



УДК 537.52

**RESEARCH OF ELECTRICAL PROPERTIES OF AIR INTERMEDIATES**  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВІТРЯНИХ ПРОМІЖКІВ****Kryvda V. I. / Кривда В. І.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6647-1049

SPIN: 6488-1400

**Kurinko D.D. / Курінько Д. Д.***Student / студент*

ORCID: 0000-0001-8304-3257

**Maydanov D.A. / Майданов Д.О.***Student / студент*

ORCID: 0000-0001-7949-010X

**Zubak V.V. / Зубак В.В.***Student / студент*

ORCID: 0000-0002-6981-645X

*Odessa National Polytechnic University, Odessa, Shevchenko ave., 1, 65044**Одеський національний політехнічний університет, Одеса, просп. Шевченка 1, 65044*

**Анотація.** В роботі досліджуються результати експериментів, які було проведено з метою визначення залежності напруги пробою від атмосферних умов і форми електродів. Складено математичну залежність, яка визначає напругу пробою за умови відомих значень атмосферних параметрів.

**Ключові слова:** повітряні проміжки, дослідження, пробій, параметри.

**Вступ.** Зменшення габаритних розмірів електроустановок є однією з пріоритетних задач сьогодення в галузі дослідження високовольтних ізоляційних конструкцій [1,2]. В першу чергу це пов'язано з тим, що вони викликають часткові розряди, та прискорюють старіння електричної ізоляції, що з роками призводить до повного чи часткового пробою ізоляції. Загалом, ще не сформований загальний підхід до визначення терміну служби електроізоляційної конструкції на основі вивчення взаємодії з вимірними характеристиками розряду [3]. Таким чином, вивчення розрядних явищ в повітряних проміжках при атмосферному тиску, температурі і вологості є досі актуальним.

**Об'єкт дослідження.** Електричний розряд, що розвивається в умовах однорідного і неоднорідного полів в повітряних проміжках в межах 0,5 - 6 см. Експерименти проводилися на протязі року в лабораторних умовах: атмосферний тиск 740 - 775 мм, температура 24 - 27°C, вологість 40 - 50%.

**Дослідна установка.** В якості апарату, що дозволяє отримувати регульовану високу напругу промислової частоти до 50 кВ або випрямлену напругу до 70 кВ була використана кенотронна установка.

**Аналітичний розрахунок напруги пробою повітряного проміжку.**

Аналіз отриманих експериментальних даних дав змогу виявити залежність напруги пробою від форми та відстані між електродами, а також виведені відповідні коефіцієнти, які необхідні для аналітичного розрахунку напруги пробою. Математичний розв'язок поставленої проблеми знайшов відображення



в математичній залежності, яка дозволяє визначати напругу пробою повітряного проміжку в залежності від атмосферних умов та факторів.

Пропонується аналітичним методом визначати напругу пробою за формулою

$$U = (10la + 4\beta)\psi, \text{ кВ}, \quad (1)$$

де  $l$  - відстань між електродами, см;

$a$  - коефіцієнт форми електродів, який пропонується визначати за таблицею 1;

$\beta$  - коефіцієнт форми електродів, який визначається з таблиці 2;

$\psi$  - відносна щільність повітря, розраховується так

$$\psi = \frac{\left(\frac{P}{P_0}\right) \cdot \left(\frac{T_0 + 20}{T_0 + T}\right)}{\lambda^y}, \text{ о.е.}, \quad (2)$$

де  $P$  – тиск в умовах досліду, мм. рт. ст.;

$T$  – температура в умовах досліду, °С;

$P_0$  - початкове значення тиску, яке приймається рівним 760 мм. рт. ст.;

$T_0$  - початкове значення температури, приймається 273 К;

$\lambda$  – коефіцієнт, що залежить від вологості повітря, та визначається з рисунка 2;

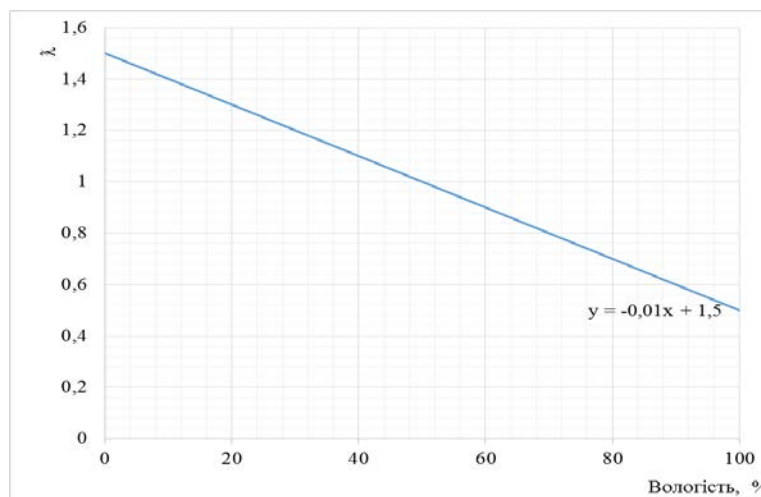
$y$  – коефіцієнт, який залежить від відстані між електродами, визначається з рисунка 3.

**Таблиця 1**

**Визначення коефіцієнта  $a$  форми електродів**

Анод \ Катод	Стержень	Площина	Куля
Стержень	1,08	1,66	2
Площина	0,76	1,33	1,8
Куля	0,95	1,5	2,76

*Авторська розробка*



**Рис.1. Залежність коефіцієнта  $\lambda$  від вологості**

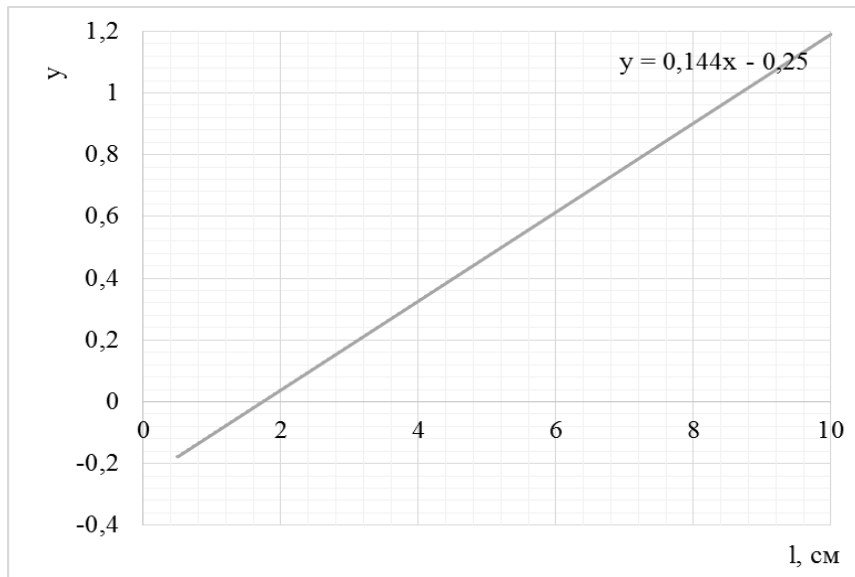


Таблиця 2

Визначення коефіцієнта  $\beta$  форми електродів

Анод \ Катод	Стержень	Площина	Куля
Стержень	1,165	0,515	0,1
Площина	1,11	1,69	1,3
Куля	1,32	2,4	1,41

Авторська розробка

Рис.2. Залежність коефіцієнта  $y$  від відстані між електродами

Похибка розрахунків, визначається як

$$\delta = \frac{U_p - U_{екс}}{U_p} \cdot 100, \% \quad (3)$$

де  $U_p$  - розрахункова напруга, яка визначається за формулою (1);

$U_{екс}$  - напруга отримана експериментальним шляхом, кВ.

**Висновки.** Дана методика розрахунку напруги пробою є не зовсім ідеальною. Це насамперед пов'язано з тим, що на початковому етапі аналітичних розрахунках не враховується розмір електродів, що дещо впливає на розрахунок напруги пробою. В подальшому передбачається вдосконалення методики визначення напруги пробою з врахуванням вказаних недоліків. Аналіз графіків залежностей напруги пробою від відстані між електродами показує, що найменша похибка розрахунків, незалежно від типу електродів, спостерігається при відстані 1,5 – 3,5 см, при різних значеннях атмосферного тиску.

Отже, запропонована методика розрахунку може бути використана в подальших роботах для її удосконалення, а також в навчальному процесі при вивченні зовнішньої ізоляції та проведенні лабораторних робіт.

**Література:**

1. Murooka, Y. Nanosecond Surface Discharge and Charge Density Evaluation. Part I: Review and Experiments / Y. Murooka, T. Takada, K. Hidaka // IEEE Elect. Insul. Mag. – 2001. – Vol. 17, № 2. – P. 6-16.
2. Merbahi, N. Electric and Spectroscopic Analysis of Surface Corona Discharges in Ambient Air and Comparison With Volume Corona Discharges / N. Merbahi, M. Yousfi, J.P. Gardou // IEEE Trans. Plasma Sci. – 2012. – Vol. 40, № 4.
3. Gupta, D.K. Theory of step on leading edge of negative corona current pulse / D.K. Gupta, S. Mahajan, P.I. John // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2000. – Vol. 33. – P. 681-691.

**Abstract.** Reducing the dimensions of electrical installations is an urgent task of the present. It is suggested by analytical method to determine the stresses of bursts. The results of practical experiments, which were conducted to determine the dependence of breakdown voltage on atmospheric conditions and form of electrodes, are investigated. A mathematical dependence is created which determines the breakdown voltage under the condition of known values of atmospheric parameters.

**Key words:** *airspeed, research, breakdown, parameters.*

**References:**

1. Murooka, Y. (2001) Nanosecond Surface Discharge and Charge Density Evaluation. Part I: Review and Experiments / Y. Murooka, T. Takada, K. Hidaka // IEEE Elect. Insul. Mag., Vol. 17, № 2. , P. 6-16.
2. Merbahi, N. (2012) Electric and Spectroscopic Analysis of Surface Corona Discharges in Ambient Air and Comparison With Volume Corona Discharges / N. Merbahi, M. Yousfi, J.P. Gardou // IEEE Trans. Plasma Sci., Vol. 40, № 4.
3. Gupta, D.K. (2000) Theory of step on leading edge of negative corona current pulse / D.K. Gupta, S. Mahajan, P.I. John // J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 33, P. 681-691.

Статья отправлена: 14.05.2018 г.

© Кривда В. І., Куринько Д. Д., Майданов Д. А., Зубак В. В.