

UOT 621.311.064.1.001.24

YÜKÜN DAYANIQLIĞININ $d\Delta Q/dU$ ƏMƏLİ MEYARI ÜZRƏ HESABININ XƏTASI HAQQINDA

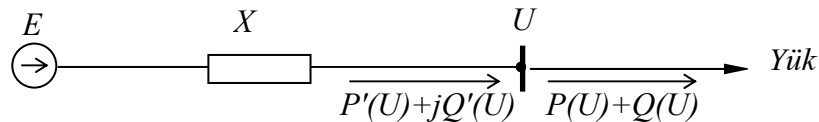
SÜLEYMANLI L. E.

Azərbaycan aspirantlar və gənc tədqiqatçılar cəmiyyəti

Elektrik sisteminin düyün yüklərinin statik dayanıqlığının $d\Delta Q/dU$ əməli meyarı ilə hesabı geniş yayılmışdır. Həmin üsulla alınan nəticənin təqribi olması ədəbiyyatda qeyd olunsa da, lakin xətası tədqiq olunmayıbdır. Məqalədə radial sxemdə $d\Delta Q/dU$ meyarları üzrə tapılan kritik gərginliyin xətası araşdırılmış və dəyişmə həddi təyin edilmişdir; xətanı aradan qaldırmaq üçün yeni dK/dU meyarı təklif edilmişdir.

Elektrik sistemlərində düyün yüklərinin statik dayanıqlığının hesabında bir qayda olaraq əməli meyarlardan istifadə edirlər [1]. Bunlardan $d\Delta Q/dU$ meyarını araşdıraraq. Aparığımız tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, düyün yüklərinin kritik gərginliyinin baxılan meyar üzrə tapılan qiyməti nisbətən böyük xəta ilə alınır. Hazırkı məqalə həmin xətanın açıqlanmasına və aradan qaldırılmasına həsr olunur.

İzahatı şəkil 1 - də göstərilən hesabat əvəz sxemi üzrə aparılır. Burada kompleks yük şəbəkənin U düyü-nündən bəslənir; E – elektrik sisteminin baxılan yükün rejimindən asılı olmayan müstəqil düyününün gərginliyidir (e.h.q.-sidir). Müstəqil düyün olaraq yükü bəsləyən EVX-lərin əvvəlindəki güclü yarımstansiyanın yaxud elektrik stansiyasının şinlərini, ümumi halda isə sinkron generatorların e.h.q. sıxaclarını qəbul etmək olar. X – E və U düyünləri arasındakı xarici dövrənin yekun induktiv müqaviməti; $P(U)$, $Q(U)$ – yükün verilmiş statik xarakteristikaları (SX); $P'(U)$, $Q'(U)$ – E mənbəyinin yük düyününə axıtıldığı aktiv və reaktiv güclərin gərginlikdən asılılığını ifadə edən güc xarakteristikalarıdır (GX).



Şəkil 1. Hesabat əvəz sxemi

Dayanıqlığı $d\Delta Q/dU$ meyarı üzrə hesabladığımızda yük tələbatçılarının şəbəkəyə qoşulmuş gücünü pillələrlə səlis artırmaqla yükün rejiminin ağırlaşdırılması nəzərdə tutulur; bu zaman aktiv və reaktiv güclər eyni nisbətdə artırılır. Rejim ağırlaşdıqca U gərginliyi azalır və hər pillədə elə qiymətdə qərarlaşır ki, yük düyünündə güclər balansı ödənsin. Ağırlaşmanın sonunda kritik rejim yaranır. Əgər bundan sonra yükün gücü istənilən kiçik qiymətdə artırılsa, güclər balansı təmin edilə bilmədiyindən gərginlik uçurum şəklində kəskin azalır və yükün dayanıqlığı pozulur. Balansın olmaması aktiv və reaktiv güclərin hər ikisi üçün eyni anda alınır. Ona görə də, kritik rejimi müəyyən etmək üçün güclərdən yalnız birinin dəyişməsinə izləmək kifayətdir. Gərginliyin qiyməti reaktiv gücün dəyişməsinə daha həssas olduğundan adətən bu gücdən istifadə edirlər.

Hesabat qrafoanalitik üsulla aparılır. Bu məqsədlə ilkin rejim üçün $Q'(U)$, $Q(U)$ əyriləri qurulur və $\Delta Q(U) = Q'(U) - Q(U)$ güclər fərqi üçün əyrisi təyin edilir (şəkil 2). Sonuncu əyridə $d\Delta Q/dU = 0$ şərtini ödəyən m nöqtəsinə uyğun olan gərginlik təqribi olaraq kritik gərginlik (\tilde{U}_{kr}) kimi qəbul edilir. Lakin bu yolla tapılan kritik gərginliyin xətası qiymətləndirilmir [2]. Qeyd edək ki, yükün statik dayanıqlığının yuxarıdakı hesabat qaydasında iki sadələşdirici amilə yol verilir. 1-ci amil $Q'(U)$ əyrisinin sadələşmiş yolla qurulmasına, 2-cisi isə m nöqtəsindəki rejimin təqribi olaraq kritik rejim kimi qəbul edilməsinə aiddir. Hər iki amil kritik gərginliyin hesabında xətanın yaranmasına səbəb olur. Bunları ayrı-ayrılıqda araşdıraraq.

Əvəz sxeminə görə $Q'(U)$ gücünün ifadəsi belə yazılır:

$$Q'(U) = \frac{\sqrt{(EU)^2 - [P'(U)X]^2} - U^2}{X}. \quad (1)$$

(1) düsturu üzrə $Q'(U)$ əyrisini qurduqda, sadə olsun deyə, $P'(U)=P(U)$ qəbul edilir ki, bununla da 1-ci amilə yol verilir. Belə ki, sonuncu bərabərlik yük tətəbatçılarının şəbəkəyə qoşulmuş aktiv gücünün dəyişməz olmasını göstərir, halbuki, məsələnin şərtlərinə görə rejimin ağırlaşması yükün aktiv və reaktiv güclərinin eyni dərəcəliklə artırılmaqla əldə edilir. Digər tərəfdən, yükün yalnız reaktiv gücünün artırılması sayəsində onun rejiminin ağırlaşması real elektrik sistemləri üçün xarakterik sayıla bilməz.

2-ci sadələşdirici amilə baxaq. Rejimin ağırlaşdırılması zamanı yükün gücünün artırılmasının ilkin qiymətə nəzərən dəfəliyinə K deyək. Onda $K > 1$ qiymətlərində yük artdığından $Q(U)$ SX əyrisi yuxarıya doğru sürüşərək $KQ(U)$ vəziyyətini alır. Fərz edək ki, K -nın maksimal K_m qiymətində $K_m Q(U)$ əyrisi M nöqtəsində $Q(U)$ GX əyrisinə toxunur (bax şəkil 2). Bu nöqtə yükün statik dayanıqlığının sərhəddini, yəni kritik rejimi əks etdirir. Doğrudan da, rejim M nöqtəsində olarkən yükü cüzi belə artırısaq ($K > K_m$) onda $KQ(U)$ əyrisi $Q'(U)$ əyrisindən yuxarıda olub onunla daha görüşməyəcəkdir ki, bu da yük düyünündə güclər balansının təmin olunmamasını və yükün dayanıqlığının pozulmasını göstərir. Deməli, M nöqtəsinin gərginliyi həqiqi kritik gərginlikdir (U_{kr}).

Şəkil 2. Reaktiv güclərin əyriləri

Şəkil 3. $K(U)$ əyrisi

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, kritik gərginliyin təqribi qiymətinə uyğun olan m nöqtəsi ilə həqiqi kritik gərginliyi təyin edən M nöqtəsinin yerləri bir-birindən prinsipial fərqlənir. Belə ki, m nöqtəsində

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

olduğu halda, M nöqtəsində

yaxud

$$\frac{dQ'}{dU} = K_m \frac{dQ}{dU},$$

$$\frac{d\Delta Q}{dU} = (K_m - 1) \frac{dQ}{dU}.$$

(2)

Kritik rejimdə yükün reaktiv gücünün gərginliyə görə tənzimləmə effekti (dQ/dU) mənfi olduğundan (2) ifadəsinin sağ tərəfi mənfi işarəlidir. Beləliklə m nöqtəsində $d\Delta Q/dU=0$, M nöqtəsində isə $d\Delta Q/dU < 0$ olur, deməli $\tilde{U}_{kr} < U_{kr}$. Bu o deməkdir ki, 2-ci sadələşdirici amilin sayəsində yükün statik dayanıqlığının ehtiyatı həqiqi ehtiyatdan böyük alınır. Dayanıqlıq ehtiyatının xətası məlum olmadıqda \tilde{U}_{kr} gərginliyindən istifadə etmək əhəmiyyətsiz olur.

Həqiqi kritik gərginliyin təyin olunmasına baxaq. Şəkil 1-dəki əvəz sxeminə görə yazıla bilər:

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

(3)

Rejimi ağırlaşdırarkən yükün aktiv və reaktiv güclərini K dəfə artırıqda ilkin $P(U)$, $Q(U)$ SX əyriləri yuxarıya doğru sürüşərək $KP(U)$, $KQ(U)$ vəziyyətlərini alır. Dayanıqlı rejimlərdə həmin əyrilər uyğun $P'(U)$, $Q'(U)$ GX əyriləri ilə kəsişir və U gərginliyinin qiyməti həmin kəsişmə nöqtələri ilə təyin olunur. Beləliklə, dayanıqlı rejimlər üçün gərginliyin qərarlaşmış qiymətlərində $P'=KP$, $Q'=KQ$ olur. Bu qiymətləri (3)-də yerinə qoyub K -ya nəzərən həll etsək $K(U)$ asılılığını alırıq:

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

(4)

$E=\text{const}=E_0$ şəraitində qurulmuş $K(U)$ əyrisi şəkil 3-də göstərilmişdir. Burada $K=K_m$ qiymətindəki M nöqtəsi şəkil 2-dəki eyniadlı nöqtəyə uyğundur. Belə olduqda U_{kr} gərginliyini tapmaq üçün aşağıdakı hesabat qaydasını təklif etmək olar. Yükün SX-lərini bilərək (4) ifadəsi üzrə $K(U)$ əyrisi qurulur və onun $dK/dU=0$ şərtini ödəyən təpə nöqtəsi təyin edilir. Həmin nöqtəyə uyğun olan gərginlik həqiqi kritik gərginlikdir. Beləliklə, $d\Delta Q/dU$ meyarı əvəzində dK/dU meyarından istifadə etdikdə 2-ci amilin xətası aradan qalxmış olur.

İndi kritik gərginliyin hesabında sadələşdirici amillərin sayəsində yaranan xətanı qiymətləndirək. Bunun üçün şəkil 1-dəki sxem üzrə çoxsaylı variantlarda düyün yükünün statik dayanıqlığı hesablanmışdır. Yükün tələbatçılara görə tərkibini tam əhatə etmək üçün $P(U)$, $Q(U)$ SX-ləri *ümumiləşmiş yastı*, *orta*, *dik* qəbul edilmişdir [3]. Hesabat nisbi vahidlərdə, bazis gücünün $S_b=P_0$ və bazis gərginliyinin $U_b=U_n$ qiymətləri şəraitində yerinə yetirilmişdir; P_0 - ilkin rejimdə yükün işlətdiyi aktiv güc, U_n - yük düyününün yerləşdiyi şəbəkənin nominal gərginliyidir. Hər variantda dK/dU meyarı üzrə kritik gərginliyin həqiqi qiyməti (U_{kr}), həmçinin sadələşdirici amillərə ayrı-ayrılıqda və bircə yol verildikdə kritik gərginliyin təqribi qiymətləri (\tilde{U}_{kr}) təyin edilmişdir. Hesabat yükün güc əmsalının $\cos\phi_0 = 0,85; 0,9; 0,95; 0,97$ qiymətləri, eləcə də yükün aktiv gücünün gərginliyə görə tənzimləmə effektinin $k_p = dP/dU = 0,3; 0,6; 0,9$ qiymətlərində təkrar edilmişdir. Xarici dövrənin yekun induktiv müqaviməti üçün orta qiymət olaraq nisbi vahidlərdə $X=0,1$ qəbul edilmişdir ki, bu da baxılan yükün E düyünündən 35-220 kV-luq EVX-lərlə bəslənməsi halına uyğundur.

Alınan nəticələrin ilkin araşdırılması zamanı müəyyən olunmuşdur ki, k_p -nin kritik gərginliyə təsiri xeyli kiçikdir. $k_p=0,6$ halı üçün əsas hesabat kəmiyyətləri cədvəldə verilmişdir. Burada e – sadələşdirici amillərdən kritik gərginliyin qiymətində yaranan xətdir:

$$\varepsilon = \frac{\tilde{U}_{kr} - U_{kr}}{U_{kr}} 100, \% .$$

Cədvəl

SX	$\cos \varepsilon_0$	U_{kr}	\tilde{U}_{kr}			e, %		
			(1)	(2)	(1,2)	(1)	(2)	(1,2)
Yastı	0,85	0,77	0,78	0,63	0,67	1,3	-18,2	-13
	0,90	0,78	0,80	0,63	0,67	2,6	-19,2	-14,1
	0,95	0,80	0,83	0,62	0,67	3,8	-22,5	-16,3
	0,97	0,81	0,84	0,62	0,67	3,7	-23,5	-17,3
Orta	0,85	0,72	0,74	0,55	0,63	2,8	-23,6	-12,5
	0,90	0,74	0,76	0,54	0,63	2,7	-27,0	-14,9
	0,95	0,75	0,79	0,53	0,63	5,3	-29,3	-16,0
	0,97	0,76	0,81	0,53	0,63	6,6	-30,3	-17,1
Dik	0,85	0,68	0,71	0,45	0,60	4,4	-33,8	-11,8
	0,90	0,70	0,73	0,44	0,60	4,3	-37,1	-14,3
	0,95	0,72	0,76	0,43	0,61	5,5	-40,2	-15,3
	0,97	0,73	0,78	0,43	0,61	6,8	-41,1	-16,4

(1), (2), (1, 2) işarələri baxılan kəmiyyətin hesabında hansı amillərə yol verilməsini göstərir ; belə ki , (1) – 1-ci amilə , (2) – 2-ci amilə , (1, 2) – hər iki amilə birgə yol verilməsini əks etdirir . Şəkil 2 və 3-dəki əyrlər orta SX , $\cos \varepsilon_0 = 0,9$ qiymətinə , \tilde{U}_{kr} gərginliyi isə 2-ci amilə yol verilməsi şəraitinə aiddir .

Cədvəlin təhlilinə görə aşağıdakı nəticələri alırıq :

1. Yükün statik xarakteristikalarının dikliyi artdıqca sadələşdirici amillərin ayrılmaqla təsirdən yaranan xətlər artır . Bu hal həmçinin yükün güc əmsalının artması zamanı da müşahidə olunur .

2. 1-ci sadələşdirici amil kritik gərginliyin həqiqi qiymətdən böyük alınmasına (müsbət xəyata) , 2-ci amil isə onun kiçik olmasına (mənfi xəyata) səbəb olur . Müsbət xəta nisbətən azdır, mənfi xəta isə xeyli böyükdür ; yəni təqribi hesabın xətası əsasən 2-ci amildən yaranır .

3. 1-ci və 2-ci amilin xətalı əks işarəli olduğundan yekun xəta orta qiymət kimi alınır və mənfi işarəli olur .

4. Düyün yükünün statik dayanıqlığının $d\Delta Q/dU$ meyan üzrə hesabında hər iki sadələşdirici amildən birgə istifadə edildiyindən yaranan yekun xəta e kəmiyyətinin cədvəldəki (1, 2) sütunundakı qiymətlərlə müəyyən olunur ki , bunlar da xeyli böyükdür .

5. Yükün $d\Delta Q/dU$ meyan ilə təyin olunan dayanıqlıq ehtiyatının faizlə qiyməti həqiqi ehtiyatdan xeyli fərqli (böyük) olur və bu fərq ədədi qiymətcə normativ dayanıqlıq ehtiyatına (10-15%) yaxın alınır . Beləliklə , $d\Delta Q/dU$ meyanı hesabın lazımi dəqiqliyini təmin etmir .

6. $d\Delta Q/dU$ meyanının xətasını aradan qaldırmaq üçün düyün yükünün statik dayanıqlığını məqalədə təklif olunan dK/dU meyanı üzrə hesablamaq tövsiyyə olunur .

1. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах.-М.: Высш. шк., 1985-536 с.

2. Маркович И.М. Режимы энергетических систем.- М.: Энергия, 1969.- 352 с.

3. Гуревич Ю.Е. и др. Устойчивость нагрузки электрических систем .-М .: Энергоиздат , 1981.-208 с .

О ПОГРЕШНОСТИ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ НАГРУЗКИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ $d\Delta Q/dU$.

СУЛЕЙМАНЛЫ Л. Э.

Расчет статической устойчивости узлов нагрузки электрической системы по практическому критерию $d\Delta Q/dU$ широко распространен. Полученные при этом результаты являются приближенными, однако величина погрешности не оценивается. В статье на примере радиальной схемы питания комплексной нагрузки произведен анализ указанной погрешности и по результатам многовариантного решения задачи найдены численные ее значения, которые оказались весьма существенными. Сделано заключение о том, что данный критерий не обеспечивает требуемую точность расчетов. С этой целью предложен новый критерий dK/dU .

ABOUT AN ERROR OF LOADING STABILITY CALCULATION BY THE PRACTICAL CRITERION $d\Delta Q/dU$.

SULEYMANLI L.E.

Calculation of static stability of electric system's loading units by the practical criterion $d\Delta Q/dU$ is widely widespread. The results obtained in this work are approximate, however the error value is not estimated. In article on example of a complex loading radial power supply circuit the analysis of the specified error is made. By results of the multiple decision of a task the error numerical values are found which have appeared rather essential. The conclusion that the given criterion does not provide demanded accuracy of calculations is made. With this purpose the new criterion dK/dU is offered.