

Д.К. АРАКЕЛЯН, Д.Д. ДАВТЯН

**ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРИВОДНОГО
СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ РУДОРАЗМОЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПРИ
ИЗМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

Предлагается алгоритм для оценки потерь потребляемой мощности приводного синхронного двигателя рудоразмольной мельницы, позволяющий при разных приводных двигателях и их рабочих режимах, а также при изменении технологических и энергетических показателей получить потери мощности приводного синхронного двигателя.

Ключевые слова: синхронный двигатель, технологические параметры, мощность, потери.

D.K. ARAKELYAN, D.D. DAVTYAN

**ASSESSING THE LOSSES OF THE CONSUMED POWER OF THE DRIVE
SYNCHRONOUS MOTOR POWER OF THE ORE-GRINDING MILL AT
CHANGING THE TECHNOLOGICAL AND POWER INDICES**

An algorithm for assessing the losses of the consumed power of the drive synchronous motor power of the ore-grinding mill allowing, at different drive motors and their operation modes, as well as at changing the technological and power indices, to obtain the drive synchronous motor power losses.

Keywords: synchronous motor, technological parameters, power, losses.

ՀՏԴ 621.31.0.16.313

Տ.Ս. ԳՆՈՒՆԻ, Լ.Հ. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ 0,38/0,22 ԿՎ ԼԱՐՄԱՆ ՈՉ ԼՐԱԿԱԶՄ ԷԼԵԿՏՐԱՑԱՆՑԵՐՈՒՄ
ԲԵՌՆՎԱԾՔԻ ԱՆՀԱՎԱՍԱՐԱԶԱՓՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑԻ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ
ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Որոշվել են Հայաստանի 0,38/0,22 կՎ լարման էլեկտրացանցերի ոչ լրակազմ միաֆազ և երկֆազ հատվածների համար անհավասարաչափության գործակիցները՝ վիճակագրական վերլուծության մեթոդների կիրառմամբ, որի արդյունքներով բացահայտվել է, որ 0,38/0,22 կՎ լարման շրջանային և քաղաքային էլեկտրացանցերի միաֆազ և երկֆազ էլեկտրահաղորդման գծերի բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակիցների բաշխումը համապատասխանում է վեյբուլյան բաշխման օրինաչափությանը: Որոշվել են բաշխման բնութագրերը:

Առանցքային բառեր. բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակից, փոփոխականի շարք, տեխնիկական կորուստներ, ինտեգրալ ցուցանիշ, մաթեմատիկական սպասմ:

0,38/0,22 կՎ լարման էլեկտրացանցերում էլեկտրաէներգիայի կորուստների հաշվարկը համարվում է առավել աշխատատար, որը պայմանավորված է ծավալուն տեղեկատվությամբ, էլեկտրահաղորդման գծերի երկարությամբ և ճյուղավոր-

մամբ, ռեժիմային հարաչափերի պատահական փոփոխմամբ, առանձին հատվածներում ֆազային տարբեր հաղորդալարերի (եռաֆազ, երկֆազ, միաֆազ) կատարմամբ և դրանց անհավասարաչափ բեռնավորմամբ: Այդ պայմաններում անհրաժեշտություն է առաջանում իրականացնել գործիքային չափումներ, ձևավորել համապատասխան ընտրաքանակ, կատարել դրա վիճակագրական վերլուծությունը և տվյալ վստահելի հավանականությամբ արդյունքներն ամբողջությամբ տարածել դիտարկվող էլեկտրական ցանցերի վրա:

ՀՀ հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի կողմից հաստատված «0,38...35 կՎ լարման էլեկտրական ցանցերում էլեկտրաէներգիայի տեխնոլոգիական կորուստների հաշվման մեթոդիկայի» [1] համաձայն, 0,38/0,22 կՎ էլեկտրական ցանցերի տարրերում էլեկտրաէներգիայի բեռնվածքային կորուստների հաշվարկն իրականացվում է (1) բանաձևով՝

$$\Delta W = K_{\omega} I_{\text{միջ}}^2 r T_{\text{հաշ}} , \quad (1)$$

որտեղ K_{ω} -ն բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակիցն է, $I_{\text{միջ}}$ -ը՝ գծային հոսանքի միջին արժեքը, U , r -ը՝ էլեկտրացանցերի հաղորդալարերի ակտիվ դիմադրությունը, Om , $T_{\text{հաշ}}$ -ը՝ հաշվետու ժամանակահատվածի տևողությունը, σ :

Ընդհանուր դեպքում անհավասարաչափության գործակցի մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝ [1]

$$K_{\omega} = \frac{3nU_{\text{միջ}}^2}{S_{\text{միջ}}^2} \sum_{i=1}^n (I_{Ai}^2 + I_{Bi}^2 + I_{Ci}^2 + FI_{Ni}^2), \quad (2)$$

որտեղ $n = T_{\text{հաշ}} / \Delta t$ -ը հատվածների թիվն է հաշվետու ժամանակահատվածում $T_{\text{հաշ}}$ ընտրված դիսկրետ Δt քայլի համար, I_A -ն, I_B -ն, I_C -ն՝ ֆազային հոսանքները, I_N -ը՝ չեզոք հաղորդալարի հոսանքը, i -ն՝ ֆազային հոսանքի ընթացիկ արժեքը նշող ինդեքսը, $F = r_i / r_{\Phi}$ -ը՝ չեզոք (r_i) և ֆազային (r_{Φ}) հաղորդալարերի դիմադրությունների հարաբերությունը, $U_{\text{միջ}}$ -ը՝ չափումների ամբողջ ժամանակահատվածում ֆազային լարման միջին արժեքը, $S_{\text{միջ}}$ -ը՝ չափումների ամբողջ ժամանակահատվածում սպառվող հզորության միջին արժեքը:

0,38/0,22 կՎ լարման էլեկտրական ցանցերում K_{ω} բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակիցը էլեկտրաէներգիայի սպառման բնույթի ինտեգրալ ցուցանիշն է:

Քանի որ 0,38/0,22 կՎ լարման էլեկտրացանցերի սխեմային և ռեժիմային պարամետրերի փոփոխությունը կրում է պատահական բնույթ, ապա նաև անհավասարաչափության գործակիցն ընդունում է պատահական արժեքներ, և դրա մեծու-

թյան հետազոտությունը նպատակահարմար է իրականացնել վիճակագրական վերլուծության մեթոդների կիրառմամբ:

«Հայաստանի էլեկտրական ցանցեր» ՓԲԸ-ում իրականացվել են 0,38/0,22 կՎ լարման էլեկտրացանցերի եռաֆազ մայրուղային էլեկտրահաղորդման գծերի գլխամասային հանգույցներում ռեժիմային պարամետրերի լայնածավալ գործիքային չափումներ և անհավասարաչափության գործակցի վիճակագրական վերլուծություն [2]: Քանի որ էլեկտրական ցանցերի ոչ լրակազմ միաֆազ և երկֆազ հատվածներում գործիքային չափումների իրականացման հնարավորությունները սահմանափակ են, ուստի և բացակայում են դրանց բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակցի հաշվարկի համար բավարար տվյալները: Էլեկտրացանցերի ոչ լրակազմ հատվածներում ռեժիմային պարամետրերի ձևավորման համար օգտագործվել են գործիքային չափումներով ստացված եռաֆազ էլեկտրահաղորդման գծերի ռեժիմային պարամետրերը՝ կիրառելով դրանց նկատմամբ հետևյալ մոտեցումները.

- երկֆազ հատվածների համար հաջորդականորեն գրոյացվել են մեկ ֆազի չափագրված պարամետրերը,
- միաֆազ հատվածների համար հաջորդականորեն գրոյացվել են երկու ֆազերի չափագրված պարամետրերը:

Արդյունքում՝ ձևավորվել է չորս ընտրաքանակ, որոնք կազմված են 3235 շրջանային և 943 քաղաքային միաֆազ, 3223 շրջանային և 954 քաղաքային երկֆազ էլեկտրացանցային հատվածների բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակիցների արժեքներից:

Համապատասխան ձևափոխություններով կարելի է ներկայացնել ընտրաքանակի տարրերը փոփոխականի շարքով և որոշել դրանց վիճակագրական բնութագրերը:

Փոփոխականի շարքի միջակայքերի երկարության և քանակի որոշման համար օգտվել ենք Ստերջեսի բանաձևից [3].

$$m = 1 + 3,322 \lg n, \quad (3)$$

$$k = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{m}, \quad (4)$$

որտեղ m -ը միջակայքերի քանակն է, k -ն՝ միջակայքի երկարությունը, n -ը՝ ընտրաքանակի ծավալը, $x_{\max}$ և $x_{\min}$ -ը՝ ընտրաքանակի՝ առավելագույն և նվազագույն արժեքները:

Հայաստանի շրջանների և Երևան քաղաքի համար անհավասարաչափության գործակիցների փոփոխականի շարքի ձևավորման և վերջինիս վերլուծության արդյունքները ամփոփված են աղ. 1-ում:

Ստեղծված ընտրաքանակի փոփոխականի շարքը միա-երկֆազ էլեկտրացանցերի համար

Էլեկտրացանց	Միջակայքերի քանակ	Միջակայքերի երկարություն	Տվյալների ընդհանուր քանակ	Թվաբանական միջին	Միջին քառակուսային շեղում
	M	k	$n = \sum n_i$	$\bar{x} = \frac{\sum u_i}{n}$	$s_{\text{վ}} = \sqrt{\frac{\sum v_{li}}{n}}$
Միաֆազ էլեկտրական ցանց					
շրջանային	13	0,591	3235	7,814	1,058
քաղաքային	11	0,812	943	7,417	0,907
Երկֆազ էլեկտրական ցանց					
շրջանային	13	0,411	3223	3,724	0,913
քաղաքային	11	0,439	954	3,335	0,729

Անհավասարաչափության գործակիցների վիճակագրական վերլուծության համար դիտարկվել են երկու այլընտրանքային գիտավարկածներ:

Ըստ առաջին գիտավարկածի ենթադրում ենք, որ փորձական հաճախականությունների բաշխումը համապատասխանում է նորմալ բաշխման օրինաչափությանը, որի բնութագրերը համապատասխանում են աղ. 1-ում բերված թվաբանական միջինին և միջին քառակուսային շեղմանը: Քանի որ անհավասարաչափության գործակցի արժեքը $K_{\text{ագ}} \geq 1$, ուստի որպես այլընտրանքային քննարկված է գիտավարկած առ այն, որ պատահական մեծության արտացոլման $\varphi: x \mapsto (x-1) = x^*$ փորձական հաճախականությունների բաշխումը համապատասխանում է վեյբուլյան օրինաչափությանը [4]

$$f_x(x^*) = \begin{cases} \frac{k}{\rho} \left(\frac{x^*}{\rho} \right)^{k-1} \exp \left(- \left(\frac{x^*}{\rho} \right)^k \right), & x^* \geq 1, \\ 0, & x^* < 0, \end{cases} \quad (3)$$

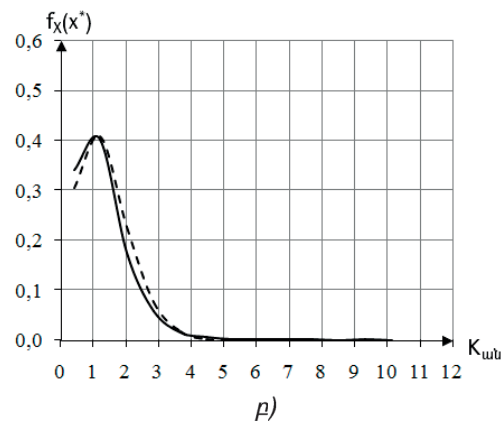
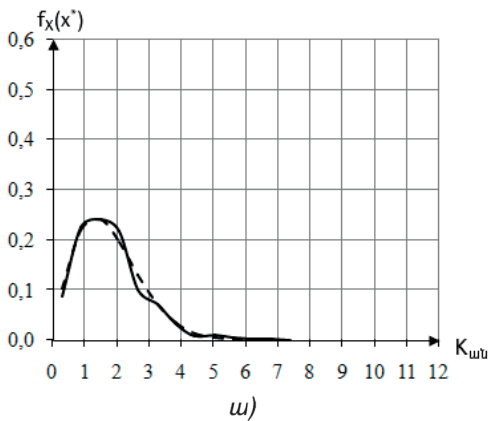
որտեղ $f_x(x^*)$ -ը x^* պատահական մեծության բաշխման խտությունն է, $k > 0$ -ն՝ բաշխման կորի ձևը բնորոշող գործակիցը, $\rho = M(x^*)/\mu$ -ն՝ մասշտաբի գործակիցը, $M(x^*)$ -ը՝ x^* պատահական մեծության մաթեմատիկական սպասումը, $\mu = \Gamma(1 + 1/k)$ -ն՝ տեղեկատու նյութերի հիման վրա որոշվող գամմա-ֆունկցիայի արժեքը:

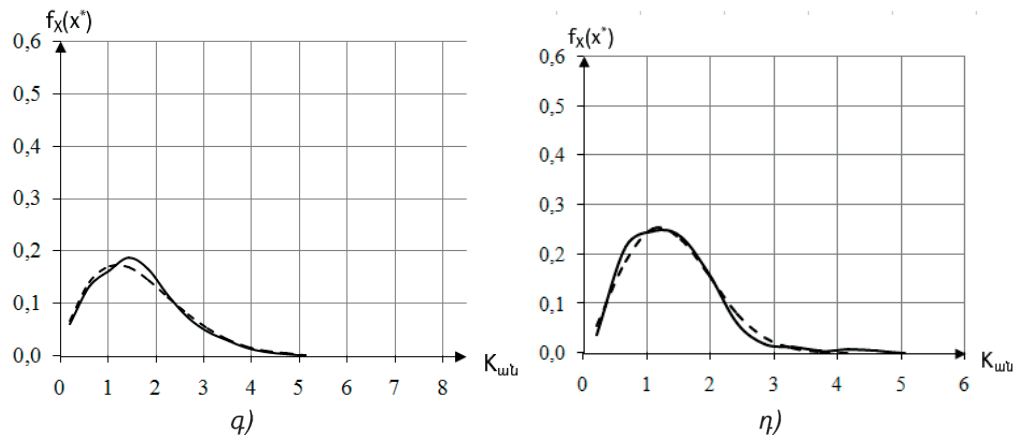
Վեյբուլյան բաշխման օրինաչափության բնութագրերը բերված են աղ. 2-ում:

Վեյբուլյան բաշխման օրինաչափության բնութագրերը արտացոլված
հաճախականությունների համար

Էլեկտրա- ցանց	Ձևի գործա- կից	Մասշտ. գործա- կից	Մաթ. սպասում	Մեդիան	Մոդ	Ցրվածք
	k	ρ	$M(x^*) = \rho \mu$	$Me(x^*) = \rho \ln(2)^{\frac{1}{k}}$	$Mo(x^*) = \frac{\rho(k-1)^{\frac{1}{k}}}{k^{\frac{1}{k}}}$	$D(x^*) = \rho^2 \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \mu^2$
Միաֆազ էլեկտրական ցանց						
շրջանային	1,86	2,00	6,802	6,668	6,347	0,991
քաղաքային	2,20	1,58	6,519	6,405	6,127	0,786
Երկֆազ էլեկտրական ցանց						
շրջանային	1,86	2,00	2,965	2,822	2,472	0,977
քաղաքային	2,20	1,58	2,330	2,268	2,130	0,671

Նկարում ներկայացված են արտացոլված փորձնական հաճախականության և աղ. 2-ում բերված բնութագրերով վեյբուլյան բաշխման խտության կորերը:





Նկ. Արտացոլված փորձնական հաճախականության և վեյբուլյան բաշխման խտության կորերը շրջանային (ա), քաղաքային (բ) միաֆազ և շրջանային (գ), քաղաքային (դ) երկֆազ էլեկտրական ցանցերի համար

Արտացոլված փորձնական հաճախականությունների բաշխման՝ դիտարկված օրինաչափություններին համապատասխանությունը ստուգելու համար օգտագործվել է Կոլմոգորովի չափանիշը: Ստուգման ընտրաքանակի արդյունքներն ամփոփված են աղ. 3-ում:

Աղյուսակ 3

Տեղաբաշխման տեսական օրենքի մասին գիտավարկածի ստուգման արդյունքները

Էլեկտրացանց		Նորմալ օրենք	Վեյբուլյան օրենք
		λ_n	λ_d
Միաֆազ	շրջանային	55,04	1,270
	քաղաքային	30,27	1,213
Երկֆազ	շրջանային	27,38	1,221
	քաղաքային	16,21	0,65

Կոլմոգորովի չափանիշի կրիտիկական արժեքը $\alpha=0,05$ նշանակության մակարդակի համար ըստ համապատասխան տեղեկատու տվյալների՝ $\lambda_{0,05}=1,36$ [4]: Ընդունվում է այն գիտավարկածը, որի համար $\lambda_i \leq \lambda_{0,05}$:

Աղ. 3-ում բերված արժեքները ցույց են տալիս, որ Հայաստանի շրջանների և Երևան քաղաքի համար փորձնական բաշխումները չեն համապատասխանում նորմալ բաշխման օրինաչափությանը, և այդ գիտավարկածը մերժվում է:

Վեյբուլյան օրինաչափության բաշխմանը համապատասխանության ստուգումը ցույց է տալիս, որ չորս դեպքերում էլ առկա են $\lambda_{շրջ.միաֆ.}=1,270 < \lambda_{0,05}$, $\lambda_{շրջ.երկֆ.}=1,221 < \lambda_{0,05}$,

$\lambda_{p.միաֆ.}=1,213 < \lambda_{0,05}$ և $\lambda_{2\text{րդ.երկֆ.}}=0,65 < \lambda_{0,05}$ պայմանները: Այսինքն, վեյբուլյան բաշխման օրինաչափության վերաբերյալ գիտավարկածը կարող է ընդունվել:

Եզրակացություն: Հայաստանի 0,38/0,22 կՎ լարման շրջանային և քաղաքային էլեկտրացանցերի ոչ լրակազմ էլեկտրահաղորդման գծերի բեռնվածքի անհավասարաչափության գործակիցների արժեքների վիճակագրական վերլուծության արդյունքները ցույց են տվել, որ դրանց էպիրիկ բաշխումը համապատասխանում է վեյբուլյան բաշխման օրինաչափությանը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. 0,38...35 կՎ լարման էլեկտրական ցանցերում էլեկտրաէներգիայի տեխնոլոգիական կորուստների հաշվման մեթոդիկա/Հաստատված է ՀՀ հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի առ 8 հոտեմբերի 2002թ. թիվ 65ա որոշմամբ:
2. **Гнуни Т.С., Гнуни Б.Т.** Статистический анализ коэффициентов неравномерности нагрузки в электрических сетях 0,4кВ Армении // Вестник ГИУА. Серия “Электротехника, Энергетика”.-2012.- Вып. 15, №2.- С.78-86.
3. **Ефимова М.Р., Рябцев В.М.** Общая теория статистики: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 304 с.
4. **Кремер Н.Ш.** Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 543 с.

Т.С. ГНУНИ, Л. Г. АЛЕКСАНИЯ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗКИ В НЕДОУКОМПЛЕКТОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ АРМЕНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0.38/0.22 кВ

Рассматриваются вопросы определения коэффициентов неравномерности недоукомплектованных однофазных и двухфазных участков Армянской электросети 0.38/0.22 кВ методом статистического анализа. Выявлено соответствие неравномерных коэффициентов однофазных и двухфазных нагрузок линий электропередач городских и районных сетей 0.38/0.22 кВ закономерному распределению Вейбулла и определены их характеристики.

Ключевые слова: коэффициент неравномерности нагрузки, вариационный ряд, технические потери, интегральный показатель, математическое ожидание.

T.S. GNUNI, L.H. ALEKSANYAN

**INVESTIGATING THE ANGULAR NON-SYMMETRY OF THE LOAD
NON-UNIFORMITY COEFFICIENT IN 0.38/0.22kV POWER GRIDS BY THE
METHOD OF STATISTICAL ANALYSIS**

Issues on determining the non-uniformity coefficients of noncompleted one- phase and two-phase sections of the Armenian power net of 0.38/0.22 kV by the method of statistical analysis is considered. The conformity of nonuniform coefficients of single-phase and two-phase loads of power transmission lines of urban and rural nets of 0.38/0.22 kV to the regular Veibulle distribution is revealed, and their characteristics are determined.

Keywords: non-uniformity coefficient, variation series, technical loss, integral index, mathematical expectation.

УДК 530.691

М.А. АРАМЯН

**СЛЕДСТВИЯ, ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ПОЛЯ**

Из теории электромагнитного поля Максвелла можно вывести временные функции между величиной векторного магнитного потенциала и электрическим $A = Et$ и магнитным $A = Bl$ полями. Эти функции, аналогично полной системе уравнений Максвелла, позволяют при заданных начальных и граничных условиях решить любые электромагнитные задачи.

Ключевые слова: теория электромагнитного поля, временные функции, электромагнитные задачи.

Введение. Теория электромагнитного поля (ТЭМП) Максвелла построена за десять лет и опубликована в трех больших работах [1-3]. При этом было учтено все, что было известно к этому времени в теории электромагнитных явлений.

В [1] были использованы теоретические и экспериментальные исследования М. Фарадея [4,5] и выведены уравнения ТЭМП:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{H} &= \boldsymbol{\delta}, \operatorname{div} \mathbf{D} = 4\pi\rho, \operatorname{div} \boldsymbol{\delta}_{\text{np}} = 0, \mathbf{B} = \operatorname{rot} \mathbf{A}, \mathbf{E} = -\operatorname{grad} \varphi, \\ \boldsymbol{\delta}_{\text{np}} &= \gamma \mathbf{E}, \mathbf{E} = -\partial \mathbf{A} / \partial t, \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_V \rho dV / r. \end{aligned} \quad (\text{I группа})$$

В первой группе уравнений не определено, что представляет собой плотность тока $\boldsymbol{\delta}$.

Во второй большой работе [2] первая группа уравнений поля значительно увеличена:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \boldsymbol{\delta}, \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t, \operatorname{div} \mathbf{D} = \rho, \mathbf{E} = [\mathbf{vB}] - \partial \mathbf{A} / \partial t - \operatorname{grad} \varphi,$$