

YOT 621.315/519

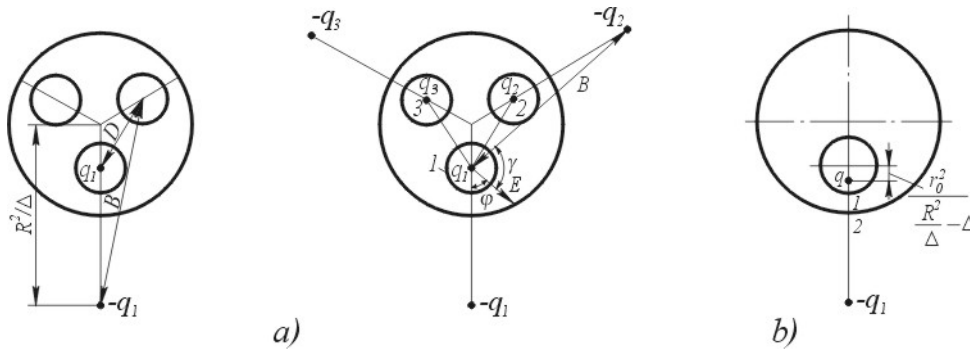
SİLİNDRİK QILAFDA VƏ YA METAL BORUDA YERLƏŞMİŞ ÜÇ FAZLI SİSTEMLƏRİN OPTİMALLAŞDIRILMASI

HƏSƏNOV Q.Ə.

Azərbaycan Texniki Universiteti

Məqalədə üç fazlı sistemlərdə baş verən elektrofiziki hadisələrin yaratdığı yüklənmələr, elektrodlarla metal silindrik qılafın fəzada yerləşmə vəziyyətindəki qeyri simmetriklilik və bu zaman yaranan elektrik və istilik proseslərinin hesablanması metodikası işlənmişdir.

Üç fazlı elektrodların (damar və ya cərəyan ötürücülərinin) ümumi bir örtük və qılafda yerləşdirildiyi hal, bir çox elektrik izolyasiya və keçirici sistemlərini əhatə edir [1,2]. Əksər hallarda belə üçfazlı sistemlərin yaratdığı elektromaqnit sahələrinin analizi göstərir ki, hər üç fazda və qılafda elektrodların səthi boyu elektrik yüklərinin və sahə gərginliklərinin paylanması qeyri simmetrikdir. Ona görə, məqalədə qeyri simmetrik olan və müxtəlif oxlar üzrə istiqamətlənən, silindrlərə baxılmışdır (Şək.1).



Şək.1 Elektrodların simmetrik və qeyri-simmetrik yerləşdirildiyi hallarda statik elektrik və elektromaqnit sahələrinin hesabata sxemləri. a) üç fazlı sistem, b) müxtəlif oxlar üzərində olan elektrodlar sisteminin yüklənmə və maqnit sahələrinin paylanmasına aid sxemlər.

Belə üç fazlı sistem üçün hesabata metodikasının işlənməsi, kürədə və ətraf fəzada yüklərin toplanması və əks olunması prinsiplərinə əsaslanır. Bunun üçün daxili elektrodun q yükünün, götürülmüş silindrik və ya kürəvi fəzanın mərkəzində yerləşdiyini qəbul etmək lazımdır. Onda qılafın xarici səthindən əks olunan eyni qiymətli, əks işarəli yük qılafın radiusunun kvadratı ilə düz, daxili kürənin mərkəzi ilə qılafın orta nöqtəsi arasındakı məsafəsi ilə tərs mütənəsb olacaqdır:

$$q' = -q \frac{R^2}{\Delta} \quad (1)$$

q' -yükünü $\frac{R^2}{\Delta}$ hesabata nöqtəsinə yerləşdirərək (Şək.1a) birinci, təxmini tarazlıq şərtini alırlar. Eyni zamanda bu əks işarəli yük, öz növbəsində daxili elektrodun səthində eyni miqdarda digər işarəli yüklənmə yaradacaqdır. Daxili elektrodun səthindən əks olunan bu

yükün yerləşmə nöqtəsi isə, mərkəzdən $\frac{r_0^2}{R^2/\Delta - \Delta}$ - məsafəsində olacaqdır. Bu halda

məsələnin şərtinin əksinə olaraq, daxili elektroddakı yük $2q$ olur. Artıq yükün kompensasiyası üçün daxili elektrodun mərkəzinə - q yükü yerləşdirilir. Nəticədə daxili elektrodun mərkəzində yükün qiyməti sıfıra çevrilir. Verilmiş sistemdə yüklərin dəyişməsi və bu şəkildə xətti qanunla paylanması orada yaranan maqnit sahəsinə də eyni vəziyyətdə təsir edir [3]. Əks etmə qanununa tabe olan bu prosesi davam etdirmək olar. Lakin, gərginlik və sahə gərginliklərinin müəyyən qədər dəqiqliklə aparılan hesabatlarda iki yüklü sistem kifayət edir. Beləliklə, daxili elektrodun bütün ətrafda, o cümlədən, kürənin iç səthində yaratdığı potensial bərabər olub, eyni qaydada paylanacaqdır. Həmin potensialın məsələn, 1 nöqtəsi üçün olan hesabı aşağıdakı kimi aparılır:

$$\varphi_1 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R^2/\Delta - \Delta - r_0^2}{\frac{r_0^2}{\Delta - R^2/\Delta} + r_0} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R^2 - \Delta^2}{\Delta r_0^2} \quad (2)$$

Xarici qılafın 2 nöqtəsi üçün potensialın hesabı isə aşağıdakı kimi həll edilir:

$$\varphi_2 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R^2/\Delta - R}{R - \Delta - \frac{r_0^2}{R^2/\Delta - \Delta}} \quad (3)$$

İki silindrlər arasında potensiallar fərqinin hesabı isə, $U = \varphi_1 - \varphi_2$ olacaqdır:

$$U = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R^2 - \Delta^2}{r_0 R} \left[1 - \frac{r_0^2 \Delta}{(R^2 - \Delta^2)(R - \Delta)} \right] = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \left[\frac{R^2 - \Delta^2}{R r_0} - \frac{r_0 \Delta}{(R - \Delta) R} \right] \quad (4)$$

Doğrudan da, qeyd etmək lazımdır ki, $\Delta=0$ olduqda (4) formulası silindrik sistemlər üçün tətbiq olunan aşağıdakı əsas ifadəyə çevrilir:

$$U = E r_0 \ln \frac{R}{r_0} \quad (5)$$

$\Delta=R-r_0$ olduqda isə, daxili elektrod xarici qılafa toxunaraq, $U=0$ – a çevrilir.

İki müxtəlif oxlar üzrə istiqamətlənmiş silindrlərin yaratdığı tutum isə, aşağıdakı kimi hesablanır:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \left[\frac{R}{r_0} \left(1 - \frac{\Delta^2}{R^2} \right) - \frac{r_0}{R} * \frac{\Delta}{R} * \frac{1}{1 - \Delta/R} \right]} \quad (6)$$

Beləliklə, hesabatlarda daxili elektrodun silindrik səthinə normal istiqamətdə, xarici elektrik sahəsinin yaratdığı elektrik sahə gərginliyinin iki qat qiymət alması subut edilir [4] və bu faktorun nəzərə alınması vacibdir. Deyilənlərdən, r_0 - radiuslu izolə edilmiş keçirici silindrin, mərkəzdən a məsafəsində və xətti q yükünün sahəsində yerləşdiyini nəzərə alaraq, elektrik sahə gərginliyini aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$E_{\varphi} = -\frac{2q}{2\pi\epsilon_0 r_0} \left[\frac{r_0}{a} \cos(\varphi - \phi) + \frac{r_0^2}{a^2} \cos 2(\varphi - \phi) \right] \quad (7)$$

burada φ -ixtiyari müstəvidən hesablanan bucaq, ϕ - bucağın hesabat müstəvisi ilə $-q$ yükünün mərkəzdən olan istiqaməti arasındakı bucaqdır.

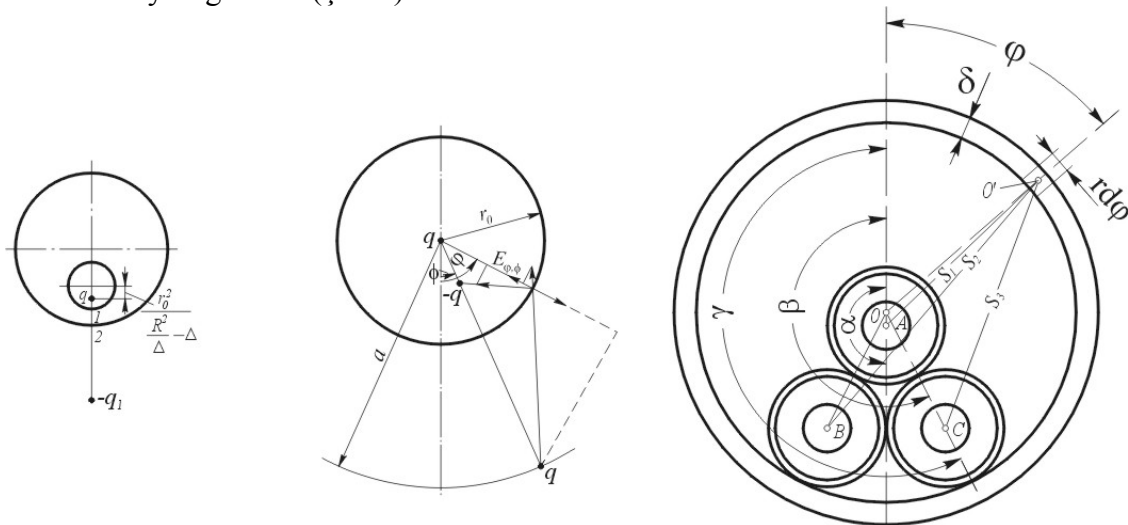
Yüklərin bu şəkildə statik paylanması baxılan hər bir an üçün sabit qalsa da, dəyişən gərginliklərdə işlədilən yüksək gərginlikli daxili tipli ekranlar, kabel və metal gövdədə montaj edilmiş hermetik qapalı paylayıcı qurğuların misalında həmin yüklərin dəyişən axını, biri-birini yaradan və əvəz edən elektromaqnit hadisələrinə səbəb olur. Aydın ki, belə hadisələr onlardan meydana çıxan parametrlər və fiziki kəmiyyətlərin də izahına imkan verir. Göründüyü kimi, yaranan bu elektrofiziki hadisələrin xəttiliyi halında, onların mexanizmləri analitik funksiyalarla yazılır və sonrakı analizləri kifayət qədər dəqiqliklə aparıla bilər.

Metal qılafly yüksək gərginlik kabelləri, damarlarla qılafın və ya onların içərisində çəkildiyi metal boru ilə yerləşmə vəziyyətlərindən asılı olaraq böyük güc itkiləri verirlər. Dəyişən gərginlik kabellərinin quruluşun və ya alüminum qılafında qarşılıqlı induksiya sahəsinin yaratdığı maqnitlənmə bu itkiləri artırır. Bu cür elektromaqnit sahəsi yüklərin qeyri simmetrik paylanmasından asılı olaraq, elektrik və istilik tarazlığını pozur. İstilik sahəsinin təhrif olunmasının, üç fazlı sistemin qılafında yaranan uzununa cərəyanlar və burluğan cərəyanlardan asılılığı zirehli kablərdə daha böyük itkilərə səbəb olur. Ona görə qılafı qeyri maqnit materiallardan olan kablərdə burluğan cərəyan itkiləri azalır və uzununa cərəyanlar əsas olur. Quruluşun və alüminum qılafly kablərdə uzununa cərəyanların qapanma konturları üç damar və qılaf dövrəsindən təşkil olunur. Bu zaman kabelin damarının hər birisi, digər iki damar üçün kontur dövrəsində ilgəyin əks budaqları kimi olur. Belə təsirlərdə yaranan itkiləri azaltmaq üçün qarşılıqlı induksiyaları azaltmaq lazımdır. Onun üçün silindrik qılafın içərisində yerləşən damarları (elektrodları) izolyasiya məsafələri saxlanmaqla maksimum yaxınlaşdırmaq lazımdır:

$$M = 2 \ln \frac{S}{r} * 10^{-9}, \frac{Hn}{sm} \quad (8)$$

burada, S - kablələr arasındakı və ya kabel damarı ilə baxılan qılafın elementar en kəsiyinin orta nöqtəsi arasındakı məsafədir, r – qılafın orta radiusudur.

Metal qılafalarda olan itkilərin hesabı üçün, burada yerləşmiş sistemdə, cərəyanların yolunun kabelin mərkəzindən keçdiyini qəbul edirlər. Eyni qiymətlərdə olan cərəyanlar biri-birindən 120° fərqli fazalarda olduğundan, onların vektor cəmi sıfırdır. Ona görə də əks cərəyanların qayıdış yolu borunun mərkəzindən keçir. Analiz üçün metal qılafın $\delta r_{qil} d\varphi$ -elementar kəsiyini götürək (Şək.2).



Şək.2 Xarici elektrik yükünün təsiri ilə elektrik sahə gərginliyinin hesablanmasına aid sxem.

Kontur ilgəklərindəki cərəyanların təsiri ilə, kabelin fazası ilə boru qılafı arasında yaranan elektrik hərəkət qüvvəsi (ehq) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$e = \sum I \omega M \quad (9)$$

burada I –kabel damarındaki cərəyan, M – götürülmüş elementar metal qılaf elementi ilə kabelin fazası arasında qarşılıqlı induksiya.

Üç fazlı sistem üçün elektrik hərəkət qüvvəsi:

$$e = 2 * 10^{-9} \omega I \left(\ln \frac{S_1}{r_q} + \ln \frac{S_2}{r_q} e^{-j120} + \ln \frac{S_3}{r_q} e^{-j240} \right), \frac{V}{sm} \quad (10)$$

e.h.q.-nin modulu aşağıdakı kimi hesablanacaqdır [5]:

$$|e| = 2 * 10^{-9} \omega I \sqrt{(\ln x_1)^2 + (\ln x_2)^2 + (\ln x_3)^2 - \ln x_1 \ln x_2 - \ln x_1 \ln x_3 - \ln x_2 \ln x_3} \quad (11)$$

burada $x_1 = \frac{S_1}{r_q}; x_2 = \frac{S_2}{r_q}; x_3 = \frac{S_3}{r_q}$ – kimi götürülür.

Qılafın elementar en kəsiyində enerji itkisi aşağıdakı kimi olar[5]:

$$dP_q = |e|^2 * G_q \quad (12)$$

burada, $G_q = \frac{\delta r_q d\varphi}{\rho_q}$ - qılafın elementar kəsiyinin aktiv keçiriciliyidir.

Onda, bütün çevrə boyu enerji itkisi (12) ifadəsinin $0 \div 2\pi$ intervalında inteqralı ilə hesablanacaqdır:

$$P_q = \frac{\delta r_q}{\rho_q} \int_0^{2\pi} |e|^2 d\varphi \quad (13)$$

Kosinuslar teoremi və Eylər formulasını $|e|$ - moduluna tətbiq etdikdə, (Şək.2)-yə əsasən, $a = \frac{OA}{r_q}, b = \frac{OB}{r_q}, c = \frac{OC}{r_q}$ - olduğundan aşağıdakı sistem şəkilli ifadəni yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 1 + a^2 - 2a \cos(\varphi + \alpha) \\ x_2 &= 1 + b^2 - 2b \cos(\varphi + \beta) \\ x_3 &= 1 + c^2 - 2c \cos(\varphi + \gamma) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

(13)-də inteqralları ifadələr $|e|$ modulu ilə loqarifmik funksiyaların cəmi kimi hesablandıqda, onların Loran sıraları və inteqralın cəm şəkilində yazılışı daha uyğundur [3]:

$$\ln(1-z) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^n}{n} \quad (15)$$

burada $z = ke^{j(\varphi+\alpha)}$ -şəklində bir funksiya kimi götürülmüşdür.

Bu halda son olaraq, metal qılafda olan enerji itkisini aşağıdakı kimi hesablayırlar:

$$P = \frac{4 * 10^{-18} \pi \omega^2 I^2 \delta r_q}{\rho_q} * M, \text{ Vt/sm} \quad (16)$$

harada ki,

$$M = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^{2n} + b^{2n} + c^{2n} - a^n b^n \cos n\angle AOB - b^n c^n \cos n\angle BOC - a^n c^n \cos n\angle AOC}{n^2} \quad (17)$$

M-kəmiyyəti, kabelin və qılafın (çəkiliş borusunun) hansı vəziyyətlərdə yerləşməsindən asılı olmayaraq (17) formulası ilə hesablanır və 0.6-1.5 arasında qiymətlər alır.

Konkret hesabatlarda itkilərin yaranmasına təsir edən qılaf, ekarn, metal boru və digər tip örtüklər kəmiyyətcə bir nisbi vahidə gətirilir. Kabellərdə və qapalı paylayıcı qurğularda, bu vahid kimi y əmsalı götürülür [6]:

$$y_{\theta} = \frac{P_{\theta}}{P_e} - \text{üç fazlı sistem üçün isə, } y_{\theta} = \frac{P_{\theta}}{3P_e} \quad (18)$$

y_{θ} – əmsalına örtüyün maqnit və ya qeyri maqnit materialdan hazırlanması, səth, yaxınlıq effektləri və sistemdə gərginliyin sabit və dəyişən olması, nəhayət damarların sayı kimi amillər təsir edir. Hər bir konkret hesabat nümunəsində bu amillər sistemin fiziki və həndəsi parametrləri ilə təyin edilə bilər.

-
1. *K. Simonyi* 'Theoretische Elektrotechnik' VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN BERLIN 1964.
 2. *Г.Н. Александров*. Проектирования электрических аппаратов. Ленинград, Энергоатомиздат, 1985 г.
 3. *Q. KORN, T. KORN*. 'MATHEMATICAL HANDBOOK' For scientists And Engineers Mc Graw-Hill Book Company New York San Fransisco, Toronto, London, Sidney 1968.
 4. *Q. Ə. Həsənov*. Elektrik isolyasiyasının hesablanması və layihələndirilməsi. Bakı, Elm 1983 il.
 5. *Q.Ə. Həsənov*. Dəmir yol rabitəsi kabellərinin konstruktiv parametrləri. Energetikanın problemləri, Bakı, Elm, 2000 il.
 6. *Привезенцев В.А. Ларина Э. Т.* Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии. Учебное пособие для ВУЗ-ов под общ. ред. В.А. Привезенцева. Москва, Энергия 1970 г.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В ОБОЛОЧКЕ ИЛИ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

ГАСАНОВ К.А.

В статье рассматриваются вопросы оптимизации систем, произвольным образом взаимно расположенных, электродов и наружных металлических покрытий, оболочек и экранов в кабелях и герметических распределительных устройствах. Сделанные выводы и обобщения могут быть полезны для электрических и тепловых расчетов в системах электрической изоляции и проводящих электродов.

OPTIMIZATION OF THREE-PHASE SYSTEMS LOCATED IN A SHELL OR IN A METALLIC TUBE

HASSANOV G.A.

In the article the problems of optimization of systems arbitrarily mutually arranged, welding rods and outside plating &, shells both screens in cables and hermetic switching centres are esteemed. The made conclusions and generalizations can be useful to electrical and thermal calculations in systems of an electrical insulation and conductive welding rods.