

О проблемах обеспечения электробезопасности при работах на ВЛ

**БАЗАНОВ В. П., инженер, Учебный центр филиала Нижновэнерго
ОАО «МРСК Центра и Приволжья»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Рождественская, д. 33
Bazanov_VP@up.nne.elektra.ru**

В предлагаемой статье обозначены проблемные вопросы обеспечения электробезопасности при проведении ремонтных работ на ВЛ. Выделены и классифицированы факторы опасности и проведён их сравнительный анализ. Наряду с общей информацией об опасности выполнения работ на линиях под наведённым напряжением, самостоятельным фрагментом выделен такой фактор, как вынесенный потенциал с заземляющего устройства питающих подстанций. Показано, что понятие вынесенного потенциала распространяется на все линии электропередачи и сам фактор представляет реальную опасность для ремонтного персонала.

Ключевые слова: воздушная линия под наведённым напряжением, электромагнитная компонента наведённого напряжения, электростатическая компонента наведённого напряжения, вынесенный потенциал, переносное заземление (ПЗ), синфазное воздействие.

В связи с выходом нормативного документа «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ-016–2001) и очевидной некорректностью термина «воздушная линия под наведённым напряжением» за последние годы на страницах периодических технических изданий развернулась активная дискуссия по проблеме обеспечения электробезопасности персонала, проводящего ремонтные работы на ВЛ, находящихся под наведённым напряжением.

Следует выделить основные физические компоненты, касающиеся природы возникновения наведённых напряжений на проводах ВЛ. В общем случае наведённое напряжение имеет две компоненты: электромагнитную, или продольную, и электростатическую, или поперечную. Первая проявляется на рабочем месте выведенной в ремонт ВЛ при заземлении её проводов более чем в одной точке, т.е. когда созданы контуры активного токосцепления между данной линией и влияющей ВЛ. Например, линия заземлена на питающей подстанции (подстанциях) и непосредственно на рабочем месте.

Электростатическая компонента от влияющей линии проявляется всегда и имеет одинаковое значение в любой точке линии, отключённой для проведения ремонтных работ. Данные

компоненты имеют отличительные особенности.

Электромагнитная компонента наведённого напряжения обусловлена наличием токосцепления магнитного поля тока нагрузки влияющей ВЛ с некоторым «активным» контуром ВЛ, выведенной в ремонт. Таких активных контуров может быть несколько. Электромагнитная компонента не зависит от класса напряжения влияющей ВЛ; пропорциональна значению тока на влияющей ВЛ; зависит от взаимного расположения влияющей ВЛ и ВЛ, находящейся под наведённым напряжением; значение компоненты изменчиво и

непредсказуемо. Последнее утверждение объясняется тем, что при изменении тока на влияющей ВЛ («наброс» мощности, КЗ в системе или иная нештатная ситуация) на рабочем месте значение этой компоненты может стать чрезмерно большим.

Электростатическая компонента наведённого напряжения обусловлена лишь наличием ёмкостных связей между влияющей и отключённой ВЛ, находящейся в зоне влияющей линии. Она имеет следующие отличительные особенности: зависит от класса напряжения влияющей ВЛ, а также от взаимного расположения влияющей ВЛ и ВЛ, находящейся в зоне влияния; не зависит от значения тока и нагрузочных режимов влияющей ВЛ; всегда предсказуема и регулируется качеством заземления ВЛ; всегда одинакова и неизменна на всём протяжении отключённой линии, находящейся в зоне влияния.

Кроме наведённых напряжений, не меньшую опасность для линейного персонала представляет вынесенный потенциал с заземляющих устройств (ЗУ) подстанций в сети с эффективным заземлением нейтрали. Он может составлять более 10 кВ (см. ПУЭ, 7-е изд., п. 1.7.89). Вынос потенциала в рассматриваемой ситуации происходит по проводам выведенной в ремонт линии через включённые линейные заземляющие ножи.

На рис. 1 показана гипотетическая ситуация, которая может сложиться на выведенной в ремонт линии при заземлении её в РУ питающей подстанции. Следует отметить, что даже в схемах

Фактор опасности	Главная отличительная особенность опасного фактора	Как исключить воздействие опасных факторов
Электромагнитная компонента наведённого напряжения	Нерегулируема и непредсказуема в своём проявлении, может составлять более 10 кВ	Заземлить ВЛ в одной точке
Электростатическая компонента наведённого напряжения	Всегда имеет одно и то же значение в любой точке отключённой ВЛ и не может измениться скачкообразно, т.е. контролируема, корректируема и предсказуема	Заземлить ВЛ в одной точке (снижается до безопасного уровня)
Вынесенный потенциал с ЗУ подстанций, питающихся от сети с эффективно заземлённой нейтралью	Может составлять более 10 кВ, время воздействия определяется уставками защит, возникновение непредсказуемо	Заземлить ВЛ в одной точке (на месте проведения работ)
Вынесенный потенциал с ЗУ подстанций, питающихся от сети с изолированной нейтралью при наличии на подстанции дугогасящих катушек	Может достигать нескольких сот вольт, время действия — до устранения «земли» в сети, возникновение непредсказуемо	То же

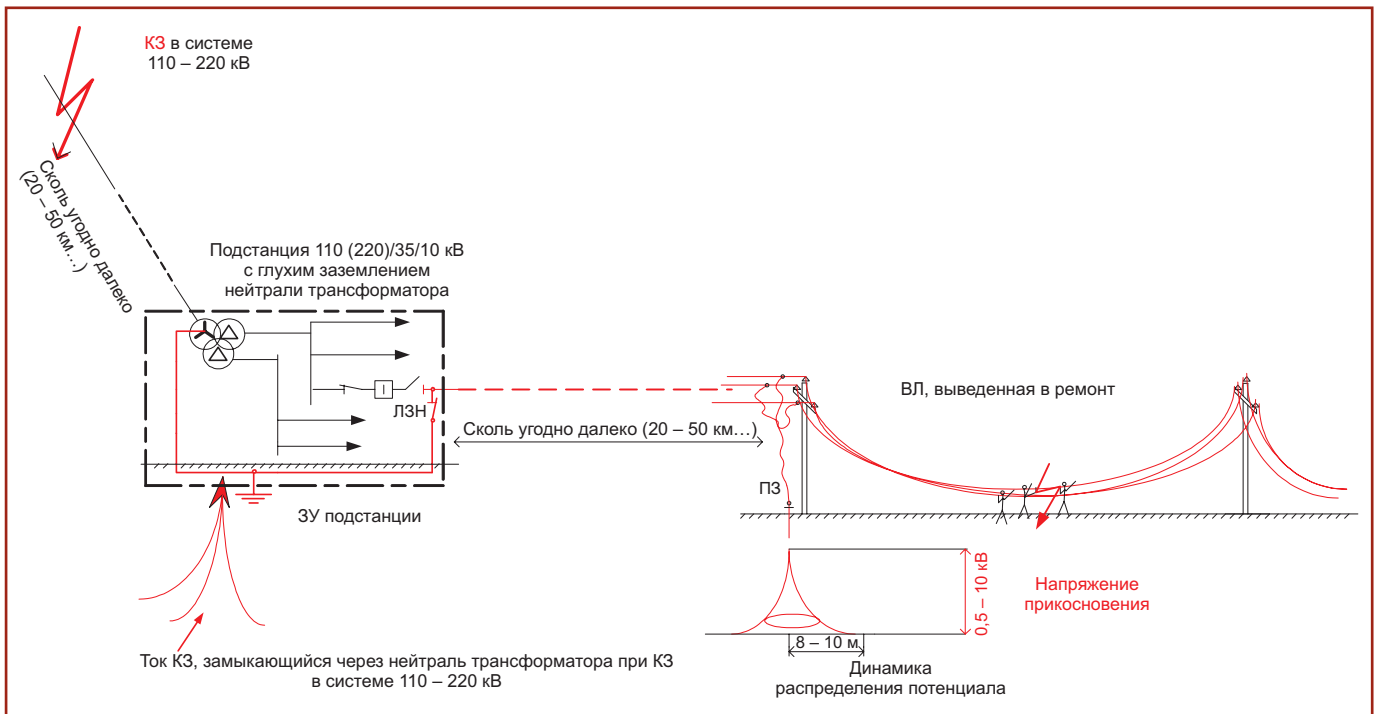


Рис. 1. Схема выноса потенциала с ЗУ подстанции при КЗ в питающей сети 110 – 220 кВ

сетей с изолированной нейтралью потенциал, вынесенный с ЗУ подстанций 6/10/35 кВ (при наличии на них дугогасящих катушек), может достигать нескольких сот вольт и держаться сколь угодно долго (до устранения «земли» в сети). Отличительные особенности и способы исключения воздействия опасных факторов приведены в таблице.

Прежде чем отметить эффективность такой меры защиты персонала, как заземление проводов ВЛ на штырь, рассмотрим реальную «работу» ука-

занного заземления. На рис. 2 показана расчётная диаграмма потенциалов, возникающая при стекании с ЗУ тока в массив грунта. На эту диаграмму нанесены точки, полученные в результате производственного эксперимента, проведённого 22.05.1995 г. на одной из ВЛ, принадлежащих Нижновэнерго. Заметим, что при этом потенциал на проводах без установки переносного заземления (ПЗ) составил 2,47 кВ. В случае заземления проводов на штырь ПЗ сопротивлением 200 Ом зафиксиро-

ванный потенциал (напряжение) соответствовал 2,27 кВ, т.е. наличие ПЗ снизило наведённое напряжение лишь на 8,1 %.

В представленном эксперименте на влияющей ВЛ было введено ускорение действия устройств РЗА. Весь процесс длился лишь три периода промышленной частоты (0,06 с). Даже в этом случае трагический исход опасного воздействия на человека имеет, как минимум, «десятикратную гарантию». Оценка сделана на основе данных книги В. Д. Манькова и С. Ф. Заграничного [7].

Из приведённого примера следует, что заземлитель в виде штыря в общем случае незначительно снижает потенциал опасного воздействия. Это же можно показать на другом простейшем примере. Например, стрела грузоподъёмного крана коснулась фазного провода ВЛ 0,4 кВ. Рама крана заземлена на штырь штатного заземлителя. Допустим, сопротивление штыря составляет 200 Ом, сопротивление ЗУ питающего подстанцию, в совокупности с системой повторных заземлений нулевого провода — 4 Ом. Тогда фазное напряжение 220 В распределится между сопротивлениями системы 0,4 кВ и штыря пропорционально указанным значениям, т.е. на штыре будет напряжение 216 В. При этом с него будет растекаться ток значением не более 1,1 А, линия не отключится. Учитывая динамику распределения потенциала вокруг штыря (см. рис. 2), можно сделать вывод, что все элементы конструкции крана будут находиться под напряжением более 216 В сколь угодно долго.

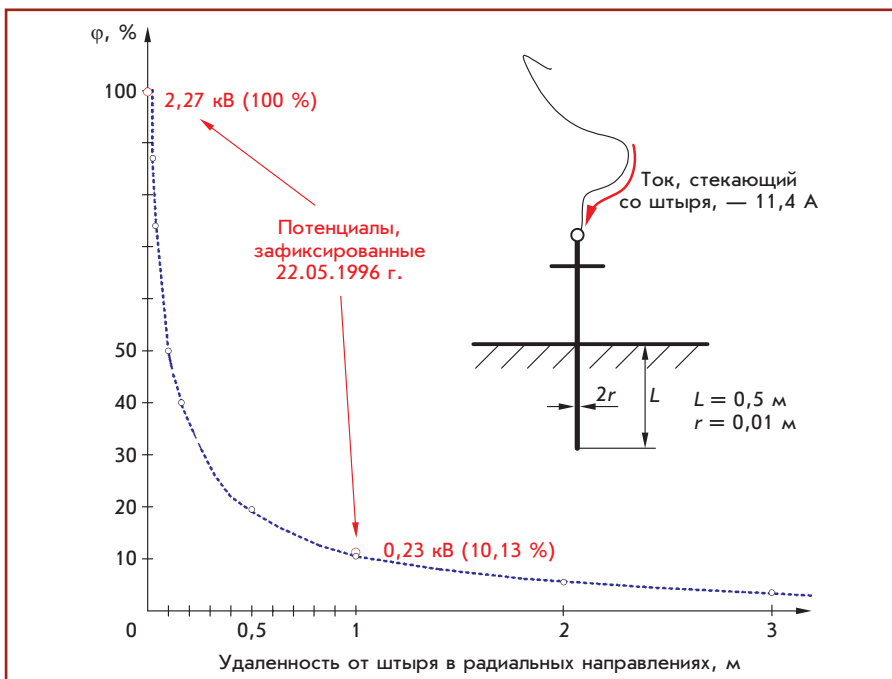


Рис. 2. Расчётная диаграмма потенциала от тока, стекающего в массив грунта со штыря заземления

Таким образом, штырь ПЗ при синфазном или однофазном воздействии не является эффективной мерой защиты человека от электротравмы. Комплект ПЗ эффективно работает как коротка и надёжно защищает работающий персонал при ошибочной подаче напряжения на рабочее место со стороны подстанции.

Выводы

1. Следует исключить из официального документа ПОТ РМ-016–2001 определение «линия под наведённым напряжением».

2. Все линии электропередачи выше 1000 В, выведенные в ремонт, необходимо считать потенциально опасными.

3. При подготовке рабочих мест на любых линиях электропередачи ЗУ подстанций рассматривается как активный элемент схемы сети.

4. Безопасность ремонтного персонала обеспечивается с учётом информации, приведённой в таблице. При выполнении ремонта линия должна быть заземлена надлежащим образом лишь в одной точке — на месте производства работ.

5. В связи с изложенными обстоятельствами необходимо разработать официальное решение по режимам заземления линий электропередачи при выводе их в ремонт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. РД 153-34.0-03.150-00. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001.

2. Барг И. Г., Бессолицын А. Г. О безопасности персонала при работах на отключённых ВЛ 35 – 220 кВ, находящихся под наведённым напряжением // Энергетик. 2008. № 5.

3. Вантеев А. И. Проблемы обеспечения безопасности работ на ВЛ, находящихся под наведённым напряжением // Энергетик. 2008. № 11.

4. Кузнецов А. Л. Наведённое напряжение: мифы и реальность // Энергетик. 2009. № 1.

5. Целебровский Ю. В. Безопасность работ на ВЛ под наведённым напряжением // Новости электротехники. 2009. № 1 (55).

6. Базанов В. П., Тураев В. А. О наведённых напряжениях при однофазных коротких замыканиях на влияющей ВЛ // Электрические станции. 1998. № 3.

7. Маньков В. Д., Заграничный С. Ф. Опасность поражения человека электрическим током и порядок оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве. — СПб.: Изд-во ЭлектроСервис, 2003.

8. Шарандин А. А. Значения установившегося защитного заземления на рабочем месте // Охрана труда на предприятиях электроэнергетики. 2009. Вып. № 6 (12).

По поводу опубликованного¹

О безопасности производства работ на ВЛ, находящихся под наведённым напряжением¹

ВИСЯЩЕВ А. Н., канд. техн. наук, Иркутский ГТУ

КЛЕПИКОВ С. А., инженер, Филиал ОАО СО ЕЭС — Иркутское РДУ 664056, г. Иркутск, ул. Сухе-Батора, д. 3; KlepikovSA@irk.so-ups.ru

ЩЕРБАКОВ А. В., канд. техн. наук

АННОО Учебный центр «За безопасный труд»

КАРТАЕВ Б. Н., инженер, ОАО «Иркутская электросетевая компания»

Воздушные линии (ВЛ) электропередачи высокого напряжения являются системообразующими, поэтому в каждом направлении, как правило, строятся две цепи, проходящие в одном коридоре. При выводе одной из линий в ремонт на её проходах наводится напряжение от рабочей линии за счёт ёмкостных и индуктивных связей. На кафедре «Электрические станции, сети и системы» Иркутского ГТУ при содействии ОАО «Иркутскэнерго» разработаны методика и программная реализация расчёта наведённых напряжений на отключённых ВЛ в фазных координатах. В статье обобщены результаты расчётов наведённых напряжений для ВЛ разных классов напряжений и длин, дана оценка эффективности установки заземлений на рабочих местах, также определены мероприятия, обеспечивающие безопасность работ на ВЛ под наведённым напряжением в нормальных режимах. Приведённые данные позволяют сформировать представление о процессах, происходящих на выведенных в ремонт ВЛ при различных схемах их заземления, что необходимо для подготовки предложений по безопасным методам работы под наведённым напряжением.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, наведённое напряжение, безопасное производство работ, ремонтный персонал, заземление, нормальный режим, аварийный режим, метод фазных координат.

Воздушные линии электропередачи, отключённые и выведенные в ремонт, могут находиться под наведённым напряжением. Производство работ на таких линиях сопряжено с возможностью поражения ремонтного персонала электрическим током. В действующих с 2001 г. Межотраслевых правилах по охране труда (правилах безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016–2001) введён раздел «Работа на ВЛ под наведённым напряжением».

По сведениям, полученным из сетевых компаний о несчастных случаях при работах на ВЛ, можно сделать вывод, что безопасность ремонтного персонала не обеспечивается. По мнению авторов статьи, причина тому — несовершенство самих правил безопасности: неточность формулировок, отсутствие описания физических процессов на ВЛ под наведённым напряжением, отсутствие указаний, определяющих порядок

действий персонала по подготовке рабочих мест на «опасных» ВЛ.

Кроме того, в правилах безопасности вообще не рассматриваются аварийные режимы, например КЗ на влияющей ВЛ, когда на отключённой ВЛ значение наведённого напряжения достигает десятков киловольт. Вероятность возникновения таких режимов достаточно велика в периоды летних ремонтных работ.

Если на отключённой ВЛ, находящейся под наведённым напряжением, не удаётся его снизить до 25 В в соответствии с § 4.15.53 правил безопасности, необходимо работать с заземлением проводов только на одной опоре (при этом заземление ВЛ в РУ не допускается). Далее показано, что предлагаемый вариант работы на ВЛ не обеспечивает снижения наведённого напряжения до допустимого значения 25 В, и такой режим существует длительное время.

Большое число несчастных случаев при работах на ВЛ под наведённым напряжением обуславливает необходимость корректировки правил безопасности, а если этого окажется недоста-

¹ Отклик на статью: Вантеев В. И. Проблема обеспечения безопасности работ на ВЛ, находящихся под наведённым напряжением // Энергетик. 2008. № 11. С. 5.