

UOT 621.311.064.1.001.24

## YÜKÜN DAYANIQLIĞINA GÖRƏ RADIAL ŞƏBƏKƏNİN SƏRHƏD MÜQAVİMƏTİNİN TƏYİNİ

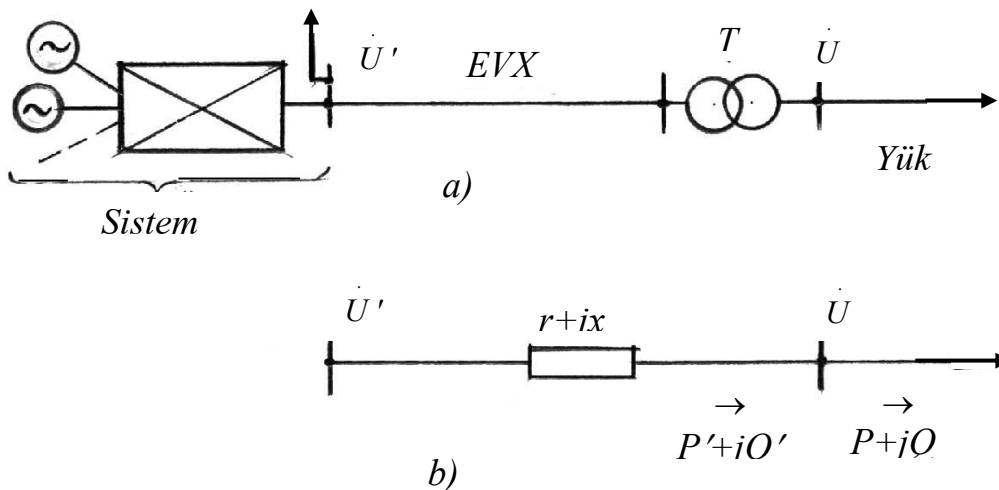
SÜLEYMANLI L.E.

*Barmek – Azərbaycan Elektrik Şəbəkəsi*

Radial paylayıcı elektrik şəbəkəsinin tələbatçıları bəsləyici sistemdən xeyli uzaqda olduqda yükün statik dayanıqlığının pozulması təhlükəsi yarana bilər; bunun qarşısını almaq üçün şəbəkə elə layihələnməlidir ki, onun yekun müqaviməti yolverilən sərhəd qiymətindən böyük olmasın. Məqalədə həmin müqavimətin tapılma qaydası göstərilmiş və müxtəlif hallar üçün ədədi qiyməti hesablanmışdır.

Yüksək gərginlikli radial paylayıcı elektrik şəbəkələrini layihələndirərkən EVX naqillərinin iqtisadi göstəricilərə görə seçilmiş en kəsiyi bir sıra texniki şərtlərə – tac hadisəsinə, qızmaya,  $U_n \leq 35\text{kV}$  gərginliklərdə isə həmçinin yolverilən gərginlik düşküsünə yoxlanılır. Lakin sonuncular sırasında EVX – nin bəslədiyi yükün dayanıqlıq amili nəzərə alınmadığından bəzi hallarda, məsələn, nisbətən uzun xətlərdə şəbəkənin müqaviməti xeyli böyük olduqda yükün statik dayanıqlığının pozulması təhlükəsi yarana bilər ki, bu da yolverilməzdir.

Elektrik sistemindən radial paylayıcı şəbəkə vasitəsilə kompleks yükün bəslənməsinin tipik sxeminə baxaq (şəkil 1a).



Şəkil 1. İlk sxem (a) və hesabat əvəz sxemi (b)

Burada  $U'$  – sistemin bəsləyici yarımstansiyasının şinlərindəki gərginlikdir. Ümumi halda həmin şinlərdən digər paylayıcı şəbəkələr də bəslənir və  $U'$  şinləri sistemin iri yük düyünü yaxud bəsləyici düyünü sayılır. Elektrik sisteminin statik dayanıqlığını hesablayarkən bəsləyici düyünlərin kritik gərginliyi ( $U_{kr}'$ ) tapılır və dayanıqlığa görə ehtiyat əmsalı təyin edilir:

$$K_u = \frac{U'_0 - U'_{kr}}{U'_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$U'_0$  - gərginliyin ilkin rejimdəki qiymətidir. Normal və ağırlaşmış rejimlər üçün  $K_u \geq 15\%$ , məcburi rejimlərdə isə  $K_u \geq 10\%$  olmalıdır [1,2]. Fiziki mahiyyətə bu qiymətlər onunla əsaslandırılır ki, sistemin qərarlaşmış işçi rejimlərində bəsləyici yük düyünlərinin gərginliyi kiçik (hesabi) təkanlar zamanı (10 – 15)% -ə qədər azala bilər və bu halda gərginlik uçurumu baş verməməlidir.

Sistemin bəsləyici düyünlərindən radial EVX – lər (şəbəkələr) vasitəsilə müxtəlif məsafədə yüklər bəslənir. Yük uzaqlaşdıqca onun gərginlik rejimi pisləşir; belə ki, bəsləyici düyündəki  $U'$  gərginliyinin azalması uzaq yükə daha ciddi təsir göstərir və yük xeyli uzaqda olarsa gərginliyin 10% - dən az azalması belə, yükün dayanıqlığını poza bilər. Bu hal radial şəbəkənin müqavimətindən, eləcə də yükün gərginliyə görə  $P(U)$ ,  $Q(U)$  statik xarakteristikalarından (SX) asılıdır.

Yuxarıda deyilənlərə uyğun olaraq tədqiq olunan məsələni belə formalaşdırmaq olar: elektrik sisteminin bəsləyici düyünləri üçün gərginliyə görə ehtiyat əmsalını minimal ( $K_u=10\%$ ) qəbul edib həmin düyünlərdən bəslənən radial şəbəkənin yekun aktiv və induktiv müqavimətlərinin elə sərhəd qiymətini tapmalı ki, verilmiş SX – lər şəraitində şəbəkə yükünün dayanıqlığı təmin edilmiş olsun.

Qeyd edək ki, ayrı – ayrılıqda hər bir radial şəbəkənin yükü  $U'$  düyününün ümumi yükünün kiçik hissəsini təşkil edir, ona görə də, baxılan yükün rejiminin dəyişməsi  $U'$  gərginliyinə cüzi təsir göstərir. Bu təsiri nəzərdən atıb  $U'$  gərginliyini «müstəqil» dəyişən kəmiyyət kimi qəbul etsək onda hesabata şəkil 1b – də göstərilən sadə əvəz sxemi üzrə apara bilərik. Burada  $P, Q$  – kompleks yükün şəbəkədən işlətdiyi aktiv və reaktiv güclərdir, onların qiyməti  $P(U)$ ,  $Q(U)$  SX – ləri ilə təyin edilir;  $U$  – yükün bəslənmə gərginliyidir. Göstərilən xarakteristikalar çox vaxt məlum olmur və hesabatda «tipik» yaxud «ümumiləşmiş» SX – lərdən istifadə edilir. [3] – dəki tövsiyələrə görə SX – ləri «ümumiləşmiş» qəbul edirik. Bu halda aktiv güc üçün  $P(U)$  asılılığı belə yazılır:

$$P_* = 1 - K_p + K_p U_*, \quad (2)$$

burada  $P_* = P/P_0$ ,  $U_* = U/U_0$ ;  $K_p = dP/dU$ ;  $P_0, U_0$  - kəmiyyətlərin ilkin qərarlaşmış rejimdəki qiymətidir.

«Ümumiləşmiş»  $Q(U)$  SX – ləri üç cür olur («yastı», «orta», «dik») və onlar reaktiv gücün ilkin qiymətinə nəzərən verilir  $Q_* = Q/Q_0$ . Hesabat əlverişli alınsın deyə bu xarakteristikaları  $P_0$ -a nəzərən ifadə edirik, yəni  $Q_* = Q/P_0$ . Onda reaktiv gücün «ümumiləşmiş» SX – ləri üçün alırıq:

$$\left. \begin{array}{l} \text{"yastı"} \\ Q_* = 5,6 - 11,2U_* + (5,6 + tg\varphi_0)U_*^2; \\ \text{"orta"} \\ Q_* = 4,2 - 9,5U_* + (5,3 + tg\varphi_0)U_*^2; \\ \text{"dik"} \\ Q_* = 3,4 - 9,0U_* + (5,6 + tg\varphi_0)U_*^2, \\ tg\varphi_0 = P_0/Q_0. \end{array} \right\} \quad (3)$$

Şəkil 1b – də bəsləyici sistemdən  $U$  düyününə axan güclər  $P'$ ,  $Q'$  ilə işarə olunmuşdur. Onların qiyməti aşağıdakı məlum düsturlarla təyin edilir:

$$P' = -\frac{U^2}{Z} \sin \alpha + \frac{U'U}{Z} \sin(\delta + \alpha); \quad (4)$$

$$Q' = -\frac{U^2}{Z} \cos \alpha + \frac{U'U}{Z} \cos(\delta + \alpha), \quad (5)$$

burada  $\delta$  -  $U'$  və  $U$  vektorları arasındakı faza sürüşmə bucağı;  $Z$  – radial şəbəkənin (xarici dövrənin) kompleks müqavimətinin ( $r + jx = Z < \varphi$ ) modulu;  $\alpha = 90^\circ - \varphi$ .

(4) və (5) tənliklərinin birgə həllindən  $Q'$  - in əlverişli ifadəsini alırıq:

$$Q' = -\frac{U^2}{Z} \cos \alpha + \frac{1}{Z} \sqrt{(U'U)^2 - (P'Z + U^2 \sin \alpha)^2}. \quad (6)$$

Kompleks yükün statik dayanıqlığı əməli olaraq  $dE/dU$  yaxud  $d\Delta Q/dU$  meyarları üzrə hesablanır [4]. Xarici dövrənin müqavimətinin dayanıqlığa təsirini tədqiq etmək üçün  $d\Delta Q/dU$  meyarından istifadə etmək məqsədəuyğundur. Burada  $\Delta Q = Q' - Q$  – yük düyünündə reaktiv güclərin balansını ifadə edir. Baxılan məsələdə radial şəbəkənin aktiv və induktiv müqavimətlərini artırmaqla kompleks yükün rejimi ağırlaşdırılır və dayanıqlığın sərhəddində, yəni

$$\frac{d\Delta Q}{dU} = \frac{dQ'}{dU} - \frac{dQ}{dU} = 0 \quad (7)$$

şərtinin ödənməsi anında sərhəd müqavimətlərin ( $r_s + jx_s$ ) və kritik gərginliyin ( $U_{kr}$ ) qiyməti tapılır.

$Q'$  – in qiymətini (6) ifadəsindən (7) – də yerinə yazıb həmçinin  $P' = P$  olduğunu nəzərə alsaq bəzi sadələşdirmələrdən sonra alırıq:

$$\begin{aligned} & [2U + xk_q(1 + \beta^2)] \sqrt{(U'U)^2(1 + \beta^2) - [Px(1 + \beta^2) + U^2\beta]^2} - \\ & - U'^2U \sqrt{1 + \beta^2} + [Px(1 + \beta^2) + U^2\beta] [xk_p(1 + \beta^2) + 2U\beta] = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Burada bütün kəmiyyətlər kritik rejimə aiddir:  $U' = U'_{kr}$ ;  $U = U_{kr}$ ;  $x = x_s$ ;  $\beta = r_s/x_s$ ;  $k_p = (dP/dU)_{kr}$ ;  $k_q = (dQ/dU)_{kr}$ .

Hesabatı nisbi vahidlərdə yerinə yetiririk; bazis gücünü  $S_B = P_0$ , sistemin bəsləyici düyünü üçün bazis gərginliyini isə onun yerləşdiyi şəbəkənin nominal gərginliyinə bərabər ( $U_B = U_n$ ) qəbul edirik.

Statik dayanıqlığın hesabı şəbəkənin maksimal yük rejimində aparılır; bu rejimdə sistemin bəsləyici düyünündəki gərginliyin ilkin qiyməti nominaldan 5% böyük götürülür [1],  $U_0' = 1,05$ . Onda ehtiyat əmsalının minimal qiymətində (1) düsturu üzrə  $U_{kr}' = 0,945$  alınır. Bu qiyməti (8) – də yerinə yazsaq o,  $U_{kr}' = 0,945$  və  $\beta$  - nın verilmiş qiyməti şəraitində yükün kritik gərginliyi ilə şəbəkənin sərhəd induktiv müqaviməti arasındakı əlaqəni ifadə edəcək. Baxılan halda (8) tənliyinin yeganə həlli vardır, yəni o,  $U_{kr}$  və  $x_s$  kəmiyyətlərinin yalnız bir qiymətində ödənəcəkdir.

(8) tənliyinin həllindən  $x_s$  sərhəd induktiv müqavimətini tapırıq. Hesabat kompüterdə, yükün güc əmsalının ( $\cos \varphi$ ),  $\beta$  və  $k_p$  kəmiyyətlərinin əməli təsadüf olunan qiymətləri, həmçinin yükün reaktiv gücünün üç «ümumiləşmiş»  $SX$  – ləri şəraitində aparılmışdır. Alınan nəticəyə görə  $x_s$  – in müxtəlif variantlardakı nisbi qiyməti cədvəldə verilmişdir.

## Şəbəkənin $x_s$ sərhəd induktiv müqavimətinin nisbi qiymətləri

Yükün SX	$\beta$	$K_p = 0,3$				$K_p = 0,9$			
		$\cos\varphi$				$\cos\varphi$			
		0,85	0,9	0,95	0,97	0,85	0,9	0,95	0,97
«Yastı»	0	0,185	0,199	0,218	0,231	0,193	0,208	0,230	0,244
	0,3	0,152	0,160	0,171	0,176	0,163	0,173	0,185	0,192
	0,6	0,128	0,133	0,139	0,143	0,138	0,147	0,155	0,159
	1,0	0,105	0,107	0,112	0,114	0,117	0,121	0,126	0,129
«Orta»	0	0,273	0,296	0,328	0,348	0,301	0,329	0,371	0,395
	0,3	0,214	0,227	0,243	0,253	0,244	0,260	0,282	0,294
	0,6	0,173	0,181	0,190	0,195	0,202	0,212	0,226	0,234
	1,0	0,136	0,140	0,145	0,148	0,163	0,170	0,177	0,182
«Dik»	0	0,408	0,441	0,485	0,509	0,497	0,544	0,606	0,639
	0,3	0,304	0,322	0,345	0,357	0,381	0,408	0,444	0,462
	0,6	0,234	0,244	0,256	0,262	0,300	0,317	0,336	0,347
	1,0	0,175	0,180	0,187	0,190	0,231	0,240	0,251	0,257

### NƏTİCƏ

Elektrik sistemindən radial paylayıcı şəbəkə vasitəsilə bəslənən kompleks yükün statik dayanıqlığı şərtinə görə şəbəkənin yekun aktiv və induktiv müqavimətlərinin sərhəd qiyməti təyin edilmişdir. Bu qiymətlər layihə zamanı şəbəkə elementlərinin parametrlərinin düzgün seçilməsində istifadə oluna bilər.

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ Под ред. С.С. Рокотяна и И.М.Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985-352с.
2. Методические указания по определению устойчивости энергосистем. Часть II. – М.: Союзтехэнерго, 1979 – 152с.
3. Гуревич Ю.Е. и др. Устойчивость нагрузки электрических систем. – М.: Энергоиздат, 1981 – 208с.
4. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высш. шк., 1985 – 536с.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СЕТИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ НАГРУЗКИ

СУЛЕЙМАНЛИ Л.Э.

При значительном удалении потребителей радиальной распределительной сети от питающей системы может возникнуть опасность нарушения статической устойчивости нагрузки; для ее предотвращения электросеть должна быть спроектирована таким образом, чтобы значение ее результирующего сопротивления не было больше допустимого. В статье приведена методика определения предельного сопротивления электросети по условиям устойчивости нагрузки и найдены численные значения для различных условий.

### DEFINITION OF LIMITING RESISTANCE OF RADIAL NETWORKS ON THE LOADING STABILITY

SULEYMANLI L.E.

At significant distance of consumers of a radial distributive network from supplying system there can be a danger of infringement of loading static stability; for its prevention the electric system should be designed so that value of its resulting resistance was not more allowable. In the paper the technique of definition of limiting resistance of the electric system on the loading stability conditions is presented and numerical values for various conditions are obtained.