ISSN 0002-306Х. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2002. Т. LV, № 2.

ረ\$ጉ 621.315.212.1:621.3.001.2

ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

Գ.Ս. ՆԵՐՍԵՍՅԱՆ

ՄԻԱՋԻՂ, ՉՈՒԳԱՀԵՌ ՓՌՎԱԾ ՈՒԺԱՅԻՆ ԿԱԲԵԼՆԵՐԻ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴԸ ԵՌԱՖԱԶ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Մշակված է ջերմային դաշտի խնդիրների լուծման մեթոդ՝ եռաֆազ համակարգում առանց մետաղյա պատյանի պոլիէթիլենային մեկուսացմամբ բետոնե անցուղիներում տեղադրված երեք առանձին, զուգահեռ փոված միաջիղ կաբելների կիրառման համար։ Մեթոդի միջոցով որոշված են միջֆազային հեռավորությունները և բետոնե անցուղու երկրաչափական չափերը։

Առանցքային բառեր. ուժային կաբել, էլեկտրական ցանց, մեկուսիչ, ջերմահաղորդականություն, ջերմային դաշտ, բետոնե անցուղի։

Ժամանակակից էլեկտրական ցանցերում կիրառվում են հիմնականում թղթայուղային մեկուսացմամբ, կապարե կամ ալյումինե պատյանով և պողպատյա ժապավենային զրահով եռաջիղ ոլորված ուժային կաբելներ, որոնց էլեկտրական ու ջերմային պարամետրերը չեն համապատասխանում ժամանակակից տեխնիկական պահանջներին. մեծ է միջֆազային կարձ միացումների հավանականությունը, բարձր են էներգիայի կորուստները՝ պայմանավորված մետաղյա պատյանի առկայությամբ, թափառող հոսանքներով և բարձր ջերմաստիձանային դաշտերով։

Նշված կաբելային ցանցերում էներգիայի կորուստներով է պայմանավորված էլեկտրական էներգիայի արժեքի հետզհետե բարձրացումը և ամբողջ ցանցի տնտեսական անարդյունավետությունը։ Այդ պատձառով էլ անհրաժեշտություն է առաջացել փոխել թղթայուղային մեկուսացմամբ և մետաղյա պատյանով կաբելները պոլիէթիլենային մեկուսացմամբ, առանց մետաղյա պատյանի, երեք առանձին, զուգահեռ փռված կաբելներով, որոնք զետեղված են բետոնե անցուղիներում։ Պոլիէթիլենային մեկուսացման դեպքում կրկնակի նվազում են դիէլեկտրիկական կորուստները, վերանում են թափառող հոսանքները, միջֆազային կարձ միացումները, խոնավության ազդեցությունը մեկուսացման էլեկտրական ամրության վրա, զգալիորեն նվազում է ցանցի կառուցման արժեքը և հեշտանում մոնտաժային ու շահագործման աշխատանքները։

Սակայն կաբելային ցանցի առաջարկվող՝ սկզբունքորեն նոր ձևին անցնելու համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրել կաբելների ջերմային դաշտերը, որոշել առանձին ֆազերի ջերմային դաշտի ազդեցությունը հարևան ֆազերի վրա և որոշել կաբելի փռման համար անհրաժեշտ անցուղու երկրաչափական չափերը։

Ուժային կաբելներն աշխատանքի ընթացքում անջատում են ջերմություն, որի հետևանքով անցուղու օդը տաքանում է և ջերմաստիձանը՝ բարձրանում։ Կայունացած ռեժիմում անցուղու օդի ջերմաստիձանի արժեքը չպետք է գերազանցի կաբելների մեկուսիչ նյութերի համար ընդունված թույլատրելի ջերմաստիձանը։ Ելնելով այս նախապայմանից՝ որոշվում են միջավայրի ջերմաստիձանի մեծությունը անցուղում և վերջինիս երկրաչափական չափերը։ Միջավայրի ջերմաստիձանը որոշելու համար ընդունում ենք, որ անցուղում զետեղված են երեք միաջիղ, զուգահեռ փոված կաբելներ։ Կաբելների փոման դասավորությունը (հորիզոնական, եռանկյունաձև) ազդում է միայն անցուղու կտրվածքի երկրաչափական չափերի վրա (նկ. 1)։



Նկ 1. Գրունտում տեղակայված անցուղու եզրային չափերը

Կայունացած ռեժիմում յուրաքանչյուր ջիղից անջատվում է $q_1(\mathcal{U}m/\mathcal{U})$ քանակությամբ ջերմություն, որի հետևանքով անցուղու օդը տաքանում է, ինչն արտահայտվում է հետևյալ հավասարումով.

$$q = 3q_1 = 3(t_c - t_k) / R_1:$$
(1)

t_c -ն և t_k -ն կաբելի ջիղի և անցուղու միջավայրի ջերմաստիձաններն են, ^oC; R₁ = R_{ins} + R_{ext} -ը կաբելի մեկուսիչ շերտի և արտաքին մակերևույթի ջերմային դիմադրությունների գումարն է, $\sigma C/4m$ [1]՝

$$R_{ins} = 1/2\pi\lambda_{ins} \ln\left(\frac{d_k}{d_c}\right), \qquad (2)$$
$$R_{ext} = 1/\pi\alpha_1 d_c,$$

որտեղ d_c -ն, d_k -ն կաբելի ջիղի և արտաքին մակերևույթի տրամագծերն են, *u*; λ_{ins} ն մեկուսիչ նյութի ջերմահաղորդականության գործակիցն է, $\mathcal{U}m/\mathfrak{U}^oC$; α_1 -ը համարժեք ջերմատվության գործակիցն է, որը հաշվի է առնում ինչպես կոնվեկտիվ, այնպես էլ Ճառագայթային ջերմափոխանակությունը, $\mathcal{U}m/\mathfrak{U}^{2o}C$: Համարժեք ջերմատվության գործակիցը ինժեներական հաշվարկների դեպքում կարելի է որոշել հետևյալ էմպիրիկ արտահայտությամբ [1].

$$\alpha_1 = 11,6 + 0,7\sqrt{W} , \qquad (3)$$

որտեղ W -ն անցուղում օդի շարժման արագությունն է, *մ/վ։* Ճշգրիտ հաշվարկների դեպքում ջերմատվության գործակիցը որոշվում է կրիտերիալ հավասարումներից [2]՝

$$\alpha_1 = \lambda_{\rm am} N u / d , \qquad (4)$$

որտեղ λ_{air} -ը անցուղու միջավայրի ջերմահաղորդականության գործակիցն է, $\mathcal{U}m/\mathscr{u}^oC$; Nu = $\alpha d_c/\lambda_{am}$ -ը Նուսելտի թիվն է, որը հորիզոնական դասավորված գլանական մակերևույթի վրա երկրորդ սեռի եզրային պայմանների համար (քանի որ հայտնի է ջիղից անջատված ջերմությունը՝ $q_1, \mathcal{U}m/\mathscr{U}$) որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$Nu = 0.46 (Gr_s Pr_{am})^{0.2} (Pr_{am}/Pr_n)^{0.2} \zeta.$$
 (5)

Gr_s = gβq₁d_c³/(λ_{am}ν²)-ը բերված Գրասհոֆի թիվն է; P_r-ը Պրանդտլի թիվն է; g-ն ազատ անկման արագացումն է, u'/u'^2 ; β = 1/(t_{am} + 273)-ը ծավալային ընդարձակման գործակիցն է, 1/K; (-ն կինեմատիկ մածուցիկության գործակիցն է, u'^2/u' ; ζ-ը՝ Ճառագայթային ջերմափոխանակությունը և միջավայրի շարժման արագությունը հաշվի առնող գործակից [4]:

Կայունացած ռեժիմում միաջիղ ուժային կաբելներից անջատված ջերմությունը հեռանում է անցուղուց և հաղորդվում գրունտին։

$$q = (t_{k} - t_{gr}) / R_{2}, \qquad (6)$$
$$R_{2} = R_{air} + R_{w} + R_{gr},$$

որտեղ t_{gr} -ը գրունտի ջերմաստիձանն է կաբելների տեղադրման *հ* խորության վրա, ^o C; R_{air}-ը, R_w- ը, R_{gr}- ը համապատասխանաբար անցուղու պատի մակերևույթի վրա ջերմատվության, պատի ջերմահաղորդականության, գրունտի ջերմային դիմադրություններն են։

Անցուղու գումարային ջերմային դիմադրությունը՝ R_2 , հաշվելու համար ուղղանկյուն կտրվածք ունեցող անցուղին նախապես ձևափոխում ենք d_{h1} և d_{h2} համարժեք տրամագծերով խողովակի.

$$d_{h1} = 4F_{/1} / P_1, \ d_{h2} = 4F_2 / P_2,$$
 (7)

որտեղ F_1 -ը և F_2 -ը ուղղանկյուն կտրվածքով անցուղու իրական մակերեսներն են, d^2 ; P_1 -ը և P_2 -ը անցուղու պարագծերն են, d; որոնք որոշվում են հետևյալ հավասարումներով.

$$F_{1} = a_{1}b_{1}, F_{2} = a_{2}b_{2},$$

$$P_{1} = 2(a_{1} + b_{1}), P_{2} = 2(a_{2} + b_{2}),$$

$$a_{2} = a_{1} + 2S, b_{2} = b_{1} + 2S:$$
(8)

 \mathbf{a}_1 -ը, \mathbf{b}_1 -ը, \mathbf{a}_2 -ը, \mathbf{b}_2 -ը անցուղու եզրային չափերն են, \mathbf{u} ; S-ն անցուղու պատի հաստությունն է, \mathbf{u} (նկ. 1)։

Ունենալով անցուղու $d_{{}_{h1}}$ և $d_{{}_{h2}}$ համարժեք տրամագծերը, որոշում ենք.

ա) անցուղու պատի մակերևույթի վրա ջերմատվության ջերմային դիմադրությունը՝ [2]

$$\mathbf{R}_{\rm air} = 1/\pi\alpha_1 \mathbf{d}_{\rm h1},$$

որտեղ ջերմատվության $oldsymbol{lpha}_1$ գործակիցը որոշվում է (3) հավասարումից;

բ) անցուղու պատի ջերմահաղորդականության ջերմային դիմադրությունը՝

$$R_{w} = \frac{1}{2\pi\lambda_{w}} \ln(d_{h2}/d_{h1}),$$

որտեղ $\lambda_{\rm w}$ = 0,9 $\mathcal{U}m/\mathscr{U}^oC$ -ն բետոնե պատի ջերմահաղորդականության գործակիցն է [5];

գ) գրունտի ջերմային դիմադրությունը, որը որոշվում է Ֆորհեյմերի բանաձնից [1]՝

$$R_{gr} = \frac{1}{2\pi\lambda_{gr}} \ln(4h/d_{h2}),$$

որտեղ $\lambda_{\rm gr}$ = 0,556 ${\cal U}m/u^oC$ -ն գրունտի ջերմահաղորդականության գործակիցն է [6];

դ) անցուղու գումարային ջերմային դիմադրությունը ` $\,R_{\,2}$:

Համատեղ լուծելով (1) և (6) հավասարումները, որոշում ենք անցուղու օդի ջերմաստիձանը.

$$t_{k} = \frac{\frac{t_{c}}{R_{1}} + \frac{t_{gr}}{3R_{2}}}{\frac{1}{R_{1}} + \frac{1}{3R_{2}}};$$
(9)

Հաշվարկների համար անցուղու չափերն ընտրվում են այնպես, որ ջղերի, ինչպես նաև ջղի և պատի միջև եղած հեռավորությունները լինեն ջերմային սահմանային շերտի հաստությանը համարժեք, վերացվի ջղերի ջերմային ազդեցությունը միմյանց նկատմամբ։ Ջերմային սահմանային շերտի հաստությունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [2]՝

$$\delta = 2\lambda_{\rm air} / \alpha_1$$
 (10)

Տեղադրելով (5) հավասարումը (10)-ում, որոշում ենք ջերմային սահմանային շերտի հաստությունը՝

$$\delta = 2d_{c} / Nu: \qquad (11)$$

Կտրվածքի՝ F=120 *մմ²* մակերես ունեցող կաբելների ջերմային սահմանային ջերտի հաստության կախվածությունը ջղից անջատված ջերմաքանակից բերված է նկ.2-ում, որտեղ ֆիզիկական պարամետրերը վերցված են [5]-ից։ Ինչպես երևում է կորից, ջղից անջատված ջերմաքանակի մեծացումից կախված, սահմանային շերտի հաստությունը նվազում է էքսպոնենցիալ կորով։

Πρη2

Lind uwhúwuwjhú 2

μրտի hwuwnipjniú
 δ , կարելի է hw2
վել wúgnini

չափերը. լայնությունը՝ $a = (3d_c + 6\delta)$, բարձրությniú
 $b = (d_c + 2\delta)$ ՝

hnphqnúwuwu nwuwunpnipjwú n
եպքում և $a = 2(d_c + 2\delta)$, $b = 1,865(d_c + 2\delta)$ ՝

եռանկյունաձև nwuwunpnipjwú qniquht

h փոման ntuppniú, բետոնե պատի hwuwnipjniú
 $S = 2\delta$:



Նկ.2. Ջերմային սահմանային շերտի հաստության կախվածությունը Gr,Pr-ից

Կտրվածքի՝ F = 120 dd^2 մակերես ունեցող երեք առանձին, զուգահեռ փոված միաջիղ կաբելներով զետեղված անցուղու եզրային չափերն առաջին մոտավորությամբ որոշելու համար ջղի մեկուսչի սահմանային ջերմաստիձանը և գրունտի ջերմաստիձանը համապատասխանաբար ընդունվում են $t_c = 90^{
m o}C$, $t_{\rm gr} = 15^{
m o}C$ [3], որի դեպքում

$$a \times b \approx 0.1 \times 0.03 \text{ u}$$
 $b \approx 0.01 \text{ u}$

Ինչպես ցույց են տալիս հաշվարկները, անցուղու միջավայրի ջերմաստիձանը կայունացած ռեժիմում չի գերազանցում $t_k = 70^{\circ}C$ (նկ. 3)։ Բնութագրիչ կորերից հետևում է, որ անցուղու չափերի մեծացմանը զուգընթաց, սկզբում կտրուկ, այնուհետև աստիձանաբար նվազում է օդի ջերմաստիձանը, ինչն առաջին մոտավորությամբ (մինչև 2 % սխալանքի պայմաններում) կարելի է ընդունել հաստատուն։ Սահմանային թույլատրելի ջերմաստիձանի մեծության համաձայն, թղթայուղային մեկուսչով միաջիղ ուժային կաբելների համար $t_k = 60^{\circ}C$, իսկ պոլիէթիլենային մեկուսչով կաբելների համար՝ $t_k = 70^{\circ}C$ [3]։ Նախատեսված անցուղու չափերը նպատակահարմար է ընտրել.

$$a_k = 3a \ b_k = 3b$$

ինչը և առաջարկվում է գործնական կիրառման համար։



Նկ.3. Օդի ջերմաստիձանի կախվածությունը անցուղու չափերից, երբ օդի շարժման արագությունը՝ W=0 (F=120 *մս*² կտրվածքով ուժային կաբելների փռման դեպքում)

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

- 1. **Голубков Б.Н., Данилов О.Л.** и др. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. -М.: Энергия, 1979.-544 с.
- 2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. -М.: Энергия, 1975.- 360 с.
- 3. ГОСТ 24183-80. Кабели силовые для стационарной прокладки.
- Киракосян А. А., Нерсесян С. Г., Оганесян Ю. А. Исследование свободно-конвективного теплообмена цилиндрических нагретых поверхностей трансформатора в воздушном пространстве / ГИУА. – 1999.- С. 74-76.
- 5. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. -М.: Энергия, 1969. 264 с.

6. Привезенцева В.А. Основы кабельной техники. -М.: Энергия, 1975. - 472 с.

«Էներգետիկայի ինստիտուտ» ՓԲԸ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 18.09.2001։

Г.С. НЕРСЕСЯН

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ОДНОЖИЛЬНЫХ, ПАРАЛЛЕЛЬНО РАССТЕЛЕННЫХ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ В ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ

Разработан метод решения задач теплового поля в случае применения трех отдельных, параллельно расстеленных одножильных кабелей без металлической оболочки, с полиэтиленовой изоляцией, размещенных в бетонных каналах в трехфазной системе. Определяются межфазовое расстояние и геометрические размеры бетонного канала.

G.S. NERSESSYAN

METHOD OF THERMAL FIELD DETERMINATION FOR SINGLE-CONDUCTOR, PARALLELLY LAID POWER CABLES IN THE THREE-PHASE POWER SYSTEM

A method is given for solving thermal field problems in applying three single-conductor cables parallelly laid, without armor, with polyethylene insulation, located in concrete channels. With this method the interphase distances and geometric sizes of concrete channels are determined.