

Основни понятия и особености при изчисляване на установените симетрични режими на електрическите мрежи.

I. Същност на задачата за изчисляване на режима на електрическата мрежа.

Описването на конструктивните особености на електрическите мрежи и на протичащите в тях процеси и явления изисква да се използва голямо разнообразие от параметри. Спрямо координата време тези параметри могат да се разделят на две групи. Към първата група се отнасят ония от тях, които не се променят във времето на работа на електрическата мрежа. Например, такива са дължините на електропроводните линии, материала и сечението на проводниците, съпротивленията от заместващите схеми на линиите, коефициента на трансформация на трансформаторите, съпротивленията от заместващите им схеми и др.

Към втората група параметри се отнасят ония от тях, които, като правило, имат синусоидално изменение във времето и се представят с ефективните си стойности. За тях е характерно, че в процеса на работа на електрическата мрежа ефективните им стойности се променят в широк диапазон. Например, такива са напреженията във всички възлови точки, токовете, мощностите и загубите на мощност и напрежение във всички клонове на мрежата. Състоянието на системата в произволен момент от време или за някакъв интервал от време се нарича режим на системата. Параметрите от втората група се наричат параметри на режима. Същността на задачата за изчисляване на режима на електрическата мрежа се изразява в изчисляването на всички режимни параметри. Понякога, условно, изчисляването на параметрите на режима се нарича още “електрическо изчисляване” на мрежата.

Различават се три основни вида режими на електрическите системи:

- нормален установен (стационарен) режим, за който се проектира електрическата мрежа и се определят всички техникоикономически характеристики;
- следавариен установен режим, настъпващ след аварийно изключване на някакъв елемент или група елементи от мрежата;
- преходен режим, по време на който системата преминава от едно състояние към друго.

Електрическите мрежи се разглеждат основно в случая, когато се намират в установен нормален режим с непроменящи се във времето режимни параметри. В действителност, такъв режим не съществува, защото винаги има малки смущения, които предизвикват отклонения от приетия за постоянен режим. При това се предполага, че тези отклонения на параметрите на режима, предизвикани от малките смущения, протичат около някакво равновесно, устойчиво състояние. Стремешт е малките смущения да не предизвикват съществени изменения на режимните параметри, тогава се счита, че електрическата система притежава статическа устойчивост.

За да се определят параметрите на установения режим на електрическата мрежа е необходимо за нея да се знаят следните изходни данни:

- принципната и заместваща схеми на електрическата мрежа;
- големината на всички съпротивления, проводимости и коефициенти на трансформация от заместващите схеми на участващите елементи;
- мощностите на всички източници и потребители на електрическа енергия, присъединени към възловите точки на мрежата. Изключение се прави само за един възел с източник на електрическа енергия, мощността на който не се задава предварително, а се изчислява като търсен параметър на разглеждания режим. Този възел се нарича балансиращ възел;

- модулт и фазата на напрежението в един от възлите на мрежата. Този възел е прието да се нарича базисен възел. В много случаи един и същи възел е едновременно и базисен, и балансиращ.

Търсени режимни параметри са преди всичко напреженията във възловите точки и токовете през клоновете на схемата, след което, чрез тях, могат да се изчислят протичащите активни и реактивни мощности, загубите на напрежение и мощност във всеки клон и общо за мрежата. Методиката, по която се определят търсените режимни параметри, се базира на законите на Ом и Кирхоф.

Изчисляването на режима на електрическите мрежи в общ случай се счита за сравнително сложна задача, за която са характерни две особености: а) голям брой на елементите, от които е съставена мрежата; б) приблизително определяне на търсените величини, породено от задаването на изходните данни. Големият брой елементи води до голям брой на търсените режимни параметри, от където ще последват трудности от изчислителен характер. От друга страна, електрическите потребители най-често се моделират с постоянна мощност $S = P + jQ$. Ако напрежението на електропотребителя се означава с \dot{U} , токът през него ще се изчисли от

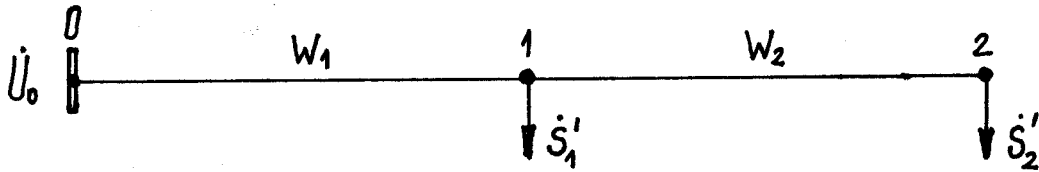
$$\dot{I} = \frac{P - jQ}{\sqrt{3} \cdot \dot{U}^*} \quad (10.1)$$

Но напреженията във възлите в началото на изчисленията са неизвестни, те се явяват търсените величини за режима и това не позволява директно да се приложат законите на Кирхов. За преодоляването на този проблем се прилага метода на последователните приближения. Този метод предвижда постепенен преход от по-груби към по-точни решения на поставената задача. Първото приближение се задава на базата на натрупания опит, например, ако се търсят напреженията във възлите, като първа итерация може да се приеме, че те са равни на номиналните напрежения на присъединените елементи. Това предположение позволява по (10.1) да се изчислят токовете през товарите и всички останали режимни параметри, включително и напреженията във възлите. Тези напрежения вече се явяват второ приближение към точното решение. По този начин търсените параметри се уточняват по един и същи алгоритъм, докато се приближат до точните си значения с предварително зададен праг за точност. От натрупания опит е установено, че за практическите задачи много често итерационният процес може да се прекрати още на първата или втората итерации, защото получаващата се грешка лежи в рамките на точността на изчисленията.

II. Изчислителни схеми на електрическите мрежи.

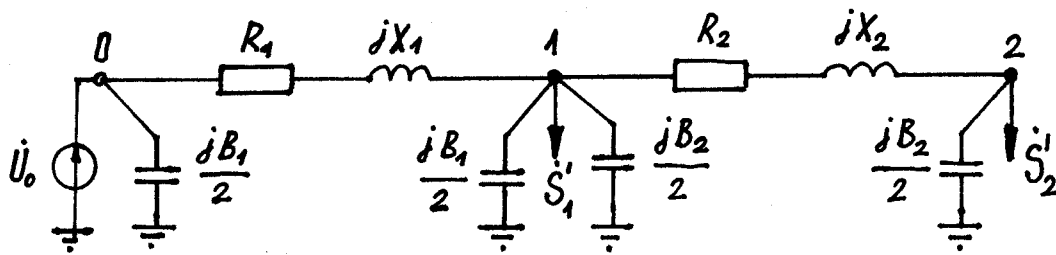
Изследването на всяка електрическа мрежа започва със съставянето на нейната принципна схема. После, по нея се съставя заместваща схема, като се спазва последователността на съединяване на отделните елементи от принципната схема. Режимът на електрическата мрежа се изчислява спрямо заместващата схема. Стремехът е тази заместваща схема да се получава достатъчно пълна и, в същото време, да не е много сложна. Обикновено схемата се опростява, ако в нея се намали броя на клоновете или възлите. Схемата, която се получава на базата на заместващата схема, но след рационалното ѝ преобразуване до по-проста, е прието да се нарича изчислителна схема. За нея се съставят уравнения по първия и втори закони на Кирхоф, за да се изчислят търсените режимните параметри.

За да се поясни последователността на преминаване от принципна до изчислителна схеми, на фиг.10.1 е показана принципна схема на електрическа мрежа за високо напрежение с две електропроводни линии, към които има включени един източник с напрежение U_0 и два потребителя с мощности S_1' и S_2' .



Фиг.10.1.Принципна схема на електрическа мрежа

Заместващата схема на мрежата е показана на фиг.10.2. Всяка от линиите е представена чрез П-образна заместваща схема, товарите – чрез постоянни задаващи мощности, еднакви с мощностите от принципната схема, а източникът на електрическа енергия е заместен с източник на постоянно ЕДН U_0 и е включен към възел с номер 0. В разглеждания случай възел 0 е едновременно и базисен, и балансиращ. Неизвестни режимни параметри се явяват напреженията



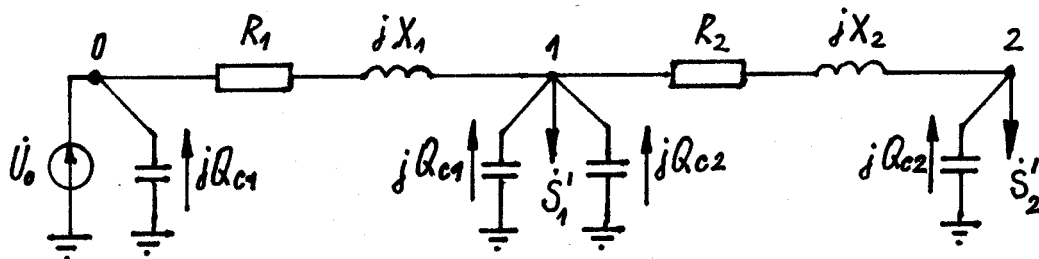
Фиг.10.2.Заместваща схема на електрическата мрежа

във възлите и токовете през клоновете. Те могат да се определят, ако по законите на Кирхоф се състави система уравнения. От натрупания опит за работещите електрически системи е известно, че в режим на нормална работа напреженията във възлите, към които има присъединени линии или трансформатори, по модул се получават много близки до номиналното напрежение на линиите. За конкретната схема това са напреженията във възли 1 и 2. Реактивната мощност, която ще генерира всеки от кондензаторите на заместващата схема от фиг.10.2, с неголяма погрешност ще бъде равна на

$$Q_{c1} = \frac{1}{2} B_1 U_n^2; \quad Q_{c2} = \frac{1}{2} B_2 U_n^2.$$

Където с U_n е означено номиналното напрежение на линиите W_1 и W_2 .

Посоките на реактивните мощности, генерирани от кондензаторите, са насочени към възлите 1 и 2, както това е показано на фиг.10.3.



Фиг.10.3.Заместваща схема на електрическата мрежа с посочени реактивни мощности, които генерират кондензаторите на линиите.

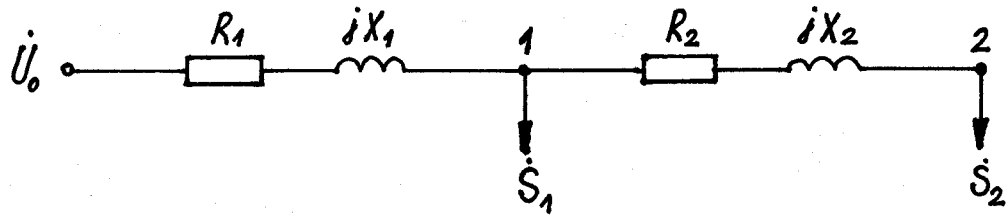
Трите мощности, които се отнасят за възел 1, могат да се обединят до една резултантна,

$$\dot{S}_1 = P_1' + jQ_1' - jQ_{c1} - jQ_{c2} = P_1 + jQ_1$$

Аналогично могат да се еквивалентират и двете мощности във възел 2,

$$\dot{S}_2 = P_2' + jQ_2' - jQ_{c2} = P_2 + jQ_2$$

С отчитането на последните две преобразувания заместващата схема от фиг.10.3 може да се опрости и да придобие вида, показан на фиг.10.4. Така получената схема се нарича изчислителна схема на мрежата. Тя не съдържа напречни елементи, поради което се намалява броя на неизвестните токове и се облекчава изчислителната процедура за определяне на търсените напрежения във възлите и протичащите мощности през клоновете.



Фиг.10.4.Изчислителна схема на електрическата мрежа