

UOT 621.311.064.1.001.24

ELEKTRİK SİSTEMİNİN DÜYÜN YÜKLƏRİNİN STATİK DAYANIQLIĞININ HESABI ÜÇÜN YENİ MEYAR

SÜLEYMANLI L. E.

Az. ET Energetika və Enerjilayihə İnstitutu

Elektrik sistemlərində düyün yüklərinin statik dayanıqlığını hesablamaq üçün yeni əməli meyar təklif edilmiş, onun fiziki mahiyyəti açıqlanmış, əsaslandırılması və istifadə olunma qaydası göstərilmişdir. Həmçinin radial şəbəkə vasitəsilə düyün yükünü bəsləyən mənbəyin gərginliyə görə aktiv və reaktiv güc xarakteristikalarının təyin olunması üsulu verilmişdir.

Elektrik sistemlərində düyün yüklərinin statik dayanıqlığı adətən dE/dU və $d\Delta Q/dU$ əməli meyarları üzrə hesablanır [1, 2]. Bunun üçün yükün rejimi dayanıqsızlığa doğru tədriclə ağırlaşdırılır, yük düyünündəki gərginlik azalır və dayanıqlığın sərhəddində kritik qiymətini (U_{kr}) alır. Həmin qiymət əməli meyarların sıfıra bərabər olması şərtindən ($dE/dU=0$, $d\Delta Q/dU=0$) təyin edilir.

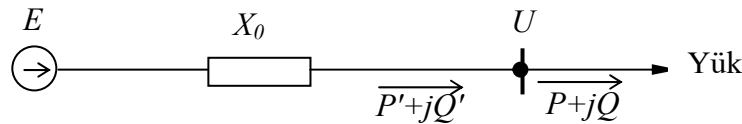
Düyün yüklərinin rejiminin ağırlaşması əsasən üç üsulla yerinə yetirilir [3]:

- 1) bəsləyici mənbəyin e.h.q.-sini azaltmaqla;
- 2) yükün şəbəkədən işlətdiyi gücü artırmaqla;
- 3) düyün yükü ilə bəsləyici mənbə arasındakı dövrənin müqavimətini artırmaqla.

Göstərilən üsullar elektrik sistemindəki real rejimləri əks etdirir. Belə ki, 1-ci üsul – sistemdə generator gücünün qəflətən açılması zamanı işdəqalan genera-torların cərəyana görə ifratyüklənməsinin qarşısını almaq məqsədilə onların təsir-lənməsinin azaldılması halına, 2 - ci üsul – güc çatışmazlığı olan sistemdə yükün tədriclə artması halına, 3-cü üsul isə bəsləyici şəbəkə elementlərinin dövrədən açılması sayəsində yaranan qəzadansonrakı rejimə uyğundur.

Qeyd edək ki, ümumi halda kritik gərginliyin hesabı yükün rejiminin ağırlaşması üsulundan asılı olmayaraq istənilən əməli meyar üzrə aparıla bilər. Lakin fiziki mahiyyətə 1- ci üsulu dE/dU , 2-cini isə $d\Delta Q/dU$ meyarı daha düzgün əks etdirir və hesabat sadə alınsın deyə hər üsulda uyğun meyardan istifadə etmək əlverişlidir. Bu baxımdan 3-cü ağırlaşma üsulu üçün müvafiq meyarın olmasına ehtiyac duyulur və bu məqsədlə dX/dU əməli meyarını təklif edirik. Həmin meyarın əsaslandırılması və istifadə qaydası aşağıda göstərilmişdir.

Fərz edək ki, sistemin U düyününün kompleks yükü yekun induktiv müqaviməti X_0 olan şəbəkə vasitəsilə E mənbəyindən bəslənir (şəkil 1).



Şəkil 1. İlk sxem

Burada P , Q – yükün şəbəkədən işlətdiyi aktiv və reaktiv güclər; P' , Q' – mənbədən yük düyününə axan güclərdir, işçi rejimlərdə $P'=P$, $Q'=Q$.

Statik dayanıqlığın hesabında yükün $P(U)$, $Q(U)$ statik xarakteristikalarından (SX), həmçinin mənbəyin $P'(U)$, $Q'(U)$ güc xarakteristikalarından (GX) istifadə olunur. Göstərilən SX və GX -lər gərginliyin müstəqil dəyişməsi şəraitində təyin edildiyindən bir - birindən prinsipial fərqlənir; belə ki, SX əyrilərinin qabarıqlığı aşağıya yönəlmiş olduğu halda, GX əyriləri yuxarıya doğru qabarıq alınır. Bununla belə, fiziki mahiyyətinə görə, həmin xarakteristikalar arasında əlaqə mövcuddur:

gərginliyin istənilən qiymətində SX və GX üzrə tapılmış güc əmsalları eyni alınır, yəni $\text{tg}\varphi = \text{tg}\varphi'$. Buradan

$$\frac{P'}{P} = \frac{Q'}{Q} = K \quad (1)$$

yazmaq olar; K – müstəqil dəyişən gərginliyin verilmiş qiymətində GX güclərinin müvafiq SX güclərinə nəzərən dəfəliyidir, $K = f(U)$.

Yükün verilmiş statik xarakteristikaları şəraitində mənbəyin güc xarakteristikalarının təyin olunmasına baxaq. Əvəz sxeminə görə yazıla bilər:

$$E = \sqrt{\left(U + \frac{Q' X_0}{U}\right)^2 + \left(\frac{P' X_0}{U}\right)^2} \quad (2)$$

Yaxud, (1) bərabərliyindən

$$P' = K P, \quad Q' = K Q \quad (3)$$

olduğunu nəzərə alsaq

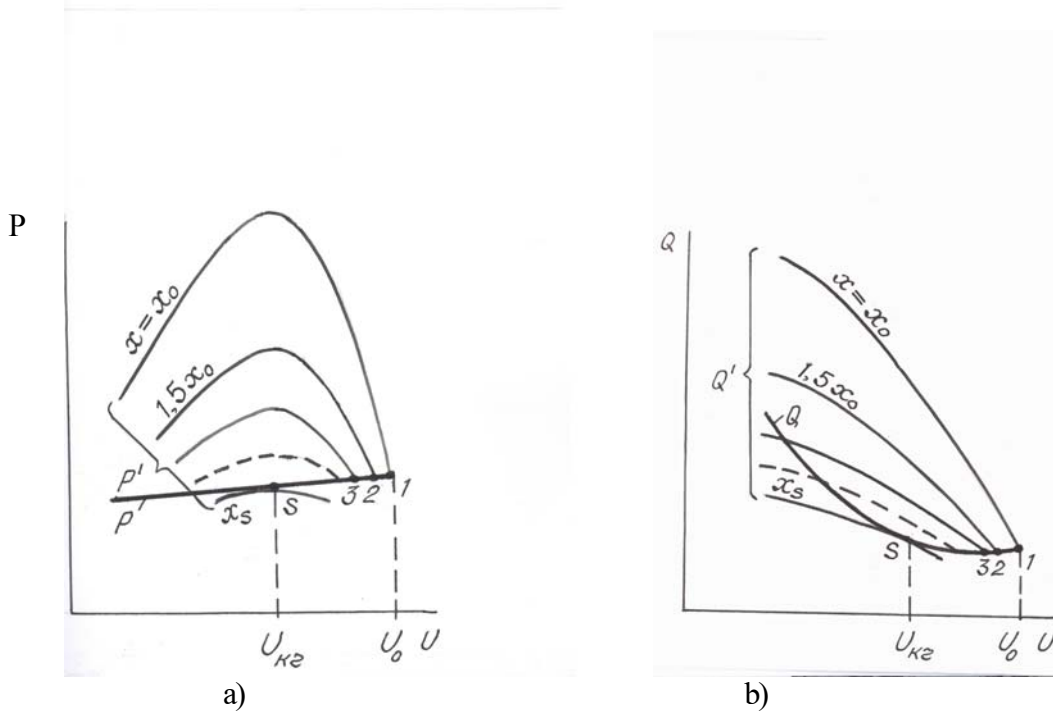
$$E = \sqrt{\left(U + \frac{K Q X_0}{U}\right)^2 + \left(\frac{K P X_0}{U}\right)^2} \quad (4)$$

alınar. (4) bərabərliyindən K -nı tapmaq:

$$K = U \frac{-QU + \sqrt{E^2(P^2 + Q^2) - (UP)^2}}{X_0(P^2 + Q^2)} \quad (5)$$

Beləliklə (5) düsturunda $E = \text{const}$ şəraitində U -ya azalan qiymətlər verməklə $K(U)$ asılılığını alırıq, sonra (3) bərabərlikləri üzrə $P'(U)$, $Q'(U)$ güc xarakteristikalarını asan təyin olunur.

İndi şəbəkənin müqavimətinin artması zamanı yükün rejiminin ağırlaşması prosesini izləyək. Şəkil 2-də SX və GX xarakteristikalarının əyriləri göstərilmişdir, GX-lər müqavimətin artan qiymətləri ($X = X_0; 1.5 X_0; 2.0 X_0; \dots; X_s$) üçün qurulmuşdur.



a) b)
Şəkil 2. Aktiv (a) və reaktiv (b) güclər üçün SX və GX xarakteristikaları

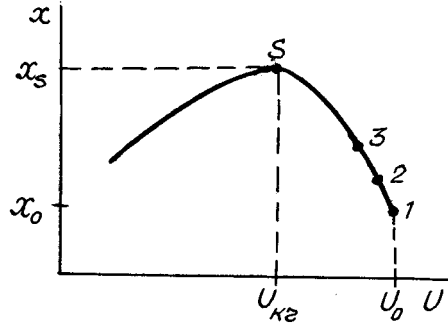
İlkin qərarlaşmış rejim I nöqtəsindədir: $U=U_0$, $X=X_0$. Müqaviməti artırıdca gərginlik azalır, yükün rejimi $1, 2, 3, \dots$ nöqtələri üzrə hərəkət edir və $X=X_S$ olduqda S nöqtəsinə çatır. Bu nöqtədə uyğun SX və GX əyriləri toxunur; əgər bundan sonra müqaviməti artırısaq ($X>X_S$) onda əyrilər daha görüşməyəcəkdir ki, bu da qərarlaşmış rejimin olmamasını göstərir. Deməli, S nöqtəsi yükün statik dayanıqlığının sərhəddinə aiddir. Onda deyə bilərik ki, X_S – yükün dayanıqlığına görə şəbəkənin *sərhəd müqaviməti*, S nöqtəsinin gərginliyi isə *kritik gərginlik*dir.

Şəbəkə müqavimətinin gərginliyə bilavasitə təsirini müəyyən etmək üçün $X(U)$ asılılığını araşdırıq. Bu asılılıq (2) ifadəsi üzrə təyin edilir.

Şəkil 2 - dən görünür ki, müqavimət artdıqda GX əyriləri aşağı sürüşərək SX əyrilərini kəsir və rejim kəsişmə nöqtələrində SX - lər üzrə hərəkət edir. Bu o deməkdir ki, ağırlaşmanın bütün rejimlərində $P'=P$, $Q'=Q$ olur. Sonuncu qiymətləri (2) - də yerinə qoyaraq, həmçinin müqavimət artdığından X_0 əvəzinə $X = \bar{K} X_0$ yazsaq; burada \bar{K} – gərginliyin verilmiş qiymətini almaq üçün müqavimətin artırılmasının dəfəliyidir. Onda (2) bərabərliyindən \bar{K} - nı təyin etsək (5) - dəki ifadəni alarıq. Yəni $\bar{K} = K$ alınır ki, bu da həmin kəmiyyətlərin analoji fiziki mənə kəsb etməsindən irəli gəlir. Beləliklə, müqavimətin ifadəsi $X = K X_0$ bərabərliyi ilə təyin edilir. Burada K - nın qiymətini (5) - dən yerinə yazsaq X üçün aşağıdakı hesabat düsturunu alarıq:

$$X = U \frac{-QU + \sqrt{E^2(P^2 + Q^2) - (UP)^2}}{P^2 + Q^2}. \quad (6)$$

(6) ifadəsi üzrə qurulmuş $X(U)$ əyrisi şəkil 3 - də göstərilmişdir; burada $1, 2, 3, \dots, S$



Şəkil 3. $X=f(U)$ əyrisi

nöqtələri şəkil 2 - dəki eyniadlı nöqtələrə uyğundur. Onda deyə bilərik ki, $X(U)$ əyrisinin sağ yarımhissəsi statik dayanıqlı rejimə, sol yarımhissəsi isə dayanıqsız rejimə aiddir. Dayanıqlı hissədə

$$\frac{dX}{dU} < 0, \quad (7)$$

dayanıqsız hissədə isə $\frac{dX}{dU} > 0$ şərti ödənilir. Əyrinin təpə nöqtəsi (S) dayanıqlığın sərhəddinə (kritik rejimə) uyğundur, burada $dX/dU = 0$. Sonuncu şərtə görə U_{kr} gərginliyi təyin edilir; onun qiymətini (6) - da yerinə yazsaq X_S sərhəd müqavimətini alarıq. (7) bərabərsizliyi yükün statik dayanıqlığının dX/dU meyarı üzrə riyazi şərtini ifadə edir.

Qeyd edək ki, dX/dU törəməsinin (6) düsturu üzrə alınmış ifadəsi mürəkkəb olur ki, bu da digər meyarlar kimi, dX/dU meyarı vasitəsilə analitik hesabatın aparılmasını çətinləşdirir. Ona görə də, yükün dayanıqlığının dX/dU meyarından istifadə etməklə qrafoanalitik üsulla

hesablanması məqsəduyğundur. Bunun üçün (6) ifadəsinə görə $X(U)$ əyrisi qurulur və buradan kritik rejimin parametrləri (U_{kr} , X_S) təyin edilir.

NƏTİCƏ

1. Elektrik sisteminin düyün yüklərinin statik dayanıqlığını hesablamaq üçün yeni dX/dU əməli meyarı təklif edilmiş, onun fiziki mahiyyəti, əsaslandırılması və istifadə qaydası göstərilmişdir.

2. Radial elektrik şəbəkəsi vasitəsilə düyün yükünü bəsləyən mənbəyin gərginliyə görə aktiv və reaktiv güc xarakteristikalarının təyin olunması üsulu verilmişdir.

-
1. *Маркович И.М.* Режимы энергетических систем. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.
 2. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях / Под ред. *В. А. Строева*. – М.: Знак, 1996. – 224 с.
 3. Методические указания по определению устойчивости энергосистем. Часть II. – М.: Союзтехэнерго, 1979. – 152 с.

НОВЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ УЗЛОВ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

СУЛЕЙМАНЛИ Л.Э.

Предложен новый практический критерий для расчета статической устойчивости узлов нагрузки электрических систем. Показаны его физическая сущность, обоснование и способ использования. Для источника питающего узел нагрузки по радиальной электросети приведена методика определения характеристик активной и реактивной мощностей по напряжению.

NEW CRITERION FOR CALCULATION OF STATIC STABILITY OF ELECTRIC SYSTEM'S LOAD UNITS

SULEYMANLI L.E.

The new practical criterion for calculation of static stability of units of electric system's loading units is offered. The physical essence, substantiation and a way of use of criterion are shown. For a source feeding the load unit on the radial electric network the technique of definition of active and reactive capacities characteristics on a voltage is resulted.