

1. ОПШТО ЗА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

1.1. ОСНОВНИ ПОИМИ

Современиот човек има значителни потреби од енергија. Енергијата најчесто се добива со согорување на фосилните горива или пак се добива од речните токови (водните сили). Заради ограниченоста на резервите на наведените извори на примарната енергија и порастот на цената на енергијата воопшто, во последните години вниманието сè повеќе се свртува кон нуклеарната, геотермалната и сончевата енергија.

Множеството од сите елементи што учествуваат во процесите за:

- добивање,
- преобразување,
- распределба и
- користење

на сите видови енергија го нарекуваме *енергетски систем (ЕС)*. Енергетскиот систем се состои од:

- парни котли,
- турбини,
- генератори,
- водови за пренос на топлина,
- водови за пренос на електрична енергија,
- уреди за греење,
- уреди за електрична влеча,
- енергетски трансформатори,
- пумпи,
- вентилатори

ИТН.

Под поимот *електроенергетски систем (ЕЕС)* обично се подразбира електричниот дел од енергетскиот систем. ЕЕС има задача да:

- произведува,
- пренесува и
- распределува, како и да
- преобразува,

исклучително (или главно) електрична енергија.

Електричните мрежи односно електроенергетските мрежи¹ служат за пренесување на електричната енергија од изворите (електричните централи) и распределба на електричната енергија до нејзините потрошувачи. Практично целата електрична енергија што се произведува во електричните централи се доведува до електричните приемници преку електричните мрежи. Притоа енергијата може да се пренесува на мошне големи растојанија (стотици, па и илјадници километри) и на тој пат повеќе пати да се трансформира и да се менува квантитативно и квалитативно.

Основни елементи во електричните мрежи се *водовите* и *енергетските трансформатори*. Трансформаторите служат за промена на параметрите на електричната енергија, т.е. за промена на напонот и струјата. Тие се поставуваат во *трансформаторските станици (ТС)*, заедно со *прекинувачите, разделувачите (раставувачите)* и другите елементи што служат за вклучување и исклучување на елементите од мрежата.

¹ Појмот *електроенергетска мрежа* или поедноставно речено *мрежа* нема секогаш исто значење. Во најширока смисла на зборот, поимот „електроенергетска мрежа“ е синоним за „електроенергетски систем“ (ЕЕС) и ги содржи сите елементи, а тоа се сите на определен начин поврзани генератори, трансформатори, водови, потрошувачи и др. Честопати под *мрежа* се мисли само на делот од ЕЕС кој служи за пренесување и распределба на електричната енергија. Вообичаена е поделбата на ЕЕС на *извори, преносна мрежа* и *дистрибутивна мрежа*. Оваа поделба е направена според таканаречените фази на технолошкиот процес на производството, распределбата и користењето на електричната енергија. Во таквата поделба под изворите се подразбираат електричните централи.

Електрични приемници се уреди кои служат за преобразување на електричната енергија во други видови енергии. Така, на пример, во електричните печки електричната енергија се претвора во топлинска, во електричните светилки таа се претвора во светлинска, во електромоторите таа се претвора во механичка енергија итн. Секој електричен приемник треба да има можност за приклучување на соодветна електрична мрежа, како и можност за исклучување од неа.

Честопати е потребно да се посматра не само одделен приемник, туку цела **група електрични приемници**, па дури и повеќе групи приемници, заедно со електричната мрежа, на која се тие приклучени. Групата електрични приемници (кои не мора да бидат од ист вид), заедно со соодветната припадна електрична мрежа преку која тие се приклучени на заедничката напојна точка и од која се напојуваат со електрична енергија, се нарекува **потрошувач** на електрична енергија. Потрошувачи на електричната енергија се приемниците, заедно со соодветните електрични мрежи, во: **стан**, **зграда**, **населба**, група населби, **фабрика**, подрачје со неколку фабрики, итн.

1.2. ЗНАЧЕЊЕ И УЛОГА НА ЕЛЕКТРИЧНИТЕ МРЕЖИ

Со електричните мрежи се настојува да се поврзат што е можно повеќе извори и потрошувачи во еден електроенергетски систем². Притоа се постигнуваат следните техничко-економски **предности**:

-
- 2 **Високонпонентните преносни мрежи** на разни региони, области, па и разни држави се стремат да бидат меѓусебно поврзани, бидејќи тоа претставува обостран интерес на сите корисници. Со нивното поврзување е овозможено следново: 1. **користење на** производството на големите, **економични извори** на електрична енергија кои можат да се наоѓаат и подалеку од главните потрошувачки центри; 2. **поврзување на централите** со различни карактеристики и нивно **оптимално прилагодување** според потребите на конзументот; 3. **намалување** на потребната **ладна и топла (вртлива) резерва** на моќност во системот; 4. **намалување на врвното оптоварување** на изворите преку поврзување на конзументи подрачја со различни карактеристики.

- а) можност за зголемување на електричните моќности на генераторите и електричните центри, со што се намалува цената на инсталираниот киловат во нив и што дозволува значително да се зголеми обемот на производството при исти производни површини и ист вложен труд на вработениот персонал;
- б) значително зголемување на доверливоста на снабдувањето на потрошувачите со електрична енергија;
- в) зголемување на економичноста во работењето на разните видови електрични центри, при што се настојува да се обезбеди најефикасно искористување на моќностите на хидроцентралите (ХЕЦ) и најекономично работење на термоцентралите (ТЕЦ);
- г) намалување на неопходната вкупна резервна моќност на централите.

Електроенергетските мрежи треба да се имаат предвид и при решавањето на многу други проблеми како што се:

- составувањето на енергетскиот биланс на земјата;
- определувањето на перспективниот развој на одделните подрачја и искористувањето на суровинските извори (ресурси);
- изборот на локацијата и моќноста на новите електрични центри;
- лоцирањето на големите индустриски објекти;
- поврзувањето на електроенергетските системи.

Во принцип, не е исправно ако при изборот и донесувањето на одлуките во врска со претходните проблеми парцијално се посматра и проучува само една електрична централа, само една електрична мрежа и слично. Овие проблеми треба да се решаваат комплексно, земајќи го предвид нивното меѓусебно влијание и поврзаност, а со цел да се обезбеди најефикасно и најрационално искористување на расположливите енергетски ресурси. Дури по решавањето на

Целта на овој приказ е да ги истакне значењето и улогата на преносната мрежа како дел на ЕЕС, во неговото складно, рационално и економично функционирање. Притоа за цело време треба да се има предвид и неможноста од складирање на електричната енергија, т.е. истовременоста на производството и потрошувачката на електричната енергија.

овие проблеми треба да се пристапи кон проектирањето на поедините елементи од ЕЕС како што се: електричните централи, електричните мрежи со различни напонски нивоа, средствата за заштита, автоматика и слично³.

³ Основа за *планирањето* на растот и развитокот на ЕЕС првенствено е прогнозата на потребата од електрична енергија *по количество (kWh)*, *по моќност (kW)* и *по месечно* на нејзиното консумирање. *Прогнозата* се прави за повеќе години, па и децении напред. Прогнозата на потрошувачката на електрична енергија, па и прогнозата на потребната моќност, најчесто се темели на остварената потрошувачка и нејзиниот раст во минатото. На таков начин е утврдено, на пример, дека потрошувачката на електричната енергија во светот во последните неколку децении расте од година во година со просечна стапка на пораст од околу 7% годишно, што значи дека потребите од моќност и енергија се удвојуваат на секои десет години. Во низа земји (обично во понеразвиените) овој пораст е поинтензивен, додека во други (најчесто во индустриски развиените земји) тој изнесува само неколку проценти годишно. Кај нас во последните неколку години, од разбирливи причини, просечната стапка на пораст изнесува само неколку проценти годишно, макар што во осумдесеттите години таа се движеше меѓу 8 и 10%, додека во седумдесеттите години таа беше поголема и од 10%. Удвојувањето на инсталираната моќност во изворите и преносните елементи на ЕЕС на секои десет години значи перманентно вложување на огромни инвестиции во ЕЕС. Утврдено е дека, во тој случај, за одржување на усогласен раст (развиток) на ЕЕС сообразно со потребите на земјата од електрична енергија е потребно во ЕЕС трајно да се вложуваат средства во висина од 25 – 30% од вкупните вложувања во индустријата, што претставува околу 1/10 од вкупните инвестиции во земјата, односно околу 2,5% од националниот доход. Овие размери на потребните средства укажуваат на сериозноста на задачата на планерот на ЕЕС, особено на оној кој ги донесува инвестиционите одлуки. За таа цел се развиени разни методи со помош на кои се вршат техничко-економски анализи, врз основа на кои аргументирано се донесуваат споменатите инвестициони одлуки.

1.3. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ЕЛЕКТРИЧНИТЕ МРЕЖИ

Во зависност од моќноста што се пренесува низ мрежата, растојанието на коешто таа се пренесува и во зависност од бројот на потрошувачите кои се напојуваат од неа, мрежата има определена сложеност, конструктивна изведба, карактеристични параметри и слично. Оттука произлегува дека електричните мрежи можат да се класифицираат по низа **показатели**, меѓу кои основни се:

- *конструктивната изведба,*
- *видот на струјата,*
- *карактерот на потрошувачите,*
- *номиналниот напон и*
- *шемата на поврзување.*

Според *конструктивната изведба* разликуваме:

- *надземни мрежи,*
- *кабелски мрежи и*
- *внатрешни електрични инсталации.*

Надземната мрежа е составена од *надземни електроенергетски водови (далекуводи)*, изведени најчесто со голи (неизолирани) спроводници, кои со помош на електрични изолатори се обесени (и прицврстени) за електричните столбови. Мрежите надвор од зградите најчесто се градат како надземни, бидејќи во однос на **кабелските мрежи** тие се значително поевтини, а истовремено се поедноставни како за изведба така и за експлоатација. Меѓутоа, надземните водови, од друга страна, значително повеќе се изложени на повреди, па надземните мрежи се понесигурни во погонот.

Под поимот *кабел* подразбираме систем на спроводници изолирани меѓу себе и во однос на околината. Водовите изведени со кабли, т.е. *кабелските водови*, обично се поставуваат во земја, со што се постигнуваат следните предности: водот е побезбеден и **посигурен** во работењето, од **естетски** и **урбанистички причини** тој е значително поприкладен (што е понекогаш пресудно за неговата употреба) и потребен е значително **помал простор** за неговата изведба.

Но тука се и следните **недостатоци**: поголема **цена**, отежната **експлоатација**, посложена **изработка** и др. По правило, кабелските мрежи се изведуваат во градовите и на териториите на индустриските претпријатија.

Внатрешните електрични инсталации се изведуваат со изолирани спроводници, поставени во инсталациони цевки или пак под малтерот, во сидовите и таваните од просториите. Понекогаш тие се изведуваат и со специјални спроводници во вид на шини или пак (ретко) со неизолирани спроводници.

Според **видот на струјата** разликуваме:

- мрежи за **наизменична** и
- **мрежи за еднонасочна** струја.

Електроенергетските мрежи најчесто се градат како **трифазни мрежи за наизменична струја**. Наизменичната струја поедноставно се трансформира и дистрибуира, а трифазните мрежи во однос на еднонасочните се и технички и економски поповолни. Во последно време повторно почнува да се користи **еднонасочниот напон**, но исклучително за пренесување на електричната енергија на многу големи далечини (поголеми од 500 km) и за пренесување на многу големи моќности, од редот на 1000 MW и повеќе.

Во случајот на поголем број монофазни електрични приемници, какви што се повеќето електрични уреди во домаќинствата, тие се напојуваат со електрична енергија преку повеќе монофазни отцепи. Чисто монофазни мрежи се доста ретки и се среќаваат во селските па и градските населби од постар датум.

Според **карактерот на употребувачите** и во зависност од намената на територијата на која се формираат, разликуваме:

- **градски мрежи**,
- **селски мрежи**,
- **индустриски мрежи**,
- **регионални мрежи** и др.

Покрај оваа поделба мрежите можат да се класифицираат и како:

- **дистрибутивни мрежи** и
- **преносни мрежи**.

Дистрибутивна се нарекува онаа мрежа на која непосредно се приклучуваат електричните приемници, но и мрежа со повисок напон на која се приклучени поголем број трансформаторски станици, а која е прилично разгранета. Останатите електроенергетски мрежи со висок напон се вбројуваат во **преносните мрежи**.

Во наши услови мрежите со напон повисок од 110 kV се **преносни**, додека мрежите со напон понизок од 110 kV се **дистрибутивни**. Мрежите со напон 110 kV, зависно од нивната положба и улога во ЕЕС, некаде се преносни, а некаде се дистрибутивни⁴.

Секоја мрежа се карактеризира со **номинален напон**, на кој се пресметуваат и според кој се избираат елементите на нејзината електротехничка опрема. Фактичката вредност на напонот во текот на работата на мрежата може да се разликува од номиналниот напон за мал износ.

Во нашата земја со стандард се дефинирани напоните што можат да се користат како номинални напони на електричните мрежи. За трифазните мрежи со три и четири спроводници и напон до 1000 V (низок напон) се стандардизирани следниве номинални напони:

127/220* V, 220/380 V (230/400 V), 500* V, 660* V, 1000 V.

Вредностите означени со свездичка не смеат да се употребуваат во јавната електрификација. Во случаите каде што се дадени две вредности, одделени со коса црта, првиот број го означува **фазниот**, а вториот **меѓуфазниот (линискиот) напон**.

Не е на одмет да се забележи дека, кога се зборува за номинален напон (или воопшто напон) на трифазна мрежа, редовно се подразбира меѓуфазен напон. Кога се зборува за фазниот напон, тогаш тоа посебно се нагласува.

⁴ Прецизно разграничување меѓу преносните и дистрибутивните мрежи е тешко да се направи. Таквата поделба не е еднозначна. Според „техничката“ поделба **преносната мрежа** ја сочинуваат водовите и постројките со номинален напон 110 kV и повеќе, а остатокот е т.н. **дистрибутивна мрежа**. Според функционалната поделба **преносната мрежа** е оној дел од ЕЕС кој заедно со изворите **учествува во водењето** и во **оптимирањето** на водењето на споменатиот технолошки процес. Сето останато претставува дистрибутивна мрежа, без оглед на нејзиниот номинален напон.

Во трифазните мрежи со напон над 1000 V се стандардизирани две вредности на напонот:

- *номинален напон* и
- *највисок погонски напон*.

Нивните вредности се дадени во следната табела:

Табела 1.1. Стандардизирани вредности на напоните

Номинален напон kV	Највисок погонски напон kV
3*	3,6*
6*	7,2*
10	12
20	24
35	38
60	72,5
110	123
220	245
380	420

За напоните над 1 kV често се користи и следната поделба⁵:

- напоните од 1 до 35 kV се нарекуваат *средни напони*;
- напоните 110 и 220 kV се нарекуваат *високи напони*;
- напоните повисоки од 220 kV се нарекуваат *многу високи напони*.

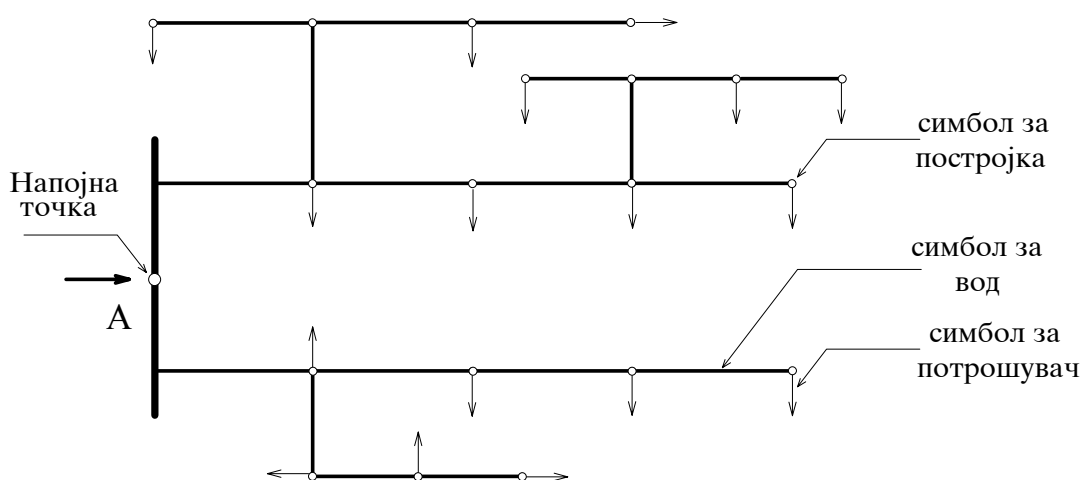
Според *шемајта на поврзувањето* мрежите најчесто се делат на:

- *отворени (радијални),*

⁵ Наведената поделба е условна и е вообичаена во „инженерската терминологија“, а како таква се среќава и во стручната литература. Инаку, според прописите, мрежите со номинален напон до 1000 V се нарекуваат *нисконапонски*, додека останатите (со номинален напон над 1000 V) се *високонапонски мрежи*.

- отворени со зголемена доверливост,
- јамкасти (затворени) и
- сложено-затворени мрежи.

При напојувањето на приемниците односно потрошувачите со електрична енергија преку **отворена мрежа**⁶, низ секој елемент од мрежата енергијата тече само во една насока (сл. 1.1) и со исклучувањето на кој и да е елемент на ваквата мрежа се прекратува напојувањето со електрична енергија на еден или повеќе потрошувачи.



Слика 1.1. Отворена (радијална) мрежа

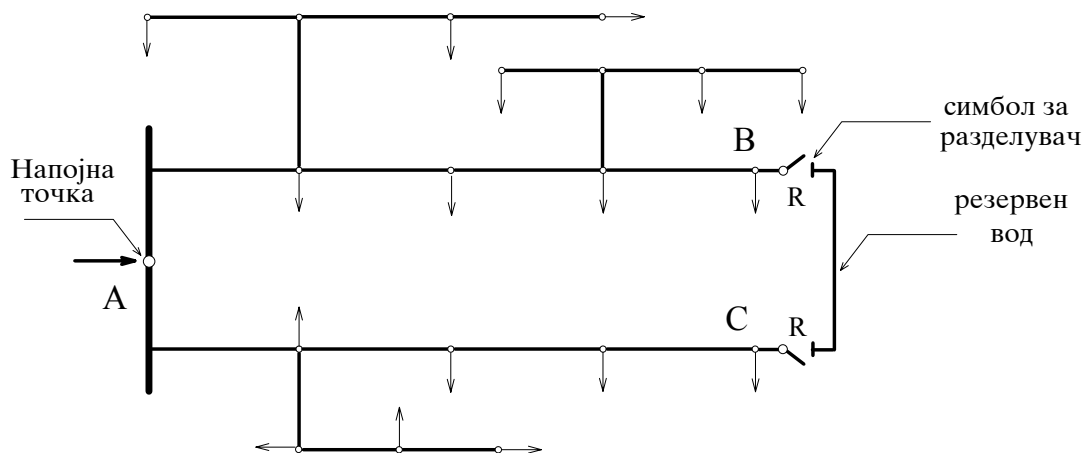
Кај **отворените мрежи со зголемена доверливост**⁷ (сл. 1.2), ако поради дефект дојде до исклучување на било кој од водовите, ќе дојде само до кратковремен прекин во снабдувањето на дел од потрошувачите, т.е. додека не се вклучи во погон друг, **резервен вод**, кој нормално не е

⁶ Отворена мрежа е мрежа во која не постојат затворени јамки (контури), ниту пак постојат резервни водови со чие вклучување е можно формирање на такви јамки.

⁷ Отворена мрежа со зголемена доверливост е таква мрежа која во погонот, нормално, има радијална структура и не содржи ниту една затворена контура. Меѓутоа, ваквите мрежи имаат т.н. „резервни водови“ (или резервни врски) кои нормално се исклучени (т.е. не пренесуваат електрична енергија), а се вклучуваат, кога е тоа неопходно (на пр. при појава на дефект на некој вод од мрежата) и остануваат вклучени сè додека е тоа неопходно (на пр. до отстранувањето на дефектот и поправката на дефектниот вод).

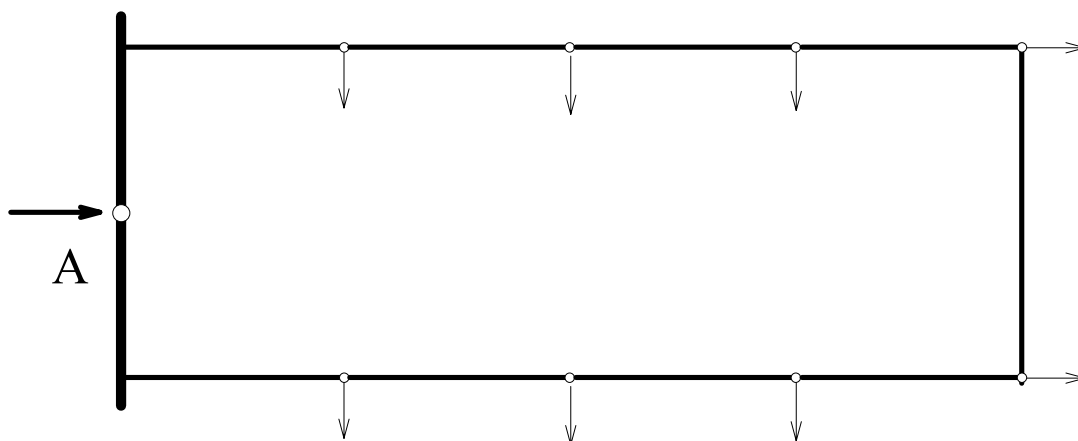
оптоварен. На пример, во мрежата од сликата 1.2, при нормален погон (нормален режим на работа) раставувачите (разделувачите) „R“ во постројките „B“ и „C“ се отворени, а водот В - С е во резерва и не пренесува електрична енергија. Но ако дојде до дефект на магистралниот вод А - В, тој се исклучува на својот почеток и по изолирањето на повредената делница и затворањето на разделувачите „R“, потрошувачите што биле напојувани преку водот „А - В“ ќе продолжат да добиваат енергија преку водот В - С. Аналогно би се постапило и во случај на дефект на водот А - С.

Вклучувањето на **резервните водови** кај ваквите мрежи се врши рачно или автоматски. Притоа се настојува тоа да се направи во што е можно пократко време, за да биде што е можно пократок прекилот во електроснабдувањето.



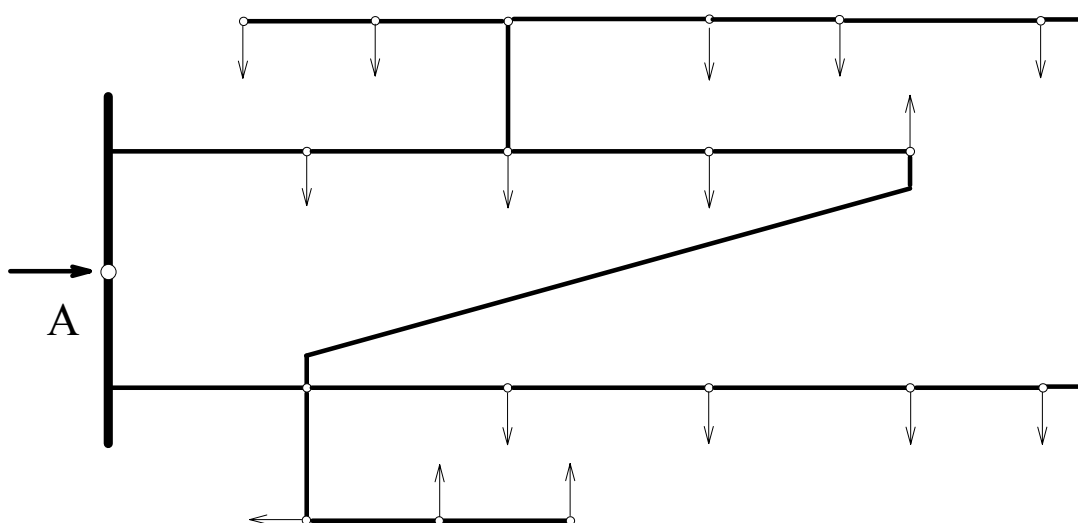
Слика 1.2. Отворена мрежа со зголемена доверливост

Кај **јамкастите (затворени)** мрежи (слика 1.3) елементите на мрежата образуваат **јамка (прстен)**. Поради тоа секој потрошувач има можност да се снабдува со електрична енергија и во случај на дефект (исклучување) на кој и да е од елементите што ја образуваат јамката.



Слика 1.3. Затворена (јамкаста, т.е. прстенеста) мрежа

Сложено-затворена мрежа е мрежа која во себе содржи повеќе јамки (затворени контури). Се разбира, освен јамките, таа може во некои свои делови да има и радијална структура, т.е. да содржи и отворени мрежи. На сликата 1.4 е прикажана една сложено-затворена мрежа.



Слика 1.4. Сложено-затворена мрежа

1.4. ЕЛЕКТРИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА ЕЛЕКТРИЧНИТЕ МРЕЖИ

Кога вршине анализа на работата на една електрична мрежа, разликуваме:

- *параметри на елементите* на мрежата и
- *параметри на режимот на работа* на мрежата.

Параметри на елементите на мрежата се, на пример: активните отпорности и спроводности, реактивните отпорности и спроводности на елементите, пресеците на спроводниците од поедините водови, номиналните моќности, коефициентите на трансформација на енергетските трансформатори и друго.

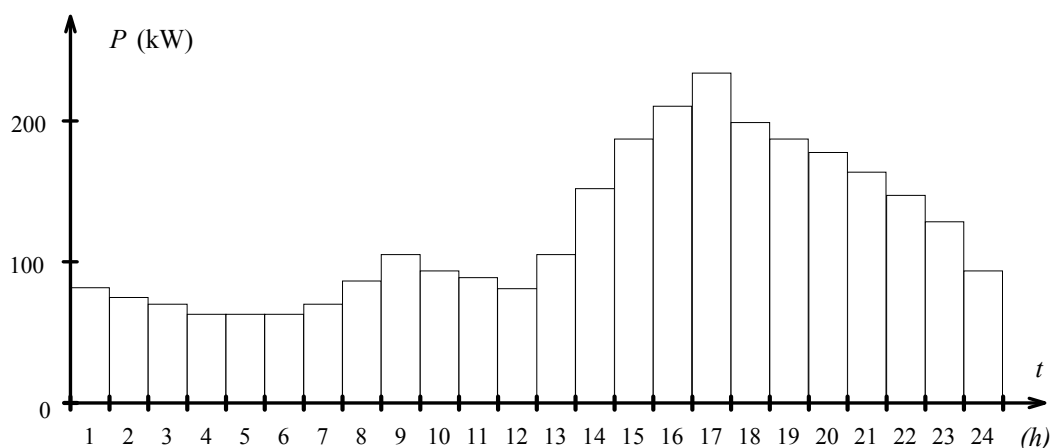
Во *параметрите на режимот на работа* на мрежата спаѓаат: фреквенцијата, напоните во поедините јазли, струите и моќностите низ елементите од мрежата, факторот на моќност $\cos \varphi$ и друго. Покрај тоа, тука спаѓаат и вредностите кои ја карактеризираат несиметријата на трифазниот систем, несинусоидалноста на кривата на напонот и друго.

Под *режим на работа* (работен режим) на една електроенергетска мрежа се подразбира нејзината електрична состојба. Всушност, оваа состојба непрекинато се менува, што е последица на промената на оптоварувањата на потрошувачите, вклучувањата и исклучувањата на поедините приемници, промената на вклопната состојба во мрежата и друго.

Промената на оптоварувањето на еден потрошувач или на група потрошувачи во текот на едно деноноќие обично се претставува графички во вид на дијаграм кој се нарекува *дневен дијаграм на оптоварувањето*. Тој се црта во правоаголен координатен систем, при што на апсцисната оска се нанесува времето, додека на ординатната оска се нанесуваат соодветните оптоварувања. Вообичаено е денот да се подели на 24 часа, т.е. единица за време во дијаграмите на оптоварување да биде 1 час⁸. За илустрација, на сликата 1.5 е

⁸ Во поново време дневните дијаграми на оптоварување на потрошувачите се снимаат автоматски, со помош на таканаречените „регистратори“, со зголемена „резолюција“, на секои 15 минути. На тој начин дневниот дијаграм

прикажан типичен **дневен дијаграм** на активна моќност на една поголема станбена зграда.



Слика 1.5. Дневен дијаграм на оптоварување на потрошувач

Промените на оптоварувањето на еден потрошувач или на оптоварувањето на еден елемент од мрежата се случајни и не можат однапред во целост да се предвидат. Исто така, дијаграмот на оптоварување во различни денови е различен, иако обликот на дневниот дијаграм за различни денови донекаде е ист.

При пресметките на мрежите обично се разгледуваат идеализирани (претпоставени) карактеристични режими на нивната работа, кои можат и воопшто да не се реализираат. Притоа се претпоставува дека се работи за **стационарни режими** на работа, т.е. за режими во коишто напоните, струите и **оптоварувањата се константни**.

Споменатите пресметки на мрежите за карактеристичните режими на работа всушност се проверки со кои сакаме да утврдиме какво ќе биде поведението на мрежата и какви ќе бидат режимските параметри за секој од случаите што реално можат да се јават. Параметрите на режимот не смеат да бидат произволни, бидејќи секој елемент од мрежата има номинални карактеристики кои, како технички ограничувања, ги определуваат дозволените параметри на работниот режим на мрежата во нормални услови.

Покрај анализата на режимите што се јавуваат во нормални услови на работа, потребно е да се разгледуваат и

на оптоварувањето на потрошувачите се опишува попрецизно, со вкупно $24 \cdot 4 = 96$ вредности.

ненормални (хавариски) услови на работа, т.е. да се разгледуваат и анализираат режими што се јавуваат по некоја хаварија (дефект) во мрежата⁹.

Хавариски режим на работа на мрежата имаме тогаш кога поради **дефект** некој од елементите на системот мора да биде исклучен и кога имаме отежнати услови на работа. Во ваквите работни режими **режимските параметри** обично се разликуваат во поголема мера од своите вообичаени вредности, но сепак, иако ваквите режими **траат релативно кратко време** и ретко се случуваат, параметрите на режимот од чисто технички причини мораат да бидат во прифатливи граници.

Пресметките што ќе ги правиме се однесуваат на случајот кога во трифазната мрежа имаме потполна **симетрија** или пак кога несиметријата е сосема мала. Но, во пракса е можно да дојде и до нарушување на симетријата на напоните и струите во позначителна мерка, па дури и да дојде до нарушување на синусоидалноста на кривата на напонот, т.е. до појава на **виши хармоници**.

Причина за несиметријата се еднофазните електрични приемници чишто моќности стануваат сè поголеми и поголеми. Во индустриските мрежи несиметријата ја внесуваат еднофазните **електролачни печки**, големите уреди за **заварување** и слични потрошувачи. Причина за несинусоидалната промена на напонот и појавата на вишите хармоници во мрежата се најчесто **насочувачките уреди, нелинеарните потрошувачи** и др.

Анализите на несиметричните режими на работа и анализите на преодните режими на работа на една мрежа нема да се разгледуваат во овој курс.

⁹ По настанатата хаварија (дефект) системот преминува од нормална во хаваријна состојба. За време на траењето на таквата состојба мрежата е обично подложена на зголемени струјни и напонски напрегања кои можат да доведат до привремени или трајни оштетувања на некои нејзини елементи. Затоа мрежата мора да биде снабдена со уреди кои овозможуваат што е можно побрзо отстранување на причините кои довеле до нарушувањето на состојбата и воспоставување на нормалната состојба на напонот. Во денешно време таквите уреди обично се со автоматско дејство.

1.5. БАРАЊА ШТО ТРЕБА ДА ГИ ЗАДОВОЛАТ ЕЛЕКТРИЧНИТЕ МРЕЖИ

Основна задача на електричните мрежи е тие да вршат доверливо електроснабдување на потрошувачите со електрична енергија која во исто време треба да има и определен *квалитет*¹⁰. Истовремено, работата на мрежата треба да одговара и на барањата за максимална *економичност*¹¹. Тоа се однесува како на условите на проектирањето така и на условите на експлоатацијата.

¹⁰ Пошироко гледано, задачата на ЕЕС е да врши трајно задоволување на сите потреби на потрошувачите од електрична енергија во бараните количини. Притоа, електричната енергија што им се испорачува на потрошувачите мора да биде квалитетна. Мерките за квалитетот на електричната енергија се: *фреквенцијата, квалитетот на напонот и континуитетот во испораката* на електричната енергија. *Фреквенцијата* на напонот мора да биде константна, а нејзиното отстапување од номиналната вредност (кај нас 50 Hz) да биде незначително ($\pm 0,1$ Hz). Поголемите отстапувања на фреквенцијата обично се знак за настанат дефект во системот. *Напонот*, поради падовите на напон, не може во сите точки од мрежата да има иста вредност – еднаква на номиналната. Сепак, со правилно димензионирање на мрежата и со примената на разни средства за регулација на напоните, можно е да им се обезбеди на потрошувачите квалитетен напон, т.е. напон кој малку ќе отстапува од својата номинална вредност. Исто така, напонот мора да биде „чист“ од виши хармоници, т.е. да има синусоиден облик, а трифазниот систем на напони во секоја точка од мрежата треба да биде симетричен. *Континуитетот во испораката* (трајна расположливост) на електричната енергија претставува способност на системот на потрошувачите да им испорачува електрична енергија во секој момент, и тоа во количини кои им се потребни, независно од тоа дали сите елементи од ЕЕС се во погон или пак се исклучени од разни причини. Се разбира дека, за ЕЕС да биде доверлив во испораката на електрична енергија, тој ќе мора да располага со извесна резерва како во производните така и во своите преносни капацитети.

¹¹ Сите активности сврзани со погонот, одржувањето и изградбата на ЕЕС треба да бидат насочени така што, со задоволителен квалитет, системот трајно ќе им испорачува на потрошувачите електрична енергија со најниска можна цена. Во ова особено важна улога игра преносната мрежа, бидејќи таа овозможува меѓусебно поврзување и дополнување и на изворите и на потрошувачите на електрична енергија, независно од нивниот карактер и нивните локации. Со други зборови, преносната мрежа овозможува економично водење на ЕЕС (т.е. воведување на т.н. „економски диспечинг“).

Обично најнапред се настојува да се задоволат барањата за обезбедување на *доверливоста* и квалитетот на испорачаната електрична енергија и на тој начин се доаѓа до определен број технички решенија. Потоа прифатливите решенија се коригираат според *критериумите на економичност*. Најважна задача на инженерската дејност во областа на електроенергетските мрежи и системи е аргументирано исполнување на горните барања.

Проблемот со *доверливоста во електроснабдувањето* на потрошувачите е последица на фактот што практично секој елемент на мрежата во текот на својата работа е подложен на повреди, а тоа обично предизвикува *прекини* во електро-снабдувањето. Намалувањето на обемот на повредите и прекините најчесто е условено со значителни дополнителни трошоци, кои се сврзани со *резервирање* на поедини елементи на мрежата, нејзино *побогато димензионирање*, зголемување на нејзината *преносна моќ* и друго. Инаку *причините* за прекините и оштетувањето на елементите од мрежата се наоѓаат најчесто надвор од неа: *атмосферски празнења* (удар на гром), *олујни ветришта*, *механички повреди*, големи количини на *нафатен мраз* во зимскиот период и слично, макар што понекогаш причините можат да се бараат и во неправилното *ракување* и *одржување на опремата*, нејзината *дотраеност* итн.

Изградбата и експлоатацијата на електроенергетските мрежи се поврзани со вложување на *големи материјални средства*. Затоа не само при нивното проектирање и изградба, туку и при нивната работа, во условите на експлоатација, преку сестрани анализи треба да се обезбеди што е можно поголема *економичност* во нивното работење. Ова е особено нужно при изборот на *вклопната состојба*, т.е. при изборот на *шемата на поврзување* на водовите, при определувањето на *потребната резерва*, при изборот на номиналните параметри на елементите, при определувањето на соодветниот степен на автоматизација и слично.

1.6. ЗАДАЧА НА ПРЕСМЕТКИТЕ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

Во сите фази на **проектирањето**, а подоцна и во текот на самата **експлоатација** на една електроенергетска мрежа, потребно е да се прават низа **пресметки** на нејзините режими на работа. **Целта** на овие пресметки е да се изврши **проверка на техничките услови**, т.е. проверка дали **струите** низ поедините елементи и **напоните** во поедините јазли се во дозволените граници. Покрај тоа, со пресметките се проценуваат и **загубите** на активната и реактивната моќност и енергија во мрежата, како и **вредноста на овие загуби**, што од своја страна, на извесен начин, ја карактеризира и економичноста на работата на мрежата.

Во зависност од дадените услови и поставената задача, пресметките на работните режими се изведуваат повеќе или помалку **детално**, со различен **степен на точност** и со земање предвид разни влијателни фактори. На пример, при разработката на **планот на развој** на електроенергетскиот систем на земјата, истовремено со **изборот на локацијата** и **моќностите** на идните **електрични центри**, се прават **пресметки** на работните режими и на **преносната мрежа**.

Во овие пресметки, оптоварувањата на потрошувачите се познати само ориентационо и најчесто секоја дистрибутивна мрежа се претставува како еден единствен потрошувач. Затоа од резултатите на овие пресметки не може да се бара да се одликуваат со голема точност, но тие сепак можат да бидат од корист при проценувањето на идните режими на работа.

При **проектирањето** на ЕЕС односно мрежите со разни напонски нивоа, врз основа на претходните пресметки на работните режими, се избираат **параметрите** на идните водови, трансформатори, електрични центри, како и карактеристиките на уредите за заштита и автоматика. Потоа пресметките на работните режими се изведуваат **подетално** и со **поголема точност**.

При пресметките на **работните режими** на преносната и дистрибутивната мрежа веќе се поточно познати параметрите на нејзините поедини елементи, а во пресметките се влегува со попрецизно определени оптоварувања на потрошувачите. Преку овие пресметки се **проверува прифатливоста** на параметрите на режимот за одделни елементи од мрежата, се

избираат уреди за заштита и автоматика и слично. Бидејќи ЕЕС треба да работи не само сигурно туку и економично, подоцна се прават пресметки за оптимизација на режимите за работа на ЕЕС, како што се: пресметките за определување на економски најсоодветната распределба на можностите меѓу електричните центри во системот, пресметките за определување на минимални загуби на електричната енергија во мрежата и слично. Овие пресметки се изведуваат со релативно висок степен на точност, при што се уважуваат и помалку значителните фактори, кои во фазата на проектирањето биле занемарувани.

Во денешно време сите овие пресметки, почнувајќи од тие што се вршат уште во фазата на проектирањето, па сè до пресметките што се во врска со оптимизацијата на режимите на работа на изворите и самата мрежа во ЕЕС, се вршат со помош на компјутери.