

Денисюк Татьяна Дмитриевна – младший научный сотрудник Института импульсных процессов и технологий Национальной академии наук Украины, г. Николаев; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

Denisyuk Tatiana – Junior Researcher at the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, Nikolaev; tel. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

Рачков Олексій Миколайович – молодший науковий співробітник Інституту імпульсних процесів і технологій Національної академії наук України, м. Миколаїв; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

Rachkov Алексей Николаевич – младший научный сотрудник Института импульсных процессов и технологий Национальной академии наук Украины, г. Николаев; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

Rashkov Alexey – Junior Researcher at the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, Nikolaev; tel. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

УДК 551.594:62:781

А.В. ЖУРАХІВСЬКИЙ, Т.В. БІНКЕВИЧ, І.В. ЛІЩАК

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ОЦІНКУ НАДІЙНОСТІ ГРОЗОЗАХИСТУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕСИЛАННЯ

Розглянуто та обґрунтовано необхідність врахування метеорологічних умов при оцінці надійності грозозахисту повітряних ліній електропередачі. Проведено аналіз існуючих методик врахування метеорологічних умов із зазначенням основних недоліків та суперечностей існуючих досліджень. Наведено метод врахування метеорологічних умов із використанням поправочних коефіцієнтів, а також визначено числові характеристики метеорологічних умов та виразів для їх визначення. Проведено розрахунки числових характеристик метеорологічних умов в залежності і з зміною висоти розташування.

Ключові слова: лінія електропередачі, надійність грозозахисту, метеорологічні умови, випадкові фактори, ймовірність пробоя ізоляції.

Рассмотрена и обоснована необходимость учета метеорологических условий при оценке надежности грозозащиты воздушных линий электропередачи. Проведен анализ существующих методик учета метеорологических условий с указанием основных недостатков и противоречий существующих исследований. Приведен метод учета метеорологических условий с использованием поправочных коэффициентов, а также определены числовые характеристики метеорологических условий и выражений для их вычисления. Проведены расчеты числовых характеристик метеорологических условий в зависимости с изменением высоты расположения.

Ключевые слова: линия электропередачи, надежность грозозащиты, метеорологические условия, случайные факторы, вероятность пробоя изоляции.

In the article it was researched the necessity to take into account meteorological conditions when assessing there liability of lightning protection of overhead transmission lines that were considered and justified. The analysis of existing metrological methods was carried out, indicating the main shortcomings and contradictions of existing studies. It was proposed the method for recording meteorological conditions using correction factors, and it was determined numerical characteristics of meteorological conditions and expressions for their calculation. It was described the calculations of the numerical characteristics of meteorological conditions are carried out, depending on the change in altitude.

Keywords: transmission line, reliability of lightning protection, meteorological conditions, random factors, the probability of insulation breakdown.

Вступ. Надійність об'єктів електроенергетичних систем, в тому числі і повітряних ліній електропередачі (ЛЕП), безпосередньо залежить від кліматичних навантажень. При проектуванні ЛЕП вибір її конструкції (тип опор, марка дроту, довжина прольоту тощо), у великій мірі визначається кліматичними навантаженнями.

Від величини прийнятих розрахункових кліматичних навантажень залежить аварійність та експлуатаційна надійність ЛЕП. Неврахування кліматичних навантажень під час проектування може призводити до аварійних ситуацій на ЛЕП і, як наслідок, до перерви в електропостачанні споживачів.

В даний час нормативні кліматичні навантаження

визначаються на підставі кліматичних характеристик, отриманих за регіональними картами кліматичного районування або за даними спостережень метеостанцій [9,10].

Кліматичні навантаження пов'язані з атмосферними процесами. Тимчасова розбіжність випадків перевищення заданих кліматичних навантажень на різних ділянках ЛЕП обумовлено проходженням атмосферних процесів і утворенням зон одночасного перевищення заданого навантаження для даної території. Розміри зони залежать від характеру та масштабів атмосферних процесів і від фізико-географічних і синоптичних умов.

Основна частина. Грозові розряди впливають на об'єкти електричних систем за певного (в даний момент) стану атмосфери та ізоляції. Стан атмосфери характеризується певними метеорологічними умовами – тиском, температурою, вологістю повітря, а також силою вітру, наявністю або відсутністю дощу тощо. Стан зовнішньої ізоляції характеризується ступенем її забруднення, наявністю або відсутністю зволоження і дощу (мається на увазі, що грозові розряди виникають не тільки в момент випадання дощу, але й перед дощем за сухого стану ізоляції або в перервах між дощами). Перераховані фактори впливають на імпульсну міцність зовнішньої ізоляції ліній і апаратів, а там самим на грозостійкість різною мірою [11,13,14].

Електрична міцність гірлянд ізоляторів, введів, опорної ізоляції апаратів, які працюють на відкритому повітрі, змінюється зі зміною параметрів атмосферного повітря: атмосферного тиску p , температури t° , абсолютної вологості g . Міцність ізоляції зазвичай задається для нормальних метеорологічних умов ($p = 760$ мм рт. ст.; $t^\circ = 20$ $^\circ\text{C}$; $g = 11$ г/м³). Для оцінки міцності ізоляції в експлуатації слід враховувати відхилення тиску, температури та вологості від своїх стандартних значень. Перерахунок напруг u_0 , які ізоляція витримує в нормальних атмосферних умовах, на напруги u , які вона може витримувати реально, відповідно до [1] здійснюється за формулою:

$$u = u_0 \cdot \frac{\delta}{k}, \quad (1)$$

де δ – відносна густина повітря, що дорівнює

$$\delta = \frac{0,386 \cdot p}{273 + t^\circ}, \quad (2)$$

k – поправочний коефіцієнт на абсолютну вологість повітря, який визначається за [1] (рис. 1).

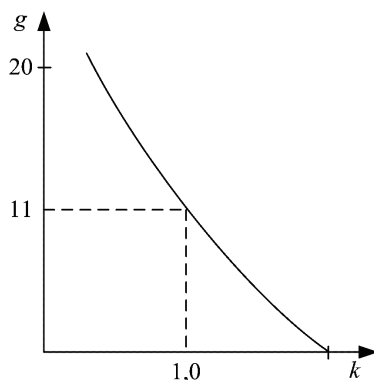


Рисунок 1 – Графік залежності $k=f(g)$ для всіх класів напруги для позитивної полярності імпульсів

Формула (1) справедлива для всіх класів напруг для імпульсів позитивної полярності, для яких здійснюється координата ізоляції. Рекомендації [1] з врахування впливу на розрядну напругу вологості повітря (коефіцієнт k) і його відносної густини δ базується на узагальненнях МЕК, отриманих в різних країнах розрядних напруг повітряних проміжків довжиною до 1 м [12]. Проведені останнім часом дослідження міцності повітряних проміжків довжиною більше 1 м виявили непридатність поправочних коефіцієнтів δ/k для

робочої напруги та імпульсів, що відповідають внутрішнім перенапругам. Помилки, викликані зведенням напруг по δ/k , настільки суттєві, що розкид розрядних напруг, виміряних для різних значень p , t , g виявляється менше розкиду отриманого після зведення всіх виміряних розрядних напруг до нормальних атмосферних умов [2, 3]. Отже введення поправок на густину й абсолютну вологість повітря не тільки не сприяє зближенню наведених розрядних напруг, але й збільшує розкид порівняно з розкидом неприведених розрядних напруг. У зв'язку з цим автори [2, 3] ґрунтуються на виявленій особливості компенсації впливу вологості зміною температури (ці величини мають досить жорстку позитивну кореляційну взаємозалежність), рекомендують розрядні напруги довгих повітряних проміжків для робочої частоти 50 Гц та імпульсах внутрішніх перенапруг, приводити тільки для зміни атмосферного тиску.

Дослідження довгих повітряних проміжків для імпульсів грозових перенапруг показали, що вплив вологості не послаблюється зі збільшенням довжини проміжків. Наведені на рис. 2 криві поправочного коефіцієнта по абсолютній вологості повітря для довгих повітряних проміжків мало відрізняються від кривих рекомендованих [1]. Тому прийняту в [1] поправку для імпульсних розрядних напруг ми можемо вважати цілком правомірною.

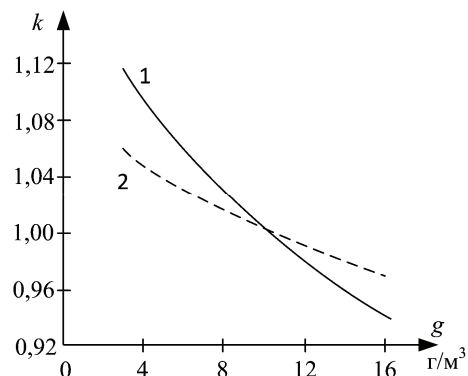


Рисунок 2 – Залежність поправочного коефіцієнта від абсолютної вологості за імпульсної напруги 1/50 мкс. для проміжку стержень – стержень довжиною 2,03 м: для позитивної полярності (1); для негативної полярності (2)

Величина δ/k є випадковою величиною, що підпорядкована нормальному закону розподілу. Числові характеристики розподілу δ/k : математичне сподівання – $M_{\frac{\delta}{k}}$ і середньоквадратичне відхилення – $\sigma_{\frac{\delta}{k}}$ можуть бути визначені на основі дослідних даних. Маючи характеристики розподілу δ/k можна оцінити вплив цієї величини на розподіл розрядних напруг ізоляції $u_{розр}$. Розрядні напруги для нормальних метеорологічних умов $u_{нр0}$, так звані зведені розрядні напруги, розподілені також за нормальним законом. Оскільки $u_{нр}$ дорівнює добутку величин $u_{нр0}$ і δ/k , то закон розподілу цієї величини також нормальний, а умовні характеристики її можна визначити з виразів [2]

$$M_{u_{np}} = M_{u_{нр0}} \cdot \frac{M_{\delta}}{k};$$

$$\sigma_{u_{np}} = \sqrt{\sigma_{u_{нр0}}^2 + \sigma_{\frac{\delta}{k}}^2}. \quad (3)$$

Розрядні напруги електроізоляційних конструкцій залежать від впливу метеорологічних умов у двох напрямках. З одного боку ці умови в певній місцевості призводять до істотних змін середньорічних розрядних напруг $M_{u_{np}}$ порівняно з середніми розрядними напругами $M_{u_{нр0}}$, отриманими для нормальних умов.

Зазначені зміни залежать в основному від висоти розташування електричної ізоляції над рівнем моря – і з зростанням висоти імпульсна міцність зменшується. З іншого боку випадкові коливання метеорологічних умов у даній місцевості $\sigma_{\frac{\delta}{k}}$ призводять до збільшення

області розкиду пробивних напруг порівняно з розкидом за постійних p, t, g . Зміна середніх розрядних напруг і розширення їх області розкиду в кінцевому результаті призводить до зміни електричних характеристик, які слід враховувати для визначення надійності грозозахисту. Для оцінки впливу на надійність грозозахисту об'єкта висоти його розташування над рівнем моря і коливання метеорологічних умов на даній висоті необхідно знати функції розподілу поправки δ/k для різних висот. В роботі [4] на основі обробки даних реєстрації протягом 30 років метеорологічних умов по 17 пунктам, розташованим в рівних кліматичних районах колишнього СРСР на різних висотах прямих ударів блискавки, отримані усереднені криві розподілу ймовірності δ/k . Однак ми не можемо скористатися зазначеними кривими, оскільки параметри повітря p, t, g в роботі [5] вимірювалися цілорічно за будь-якої погоди. У зв'язку з цим під час гроз розподіли δ/k можуть помітно відрізнятися від отриманих. В роботі [6] наведені криві середніх значень величин δ, t, g залежно від H , тобто криві M_{δ}, M_t, M_g , а також криві, що обмежують основний діапазон змін зазначених величин (80 % вимірів), що дозволяють визначити дисперсію випадкових величин $\delta, t, g - D_{\delta}, D_t, D_g$ на різних висотах.

Поправочний коефіцієнт δ/k виражається функціонально через величини відносної густини повітря δ та абсолютної вологості g , оскільки $k = \gamma(g)$. В роботі [7] наведені формули для наближеного визначення математичного сподівання й дисперсії функції двох випадкових величин. Для $z = f(x, y)$:

$$M_z = f(M_x; M_y), \quad (4)$$

$$D_z = \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_x}\right)_0^2 \cdot D_x + \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_y}\right)_0^2 \cdot D_y + 2 \cdot \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_x}\right)_0 \cdot \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_y}\right)_0 \cdot k_{xy}, \quad (5)$$

де k_{xy} – кореляційний момент випадкових величин x, y . Індекс "0" вказує, що часткові похідні беруться в точці $(M_x; M_y)$.

Формули (4), (5) для визначення числових характеристик випадкової величини δ/k , по числових характеристиках величин δ, g не можуть бути використані,

оскільки не відома кореляційна взаємозалежність зазначених величин. Коефіцієнти кореляції r_{tg} можна встановити на основі наявних дослідних даних [2,3] тільки для величин g і t причому не тільки для періоду гроз, а для будь-якої погоди. Тому ми можемо визначити $M_{\frac{\delta}{k}}$ і $\sigma_{\frac{\delta}{k}}$ або допускаючи некорельованість величин δ і g , або виразивши δ/k через p, t, g , враховуючи наближене значення коефіцієнта кореляції r_{tg} . Коефіцієнт кореляції, необхідний для визначення кореляційного моменту k_{tg} , за даними [2] дорівнює 0,887.

Для більшої достовірності результату ми усунули з дослідного поля значень g і t за будь-якої погоди точки, що виходять за межі g і t для періоду гроз. Ці точки встановлені за даними роботи [6].

Встановимо функціональні залежності випадкової величини δ/k від параметрів атмосферного повітря. Апроксимуємо криву поправочного коефіцієнта на вологість (рис. 1) виразом

$$k = \frac{1}{0,0075 \cdot g + 0,918}. \quad (6)$$

Для першого випадку:

$$\delta/k = \delta(0,0075 \cdot g + 0,918). \quad (7)$$

Для другого випадку:

$$\delta/k = \frac{0,386 \cdot p}{(273+t) \cdot k} = \frac{0,0029g + 0,354}{273+t} \cdot p = \gamma \cdot p. \quad (8)$$

Наведемо приклад розрахунку виконаного за формулами (4), (5) при $H = 0$ м. Під час визначення числових характеристик розподілу δ/k для першого випадку використовуючи безпосередньо формули (4), (5) отримаємо:

$$M_{\frac{\delta}{k}} = M_{\delta} \cdot (0,0075 \cdot g + 0,918) = 1,037;$$

$$D_{\frac{\delta}{k}} = \left[\frac{\sigma(\delta/k)}{\sigma\delta} \right]_0^2 \cdot D_{\delta} + \left[\frac{\sigma(\delta/k)}{\sigma g} \right]_0^2 \cdot D_g = (0,0075 \cdot g + 0,918)_0^2 \times$$

$$\times D_{\delta} + (0,0075 \cdot g)_0^2 \cdot D_g = 9,86 \cdot 10^{-4};$$

$$\sigma_{\frac{\delta}{k}} = \sqrt{D_{\frac{\delta}{k}}} = 0,0314;$$

$$\sigma_{\frac{\delta}{k}, \%} = \frac{\sigma_{\frac{\delta}{k}} \cdot 100}{M_{\frac{\delta}{k}}} = 3,03.$$

В другому випадку, враховуючи відсутність у [8] даних по тиску повітря, спочатку визначимо числові характеристики випадкової величини γ , а тоді випадкової величини p .

$$M_{\gamma} = \frac{0,0029 \cdot M_g + 0,354}{273 + M_t} = 1,35 \cdot 10^{-3};$$

$$D_{\gamma} = \left(\frac{\sigma_{\gamma}}{\sigma g}\right)_0^2 \cdot D_g + \left(\frac{\sigma_{\gamma}}{\sigma t}\right)_0^2 \cdot D_t + 2 \cdot \left(\frac{\sigma_{\gamma}}{\sigma g}\right)_0 \cdot \left(\frac{\sigma_{\gamma}}{\sigma t}\right)_0 \cdot k_{tg} \times$$

$$\times \sqrt{D_g D_t} = \left(\frac{0,0029}{273+t}\right)_0^2 \cdot D_g + \left(\frac{0,0029g + 0,354}{(273+t)^2}\right)_0^2 \cdot D_t +$$

$$+ 2 \cdot \left(\frac{0,0029}{273+t}\right)_0 \cdot \left(\frac{0,0029g + 0,354}{(273+t)^2}\right)_0 \cdot k_{tg} \cdot \sqrt{D_g D_t} = 2 \cdot 10^{-10}.$$

Для формули (8) запишемо:

$$D_{\delta} = \left(\frac{\sigma\delta}{\sigma p}\right)_0 \cdot D_p + \left(\frac{\sigma\delta}{\sigma t}\right)_0 \cdot D_t.$$

Звідки отримаємо:

$$D_p = \frac{D_{\delta} - \left(\frac{\sigma\delta}{\sigma t}\right)_0 \cdot D_t}{\left(\frac{\sigma\delta}{\sigma p}\right)_0} = \frac{D_{\delta} - \left(\frac{0,386p}{(273+t)}\right)_0 \cdot D_t}{\left(\frac{0,386p}{(273+t)}\right)_0} = 141;$$

$$\sigma_p = \sqrt{D_p} = \sqrt{141};$$

$$M_{\delta} = \frac{0,386 \cdot M_p}{273 + M_t};$$

$$M_p = \frac{M_{\delta} \cdot (273 + M_t)}{0,386} = 770.$$

Знайдемо числові характеристики випадкової величини:

$$M_{\delta/k} = M_p \cdot M_{\gamma} = 1,039;$$

$$\sigma_{\delta/k} = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_{\gamma}^2} = 11,9;$$

$$\sigma_{\delta/k, \%} = \frac{\sigma_{\delta} \cdot 100}{M_{\delta/k}} = 3,03 = 1,9.$$

Великі розбіжності в результатах обчислень середньоквадратичного відхилення випадкової величини δ/k отримані внаслідок неврахування в першому випадку кореляційного зв'язку між випадковими величинами δ і g . Надалі розрахунки проводилися тільки для другого випадку. Результати розрахунків зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків числових характеристик випадкових величин.

H	M_t	M_g	D_t	D_g	D_{γ}	M_{γ}	$\sigma_{\gamma}, \%$	M_{δ}	M_p	D_{δ}	D_p	$\sigma_p, \%$	$\sigma_{\delta/k}, \%$	$M_{\delta/k}, \%$
0	21,5	14,5	20	8	$2 \cdot 10^{-10}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	1,1	1,01	770	$5 \cdot 10^{-4}$	141	1,55	1,9	1,037
150	21	14,1	20	9	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	1,1	0,996	760	$5 \cdot 10^{-4}$	146	1,59	1,94	1,019
500	20	13,1	20	12	$3,5 \cdot 10^{-10}$	$1,34 \cdot 10^{-3}$	1,4	0,963	731	$5 \cdot 10^{-4}$	156	1,71	2,2	0,988
1000	18	11,6	20	12,7	$4 \cdot 10^{-10}$	$1,34 \cdot 10^{-3}$	1,5	0,915	690	$4,5 \cdot 10^{-4}$	140	1,71	2,27	0,920
1500	15,5	10,2	20	10,7	$2,8 \cdot 10^{-10}$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	1,3	0,868	649	$3,5 \cdot 10^{-4}$	97	1,51	2,0	0,863
2000	12,5	8,8	20	8	$2 \cdot 10^{-10}$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	1,1	0,820	607	$2,8 \cdot 10^{-4}$	64	1,63	1,72	0,801

Висновки. В статті розглянуто та обґрунтовано необхідність врахування метеорологічних умов під час оцінки надійності грозозахисту повітряних ліній електропередачі. Аналізуючи існуючі методики врахування метеорологічних умов, поправочні коефіцієнти та графіки залежностей необхідно зазначити суттєві недоліки та суперечності існуючих результатів досліджень.

Наведено метод врахування метеорологічних умов із використанням поправочних коефіцієнтів, а також визначено числові характеристики метеорологічних умов та виразів для їх визначення.

Проведено розрахунки числових характеристик метеорологічних умов залежно від зміни висоти розташування ЛЕП.

Список літератури:

- ГОСТ 1516.2-97 (2003). Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции».
- Бронфман А.И. Режимы работы вентиляных разрядников при грозовых перенапряжениях / А.И. Бронфман. – М.: Энергия, 1977
- Бронфман А.И. Статическая методика расчета надежности грозозащиты подстанций сверхвысокого напряжения / А.И. Бронфман // Известия НИИПТ. – 1970. – Сб. 16.
- Бронфман А.И. Статическая методика упрощенного расчета надежности грозозащиты подстанций 750–1200 кВ / А.И. Бронфман // Труды НИИПТ, 1972, №18
- Гири Ф.К. Определение закона распределения амплитуды и крутизны фронта тока молнии с учетом их корреляции / Ф.К. Гири, М.В. Костенко // Известия Вузов «Энергетика». – 1970. – № 3.
- Бургсдорф В.В. Грозозащита линий электропередач / В.В. Бургсдорф // Электричество. – 1969. – № 8.

7. Бургсдорф В.В. Параметры молнии и их выбор при разработке грозозащиты / В.В. Бургсдорф, С.М. Попов // Труды ВНИИЭ. – 1975. – С. 32-45.

8. Александров Г.Н. Вольт-секундные характеристики гирлянд изоляторов при нестандартных импульсах грозовых перенапряжений / Г.Н. Александров // Известия Вузов «Энергетика». – 1980. – № 3. – С. 16-12.

9. Правила улаштування електроустановок. Вид. 3, перероб. і доп. – К.: Мінпаливенерго України, 2010. – С. 736.

10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів / Міністерство палива та енергетики України. – Х.: Видавництво «Форт», 2012. – 368 с.

11. Методические указания по определению климатических нагрузок на ВЛ с учетом ее длины. ОАО «ФСК ЕЭС» 2010.

12. Alec Bennett Measurement of Atmospheric Electricity During Different Meteorological Conditions / Alec Bennett // A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy Department of Meteorology. July 2007.

13. EN 50341_1: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV [Текст]. Part 1: General requirements – Common specifications. – Brussels : CENELEC, 2009. – 234 p. – (International Standard).

14. Шилин А.Н. Расчет надежности воздушных линий электропередачи с учетом влияния погодных условий / А.Н. Шилин, О.И. Доронина // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2014. – № 4. – С. 18-22.

Bibliography (transliterated):

- HOST 1516.2-97 (2003). Elektrooborudovanye y elektroustanovky peremennogo toka na napryazhenye 3 kV y vyshye. Obshchye metody uspytanyu elektrycheskoy prochnosti yzolyatsyyu».
- Bronfman A.Y. Rezhymy raboty ventyl'nykh razryadnykov pry hrozovykh perenapryazheniyakh. Moscow: Enerhyua, 1977.

3. Bronfman A.Y. Statycheskaya metodyka rascheta nadezhnosti hrozozashchyty podstantsyy sverkhvysokoho napryazhenyya. Yzvestyya NYYPT, sb.16, 1970.

4. Bronfman A.Y. Statycheskaya metodyka uproschennoho rascheta nadezhnosti hrozozashchyty podstantsyy 750–1200 kv. Trudy NYYPT, 1972, no. 18

5. Hyrsh F.K., Kostenko M.V. Opredelenye zakona raspredelenyya amplytudy y krutyzny fronta toka molnyy s uchetom ykh korrelyatsyy. Yzvestyya Vuzov "Enerhetyka", 1970, no. 3.

6. Burhsdorf V.V. Hrozozashchyta lynyy elektroperedach. "Elektrychestvo", 1969, no. 8.

7. Burhsdorf V.V., Popov S.M. Parametry molnyy y ykh vybor pry razrobotke hrozozashchyty. Trudy VNYE, 1975. pp. 32-45.

8. Aleksandrov H.N. Vol't-sekundnye kharakterystyky hyrlyand yzolyatorov pry nestandartnykh ymпульsakh hrozovykh perenapryazhenyy. Yzvestyya Vuzov "Enerhetyka", 1980, no. 3, pp. 16-12.

9. Pravyla ulashtuvannya elektroustanovok. vyd. 3, pere-

rob. i dop. Minpalyvernerho Ukrainy, Kyiv, 2010. pp. 736.

10. Pravyla tekhnichnoyi ekspluatatsiyi elektroustanovok spozhyvachiv. Ministerstvo palyva ta enerhetyky Ukrainy, Kharkiv: Vydavnytstvo "Fort", 2012. 368 p.

11. Metodycheskye ukazanyya po opredelenyyu klymatycheskykh nahruzok na VL s uchetom ee dlyny. OAO FSK EES, 2010.

12. Alec Bennett. Measurement of Atmospheric Electricity During Different Meteorological Conditions. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy Department of Meteorology. July 2007.

13. EN 50341_1: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV. Part 1: General requirements Common specifications. Brussels : CENELEC, 2009. 234 p. (International Standard).

14. Shylyn A.N., Doronyina O.Y. Raschet nadezhnosti vozdushnykh lynyy elektroperedachy s uchetom vlyuyannya pohodnykh uslovyy. Elektro. Elektrotekhnika, elektroenerhetyka, elektrotekhnicheskaya promyshlennost'. 2014. vol. 4. pp. 18-22..

Надійшла (received) 12.02.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження впливу метеорологічних умов на оцінку надійності грозозахисту повітряних ліній електропередачі / А.В. Журахівський, Т.В. Бінкевич, І.В. Ліщак // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 39-43. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-0740.

Исследование влияния метеорологических условий на оценку надежности грозозащиты воздушных линий электропередачи / А.В. Жураховский, Т.В. Бинкевич, И.В. Лищак // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 39-43. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-0740.

Research of influence of the meteorological conditions to the evaluation of there liability of lightning protection of overhead transmission lines / A.V. Zhurakhovskiy, T.V. Binkevych, I.V. Lishchak // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – № 15 (1237). – С. 39-43. – Bibliogr.: 14. – ISSN 2079-0740.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Журахівський Анатолій Валентинович – доктор технічних наук, професор Національного університету «Львівська політехніка»

Жураховский Анатолий Валентинович – доктор технических наук, профессор Национального университета «Львовская политехника»

Zhurakhivskiy Anatolii Valentynovych – doctor of technical sciences, professor of Lviv Politechnic National University

Бінкевич Тарас Володимирович – аспірант, Національний університет "Львівська політехніка"; тел: (093)6974062; e-mail: 0507019417@mail.ru

Бинкевич Тарас Владимирович – аспирант, Национальный университет «Львовская политехника»; тел: (093)6974062; e-mail: 0507019417@mail.ru

Binkevych Taras Volodymyrovych – Postgraduate Student; Lviv Politechnic National University; тел: (093)6974062; e-mail: 0507019417@mail.ru

Ліщак Ігор Володимирович – провідний спеціаліст, Національний університет «Львівська політехніка»

Лищак Игорь Владимирович – ведущий специалист, Национальный университет «Львовская политехника»

Lishchak Ihor Volodymyrovych – leading specialist, Lviv Politechnic National University