

Информационное агентство
Энергопресс

2'2009

Новое в российской электроэнергетике



НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Ежемесячный электронный журнал

№ 2 февраль 2009 г.

Объединенный редакционный совет издательств ООО «Стрижев-Центр»
и ООО «Информационное агентство «Энерго-пресс»

Сопредседатель – Паули Виктор Карлович, директор филиала ОАО «Инженерный центр ЕЭС» — фирмы «ОРГРЭС», главный редактор журнала «Охрана труда за рубежом»

Сопредседатель – Серебрянников Сергей Владимирович, ректор Московского энергетического института (Технического университета)

Члены Совета

Шульгинов Николай Григорьевич, первый заместитель председателя Правления ОАО «СО ЕЭС»

Зубакин Василий Александрович, и.о. председателя Правления ОАО «РусГидро»

Загретдинов Ильяс Шамилович, заместитель генерального директора – технический директор ОАО «Группа Е-4»

Громогласов Александр Аркадьевич, главный редактор издательств «Стрижев-Центр» и «Энерго-пресс»

Воронов Виктор Николаевич, заведующий кафедрой Московского энергетического института (Техни-

ческого университета), главный редактор журнала «Новое в российской электроэнергетике»

Росляков Павел Васильевич, проректор Московского энергетического института (Технического университета)

Пильщиков Аркадий Павлович, доцент Московского энергетического института (Технического университета)

Громогласов Сергей Александрович, заместитель директора издательства «Энерго-пресс» – ответственный секретарь

Редколлегия

Главный редактор –
Воронов В.Н., д.т.н.
Первый заместитель главного редактора –
Зорин В.М., д.т.н.
Заместитель главного редактора –
Громогласов А.А., д.т.н.
Ответственный секретарь –
Галтеева Е.Ф., к.т.н.

Члены редколлегии:

Аракелян Э.К., д.т.н.
Богущ Б.Б.
Васин В.П., д.т.н.
Верещагин И.П., д.т.н.
Жуков Ю.И., к.т.н.
Загретдинов И.Ш.
Лавыгин В.М., к.т.н.
Львов М.Ю., к.т.н.
Мисриханов М.Ш., д.т.н.
Паули В.К., д.т.н.
Пильщиков А.П., к.т.н.
Росляков П.В., д.т.н.
Рыженков В.А., д.т.н.
Рябов М.И., к.т.н.
Седлов А.С., д.т.н.
Соляков В.К., к.т.н.
Томаров Г.В., д.т.н.

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, Свидетельство о регистрации: Эл № 77-2655 от 17.04.2000.

Содержание

Стр.

О подписке на электронные журналы «НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ» и «ОХРАНА ТРУДА ЗА РУБЕЖОМ» 3

Общие вопросы электроэнергетики

Концепция открытой комплексной структуры АСУП. К.т.н. В.С. Мухин, инж. В.А. Шмелев (МЭИ – ТУ) 5

Анализ насыщения дугогасящего реактора в процессе перемежающегося замыкания на землю. К.т.н. Рыжкова Е.Н. (Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Казахстан) 17

В помощь производству

Электронно-оптические приборы при контроле технического состояния электротехнического оборудования. К.т.н. В.И. Завидей, инж. М.А. Вихров (ЗАО «Панатест»), инж. Н.В. Крупенин, инж. А.В. Голубев (ГУП «ВЭИ») 24

Охрана труда

Возможности совершенствования сигнализаторов напряжения. Д.т.н. А.А. Красных, инж. Д.Г. Литвинов, инж. В.В. Казаковцев (ВятГУ, г. Киров) 32

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней (Перечень ВАК).

ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИГНАЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

**Д.т.н. А.А. Красных, инж. Д.Г. Литвинов, инж. В.В. Казаковцев
(ВятГУ, г. Киров)**

Сигнализаторы напряжения (СН) как индивидуальные средства предупреждения о приближении человека на недопустимое расстояние к находящимся под напряжением токоведущим частям стали применяться в электросетевых предприятиях с середины девяностых годов прошлого века. Сигнализаторы напряжения классифицированы [1] как электрозащитные средства (ЭЗС) наряду с изолирующими штангами, клещами, указателями напряжения. Индивидуальные СН делятся на два типа (рис. 1):

- автоматические (касочные), предназначенные для предупреждения персонала о приближении к находящимся под напряжением токоведущим частям на опасное расстояние;
- неавтоматические, предназначенные для предварительной оценки наличия напряжения на токоведущих частях электроустановок при расстояниях между ними и оператором, значительно превышающих безопасные.

Использование СН в РАО «ЕЭС России» было признано сначала целесообразным, а затем – обязательным.

В публикуемой статистике травматизма в электроэнергетике и материалах по ее анализу неоднократно описывались несчастные случаи, причиной которых являлось неприменение ЭЗС, в частности – СН. Можно отметить, что с начала внедрения СН число случаев ошибочного попадания работников под напряжение в сетях напряжением 6–10 кВ значительно сократилось. Известно также много примеров, когда использование СН спасало людям жизни.

В данной статье рассмотрены некоторые причины, сдерживающие более широкое применение СН, обозначены пути их устранения и совершенствования конструктивного исполнения.

Одной из причин, вызывающих определенную настороженность и мешающих формированию доверия к СН со стороны электромонтеров, является существующее (из-за отсутствия единого подхода к роли СН) многообразие их конструкций, вариантов установки, правил пользования. Сложность внедрения сигнализаторов обусловлена и тем, что их срабатывание происходит в случае, когда напряженность электрического поля (ЭП) достигает выставленного изготовителем порогового уровня (для касочных СН – примерно 1 кВ/м). И если человек, хотя бы приблизительно, способен оценить правильность работы приборов, измеряющих длину, массу, другие физические величины, то сопоставить со своим восприятием интенсив-

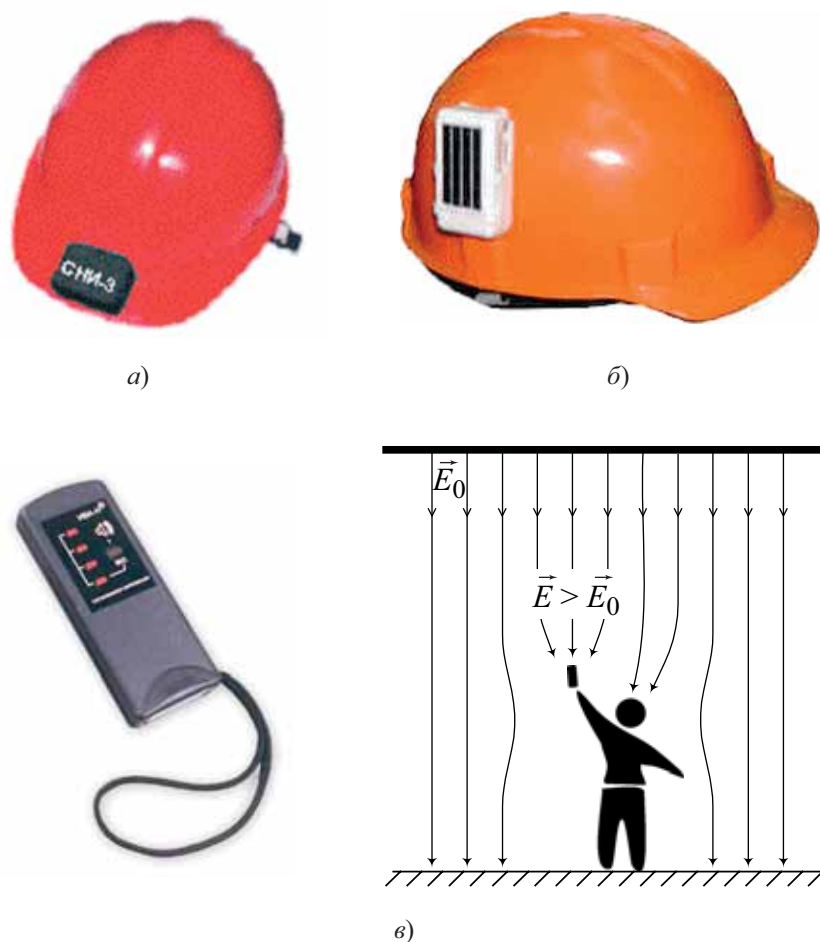


Рис. 1. Сигнализаторы напряжения индивидуальные
 а, б – автоматические (касочные); в – неавтоматический и схема его применения для контроля с земли наличия напряжения на проводах линии электропередачи

ность ЭП он не способен. По этой причине оператор зачастую сомневается в правильности срабатывания СН, принимает его за «ложное срабатывание».

Сомнения усиливаются при наличии нескольких источников ЭП (например, когда в одном «коридоре» проходят несколько воздушных линий электропередачи разного напряжения) и невозможности определить, электрическое поле какого источника (линии) вызвало срабатывание СН.

Ненадежность работы применяемых СН, помимо несовершенства конструкции и технологии изготовления, обусловлена такими причинами, как неправильно выбранный порог срабатывания сигнализатора, неоптимальное расположение СН и др. Для устранения этого требуется дальнейшее изучение особенностей распределения вблизи тела человека электрического поля, создаваемого проводами воздушных линий электропередачи (ВЛ), другими электроустановками.

Не способствуют созданию более совершенных СН, их широкому распространению в электросетевых предприятиях также встречающиеся в литературе, в том числе и в нормативной, неопределенности, неточности, «нестыковки» требований.

Рассмотрим в качестве примера «Инструкцию», выпущенную Министерством энергетики РФ в 2003 г. [1]. Она является основным документом, определяющим порядок применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках. Содержание параграфа 2.5, посвященного индивидуальным СН, по сравнению с предыдущей редакцией «Инструкции», значительно расширено и конкретизировано, введено разделение СН на автоматические и неавтоматические, определен ряд общих требований, правил пользования сигнализаторами. В то же время можно сделать ряд замечаний, изложенных далее по пунктам названного параграфа:

1. В п. 2.5.3 статус СН определен как «вспомогательное защитное средство». Термин «вспомогательное» ни в [1], ни в [2] не расшифрован, «права и обязанности» такого защитного средства не определены.

2. В этом же пункте сказано, что СН «предупреждают работающего о приближении к проводам ВЛ напряжением 6–10 кВ на опасное расстояние – менее двух метров». И здесь же говорится о том, что СН «не должен подавать сигналов при нахождении оператора на земле».

Возможно ли сделать СН, удовлетворяющий этим требованиям? Попробуем разобраться с этим подробнее.

Во-первых, введенное понятие «опасное расстояние» в нормативной литературе не определено и никак не обосновано, почему оно «менее двух метров». Единственное оговоренное в [2] расстояние – это минимальное допустимое расстояние до токоведущих частей, находящихся под напряжением. Для ВЛ 6–10 кВ оно равно 0,6 м.

Во-вторых, так как необходимо обеспечить срабатывание СН на ВЛ напряжением 6 и 10 кВ в условиях самого слабого поля, нужно эти условия определить. С учетом того, что напряженность ЭП пропорциональна напряжению на линии, следует выбрать линию 6 кВ. Как показали исследования [3], напряженность ЭП существенно зависит от варианта расположения проводов на опоре (рис. 2) и от расстояния x от сигнализатора до оси опоры. При $x = 0,3$ м (соприкосновение с опорой козырьком каски) напряженность ЭП в зоне над центральной частью каски в 1,5 раза, а над козырьком – почти в десять раз меньше, чем при $x = 0,7$ м (рис. 2, а).

По результатам проведенных исследований установлено, что наименьшие напряженности ЭП имеют место при смешанном расположении проводов – на одних и тех же расстояниях R между проводом и СН в этом случае напряженность в два раза меньше, чем при вертикальном расположении проводов. Вблизи опоры ($x = 0,3$ м) из-за экранирующего действия опоры расстояние срабатывания сигнализатора примерно в два раза больше, а напряженность поля – меньше, чем при $x = 0,7$ м. Эти соотношения сохранялись при измерениях на деревянных и железобетонных опорах, при использовании различных вариантов измерителей напряженности электрического поля и сигнализаторов напряжения, при их разном расположении на каске электромонтера.

Итак, если в наилучших условиях обеспечить срабатывание СН на расстоянии 2 м (а изготовитель еще обязан заложить запас на разброс параметров сигнализатора), то на ВЛ 10 кВ

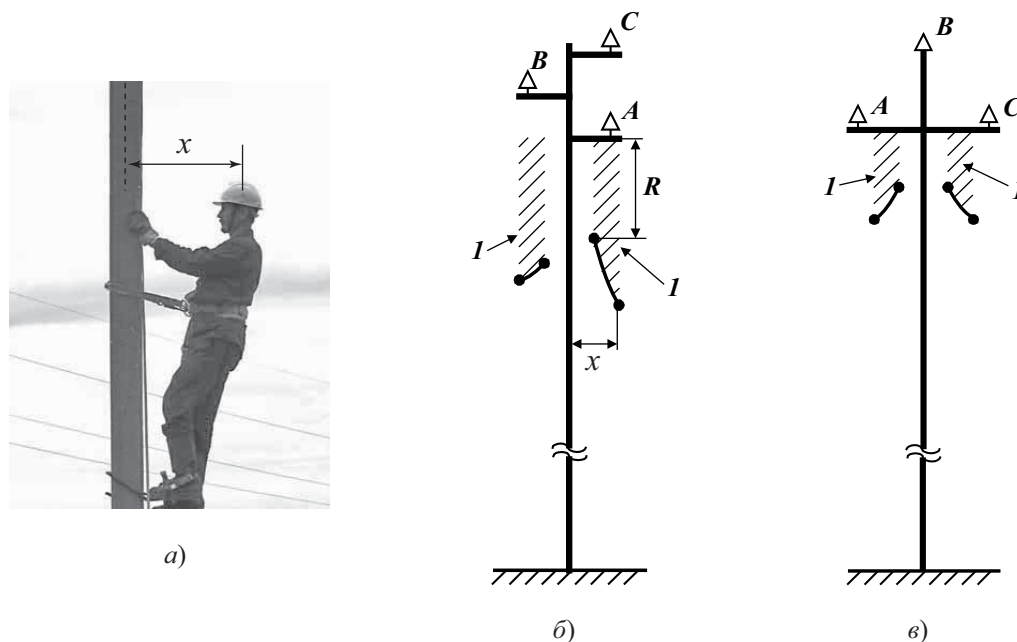


Рис. 2. Зоны срабатывания СН (заштрихованы и обозначены I)

a – положение электромонтера на опоре; b – вертикальное расположение проводов; c – смешанное расположение проводов

при вертикальном расположении проводов расстояние срабатывания СН будет близким к расстоянию между каской стоящего на земле электромонтера и проводами ВЛ. Если же электромонтер в оснащенной СН каске находится под проводами ВЛ 10 кВ, но не у опоры, а в зоне, где расстояние от проводов до земли близко к минимальному, то СН срабатывает «с земли», что подтверждалось при испытаниях СН в ОАО «Кировэнерго». Таким образом, требования п. 2.5.3 противоречат друг другу.

Поэтому содержание данного пункта нужно скорректировать. Из возможных вариантов выделим два:

а) уменьшить минимально допустимое расстояние срабатывания СН («опасное расстояние») с 2,0 м до чуть большего, чем 0,6 м;

б) изготавливать касочные сигнализаторы только для ВЛ 10 кВ, так как линии напряжением 10 кВ распространены гораздо больше, чем линии 6 кВ (протяженность ВЛ 10 кВ в 2000 г. составляла 41 % общей длины линий, принадлежавших РАО «ЕЭС России», а протяженность ВЛ 6 кВ – лишь 2,4 % [4]).

При анализе требований п. 2.5.3 возникают и такие вопросы: Почему касочный СН не должен срабатывать при нахождении оператора на земле? Почему для проверки наличия напряжения на проводах ВЛ необходимо, чтобы после проведения предусмотренных правилами безопасности [2] подготовительных работ электромонтер поднялся примерно до середины опоры (до срабатывания СН)? Если сейчас стало возможным изготавливать миниатюрные СН с высокой чувствительностью, то, может быть, стоит этим воспользоваться во благо?

При повышении чувствительности снижается защищенность сигнализатора от помех, что будет чаще приводить к ложным срабатываниям. Однако возможно производство касочного

СН с двумя уровнями (режимами) чувствительности: основным, при котором СН должен срабатывать вблизи находящихся под напряжением проводов ВЛ, и повышенным. При необходимости предварительной проверки с земли наличия напряжения на проводах ВЛ перевод такого СН на время измерения в режим повышенной чувствительности может быть осуществлен, например, прикосновением пальца к специальному контакту сигнализатора. Данный способ увеличения чувствительности применяется в неавтоматическом СН «Пион».

Предлагаемый СН в таком варианте становится универсальным. По классификации [1] он объединяет функции, присущие как автоматическим, так и неавтоматическим СН. Если же данный сигнализатор в основном режиме работы будет рассчитан на срабатывание при меньшем, чем указано в [1], расстоянии, то станет возможным применять касочные СН, кроме ВЛ, и на других объектах (например, на подстанциях), где из-за высокой чувствительности ими пользоваться затруднительно.

3. В разделе 1 [1] введено понятие «безопасное расстояние», которое использовано в пп. 2.5.1 и 2.5.4 в фразе «...при расстояниях между ними (токоведущими частями) и оператором, значительно превышающих безопасные...». Но численные значения ни безопасного, ни безопасных расстояний в [1] не приведены.

4. В п. 2.5.2 определение СН как устройство, «реагирующее на напряженность электрического поля» лучше заменить на «реагирующее на электрическое поле определенной напряженности» или на «срабатывающее при попадании в электрическое поле, напряженность которого выше установленного для данного СН порогового уровня».

5. В п. 2.5.3 говорится: «Работа СН осуществляется независимо от действия персонала». Но рука над головой может экранировать касочный СН, т.е. лишает его возможности контролировать электрическое поле (рис. 3).

6. По п. 2.5.5: для проверки работоспособности СН требуются не «контрольные сигналы», а источник электрического поля, внешний (наподобие малогабаритных устройств для проверки в полевых условиях указателей напряжения) или встроенный. Работоспособность СН можно регулярно проверять, например, приближая его к заведомо находящимся под напряжением проводам сети 380/220 В.

7. Следует определить возможности и привести методики применения СН для повышения безопасности (а также и производительности) работ в сетях 380/220 В. С помощью неавтоматических СН возможно, в частности:

- бесконтактное определение наличия напряжения на проводах, в том числе изолированных;
- поиск места обрыва изолированного провода;
- определение положения фазного провода скрытой проводки;
- проверка исправности защитного заземления электрооборудования;
- контроль правильности установки выключателей осветительной сети.

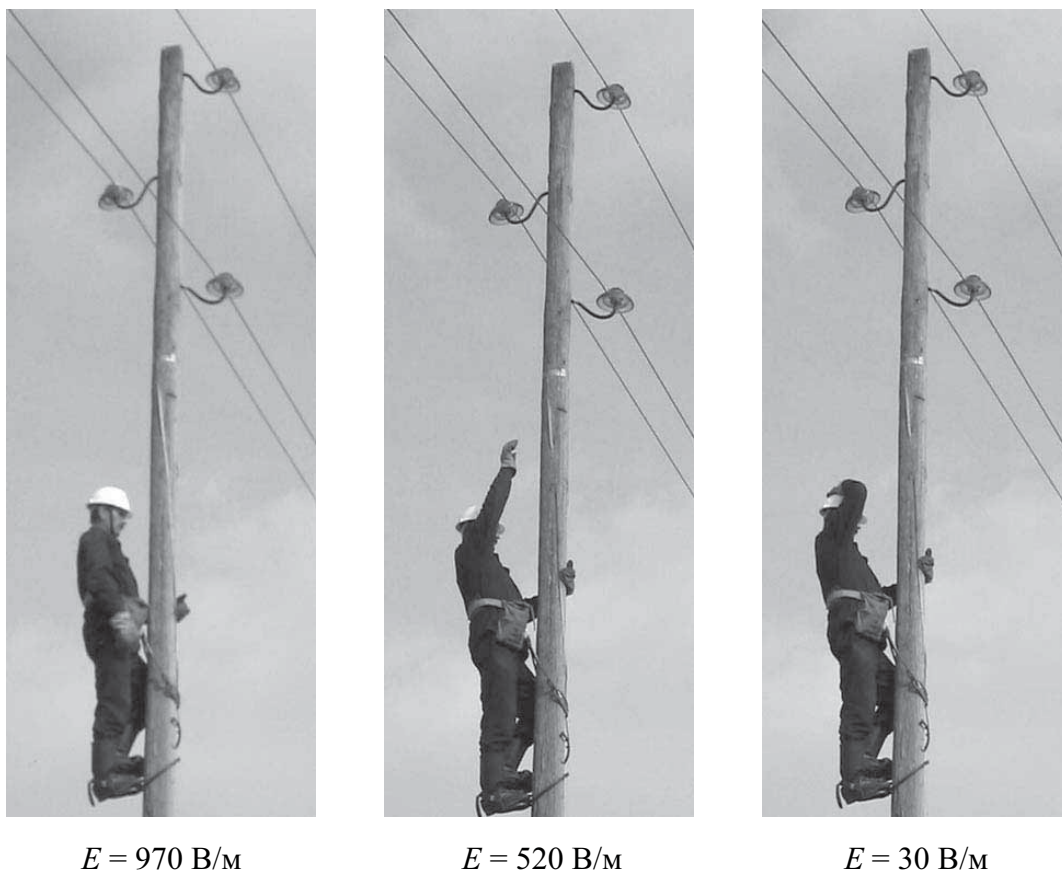


Рис. 3. Зависимость напряженности ЭП над головой электромонтера от положения его руки

С целью совершенствования СН, в первую очередь – касочных, в научно-производственном центре (НПЦ) «Электробезопасность» ВятГУ проведены исследования распределения ЭП вблизи воздушных линий электропередачи и других электроустановок, изучены замечания и пожелания эксплуатирующих СН предприятий.

В результате этой работы были сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. Размещение СН не снаружи, а внутри каски (в виде гибкой пластинки, устанавливаемой в ребро жесткости) придает СН ряд существенных преимуществ [3; 5]:

- защищенность от воздействия атмосферных осадков;
- исключение возможности зацепов, спадания СН с каски;
- направление звукового сигнала внутрь каски, что обеспечит его хорошую воспринимаемость при значительно меньшей мощности сигнала, чем мощность, требуемая для надежного распознавания сигнала при наружном расположении СН;
- расширение зоны контроля электрического поля за счет удлинения антенны, проходящей по всему ребру жесткости каски (рис. 4);
- повышение чувствительности СН за счет приближения его к голове работника (рис. 5).

2. Нецелесообразно располагать сигнализатор на козырьке каски, так как при подъеме на опору он будет находиться в зоне, где из-за экранирующего действия опоры напряженность ЭП невелика (см. рис. 2). Неоптимальным является и расположение СН на каске сбоку [3].

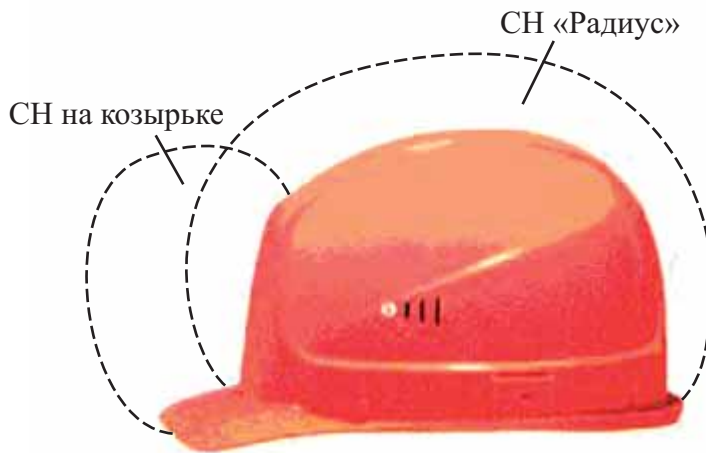


Рис. 4. Зоны контроля ЭП касочных сигнализаторов

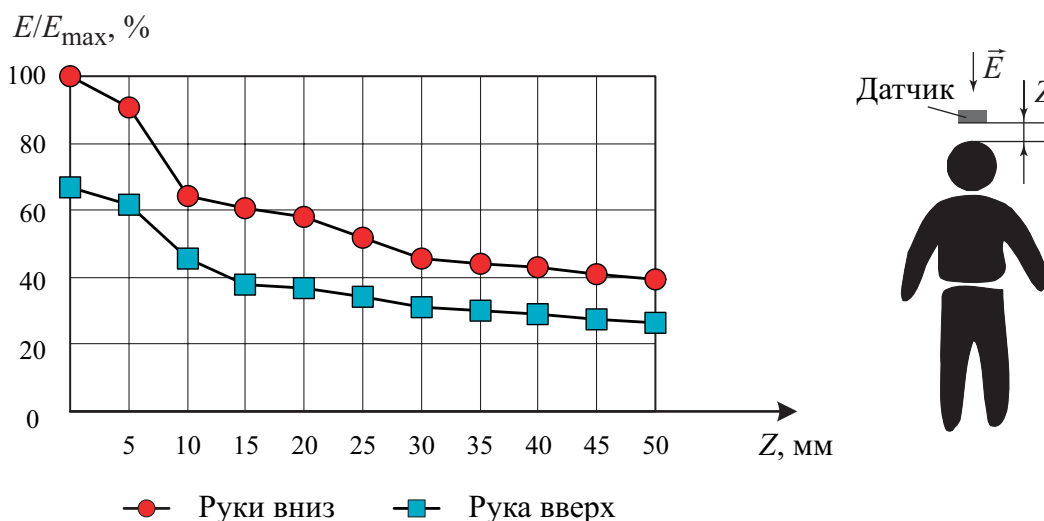


Рис. 5. Зависимость напряженности электрического поля от расстояния Z до головы (за E_{max} принята максимальная напряженность в данном эксперименте)

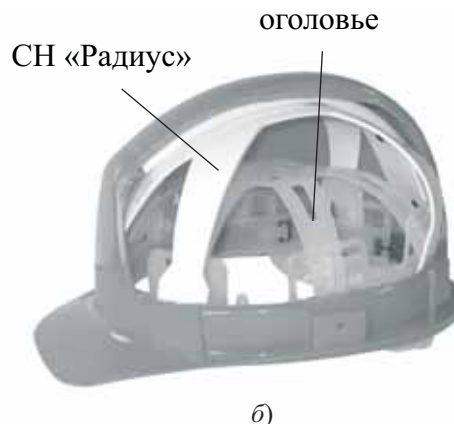
3. СН следует устанавливать на каску стационарно, а не как сейчас принято [1]: ежедневная установка перед началом, снятие по окончании работы, сопровождаемые автоматическим включением-выключением сигнализатора.

Современная радиоэлементная база, новые схемные решения позволяют обеспечить работоспособность стационарно установленного внутри каски и не имеющего выключателя СН без замены элемента питания в течение года (а в перспективе – и до пяти лет). Замена элемента питания у такого сигнализатора, при необходимости, должна быть возможна и легко выполняема.

4. Универсальный (с возможностью создания режима повышенной чувствительности) касочный СН снизит при эксплуатации ВЛ 6–10 кВ потребность в неавтоматических СН.



а)



б)

Рис. 6. СН «Радиус»
а – внешний вид; б – в каске «UVEX» (каска с вырезом)

5. Одной из задач, которую приходится решать разработчикам, является обеспечение удобного и надежного крепления СН на защитной каске без ее доработки. Применяемый вариант крепления на козырьке с помощью прищепки (см. рис. 1, а) ненадежен. Правомочность установки кронштейнов для крепления СН с помощью винтов через боковые вентиляционные отверстия (см. рис. 1, б) является спорной.

Для установки СН внутри каски (в ее ребро жесткости) разработана конструкция гибкого корпуса (рис. 6, а) из полиэтилена, позволяющая монтировать СН под оголовье каски в распор с помощью четырех вилок. Нижняя, обращенная к голове сторона корпуса СН, – ровная, выступающих частей не имеет.

По результатам проведенных исследований в НПЦ «Электробезопасность» ВятГУ создан касочный СН «Радиус» [6], предназначенный для установки внутри широко распространенных в электроэнергетике дугостойких защитных касок фирмы «UVEX» (рис. 6, б) и аналогичных им по конструкции. Масса СН «Радиус» – 75 г, индикация – звуковая.

6. В касочных СН возможно применение радиосвязи [7], что позволяет:

- разделить рабочую (измерительную) и индикаторную части и вынести индикаторную часть (более 80 % энергопотребления СН) с каски на спецодежду, например, в нагрудный карман; масса, габариты и энергопотребление оставшейся на каске части при этом значительно уменьшаются;

- передавать (дублировать) информацию о срабатывании СН на другие индикаторные части, в том числе на находящуюся у ответственного за безопасность работ. Мощность радиоизлучения – менее 1 мВт, что безопасно и не требует специальных разрешений на использование частотного канала.

7. В неавтоматических СН помимо описанного в статье способа повышения чувствительности возможно создание и режима низкой чувствительности, что позволяет применять СН в сильных электрических полях, например, на подстанциях или на электрифицированных железных дорогах переменного тока с напряжением 27,5 кВ.

Но следует учитывать, что нахождение СН в этом режиме должно быть только при нажатой кнопке понижения чувствительности, а после ее отпущения СН обязан автоматически вернуться в обычный режим работы. Такой способ понижения чувствительности применен в СН «ИВА-Н-2» [7].

Проработка затронутых в статье вопросов позволит повысить качество и надежность работы СН, эффективно использовать принципиально присущие им достоинства – малые габариты и масса, возможность применения на линиях с изолированными проводами. Одним из важных достоинств СН, предопределяющим широкий спрос на них, является то, что в отличие от ряда других средств защиты применение СН не снижает производительность труда, а зачастую позволяет ее существенно увеличить.

Литература

1. **Инструкция** по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
2. **Межотраслевые** правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
3. **Красных А.А., Морозов А.С.** Определение порогов и зон срабатывания различных типов сигнализаторов напряжения на воздушных линиях электропередачи // Новое в российской электроэнергетике. 2004. № 11.
4. **Красных А.А.** Электрозашитные средства и устройства контроля для воздушных линий электропередачи. Киров: ВятГУ, 2004.
5. **Красных А.А., Морозов А.С.** Сигнализаторы и бесконтактные указатели напряжения // Электробезопасность. 2001. № 4.
6. **Красных А.А., Казаковцев В.В.** Повышение эффективности применения сигнализаторов напряжения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 4.
7. **Патент РФ на полезную модель: МПК⁷ G 01 R 19.155, G 08 C 17/02.** Сигнализатор напряжения индивидуальный / А.А. Красных, Д.Г. Литвинов, И.И. Машковцев, А.С. Морозов. Опубл. 20.06.02. Бюлл. № 17.
8. **Красных А.А., Братухин А.В.** Разработка устройств контроля и электрозашитных средств для электрифицированных железных дорог // Электробезопасность. 2004. № 4.