

УДК 614.841.415 + 628.11 +543.3

В.М. Лобойченко, к.х.н., НУЦЗУ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЯМОЙ КОНДУКТОМЕТРИИ ДЛЯ УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10000 В

Показано, что при тушении водой пожаров электроустановок, находящихся под напряжением до 10000 В, важным фактором является минерализация воды. Условия тушения данных пожаров регламентируются значением ее электропроводности. Предложен подход к экспресс-оценке качества воды, используемой при тушении пожаров электроустановок, находящихся под напряжением до 10000 В, с применением метода прямой кондуктометрии. Заполнение резервуаров водой, используемой при тушении пожаров указанных электроустановок, рекомендуется проводить после оценки ее удельной электропроводности.

Ключевые слова: оценка качества воды, минерализация, электропроводность воды, электроустановки, кондуктометр.

Постановка проблемы. Тушение электроустановок, находящихся под напряжением, относится к задачам повышенной сложности. Дополнительным поражающим фактором для пожарного выступает электрический ток. В данных условиях очень актуальной является проблема эффективного и максимально безопасного использования средств пожаротушения.

При тушении электроустановок, находящихся под напряжением, оперативные подразделения используют [1 - 3] не только негорючие газы и порошковые составы, но и воду.

При этом вода, используемая при тушении электроустановок, должна соответствовать определенным требованиям, поскольку увеличение в ней количества минеральных солей увеличивает ее электропроводность и влечет за собой повышение риска поражения пожарного электрическим током. Актуальным является вопрос контроля и экспресс-контроля качества данной воды.

Анализ последних достижений и публикаций. В [1 - 3] отмечено, что тушение электроустановок, находящихся под напряжением, возможно при соблюдении ряда условий. При этом помимо средств индивидуальной защиты регламентируются вещества, применяемые или не применяемые при тушении [1 - 3]. В частности, для электроустановок, находящихся под напряжением до 110 кВ допустимо использовать воду.

В литературных источниках регламентируется расстояние, на котором допустимо тушить пожары в электроустановках, находящихся под напряжением, компактными и распыленными струями воды [1 - 3].

Для электроустановок, находящихся под определенным напряжением, регламентированы свои безопасные расстояния до горящих электроустановок при подаче пожарными огнетушащих веществ из ручных стволов. В частности, для установок, находящихся под напряжением от 1 до 10 кВ, расстояние насадков стволов до соответствующего электрооборудования составляет от 4 м до 6 м при использовании компактных струй воды и от 1.5 м до 2.0 м при тушении распыленными струями воды [1].

При использовании насадок разного диаметра (13 и 19 мм) расстояние до токоведущих частей варьируется, соответственно, от 3.5 м до 4.0 м (электроустановки напряжением до 1 кВ) и от 4.5 м до 8 м (электроустановки напряжением до 10 кВ) [4, 5].

Эти допустимые значения определяются качеством используемой воды, а именно - величиной ее электролитической проводимости [4].

В [4] также показано, что чем больше содержание растворенных минеральных солей, тем большей электропроводностью обладает водный раствор. В условиях тушения пожара на электроустановках без снятия напряжения близость хорошего проводника электричества, которым является минерализованная вода при использовании ручных средств

пожаротушения, значительно повышает риск поражения током непосредственно ликвидатора очага возгорания. Так, в [2, 5] указывается на недопустимость использования морской и сильнозагрязненной воды при тушении электроустановок, находящихся под напряжением.

Предложенные расстояния при тушении электроустановок рассчитаны для воды определенного качества – значение ее удельной электропроводности составляет 1000 мкСм/см [4].

В то же время в руководящих документах [1 - 3], определяющих деятельность пожарных, напрямую не указаны предельно допустимые значения удельной электропроводности воды, а их обзор не выявил регламентации методов контроля качества воды, используемой при тушении электроустановок, находящихся под напряжением.

Еще одним важным аспектом, который отмечен в [6 - 9], является то, что качество воды, применяемой в случае необходимости при тушении электроустановок, находящихся под напряжением, может меняться в силу разных причин – время года, метеорологические условия, географическое расположение и т.п.

Известно, что весной количество микроорганизмов увеличивается в природной воде, используемой для забора в систему городского водопровода, и соответствующие городские службы проводят усиленное хлорирование воды [6]. За счет введения дополнительного количества электролита общая минерализация воды в сетях централизованного водоснабжения весной повышается. Как следствие, электропроводность водопроводной воды увеличивается. При этом, согласно [4], условия тушения пожаров изменяются – расстояние от насадок рабочих стволов до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением, надо увеличивать в 1.3 раза.

С другой стороны, известно [7 - 9], что в весенний период минерализация поверхностных природных вод и, следовательно, их электропроводность [10], понижается, что связано с таянием снегов, паводками и увеличением объема воды в реках. Климатические условия, режим питания рек, рельеф и ряд других условий влияет на совокупный анионный и катионный состав воды. Так, летом, вследствие повышенной испаряемости воды минерализация открытых водных источников может увеличиться. Зимой степень промерзания водоёмов и рек будет влиять на их минеральный состав и удельную проводимость – минерализация воды повышается [11].

Еще одним известным фактором, влияющим на качество природных вод, является антропогенная деятельность человека – сбросы сточных вод из очистных сооружений, промышленные стоки, сельскохозяйственная деятельность способствуют загрязнению природных вод [11].

Формулирование цели статьи. Исходя из вышесказанного, оценка качества воды, используемой в при тушении пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением, является на сегодняшний день актуальной задачей.

Цель данной работы – оценить возможность применения экспресс-оценки качества воды, используемой для тушения пожаров электроустановок, находящихся под напряжением до 10000 В, при помощи метода прямой кондуктометрии.

Изложение основного материала. Удельная электропроводность (κ , См/см) представляет собой величину, обратно пропорциональную сопротивлению раствора [12]:

$$\kappa = \frac{l}{S \times R}, \quad (1)$$

где R – сопротивление раствора, Ом; S – площадь электродов, см²; l – расстояние между электродами, см.

Поскольку электропроводность и минерализация величины взаимосвязанные, то зная один параметр, можно оценить величину другого и наоборот [10, 12, 13].

Так, зная общее содержание минеральных солей в растворе C (мг/дм³), можно оценить

его удельную электропроводность χ из соотношения [13]:

$$\chi = 0.65 \times C. \quad (2)$$

В свою очередь, методы и методики определения минерализации и электропроводности разнообразны, например [10, 12, 14, 15]. При этом варьируются приборная база, сложность и экспрессность анализа.

Оптимальной для выполнения аналитических измерений в большинстве случаев является простая, недорогая методика, позволяющая в считанные минуты получить конечный информативный результат [16].

В работе предложен метод прямой кондуктометрии для экспресс-оценки электропроводности воды, которую можно использовать для тушения электроустановок, находящихся под напряжением. Практически метод реализован при помощи кондуктометра.

Применение метода прямой кондуктометрии дает возможность оперативно оценить электропроводность воды, которую используют или планируют использовать при тушении пожаров электроустановок, находящихся под напряжением.

В свою очередь, данная информация позволит вовремя сориентировать ликвидаторов возможного пожара электроустановок, находящихся под напряжением, по условиям его тушения.

Экспресс-оценка качества воды даст возможность определить наиболее благоприятное время для ежегодного заполнения резервуаров для пожаротушения на электростанциях.

Современные кондуктометры выполняют определение в течении 1 – 2 мин без учета процедуры пробоподготовки, просты в использовании, относительно недороги. Они применимы в широком диапазоне солесодержаний (от 1 мкСм/см до 2000 мСм/см), приборная погрешность последних моделей не превышает 1 - 2 %.

Измерения электропроводности анализируемых образцов воды выполнялись при помощи кондуктометра МР 513 в режиме «COND». Для уменьшения погрешности определения электрод перед серией измерений промывался соответствующим анализируемым раствором. Время единичного измерения составляло 2 мин. Вычисления доверительного интервала проводились при $P = 0.95$.

В качестве примера необходимости контроля качества воды централизованного водоснабжения в табл. 1 приведены значения электропроводностей образцов воды в с. Подворки (Харьковская область). Измерены значения электропроводностей природного источника воды близ с. Подворки (табл. 1, «Родник») и воды из водопроводной сети с. Подворки (табл. 1, «Централизованное водоснабжение»). Анализ проведен в марте 2013 г. Для сравнения приведено значение электропроводности дистиллированной воды.

Как видно из данных табл. 1, родниковая вода обладает меньшей электропроводностью по сравнению с водой из водопроводной сети. Это может быть объяснено дополнительным обеззараживанием водопроводной воды хлорагентами – электролитами, которые повысили электропроводность данной воды.

Минерализация подземного источника, который выходит на поверхность близ с. Подворки («Родник»), в меньшей степени зависит от сезонных колебаний [8]. В случае выбора источника водоснабжения при тушении электроустановок, находящихся под напряжением, следует отдать предпочтение данному источнику. Возможно использование смеси водопроводной и родниковой воды (с суммарной электропроводностью до 1000 мкСм/см). В случае использования водопроводной воды с. Подворки при тушении пожаров электроустановок, находящихся под напряжением до 10 кВ, следует расстояние от насадок рабочих стволов до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением, увеличить в 1.3 раза. Применение дистиллированной воды в данном случае нецелесообразно из-за экономической составляющей процесса производства этой воды.

В табл. 2 показано значение электропроводности проб воды из р. Харьков в осенне-весенний период. Как видно, в зимний период происходит концентрирование растворенных примесей в воде вследствие частичного перехода воды из жидкого состояния в твердое при

минусовой температуре окружающей среды. Как следствие, минерализация речной воды возросла. В весенний период солесодержание, а, следовательно, и электропроводность речной воды возрастают. Это связано с расположением реки в пределах мегаполиса. Повышение температуры активизировало поверхностный сток и способствовало увеличению количества загрязняющих примесей в речной воде. Т.е. антропогенный фактор нивелировал влияние весеннего паводка на минеральный состав воды р. Харьков.

Таблица 1 – Результаты измерения удельной электропроводности κ анализируемых растворов (с. Подворки, Харьковская область), мкСм/см

| № | Централизованное водоснабжение | Родник | Дистиллированная вода |
|---------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| κ_1 | 1168 | 784 | 5.04 |
| κ_2 | 1170 | 788 | 4.94 |
| κ_3 | 1174 | 788 | 5.00 |
| κ_{cp} | 1171 | 787 | 4.99 |
| $Sr, \%$ | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Δ | ± 4 | ± 3 | ± 0.05 |

Таблица 2 – Сезонные изменения удельной электропроводности κ анализируемых растворов (р. Харьков, г. Харьков), мкСм/см

| № | р. Харьков (октябрь 2013) | р. Харьков (январь 2013) | р. Харьков (март 2013) |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| κ_1 | 769 | 905 | 1055 |
| κ_2 | 764 | 906 | 1052 |
| κ_3 | 766 | 907 | 1054 |
| κ_{cp} | 766 | 906 | 1054 |
| $Sr, \%$ | 0.3 | 0.1 | 0.2 |
| Δ | ± 3 | ± 1 | ± 2 |

Как видно из полученных результатов (табл. 1, 2), во всех случаях значение относительного среднеквадратичного отклонения не превышает 1 %.

Использование воды р. Харьков для тушения пожаров электроустановок, находящихся под напряжением до 10 кВ рекомендуется в весенний период проводить с учетом коэффициента 1.3 [4]. В осенний и зимний период допустимо использовать эту воду в указанных целях на регламентированных расстояниях [4] без учета дополнительных множителей.

Выводы:

- Для экспресс-оценки качества воды, используемой при тушении пожаров электроустановок до 10000 В, предложено применять метод прямой кондуктометрии с использованием кондуктометра.
- Регламентированное в литературе значения электропроводности воды, необходимой для тушения данных электроустановок – 1000 мкСм/см, не всегда достижимо.
- Перед использованием воды при тушении пожаров на электроустановках, находящихся под напряжением, для обеспечения безопасности ликвидаторов, использующих пожарные рукава, рекомендуется проводить предварительную оценку электропроводности воды.

- При заполнении резервуаров для пожаротушения рекомендуемый период – весенний – при использовании природных поверхностных вод, и осенне–зимний период при использовании воды централизованного водоснабжения.
- Перед заполнением резервуаров для пожаротушения электроустановок, находящихся под напряжением, необходим экспресс-анализ электропроводности воды.
- Экспресс-анализ электропроводности воды позволяет выбрать наиболее оптимальный источник из нескольких вариантов. При необходимости знание электропроводностей воды в имеющихся источниках водоснабжения позволяет смешивать разные воды для получения раствора с электропроводностью, не превышающей 1000 мкСм/см.
- Необходимо четкое закрепление в нормативной руководящей документации требования качества воды, используемой для тушения пожаров электроустановок, находящихся под напряжением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по тушению пожаров на подстанциях 35-110 кВ электрических сетей. - [Электронный ресурс] - Режим доступа -<http://leg.co.ua/instrukcii/ohrana-truda/instrukciya-pozhareniyu-pozharov-na-podstanciyah.html>.
2. 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://www.niipb.by/instruktsiya-po-tusheniyu-pozharov-v-elektrostanovkakh-organizatsiy-respubliki-belarus.html>.
3. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением: Рекомендации [Текст]. - М.: ВНИИПО, 1986.- 16 с.
4. Кашолкин Б.И. Тушение пожаров в электроустановках. [Текст]/ Кашолкин Б.И., Мешалкин Е. А. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 112 с., ил.
5. Инструкция по тушению пожаров на электроустановках электростанций и подстанций Минэнерго СССР [Текст]. - 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. [Текст]/ Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. - М.: Недра, 1990. - 480 с.
8. Фишман Г.И. Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий химических волокон [Текст]/ Фишман Г.И., Литник А.А. - М.: Химия, 1971. - 160 с.
9. А.П. Акользин. Кислородная коррозия оборудования химических производств [Текст]/ А.П. Акользин, А.П. Жуков. - М. : Химия, 1985. - 240 с.
10. 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.
11. Гидрология: учебное пособие по курсу «Науки о Земле» для студентов, обучающихся по специальности 28020265 «Инженерная защита окружающей среды» [Текст]/ сост. В. А. Михеев. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 200 с.
12. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши [Текст]/ Под ред. А.Д. Семенова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 542 с.
13. Расчет электропроводности воды - [Электронный ресурс] - Режим доступа - http://www.o8ode.ru/article/answer/method/The_calculation_of_the_electrical_conductivity_of_water.
14. Унифицированные методы анализа вод [Текст]/ Под общ. ред. Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 1973. - 376 с.
15. Зори А.А. Экспресс-метод определения общей минерализации питьевой воды [Текст]/ Зори А.А., Коренев В.Д., Марковский Ю.Е./ Наукові праці ДонНТУ. Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». Випуск 107, 2006. - С. 136 - 142.
16. Ю.А. Золотов. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.1. Общие вопросы. Методы разделения. Учеб. для вузов [Текст]/ 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.