

ОЦІНКА ІМОВІРНІСНОЇ НЕСИМЕТРІЇ СТРУМІВ І НАПРУГ НА ОСНОВІ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

О. О. МІРОШНИК, доктор технічних наук, доцент
*Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. П. Василенка*
E-mail: Miroshnyk@rambler.ru

Анотація. *Наведено теоретичні обґрунтування та рекомендації щодо практичного застосування методики розрахунку імовірнісної несиметрії в чотирипровідних мережах 0,38/0,22 кВ на основі використання графіків навантаження за тривалістю на підстанції. Вирішено задачу оцінки імовірнісної оцінки несиметрії за умови кутової симетрії струмів і пофазної рівності середніх значень коефіцієнтів потужності. Наведено графіки залежності симетричних складових струмів в чотирипровідних мережах 0,38/0,22 кВ, які показали, що похибка за апроксимації графіків комунально-побутових споживачів не перевищує 5%. Наведено сімейство кривих, що показують характер зміни коефіцієнтів заповнення графіків від частки силових споживачів в загальному складі навантаження для споживчих підстанцій з різною встановленою потужністю. Визначені залежності показників ступеня апроксимуючої функції для всіх видів графіків навантаження споживчих трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ. Виконана перевірка інтеграла імовірності на основі результатів статистичної обробки численних безпосередніх вимірювань фазних струмів на вводах трансформаторів споживчих підстанцій 10/0,4 кВ. Виконано статистичний аналіз даних вимірювань в сільських розподільних мережах 0,38/0,22 кВ, який показав, що розподіл струмів в фазах підпорядковується нормальному закону.*

Ключові слова: *несиметрія струмів, втрати електричної енергії, мережа 0,38/0,22 кВ, графіки навантаження*

Актуальність. Ефективність використання електричної енергії визначається створенням таких умов її споживання, за яких забезпечується необхідна якість електричної енергії, що впливає на додаткові втрати в мережі [1, 2]. Актуальність проблеми покращення якості та зменшення додаткових втрат при цьому особливо зростає в сільських електричних мережах, напругою 0,38/0,22 кВ. Несиметрія струмів і напруг у мережах приводить до збільшення у вузлах навантаження відхилення напруги від допустимого значення, скороченню терміну служби електродвигунів агропромислового комплексу та іншим негативним явищам у мережах і приймачах електроенергії. Тому знання

величини несиметрії в мережі дозволяє уточнити рівень втрат електроенергії та застосувати відповідні заходи щодо їх зниження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Численні дослідження, присвячені аналізу режимів роботи сільських мереж напругою до 0,38/0,22 кВ [3, 4], показали, що несиметрія струмів обумовлена роботою комунально-побутового навантаження, основну частину якого становлять нерівномірно розподілені за фазами однофазні електроприймачі, що мають випадковий характер включення.

Розрізняють два види несиметрії: систематичну та імовірнісну або випадкову. Систематична несиметрія обумовлена постійним в часі нерівномірним навантаженням фаз, імовірнісна несиметрія відповідає навантаженням, які змінюються в часі випадково [3]. За розгляду питань імовірнісної несиметрії випадковими величинами є струми у фазах трифазної мережі. Оскільки втрати напруги є лінійними функціями фазних струмів, то й закон розподілу буде таким же, як і для струмів.

Мета дослідження – виконати оцінку імовірнісної несиметрії в розподільних мережах 0,38/0,22 кВ на основі використання графіків навантаження за тривалістю на підстанції.

Матеріали і методи дослідження. Зазвичай на практиці криві розподілу ймовірностей навантаження (графіки густини ймовірностей) невідомі. Однак можуть бути відомі графіки навантаження, виражені потужностями або, що значно частіше зустрічається за експлуатації трансформаторних підстанцій, струмами. Між графіками густини ймовірностей навантаження та графіками навантаження, перебудованими за тривалістю, існує проста залежність. Якщо рівняння графіка навантаження за тривалістю відоме, може бути легко отримане рівняння графіка щільності ймовірностей навантаження та навпаки.

Нехай графік навантаження за тривалістю заданий рівнянням

$$t = t I . \quad (1)$$

Імовірність появи струму I дорівнює:

$$P I = dt = -t' I dI . \quad (2)$$

З іншого боку, розглядаючи рівняння графіка густини ймовірностей

$$P = f I , \quad (3)$$

видно, що

$$P I = f I dI . \quad (4)$$

Порівнюючи (2) і (4), одержимо співвідношення:

$$f I = -t' I . \quad (5)$$

Вираз (5) встановлює зв'язок між графіком густини ймовірностей і графіком навантаження за тривалістю.

Розглянемо методику вирішення задачі імовірнісної оцінки несиметрії в трифазній чотирипровідній мережі. Нехай задані криві розподілу (графіки густини ймовірності) трьох незалежних випадкових величин своїми рівняннями:

$$P_1 = f_1 \xi , P_2 = f_2 \eta , P_3 = f_3 \zeta . \quad (6)$$

Значення ξ , η і ζ , прийняті випадковими величинами, змінюються в інтервалах:

$$a_1 \leq \xi \leq b_1, a_2 \leq \eta \leq b_2, a_3 \leq \zeta \leq b_3, \quad (7)$$

де $f_1 \xi$, $f_2 \eta$, $f_3 \zeta$ – безперервні функції.

Нехай дана деяка залежність (у вигляді нерівності) між величинами ξ , η і ζ :

$$F \xi, \eta, \zeta \leq M. \quad (8)$$

Потрібно знайти імовірнісну оцінку виконання цієї залежності:

$$P F \xi, \eta, \zeta \leq M, \quad (9)$$

де M – дійсна позитивна або негативна постійна.

Згідно [3] вираз (9) запишеться:

$$\begin{aligned} P F \xi, \eta, \zeta \leq M &= \\ &= \iiint_V f_1 \xi f_2 \eta f_3 \zeta d\xi d\eta d\zeta, \end{aligned} \quad (10)$$

причому область інтегрування являє собою перетин куба, що обмежений площинами

$$\xi = a_1, \xi = b_1, \eta = a_2, \eta = b_2, \zeta = a_3, \zeta = b_3,$$

з множиною точок простору $O\xi\eta\zeta$, обумовленою нерівністю:

$$F \xi, \eta, \zeta \leq M. \quad (11)$$

Ввівши у вираз (10) замість густини імовірностей $f_1 \xi$, $f_2 \eta$, $f_3 \zeta$ функції, що описують графіки навантажень за тривалістю $t_1 I_1$, $t_2 I_2$, $t_3 I_3$, одержимо:

$$\begin{aligned} P F I_1, I_2, I_3 \leq M &= \\ &= \iiint t_1 I_1 t_2 I_2 t_3 I_3 dI_1 dI_2 dI_3. \end{aligned} \quad (12)$$

Таким чином, для вирішення даної задачі необхідно знати рівняння графіків навантаження за тривалістю та функцію $F I_1, I_2, \dots$, що визначає область інтегрування. На підстанціях, що не обслуговуються, графіки навантаження можуть бути отримані в результаті спеціальних вимірювань, а на підстанціях, що обслуговуються, вони будуються регулярно за показниками приладів обліку. Що стосується функції $F I_1, I_2, \dots$, тобто співвідношення між струмами, то вона визначається умовами поставленої задачі.

Перейдемо до вирішення задачі імовірнісної оцінки несиметрії за умови кутової симетрії струмів і пофазної рівності середніх значень коефіцієнтів потужності.

Позначимо навантаження трьох фаз через x , y і z ($I_{\min} = x, I_{cp} = y, I_{\max} = z$). Тоді відповідно до (2) запишемо:

$$dt x = -t' x dx,$$

$$\begin{aligned} dt y &= -t' y dy, \\ dt z &= -t' z dz. \end{aligned} \quad (13)$$

Якщо розглядати ці диференціали як імовірності появи відповідних навантажень, то тривалість одночасної дії навантажень x , y і z буде дорівнювати:

$$dt x dt y dt z = -t' x t' y t' z dx dy dz. \quad (14)$$

Виконаємо оцінку нерівномірності навантажень через відносні різниці значень фазних струмів:

$$a = \frac{I_{cp} - I_{min}}{I_{max}} \quad b = \frac{I_{max} - I_{cp}}{I_{max}}, \quad (15)$$

де I_{max} , I_{cp} , I_{min} – відповідно діючі значення струмів максимально, середньо та мінімально навантаженої фази.

Несиметрія, викликана різними за величиною навантаженнями фаз, може визначатися завданням двох величин a та b за виразами:

$$\begin{aligned} y &= x + a, \\ z &= y + b. \end{aligned} \quad (16)$$

На рис. 1 показані графіки залежності симетричних складових струмів у чотирипровідній мережі 0,38/0,22 кВ від величин a і b . Тривалість несиметрії, що перевищує або дорівнює значенням a і b , є функцією цих значень. Позначимо її $S_{a,b}$. Вона являє собою імовірність того, що будуть виконані нерівності:

$$y - x \geq a \quad \text{і} \quad z - y \geq b, \quad (17)$$

тобто

$$S_{a,b} = P_{y-x \geq a; z-y \geq b}. \quad (18)$$

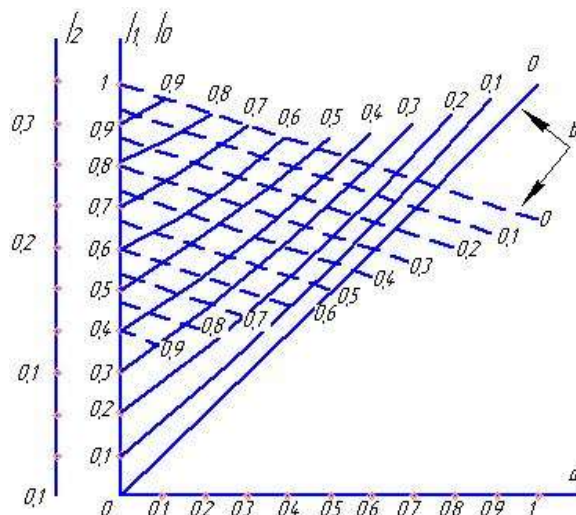


Рис. 1. Графіки залежності симетричних складових струмів у чотирипровідній мережі від величин a і b

Цю величину згідно з теоремою додавання імовірностей [5], одержимо потрійним інтегруванням (12) за областю V , яка обумовлена нерівностями:

$$\begin{aligned} 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1, \\ y - x \geq a, z - y \geq b, \end{aligned} \quad (19)$$

$$S_{a,b} = \iiint_V t^x t^y t^z dx dy dz. \quad (20)$$

Беручи до уваги (19), вираз (20) вирішує поставлену задачу. Розставивши межі інтегрування, одержимо остаточно:

$$\begin{aligned} P_{y-x \geq a; z-y \geq b} = \\ = \int_0^{1-a-b} t^x dx \int_{x+a}^{1-b} t^y dy \int_{y+b}^1 t^z dz. \end{aligned} \quad (21)$$

За виконання обчислень повинна бути дотримана умова:

$$a + b \leq 1. \quad (22)$$

Трипровідні відгалуження можуть розглядатися як окремий випадок, коли, наприклад, $z = 0$. При цьому необхідне здійснення умови

$$S_a = P_{y-x \geq a}. \quad (23)$$

Тобто, для вирішення задачі потрібно взяти подвійний інтеграл за областю D , що обумовлена в площині xy наступними умовами $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x - y \geq a$:

$$S_a = \iint_D t^x t^y dx dy. \quad (24)$$

Розставивши межі інтегрування, одержимо:

$$S_a = 2 \int_a^1 dx \int_0^{x-a} t^x t^y dy. \quad (25)$$

Формула (25) вирішує дану задачу.

Результати дослідження та їх обговорення. Порівняльний аналіз методів апроксимації, що запропоновані різними авторами [5-7] показав, що для вирішення даної задачі найбільш прийнятною є функція апроксимації виду:

$$t = 1 - i^n, \quad (26)$$

де

$$n = \frac{1 - k_3}{k_3},$$

k_3 – коефіцієнт заповнення графіка.

Розрахунки показують, що похибка за апроксимації графіків комунально-побутових споживачів за допомогою виразу (25) не перевищує 5%.

Для випадків, коли $n = 1, 2, 3, \dots, r, r + 1$, інтеграл імовірності (21) обчислюється точно, якщо n – величина дробова, вираз інтегрується приблизно.

У якості апроксимуючої може бути також запропонована дрібно-лінійна функція виду:

$$i = \frac{d + et}{q + t}. \quad (27)$$

За відповідного вибору коефіцієнтів d і e , функція (27) задовольняє основним вимогам:

- 1) є спадаючою;
- 2) при $t = 0$, $i = 1$;
- 3) при $t = 1$, $i = i_{min}$;
- 4) площа криволінійної трапеції, що визначається рівнянням $i = f t$

, дорівнює кількості спожитої електроенергії.

На рис. 2 наведене сімейство кривих [4, 5], що показують характер зміни коефіцієнтів заповнення графіків від частки силових споживачів у загальному складі навантаження $k_s = f P_c \%$ для споживчих підстанцій із установленою потужністю 0 – 50 кВт; 50 – 100 кВт і 100 – 300 кВт.

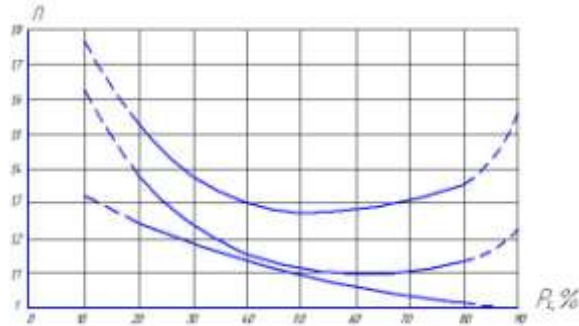


Рис. 2. Характер зміни коефіцієнтів заповнення графіків від частки силових споживачів у загальному складі навантаження $k_s = f P_c \%$

На основі наведених кривих обчислені залежності показників ступеня апроксимуючої функції (26) для всіх видів графіків навантаження споживчих підстанцій 10/0,4 кВ. Криві $n = f P_c \%$ показані на рис. 3.

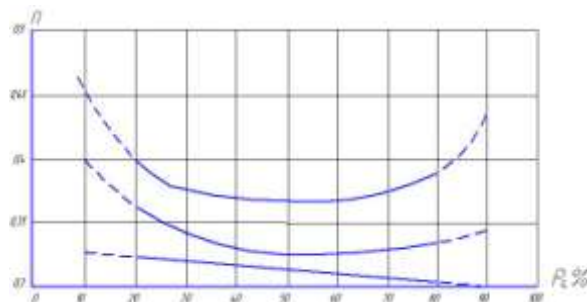


Рис. 3. Залежності показників ступеня апроксимуючої функції для всіх видів графіків навантаження споживчих підстанцій 10/0,4 кВ $n = f P_c \%$

Аналіз показує, що для всіх практично реальних випадків, коли до складу навантаження входять силові споживачі, показник ступеня перебуває в межах $1 \leq n \leq 2$.

Для випадків, коли силове навантаження відсутнє ($P_c = 0$), показник ступеня збільшується і для типового графіка із $P_c = 0$ наближається до 3.

Таким чином можна вважати, що для всього діапазону складу навантаження $0\% \leq P_c \leq 100\%$ будемо мати $3 \geq n \geq 1$.

Виходячи із установлених меж зміни n , обчислені значення інтеграла імовірності та побудовані криві $P_{y-x \geq a; z-y \geq b} = S_{a,b}$ для $n = 1, 2, 3$, наведені на рис. 4 – рис. 6.

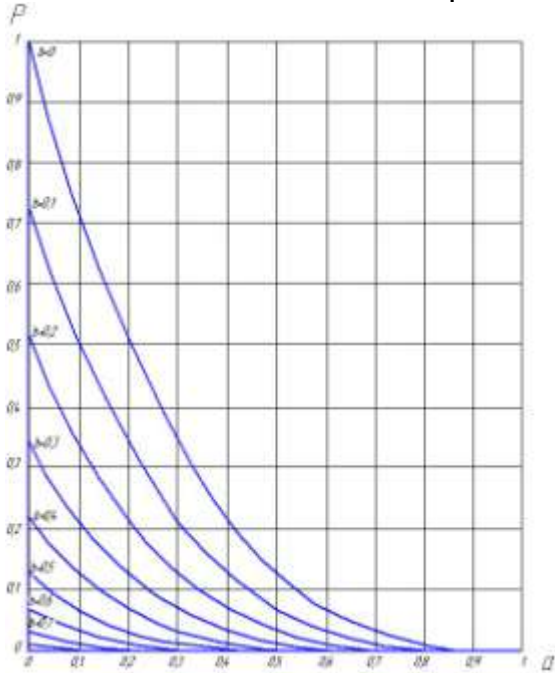


Рис. 4. Значення інтеграла імовірності для $n = 1$

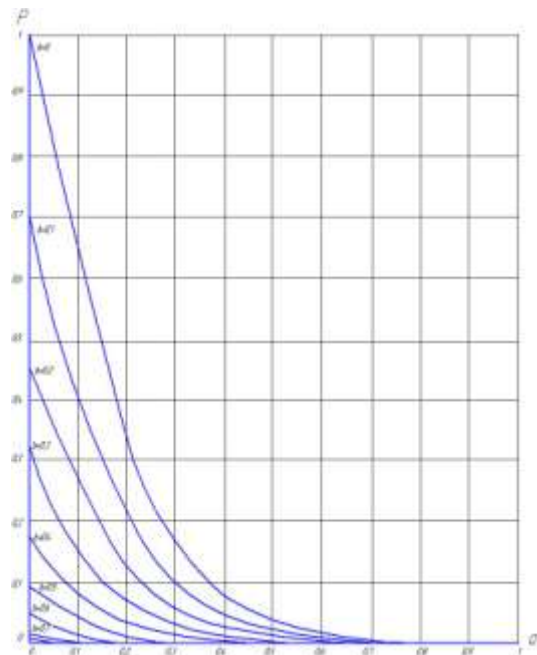


Рис. 5. Значення інтеграла імовірності для $n = 2$

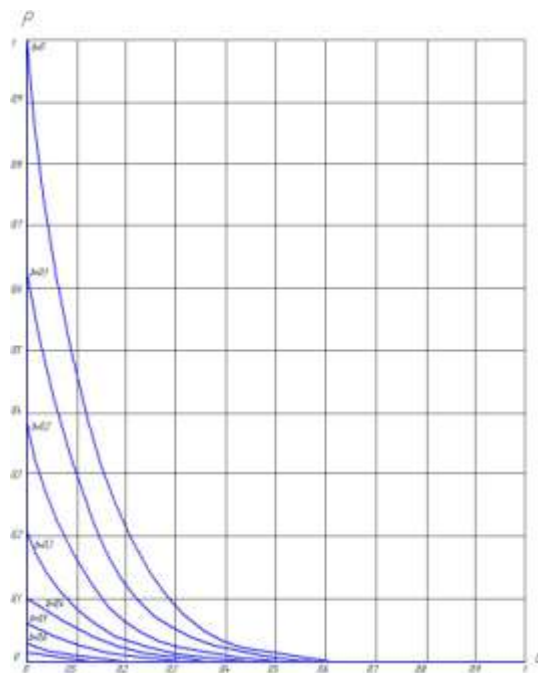


Рис. 6. Значення інтеграла імовірності для $n = 3$

Коефіцієнти заповнення графіків окремих видів навантаження перебувають у межах 0,60 – 0,85. До таких навантажень відносяться, наприклад, ферми із чотириразовим доїнням, пташники, інкубатори і ряд інших. Крім того, підстанції (фідери) живлять однофазні побутові навантаження та висвітлення, розподілені за фазами.

На підставі викладеного вище очевидно, що апроксимація графіків такого сумарного навантаження може бути виконана за допомогою функції з $n \leq 0,5$.

Обчислення інтеграла імовірності для чотирипровідної мережі з $n = 0,5$ пов'язане з відомими труднощами та може бути виконане лише приблизно.

Перевірка інтеграла імовірності проведена за результатами статистичної обробки численних безпосередніх вимірювань фазних струмів на виводах 0,38 кВ трансформаторів споживчих підстанцій 10/0,4 кВ.

На підставі обробки вимірювань побудовані статистичні криві:

$$P_{y-x \geq a; z-y \geq b} = S_{a,b}, \quad (28)$$

для $b = 0$ та $b = 0,2$, показані на рис. 7. Тут же нанесені імовірнісні криві (пунктир) для тих же значень при $n = 1, 2, \text{ і } 3$.

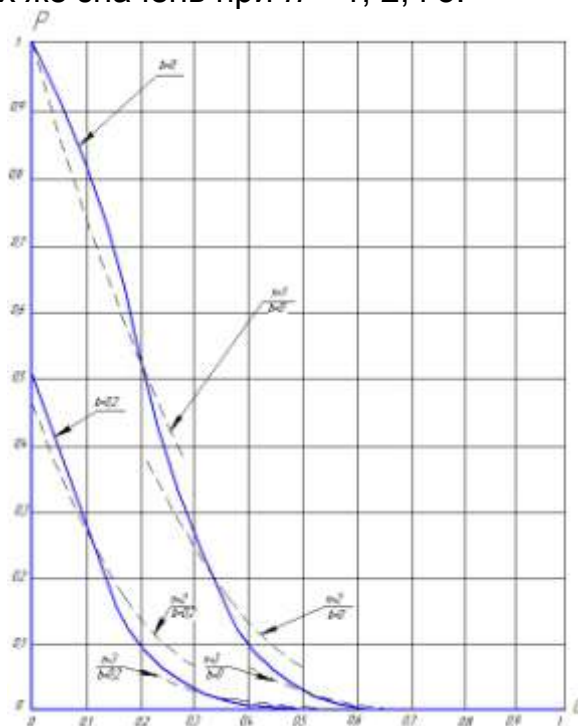


Рис. 7. Статистичні криві

Як можна бачити, характер статистичних кривих досить близький до теоретичних залежностей.

Статистичні криві умовно розділені на частини, у межах яких їх наближення до імовірнісних може вважатися задовільним.

Частка участі силових споживачів у загальному навантаженні підстанцій, на яких проводилися вимірювання, була різною, внаслідок чого коефіцієнти заповнення графіків також не були однаковими.

Різний склад навантаження на обстежених підстанціях привів до того, що, наприклад, статистичні криві для $b=0$ у верхній частині наближаються до теоретичних для $b=0$ при $n=1$, у середній – до $n=2$, а в нижній – до $n=3$.

Статистичний аналіз даних масових вимірювань в мережах 038/0,22 кВ показує, що розподіл струмів у фазах підкоряється нормальному закону. Виходячи із цього, може бути запропонований метод практичного розрахунку інтегральної імовірності несиметрії струмів у повнофазних елементах і ділянках чотирипровідної мережі, а також у трипровідних (дві фази та нуль) відгалуженнях від чотирипровідних мереж.

У загальному випадку інтеграл імовірності може бути записаний у вигляді:

$$P = \frac{1}{2\pi^{\frac{3}{2}} \prod_1^3 \sigma_i} \iiint_V e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{I_a^2}{\sigma_1} + \frac{I_b^2}{\sigma_2} + \frac{I_c^2}{\sigma_3} \right)} di_a di_b di_c. \quad (29)$$

Рішення інтеграла (29) представляє відомі труднощі. Перехід до сферичних координат дозволяє визначити межі інтегрування та після деяких допущень і перетворень одержати рішення.

Так, вважаючи

$$I_a = \rho \sin \Theta \cos \varphi, I_b = \rho \sin \Theta \sin \varphi, I_c = \rho \cos \Theta, \quad (30)$$

одержимо:

$$P = \frac{1}{2\pi^{\frac{3}{2}} \prod_1^3 \sigma_i} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{\delta} e^{-a\rho^2} \rho^2 \sin \Theta d\rho d\varphi d\Theta, \quad (31)$$

де

$$a = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \varphi \sin^2 \Theta}{\sigma_1} + \frac{\sin^2 \varphi \sin^2 \Theta}{\sigma_2} + \frac{\cos^2 \Theta}{\sigma_3} \right),$$

$$\delta = \sqrt{1 - \sin \Theta \sin \Theta \sin \varphi \cos \varphi + \cos \Theta \sin \varphi + \cos \Theta \cos \varphi},$$

$$M = I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 - I_a I_b - I_a I_c - I_b I_c, \text{ тобто } M = I_n = 3I_0.$$

Відповідно

$$0 \leq I_n \leq 1.$$

Рішення інтеграла може бути отримане у вигляді:

$$P = \frac{M^3}{12\sqrt{2\pi} \prod_1^3 \sigma_i}. \quad (32)$$

Похибка у результаті за інтегрування з урахуванням прийнятих допущень дорівнює:

$$\Delta < \frac{a\rho^5}{5} = \frac{a}{5} \left(\frac{M}{\sigma} \right)^5. \quad (33)$$

Відповідно для трипровідних відгалужень маємо:

$$P = \frac{M^2}{2\sqrt{3} \prod_1^2 \sigma_i}. \quad (34)$$

Висновки і перспективи. Запропонована методика розрахунків струмів і напруг у несиметричних режимах чотирипровідних мереж 0,38/0,22 кВ, інформаційною основою якої є використання графіків навантаження, дозволяє визначити імовірнісну характеристику випадкової несиметрії мережі та уточнити розрахункові значення додаткових втрат.

Список використаних джерел

1. Левин, М. С. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ / М. С. Левин, Т. Б. Лещинская // *Электричество*, 1999, №5. – С. 18 – 22.
2. Мирошник, А. А. Методы вычисления потерь мощности в элементах несимметрично нагруженной сети / А. А. Мирошник // *Научно-практический журнал «Электротехника і електромеханіка»*, 2011. – №5. – С. 66 – 69.
3. Теория вероятностей. /А. В. Печинкин, О. И. Тескин, Г. М. Цветкова и др. – Учеб. для ВУЗов – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 456 с.
4. Мірошник, О. О. Методи та підходи до розрахунку втрат електричної енергії в розподільчих електричних мережах / О. О. Мірошник // *Праці ТДАТА «Наукове фахове видання»* – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Вип. 7, Т. 3. – С. 162–172.
5. Воротницкий, В. Э. Многофакторная корреляционная модель для анализа и прогнозирования потерь энергии в распределительных сетях / В. Э. Воротницкий // *Электричество*, 1975. – № 1. – С.29–31
6. Наумов, И. В. Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ с помощью симметрирующих устройств / И. В. Наумов. – Дисс. докт. тех. наук, 05.20.02 – Иркутск, 2002. – 387 с.
7. Ангелов, Д. Д. Исследование несимметрии в воздушных электрораспределительных сетях 0,38/0,22 кВ и пути ее ограничения: автореф. дис. ...канд. техн. наук:шифр./ Д. Д. Ангелов. – институт – София, 1980. – 24 с.

References

1. Levyn, M. S., Leshchynskaia, T. B. (1999). *Analyz nesymmetrychnykh rezhymov selskykh setei 0,38 kV* [Analysis of asymmetric modes of rural networks 0.38 kV]. *Elektrychestvo*, 5, 18 – 22.
2. Myroshnyk, A. A. (2011). *Metody vychyslenyia poter moshchnosty v elementakh nesymmetrychno nahruzhenoii sety* [Methods for calculating power losses in elements of an asymmetrically loaded network]. *Elektrotekhnikha i elektromekhanika*, 5, 66 – 69.
3. Pechynkyn, A. V., Teskyn, O. Y., Tsvetkova, H. M. y dr. (2004). *Teoriya veroiatnostei* [Theory of Probability]. Moscow, MHTU im. N.E. Baumana, 456.
4. Miroshnyk, O. O. (2007). *Metody ta pidkhody do rozrakhunku vtrat elektrychnoi enerhii v rozpodilchykh elektrychnykh merezhakh* [Methods and approaches for calculating power losses in power distribution networks]. *Pratsi TDATA «Naukove fakhove vydannia»*, Melitopol: TDATA, 7, (3), 162–172.

5. Vorotnytskyi, V. E. (1975). Mnohofaktornaia korreliatsyonnaia model dlia analiza y prohnozyrovanyia poter enerhyy v raspredelytelnykh setiakh [Multifactorial correlation model for analysis and forecasting of energy losses in distribution networks]. Elektrychestvo, 1, 29–31.

6. Naumov, Y. V. (2002). Snyzhenye poter y povyshenye kachestva elektrycheskoi enerhyy v selskykh raspredelytelnykh setiakh 0,38 kV s pomoshchiu symmetryruiushchykh ustroystv [Decrease in losses and increase of quality of electric energy in rural distribution networks 0,38 kV with the help of balancing devices]. Irkutsk, 387.

7. Anhelov, D. D. (1980). Yssledovanye nessymetryy v vozdushnykh elektroraspedelytelnykh setiakh 0,38/0,22 kV y puty ee ohranycheniya [Investigation of nonsymmetry in aerial power distribution networks 0.38 / 0.22 kV and ways to limit it]. Sofya, 24.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ НЕСИММЕТРИИ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А. А. Мирошник

Аннотация. *Приведены теоретические обоснования и рекомендации по практическому применению методики расчета вероятностной несимметрии в четырехпроводных сетях 0,38/0,22 кВ на основе использования графиков нагрузки по продолжительности на подстанции. Решена задача вероятностной оценки несимметрии при угловой симметрии токов и пофазном равенстве средних значений коэффициентов мощности. Приведены графики зависимости симметричных составляющих токов в четырехпроводных сетях 0,38/0,22 кВ, которые показали, что погрешность при аппроксимации графиков коммунально-бытовых потребителей не превышает 5%. Приведено семейство кривых, которое показывают характер изменения коэффициентов заполнения графиков от доли силовых потребителей в общем составе нагрузки для потребительских подстанций с разной установленной мощностью. Определены зависимости показателей степени аппроксимирующей функции для всех видов графиков нагрузки потребительских трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ. Выполнена проверка интеграла вероятности на основе результатов статистической обработки многочисленных непосредственных измерений фазных токов на вводах трансформаторов потребительских подстанций 10/0,4 кВ. Выполнен статистический анализ данных измерений в сельских распределительных сетях 038/0,22 кВ, который показал, что распределение токов в фазах подчиняется нормальному закону.*

Ключевые слова: *несимметрия токов, потери электрической энергии, сеть 0,38/0,22 кВ, графики нагрузки*

THE ESTIMATION OF PROBABILITY UNBALANCED CURRENTS AND VOLTAGES BASED ON THE GRAPH OF HOUSEHOLD CONSUMERS LOAD

O. O. Miroshnyk

Annotation. We cited a theoretical bases and recommendation on the practical application of methods of calculating probability of asymmetry in the four-network of 0.38 / 0.22 kV on the basis of load charts for the duration of the substation. The problem of probabilistic assessment asymmetry under the stipulation that angular symmetry of currents and sentence-by-sentence equality of power factor average values. The graphs shows dependences of symmetrical components of currents in four-network of 0.38 / 0.22 kV, which showed that the error of approximation graphs communal consumers does not exceed 5 %. We cited a group of curves, which show the variation of coefficient of filling the graphs from the share of power consumers in the total load for the consumer substations with different installed capacity. The dependence of the exponents approximating function for all kinds of load profiles of consumer transformer substations of 10 / 0.4 kV are defined. The verification of the integral probability completed. It based on the statistical processing of the results of numerous direct measurements of the phase currents on the transformer bushings consumer substations 10 / 0.4 kV. A statistical analysis of measurement data in the rural distribution network of 0.38 / 0.22 kV completed. It showed that the distribution of the currents in the phases obeys the normal law.

Keywords: current asymmetry, graphs of load, loss of electrical power, network of 0.38 / 0.22 kV