} \cdot x}{U_n} \cdot l_4;$$

$$\Delta U_4 = \frac{600 \cdot 2,003 + 250 \cdot 0,109}{10} \cdot 1,25 = 192 \text{ V} < 204,2 \text{ V}.$$

На сличен начин се постапува и за вториот отцеп (3-5-6). Лесно се добива дека минималниот пресек на делниците 3-5 и 5-6 за којшто загубата на напон во отцепот не е поголема од дозволените 39,4 V изнесува:

$$A_5 = A_6 = 70 \text{ mm}^2; \quad \underline{z} = (0,443 + j0,088) \Omega/\text{km}.$$

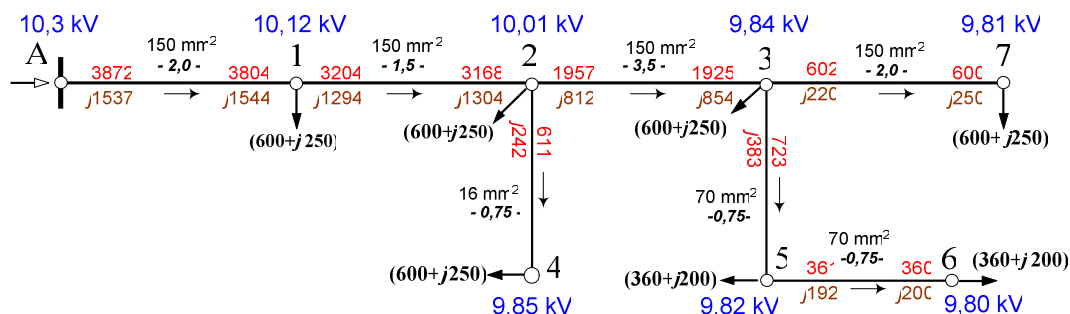
За овој пресек се добиваат следните загуби на напон во поедините делници од овој отцеп:

$$\Delta U_{3-5} = \Delta U_5 = 26,6 \text{ V};$$

$$\Delta U_{5-6} = \Delta U_6 = 13,3 \text{ V};$$

$$\Delta U_{3-6} = \Delta U_{3-5} + \Delta U_{5-6} = 26,6 + 13,3 = 39,9 \text{ V} \approx 39,4 \text{ V}.$$

Ако усвоиме дека напонот во напојната точка изнесува $U_A = 10,3 \text{ kV}$ тогаш точните пресметки на напонските прилики во мрежата димензионирана на прикажаниот начин ги даваат следните вредности на напоните во јазлите и струите низ гранките од мрежата (слика П.7.2.3). Од овие резултати се гледа дека усвоените пресеци задоволуваат како во поглед на загубата на напон (исполнет е напонскиот критериум бидејќи загубата на напон во мрежата е точно 5%), така и во поглед на дозволените струјни оптоварувања на каблите (исполнет е и термички критериум бидејќи струите/ моќностите низ гранките од мрежата се помали од дозволените според табелата П.7.2).



Слика П.7.2.3. Распределба на моќности во мрежата

□ □ □

7.6. ОБЛАСТ НА ПРИМЕНА НА РАЗНИТЕ КРИТЕРИУМИ ЗА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ

Како што видовме од примерот П.7.1, трите критериуми за димензионирање на радијалните дистрибутивни мрежи, прикажани во почетниот дел од оваа глава, дадоа три сосема различни решенија иако секое од нив го исполнуваше зададениот технички критериум ($\Delta U \leq \Delta U_{doz}$). Сега се поставува прашањето кој од овие три критериуми во конкретната ситуација треба да се применува.

Мрежите димензионирани според критериумот на **константен пресек** (прв критериум), барем теориски гледано, се **најнецелисходни**. Меѓутоа, ваквите мрежи се градат многу често, особено во оние случаи кога потрошувачите што треба да бидат напојувани се **густо концентрирани на** релативно **мал простор** и се наоѓаат на **мали меѓусебни растојанија** (што е типично, на пример, за градските дистрибутивни мрежи). Во тој случај е економски неоправдано, а технички скоро и неизводливо, пресекот на спроводниците (каблите) да се менува на секои неколку десетини метри, бидејќи тоа би ја зголемило цената на чинење на мрежата, би ја усложнило монтажата и изведбените работи, а подоцна и експлоатацијата на таквата мрежа. Затоа, во ваквите случаи, проблемите сврзани со изведбата, монтажата и одржувањето на мрежата условуваат градење на мрежи со константен пресек.

Потрошувачите коишто имаат исполнет дневен дијаграм (висок фактор на пополнување m) и преземаат во текот на денот и годината големо количество електрична енергија (какви што се, на пример, **индустриските потрошувачи** што работат во две или три смени) имаат **големо употребно време**, т.е. големо време на максимална моќност, T_M . Загубите на електрична енергија во тие мрежи ќе бидат големи и затоа тековните трошоци придружени кон овие загуби можат да бидат доминантен член во вкупните трошоци на работењето. Во тој случај намалувањето на загубите на електричната енергија во преносот значително би ги намалило и вкупните трошоци за мрежата, сврзани со нејзината изградба и експлоатација. Затоа таквите мрежи ќе ги димензионираме според критериумот на **константна густина на струјата** кој обично има тенденција кон зголемување на пресеците на поедините делници од мрежата. Тоа од една страна доведува до зголемување на инвестициските вложувања во мрежата, но од друга страна, пак, тоа доведува до намалување на загубите на електрична енергија во мрежата, така што вкупните трошоци на мрежата (трошоци за инвестиции + тековни трошоци на работењето) ќе бидат најмали.

Кога се работи за потрошувачи со **мало време** на максимална моќност T_M и со мала просторна густина (**ретки и раштркани** потрошувачи, што е карактеристично за **селските и приградските среднонапонски дистрибутивни мрежи**), тогаш најголем дел од трошоците, сврзани за експлоатацијата и погонот на мрежата отпаѓа на трошоците за одржување на мрежата. Ваквите мрежи се, исто така, поради нивната просторна димензија, (долги водови и раштркани

потрошувачи) релативно скапи. Затоа во тие случаи, посматрано од економски аспект, најцелисходно е димензионирањето на мрежата да се прави по третиот критериум што одговара на **минимум на инвестициските вложувања** за градба на мрежата.

Во сите други случаи, пак, кога сме во недоумица кој од постојните критериуми за димензионирање да го примениме, ќе го избереме оној критериум којшто ветува најмали вкупни трошоци на мрежата. Овде, значи, од сите можни варијанти, кои ги задоволуваат поставените технички критериуми, ја избираме најповолната варијанта по пат на економски споредувања на вкупните трошоци на мрежата за секоја од нив.