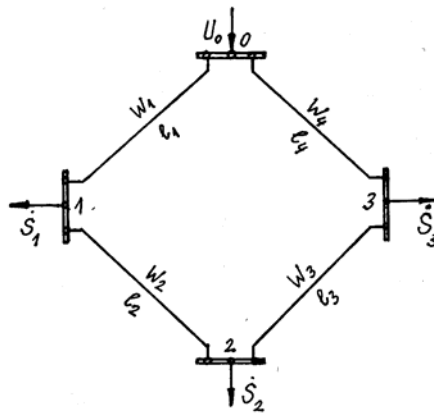


Изчисляване на установени симетрични режими на просто затворена електрическа мрежа

1.Постановка на задачата

Просто затворени се наричат мрежите, при които към всеки възел има присъединени два клона. Клоновете на нейната схема винаги образуват един затворен контур, поради което в практиката е прието те да се наричат още пръстеновидни или кръгови мрежи. Принципна схема на една просто затворена електрическа мрежа е показана на фиг.13.1. В нея има четири електропроводни линии W_1, W_2, W_3, W_4 , три електропотребителя с мощности \dot{S}_1, \dot{S}_2 и \dot{S}_3 и един източник на електрическа енергия, присъединен към възел 0. Приема се, че за схемата са известни надлъжните съпротивления от заместващите схеми на линиите (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4), мощностите \dot{S}_1, \dot{S}_2 и \dot{S}_3 и напрежението на източника U_0 .



Фиг.13.1.Принципна схема на просто затворена мрежа

В резултат от изчисляването на установения режим на схемата от фиг.13.1 трябва да се определят:

- векторите на напреженията във възлите ($\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_3$);
- комплексните значения на пълните мощности в началото и в края на всеки клон;
- комплексните значения на загубите на пълна мощност във всеки клон.

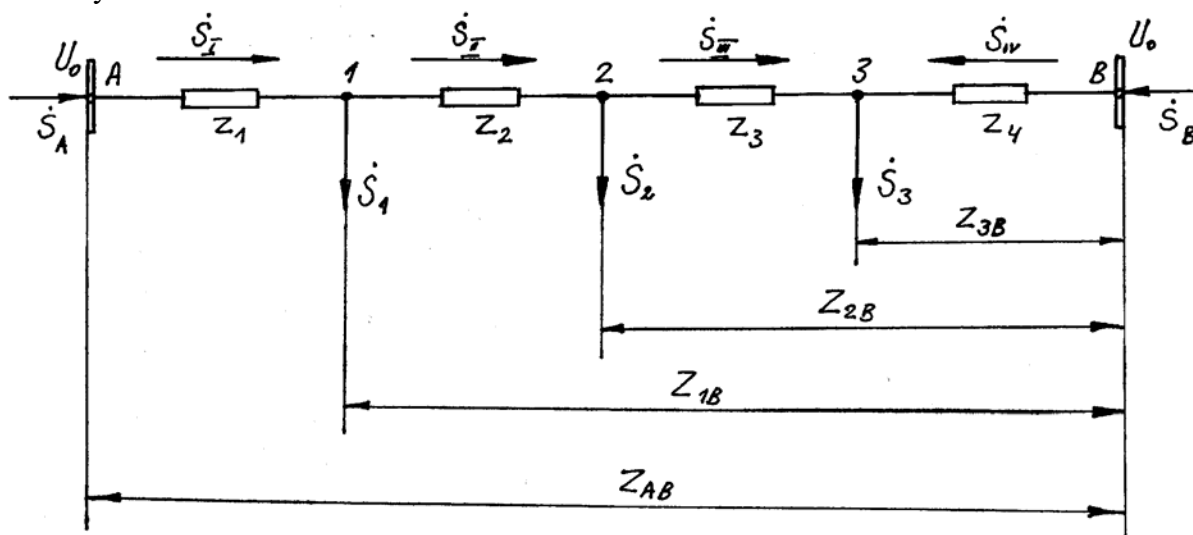
Понеже известното напрежение и известните мощности са за различни възли, определянето на параметрите на установения режим трябва да се изпълни по метода на последователните приближения. Решението ще се реализира на два етапа:

- първи етап, при който ще се осъществи приблизително определяне на протичащите мощности през клоновете;
- втори етап, при който приблизително ще се определят векторите на напреженията във възлите.

2.Приблизително определяне на протичащите мощности през клоновете на изчислителната схема.

От принципна схема се съставя изчислителна схема на мрежата. После тя се разрязва през захранващия възел с номер 0, разтваря се и се представя като двустранно захранвана отворена мрежа, на която напреженията в двата края са равни по големина и по фаза на U_0 . Новият вид на схемата е показан на фиг.13.2. На нея са запазени номерата на клоновете и на възлите, с изключение на захранващия възел 0, той е заместен с два нови възела - А и В. Търсените

мощности през клоновете са индексирани с римски цифри $\dot{S}_I, \dot{S}_{II}, \dot{S}_{III}, \dot{S}_{IV}$, а посоката им е зададена интуитивно.



Фиг.13.2.Изчислителна схема на двустранно захранвана отворена мрежа от магистрален тип

Като първо приближение към търсените параметри ще се приеме, че в мрежата няма загуби на мощност, а значенията на напреженията във възлите ще се приемат равни на номиналното напрежение на мрежата, т.е., $U_1 = U_2 = U_3 = U_n$. С тях могат да се определят големините на токовете, протичащи през клоновете на схемата,

$$\hat{I}_I = \frac{\hat{S}_I}{\sqrt{3}U_n}, \quad \hat{I}_{II} = \frac{\hat{S}_{II}}{\sqrt{3}U_n}, \quad \hat{I}_{III} = \frac{\hat{S}_{III}}{\sqrt{3}U_n}, \quad \hat{I}_{IV} = \frac{\hat{S}_{IV}}{\sqrt{3}U_n}. \quad (1)$$

По втория закон на Кирхоф сумата от спадовете на напрежение ще бъде

$$\Delta \dot{U}_{AB} = \Delta \dot{U}_1 + \Delta \dot{U}_2 + \Delta \dot{U}_3 - \Delta \dot{U}_4 = 0. \quad (2)$$

Внасят се токовете през клоновете (1) в (2),

$$\frac{\hat{S}_I}{\sqrt{3}U_n} Z_1 + \frac{\hat{S}_{II}}{\sqrt{3}U_n} Z_2 + \frac{\hat{S}_{III}}{\sqrt{3}U_n} Z_3 - \frac{\hat{S}_{IV}}{\sqrt{3}U_n} Z_4 = 0$$

$$\dot{S}_I \hat{Z}_1 + \dot{S}_{II} \hat{Z}_2 + \dot{S}_{III} \hat{Z}_3 - \dot{S}_{IV} \hat{Z}_4 = 0 \quad (3)$$

В уравнение (3) има четири неизвестни и, за намиране на допълнителни връзки между тях, ще се запише първия закон на Кирхоф за възли 1, 2 и 3:

$$\dot{S}_{II} = \dot{S}_I - \dot{S}_1; \quad \dot{S}_{III} = \dot{S}_I - \dot{S}_1 - \dot{S}_2; \quad \dot{S}_{IV} = \dot{S}_I + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 - \dot{S}_I. \quad (4)$$

Внася се (4) в (3),

$$\dot{S}_I \hat{Z}_1 + (\dot{S}_I - \dot{S}_1) \hat{Z}_2 + (\dot{S}_I - \dot{S}_1 - \dot{S}_2) \hat{Z}_3 - (\dot{S}_I + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 - \dot{S}_I) \hat{Z}_4 = 0$$

В последното уравнение остана неизвестна само мощността \dot{S}_I ,

$$\dot{S}_I(\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) = \dot{S}_1(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_2(\hat{Z}_3 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_3\hat{Z}_4$$

Въвеждат се няколко означения,

$$\hat{Z}_{AB} = \hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4, \quad \hat{Z}_{1B} = \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4, \quad \hat{Z}_{2B} = \hat{Z}_3 + \hat{Z}_4, \quad \hat{Z}_{3B} = \hat{Z}_4,$$

след което за търсената мощност се получава

$$\dot{S}_I = \sum_{i=1}^3 \frac{\dot{S}_i \hat{Z}_{iB}}{\hat{Z}_{AB}} \quad (5)$$

Останалите търсени мощности се определят от (4). В общ случай за мощността в началото на първия клон се получава

$$\dot{S}_I = \dot{S}_A = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{S}_i \hat{Z}_{iB}}{\hat{Z}_{AB}} \quad (5a)$$

По аналогичен начин може да се определи мощността, постъпваща от възел В,

$$\dot{S}_B = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{S}_i \hat{Z}_{iA}}{\hat{Z}_{AB}} \quad (5b)$$

3. Приблизително определяне на напреженията във възлите на схемата

За възел А са известни напрежението му U_0 с фаза 0° и мощността $\dot{S}_I = P_I + jQ_I$. Те позволяват да се изчисли спада на линейното напрежение върху съпротивлението Z_I в първия клон. Поради приблизителния характер на изчисленията, на този етап ще се пренебрегне напречната компонента на спада на напрежение

$$U_1 = U_A - \frac{P_I R_1 + Q_I X_1}{U_A};$$

$$U_2 = U_1 - \frac{P_{II} R_2 + Q_{II} X_2}{U_1}$$

$$U_3 = U_2 - \frac{P_{III} R_3 + Q_{III} X_3}{U_2}$$

4. Приблизително определяне на загубите на мощност в клоновете на схемата

Загубите на мощност в клоновете на схемата се изчисляват от определените мощности през клоновете и напрежения във възлите по формулите,

$$\Delta \dot{S}_1 = \frac{P_I^2 + Q_I^2}{U_A^2} (R_1 + jX_1);$$

$$\Delta \dot{S}_2 = \frac{P_{II}^2 + Q_{II}^2}{U_1^2} (R_2 + jX_2)$$

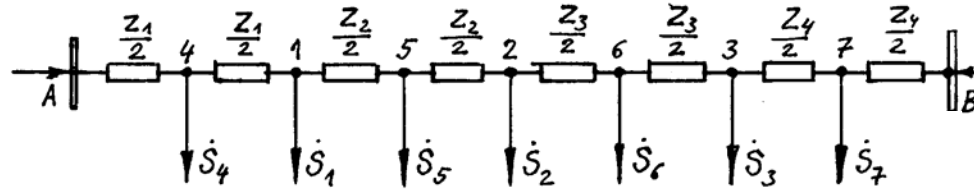
$$\Delta \dot{S}_3 = \frac{P_{III}^2 + Q_{III}^2}{U_2^2} (R_3 + jX_3);$$

$$\Delta \dot{S}_4 = \frac{P_{IV}^2 + Q_{IV}^2}{U_B^2} (R_4 + jX_4)$$

За да се отчетат загубите на мощност в схемата, трябва да се промени нейния вид, като в средата на всеки клон се съсредоточи загубената в него мощност. Въвеждат се нови означения, отчитати загубите на мощност,

$$\dot{S}_4 = \Delta \dot{S}_1; \quad \dot{S}_5 = \Delta \dot{S}_2; \quad \dot{S}_6 = \Delta \dot{S}_3; \quad \dot{S}_7 = \Delta \dot{S}_4;$$

На фиг.13.3 е показан новия вид на изчислителната схема, съставена с отчитането на загубите на мощност



Фиг.13.3.Изчислителна схема с отчитането на загубите на мощност

Мощността, която постъпва от възел А, се определя от вече изведената формула (5а),

$$\dot{S}_A = \sum_{i=1}^7 \frac{\dot{S}_i \hat{Z}_{iB}}{\hat{Z}_{AB}}; \quad \dot{S}_I'' = \dot{S}_A - \dot{S}_4.$$

Останалите мощности през клоновете се определят по първия закон на Кирхоф. Чрез тези мощности се изчисляват и новите значения на напреженията във възлите. Получаващите се като точност резултати са достатъчни за задачите от практиката.

5.Изчисляване на режима на линия с двустранно захранване при различни напрежения на източниците в двата края

Спрямо разглежданата до сега схема на фиг.13.2 промяната се изразява в това, че напреженията в двата края не са еднакви, т.е., $\dot{U}_A \neq \dot{U}_B$. Наличието на разлика между тях води до протичане на допълнителен ток през линиите, наричан уравнителен ток. Може да се докаже, че с отчитането му през двата главни клона на схемата ще протичат мощности, които се определят от формулите,

$$\dot{S}_A = \dot{U}_A \frac{\hat{U}_A - \hat{U}_B}{\hat{Z}_{AB}} + \sum_{i=1}^n \frac{\dot{S}_i \hat{Z}_{iB}}{\hat{Z}_{AB}};$$

$$\dot{S}_B = \dot{U}_B \frac{\hat{U}_B - \hat{U}_A}{\hat{Z}_{AB}} + \sum_{i=1}^n \frac{\dot{S}_i \hat{Z}_{iA}}{\hat{Z}_{AB}}$$