

## Методи и начини за регулиране на напрежението в електрическите мрежи

Регулирането на напрежението има за цел да поддържа напрежението във всички точки на мрежата в определени граници така, че отклоненията на напрежението при потребителите да не превишава допустимите стойности, а напреженията на електроенергийните съоръжения да не превишават стойностите на допустимите най-големи работни напрежения. Регулирането на напрежението е необходимо, понеже сумарните загуби на напрежение в електропроводите и трансформаторите при максимални товари могат да достигнат 20-30 % от номиналното напрежение.

Технически регулирането на напрежението се осъществява по четири различни начина :

- чрез изменение на напрежението на генераторите в електрическите централи ;
- чрез изменение на коефициентите на трансформация на силовите трансформатори в подстанциите ;
- чрез изменение на съпротивлението на мрежата ;
- чрез изменение на потоците на реактивна мощност .

Регулирането чрез изменение на напрежението на генераторите се осъществява чрез устройствата за автоматично регулиране на напрежението ( АРВ ), които въздействат на възбудането . По този начин, макар и в тези граници може да се регулира напрежението.

Регулирането на напрежението чрез изменение на коефициента на трансформация е универсален начин и намира широко прилижение.

Трансформаторните намотки с високо номинално напрежение се изпълняват с отклонения, които могат да се превключват. По този начин се изменя броят на навивките на намотките и коефициентите на трансформация.

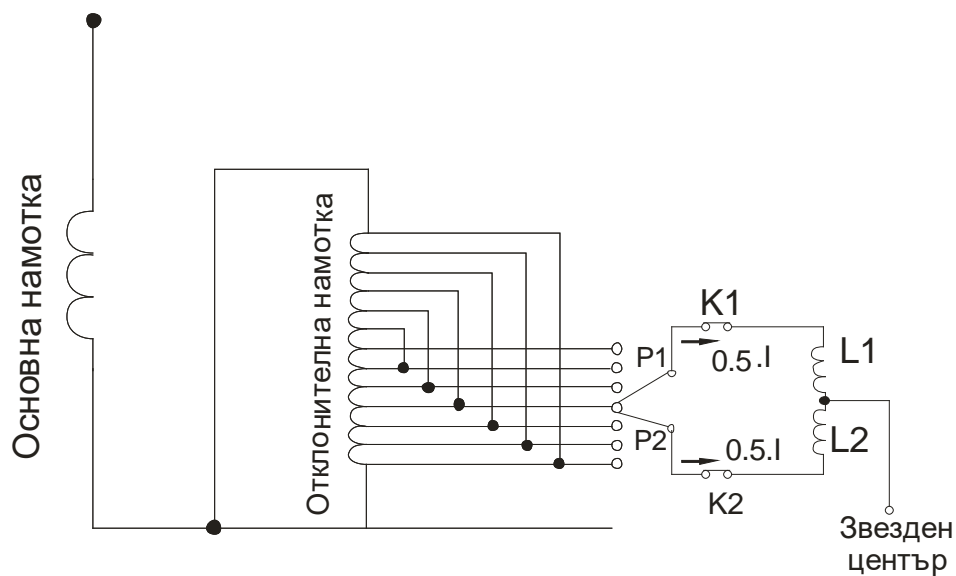
Превключването на отклонителната намотка може да става без товар или под товар. Първият начин води до прекъсване на електроснабдяването . Поради това той се използва при редки превключвания – така нареченото сезонно регулиране на напрежението. Обикновено отклонителната намотка се изпълнява с четири стъпала, всяко от които съдържа 2.5 % от навивките на основната намотка В.Н. Така се осигурява изменение на работното напрежение в граници  $\pm 5$  % от номиналното .

Широко разпространение имат трансформаторите с регулиране на напрежението под товар. Това става с помощта на стъпален регулатор. Върху

основната намотка В.Н. се навива отклонителна намотка,състояща се от два противоположно навити клона .

Стъпалният регулатор се състои от избирач, токоограничаващи съпротивления ( или индуктивности ) и моторно задвижване. В стационарно положение контактите  $K_1$  и  $K_2$  са затворени, а рамената  $P_1$  и  $P_2$  на избирача са включени към едно и също отклонение от намотката. През всеки от двата клона на избирача протича половината от товарния ток на трансформатора. Действието на схемата при превключване е : контактът  $K_2$  се отваря , при което целият товарен ток се прехвърля в рамото 1 ; рамото 2 се прехвърля към съседното отклонение на намотката ,като превключането става без дъга и без да се прекъсва товарния ток ; контактът  $K_2$  се затваря и при това положение протичат изравнителни токове, понеже двете рамена на избирача са на различни отклонения. Изравнителните токове обаче са ограничени от токоограничаващите индуктивности  $L_1$  и  $L_2$  . Контактът  $K_1$  се отваря и целия товарен ток се прехвърля в рамото 2. Рамото 1 на избирача се превключва бездъгово на новото отклонение .  $K_1$  отново се затваря и товарният ток се разпределя по равно между двете рамена.

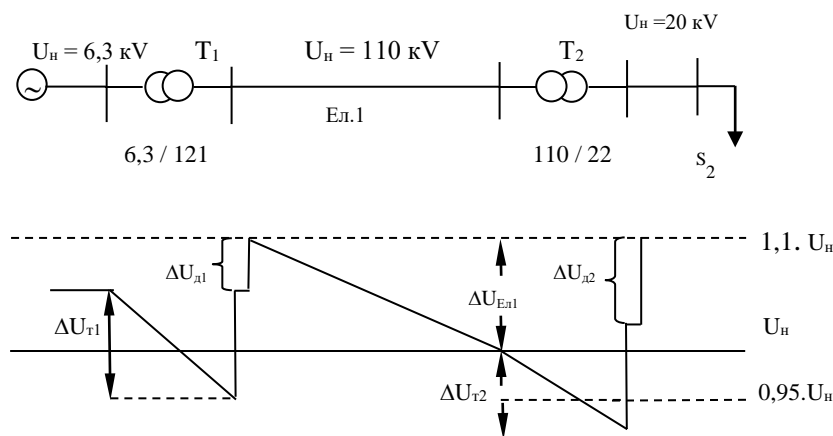
Линеен извод ВН



фиг.2

Регулирането на напрежението по този начин е в доста широки граници. Отклонителната намотка обикновено се изпълнява с 24 стъпала и всяко има 1,25 % от навивките на основната намотка, така че работното напрежение на трансформатора може да се изменя с до  $\pm 16\%$  . На следващата графика се

вижда как се осъществява регулиране на напрежението в мрежата чрез изменение на коефициенте на трансформация . При максимален товар генераторът Г работи с напрежение,приблизително с 5 % по-високо от номиналното. Номиналното напрежение на вторчната намотка на повишаващите трансфрмаори е с 10 % по-високо от номиналното напрежение на мрежата. Ако превключим стъпалния регулатор на  $T_1$  на стъпало +5 % без то да стане по-голямо от максималното работно напрежение  $U_{p.m.} = 1,1.U_n$ ,ако приемем ,че загубата на напрежение в трансформатор  $T_1$  е равна на 10 % . При 10 – процентови загуби в електропровода Ел.1 напрежението в края му ще е приблизително  $U_n$  . А при 8 % загуби на напрежение в трансформатора  $T_2$  напрежението на вторичната му страна ще бъде  $1,02.U_n$  ( номиналното напрежение на вторичната страна на  $T_2$  е 22 кV ). Затова трябва да се превклкючи и стъпалния регулатор на  $T_2$  например на отклонение + 7,5 % , за да се компенсира спадът на нарежение в електрорпровода Ел.2 . Чрез това напрежението се увеличава с  $\Delta U_{д2}$  . При това положение напрежението на Ел.2 не надхвърля максималното му работно напрежение,а отклонението на напрежението на потребителя е по-малко от допустимото отклонение ( $\pm 5 \%$ ).



фиг.3

За регулиране на напрежението се използват още волтодобавъчни трансформатори , но те са скъпи и се използват най-вече на места с трансформатори в експлоатация без регулатори на напрежение. Регулиране на напрежението чрез изменение на съпротивлението на мрежата се постига по два начина – чрез изменение на броя на паралелно работещите трансформатори или електропроводи и чрез надлъжна капацитивна компенсация. От изразите

$$\Delta U = \frac{R \cdot P_{кр} + X \cdot Q_{кр}}{|U_{кр}|} ; \quad \delta U = \frac{X \cdot P_{кр} - R \cdot Q_{кр}}{|U_{кр}|} \quad (28)$$

се вижда, че загубата на напрежение е пропорционална на активното и реактивното съпротивление на мрежата. Ако те бъдат намалени, ще намалее и загубите на напрежение и ще се повиши напрежението на потребителите . При максимални товари трябва да се включат паралелно всички трансформатори и електропроводи . Обратно, при минимални товари мрежата трябва да работи с най-малкия възможен брой паралелно включени трансформатори ,без обаче да се намали сигурността на електроснабдяването. Реактивното съпротивление на откритите електропроводи може да се намали с така наречената надлъжна компенсация. В междинен превключвателен пункт по трасето електропроводът се разкъсва и последователно се монтира кондензаторна батерия –  $C_k$  . С това реактивното съпротивление на електропровода става по-малко :

$$X = X_{ел} - X_c = \omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C_k} \quad (29)$$

Този начин на регулиране е ефективен само при много нисък фактор на мощността на потребителя и у нас не намира приложение.

От ( 28 ) се вижда ,че загубата на напрежение зависи и от пренасяната реактивна мощност. Намалването на пренасяната реактивна мощност в мрежите за С.Н. се постига чрез напречна компенсация. Кондензаторните батерии  $C_k$  се монтират на шини С.Н. в подстанциите с местно значение в близост до потребителите. Те се свързват между фазите в схема “триъгълник”. Мощността на батериите се избира да е равна на сумарната индуктивна мощност на потребителите, при което пренасяната по електропровода мощност е чисто активна. С това се намаляват загубите на напрежение и на активна мощност в мрежата.

Вместо кондензаторни батерии могат да се използват синхронни компенсатори. Това са превъзбудени синхронни двигатели, работещи на празен ход. Те са потребители на капацитивна енергия и следователно намаляват загубите на напрежение. Основно предимство тук е плавното,безстъпално регулиране на напрежението и широките възможности за регулиране. Синхронните компенсатори обаче са скъпи съоръжения със сложна и скъпа експлоатация.