

*В.М. Лобойченко, к.х.н., доцент каф., НУЦЗУ*

## **ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ПІД НАПРУГОЮ, ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОНДУКТОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ**

(представлено д-ром техн. наук Андроновим В.А.)

Показано, що параметр електропровідності, значення якого залежить від мінерального складу води, визначає умови гасіння пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою. Запропоновано оцінку якості води, використовуваної при гасінні подібних пожеж, кондуктометричним методом. На окремих прикладах розглянуто можливість використання певних водних об'єктів як джерел води при гасінні пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою.

**Ключові слова:** електропровідність води, кондуктометричний метод, електроустановки, напруга.

**Постановка проблеми.** На будь-якому підприємстві можливе виникнення надзвичайної ситуації у вигляді пожежі зокрема і на об'єктах, що експлуатують електрообладнання, яке знаходиться під високою напругою. Подібні роботи відносяться до робіт підвищеної складності. Крім небезпек, пов'язаних безпосередньо з ліквідацією загоряння, для пожежного виникає додаткова загроза у вигляді ризику ураження електричним струмом. При таких умовах актуальним є питання застосування ефективних і недорогих засобів пожежогасіння установок, що знаходяться під напругою.

Для цих цілей використовують негорючі гази, порошкові суміші і, в ряді випадків, воду. В свою чергу, наявність у воді значної кількості мінеральних солей зумовлює її високу електропровідність. Як наслідок ризик ураження пожежного електричним струмом зростає.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, можливо лише при виконанні ряду вимог [1-3]. Так, припустимо використовувати воду для гасіння пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою до 110 кВ. Відстань, на якій допустимо гасити пожежі в електроустановках, що знаходяться під напругою, струменями води, регламентовано в [1-3]. Безпечна відстань насадків стволів до палаючих електроустановок, що знаходяться під напругою від 1 до 10 кВ, при подачі пожежними вогнегасних речовин з ручних стовбурів становить 4-6 м при використанні компактних струменів води і 1,5-2,0 м при гасінні розпорошеними струменями води [1]. Відстань до струмоведучих частин змінюється, відповідно, від 3.5 м до 4.0 м (електроустановки напругою до 1 кВ) і від 4.5 м до 8.0 м (електроустановки напругою до 10 кВ) при застосуванні насадок діаметром 13 та 19

мм [4, 5]. Ці параметри залежать від показника електропровідності води, який залежить від її мінералізації [4]. Запропоновані відстані розраховані для води, що має питому електропровідність 1000 мкСм/см [4].

В умовах гасіння пожежі на електроустановках, що знаходяться під напругою, близькість доброго провідника електрики, яким є мінералізована вода, за умови використання ручних засобів пожежогасіння, значно підвищує ризик ураження струмом безпосередньо пожежного. Так, в джерелах [2, 5] наголошується неприпустимість використання морської та сильнозабрудненої води при гасінні електроустановок, що знаходяться під напругою.

Аналіз керівних документів, що визначають діяльність пожежних [1-3], не виявив методів контролю якості води, яка використовується при гасінні електроустановок, що знаходяться під напругою. Явно не вказані в них і гранично допустимі значення питомої електропровідності води, яку можна застосовувати для досягнення цієї мети.

В силу низки причин - кліматичні умови, пора року, особливості розташування водного об'єкта тощо, може змінюватися якість води, яка застосовується в разі необхідності при гасінні електроустановок, що знаходяться під напругою [6-8].

Навесні кількість мікроорганізмів збільшується в природній поверхневій воді, яка використовується для забору в централізовану систему міського водопостачання. При цьому виконується додаткове хлорування води відповідними міськими службами [6]. Загальна мінералізація води, як і її електропровідність, в мережах централізованого водопостачання навесні підвищується. За цих умов при гасінні водою електроустановок, що знаходяться під напругою, відстань від насадок робочих стволів до струмоведучих частин електроустановок, що знаходяться під напругою, необхідно збільшувати в 1,3 рази [4].

Відомо [9], що мінералізація (і електропровідність) поверхневих природних вод знижується у весняний період внаслідок танення снігів, паводків та збільшення об'єму води в річках.

На хімічний склад води впливає низка умов, таких як метеорологічний фактор, режим харчування річок і т. п. Влітку мінералізація відкритих водних джерел може збільшитися через випарювання частини води. Взимку електропровідність води може зрости внаслідок замерзання води [10]. В обох випадках відбувається зменшення об'єму рідкої фази при тій же кількості мінеральних розчинних речовин, що зумовлює підвищення їх концентрації у воді.

На сьогодні величезним фактором, що впливає на стан та якість природних вод є антропогенний фактор – діяльність промисловості, сільського господарства тощо [10].

**Постановка задачі та її рішення.** Враховуючи вищезазначене, оцінка якості води, що використовується при гасінні пожеж в електроустановках, які знаходяться під напругою, за значенням її електропровідності є актуальною проблемою сьогодення.

Необхідність оцінки якості води, що використовується при гасінні пожеж електроустановок, які знаходяться під напругою, вимагає більш глибокого дослідження застосування методів визначення параметру електропровідності.

Прилади, обладнання, методологічна база, що використовуються для визначення електропровідності і мінералізації методи, швидкість аналізу та його точність вельми різноманітні [9, 11, 12]. При цьому перевага в більшості випадків віддається недорогій, експресній та інформативній методиці [13].

Питома електропровідність ( $\aleph$ , См/см) являє собою величину, що зворотно пропорційна опору розчину [11]:

$$\aleph = \frac{l}{SR}, \quad (1)$$

де  $l$  – відстань між електродами, см;  $S$  – площа електродів, см<sup>2</sup>;  $R$  – опір розчину, Ом.

Вимірювання опору проводять із застосуванням кондуктометричної ячейки [14]. Ця процедура потребує термостатування ячейки, попереднього визначення її константи. Обладнання досить громіздке, а сама процедура вимірювання не є експресною.

Знаючи значення параметра електропровідності, можна провести оцінку величини мінералізації і навпаки [9, 11, 15].

В роботі запропоновано кондуктометричний метод для прискореної оцінки електропровідності води, яку можна використовувати для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою. При цьому за показником електропровідності пропонується оцінити якість води, що використовують або планують використовувати при гасінні пожеж електроустановок, які знаходяться під напругою. Такий підхід дозволить вчасно зорієнтувати пожежних при ліквідації можливої пожежі подібного обладнання щодо умов його гасіння.

Попередня оцінка якості води за показником електропровідності надасть можливість визначити найбільш сприятливий період року при заповненні резервуарів для пожежогасіння на електростанціях та контролювати при цьому якість води.

Сучасні прилади для визначення електропровідності розчину - кондуктометри - проводять аналіз протягом (1-2) хв. В більшості випадків попередня обробка та підготовка до дослідження води не потребується. Прилади зручні у використанні, застосовуються в широкому діапазоні – (0-1000) мСм/см, точність визначення (1,5-2) %. Крім лабораторних використовуються портативні моделі з декілька гіршими характеристиками, але які дозволяють оцінити електропровідність води безпосередньо на місці.

У роботі для вимірювання електропровідності використовували багатофункціональний кондуктометр – лабораторний вимірювач про-

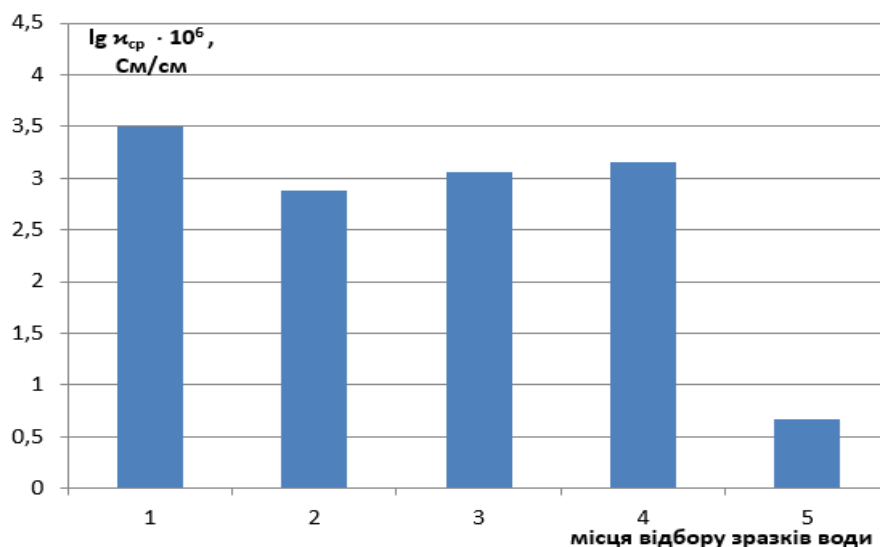
відності МР 513, вимірювання проводилися в режимі «електропровідність», з автоматичним приведенням температури визначення до 25 °С. Для зменшення похибки визначення ополіскували електрод розчином, що досліджують. Перед вимірюванням проводили калібрування кондуктометра за стандартним розчином КСІ. Час одиничного вимірювання - 1 хв. Обробку даних проводили з використанням відомих статистичних прийомів за  $P = 95\%$  [16].

Експериментально виміряні значення електропровідності зразків води наведені в табл. 1. Як видно з табл. 1, похибка визначення цього показника у всіх представлених випадках не перевищує 1%.

**Табл. 1. Результати вимірювання питомої електропровідності аналізованих зразків води, мкСм/см: джерело поблизу міста Саки (АР Крим), джерело «Святе» поблизу села Великі Бубни (Роменський р-н, Сумська обл.), ставок поблизу села Курінь (Бахмацький р-н, Чернігівська обл.), вода з системи централізованого водопостачання (м. Полтава, Полтавська обл.), дистильована вода**

№	Джерело поблизу міста Саки	Джерело «Святе»	Ставок поблизу села Курінь	Вода з системи централізованого водопостачання м. Полтава	Дистильована вода
№ <sub>1</sub>	3150	757	1159	1437	4.56
№ <sub>2</sub>	3140	757	1145	1442	4.63
№ <sub>3</sub>	3150	756	1152	1438	4.65
Sr, %	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>

Середні значення електропровідності проаналізованих зразків у логарифмічній формі представлено на рис. 1.



**Рис. 1. Середні значення питомої електропровідності  $\kappa$  аналізованих зразків води, подані у логарифмічній формі, См/см: 1 – джерело поблизу міста Саки (АР Крим); 2 – джерело «Святе» поблизу села Великі Бубни (Роменський р-н, Сумська обл.); 3 – ставок поблизу села Курінь (Бахмацький р-н, Чернігівська обл.); 4 – вода з системи централізованого водопостачання (м. Полтава, Полтавська обл.); 5 – дистильована вода**

З наведених даних видно, що найменше значення електропровідності серед проаналізованих природних об'єктів має вода з джерела «Святе» поблизу села Великі Бубни. Цю воду можна використовувати як засіб гасіння пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою до 10кВ за умови дотримання інших вимог [4, 5].

Вода ставку поблизу села Курінь і вода з м. Полтава має електропровідність вище за 1000 мкСм/см (рис. 1), тобто їх можна використовувати при гасінні пожеж електрообладнання під напругою при лише за умови використання множника 1.3 при розраховуванні безпечних відстаней насадків стволів до палаючих електроустановок.

Вода джерела поблизу м. Саки має найбільше значення електропровідності (рис. 1) і, відповідно, мінералізації. Її не рекомендовано використовувати як засіб гасіння пожеж взагалі внаслідок ризику можливого корозійного ушкодження металевих частин пожежогасінного обладнання.

Найменше значення електропровідності має дистильована вода (рис. 1). Але застосування цієї води в практиці пожежогасіння обмежено значною вартістю щодо її отримання.

Як засіб зниження мінералізації, і відповідно, електропровідності води можна запропонувати її розведення менш мінералізованими водами при постійному контролі параметра електропровідності отриманої суміші.

Якість природної поверхневої води, яку надалі планується застосовувати при гасінні електроустановок, що знаходяться під напругою, необхідно періодично контролювати за параметром електропровідності внаслідок можливих сезонних коливань мінералізації [7].

**Висновки.** В нормативній документації і в літературі практично відсутні вимоги щодо якості води, яка використовується при гасінні пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою.

Для оцінки електропровідності води, використовуваної при гасінні пожеж електроустановок до 10000 В, запропоновано застосовувати кондуктометричний метод із використанням сучасних кондуктометрів різних типів.

Природні води, що можуть використовуватись при гасінні пожеж електроустановок, які знаходяться під напругою, мають електропровідність як менше 1000 мкСм/см, так і більше. Серед проаналізованих зразків вод найбільш оптимальною для гасіння пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою до 10000 В є вода з джерела «Святе» поблизу села Великі Бубни.

Рекомендується проводити заповнення резервуарів для пожежогасіння природними поверхневими водами у весняний період з контролем якості води за показником електропровідності. Перед заповненням резервуарів для пожежогасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, необхідно додатково контролювати електропровідність води.

Пропонується проводити періодичний контроль якості води, яка подається в пожежні рукави, за параметром електропровідності.

Моніторинг якості водних об'єктів за параметром електропровідності надасть змогу обрати найбільш оптимальний варіант для подальшого гасіння водою пожеж на електроустановках, які знаходяться під напругою, у тому числі й підготувати воду до стану необхідної якості.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Инструкция по тушению пожаров в электроустановках организаций Республики Беларусь. - Утверждена постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь 28.05.2005 № 20/15. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kii.gov.by/postanovlenie-ministerstva-po-chrezvychajnym-situaciyam-respubliki-belarus-inisterstva-energetiki-respubliki-belarus-ot-28-maya-2004-g-n-2015-ob-utverzhenii-instrukcii-po-tusheniyu-pozharov-v-e>.

2. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением: Рекомендации. - М.: ВНИИПО, 1986.- 16 с.

3. Инструкция по тушению пожаров на подстанциях 35-110 кВ электрических сетей. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/instrukcii/ohrana-truda/instrukciya-po-tusheniyu-pozharov-na-podstanciyah.html>. - - Дата доступа : 02.03.2014.

4. Кашолкин Б.И. Тушение пожаров в электроустановках / Кашолкин Б.И., Мешалкин Е. А. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 112 с., ил.

5. Инструкция по тушению пожаров на электроустановках электростанций и подстанций Минэнерго СССР. - М.: Минэнерго, 1980. - 16 с.

6. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 № 400. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10/print1361387261291263>.

7. Войткевич Г.В. Справочник по геохимии / Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. - М.: Недра, 1990. – 480 с.

8. А.П. Акользин. Кислородная коррозия оборудования химических производств/ А.П. Акользин, А.П. Жуков. - М.: Химия, 1985. - 240 с.

9. Методические рекомендации Минприроды РТ от 31.01.1994 № 002-1-003-94 «Ускоренные методы контроля качества природных, сточных вод и дистиллированной воды по данным об их электропроводности». - [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://tatarstan.news-city.info/docs/sistemaa/dok\\_leglko.htm](http://tatarstan.news-city.info/docs/sistemaa/dok_leglko.htm).

10. Гидрология: учебное пособие по курсу «Науки о Земле» для студентов, обучающихся по специальности 28020265 «Инженерная

защита окружающей среды» / сост. В. А. Михеев. – Ульяновск : Ул-ГТУ, 2010. – 200 с.

11. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши/ Под ред. А.Д. Семенова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 542 с.

12. Зори А.А. Экспресс-метод определения общей минерализации питьевой воды / Зори А.А., Коренев В.Д., Марковский Ю.Е./ Наукові праці ДонНТУ. Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». - 2006. - Випуск 107. - С. 136 - 142.

13. Ю.А. Золотов. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.1. Общие вопросы. Методы разделения. Учеб. для вузов / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Под ред. Ю.А. Золотова. - 3-е изд., перераб. и доп., М: «Высшая школа», 2004. – 361 с.

14. Ю.А. Золотов. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.2. Методы химического анализа. Учеб. для вузов / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Под ред. Ю.А. Золотова. – 3-е изд., перераб. и доп., М: «Высшая школа», 2004. – 503 с.

15. Расчет электропроводности воды - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.o8ode.ru/article/answer/method/The\\_calculation\\_of\\_the\\_electrical\\_conductivity\\_of\\_water](http://www.o8ode.ru/article/answer/method/The_calculation_of_the_electrical_conductivity_of_water).

16. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа / Дворкин В.И. – М.: Химия, 2001. – 263с.

В.М. Лобойченко

**Оценка качества воды, используемой при тушении пожаров электроустановок, находящихся под напряжением, с применением кондуктометрического метода**

Показано, что параметр электропроводности, значение которого зависит от минерального состава воды, определяет условия тушения пожаров электроустановок, находящихся под напряжением. Предложена оценка качества воды, используемой при тушении подобных пожаров, кондуктометрическим методом. На отдельных примерах рассмотрена возможность использования определенных водных объектов как источников воды при тушении пожаров электроустановок, находящихся под напряжением.

**Ключевые слова:** электропроводность воды, кондуктометрический метод, электроустановки, напряжение.

V.M. Loboichenko

**Quality assessment of water used for fire extinguishing energized electrical installations, using conductometric method**

It is shown that the conductivity parameter whose value depends on the mineral composition of the water, determine the conditions for extinguishing fires of electrical installations under voltage. An evaluation of the quality of water used to extinguish such fires, proposed by conductometric method. In some examples, the opportunity of the use of certain water bodies as sources of water for extinguishing fires of electrical installations under voltage.

**Keywords:** water conductivity, conductometric method, electrical installations under, voltage.