

Վ.Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Լ.Հ. ԿԱՐԱԽԱՆՅԱՆ, Ն.Մ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

**ՄԻԱՇՐՋԱԿ ԵՎ ԵՐԿՇՐՋԱԿ ՄԱԼՈՒԽԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԶԱՐՈՐԴՄԱՆ ԳԾԻ
ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

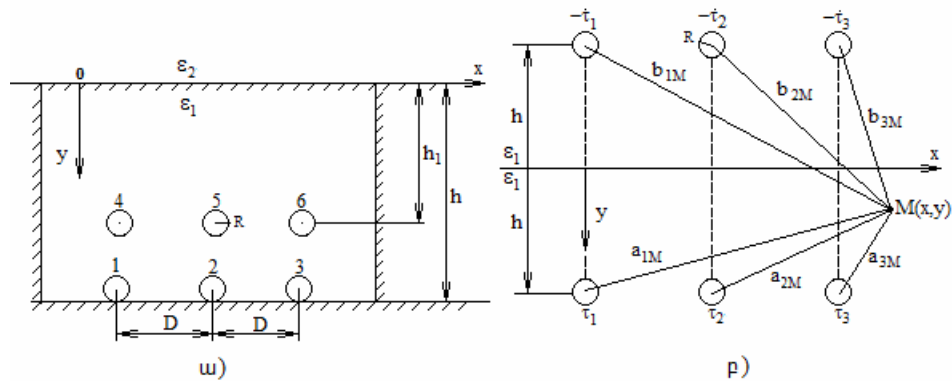
Հետազոտվել է առանց մետաղական էլյրանի երեք միաֆազ մալուխներից բաղկացած մալուխային միաշղթա և երկշղթա էլեկտրահաղորդման գծի էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի և լարվածության բաշխումը ֆազային հաղորդալարերը շրջապատող միջավայրում:

Առանցքային բաղադր. էլեկտրական դաշտի լարվածություն, պոտենցիալ, հայելային պատկերների մեթոդ:

Մեկ հարթության մեջ տեղակայված ջղերով պոլիէթիլենային մեկուսացմամբ (առանց մետաղյա պատյանի) 6...10 կՎ լարման մալուխն ունի մի շարք դրական առանձնահատկություններ [1]: Մեր կողմից առաջարկվող մալուխի ֆազերը էլյրան չեն պարունակում: Էլյրանի բացակայությունը հանգեցնում է հզորության կորուստների փոքրացման և մալուխային գծի (երեք միաֆազ մալուխների խմբի) ինքնարժեքի զգալի նվազման: Սակայն այս դեպքում թափառող հոսանքների առաջացումը և հողի մակերևույթին մոտ գտնվող կետերի միջև քայլային լարումը փոքրացնելու համար պետք է ձեռնարկել լրացուցիչ միջոցառումներ: Նախ անհրաժեշտ է հաշվարկել և հետազոտել էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի և լարվածության բաշխումը ֆազային հաղորդիչները շրջապատող միջավայրի կետերում, ապա պարզել՝ արդյո՞ք վերջիններս չեն գերազանցում էլեկտրամագնիսական համատեղելիության պահանջներից բխող արժեքները:

Սույն հոդվածում առաջարկված է նշված բաշխումների որոշման անալիտիկական եղանակ, որը հնարավորություն է տալիս գծի ֆազային հաղորդալարերի հատույթի և նրանց փոխադարձ դիրքը որոշող երկրաչափական չափերի, շրջապատող միջավայրի դիէլեկտրիկական թափանցելիության արժեքի միջոցով որոշել դաշտի պոտենցիալը և լարվածության վեկտորի բաղադրիչները հորիզոնական ուղղաձիգ ուղղությամբ (նկ. 1 ա, բ):

Էլեկտրահաղորդման գծի էլեկտրական դաշտի հաշվարկը կատարված է հայելային պատկերների մեթոդով [2], պայմանով, որ ֆազային հաղորդալարերը գտնվում են համարժեք դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ համասեռ միջավայրում՝ $\epsilon_1 = \epsilon_{\text{արդ}} = 2,6$ [3]: Հողի մակերևույթին մակաձված լիցքերի ստեղծած էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը հաշվի առնելու համար մակերևույթից վերև տեղադրված են $-\tau_1, -\tau_2, -\tau_3$ գծային խտությամբ լիցքերը:



Նկ. 1. Խրամուղու (ա) և հողի մակերևույթի նկատմամբ հաղորդալարերի ու հայելային պատկերների (բ) սխեման

Պոտենցիալի բաշխումը հաշվելու համար կոորդինատային ուղղանկյուն համակարգն ընտրենք այնպես, որ աբսցիսների առանցքն ուղղված լինի հողի մակերևույթին զուգահեռ, իսկ օրդինատներինը՝ դեպի խրամուղու խորքը:

Երեք ֆազային հաղորդալարերի շրջապատող միջավայրի $M(x, y)$ կետում պոտենցիալը որոշվում է $\dot{\tau}_1, \dot{\tau}_2, \dot{\tau}_3$ և $-\dot{\tau}_1, -\dot{\tau}_2, -\dot{\tau}_3$ լիցքերի ստեղծած պոտենցիալների կոմպլեքսների գումարով.

$$\varphi_M(x, y) = \frac{\dot{\tau}_1}{2\pi\epsilon_1\epsilon_0} \ln \frac{b_{1M}}{a_{1M}} + \frac{\dot{\tau}_2}{2\pi\epsilon_1\epsilon_0} \ln \frac{b_{2M}}{a_{2M}} + \frac{\dot{\tau}_3}{2\pi\epsilon_1\epsilon_0} \ln \frac{b_{3M}}{a_{3M}}, \quad (1)$$

որտեղ b_{KM} և a_{KM} հեռավորությունները որոշվում են ըստ նկ.1-ի.

$$\begin{aligned} a_{1M} &= \sqrt{x^2 + (h-y)^2}, a_{2M} = \sqrt{(x-D)^2 + (h-y)^2}, a_{3M} = \sqrt{(x-2D)^2 + (h-y)^2}, \\ b_{1M} &= \sqrt{x^2 + (h+y)^2}, b_{2M} = \sqrt{(x-D)^2 + (h+y)^2}, b_{3M} = \sqrt{(x-2D)^2 + (h+y)^2}: \end{aligned} \quad (2)$$

Անհայտ $\dot{\tau}_1, \dot{\tau}_2, \dot{\tau}_3$ լիցքերի խտությունները որոշվում են Մաքսվելի պոտենցիալային գործակիցներով հավասարումների համակարգի [2] լուծումից.

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \alpha_{11}\dot{\tau}_1 + \alpha_{12}\dot{\tau}_2 + \alpha_{13}\dot{\tau}_3, \\ \dot{U}_2 &= \alpha_{21}\dot{\tau}_1 + \alpha_{22}\dot{\tau}_2 + \alpha_{23}\dot{\tau}_3, \\ \dot{U}_3 &= \alpha_{31}\dot{\tau}_1 + \alpha_{32}\dot{\tau}_2 + \alpha_{33}\dot{\tau}_3, \end{aligned} \quad (3)$$

որտեղ $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_3$ -ը ֆազային հայտնի լարումների կոմպլեքսներն են, միատեսակ ինդեքսներով α_{kk} գործակիցները՝ հաղորդալարերի սեփական պոտենցիալային գործակիցները, իսկ α_{nk} տարբեր ինդեքսներովը՝ n -րդ և k -րդ հաղորդալարերի փոխադարձ պոտենցիալային գործակիցները: Վերջիններս որոշվում են նկ.1-ին համապա-

տասխանող h բարձրության, հաղորդալարերի հատույթի R շառավղի և նրանց փոխադարձ դիրքը որոշող հեռավորությունների միջոցով, այն է .

$$\alpha_{kk} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_0} \ell n \frac{2h}{R}, \quad (4)$$

$$\alpha_{nk} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_0} \ell n \frac{r_{n'k}}{r_{nk}}, \quad (5)$$

որտեղ $r_{n'k}$ -ն n -րդ հաղորդալարի հայելային պատկերի և k -րդի միջև հեռավորությունն է:

Պոտենցիալային α_{nk} գործակիցները որոշվում են նկ.1-ին համապատասխան՝ հետևյալ բանաձևերով.

$$\begin{aligned} \alpha_{12} &= \frac{1}{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_0} \ell n \frac{b_{12}}{a_{12}}, \\ \alpha_{13} &= \frac{1}{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_0} \ell n \frac{b_{13}}{a_{13}}, \\ \alpha_{23} &= \frac{1}{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_0} \ell n \frac{b_{23}}{a_{23}}, \end{aligned} \quad (6)$$

որտեղ

$$\begin{aligned} b_{12} &= \sqrt{(2h)^2 + D^2}, b_{13} = \sqrt{(2h)^2 + (2D)^2}, b_{23} = \sqrt{(2h)^2 + D^2}, \\ a_{12} &= a_{23} = D, a_{13} = 2D: \end{aligned} \quad (7)$$

Այսպիսով, $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ գծային խտությունների հայտնի դարձած մեծությունների միջոցով պոտենցիալի $\phi_m(x, y)$ ֆունկցիան որոշված է, և էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորը կարտահայտվի $\vec{E} = -grad\phi$ հանրահայտ արտահայտությամբ: Վերջինիս պրոյեկցիաները OX և OY առանցքների ուղղությամբ կլինեն՝

$$\dot{E}_x = -\frac{\partial\phi}{\partial x}, \quad \dot{E}_y = -\frac{\partial\phi}{\partial y}, \quad (8)$$

իսկ լարվածության մոդուլը՝

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}: \quad (9)$$

Ըստ (1), (2) և (8) արտահայտությունների, լարվածության վեկտորի բաղադրիչները դիտարկվող $M(x, y)$ կետում ստացվում են

$$\begin{aligned}\dot{E}_x = -\frac{\partial\dot{\phi}}{\partial x} = \frac{1}{2\pi\epsilon_1\epsilon_0} \left[\dot{\tau}_1 \frac{x}{x^2 + (h+y)^2} - \dot{\tau}_1 \frac{x}{x^2 + (h-y)^2} + \right. \\ \left. + \dot{\tau}_2 \frac{x-D}{(x-D)^2 + (h+y)^2} - \dot{\tau}_2 \frac{x-D}{(x-D)^2 + (h-y)^2} + \right. \\ \left. + \dot{\tau}_3 \frac{x-2D}{(x-2D)^2 + (h+y)^2} - \dot{\tau}_3 \frac{x-2D}{(x-2D)^2 + (h-y)^2} \right],\end{aligned}\quad (10)$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_y = -\frac{\partial\dot{\phi}}{\partial y} = \frac{1}{2\pi\epsilon_1\epsilon_0} \left[\dot{\tau}_1 \frac{h+y}{x^2 + (h+y)^2} + \dot{\tau}_1 \frac{h-y}{x^2 + (h-y)^2} + \right. \\ \left. + \dot{\tau}_2 \frac{h+y}{(x-D)^2 + (h+y)^2} + \dot{\tau}_2 \frac{h-y}{(x-D)^2 + (h-y)^2} + \right. \\ \left. + \dot{\tau}_3 \frac{h+y}{(x-2D)^2 + (h+y)^2} + \dot{\tau}_3 \frac{h-y}{(x-2D)^2 + (h-y)^2} \right]\end{aligned}\quad (11)$$

տեսքերով:

Որպես օրինակ քննարկված է 10 կՎ անվանական լարման ($U_{\phi}=6$ կՎ) մալուխային միաշղթա գծի երկու տարբերակ.

1) $h = 0,6$ սմ, $R = 0,6$ սմ, $D = 3$ սմ,

2) $h = 0,6$ սմ, $R = 0,9$ սմ, $D = 4$ սմ

Երկրաչափական չափերով: Ֆազային լարումների սիմետրիկ համակարգը՝

$$\dot{U}_1 = 6000 \text{ Վ},$$

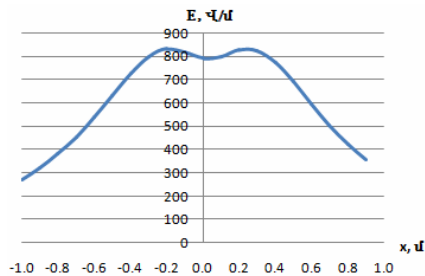
$$\dot{U}_2 = a^2 \dot{U}_1 = \left(-0,5 - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \dot{U}_1,$$

$$\dot{U}_3 = a \dot{U}_1 = \left(-0,5 + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \dot{U}_1:$$

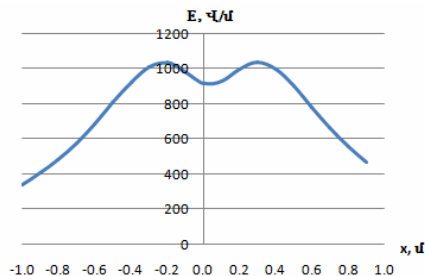
Հաշվարկների արդյունքները բերված են $Y = 0$ (հողի մակերևույթի կետեր) օրդինատի դեպքում E-ի փոփոխությունն ըստ X կոորդինատի արտահայտող նկ. 2 և 3 –ում պատկերված գրաֆիկների տեսքով, որոնց համեմատումից ակներև է, որ $R = 0,9$ սմ շառավղով ֆազային հաղորդալարեր ունեցող գծի ստեղծած լարվածությունը հողի մակերևույթի կետերում ավելի մեծ է, քան $R = 0,6$ սմ տարբերակի դեպքում: Վերջինս բացատրվում է հողի մակերևույթի նկատմամբ ֆազային հաղորդալարերի ունակության մեծացմամբ՝ մնացած հավասար պայմանների դեպքում:

Պարզելու համար, թե արդյոք հնարավոր է ավելի փոքրացնել լարվածությունը հողի մակերևույթի կետերում, դիտարկել ենք նաև նույն խրամուղում երկրորդ (միննույն պարամետրերով) շղթայի տեղակայման տարբերակը (նկ. 4), երբ վերջինիս ֆազերի (4, 5, 6) լարումները առաջինի (1, 2, 3) համապատասխան լարումների նկատմամբ փոխվել են 180° -ով, ինչը կարելի է ստանալ փուլաշրջիչ տրանս-

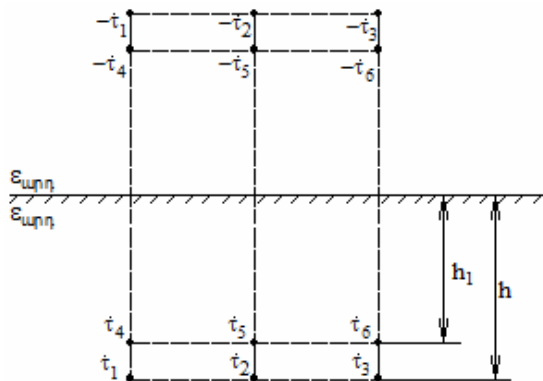
ֆորմատորի միջոցով [4]: Նկ. 4-ում նշված $\dot{\tau}_4, \dot{\tau}_5, \dot{\tau}_6$ և $-\dot{\tau}_4, -\dot{\tau}_5, -\dot{\tau}_6$ -ը երկրորդ մալուխի-
ֆազային հաղորդալարերի լիցքերի գծային խտությունները և նրանց հայելային պատ-
կերներն են:



Նկ. 2. Լարվածության կախումը
 x կոորդինատից հողի մակերևույթի
կետերում, երբ $D = 0,03$ մ, $R = 0,006$ մ



Նկ. 3. Լարվածության կախումը
 x կոորդինատից հողի մակերևույթի կետերում,
երբ $D = 0,04$ մ, $R = 0,009$ մ



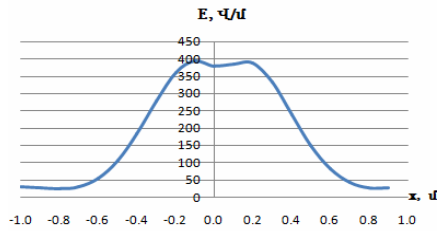
Նկ. 4. Երկշղթա մալուխային գծի էլեկտրական դաշտի հաշվարկման սխեման

Ըստ նկ. 4-ում բերված դասավորության և հայտնի $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_3, \dot{U}_4, \dot{U}_5, \dot{U}_6$ ֆազային
լարումների որոշված $\dot{\tau}_1, \dot{\tau}_2, \dot{\tau}_3, \dot{\tau}_4, \dot{\tau}_5, \dot{\tau}_6$ գծային խտությունների՝ հաշվարկվել են $\bar{E}$ -ի
բաղադրիչները նույն եղանակով, որ կիրառել էինք 3 միաֆազ մալուխների (1, 2, 3)
դեպքում: Արդյունքները ներկայացված են նկ. 5 և 6-ում պատկերված գրաֆիկների
միջոցով:

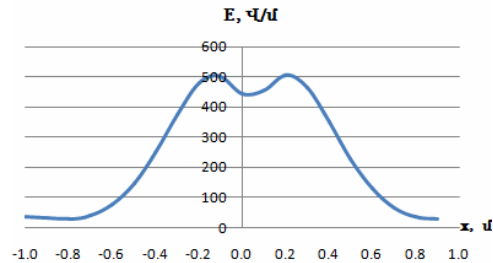
Համեմատելով նկ.5 և 6-ի գրաֆիկները նկ. 2 և 3-ի գրաֆիկների հետ, պարզվում
է, որ մեկ խրամուղու մեջ երկշղթա մալուխային գծի անցկացումը գործնականում
էապես փոքրացնում է էլեկտրական դաշտի լարվածությունը մալուխը շրջապատող
միջավայրում և հողի մակերևույթի վրա: Ընդ որում, ի տարբերություն միաշղթայի,

այս դեպքում $X = 0 \dots 0,6$ տիրույթում $E(x)$ ֆունկցիան կտրուկ նվազում է և $X = 0,8$ չդեպքում գործնականում հավասար է զրոյի:

Ամփոփելով քանակական հաշվարկներով ստացված արդյունքները՝ կարելի է անել հետևյալ եզրակացությունները.



Նկ. 5. Լարվածության կախումը x կոորդինատից հողի մակերևույթի կետերում՝ $D = 0,03$ մ, $R = 0,006$ մ ֆազերի $ABC-(abc)$ հերթականության դեպքում



Նկ. 6. Լարվածության կախումը x կոորդինատից հողի մակերևույթի կետերում՝ $D = 0,04$ մ, $R = 0,009$ մ ֆազերի $ABC-(abc)$ հերթականության դեպքում

1. Առանց մետաղական էլրանի 6...10 կՎ լարման միաշղթա մալուխային գծի հաղորդալարերի մոտակայքում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը բարձր է, նույնիսկ եզրային ջղերից $0,8$ մ և ավելի հեռավորությունների վրա մոտ 400 Վ/մ է, և չի բացառվում թափառող հոսանքների առաջացումը:

2. Միևնույն խրամուղու մեջ երկշղթա մալուխային գծի անցկացումը հանգեցնում է ամենուրեք էլեկտրական դաշտի զգալի նվազման, ինչպես նաև թափառող հոսանքների բացակայության:

3. Երկշղթա գծի դեպքում խրամուղու հատակից $0,6$ մ բարձրության վրա (հողի մակերևույթին) լարվածությունն ունի միայն ուղղաձիգ E_x բաղադրիչ ($E_y=0$), որի մեծությունը $X = \pm 0,2$ մ կոորդինատով կետերում ունի առավելագույն՝ մոտ 400 Վ/մ արժեք, որը քայլային լարման վրաորնէ ազդեցություն չունի:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Գրիգորյան Վ.Ա., Կարախանյան Լ.Հ.** Մալուխային գծի ջղերի դասավորության ազդեցությունը էներգիայի հաղորդման արդյունավետության վրա // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր. – 2007. – Հ. 4, № 3. – էջ 401-405:
2. **Демирчян К.С., Нейман Л. Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л.** Теоретические основы электротехники. Т. 3. – М., СПб., 2004. – 384 с.
3. **Կարախանյան Լ.Հ., Գրիգորյան Վ.Ա.** Եռաֆազ մալուխի զուգահեռ տեղակայված ջղերի հեռավորության լավարկում // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. – 2004. – Հ. 61, № 2. – էջ 131-135:

4. **Калужный А.Х., Шушуев А.А., Заикина М.М.** Применение фазоповоротных трансформаторов и устройств для управления потоками мощности в современных энергосистемах и энергообъединениях // Управляемые электропередачи.- Кишинев, 1992. -Вып. 6.- С. 105-115.

ՀղձՀ (Պոլիտեխնիկ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 28.02.2012:

В.А.ГРИГОРЯН, Л.О.КАРАХАНЫАН, Н.М.СААКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОДНОЦЕПНОЙ И ДВУХЦЕПНОЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Исследовано распределение потенциала и напряженности электрического поля одноцепной и двухцепной кабельной линии электропередачи в среде, окружающей фазовые проводники.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, потенциал, метод зеркальных изображений.

V.A. GRIGORYAN, L.H. KARAKHANYAN, N.M. SAHAKYAN

INVESTIGATION OF THE ELECTRIC FIELD OF SINGLE-CIRCUIT AND DOUBLE-CIRCUIT CABLE TRANSMISSION LINE

Distribution of the potential and tension of the electric field of single - circuit and double-circuit cable transmission line in the medium surrounding the phase conductors is investigated.

Keywords: tension, potential of electric field, method of mirror images.