

В.Г. Сазыкин
А.Г. Кудряков
А.А. Багметов

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ,
НАХОДЯЩИХСЯ ПОД
НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

В.Г.Сазыкин
А.Г.Кудряков
А.А.Багметов

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Учебное пособие

Под общей редакцией Е.В. Рудь

Краснодар
КубГАУ-ЭИПК
2018

УДК 621.315.1:331.45(075.8)
ББК 40.76
С14

Рецензенты:

Н. А. Сингаевский – д-р техн. наук, профессор
(Филиал «ЭлектрогазПроект» АО «Газпром электрогаз»
ПАО «Газпром»);

И. Н. Шишигин – главный инженер (ПАО «Кубаньэнерго»)

Авторы:

В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков, А.А. Багметов
Под общей редакцией Е.В. Рудь

Сазыкин В.Г.

С14 Электробезопасность. Организация работ на воздушных линиях электропередачи, находящихся под наведенным напряжением :
учеб. пособие / В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков, А.А. Багметов / Под общ.
ред. Е.В. Рудь. – Краснодар : КубГАУ–ЭИПК, 2018. – 108 с.

ISBN 978-5-6040589-2-3

Учебное пособие соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи», программы дисциплины «Электробезопасность» по направлению 13.03.02 (уровень бакалавриата), направленность «Электроснабжение».

Предназначено для: формирования профессиональных компетенций в процессе аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы при изучении отдельных глав, тем и вопросов образовательного курса; подготовки к лекциям и практическим занятиям; подготовки к индивидуальному собеседованию с преподавателем, к тестированию, экзамену и итоговой аттестации; выполнению выпускной квалификационной работы, а также для слушателей при подготовке и переподготовке электроэнергетического персонала

УДК 621.315.1:331.45(075.8)
ББК 40.76

ISBN 978-5-6040589-2-3



9 785604 058923

© Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г., Багметов А.А., 2018
© ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 2018
© УДПО ЭИПК ПАО «Кубаньэнерго», 2018

ISBN 978-5-6040589-2-3

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проведение ремонтных и профилактических работ на воздушных линиях электропередачи, которые находятся под наведенным напряжением, сопряжено с рядом специфических опасностей и требует высочайшей квалификации персонала, позволяющей избежать поражения электрическим током.

Юрий Викторович Целебровский [30]

Воздушная линия (ВЛ) электропередачи, которая находится рядом с другими работающими ВЛ, воспринимает их электромагнитное воздействие. Поэтому при отключении этой линии электропередачи (ЛЭП) в ней наводится напряжение, не связанное с источником питания ВЛ, и называемое, в связи с этим, – наведенным напряжением.

Технические работы, выполняемые на ВЛ, осуществляются в соответствии с нормативными (руководящими) документами, к которым относятся ГОСТы, стандарты объединений, организаций и ведомств, правила, инструкции, методические указания. В части выполняемых работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, также имеется и разрабатывается ряд необходимых регламентирующих документов.

Например, правила охраны труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ) определяют защитные меры, которые необходимо выполнять для обеспечения безопасности при проведении работ на воздушных ЛЭП. Особо выделяются защитные меры безопасности в случаях, когда заземление не позволяет снизить значение наведенного потенциала на отключенных проводах линии ниже 25 В. В этих условиях прикосновение даже к заземленному по всем правилам проводу ВЛ, подверженному наведению напряжения от соседних линий, может привести к поражению человека электрическим током.

Известны многочисленные случаи воздействия и поражения обслуживающего воздушные ЛЭП персонала от наведенного напряжения. Чаще всего это происходит с работниками, игнорирующими и непонимающими истинной природы наведенного напряжения, механизма его возникновения и проявления.

Развитие электрических сетей напряжением 35–750 кВ, приводит к созданию плотных коридоров, в которых находятся ВЛ в условиях сложной электромагнитной обстановки. Теория электромагнитных воздействий, вызванных влиянием действующих ВЛ на отключенные ЛЭП, совершенствуется уже не одно десятилетие. Проблема исследования продолжает оставаться актуальной. Прак-

тические рекомендации и правила охраны труда также находятся в постоянном поиске методов эффективной защиты и безопасных условий работы.

За счет детализации отдельных операций происходит постоянное усложнение требований нормативных документов к подготовительным процедурам измерений и проводимых работ. Для организации безопасного выполнения проводимых действий необходимо знать о составляющих наведенного напряжения, закономерностях их появления и влияющих факторах, возможных способах уменьшения опасных воздействий. Знание максимального значения наведенного напряжения, полученного в результате расчетов и измерений, позволяет осуществить выбор необходимых мер безопасности при производстве работ на ВЛ.

В связи с усложнением теоретических и практических аспектов рассматриваемого материала при его изучении и использовании требуются необходимые разъяснения [26]. В отраслевом документе – стандарте организации [28] некоторые разъяснения основных положений дополнены нужным материалом и иллюстрациями, что позволило приблизить нормативный материал к однозначному пониманию участникам проводимых работ. Сохраняя найденную тенденцию по изложению сложного материала, в учебном пособии развивается методика пояснения и визуализации смысла текста. Нормативный материал [26] дополнен необходимыми пояснениями, примерами, схемами, иллюстрациями, таблицами и приложениями.

Учебное пособие соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования [29] и профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи» [25], программы дисциплины «Электробезопасность» по направлению 13.03.02 (уровень бакалавриата), направленность «Электроснабжение», Положению ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе [18].

Авторы выражают благодарность за помощь, оказанную при подготовке учебного пособия, коллегам УДПО Энергетический институт повышения квалификации ПАО «Кубаньэнерго»: А.В. Куркаеву, А.А. Кушниру и Т.З. Пономаренко; ООО «Электроприбор» Краснодар: В.В. Коваленко и Р.М. Мисько; членам бригады службы ЛЭП Краснодарских электрических сетей: В.А. Воловику, В.Н. Жданову, И.В. Лубенцу, Д.А. Мартыненко и А.А. Топалину, а также рецензентам Н.А. Сингаевскому и И.Н. Шишигину.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВЛ – воздушная линия

ВЛС – воздушная линия связи

ДЗО – дочерние и зависимые общества

ЗН – заземляющий нож

ЗУ – заземляющее устройство

КВЛ – участок воздушной линии в кабельном исполнении

КЗ – короткое замыкание

ЛР – линейный разъединитель

ЛЭП – линия электропередачи

ОРР – особый режим работы

ОРУ – открытое распределительное устройство

ПЗ – переносное заземление

ППР – проект производства работ

ПО – производственное отделение

ПОТ – правила по охране труда (правила безопасности)
при эксплуатации электроустановок

ПС – подстанция

ПУЭ – правила устройства электроустановок

РУ – распределительное устройство

СТО – стандарт организации

РЭС – район электрических сетей

РМЭС – район магистральных электрических сетей

СДУ – сборник директивных указаний

ТК – технологическая карта

ЭДС – электродвижущая сила

1 ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛЭП, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

1.1 Основные нормативные документы, регламентирующие работы под наведенным напряжением

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [24] в ст. 1.7.53. указывают, что при *косвенном прикосновении* в наружных электроустановках следует выполнять защиту при напряжении 25 В. Защита от *прямого прикосновения* не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного тока.

Приведенные термины *косвенное прикосновение* и *прямое прикосновение* ПУЭ не относят к отключенной ВЛ, находящейся под наведенным напряжением. Тем не менее, в сущности, *косвенное прикосновение* – это прикосновение к заземленным токопроводящим частям, а *прямое прикосновение* – прикосновение к незаземленным, но находящимся под напряжением. Следовательно, по отношению к работам с проводами ВЛ, на которых имеется наведенное напряжение, согласно терминологии ПУЭ можно считать, что: прикосновение к проводу, который не заземлен в точке прикосновения, является косвенным прикосновением; прикосновение к проводу, не заземленному в точке прикосновения, является прямым прикосновением.

Если мы определили ВЛ, находящуюся под наведенным напряжением, как наружную электроустановку, напряжение в которой превышает 25 В (ст. 1.7.53), то согласно ст. 1.7.51 в этой электроустановке необходимо применять меры защиты по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление; уравнивание потенциалов; выравнивание потенциалов; изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки. В соответствии с требованиями правил по охране труда [20] вводится также применение специальных комплектов для защиты от наведенного напряжения.

2. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (редакция от 19.02.2016 г.) [20] в ст. 2.6 к *специальным работам* относят работы, выполняемые со снятием рабочего напряжения с электроустановки или ее части с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под наведенным напряжением более 25 В на рабочем месте или на расстоянии от этих токоведущих частей менее допустимого (далее – работы под наведенным напряжением).

В ст. 4.4 дается определение *работ на линиях под наведенным напряжением* (ВЛ, КВЛ, ВЛС, воздушные участки КВЛ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, на отключенных проводах (тросах) которых при заземлении линии по концам (в РУ) на отдельных ее участках сохраняется напряжение более 25 В при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ (при пересчете на наибольший рабочий ток влияющих ВЛ), выполняются по технологическим картам (ТК) или проектам производства работ (ППР), утвержденным руководителем организации (обособленного подразделения).

В ст. 38.43–38.55 приводятся сведения по организации охраны труда при выполнении работ на воздушных ЛЭП под наведенным напряжением.

3. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.018-2009 [28] введен взамен Методических указаний по измерению наведенных напряжений на отключенных ВЛ, проходящих вблизи действующих ВЛ напряжением 35 кВ и выше и контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока (М. СПО ОРГРЭС, 1993 г.) [13]. В стандарте организации (СТО) содержатся основные положения по проведению измерений наведенных напряжений на отключаемых ВЛ, находящихся в зоне влияния других ВЛ электрической сети. Изложены условия возникновения наведенных напряжений, приводится характеристика схем заземления отключаемых ВЛ и измерений наведенных напряжений.

При использовании действующего СТО [28] необходимо учитывать, что ряд его положений ссылается на утратившие ныне силу Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 (с изменениями от 18 февраля 2003 г.) [19].

4. Сборник директивных указаний (СДУ ч. 2), 2016 «Эксплуатация оборудования электроустановок распределительных устройств 6 кВ и выше и ВЛ 35 кВ и выше» [26] устанавливает требования, направленные на обеспечение надежной и безопасной эксплуатации производственным персоналом группы компаний «Россети» электроустановок, профилактики травматизма на объектах электросетевого комплекса ПАО «Россети». В СДУ учтены мероприятия ранее изданных Циркуляров, Методических указаний ОАО РАО «ЕЭС России» и документации других организаций по итогам расследования причин произошедших повреждений оборудования и несчастных случаев. Также пересмотрены отдельные документы с учетом изменившихся требований к конструкции оборудования и мер безопасности при их эксплуатации.

1.2 Требования безопасности при выполнении работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением

В части работ под наведенным напряжением приводится нормативный материал 4 главы СДУ [26], который взят за основу разъяснений в учебном пособии. При этом сохранена нумерация статей, оригинальный текст которых приводится шрифтом Times New Roman.

4.1.1 Появление наведенного напряжения возможно на отключенных ВЛ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока. Наведенное напряжение представляет опасность для персонала при проведении ремонтных работ (рис. 1.1, 1.2 [9]).



Рисунок 1.1 – Наведенное напряжение на изолированном проводе длиной 20 метров, протянутом вдоль ВЛ-110 кВ, составило более 138 В



Рисунок 1.2 – Наведенное напряжение на изолированной корзине автоподъемника, расположенного в РУ-110 кВ, составило более 158 В

Практика показывает, что наведенное напряжение, в зависимости от режима работы сети и схемы заземления, может меняться в довольно широких пределах [30] от нескольких вольт до нескольких киловольт. При аварийных режимах на влияющих ВЛ наведенное напряжение увеличивается в несколько раз.

Проведение ремонтных работ на ВЛ под наведенным напряжением имеет ряд особенностей [30]:

- ВЛ под наведенным напряжением – это отключенная линия, на которой существуют напряжения, обусловленные влиянием соседних линий. С этих позиций источник напряжения не отключен;

- на линиях, находящихся в зоне влияния действующих ВЛ, требуется измерение напряжения. Такое измерение является аналогом «проверки отсутствия напряжения», которое выполняется в отключенных электроустановках перед наложением заземления;

- наложение заземления на месте работ на ВЛ под наведенным напряжением обязательно, однако одной из особенностей является способ *разземления* концов ВЛ в РУ (это требование более подробно будет рассмотрено во второй главе).

Тяжесть электротравм при попадании под напряжение, в том числе и наведенное, можно оценить по данным таблицы ГОСТ 12.1.038-82 «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» [5] (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Последствия воздействия напряжений на человека
(по ГОСТ 12.1.038-82)

Предельное напряжение, В	Время воздействия, с	Последствие превышения предельных значений	Ссылка на таблицу ГОСТ 12.1.038-82
2	600	Возникает ощущение тока	Табл. 1
20	Свыше 1	Судороги мышц, «неотпускание»	Табл. 2
65	Свыше 1,0 до 5,0	Фибрилляция сердца	Табл. 3
100	1,0		
130	0,7		
200	0,5		
400	0,2		
500	0,1		

4.1.2 Для снижения рисков травмирования персонала при работах на ВЛ необходимо:

- по результатам анализа взаимного расположения трасс ВЛ выделить из общего числа линии, на которых возможно появление наведенного напряжения;
- выполнить измерение наведенного напряжения на тех линиях, где возможно появление наведенного напряжения;

- по результатам измерений провести анализ и при необходимости скорректировать (сократить или расширить) число линий, на которых необходимо проведение измерений;

- с учетом максимально возможного тока нагрузки на влияющих воздушных линиях составить перечень ВЛ (Перечень), находящихся под наведенным напряжением, содержащий ВЛ, КВЛ, ВЛС, воздушные участки КВЛ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, на отключенных проводах (тросах) которых при заземлении линии по концам (в РУ) на отдельных ее участках сохраняется напряжение более 25 В при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ;

- при организации работ необходимо учитывать, что значение наведенного напряжения, указанного в Перечне, может значительно возрасти относительно измеренного значения при нарушении схем заземлений, обрыве проводов и других факторов, в этих случаях необходимо проведение дополнительных измерений при изменившихся условиях;

- в зависимости от вида выполняемой работы и *величины* наведенного напряжения необходимо выбрать и применить соответствующий способ безопасного выполнения работ (раздел 4.3) или снизить *величину* наведенного напряжения до безопасного значения (п. 4.1.6).

Наведенное напряжение является *физической* величиной, поэтому здесь более уместно использование словосочетания не «*величины* наведенного напряжения», но «*значения* наведенного на-

пряжения». В дальнейшем нами сохранена используемая в Сборнике директивных указаний [26] терминология.

1.3 Составляющие наведенного напряжения

4.1.3 Наведенное напряжение складывается из двух составляющих – электростатической (емкостной – поперечной) и электромагнитной (индуктивной – продольной). Составляющие имеют различные причины возникновения, способы измерения и пути снижения.

Существует и третья *кондуктивная* составляющая в результате которой возникает напряжение на отключенной ВЛ, например:

- при обрыве провода на действующей ВЛ, пересекающей отключенную, в месте пересечения [26, 30] (см. п. 38.56 [20]). На отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой можно работать только при условии, что эта цепь подвешена ниже цепей, находящихся под напряжением (рис. 1.3));



Рисунок 1.3 – Пересечение влияющей двухцепной и отключенной ВЛ

- в результате выноса потенциала по заземляющему устройству подстанции (рис. 1.4 [9]). При выполнении работ на отключенной ВЛ, заземленной в распределительном устройстве подстанции 110/10 кВ стационарными заземляющими ножами, может появиться «вынесенный потенциал», который появляется

при коротком замыкании (КЗ) на отходящей воздушной линии 110 кВ. Например, ток КЗ через нейтраль силового трансформатора 110/10 кВ может достигать до 10 кА. При сопротивлении заземляющего устройства 0,5 Ом напряжение на заземляющем устройстве на время действия релейной защиты и автоматики может дойти до 5 кВ.

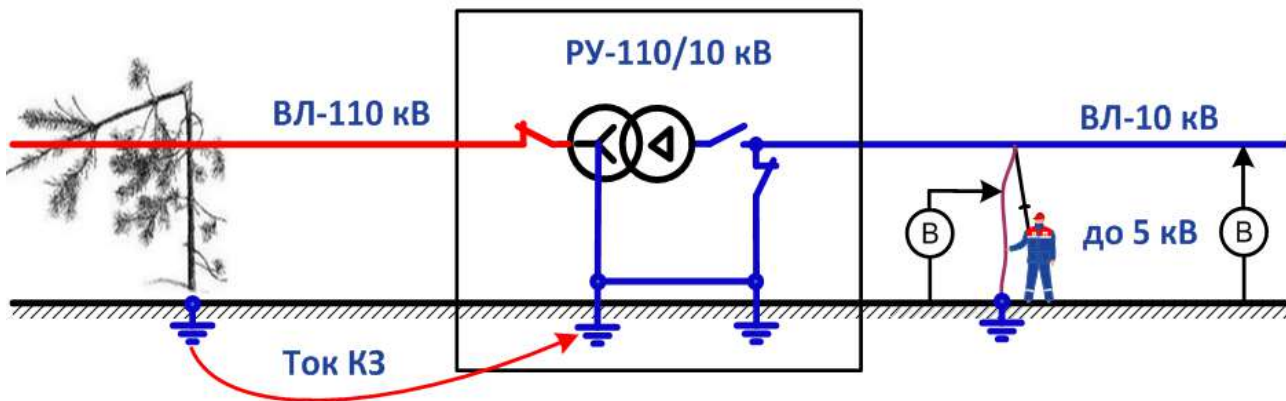


Рисунок 1.4 – Опасность «кондуктивного» наведения напряжения на отключенную ВЛ кВ по заземляющему устройству подстанции 110/10 кВ

Поэтому потенциал с заземляющего устройства по заземленным проводам ВЛ может быть вынесен на рабочее место и представлять опасность для персонала.

Из-за малой вероятности подобных случаев (хотя они оказываются наиболее опасным из-за недопустимо больших напряжений прикосновения к заземленным опорам и механизмам) *кондуктивная* составляющая в нормативных документах не рассматриваются.

4.1.4 Электростатическая (емкостная) составляющая (потенциал незаземленных проводов и грозозащитных тросов отключенной ВЛ) обусловлена наличием емкостных связей проводов ВЛ и зависит от величины напряжения на влияющей линии. Электростатическая составляющая может достигать нескольких киловольт, но снизить ее до безопасной величины достаточно просто.

Под этим типом влияния понимается возникновение электрического заряда на отключенной ВЛ под действием электрического заряда ВЛ, находящейся под рабочим напряжением. Соотношение значений этих зарядов зависит от соотношения емкостей (рис. 1.5) [3, 9, 15, 30]:

$$U_{эст} = f(C_{ВЛ-ВЛ}, C_{ВЛ-З}), \quad (1.1)$$

где $C_{ВЛ-ВЛ}$ – емкость между проводами действующей и отключенной ВЛ; $C_{ВЛ-З}$ – емкость между проводами отключенной ВЛ и землей.

Особенности электростатической составляющей (в упрощенном виде [9, 31]):

- обратная зависимость величины напряжения от расстояния l до влияющей ВЛ:

$$U_{эст} = K_1 / l, \quad (1.2)$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности.

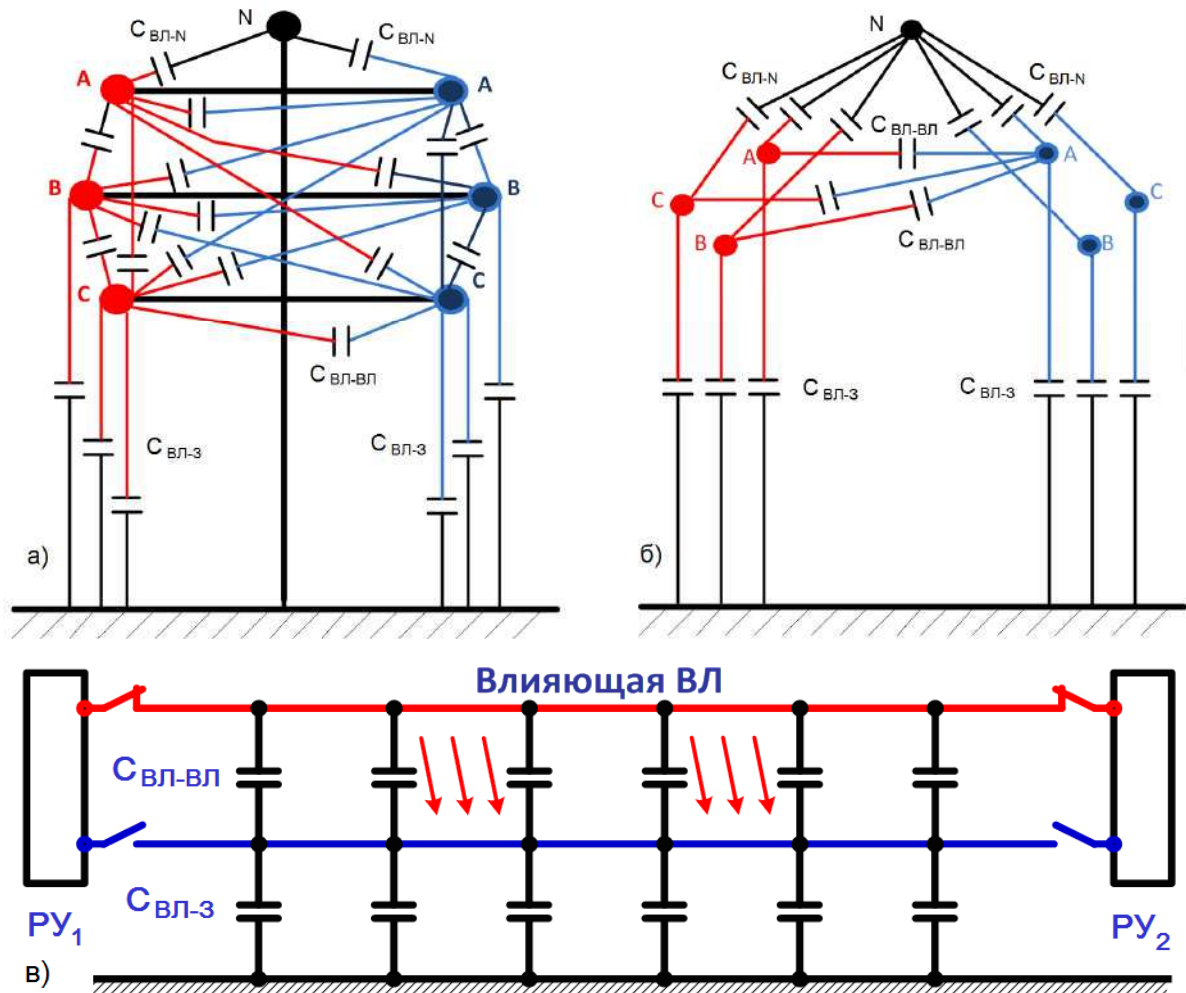


Рисунок 1.5 – Система емкостных связей между влияющей и отключенной цепями двухцепной ВЛ: а – емкостные связи между двумя цепями; б – эквивалентные емкости одной фазы; в – упрощенная схема

Следовательно, чем ближе друг к другу расположены влияющая и отключенная линии, тем больше уровень емкостной составляющей наведенного напряжения;

- прямая зависимость величины напряжения от рабочего напряжения $U_{раб}$ влияющей ВЛ:

$$U_{эст} = K_2 \cdot U_{раб}, \quad (1.3)$$

где K_2 – коэффициент пропорциональности;

- прямая зависимость величины напряжения от сопротивления заземлителя R_3 (табл. 1.2 [9]):

$$U_{эст} = K_3 \cdot R_3, \quad (1.4)$$

где K_3 – коэффициент пропорциональности (действующее значение электростатического тока, протекающего через заземляющие устройства (ЗУ) на месте выполнения работ на ВЛ);

- величина напряжения не зависит от тока нагрузки влияющей ВЛ;

- величина напряжения не зависит от протяженности совместного участка (в общем случае). Здесь, видимо, «в общем случае» означает, что это относится к изолированной от земли отключенной линии, поскольку в следующем абзаце говорится, что «опасность электростатической составляющей возрастает при увеличении протяженности совместного участка из-за увеличения величины тока» при соединении с землей.

Таблица 1.2 – Ориентировочные значения сопротивлений заземляющих устройств

Заземляющее устройство	Примерное сопротивление ЗУ, Ом.
Подстанция 110 кВ	$\leq 0,5$
Подстанция 10/0,4 кВ	≤ 4
Подстанция 35 кВ	≤ 10
Опора ВЛ с оборудованием	≤ 30
Опора ВЛ без отдельного ЗУ	$\approx 10-500$
Электрод 0,5 м в глине	$\approx 50-200$
Электрод 0,5 м. в суглинке	$\approx 200-500$
Электрод 0,5 м. в песке	$\approx 500-5000$

Значение величины электростатической составляющей наведенного напряжения почти равномерно по всей трассе отключенной ВЛ (рис. 1.6 [9]). Если учитывать емкостную связь провода с землей, то при распределенном характере этой емкости, изменение потенциала вдоль провода оказывается нелинейным. При этом происходит и изменение потенциала провода из-за падения напряжения на собственном сопротивлении ВЛ при прохождении емкостных токов [17]. В то же время опасность электростатической составляющей возрастает при увеличении протяженности совместного участка из-за увеличения величины тока, стекающего с провода при прикосновении персонала.



Рисунок 1.6 – При отсутствии заземлений на отключенной ВЛ появляется электростатическая составляющая наведенного напряжения, достигающая нескольких киловольт. Значение наведенного напряжения электростатической составляющей равномерно по всей трассе

Особенностью электростатической составляющей является то, что при определенных условиях она может возрасти в несколько раз относительно измеренного значения. Так, при обрыве провода или при отключении коммутационным аппаратом участка без параллельного следования электростатическая составляющая на совместном участке значительно возрастает относительно ранее измеренного значения при нормальной схеме ВЛ.

Принято считать, что электростатическая составляющая может быть снижена до безопасной величины установкой заземления в любой точке ВЛ (рис. 1.7 [9]).



Рисунок 1.7 – При установке на отключенной ВЛ даже одного заземления электростатическая составляющая наведенного напряжения снижается до минимальных значений

При этом необходимо учитывать, что сопротивление заземляющего устройства (табл. 1.2) и сопротивление провода ВЛ от рабочего места до заземляющего устройства не позволят полностью исключить электростатическую составляющую наведенного напряжения (рис. 1.8 [9]).

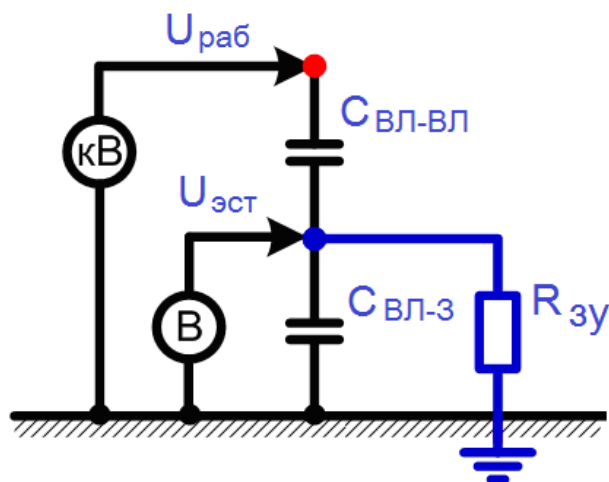


Рисунок 1.8 – Снижение электростатической составляющей до безопасного значения установкой заземления на ВЛ

4.1.5 Электромагнитная (индуктивная) составляющая образуется при влиянии магнитного поля тока нагрузки на контур провод-земля отключенной и заземленной ВЛ. Электромагнитная составляющая достигает меньших значений, чем электростатическая, но снизить ее значительно сложнее, а в некоторых случаях невозможно.

Под этим типом влияния понимается возникновение на отключенной ВЛ продольной электродвижущей силы (ЭДС) от переменного магнитного поля действующей ВЛ (рис 1.9 [9]). Электромагнитное влияние (но не электромагнитная составляющая) проявляется как на разземленной, так и на заземленной отключенной ВЛ. Электромагнитная составляющая проявляет себя при условии создания активного контура потокосцепления между магнитным полем влияющей ВЛ и проводами ВЛ, отключаемой для ремонта.

Особенности электромагнитной составляющей (в упрощенном виде [9, 31]):

- обратная зависимость от расстояния до влияющей ВЛ (аналогично выражению (1.2));
- прямая зависимость от рабочего тока (и тока короткого замыкания) влияющей ВЛ;
- прямая зависимость от протяженности совместного участка ВЛ;
- зависимость от схемы заземления ВЛ и сопротивления заземлителей;
- отсутствие зависимости от рабочего напряжения влияющей ВЛ.

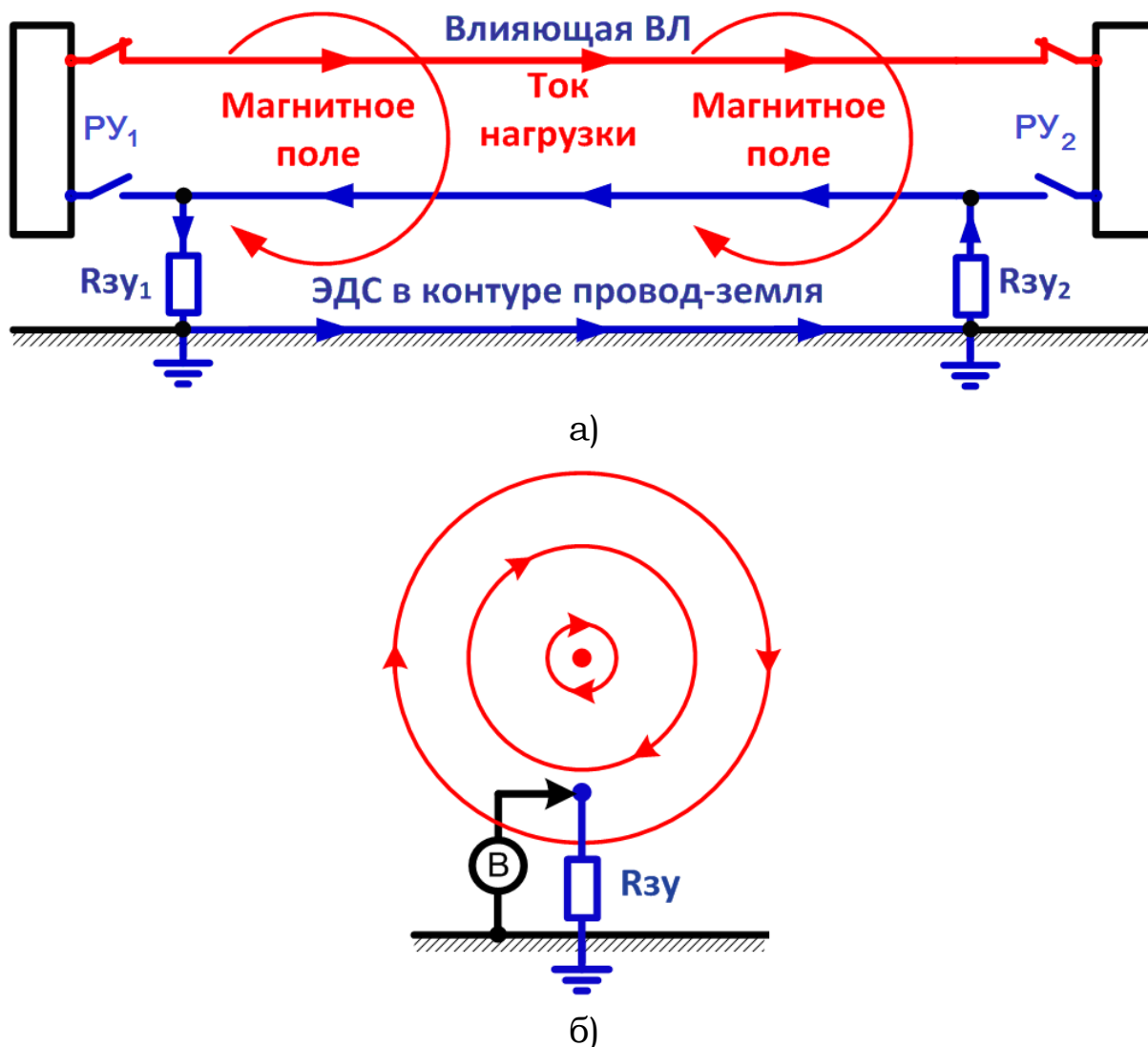


Рисунок 1.9 – Электромагнитная составляющая наведенного напряжения:
 а – продольная схема; б – магнитные силовые линии ВЛ

Влияние электромагнитной составляющей обусловлено наличием индуктивности проводов ВЛ, благодаря которой на отключенной ВЛ индуцируется ЭДС от магнитной составляющей переменного электромагнитного поля действующей ВЛ [13, 15].

Анализ результатов измерений для ВЛ 110–220 кВ [1, 17] также показал, что у средней фазы наводится минимальное напряжение.

Рассматривая магнитное влияние, которое создает напряжения на ВЛ при двух крайних случаях (рис 1.10): 1) отключенная ВЛ заземлена с одной стороны в РУ, другой конец разземлен; 2) отключенная ВЛ не заземлена, или заземлена в одной точке на середине длины L , видно, что наибольшие наведенные напряжения появляются при заземлении линии на конце. При параллельном следовании влияющей ВЛ наибольшее напряжение фиксируется на другом конце линии [30, 31].

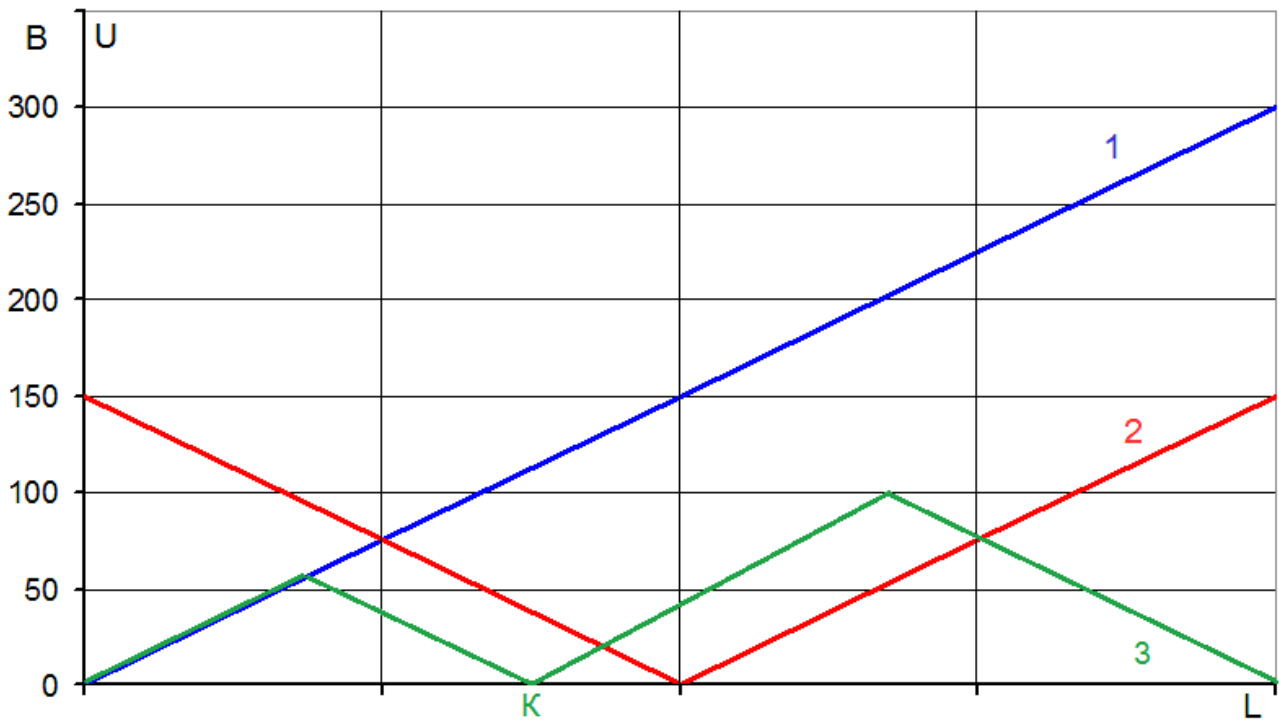


Рисунок 1.10 – Распределение наведенного напряжения в ВЛ: 1 – на заземленной с одного конца; 2 – на заземленной в одной точке на середине длины L; 3 – на заземленной с двух концов и в точке К выполнения работ

В каждой фазе отключенной ВЛ наведенное напряжение определяется как сумма мгновенных значений ЭДС, наведенных в отдельности от каждого фазного провода соседних ВЛ (без совпадения фаз напряжений между проводами влияющей и отключенной ВЛ). Индуктивное влияние остается как на заземленной, так и на незаземленной отключенной ВЛ.

Влияние магнитной составляющей электромагнитного поля имеет большую дальность действия, чем электрической составляющей, и на расстоянии в сотни метров между отключенной ВЛ и ВЛ, находящейся под напряжением, основной вклад в наведенное напряжение дает магнитная составляющая. Однако на двухцепных линиях обе причины будут вносить сопоставимый вклад в наведенное напряжение.

Регистрация наведенного напряжения в отключенной ВЛ, находящихся в зоне электромагнитного влияния других ВЛ, показывает наличие высших гармоник, сравнимых по величине с основной гармоникой 50 Гц. При этом относительное содержание гармоник в наведенном напряжении выше, чем в токах и напряжениях влияющей линии (рис. 1.11 [27]).

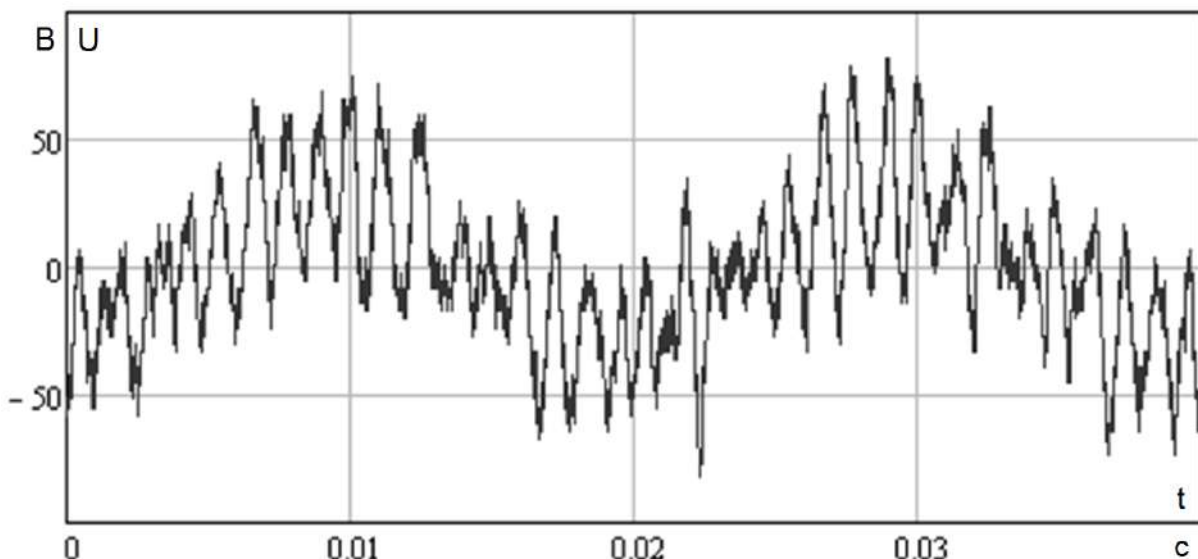


Рисунок 1.11 – Осциллограмма наведенного напряжения на отключенной цепи двухцепной ВЛ

Наибольшее значения наведенное напряжение в отключенной ЛЭП достигает при заземлении линии с одной стороны и в незаземленной ЛЭП; для линии, заземленной с двух сторон, уровень напряжения и высших гармоник наведенного напряжения ниже. Спектральный состав наведенного напряжения зависит от многих факторов: длин влияющей и отключенной линий, взаимного расположения этих ВЛ, условий заземления, удельного сопротивления грунта, нагрузки влияющей ВЛ и др. При определенных соотношениях факторов и частотного спектра гармоник в отключенной ВЛ возможно возникновение разного рода резонансов токов и напряжений, которые приводят к «усилению» отдельных гармоник, попадающих в области максимумов частотной характеристики взаимного влияния [12, 27].

1.4 Методы снижения наведенного напряжения

4.1.6 Для снижения наведенного напряжения могут применяться следующие методы:

а) вывод в ремонт влияющих ВЛ (в первую очередь наиболее протяженных и близко расположенных ВЛ) (рис. 1.12). Самым эффективным и безопасным способом снижения наведенного напряжения является отключение или вывод в ремонт влияющих ВЛ [6, 9].

В первую очередь выводятся в ремонт наиболее протяженные и близко расположенные ЛЭП, что позволяет ограничить электромагнитную составляющую до безопасного значения.

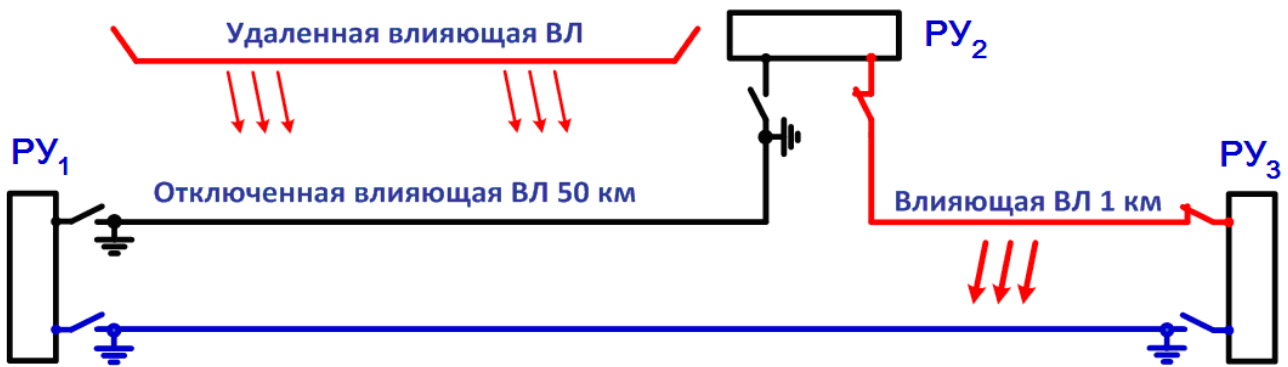


Рисунок 1.12 – Снижение наведенного напряжения.
Вывод в ремонт влияющих ВЛ

Следует учитывать, что даже короткий участок влияющей ВЛ может привести к значительной электростатической составляющей.

Если существует опасность отсоединения заземляющих устройств или разрыва провода, то вывод в ремонт всех влияющих ВЛ, позволит полностью исключить появление электростатической и электромагнитной составляющих наведенного напряжения;

б) исключение зоны влияния. Для обеспечения безопасного производства работ на ВЛ под наведенным напряжением допускается отделить место производства работ от участка ВЛ, находящегося под наведенным напряжением (рис. 1.13 [9]).

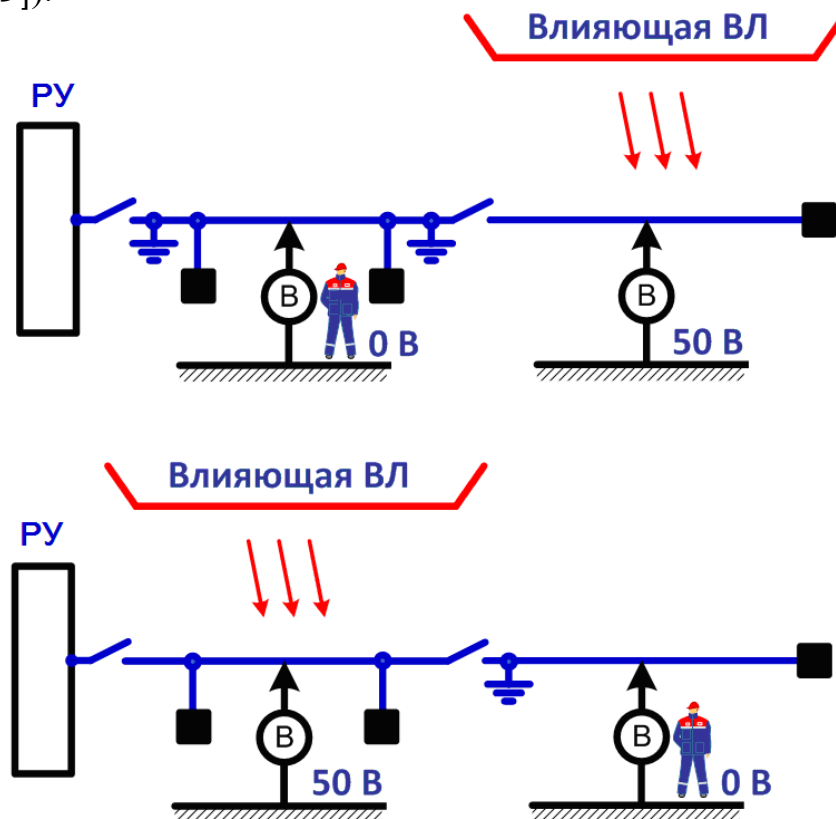


Рисунок 1.13 – Снижение наведенного напряжения.
Исключение зоны влияния

Отделение участка может быть выполнено отключением коммутационных аппаратов, рассоединением анкерных петель или другими способами. Не допускается присоединять к одному заземляющему устройству заземления, установленные на участке ВЛ под наведенным напряжением, и участке, на котором ведутся работы. Необходимо исключить и другие возможности выноса потенциала с участка под наведенным напряжением на рабочее место;

в) ограничение зоны влияния.

Величина электромагнитной составляющей наведенного напряжения прямо пропорциональна протяженности совместного участка влияющей и отключенной ВЛ, поэтому разделение ВЛ на части позволяет снизить наведенное напряжение на протяженной ВЛ (рис. 1.14 [9]). При этом максимальное значение наведенного напряжения снизится пропорционально длине отделенного участка. Деление на участки позволяет одновременно выполнять работы нескольким бригадам. Необходимо учитывать, что при делении ВЛ на части она будет заземляться не на стационарные заземляющие устройства, а на заземляющие устройства на трассе ВЛ, имеющие большее сопротивление;

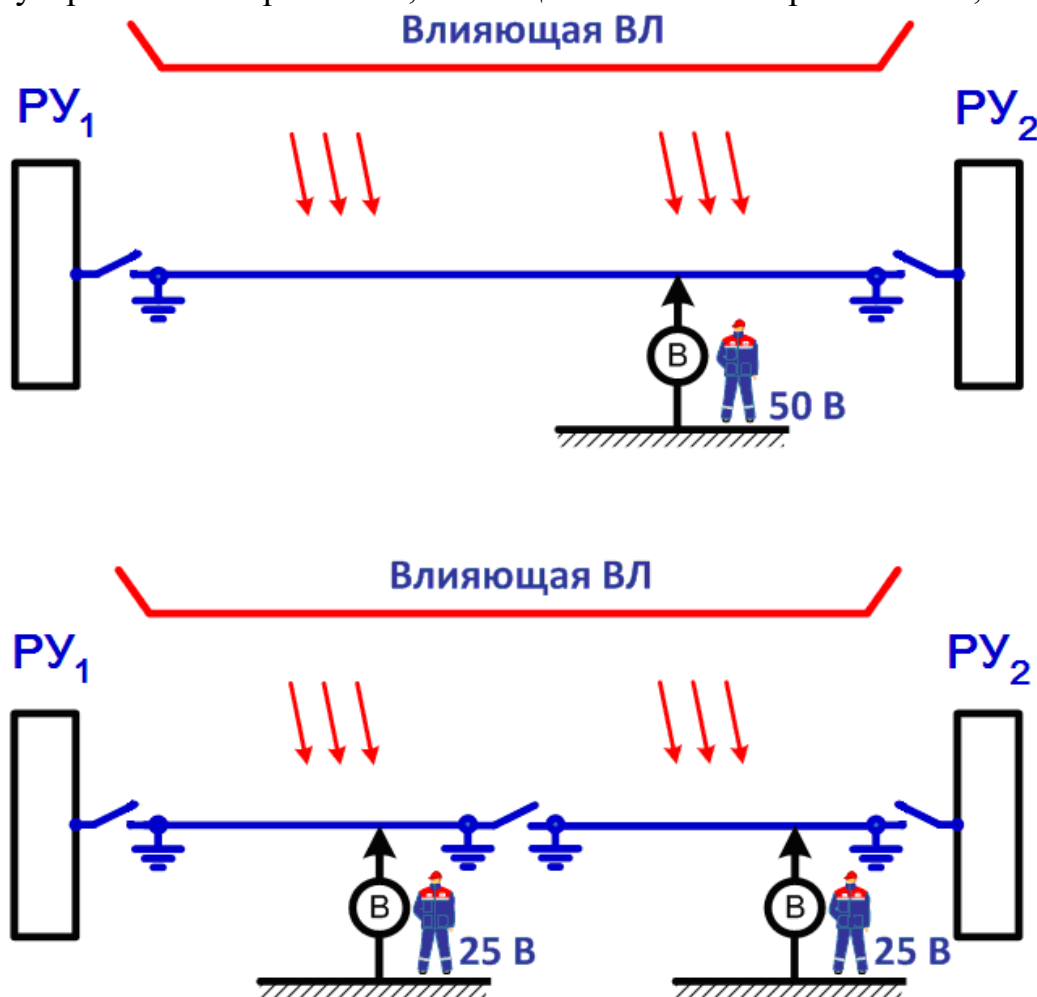


Рисунок 1.14 – Снижение наведенного напряжения.
Ограничение зоны влияния

г) ограничение тока нагрузки влияющих ВЛ.

Величина электромагнитной составляющей наведенного напряжения

прямо пропорциональна току влияющей ВЛ. Снизить величину наведенного напряжения можно изменением режима работы сети, позволяющим снизить ток нагрузки на влияющей ВЛ при условии, что не произойдет его увеличения в период выполнения работ;

д) использование стационарных заземляющих устройств (рис. 1.15 [9]).

На величину наведенного напряжения влияет сопротивление заземлений. Величина наведенного напряжения при заземлении на заземлитель в виде электрода, заглубленного в грунт на 0,5 м может в несколько раз превышать величину наведенного напряжения при заземлении этой ВЛ в РУ (см. рис. 1.11, табл. 1.2 и 1.3 [9]).

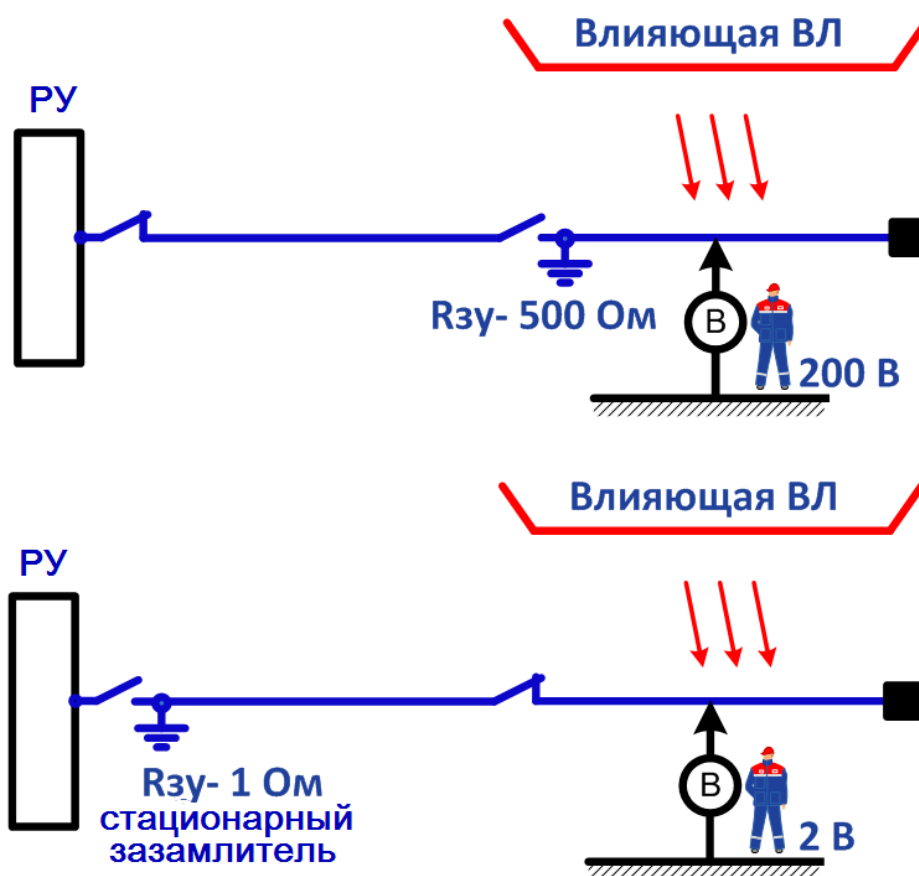


Рисунок 1.15 – Снижение наведенного напряжения.
Использование стационарных заземляющих устройств

Кроме того, на значение наведенного напряжения влияет схема заземления ВЛ в РУ (рис. 1.16 [9]).

Значение электромагнитной составляющей наведенного напряжения зависит от «близости» заземления по отношению к рабочему месту, поэтому один из путей снижения наведенного напряжения до безопасного значения – выбор схемы включения заземлений в РУ: заземление линии на ближайших отпаечных РУ. При этом заземление на дальнем конце линии устанавливается за отключенным коммутационным аппаратом.

Таблица 1.3 – Влияние сопротивления заземления на наведенную электромагнитная составляющая

Сопротивление ЗУ на рабочем месте, Ом	Наведенное напряжение на рабочем месте, В
0,5	5
4	32
10	57
30	71
100	75
200	75
500	75
5000	75

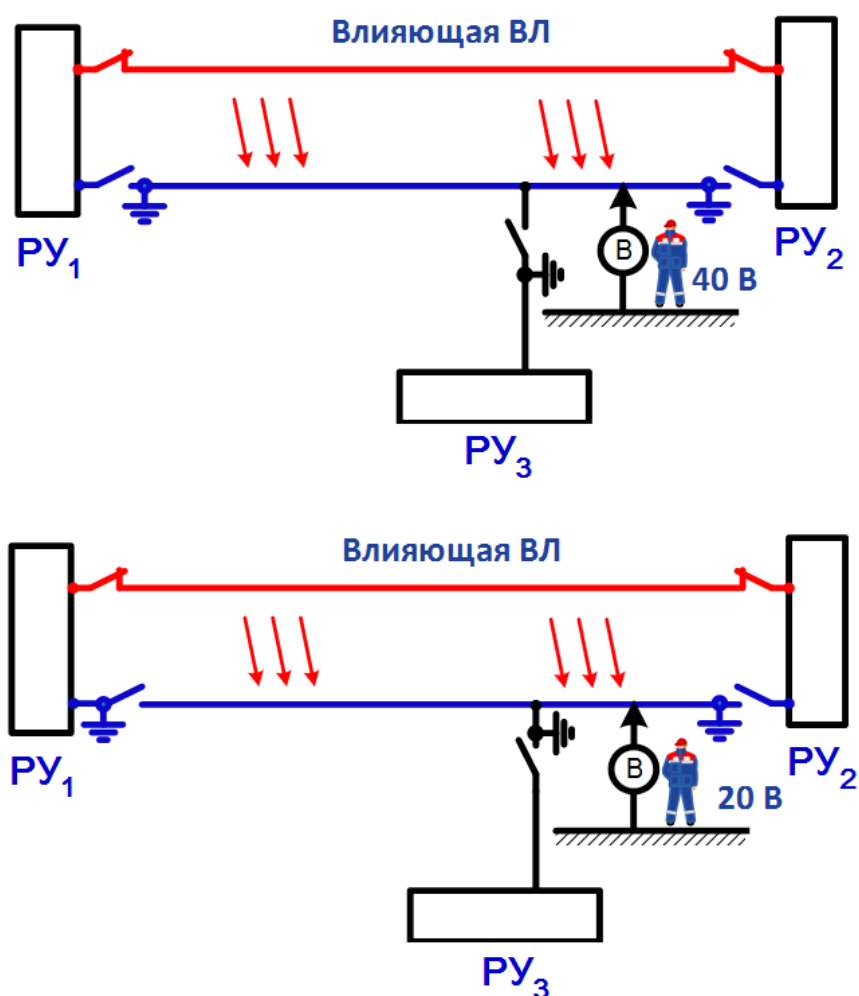


Рисунок 1.16 – Снижение наведенного напряжения. Выбор схемы заземления ВЛ в РУ

На дальнем конце ВЛ значение наведенного напряжения увеличится, поэтому в данном случае одновременное выполнение ра-

боты несколькими бригадами на разных участках линии не рекомендуется.

Переносное заземление, установленное на рабочем месте, незначительно снижает электромагнитную составляющую наведенного напряжения при заземлении ВЛ в РУ.

1.5 Вопросы для самоподготовки и тестирования

1. При каком условии в соответствии с ПУЭ *следует* выполнять в наружных электроустановках защиту при *косвенном прикосновении*?

2. При каких условиях в соответствии с ПУЭ *не следует* выполнять в наружных электроустановках защиту при *прямом прикосновении*?

3. К каким видам относится работы, выполняемые со снятием рабочего напряжения в электроустановках, находящимся под наведенным напряжением более 25 В на рабочем месте?

4. В каких случаях возможно появление наведенного напряжения на отключенных ВЛ?

5. В каких пределах может меняться значение наведенного напряжения в сети?

6. В зависимости от каких факторов может изменяться наведенное напряжение в сети?

7. По каким данным можно оценить тяжесть электротравм при попадании под напряжение, в том числе и наведенное?

8. Что необходимо выполнить для снижения рисков травмирования персонала при работах на ВЛ?

9. С учетом максимально какого фактора на влияющих ВЛ составляется перечень ВЛ под наведенным напряжением?

10. При изменении каких факторов наведенное напряжения может значительно возрасти относительно измеренного значения?

11. Из каких составляющих складывается наведенное напряжение?

12. Какая составляющая наведенного напряжения в нормативных документах не рассматривается и почему?

13. Каковы особенности электростатической составляющей наведенного напряжения?

14. Как можно снизить электростатическую составляющую наведенного напряжения до безопасного значения?

15. Каковы особенности электромагнитной составляющей наведенного напряжения?

16. Чем обусловлено наличие электромагнитной составляющей на отключенной ВЛ?

17. В каком случае наведенное напряжение высших гармоник в отключенной ЛЭП достигает наибольшего значения?

18. Какие методы могут применяться для снижения наведенного напряжения?

19. Значение электромагнитной составляющей наведенного напряжения зависит от «близости» заземления по отношению к рабочему месту. Каков один из путей снижения наведенного напряжения до безопасного значения при выборе схемы включения заземлений в РУ?

20. Как влияет переносное заземление, установленное на рабочем месте, на снижение электромагнитной составляющей наведенного напряжения при заземлении ВЛ в РУ?

2 ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

2.1 Измерение наведенного напряжения

4.2.1 Схема и порядок измерений величины наведенного напряжения и ее перерасчета на наибольший ток влияющей ВЛ утверждается техническим руководителем на основании требований, изложенных в данном разделе.

4.2.2 Наведенное напряжение определяется путем измерения потенциала провода относительно точки нулевого потенциала (потенциала земли, не искаженного влиянием заземляющих устройств опор других ВЛ или же наличием протяженных заземлителей [9, 26]).

Согласно ст. 1.7.20 ПУЭ [24]: зона нулевого потенциала (относительная земля) – часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю.

Работа по измерению величины наведенного напряжения выполняется по наряду-допуску на выведенной в ремонт и заземленной в РУ и на рабочем месте ВЛ. Непосредственно измерение выполняется после отключения заземления, установленного на рабочем месте. В графе «отдельные указания» наряда-допуска должна быть внесена запись, разрешающая отключения заземления на время измерений.

4.2.3 Измерения следует производить на ВЛ в местах, где можно ожидать наибольшие значения наведенных напряжений (рис. 2.1):

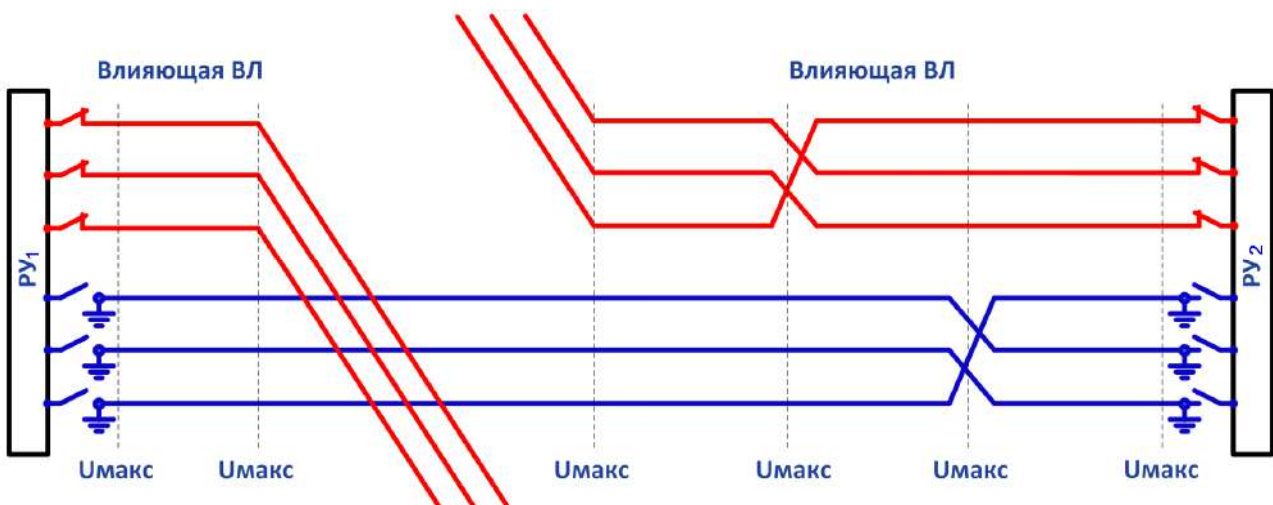


Рисунок 2.1 – Места ожидаемых наибольших значений наведенного напряжения

- в начале и в конце ВЛ на первых опорах, установленных вне РУ;
- в точках изменения взаимного расположения ВЛ;
- в точках разделения двухцепных ВЛ на одноцепные;
- в местах транспозиций на отключенной или влияющей ВЛ.

4.2.4 Величина наведенного напряжения определяется на отключенной и заземленной в РУ ВЛ (рис. 2.2).

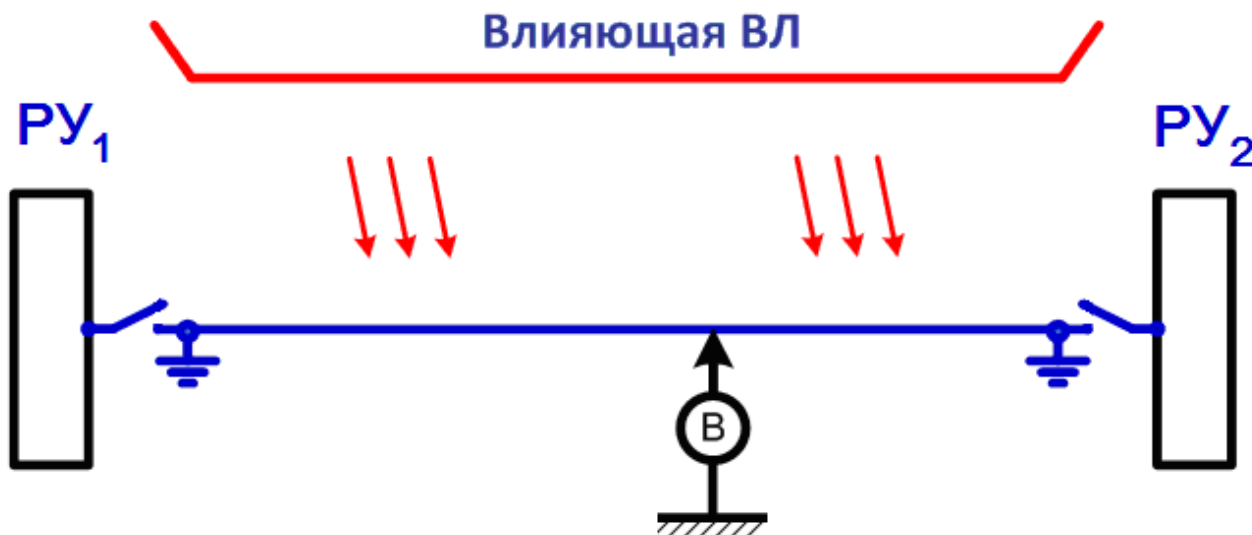


Рисунок 2.2 – Определение значения наведенного напряжения

4.2.5 На тупиковых ВЛ 6–20 кВ или отпайках ВЛ, которые при выводе в ремонт могут быть отключены и заземлены только с одной стороны, измерение проводится по схемам заземления, при котором ВЛ выводится в ремонт.

4.2.6 Измерение наведенного напряжения на отключенной ВЛ при отсутствии заземлений выполняется в исключительных случаях для определения электростатической составляющей наведенного напряжения. Подобные измерения могут быть необходимы для оценки возможности безопасного выполнения работ на строящейся или демонтируемой ВЛ и в других случаях, когда отсутствует электрическая связь с РУ или сложно выполнить надежное и качественное заземление.

4.2.7 Повторные измерения должны выполняться при изменении трасс ВЛ, строительстве или демонтаже влияющих ВЛ, реконструкции с изменением пропускной способности и при определении возможности безопасного выполнения работ в изменившихся условиях отключения и заземления (монтаж, демонтаж провода изменение схем заземлений и др.).

4.2.8 Подключение измерительных проводов выполняется с применением автоподъемника или с подъемом на опору ВЛ. Измерения напряжения производятся на земле без подъема на высоту двумя лицами, одно из которых

изменяет схемы измерения, другое – производит отсчет показаний прибора. Персонал, проводящий измерения, должен работать в диэлектрических перчатках и диэлектрических ботах для защиты от шагового напряжения. Недопустимо прикасаться к измерительным приборам соединительным проводникам и к заземляющим устройствам без применения средств защиты, рассчитанных на величину наведенного напряжения. Включение, отключение и переключение пределов измерения приборов выполняется после заземления ВЛ в РУ и на рабочем месте с применением средств защиты.

4.2.9 Наведенное напряжение измеряется относительно электрода, устанавливаемого на расстоянии не менее 20 м от заземляющих устройств и заглубленного в грунт не менее чем на 0,5 м (рис. 2.3 [9, 28]).

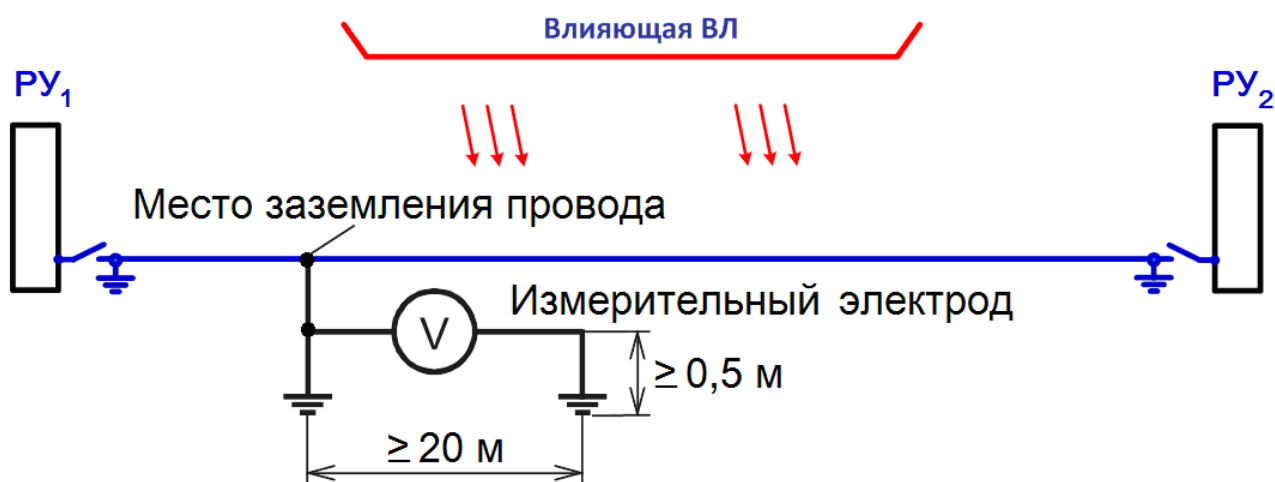


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема измерения наведенного напряжения

Установка электрода на расстоянии не менее 20 м необходима для исключения влияния потенциала опоры, соединенной по грозотросу с заземляющим устройством РУ, которое в свою очередь соединено с заземленным проводом ВЛ. Измерительный электрод может быть размещен в любом направлении относительно ВЛ.

Рекомендуется установка электрода перпендикулярно оси ВЛ для исключения влияния на схему измерения потенциала, наведенного в соединительном проводнике. На ВЛ без грозозащитного троса или с изолированным грозозащитным тросом наведенное напряжение может измеряться относительно заземляющего устройства опоры (рис. 2.4 [9, 28]).

4.2.10 В схеме измерения применяются соединительные проводники с изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 1 кВ. При проведении измерений без заземления ВЛ изоляция соединительных проводников, устанавливаемых без изоляторов, должна быть рассчитана на величину электростатической составляющей, но не менее 10 кВ.

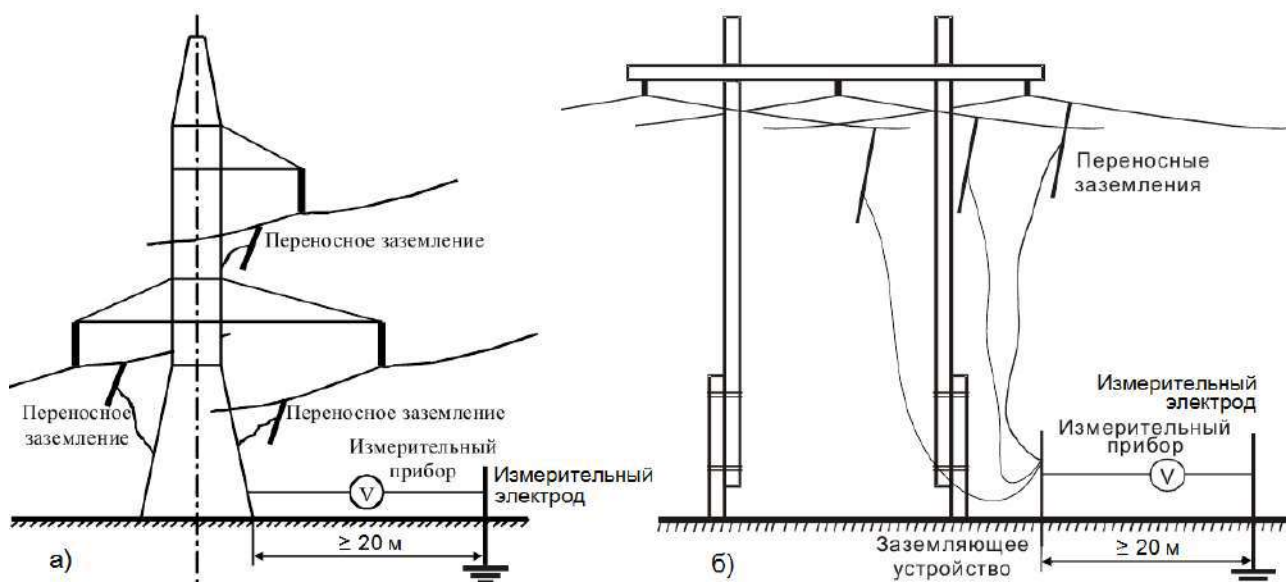


Рисунок 2.4 – Схемы измерений наведенного напряжения и установки заземлений на рабочем месте: а – металлическая или железобетонная опора; б – деревянная опора (без заземляющего спуска)

2.2 Применяемые измерительные приборы

4.2.11 Для измерений наведенного напряжения на заземленной ВЛ может быть использован вольтметр переменного тока с верхним пределом измерения до 1 кВ. Применение приборов с автоматическим переключением пределов измерений позволяет значительно повысить безопасность работ. Входное сопротивление вольтметра, применяемого для измерений на заземленной ВЛ, должно быть не менее 1 кОм.

Для измерений наведенного напряжения без заземления ВЛ применяются киловольтметры. Верхний предел измерения прибора выбирается в зависимости от класса напряжения влияющих ВЛ. Входное сопротивление киловольтметра должно составлять не менее 1 МОм.

В связи с относительно низким сопротивлением обмоток недопустимо применение измерительных трансформаторов.

4.2.12 Рекомендуется применять специальные измерители наведенного напряжения. Например, измеритель наведенного напряжения ИНН-15 производства ООО «Электроприбор» г. Краснодар [10] (рис. 2.5) или аналогичные. Технические характеристики комплекта для измерения наведенного напряжения КНН-110 приведены в приложении 1.

Измерение наведенного напряжения с использованием специальных измерителей, состоящих из изолирующих штанг, выполняется без применения коммутационных аппаратов.

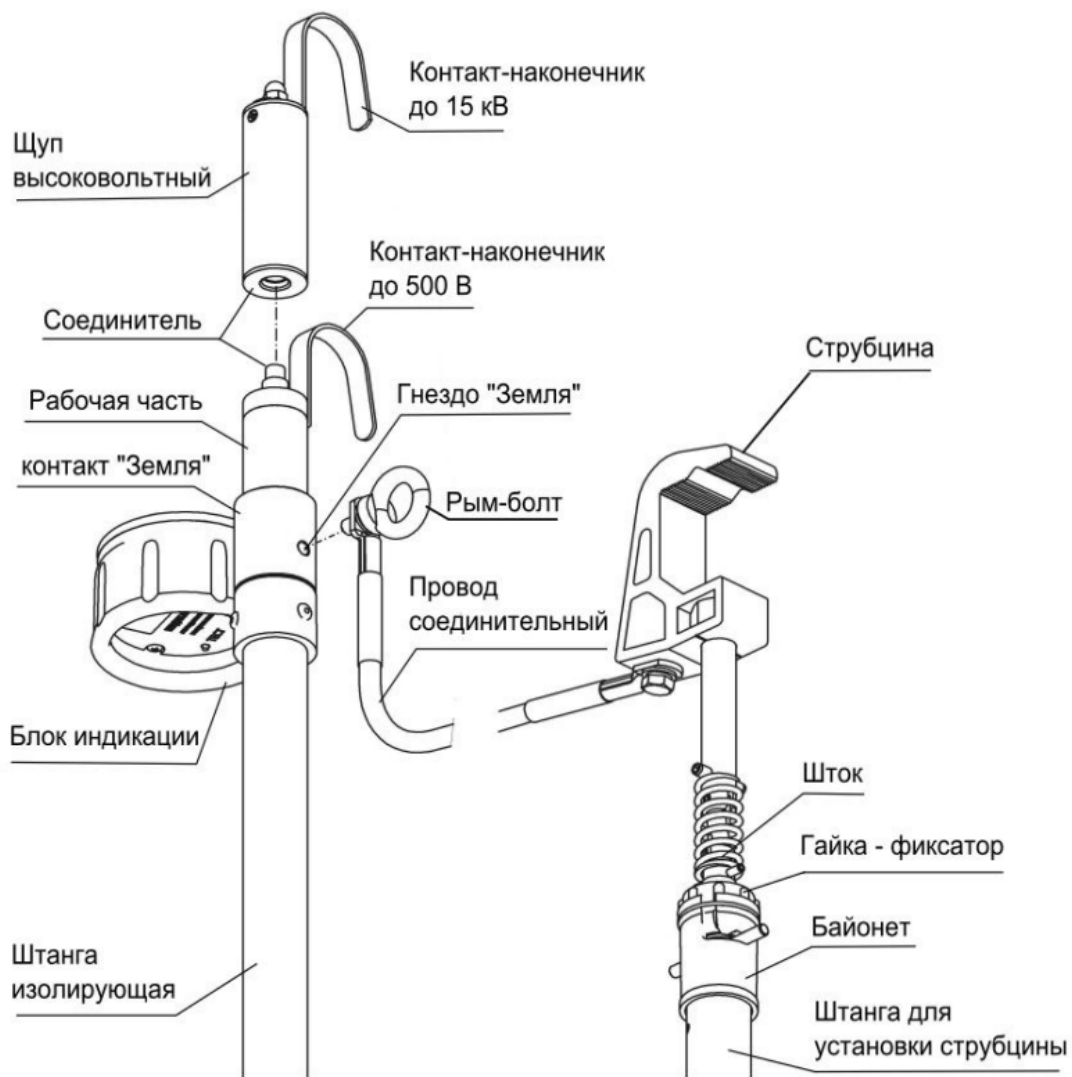


Рисунок 2.5 – Внешний вид комплекта измерителей наведенного напряжения

В зависимости от габаритов и конструктивного исполнения ВЛ данные измерения допускается выполнять с подъемом на высоту, либо непосредственно с поверхности земли (рис. 2.6).

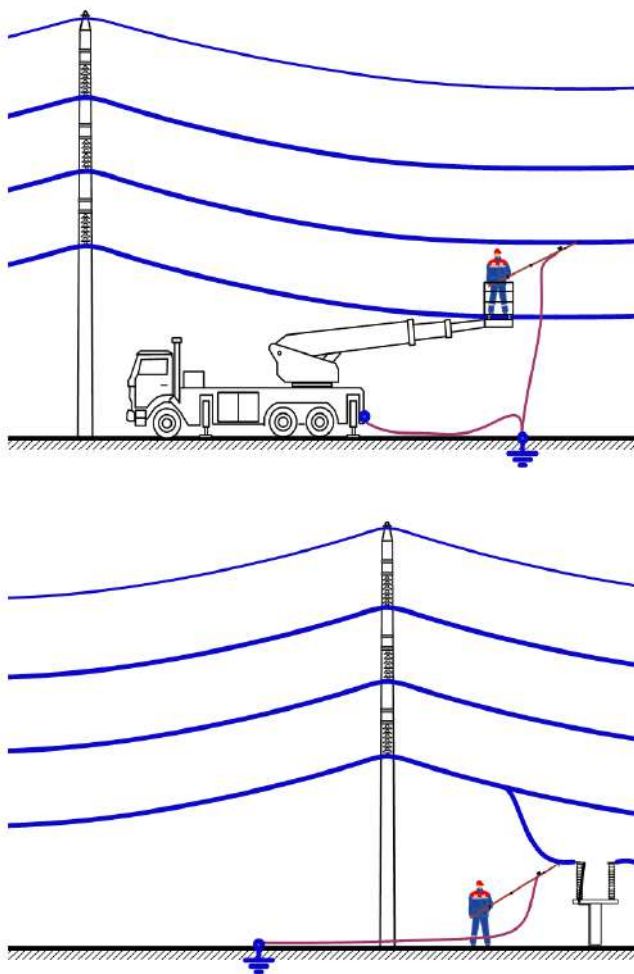


Рисунок 2.6 – Примеры измерения наведенного напряжения с использованием специального измерителя

Измерительные приборы должны быть включены в реестр средств измерений и пройти метрологическую поверку (рис. 2.7 [10]).

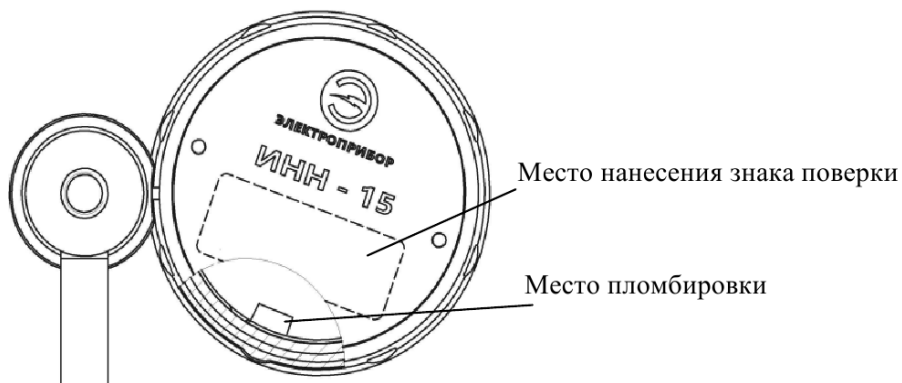


Рисунок 2.7 – Внешний вид рабочей части с блоком индикации со стороны крышки с указанием места пломбировки

2.3 Комплекты специальной одежды

4.2.13 При измерении наведенного напряжения (в т.ч. с использованием специальных измерителей) важно обеспечить соблюдение безопасных расстояний до токоведущих частей, находящихся под наведенным напряжением, а также не допускать касания проводящих частей (заземляющего провода) измерителя.

Если не исключена опасность прикосновения к проводу частями тела или применяемым оборудованием необходимо применять шунтирующие (электропроводящие) комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения (рис. 2.8 [7]).



Рисунок 2.8 – Комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения. Комплекты изготавливаются с применением металлизированной электропроводящей ткани. Все электропроводящие элементы комплекта металлически соединяются друг с другом в единую электрическую схему

Принцип действия комплекта специальной одежды состоит в шунтировании им тока, протекающего через тело человека, попавшего под наведенное напряжение. Комплекты изготавливаются с применением металлизированной электропроводящей ткани. Все электропроводящие элементы комплекта специальной одежды металлически соединяются друг с другом в единую электрическую схему. Поэтому комплект специальной одежды становится защитой даже при значительном повышении наведенного напряжения, вызванного короткими замыканиями на влияющей линии (рис. 2.9). Например, однофазное короткое замыкание на влияющей ВЛ вызывает значительный рост значения наведенного напряжения на отключенной и заземленной ВЛ [9]. Ток в нормальном режиме влияющей линии составляет десятки–сотни ампер, а токи короткого замыкания – тысячи ампер. В момент короткого замыкания на влияющей ВЛ наведенное напряжение на время действия релейной защиты может возрасти в десятки или сотни раз.

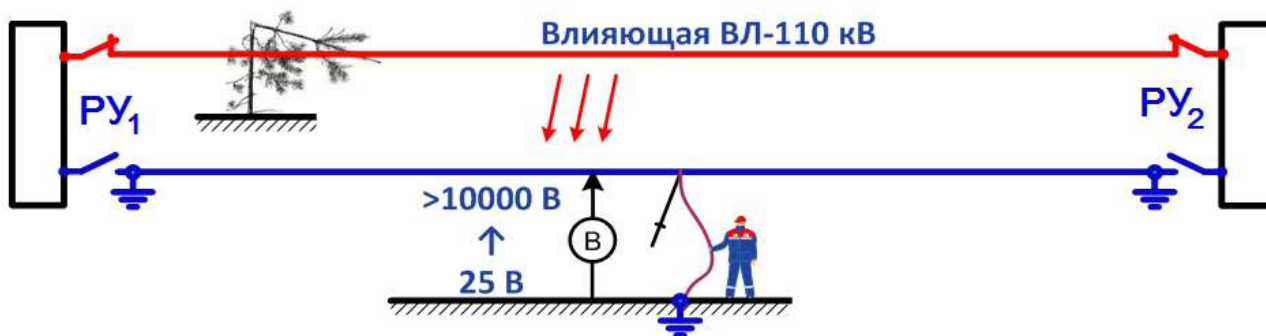


Рисунок 2.9 – Значительный рост наведенного напряжения в результате однофазного короткого замыкания на влияющей ВЛ

В состав комплектов входят соединенные друг с другом элементы:

- электропроводящая куртка с накасом и капюшоном;
- электропроводящая полукombineзон;
- электропроводящие трикотажные перчатки;
- кожаные электропроводящие ботинки.

Комплект специальной одежды необходимо надеть вне зоны влияния наведенного напряжения, как правило в помещении, для обеспечения его защитных свойств, необходимо использовать его полный состав. В процессе выполнения работы необходимо следить за исправностью контактных соединений элементов комплекта. Потеря контакта хотя бы одного элемента с остальными лишает комплект защитных свойств.

2.4 Схемы и порядок работ при измерении наведенного напряжения

4.2.14 При проведении измерений должны фиксироваться дата, время, место, фаза, схема измерения и нагрузки на каждой из влияющих ВЛ для последующего расчета максимально возможного значения.

Измерение рекомендуется проводить при возможно больших нагрузках влияющих ВЛ, что повышает точность измерений. Измерение напряжения наведенного от контактной сети железной дороги необходимо выполнять в момент прохождения электропоезда. Измерение наведенного напряжения при незначительных нагрузках (менее 20–25% номинальной) влияющих ВЛ приводит к ошибочным результатам. В подобных случаях на результат измерений оказывает значительное влияние электростатическая составляющая, которую не удалось полностью снизить из-за сопротивлений провода и заземляющих устройств, особенно в середине ВЛ.

При последующем пересчете измеренных значений на максимальный ток влияющих ВЛ ошибочно корректируется и электростатическая составляющая измеренного значения, независимая от тока влияющих ВЛ, что приводит к завышенным значениям.

4.2.15 Измерение (без использования специального измерителя [10], с применением трехпозиционного или двухпозиционного переключателя) выполняется в следующей последовательности:

- ВЛ отключается и заземляется, устанавливается переносное заземление на рабочем месте (в целях безопасности в рамках подготовки рабочего места);
- на диэлектрические коврики устанавливается переключатель и измерительные приборы;
- на расстоянии не менее 20 м от опоры и других заземляющих устройств в землю заглубляется измерительный электрод;
- собирается схема, соответствующая рисунку 2.10 (при измерении по схемам без отключения заземлений ВЛ киловольтметр не требуется);
- заземленные измерительные провода подключаются к проводам ВЛ;
- снимается переносное заземление, установленное на рабочем месте;
- с использованием изолирующей штанги и переключателя выполняется отключение заземления измерительных проводов и их поочередное соединение с измерительным прибором (рис. 2.11 [9]). Перебором вариантов заземления или разземления проводов и подключения измерительного прибора выбирается схема с максимальным значением наведенного напряжения.

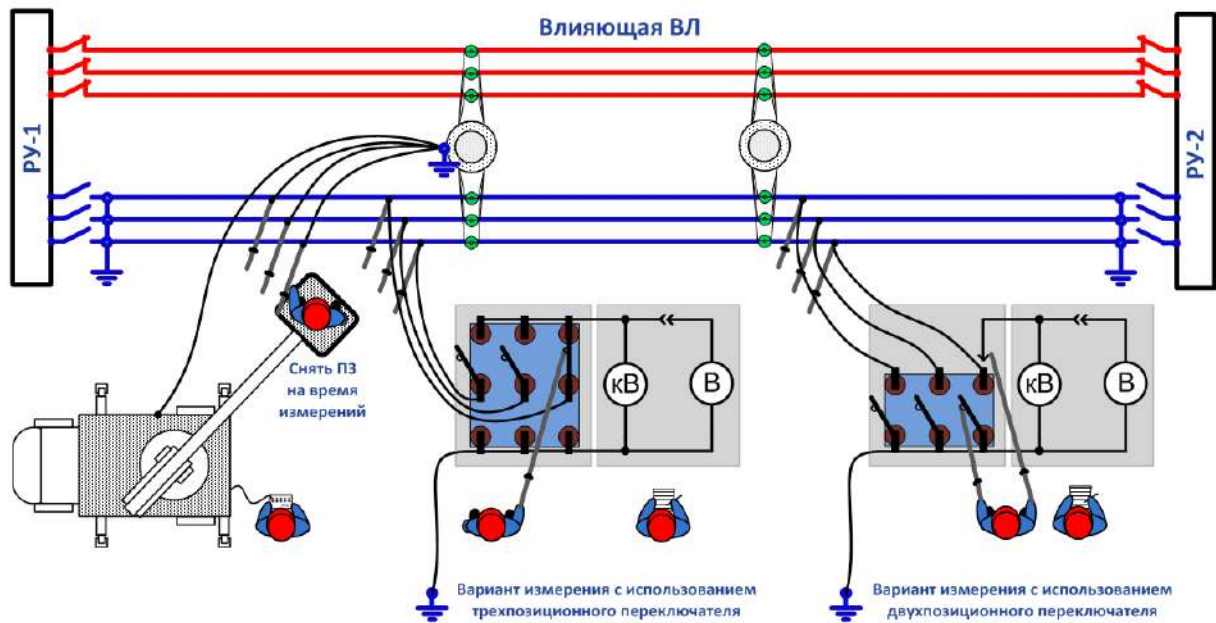


Рисунок 2.10 – Схемы измерения наведенного напряжения с использованием трехпозиционного или двухпозиционного переключателя

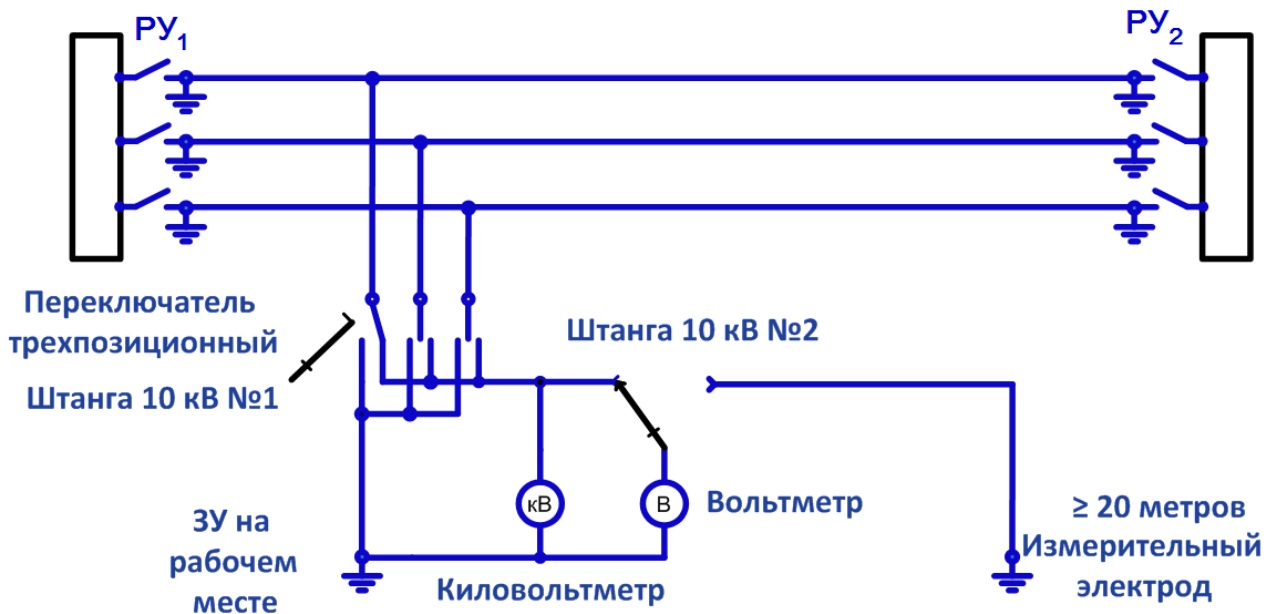


Рисунок 2.11 – Схемы измерения наведенного напряжения. К проводам ВЛ подключается трехпозиционный переключатель, позволяющий с помощью изолирующих штанг №1 и №2 менять фазы и схемы измерений. Измерение производится вольтметром и киловольтметром по следующим схемам: 1) измерение напряжения вольтметром на ВЛ, заземленной в левом и правом РУ; 2) измерение напряжения вольтметром на ВЛ, заземленной в левом РУ; 3) отключение вольтметра от ВЛ перед отключением всех заземлений; 4) измерение напряжения киловольтметром на незаземленной ВЛ; 5) включение заземления в правом РУ; 6) измерение напряжения вольтметром на ВЛ, заземленной в правом РУ; 7) включение заземлений ВЛ в левом и правом РУ

При необходимости определения значения наведенного напряжения при различных схемах заземления и без заземлений ВЛ измерение продолжить в следующем порядке:

- отключается заземление в первом РУ и проводится измерение наведенного напряжения по схеме без заземления в первом РУ;
- с помощью изолирующей штанги отключается вольтметр от схемы измерения для исключения его повреждения высоким напряжением;
- отключается заземление во втором РУ и проводится измерение на незаземленной ВЛ при помощи киловольтметра. Если измеренное напряжение не превышает допустимое значение для вольтметра, он подключается к схеме;
- включается заземление в первом РУ;
- с помощью изолирующей штанги подключается ранее отключенный вольтметр и проводится измерение наведенного напряжения по схеме без заземления во втором РУ;
- включается заземление во втором РУ;
- после проведения необходимых измерений при помощи переключателя заземляются измерительные провода, устанавливается ПЗ на рабочем месте, отключаются измерительные провода от ВЛ и разбирается схема измерения.

На ВЛ, имеющих более двух РУ, измерения выполняются аналогично.

При измерении наведенного напряжения принимаются необходимые меры безопасности (рис. 2.12 [9]).

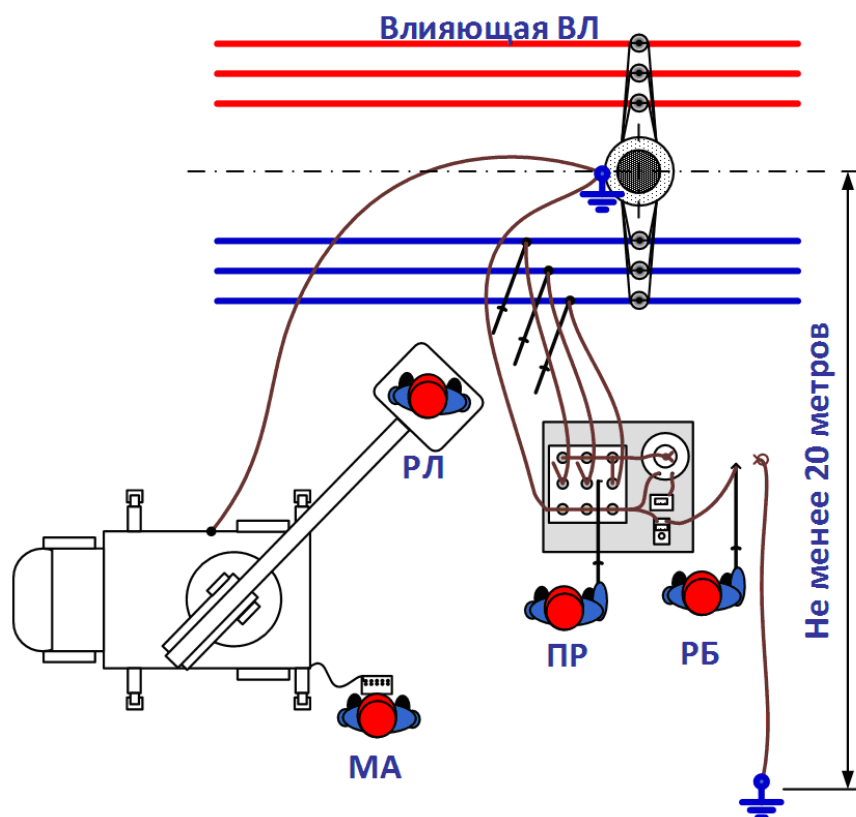


Рисунок 2.12 – Меры безопасности при измерении наведенного напряжения (РЛ – работающий на линии; МА – машинист автоподъемника; ПР – производитель работ; РБ – работник бригады)

Работы по измерению наведенного напряжения выполняются с применением диэлектрических перчаток и диэлектрических бот; переключения производятся с использованием изолирующих штанг; измерительные приборы и оборудование устанавливаются на диэлектрический коврик (рис. 2.13 [9]).



Рисунок 2.13 – Работы по измерению наведенного напряжения выполняются с применением защитных средств

Запрещается приближаться ближе 8 метров к заземляющим устройствам, соединительным проводам и механизмам без применения средств защиты.

2.5 Пересчет измеренных значений наведенного напряжения под наибольший рабочий ток влияющей линии

4.2.16 По окончании измерений рассчитывается значение наведенного напряжения при наибольшем рабочем токе влияющей линии $U_{\text{макс}}$:

$$U_{\text{макс}} = U_{\text{изм}} \frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{изм}}}, \text{ В}, \quad (2.1)$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное напряжение, В; $I_{\text{изм}}$ – ток нагрузки влияющей ВЛ в момент измерения, А; $I_{\text{макс}}$ – наибольший рабочий ток влияющей ВЛ, А.

За наибольший рабочий ток принимается максимальное значение пропускной способности ВЛ.

Для тупиковых ВЛ максимальное значение может быть ограничено пропускной способностью трансформаторов или другого оборудования. В тех случаях, когда пропускная способность значительно превышает максимально возможный ток, что приводит к необоснованно завышенным расчетным значениям наведенного напряжения, по решению технического руководителя допускается использовать максимально возможный ток с учетом всех допустимых режимов работы сети в периоды максимума нагрузки.

При прохождении отключенной ВЛ в коридоре нескольких влияющих ВЛ:

$$U_{\text{макс}} = U_{\text{изм}} \frac{I_{\text{общ.макс}}}{I_{\text{общ.изм}}}, \text{ В}, \quad (2.2)$$

где $I_{\text{общ.макс}}$ – сумма максимально возможных значений токов, протекающих по влияющим ВЛ:

$$I_{\text{общ.макс}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{макс.}i}; \quad (2.3)$$

$I_{\text{общ.изм}}$ – сумма максимально возможных значений токов, протекающих по влияющим ВЛ в момент измерения:

$$I_{\text{общ.изм}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{изм.}i}. \quad (2.4)$$

4.2.17 В случае изменения значения наибольшего рабочего тока влияющей ВЛ необходимо произвести пересчет наведенного напряжения, используя полученные при измерениях значения.

4.2.18 Пересчет электростатической составляющей, измеряемой на незаземленной ВЛ, на максимальный ток влияющей ВЛ не требуется. Существует вероятность значительного роста электростатической составляющей относительно измеренного значения при отключении участка линии, который не проходит параллельно влияющей ВЛ. Опасное значение электростатической составляющей возможно при монтаже и демонтаже провода, когда смонтированные участки заземляются не в РУ, а по трассе ВЛ.

4.2.19 На основе произведенных измерений, пересчитанных на максимальный ток, должен быть составлен перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением. В перечне указывается наименование отключенной ВЛ, наименование влияющих ВЛ, схема отключения и заземления, при которой проводились измерения и значение наведенного напряжения при данной схеме.

При проведении ремонтных работ необходимо учитывать, что в перечне ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, указываются только те линии, на которых значение наведенного напряжения более 25 В при заземлении в РУ. В случае отключения или некачественной установки заземлений или при разрыве провода возможен значительный рост наведенного напряжения на ВЛ, в том числе на линиях, не указанных в Перечне.

На незаземленных или некачественно заземленных ВЛ возможно появление электростатической составляющей наведенного напряжения более 25 В.

4.2.20 Включение значения величины наведенного напряжения в перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, полученных *исключительно расчетным путем* (без измерения величины наведенного напряжения в установленном порядке), *не разрешается*. Допускается проведение предварительного (оценочного) расчета значения наведенного напряжения в следующих целях:

- предварительная оценка необходимости проведения измерений;
- анализ и выбор наиболее безопасных схем заземлений ВЛ;
- определение опасности наведенного напряжения на строящейся ВЛ;
- определение наведенного напряжения в случае, если в нормальном режиме невозможно создать нагрузку на влияющей ВЛ (точка раздела транзита двух параллельных линий в одном РУ, нагрузка возможна только в аварийном режиме).

2.6 Расчет наведенного напряжения

4.2.21 Методика расчета определяется в зависимости от условий и целей расчета и утверждается в установленном порядке.

Выбор защитных мероприятий при работах на ВЛ под наведенным напряжением можно осуществить на основе оценки уровня наведенного напряжения при расчете.

В научной литературе представлены и обсуждаются различные методы расчета наведенного напряжения на отключенных проводах ВЛ.

Расчет наведенных токов и напряжений при использовании в моделировании схем замещения с распределенными параметрами. В подобном случае расчет токов и напряжений будет осуществляться по уравнениям длинной линии [13]. При изменениях геометрии опор, сечения проводов и тросов, разделения

двухцепных ВЛ на одноцепные и обратно и других изменениях исследуемая ВЛ разбивается на однородные участки с подвешенными над землей бесконечно длинными проводниками, сечения которых, расстояния между ними и высоты подвеса над землей принимаются на основе исходных данных. Последующий расчет выполняется на основе многополюсников [11], что дает возможность учитывать одновременно электрическое и магнитное влияния.

При неизбежном учете неоднородных участков ВЛ значительно усложняется расчет токов и напряжений в заданных точках ВЛ.

В определении параметров многополюсников, как правило, используются алгоритмы метода симметричных составляющих и метода фазных координат.

Заземление в нескольких местах одной–трех фаз на отключенной ВЛ рассматривается как соответствующие виды КЗ, имеющего магнитную связь с влияющей ВЛ. Введение в модель нескольких несимметрий усложняет схемы замещения, накладывая ограничения на возможность использования метода симметричных составляющих.

Применение метода фазных координат [3] считается целесообразным при необходимости учета параметрической и режимной несимметрии. Метод фазных координат использует естественное пофазное представление электрических схем. Например, математическая модель [16] учитывает реальное положение проводов и грозозащитных тросов (ГТ), режимы заземления отключенных проводов и ГТ, наличие транспозиции фазных проводов и скрещивание ГТ, различие сопротивления заземляющего устройства опор по длине ВЛ, несимметрию, несинусоидальность токов и напряжений, неоднородность геологического строения грунта по трассе ВЛ.

Использование в расчетах наведенного напряжения модели [16] подтвердило ряд закономерностей:

- ожидаемое напряжение прикосновения к опоре, на которую выполнено заземление отключенных проводов, будет наибольшим при заземлении только одного провода, наименьшим при заземлении всех трех проводов;
- рассмотренная зависимость характерна для двухцепных ВЛ;
- для одноцепных ВЛ, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, зависимость обратная.

Метод активных и пассивных участков ВЛ [4]. В рассматриваемом методе расчета выделяются две группы цепей отключенной ВЛ: 1) фазы влияющих ВЛ; 2) провода и тросы отключен-

ной ВЛ, а для двухцепных линий и в случае подвески на общих опорах двух ВЛ учитываются все провода и тросы обеих ВЛ.

В связи с неоднородностью ВЛ, объясняющейся многими факторами: ограниченностью участков сближения влияющей и отключенной ВЛ; топологией сближения ВЛ; транспозицией фаз ВЛ; расположением проводов и тросов на опорах; заземлением рабочего места на поврежденной влиянию линии и др., ВЛ разбивается на однородные участки и общее решение задачи выражается через частные решения для таких участков.

Однородный участок в пределах зоны сближения ВЛ, для которого ищется частное решение, считается активным участком, другие участки – пассивными. Ключевыми задачами рассматриваемого метода являются расчет наведенного напряжения на заданном активном участке провода и распространение наведенного напряжения на заданном пассивном участке провода.

Расчетное значение наведенного напряжения в заданной точке провода отключенной ВЛ представляется в виде суммы составляющих наведенного напряжения от каждого активного участка рассматриваемого провода. Если точка наблюдения расположена в пределах активного участка, то составляющая наведенного напряжения от влияния на этом участке находится непосредственно из частного решения. Если точка наблюдения расположена вне активного участка, то составляющая наведенного напряжения от влияния на этот участок находится путем распространения значения наведенного напряжения с начала или конца активного участка до точки наблюдения.

Система дифференциальных уравнений решается последовательно для каждого пассивного участка до участка, на котором находится точка наблюдения. При этом исходными данными являются напряжения и токи начала или конца предыдущего участка, начиная с активного участка ВЛ. Сравнение расчетных результатов с проведенными измерениями дало положительную погрешность (+26%), что свидетельствует о том, что в подобном методе расчета наведенного напряжения расчетная модель может рассматриваться как предельная.

Расчет наведенных токов и напряжений при использовании в моделировании схем замещения с сосредоточенными параметрами. «Методические указания по измерению наведенных напряжений на отключенных ВЛ, проходящих вблизи действующих ВЛ напряжением 35 кВ и выше и контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока» (ОРГРЭС, 1993) [13], и новая их редакция «Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ» (СТО ОАО

«ФСК ЕЭС», 2009) [28], представляют отключенную ВЛ однопроводной линией, которая замещается одно- или двухконтурной схемой замещения с сосредоточенными параметрами. Предлагаемая расчетная схема подходит для простейших инженерных расчетов раздельного влияния магнитного и электрического полей ВЛ.

Использование упрощенных моделей и сосредоточенных параметров ВЛ позволяет рассчитать индуцированное напряжение на незаземленной или заземленной в одной точке однопроводной ВЛ, рассматривается ее в поперечном сечении.

Расчет наведенного напряжения при магнитном влиянии на однопроводной ВЛ, заземленной в двух или трех точках, выполняется при рассмотрении однопроводной линии в продольном направлении.

2.7 Вопросы для самоподготовки и тестирования

1. Как определяется наведенное напряжение провода ВЛ?
2. При каких условиях выполняется измерение значения наведенного напряжения на ВЛ?
3. В каких местах следует производить измерения наведенного напряжения на ВЛ?
4. Каковы условия измерения наведенного напряжения на тупиковых ВЛ 6–20 кВ или отпайках ВЛ?
5. Для каких целей и в каких случаях выполняется измерение наведенного напряжения на отключенной ВЛ при отсутствии заземлений?
6. В каких случаях должны выполняться повторные измерения наведенного напряжения?
7. Как производятся измерения напряжения на земле без подъема на высоту?
8. Каковы требования к персоналу, проводящего измерения напряжения на земле без подъема на высоту?
9. Каковы требования к установке электрода, относительно которого измеряется наведенное напряжение?
10. На какое напряжение рассчитана изоляция соединительных проводников в схеме измерения наведенного напряжения?
11. На какое напряжение рассчитана изоляция соединительных проводников, устанавливаемых без изоляторов, в схеме измерения наведенного напряжения при проведении измерений без заземления ВЛ?
12. С каким верхним пределом измерения может быть использован вольтметр переменного тока для измерений наведенного напряжения на заземленной ВЛ?

13. Какие приборы применяются для измерений наведенного напряжения без заземления ВЛ?

14. Какие рекомендуется применять измерители наведенного напряжения?

15. Какие требования предъявляются к измерительным приборам наведенного напряжения?

16. Что важно обеспечить при измерении наведенного напряжения?

17. Что необходимо применять при измерении наведенного напряжения, если не исключена опасность прикосновения к проводу частями тела или применяемым оборудованием?

18. Каков принцип действия комплекта специальной одежды?

19. Что входит в состав комплектов специальной одежды?

20. В каком месте необходимо надеть комплект специальной одежды?

21. Что должно фиксироваться при проведении измерений наведенного напряжения?

22. При каких нагрузках влияющих ВЛ рекомендуется проводить измерение наведенного напряжения?

23. В какой последовательности выполняется измерение (без использования специального измерителя, с применением трехпозиционного или двухпозиционного переключателя) наведенного напряжения?

24. На какое расстояние запрещается приближаться к заземляющим устройствам, соединительным проводам и механизмам без применения средств защиты?

25. Как рассчитывается по окончании измерений значение наведенного напряжения при наибольшем рабочем токе влияющей линии?

26. Как требуется осуществить пересчет электростатической составляющей, измеряемой на незаземленной ВЛ?

27. На основе каких данных составляется перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением?

28. Каковы цели допускаемого проведения предварительного (оценочного) расчета значения наведенного напряжения?

29. Как определяется и утверждается методика расчета наведенного напряжения?

30. Какие методы расчета наведенного напряжения на отключенных проводах ВЛ могут применяться?

3 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНЫХ РАБОТ НА ВЛ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

3.1 Методы работ на ВЛ под наведенным напряжением

4.3.1 Работы на ВЛ под наведенным напряжением могут производиться одним из следующих методов:

- с заземлением ВЛ в РУ и на рабочем месте с использованием технологии уравнивания потенциалов (*уравнивание потенциалов* – электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов [24]);
- с заземлением ВЛ в РУ и на рабочем месте с использованием технологии «без снятия напряжения» (относятся к специальным работам [20]);
- без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте.

4.3.2 Работы с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием технологии уравнивания потенциалов производятся с выполнением следующих мероприятий:

- выводимая в ремонт ВЛ должна быть заземлена с обеих сторон в РУ;
- при работе с металлической опоры на рабочем месте бригады провода (грозотрос) ВЛ должны заземляться на стойку опоры;
- при работе с железобетонной опоры провода (грозотрос) ВЛ должны заземляться на стационарный заземлитель, исправный и соответствующий установленным требованиям;
- при работе с телескопической вышки рабочая площадка должна быть соединена с проводом (тросом) линии гибким проводником сечением не менее 25 мм², а сама вышка – заземлена. Провод (грозотрос) линии при этом должен быть заземлен на месте работ;
- не разрешается входить в кабину телескопической вышки и выходить из нее, а также прикасаться к корпусу вышки, стоя на земле, после соединения рабочей площадки телескопической вышки с проводом;
- в процессе работы не допускается использовать в качестве «бесконечных» канаты из токопроводящих материалов;
- количество бригад, допускаемых к работе на ВЛ по данному методу, не ограничено.

4.3.3 При выполнении работ по технологии «без снятия напряжения» безопасность персонала обеспечивается по одной из двух схем:

Провод под напряжением – изоляция – человек – земля.

Схема реализуется двумя методами:

- работа в контакте, когда основным защитным средством являются диэлектрические перчатки и изолированный инструмент (данным методом выполняются работы на ВЛ напряжением до 1000 В);

- работа на расстоянии, когда работа выполняется с применением основных (изолирующие штанги, клещи) и дополнительных (диэлектрические перчатки, боты) электротехнических средств (данный метод применяется на ВЛ напряжением выше 1000 В).

Провод под напряжением – человек – изоляция – земля.

Работы по этой схеме допускаются при следующих условиях:

- изоляция работающего от земли устройствами соответствующего напряжения;

- применение шунтирующих (электропроводящих) комплектов специальной одежды для защиты от наведенного напряжения;

- выравнивание потенциалов (*выравнивание потенциалов* – снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли [24]) шунтирующего (электропроводящего) комплекта специальной одежды для защиты от наведенного напряжения, рабочей площадки и провода специальной штангой для переноса потенциала;

- расстояние от работника до заземленных частей и элементов оборудования при работах должно быть не менее расстояния, указанного в табл. 3.1 Правил [20].

Конкретные виды работ с использованием технологии «без снятия напряжения» должны выполняться по специальным инструкциям или по технологическим картам, ППР.

4.3.4 Работы без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте должны производиться с выполнением следующих мероприятий:

- выводимая в ремонт ВЛ со стороны РУ не заземляется;

- к работе на одной ВЛ может допускаться не более одной бригады;

- ВЛ заземляется только на месте работы бригады или на двух смежных опорах;

- на месте работы бригады кроме основного необходимо установить дополнительное переносное заземление;

- допускается работа только с опоры, на которой установлено заземление (основное и дополнительное), или в пролете между смежными заземленными опорами;

- при необходимости работы в двух и более пролетах (участках) ВЛ должна быть разделена на электрически не связанные участки посредством разъединения петель на анкерных опорах (рис 3.1). На каждом из таких участков может работать лишь одна бригада;

- перед установкой или снятием заземления провод (трос) должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством (рис 3.2). Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к зазем-

лителю. Штанга может быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления;

- при отсутствии штанги с дугогасящим устройством установка (снятие) защитного заземления на рабочем месте может производиться только после временного заземления ВЛ в одном из РУ. ЗН на конце ВЛ в РУ должны отключаться только после установки (снятия) заземления на рабочем месте.

Таблица 3.1 – Допустимые расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением

Напряжение электроустановок, кВ	Расстояние от работников и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
ВЛ до 1	0,6	1,0
Остальные электроустановки:		
до 1	не нормируется (без прикосновения)	1,0
1–35	0,6	1,0
60* – 110	1,0	1,5
150	1,5	2,0
220	2,0	2,5
330	2,5	3,5
400* – 500	3,5	4,5
750	5,0	6,0
1150	8,0	10,0

- Постоянный ток.

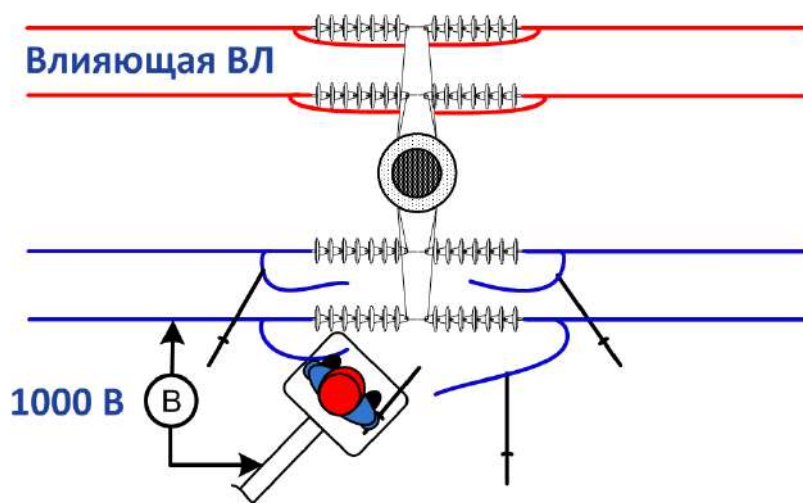


Рисунок 3.1 – Разъединение петель на анкерной опоре ВЛ



Рисунок 3.2 – Штанга с дугогасящим устройством

4.3.5 Работы по технологиям без снятия напряжения и без заземления ВЛ в РУ являются наиболее опасными и применяются только при невозможности обеспечить уравнивание потенциалов на рабочем месте.

4.3.6 Для проверки возможности безопасного производства работ, правильности и качества установленных заземлений, отсутствия разрыва провода по трассе ВЛ необходимо проводить контрольный замер наведенного напряжения при подготовке рабочего места измерителем (индикатором) наведенного напряжения (см. Приложение 1).

При подготовке рабочего места необходимо проводить измерение наведенного напряжения и не допускать прикосновение к проводу до выравнивания потенциалов. Известен случай [9], когда после обрыва провода выведенной в ремонт ВЛ-110 кВ значительно выросла электромагнитная составляющая наведенного напряжения в месте разрыва провода (рис. 3.3 [9]).

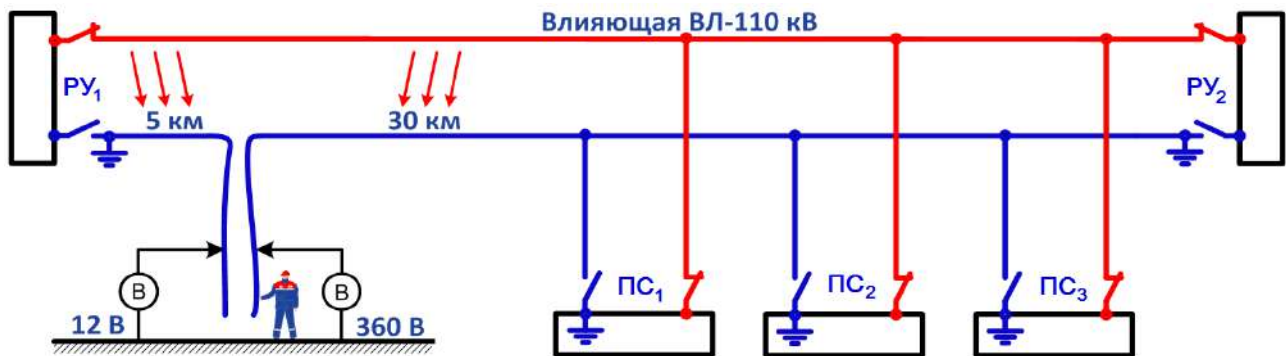


Рисунок 3.3 – Опасное повышение наведенного напряжения, появившегося после разрыва провода отключенной ВЛ

Провод ВЛ оказался заземлен с одной стороны на расстоянии 30 км. На остальных подстанциях (ПС) заземления включены только за коммутационными аппаратами. Во время подготовки рабочего места не было известно об опасном значении наведенного напряжения, появившегося после разрыва провода. При прикосновении к проводу электромонтер попал под наведенное напряжение 360 В.

Измерения производятся в следующих случаях:

- при подготовке рабочего места на ВЛ 35 кВ и выше, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока;
- при подготовке рабочего места на ВЛ до 10 кВ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, при заземлении не стационарными заземлителями.

Необходимость и места проведения измерения при подготовке рабочего места и на отдельных этапах работы определяет выдающий наряд после анализа трасс ВЛ, вида выполняемой работы и схемы вывода в ремонт линии. Необходимость измерения указывается в графе «отдельные указания» наряда-допуска.

Измерения проводятся в следующей последовательности:

- проверить отсутствие рабочего напряжения указателем высокого напряжения на первом проводе;
- при отсутствии рабочего напряжения измерителем (индикатором) провести измерение наведенного напряжения на первом проводе;
- если наведенное напряжение ниже напряжения, указанного в перечне ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, установить на первый провод переносное заземление и повторить операции для других фаз;
- если наведенное напряжение на проводе выше напряжения, указанного в Перечне ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, или выше 25 В, когда линия не включена в этот перечень, подготовка рабочего места должна быть прекращена до выяснения и устранения причин, вызвавших повышение наведенного напряжения (обрыв провода, качество заземлений).

При работах с разрывом провода рекомендуется проведение измерений до и после уравнивания потенциалов оборванного провода для оценки возможности безопасного проведения работ.

4.3.7 На ВЛ под наведенным напряжением работы с земли, связанные с прикосновением к проводу (тросу), опущенному с опоры вплоть до земли, должны выполняться с использованием электрозащитных средств (диэлектрические перчатки, штанги) или с металлической площадки, соединенной проводником сечением не менее 25 мм² с этим проводом (тросом) для выравнивания потенциалов. Соединение металлической площадки с проводом (тросом) должно выполняться с применением электрозащитных средств и только после расположения на ней работающего (рис. 3.4 [9]).

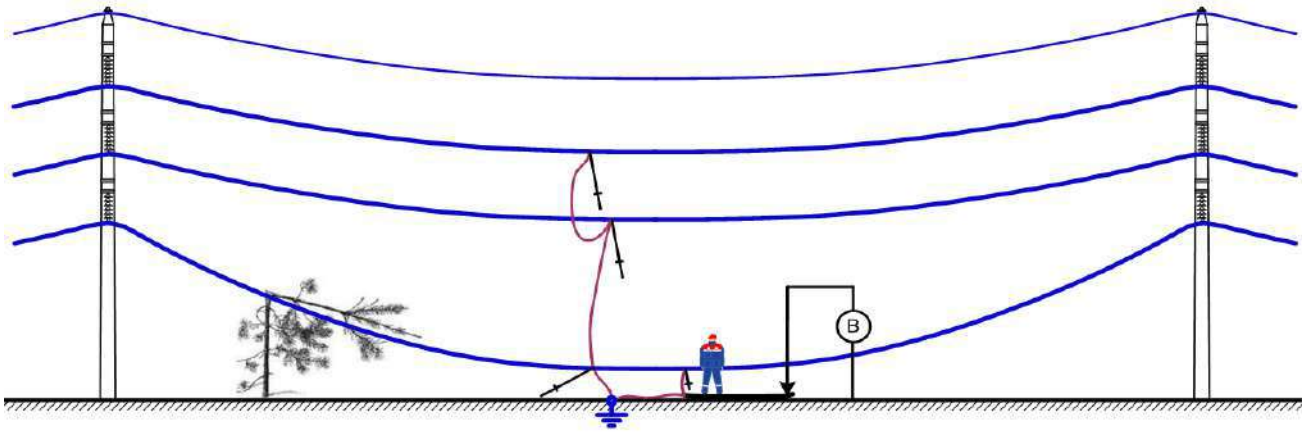


Рисунок 3.4 – Схема уравнивания потенциалов при работе с земли.

Уравнивание потенциалов при работе с земли с прикосновением к проводу воздушной линии выполняется, если наведенное напряжение при заземлении, согласно наряду-допуску, – более 25 В.

Перед прикосновением к проводу необходимо выполнение условий:

- использование электрозащитных средств;
- применение комплектов для защиты от наведенного напряжения;
- работа с металлической площадки, соединенной с проводом ВЛ;

Приближение к площадке без средств защиты от напряжения шага не допускается.

Выполнение работ с земли без применения электрозащитных средств и металлической площадки допускается при условии заземления провода в непосредственной близости к каждому месту прикосновения.

4.3.8 При монтажных работах (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) на ВЛ под наведенным напряжением или строящихся ВЛ в створе действующих ВЛ провод должен быть заземлен на анкерной опоре (рис. 3.5), от которой ведется раскатка, на конечной анкерной опоре, через которую проводится натяжка, и на каждой промежуточной опоре, на которую поднимается провод.

4.3.9 По окончании работы на промежуточной опоре заземление с провода (грозотроса) на этой опоре может быть снято. В случае возобновления работы на промежуточной опоре, связанной с прикосновением к проводу (грозотросу), провод должен быть вновь заземлен на той же опоре.

4.3.10 Применяемые при монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением стальные тяговые канаты сначала необходимо закреплять на тяговом механизме и для уравнивания потенциалов заземлять на тот же заземлитель, что и провод. Только после этого разрешается прикреплять канат к проводу. Разъединять провод и тяговой канат можно только после

уравнивания их потенциалов, то есть после соединения каждого из них с общим заземлителем.

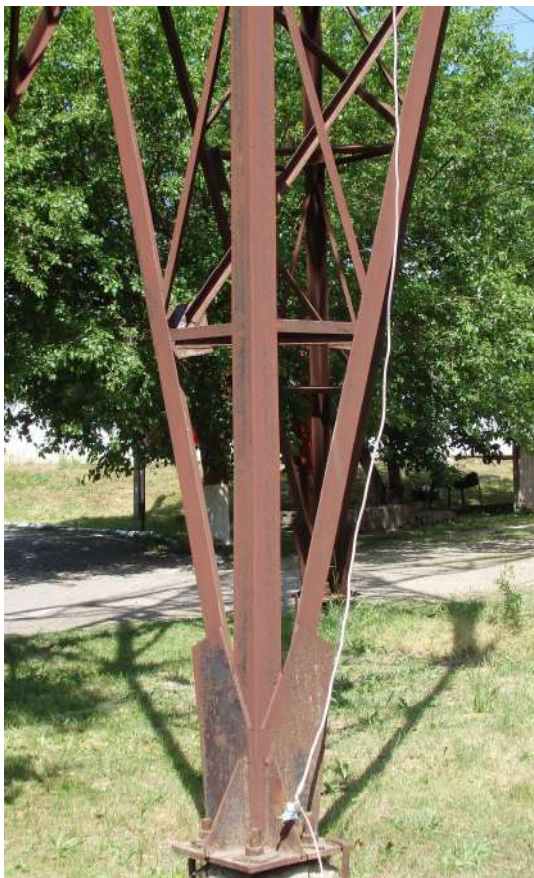


Рисунок 3.5 – Заземление провода на анкерной опоре

4.3.11 На ВЛ под наведенным напряжением перекладку проводов из раскаточных роликов в поддерживающие зажимы следует проводить в направлении, обратном направлению раскатки.

До начала перекладки необходимо, оставив заземленными провода на анкерной опоре, в сторону которой будет проводиться перекладка, снять заземление с проводов на анкерной опоре, от которой начинается перекладка.

4.3.12 Заземление с перекладываемых проводов (троса) можно снимать только после перекладки провода (троса) в поддерживающие зажимы и окончания работ на данной опоре.

4.3.13 Во время перекладки проводов в зажимы смежный анкерный пролет, в котором перекладка уже закончена, следует рассматривать как находящийся под наведенным напряжением.

Выполнять на нем работы, связанные с прикосновением к проводам, разрешается только после заземления их на рабочем месте.

3.2 Работы на ВЛ, выполняемые с телескопической вышки

4.3.14 При работе на ВЛ под наведенным напряжением, выполняемой с телескопической вышки (подъемника), рабочая площадка вышки должна быть с помощью специальной штанги соединена с проводом линии гибким медным проводником сечением не менее 25 мм^2 , а сама вышка заземлена (рис. 3.6 [9]).

4.3.15 Запрещается входить в кабину и выходить из нее, а также прикасаться к корпусу вышки, стоя на земле, после соединения рабочей площадки телескопической вышки с проводом.

4.3.16 Запрещается использовать металлический трос в качестве бесконечного каната.

4.3.17 Машинист (водитель), управляющий подъемником с земли, должен быть в диэлектрических ботах и диэлектрических перчатках.

4.3.18 Запрещается работать с земли без применения электрозащитных средств или без металлической площадки или шунтирующего (электропроводящего) комплекта специальной одежды для защиты от наведенного напряжения.

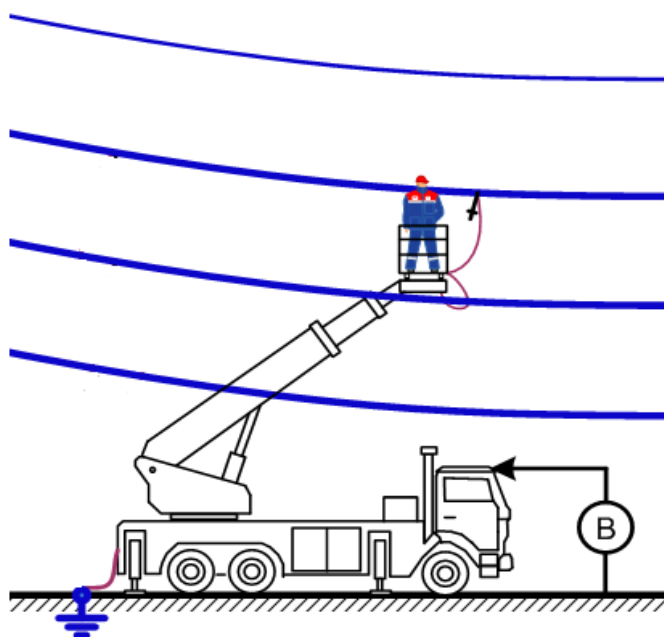


Рисунок 3.6 – Работа на ВЛ под наведенным напряжением, выполняемой с телескопической вышки (подъемника)

4.3.19 На ВЛ и ВЛС перед соединением или разрывом электрически связанных участков (проводов, тросов) необходимо уравнивать потенциалы этих участков. Уравнивание потенциалов участков ВЛ, ВЛС осуществляется путем соединения этих участков проводником или установкой заземлений с обеих сторон разрыва с присоединением к одному заземлителю. (рис. 3.7).

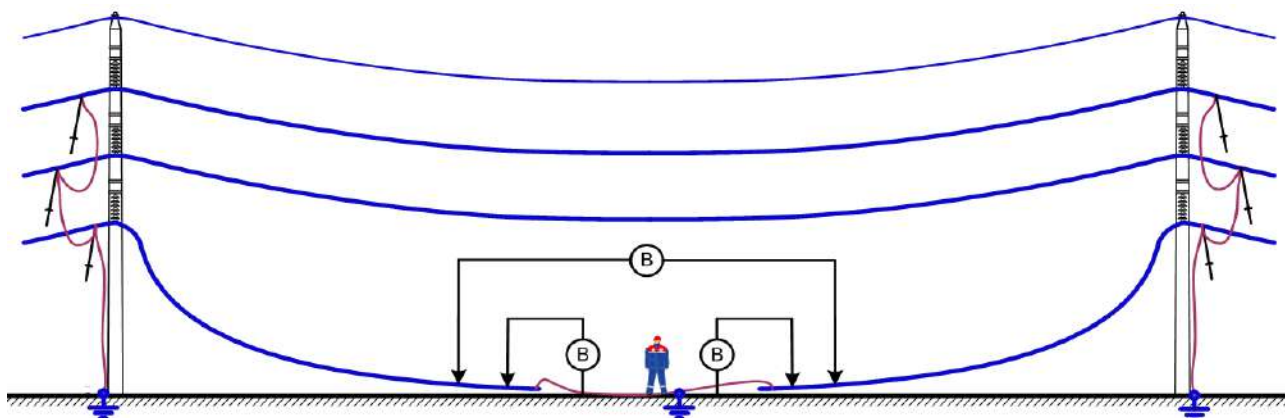


Рисунок 3.7 – Схемы уравнивания потенциалов при разрыве провода

4.3.20 Для уравнивания потенциалов *на один заземлитель* должны быть подключены следующие элементы (рис. 3.8):

- провода (грозозащитные тросы) отключенной ВЛ;
- машины и механизмы;
- корзина автоподъемника;
- такелаж;
- металлические элементы опор.

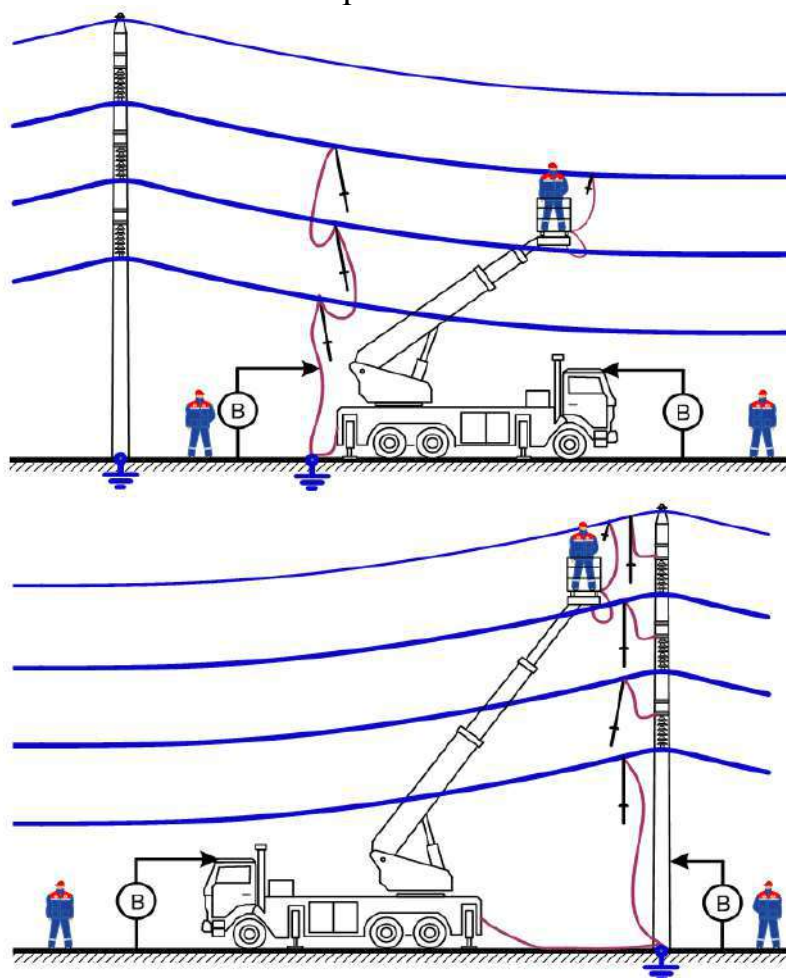


Рисунок 3.8 – Схемы уравнивания потенциалов при работе с автоподъемником

Известен случай нарушения п. 4.3.20, когда электромонтер, находясь в корзине автоподъемника, при снятии ранее установленного переносного заземления с верхней фазы ВЛ попал под наведенное напряжение (рис. 3.9 [9]).

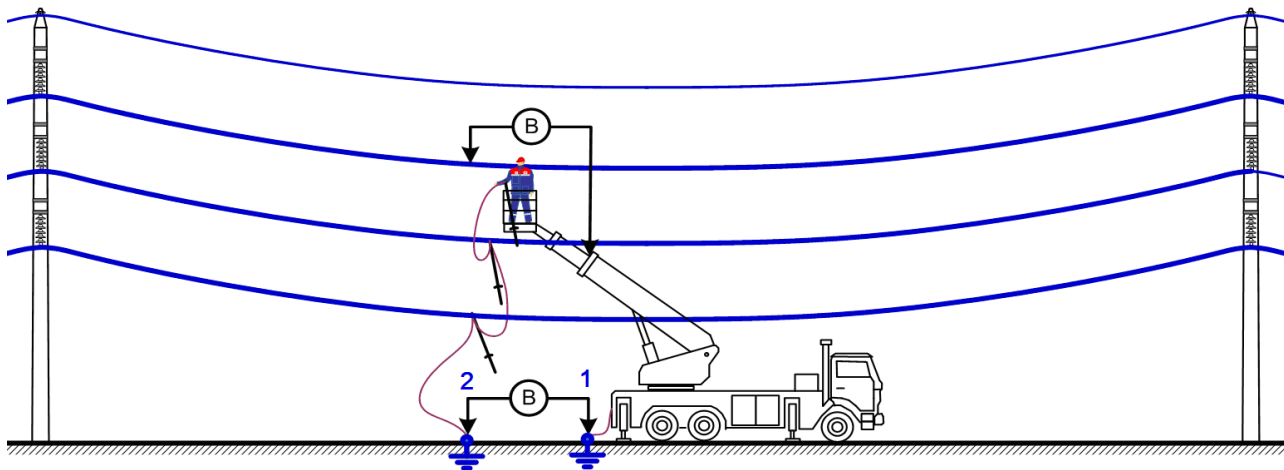


Рисунок 3.9 – Ошибки в работе на ВЛ под наведенным напряжением

Появление наведенного напряжения было вызвано разностью потенциалов на заземляющем устройстве 1 корзины автоподъемника и заземляющем устройстве 2 переносного заземления.

Во-первых, в соответствии с п. 4.3.20 заземляющее устройство должно быть одно; во-вторых, если не исключена опасность прикосновения к проводу частями тела или применяемым оборудованием, необходимо применять шунтирующие (электропроводящие) комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения.

Необходимо помнить, что связь между металлическими элементами по телу железобетонной опоры может иметь разрывы. В таких случаях выравнивание (уравнивание) выполняется отдельным проводником.

Если корзина автоподъемника изолирована от стрелы, предварительно необходимо выполнить шунтирование изоляторов корзины для выравнивания потенциалов (рис. 3.10).

Машинист (водитель), управляющий подъемником с земли, должен быть в диэлектрических ботах и диэлектрических перчатках.

Работа ближе 8 м от заземляющего устройства или провода линии под наведенным напряжением должна выполняться с применением средств защиты от напряжения шага.

4.3.21 Если отсутствует возможность подключения заземлений к выпуску в нижней части опоры, работа выполняется в следующей последовательности (рис. 3. 11):



Рисунок 3.10 – Шунтирование изоляторов корзины

4.3.21 Если отсутствует возможность подключения заземлений к выпуску в нижней части опоры, работа выполняется в следующей последовательности (рис. 3. 11):

- автоподъемник заземляется на электрод, заглубленный в грунт на глубину не менее 0,5 м (рис. 3.12);
- выполняется подъем электромонтера на высоту;
- выполняется заземление нижнего провода (рис. 3.13);
- электрод соединяется с траверсой опоры отдельным спуском (рис. 3.14);
- выполняется заземление остальных проводов;
- корзина автоподъемника соединяется с проводом проводником сечением $\geq 25 \text{ мм}^2$.

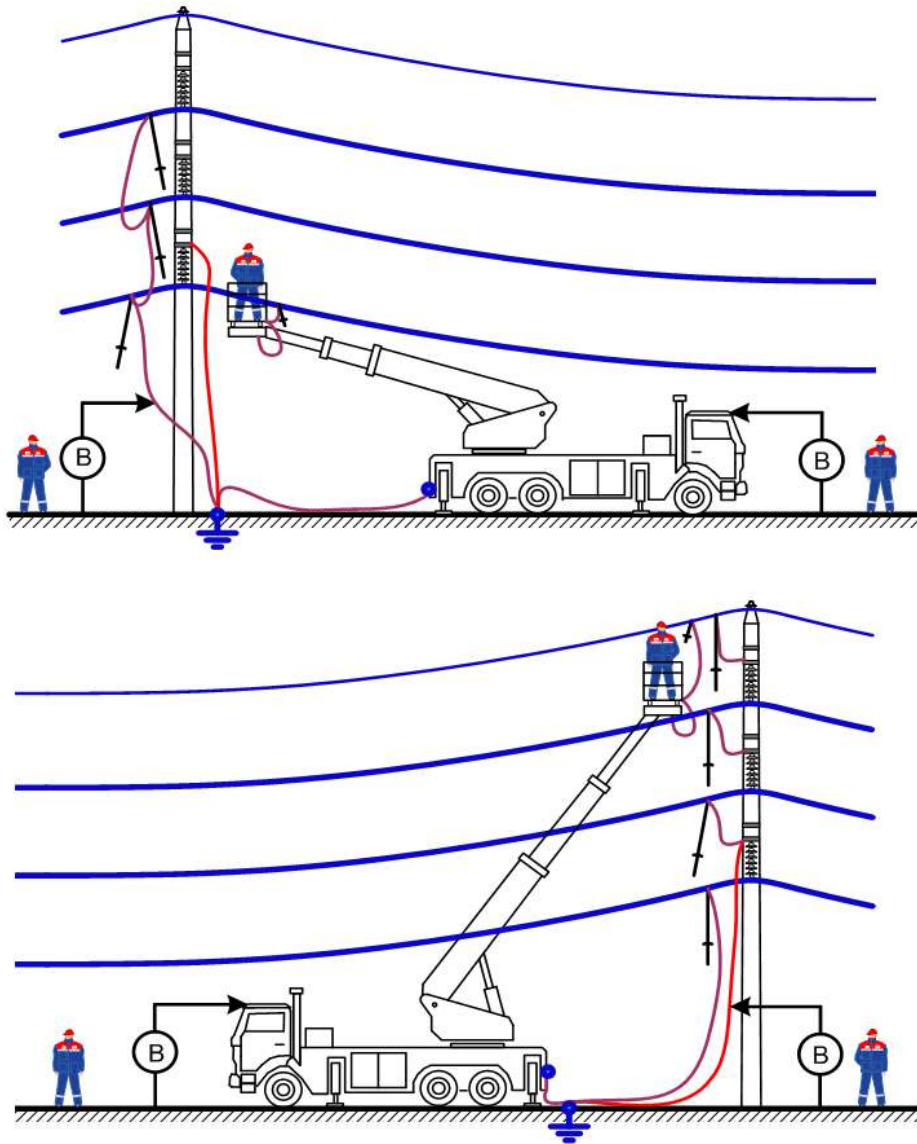


Рисунок 3.11 – Схемы уравнивания потенциалов с использованием заземляющего электрода



Рисунок 3.12 – Заземление автоподъемника



Рисунок 3.13 – Заземление нижнего провода отключенной ВЛ



Рисунок 3.14 – Соединение электрода с траверсой опоры отключенной ВЛ

4.3.22 При работе на ВЛ под наведенным напряжением не допускается:

- приближаться и прикасаться к проводам ВЛ до подготовки рабочего места;
- прикасаться к проводу и заземляющему устройству при установке заземлений;
- приближаться и прикасаться к проводам ВЛ, заземляющим спускам, заземляющим устройствам, механизмам, присоединенным к ВЛ, без применения средств защиты;
- применять схемы заземления, при которых может быть вынос потенциала с участка действующей ВЛ или с ВЛ под наведенным напряжением;
- подключать переносное заземление к электроду, установленному в грунт с высоким удельным сопротивлением. При установке заземлений за секционирующими аппаратами необходимо использовать стационарные заземляющие устройства, обеспечивающие сопротивление не более 10 Ом в период просыхания и промерзания грунта;
- подключать переносное заземление к заземляющему устройству без очистки места подключения от краски и ржавчины;
- устанавливать переносное заземление в местах, где может быть нарушен его контакт с проводом ВЛ при выполнении работ;
- устанавливать переносное заземление за разрывом провода или за отключенным коммутационным аппаратом.

3.3 Организация работ на электрооборудовании РУ под наведенным напряжением

4.3.23 Наведенное напряжение на электрооборудовании РУ представляет опасность при прикосновении к протяженной ошиновке в РУ высокого напряжения или прикосновению к ВЛ под наведенным напряжением (наибольшую опасность представляет прикосновение к токоведущим частям ВЛ).

4.3.24 Для защиты от наведенного напряжения при работе на присоединениях ВЛ в РУ необходимо выполнение всех следующих условий (рис. 3.15):

- проверить включение заземляющих ножей (ЗН), надежность и качество установки переносного заземления (ПЗ). ПЗ должны быть установлены в местах, исключающих их падение или ухудшение контактных соединений при выполнении работ;
- заземляющие спуски ПЗ должны быть подключены к заземляющему устройству РУ;

- работу необходимо выполнять с использованием диэлектрических перчаток или изолирующих штанг, рассчитанных на величину наведенного напряжения;

- в случаях, когда невозможно обеспечить безопасность работ только применением диэлектрических перчаток, если существует опасность прикосновения к проводу другими частями тела или применяемым оборудованием, должны применяться шунтирующие (электропроводящие) комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения.

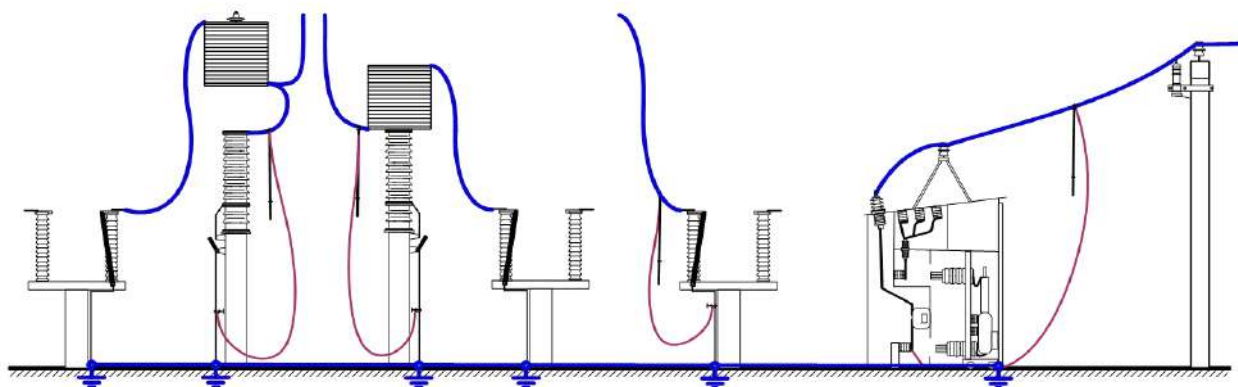


Рисунок 3.15 – Схемы уравнивания потенциалов на присоединении ВЛ в РУ

4.3.25 При производстве работ на незаземленной ошиновке, не имеющей гальванической связи с ВЛ под наведенным напряжением, достаточно выполнение одного из следующих условий (рис. 3.16):

- зашунтировать участок демонтированной ошиновки от рабочего места в сторону установленного заземления;

- заземлить ошиновку с использованием дополнительного переносного заземления;

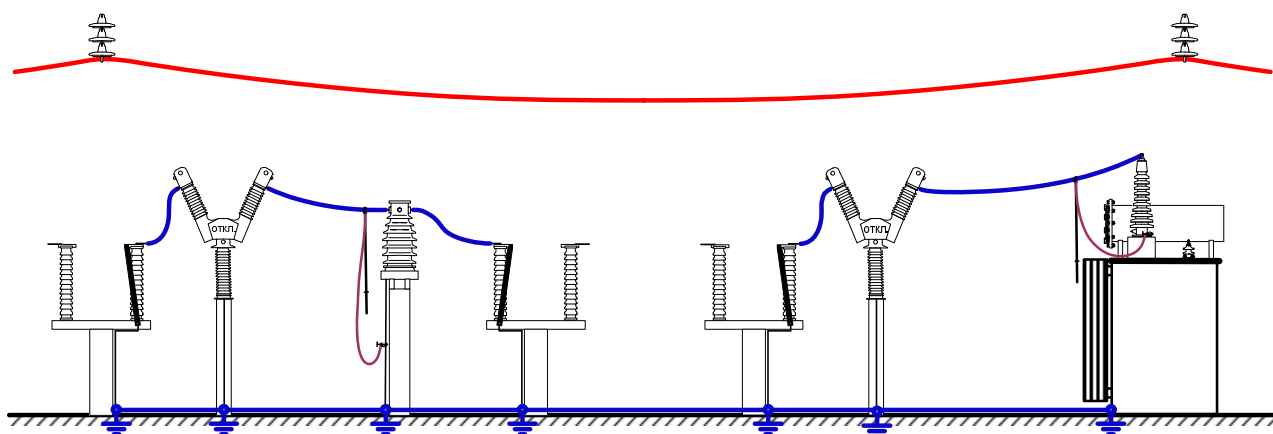


Рисунок 3.16 – Схемы уравнивания потенциалов на ошиновке РУ

4.3.26 Недопустима одновременная работа на ВЛ более одной бригады в следующих случаях:

- работа на ВЛ под наведенным напряжением по технологии без заземления ВЛ в РУ;

- работа на ВЛ под наведенным напряжением нескольких бригад, использующих разные технологии производства работ;
- работа на ВЛ под наведенным напряжением нескольких бригад разных эксплуатирующих организаций, когда затруднено согласование принимаемых мер безопасности при выполнении работ;
- работа по измерению наведенного напряжения на ВЛ;
- работа с разрывом провода или с отсутствием электрической связи рабочего места с ЗУ РУ при работе на ВЛ под наведенным напряжением. При необходимости одновременной работы более одной бригады, в данном случае, должны быть приняты и отражены в проекте производства работ дополнительные меры безопасности (уравнивание потенциалов в месте разрыва провода, шунтирование отключенных ЗН ПЗ, установка дополнительных заземлений с указанием места подключения).

При организации работ в заявке на вывод в ремонт оборудования в разделе «Меры безопасности» необходимо выполнить запись: «Недопустима работа более одной бригады». Не допускается выполнять допуск более двух бригад на данную ВЛ и ее присоединение в РУ ПС.

4.3.27 Примеры оформления графы «отдельные указания» наряда-допуска при работах под наведенным напряжением:

Работа на ВЛ под наведенным напряжением:

- *ВЛ-169 под наведенным напряжением;*
- *работу производить по ППР №123;*
- *работу производить под непрерывным надзором ОРР;*
- *выровнять потенциалы проводов соединением на один заземлитель.*
- *при работе использовать защитный комплект от наведенного напряжения;*
- *при подготовке рабочего места применять измеритель (индикатор) наведенного напряжения.*

Работа в РУ на присоединении ВЛ под наведенным напряжением:

- *ВЛ-169 под наведенным напряжением;*
- *работу производить по ТК №123;*
- *работу производить под непрерывным надзором ОРР.*
- *перед отключением ЗН-110 ВЛ-169 установить ПЗ-110 кВ №1 на заземлитель ОРУ-110 кВ;*
- *работу по расшивке ЛР-110 ВЛ-169 производить в диэлектрических перчатках.*

Работа по измерению наведенного напряжения:

- *ВЛ-169 под наведенным напряжением;*
- *работу производить по ППР №123, по программе измерения наведенного напряжения;*
- *на время измерения разрешается снять переносное заземление на рабочем месте, отключить ЗН-110 ВЛ-169 на ПС-1 и ЗН-110 ВЛ-169 на ПС-2.*

3.4 Средства защиты при работе под наведенным напряжением

4.3.28 При работе на ВЛ под наведенным напряжением необходимо применение следующих средств защиты:

а) диэлектрические боты (рис. 3.17):

- работа ближе 8 м от ЗУ или провода ВЛ под наведенным напряжением;
- работа по измерению наведенного напряжения на ВЛ;
- работа с земли машиниста подъемника.

б) диэлектрические перчатки (рис. 3.18, 3.19):

- работа на ВЛ под наведенным напряжением;
- работа по установке и снятию переносного заземления на ВЛ под наведенным напряжением;
- работа с разрывом или соединением провода при работе на ВЛ независимо от величины наведенного напряжения;
- работа по измерению наведенного напряжения на ВЛ;
- работа с земли машиниста подъемника;
- при возможности появления наведенного напряжения свыше 1000 В необходимо дополнительно использовать диэлектрические штанги соответствующего напряжения или применять шунтирующий (электропроводящий) комплект специальной одежды для защиты от наведенного напряжения.



Рисунок 3.17 – Работа в диэлектрических ботах

в) измеритель (индикатор) наведенного напряжения (рис. 3.19):



Рисунок 3.18 – Применение измерителя наведенного напряжения

- при подготовке рабочего места на ВЛ 35 кВ и выше, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока;

- при подготовке рабочего места на ВЛ до 10 кВ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, при заземлении нестационарными заземлителями.

г) шунтирующие (электропроводящие) комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения при производстве работ (рис. 3.19):

- с разрывами провода, в т.ч. разрезанием шлейфов на ВЛ под наведенным напряжением;

- при вероятности появления наведенного напряжения свыше 1000 В;

- на ВЛ под наведенным напряжением, при невозможности обеспечения безопасности работ только применением диэлектрических перчаток, когда существует опасность прикосновения к проводу другими частями тела или применяемым оборудованием;

- на ВЛ под наведенным напряжением по схеме заземления на рабочем месте и отсутствии заземлений в РУ.



Рисунок 3.19 – Использование шунтирующего комплекта специальной одежды

д) изолирующая штанга с дугогасящим устройством (дугогасящая штанга (рис. 3.2)):

- для установки или снятия заземления на рабочем месте при производстве работ на ВЛ под наведенным напряжением по схеме: работы без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте;

- для установки или снятия заземления на рабочем месте в случаях, когда невозможно временное заземление в одном из РУ, в т.ч. при строительстве или реконструкции ВЛ (участка ВЛ) неподключенной в РУ ВЛ, где такая возможность отсутствует;

- для установки или снятия заземления на рабочем месте при величине наведенного напряжения свыше 1000 В.

Рекомендуется применять дугогасящие штанги, например, производства ООО «ПП Промтехресурсы г. Уфа, ООО «Электроприбор» г. Краснодар (рис. 3.2) или аналогичные.

Необходимость комплектования дугогасящими штангами структурные подразделения филиалов (ПО) ДЗО, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт ВЛ под наведенным напряжением, определяется техническим руководителем филиала (ПО) ДЗО на основании потребности структурных подразделений в зависимости от местных условий и схемы работы на ВЛ под наведенным напряжением. При этом рекомендуется следующие нормы комплектования для соответствующего класса или группы обслуживаемого напряжения ВЛ 6–35 кВ, 110–220 кВ, 330–500 кВ под наведенным напряжением:

- не менее 1 дугогасящей штанги на каждую службу ЛЭП, участок службы ЛЭП, РЭС/РМЭС, участок РЭС/РМЭС филиала ДЗО:

- для подразделений, выполняющих работы на ВЛ под наведенным напряжением, в случаях, когда при строительстве или реконструкции ВЛ (участка ВЛ) неподключенной в РУ ВЛ, где отсутствует возможность заземления ВЛ в РУ;

- не менее 1 дугогасящей штанги на каждую бригаду службы ЛЭП, участок службы ЛЭП, РЭС/РМЭС, участок РЭС/РМЭС филиала ДЗО:

- для подразделений, выполняющих работы на ВЛ под наведенным напряжением по схеме: работы без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте:

- при наличии в обслуживании ВЛ с величиной наведенного напряжения свыше 1000 В.

4.3.29 При проведении работ под наведенным напряжением недопустимо:

- прикосновение к проводу ВЛ при нахождении на опоре без уравнивания потенциала провода и опоры или без применения средств защиты;

- прикосновение к проводу при нахождении в люльке подъемника без уравнивания потенциала провода и люльки или без применения средств защиты;

- прикосновение одновременно к двум токопроводящим элементам, подключенным к разным ЗУ без уравнивания потенциалов или без применения средств защиты;

- прикосновение и приближение одновременно к двум концам разорванного провода без уравнивания потенциалов разорванных концов провода и земли (площадки) или без применения средств защиты;

- прикосновение и приближение к заземляющему спуску ПЗ при нахождении человека на земле без средств защиты;

- прикосновение и приближение к оборванному или спущенному до земли проводу при нахождении человека на земле без средств защиты;

- прикосновение и приближение к опоре при подключенном к ней переносном заземлении ВЛ при нахождении человека на земле без средств защиты;

- прикосновение к механизмам или подъемным сооружениям при подключенном к ним проводу ВЛ при нахождении человека на земле без средств защиты;

- прикосновение к незаземленным токоведущим частям в РУ электроустановок без уравнивания потенциалов токоведущих частей и ЗУ или без применения средств защиты;
- прикосновение без средств защиты к оборудованию РУ, на которое заземлены ВЛ, если это оборудование имеет дефекты ЗУ;
- несогласованные действия при работе нескольких бригад, когда действия одной бригады (отключение заземлений, разрыв провода) приводят к росту наведенного напряжения на рабочих местах других бригад.

3.5 Вопросы для самоподготовки и тестирования

1. Какими методами могут производиться работы на ВЛ под наведенным напряжением?
2. Какие мероприятия необходимо производить при работе с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием технологии уравнивания потенциалов?
3. Какое количество бригад допускается к работе на ВЛ по методу, изложенному в вопросе № 2?
4. По каким схемам обеспечивается безопасность персонала при выполнении работ по технологии «без снятия напряжения»?
5. Какими методами при работах по технологии «без снятия напряжения» реализуется схема «Провод под напряжением – изоляция – человек – земля»?
6. При каких условиях по технологии работ «без снятия напряжения» допускается работа по схеме «Провод под напряжением – человек – изоляция – земля»?
7. На основании каких документов должны выполняться конкретные виды работ с использованием технологии «без снятия напряжения»?
8. При выполнении каких мероприятий должны производиться работы без заземления ВЛ в РУ, но при заземлении ВЛ только на рабочем месте?
9. В каких случаях и как применяются штанги с дугогасящим устройством?
10. Как выполняется установка (снятие) защитного заземления при отсутствии штанги с дугогасящим устройством?
11. В каких случаях выполняются работы по технологиям без снятия напряжения и без заземления ВЛ в РУ?
12. Что необходимо выполнить для проверки возможности безопасного производства работ, правильности и качества установленных заземлений, отсутствия разрыва провода по трассе ВЛ?
13. В каких случаях производятся измерения наведенного напряжения?

14. В какой графе наряда-допуска указывается необходимость измерения наведенного напряжения?

15. В какой последовательности проводятся измерения наведенного напряжения?

16. Как должны выполняться работы с земли на ВЛ под наведенным напряжением, связанные с прикосновением к проводу (тросу), опущенному с опоры вплоть до земли?

17. При каком условии допускается выполнять работы с земли без применения электрозащитных средств и металлической площадки?

18. В каких местах должен быть заземлен провод ВЛ при монтажных работах (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) на ВЛ под наведенным напряжением или строящихся ВЛ в створе действующих ВЛ?

19. Что выполняется с заземлением провода (грозотроса) при окончании и возобновлении монтажных работ на промежуточной опоре, связанных с прикосновением к проводу (грозотросу)?

20. Что необходимо выполнить со стальными тяговыми канатами при монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением?

21. В каком направлении следует проводить перекладку проводов из раскаточных роликов в поддерживающие зажимы на ВЛ под наведенным напряжением?

22. Что необходимо выполнить с заземлением проводов на анкерных опорах при проведении перекладки проводов из раскаточных роликов в поддерживающие зажимы на ВЛ под наведенным напряжением?

23. В каком случае и когда можно снимать заземление с перекладываемых проводов (троса) в поддерживающие зажимы на ВЛ под наведенным напряжением?

24. Как следует рассматривать смежный анкерный пролет во время перекладки проводов в зажимы, в котором перекладка уже закончена?

25. В каком случае на смежном анкерном пролете разрешается выполнять работы, связанные с прикосновением к проводам, при проведении перекладки проводов из раскаточных роликов в поддерживающие зажимы на ВЛ под наведенным напряжением?

26. Что и как должно быть выполнено при работе на ВЛ под наведенным напряжением, выполняемой с телескопической вышки (подъемника)?

27. Что запрещается делать после соединения рабочей площадки телескопической вышки с проводом?

28. Что запрещается использовать в качестве бесконечного каната?

29. Какие средства защиты должен надеть машинист (водитель), управляющий подъемником с земли?

30. Без каких средств запрещается работа с земли на ВЛ под наведенным напряжением?

31. Что необходимо выполнить на ВЛ и ВЛС перед соединением или разрывом электрически связанных участков (проводов, тросов)?

32. Каким путем перед соединением или разрывом электрически связанных участков ВЛ, ВЛС осуществляется уравнивание потенциалов?

33. Какие элементы при работе с автоподъемником должны быть подключены на один заземлитель для уравнивания потенциалов?

34. На каких опорах и в каких случаях выравнивание (уравнивание) потенциалов выполняется отдельным проводником?

35. На каком расстоянии от заземляющего устройства или провода линии под наведенным напряжением должна выполняться работа с применением средств защиты от напряжения шага?

36. В какой последовательности выполняется работа на автоподъемнике если отсутствует возможность подключения заземлений к выпуску в нижней части опоры?

37. Что не допускается делать при работе на ВЛ под наведенным напряжением?

38. Что представляет опасность и наибольшую опасность в РУ высокого напряжения?

39. Выполнение каких всех условий необходимо для защиты от наведенного напряжения при работе на присоединениях ВЛ в РУ?

40. Выполнение какого одного из условий достаточно при производстве работ на незаземленной ошиновке РУ, не имеющей гальванической связи с ВЛ под наведенным напряжением?

41. В каких случаях недопустима одновременная работа на ВЛ более одной бригады?

42. Применение каких средств защиты и в каких случаях необходимо при работе на ВЛ под наведенным напряжением?

43. Какие нормы комплектования дугогасящими штангами рекомендуется для соответствующих классов или групп ВЛ под наведенным напряжением?

44. Что недопустимо при проведении работ под наведенным напряжением?

4 ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ВЛ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

4.1. Причины и результаты пересмотра правил по охране труда

В связи с усложнением и увеличением объемов проводимых работ, необходимостью учета множества факторов, влияющих на обеспечение безопасности работ, их технической и организационной сложностью, повышенными требованиями к подготовке кадров, содержание нормативных документов за последние три десятка лет не один раз подвергалось пересмотру и изменениям. Пересмотр нормативных документов, корректировка формулировок, положений и требований связаны были также с неоднозначностью толкования представителями различных служб, задействованных в процессе подготовки работ. Некоторые указания этих документов оказывались избыточными, а другие, наоборот, недостаточными для обеспечения безопасности работ [30].

Изложенные выше причины и стремление к использованию результатов современных теоретических и экспериментальных исследований и новых методик производства работ на их базе, приводит к естественному усложнению и увеличению объемов нормативных документов. Некоторые позиции, считающиеся уже «всеми известными ранее», исключаются из новых редакций, что делает их более сложными для восприятия и освоения. Во-первых, теряется логика преемственности и развития новых редакций, во-вторых, например, из ПОТ-2003 [19] и его последней редакции [20] исключен раздел «термины и определения», а определения, перешедшие в основные разделы, стали неявными и размытыми, и если не знать старых определений, новые понять будет крайне затруднительно. Это видно даже на самом простом примере сравнения «старых» и «новых» определений.

1. *Работы под наведенным напряжением* – это работы, выполняемые со снятием рабочего напряжения с электроустановки или ее части с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под наведенным напряжением более 25 В на рабочем месте или на расстоянии от этих токоведущих частей менее допустимого [22].

2. *ВЛ под наведенным напряжением* – отключенные воздушные линии, воздушные линии связи (ВЛС), линии, состоящие из участков в воздушном и кабельном исполнении, соединенных между собой (КВЛ), которые проходят по всей длине линии или на

отдельных участках вблизи ВЛ напряжением 6 кВ и выше или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, находящихся под рабочим напряжением, на проводах (тросах) которых при различных схемах их заземления (а также при отсутствии заземлений) при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ наводится напряжение более 25 В, а также все ВЛ, сооруженные на двухцепных (многоцепных) опорах при включенной хотя бы одной цепи напряжением 6 кВ и выше [23].)

В нормативных документах тридцатилетней давности [22], вопросам регламента работы под наведенным напряжением было посвящено всего несколько пунктов, которые учитывали несколько условий и были понятными без дополнительных разъяснений. Современная редакция [20] содержит, по крайней мере, более двадцати последовательных пунктов (38.43–38.64), не считая дополнительных (2,5, 4.4, 38.21–38.32 и др.), связанных с ними.

Подобная ситуация привела к тому, что появились специальные публикации, рассматривающие подробно (постатейно) происходящую эволюцию в нормативных документах [2, 8, 21]. Для облегчения изучения основных нормативных документов, разрабатываемых на основе ПОТ, в приложении 2 учебного пособия приведены сравнительные таблицы основных вносимых изменений.

4.2 Этапы изменений правил по охране труда

Взамен Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок [22] и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей [23] с 1 июля 2001 г. были введены Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001) [19].

В 2003 г. ПОТ РМ-016-2001 подверглись первым изменениям и дополнениям, утвержденных Министерством труда и социального развития Российской Федерации и Министерством энергетики Российской Федерации. Текст первой редакции ПОТ РМ-016-2001, касающийся работ на ВЛ под наведенным напряжением, взят в учебном пособии за сравнительную основу и приведен в Приложении 2.

Учитывая, что действующие ПОТ РМ-016-2001 не были зарегистрированы Минюстом России, возникла ситуация с их отменой как не имеющих юридической силы. Для регистрации Правил по требованию Минюста России требовалось, в частности, внесение изменений в редакционной части: встраивания

терминологии и текстовых сокращений, введения сквозной нумерации.

При разработке новой редакции Правил был использован многолетний опыт правоприменения ПОТ РМ-016-2001, были рассмотрены порядка двухсот предложений по внесению изменений и дополнений, была проанализирована динамика электротравматизма, их причины, рассматривались требования Правил как с точки зрения обеспечения безопасности, так и влияния на производительность труда. С учетом развития науки и техники в новой редакции Правил были введены и изменены ряд норм, регулирующих выполнение работ в электроустановках с применением современных технологий [8]. «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТ 2014) вступили в силу в начале 2014 г.

Подробные разъяснения и комментарии по версиям редакций ПОТ приведены в:

- учебно-методических материалах Ю.Н. Балакова «Новые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» [2];
- информационно-аналитической справке для работодателей электроэнергетики «Разъяснения новых подходов по обеспечению безопасности персонала, повышению производительности труда при эксплуатации электроустановок» [8];
- учебно-методических материалах «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (в помощь изучающим)» [21].

Однако через два года и эта редакция Правил подверглась изменениям и дополнениям. Новая версия Правил (ПОТ 2016) [20] начала действовать в 2016 г., актуализация (действенность) Правил подтверждена 01.01.2018 г.

Изменения в ПОТ 2016 учтены при разработке директивных указаний по повышению надежности и безопасности эксплуатации электроустановок в электросетевом комплексе ПАО «Россети». Часть II «Эксплуатация оборудования электроустановок распределительных устройств 6 кВ и выше и ВЛ 35 кВ и выше» [26] и рассмотрены в 1–3 главах учебного пособия.

Постатейное сравнение редакций ПОТ приведено в Приложении 2 и 3.

4.3 Вопросы для самоподготовки и тестирования

1. Какие факторы, влияющие на обеспечение безопасности работ на ЛЭП под наведенным напряжением, привели к пересмотру содержания нормативных документов?
2. С чем связан пересмотр нормативных документов, коррек-

тировка формулировок, положений и требований?

3. Какие факторы приводят к естественному усложнению и увеличению объемов нормативных документов?

4. Какие причины новых редакций нормативных документов делают их более сложными для восприятия и освоения?

5. Какова необходимость в специальных публикациях, рассматривающих подробно (постатейно) происходящую эволюцию в нормативных документах?

6. Каковы этапы изменений, пересмотра и принятия новых редакций правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок?

7. В чем причины разработки и принятия новой (2003 г.) редакции ПОТ РМ-016-2001?

8. Какие основные изменения в части работ на ВЛ под наведенным напряжением внесены в редакцию ПОТ РМ-016-2001, принятых в 2003 г.?

9. Какие основные изменения в ПОТ в части работ на ВЛ под наведенным напряжением внесены в редакцию Правил, которые вступили в силу в начале 2014 г.?

10. Что стало причиной изменений и дополнений в части работ на ВЛ под наведенным напряжением для новой редакции ПОТ, которая начала действовать в 2016 г.?

11. С выполнением каких мероприятий должны производиться работы на линии без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте?

12. Какое количество бригад может допускаться к работе на одной ВЛ (на одном электрически связанном участке) без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте?

13. Какие требования предъявляются к заземлению на месте работы бригады (только в одном месте) без заземления ВЛ в РУ?

14. Каков порядок снятия переносных заземлений по окончании работ на линии без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте?

15. В каком месте допускается работа на линии без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте?

16. Каково назначение штанги с дугогасящим устройством?

17. Как может производиться установка (снятие) защитного заземления на рабочем месте при отсутствии штанги с дугогасящим устройством?

18. Каковы требования к сечению гибкого проводника заземления?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение технических работ на воздушных линиях электропередачи, которые находятся рядом с другими работающими ВЛ, требует особых подходов в организации работ, направленных на минимизацию опасного воздействия наведенного напряжения. В первую очередь это относится к ВЛ, в которых заземление не позволяет на отключенных проводах или электрооборудовании линии снизить значение наведенного потенциала ниже 25 В. Прикосновение даже к заземленному по всем правилам проводу ВЛ, подверженному наведению напряжения от соседних линий, может привести к поражению персонала электрическим током. При этом многочисленные случаи воздействия и поражения персонала показывают, что чаще всего подобные ситуации возникают с работниками, игнорирующими и непонимающими истинной природы наведенного напряжения, механизма его возникновения и опасности проявления.

Теория электромагнитных воздействий, вызванных влиянием действующих ВЛ на отключенные ЛЭП, совершенствуется уже не одно десятилетие. Проблемы исследования электромагнитной обстановки и защитных мер продолжают оставаться актуальными. Практические рекомендации и правила охраны труда также находятся в постоянном поиске методов эффективной защиты и обеспечения безопасных условий работы.

Технические работы, выполняемые на ВЛ, осуществляются в соответствии с нормативными (руководящими) документами, к которым относятся ГОСТы, стандарты объединений, организаций и ведомств, правила, инструкции, методические указания. В части выполняемых работ на воздушных ЛЭП, находящихся под наведенным напряжением, также имеется, разрабатывается и совершенствуется ряд необходимых регламентирующих документов.

Совершенствование и детализация описания отдельных операций приводит к усложнению нормативных документов. В связи со сложностью теоретических и практических аспектов рассматриваемого материала в учебном пособии использованы методы, повышающие эффективность освоения сложного нормативного материала за счет визуализации смысла текста, использования необходимых пояснений, примеров, схем, иллюстраций, таблиц и приложений.

Для организации безопасного выполнения проводимых действий рассмотрены составляющие наведенного напряжения, закономерности их появления и влияющие факторы, возможные способы уменьшения опасных воздействий. Знание максимально-

го значения наведенного напряжения, полученного в результате расчетов и измерений, позволяет осуществить выбор необходимых мер безопасности при производстве работ на ВЛ.

Требования к выполнению работ на воздушных ЛЭП, находящихся под наведенным напряжением, рассмотрены при анализе основных нормативных документов: правил устройства электроустановок; правил по охране труда при эксплуатации электроустановок; стандарта организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.018-2009; сборника директивных указаний 2016 (СДУ ч. 2) «Эксплуатация оборудования электроустановок распределительных устройств 6 кВ и выше и ВЛ 35 кВ и выше» [26]. В части работ под наведенным напряжением использован нормативный материал 4 главы 2 части СДУ 2016, который взят за основу рассмотрения в учебном пособии.

Появление наведенного напряжения возможно на отключенных ВЛ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока. Практика показывает, что наведенное напряжение, в зависимости от режима работы сети и схемы заземления, может меняться в довольно широких пределах от нескольких вольт до нескольких киловольт. При аварийных режимах на влияющих ВЛ наведенное напряжение увеличивается в несколько раз.

Наведенное напряжение складывается из двух составляющих: электростатической (емкостной – поперечной) и электромагнитной (индуктивной – продольной). Составляющие вызваны различными причинами возникновения, требуют специальных способов измерения и путей снижения их уровня.

Существует и третья кондуктивная составляющая, в результате которой также возможно возникновение напряжения на отключенной ВЛ. Из-за малой вероятности появления третьей составляющей (хотя она может оказаться наиболее опасной из-за недопустимо больших напряжений прикосновения к заземленным проводам, опорам и механизмам) кондуктивная составляющая в нормативных документах не рассматриваются.

Электростатическая составляющая как потенциал незаземленных проводов и грозозащитных тросов отключенной ВЛ обусловлена наличием емкостных связей проводов ЛЭП и зависит от значения напряжения на влияющей линии. Электростатическая составляющая может достигать нескольких киловольт, но снизить ее до безопасной величины достаточно просто путем заземления проводов ВЛ в одном месте.

Электромагнитная составляющая достигает меньших значений, чем электростатическая, но снизить ее значительно сложнее, а в некоторых случаях невозможно, поскольку электромагнитное влияние проявляется как на разземленной, так и на заземленной отключенной ВЛ. Электромагнитная составляющая обнаруживается при условии создания активного контура поточосцепления между магнитным полем влияющей ВЛ и проводом ВЛ, отключаемой для ремонта.

Регистрация наведенного напряжения в отключенной ВЛ, находящейся в зоне электромагнитного влияния других ВЛ, показывает наличие высших гармоник, сравнимых по величине с основной гармоникой 50 Гц. Наибольшего значения наведенное напряжение в отключенной ЛЭП достигает при заземлении линии с одной стороны и в незаземленной ЛЭП; для линии, заземленной с двух сторон, уровень напряжения и высших гармоник наведенного напряжения ниже.

Для снижения наведенного напряжения могут применяться следующие методы: вывод в ремонт влияющих ВЛ; исключение зоны влияния; ограничение зоны влияния; ограничение тока нагрузки влияющих ВЛ; использование стационарных заземляющих устройств и выбора схемы заземления ВЛ в распределительном устройстве.

Наведенное напряжение определяется путем измерения потенциала провода относительно точки нулевого потенциала – потенциала земли, не искаженного влиянием заземляющих устройств опор других ВЛ или же наличием протяженных заземлителей. Работа по измерению наведенного напряжения выполняется по наряду-допуску на выведенной в ремонт (отключенной) и заземленной в РУ и на рабочем месте ВЛ. Непосредственно измерение выполняется после отключения заземления, установленного на рабочем месте. В графе «отдельные указания» наряда-допуска должна быть внесена запись, разрешающая отключение заземления на время измерений. Измерения следует производить на ВЛ в местах, где можно ожидать наибольшие значения наведенных напряжений: в начале и в конце ВЛ на первых опорах, установленных вне РУ; в точках изменения взаимного расположения ВЛ; в точках разделения двухцепных ВЛ на одноцепные; в местах транспозиций ВЛ.

В зависимости от габаритов и конструктивного исполнения ВЛ подобные измерения допускается выполнять с подъемом на высоту, либо непосредственно с поверхности земли. Используемые измерительные приборы должны быть включены в реестр средств измерений и пройти метрологическую поверку.

При измерении наведенного напряжения важно обеспечить соблюдение безопасных расстояний до токоведущих частей, находящихся под наведенным напряжением, а также не допускать касания проводящих частей (заземляющего провода) измерителя. Если не исключена опасность прикосновения к проводу частями тела или применяемым оборудованием, необходимо применять шунтирующие (электропроводящие) комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения. Все электропроводящие элементы комплекта специальной одежды металлически соединяются друг с другом в единую электрическую схему.

По окончании измерений рассчитывается значение наведенного напряжения при наибольшем рабочем токе влияющей линии. За наибольший рабочий ток принимается максимальное значение пропускной способности ВЛ. На основе произведенных измерений, пересчитанных на максимальный ток, должен быть составлен перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением. В перечне указывается наименование отключенной ВЛ, наименование влияющих ВЛ, схема отключения и заземления, при которой проводились измерения и значение наведенного напряжения при используемой схеме.

Включение значения наведенного напряжения в перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, полученных исключительно расчетным путем (без измерения наведенного напряжения в установленном порядке), не разрешается. Допускается проведение предварительного (оценочного) расчета значения наведенного напряжения в следующих целях: предварительной оценки необходимости проведения измерений; анализа и выбора наиболее безопасных схем заземлений ВЛ; определения опасности наведенного напряжения на строящейся ВЛ; в случае если в нормальном режиме невозможно создать нагрузку на влияющей ВЛ. Методика расчета определяется в зависимости от условий и целей расчета и утверждается в установленном порядке.

Работы на ВЛ под наведенным напряжением могут производиться одним из следующих методов: с заземлением ВЛ в РУ и на рабочем месте с использованием технологии уравнивания потенциалов – электрическом соединении проводящих частей для достижения равенства их потенциалов; с заземлением ВЛ в РУ и на рабочем месте с использованием технологии «без снятия напряжения», которые относятся к специальным работам; без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте.

Для проверки возможности безопасного производства работ, правильности и качества установленных заземлений, отсутствия

разрыва провода по трассе ВЛ необходимо проводить контрольный замер наведенного напряжения при подготовке рабочего места измерителем (индикатором) наведенного напряжения.

При работе на ВЛ под наведенным напряжением не допускается: приближаться и прикасаться к проводам ВЛ до подготовки рабочего места; прикасаться к проводу и заземляющему устройству при установке заземлений; приближаться и прикасаться к проводам ВЛ, заземляющим спускам, заземляющим устройствам, механизмам, присоединенным к ВЛ, без применения средств защиты; применять схемы заземления, при которых может быть вынос потенциала с участка действующей ВЛ или с ВЛ под наведенным напряжением; подключать переносное заземление к электроду, установленному в грунт с высоким удельным сопротивлением. При установке заземлений за секционирующими аппаратами необходимо использовать стационарные заземляющие устройства, обеспечивающие сопротивление не более 10 Ом в период просыхания и промерзания грунта; подключать переносное заземление к заземляющему устройству без очистки места подключения от краски и ржавчины; устанавливать переносное заземление в местах, где может быть нарушен его контакт с проводом ВЛ при выполнении работ; устанавливать переносное заземление за разрывом провода или за отключенным коммутационным аппаратом.

Наведенное напряжение на электрооборудовании распределительного устройства представляет опасность при прикосновении к протяженной ошиновке в РУ высокого напряжения или прикосновению к ВЛ под наведенным напряжением (наибольшую опасность представляет прикосновение к токоведущим частям ВЛ). Для защиты от наведенного напряжения при работе на присоединениях ВЛ в РУ необходимо выполнение всех следующих условий: проверить включение заземляющих ножей, надежность и качество установки переносного заземления. Переносные заземления должны быть установлены в местах, исключающих их падение или ухудшение контактных соединений при выполнении работ; заземляющие спуски ПЗ должны быть подключены к заземляющему устройству РУ; работу необходимо выполнять с использованием диэлектрических перчаток или изолирующих штанг, рассчитанных на величину наведенного напряжения; должны применяться шунтирующие (электропроводящие) комплекты специальной одежды для защиты от наведенного напряжения.

При работе на ВЛ под наведенным напряжением недопустимо: прикосновение к проводу ВЛ при нахождении на опоре без уравнивания потенциала провода и опоры или без применения средств защиты; прикосновение к проводу при нахождении в люльке подъемника без уравнивания потенциала провода и люльки или без применения средств защиты; прикосновение одновременно к двум токопроводящим элементам, подключенным к разным ЗУ без уравнивания потенциалов или без применения средств защиты; прикосновение и приближение одновременно к двум концам разорванного провода без уравнивания потенциалов разорванных концов провода и земли (площадки) или без применения средств защиты; прикосновение и приближение к заземляющему спуску ПЗ при нахождении человека на земле без средств защиты; прикосновение и приближение к оборванному или спущенному до земли проводу при нахождении человека на земле без средств защиты; прикосновение и приближение к опоре при подключенном к ней переносном заземлении ВЛ при нахождении человека на земле без средств защиты; прикосновение к механизмам или подъемным сооружениям при подключенном к ним проводе ВЛ при нахождении человека на земле без средств защиты; прикосновение к незаземленным токоведущим частям в РУ электроустановок без уравнивания потенциалов токоведущих частей и ЗУ или без применения средств защиты; прикосновение без средств защиты к оборудованию РУ, на которое заземлены ВЛ, если это оборудование имеет дефекты ЗУ; несогласованные действия при работе нескольких бригад, когда действия одной бригады (отключение заземлений, разрыв провода) приводят к росту наведенного напряжения на рабочих местах других бригад.

В связи с усложнением и увеличением объемов проводимых работ, необходимостью учета множества факторов, влияющих на обеспечение безопасности работ, их технической и организационной сложностью, повышенными требованиями к подготовке кадров, содержание нормативных за последние три десятка лет не один раз подвергалось пересмотру и изменениям. Изложенные выше причины и стремление к использованию результатов современных теоретических и экспериментальных исследований и новых методик производства работ на их базе, приводят к пересмотру нормативных документов. Изменения в ПОТ 2016 учтены при разработке директивных указаний по повышению надежности и безопасности эксплуатации электроустановок в электросетевом комплексе ПАО «Россети».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров Г.Н. Режимы работы воздушных линий электропередачи: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Центра подготовки кадров энергетики. 2006.
2. Балаков Ю.Н. Новые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. М.: МИЭЭ, 2014.
3. Висящев А.Н. Приборы и методы определения места повреждения на линиях электропередачи: учеб. пособие. Иркутск.: Иркутский ГТУ. 2000.
4. Глушко В.И., Ямный О.Е., Ковалев Э.П., Науменок Н.А. Расчет наведенного напряжения на линиях электропередачи и обеспечение безопасности работ на этих линиях // Электричество. 1997. № 8. С. 13–18.
5. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Переизд. с изм. Система стандартов безопасности труда. М.: Изд-во стандартов. 1996.
6. Данилин А.Н. Способы снижения уровня наведенного напряжения на ремонтируемой двухцепной линии электропередачи // А.Н. Данилин, Б.В. Ефимов, А.Н. Кизенков, В.Н. Селиванов, М.В. Якубович. Труды Кольского научного центра РАН. 2012. № 3 (12). С. 57–67.
7. Индивидуальный защитный комплект Эп-4(0). Электронное издание. Режим доступа: <https://lotos911.tiu.ru/p7195763-individualnyj-zaschitnyj-komplekt.html>.
8. Информационно-аналитическая справка для работодателей электроэнергетики. Разъяснения новых подходов по обеспечению безопасности персонала, повышению производительности труда при эксплуатации электроустановок. М.: Объединение РаЭл. 2014.
9. Карасев А.С. Организация работ под наведенным напряжением. Презентация. 2016. Электронное издание. Режим доступа: <https://ppt-online.org/46320>.
10. Комплект для измерения наведенного напряжения. Руководство по эксплуатации. Краснодар: ООО «ЭЛЕКТРОПРИБОР». Электронное издание. Режим доступа: <http://elecsafe.ru/userfiles/file/138/KNN.pdf>.
11. Костенко М.В., Перельман А.С., Шкарин Ю.П. Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях высокого напряжения. М.: Энергия, 1973.
12. Крюков А.В., Закарюкин В.П., Кобычев Д.С. Математические модели для определения взаимных электромагнитных влия-

ний в системах тягового электроснабжения. Иркутск: ИрГУПС. 2010.

13. Методические указания по измерению наведенных напряжений на отключенных ВЛ, проходящих вблизи действующих ВЛ напряжением 35 кВ и выше и контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока. М.: ОРГРЭС. 1993.

13. Михайлов М.И., Разумов Л.Д., Соколов С.А. Электромагнитные влияния на сооружения связи. М.: Связь. 1979.

15. Муссонов Г.П., Снопкова Н.Ю. Результаты исследования наведенных напряжений на воздушных линиях электропередачи Иркутской области // Вестник ИрГТУ. 2013. №11 (82). С. 293–300.

16. Мюльбаер А.А. Особенности расчета наведенного напряжения на отключенной цепи двухцепной воздушной линии электропередачи // Научный вестник НГТУ. 2016. Том 64, № 3. С. 146–160.

17. Папков Б.В., Мирзаабдуллаев А.О. О методике определения максимального значения наведенного напряжения на воздушных линиях электропередачи // Повышение эффективности работы энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. 6 / Под ред. В.А. Шуина, М.Ш. Мисриханова, А.В. Мошкарина. М.: Энергоатомиздат. 2003. С. 315–324.

18. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». М.: ПАО «Россети». 2017.

19. ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями от 18 февраля 2003 г.). М.: Минэнерго России и РАО «ЕЭС России», 2003.

20. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (редакция от 19.02.2016 г.). М.: Минтруда России. 2016.

21. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (в помощь изучающим). Учебно-методические материалы. Красноярск: Департамент энергетики ИСД ОК РУСАЛ. 2014.

22. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат. 1989.

23. Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Госэнергонадзор. 1994.

24. Правила устройства электроустановок ПУЭ. Седьмое издание. М.: Изд-во НЦ ЭНАС. 2003.

25. Профессиональный стандарт. Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. 2015.

26. Сборник директивных указаний по повышению надежности и безопасности эксплуатации электроустановок в электросетевом комплексе ПАО «Россети». Часть II «Эксплуатация оборудования электроустановок распределительных устройств 6 кВ и выше и ВЛ 35 кВ и выше». М.: ПАО «Россети». 2017.

27. Селиванов В.Н. Исследование частотных характеристик взаимного влияния воздушных линий электропередачи / В.Н. Селиванов, А.Н. Данилин, О.В. Залесова, В.В. Колобов // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 4. С. 744–752.

28. СТО 56947007 – 29.240.55.018-2009. Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ. М.: ОАО «ФСК ЕЭС». 2009.

29. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. М.: Министерство образования и науки Российской Федерации. 2018.

30. Целебровский Ю.В. О нормах безопасности при проведении работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением // Линии электропередачи – 2008: проектирование, строительство, опыт эксплуатации и научно-технический прогресс: Сборник докладов Третьей российской научно-практической конференции с международным участием / Под ред. Лаврова Ю.А. Новосибирск. 2008. С. 134–141.

31. Шарандин А.А. Наведенное напряжение и защита от него. М.: НТФ «Энергопрогресс». 2016.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Комплект для измерения наведенного напряжения КНН-110 (рис. 2.4) [10] предназначен для измерения среднеквадратичного значения переменного напряжения промышленной частоты 50 Гц, возникающего на отключенных частях электроустановок относительно земли (наведенного напряжения) для обеспечения безопасности персонала при проведении работ на ВЛ.

Комплект включает в свой состав измеритель наведенного напряжения ИНН-15 и изолирующую штангу в соответствии с классом напряжением электрооборудования (табл. П1.1).

Таблица П1.1 – Технические характеристики комплекта для измерения наведенного напряжения КНН-10

Параметр	КНН-10*	КНН-15	КНН-35	КНН-110	КНН-220	КНН-330	КНН-500
Диапазон измерения среднеквадратичного значения переменного напряжения промышленной частоты 50Гц	от 0,05 В до 15 кВ						
Габаритные размеры ИНН-15, мм	не более 680×160×95						
Длина рукоятки (⁺⁵⁰), мм	1500	300	400	600	800	800	1000
Длина изолирующей части (⁺⁵⁰), мм	1100	700	1100	1400	2500	3000	4000
Длина рабочей части (с ИНН-15) (⁺⁵⁰), мм	5000	600	600	600	600	600	6000
Длина штанги для установки струбцины (⁺⁵⁰), мм	–	1000	1000	2000	2000	2000	2000
Длина соединительного провода (⁺⁵⁰), мм	6000	6000	6000	6000	10000	10000	15000
Максимальные размеры в потребительской таре, мм не более	1750×240×240						
Масса комплекта в потребительской таре, кг не более	10	7	8	10	11	12	13

* (для работы с земли)

Измеритель наведенного напряжения ИНН-15 предназначен для измерений среднеквадратических значений напряжения переменного тока номинальной частотой 50 Гц, возникающего на отключенных частях электроустановок относительно земли (наведенного напряжения).

Принцип действия измерителей основан на масштабном преобразовании высокого входного напряжения между контактом-наконечником и контактом «Земля» измерителя в заданное число раз с помощью резистивного высоковольтного делителя напряжения с последующим измерением выходного напряжения с помощью аналогового цифрового преобразователя. Делитель образован резисторами, находящимися в блоке индикации и в высоковольтном щупе, и имеет два коэффициента деления, соответствующих режиму измерения «до 500 В» и до «15 кВ».

Выбор режима измерения («до 500 В» или «до 15 кВ») осуществляется автоматически микроконтроллером на основании информации о наличии или отсутствия высоковольтного щупа – в щупе имеется магнит, который при установке высоковольтного щупа вызывает замыкание геркона, расположенного в рабочей части.

Изменение формата отображения напряжения на дисплее (диапазона измерений) осуществляется в зависимости от значения напряжения и характеризуется изменением положением десятичной точки на дисплее для получения максимального разрешения.

Индикатор «кВ» включается при напряжении свыше 1000 В.

Измерители состоят из 2-х частей: рабочей части с блоком индикации и высоковольтного щупа. Измерение осуществляется с применением изолирующей штанги, соответствующей требованиям ГОСТ 20494-2001, и длина которой выбирается пользователем в зависимости от класса напряжения ВЛ, на которой планируется измерение наведенного напряжения, и обеспечивает безопасность персонала при проведении работ на ВЛ.

Указатели высокого напряжения универсальные УВНБУ со светозвуковой индикацией (табл. П1.2, рис. П1.2) предназначены для определения наличия (отсутствия) напряжения на токоведущих частях электрических сетей переменного тока контактными и бесконтактными способом. Обладают функцией полного тестирования схемы, которая осуществляется нажатием кнопки. Дополнительная функция автоматического контроля путем периодической подачи специальных контрольных сигналов. Функция индикации разряда источника питания.

Таблица П1.2 – Технические характеристики указателей высокого напряжения

Тип указателя	УВНБУ 6–35	УВНБУ 35–110	УВНБУ 110–220
Диапазон рабочего напряжения, кВ	6–35	35–110	110–220
Длина изолирующей части, мм	520	1400	2500
Длина рукоятки, мм	120	800	800

В указателе напряжения отсутствуют коммутационные элементы, предназначенные для включения питания (например, при установке рабочей части на штангу).



Рисунок П1.2 – Указатель высокого напряжения универсальный: 1 – функция полного принудительного тестирования схемы и автоматический самоконтроль в процессе работы; 2 – светодиоды повышенной яркости; 3 – светозвуковая индикация наличия напряжения; 4 – специально спроектированная акустическая камера в корпусе указателя увеличивает громкость звука; 5 – резиновая бленда защищает корпус от ударов и повреждений; 6 – контактный и бесконтактный режимы

Гравитационный фазный зажим (ФЗ-8) устанавливается путем подвешивания на воздушную линию и закрепляется затвором, который удерживается весом штанги и провода (рис. П1.3). Позволяет избежать скатывания штанги в сторону провиса провода. Конструкция фазных зажимов данного типа защищена патентом. Сечение заземляющего спуска: 16–70 мм².



Рисунок П1.3 – Гравитационный фазный зажим

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРАВИЛ ПО ОХРАНЕ ТРУДА
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

* В редакции Правил от 24.07.2013 г. ~~зачеркнутый текст, выделенный красным цветом~~, существовал до принятия новых поправок в 2016 г.

** Текст, выделенный серым фоном, внесен в новую редакцию Правил от 19.10.2016 г.

<p>Редакция от 19.02.2001 г., с изменениями 19.10.2003 г.</p> <p>Термины, применяемые в межотраслевых правилах по охране труда (правилах безопасности) при эксплуатации электроустановок, и их определения</p> <p>Воздушная линия под ВЛ и ВЛС, которые проходят по всей длине или навешенным напряжением на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока и на отключенных проводах которых при</p>	<p>* Редакция от 24.07.2013 г.</p> <p>4.4. Капитальный ремонт электрооборудования напряжением выше 1000 В, работа на токоведущих частях без снятия напряжения в электроустановках напряжением выше 1000 В, а также ремонт ВЛ независимо от напряжения; должны выполняться по технологическим картам или проекту производства работ (далее - ППР), утвержденным руководителем организации.</p> <p>Работы на линиях под навешенным напряжением (отключенных ВЛ, воздушных линий связи (далее - ВЛС), на линиях для передачи электроэнергии, состоящих из участков в воздушном и кабельном исполнении, соединенных между собой (далее - ВЛ), которые проходят по</p>	<p>** Редакция с изменениями от 19.10.2016 г.</p> <p>4.4. Капитальный ремонт электрооборудования напряжением выше 1000 В, работа на токоведущих частях без снятия напряжения в электроустановках напряжением выше 1000 В, а также ремонт ВЛ независимо от напряжения должны выполняться по технологическим картам или проекту производства работ (далее - ППР), утвержденным руководителем организации (обособленного подразделения).</p> <p>Работы на линиях под навешенным напряжением (ВЛ, КВЛ, ВЛС, воздушные участки КВЛ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги</p>
---	---	---

<p>при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ наводятся напряжения более 25 В.</p>	<p>участках вблизи ВЛ напряжением 6 кВ и выше или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, находящаяся под рабочим напряжением, на проводах (тросах) которых при различных схемах их заземлений также при отсутствии заземлений при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ наводит напряжение более 25 В, а также всех ВЛ, оборудованных на двухцепных (многоручьевых) опорах при включенной жонка бы одной цепи напряжением 6 кВ и выше (далее ВЛ под наведенным напряжением) выполняются по ПНР на выполняемую работу по наряду допуску.</p>	<p>проводах (тросах) которых при заземлении линии по концам (в РУ) на отдельных ее участках сохраняется напряжение более 25 В при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ (при пересчете на наибольший рабочий ток влияющих ВЛ), выполняются по технологическим картам или ПНР, утвержденным руководителем организации (обособленного подразделения).</p>
<p>4.15.44. В случаях наличия на отключенных ВЛ и ВЛС наведенного напряжения перед соединением или разрывом электрически связанных участков (проводов, тросов) необходимо выровнять потенциалы этих участков. Уравнивание потенциалов осуществляется путем соединения проводником этих участков или установкой заземлений по обе стороны разрыва (предполагаемого разрыва) с присоединением к одному заземлителю (заземляющему устройству).</p>		<p>4.17. На ВЛ и ВЛС перед соединением или разрывом электрически связанных участков (проводов, тросов) необходимо уравнивать потенциалы этих участков. Уравнивание потенциалов участков ВЛ, ВЛС осуществляется путем соединения этих участков проводником или установкой заземлений с обеих сторон разрыва (предполагаемого разрыва) с присоединением к одному заземлителю (заземляющему устройству).</p>

<p>Работы на ВЛ под наведенным напряжением; на одной отключенной цели многоцепной ВЛ</p> <p>4.15.43. Персонал, обслуживающий ВЛ, должен иметь перечень линий, которые после отключения находятся под наведенным напряжением, ознакомлен с этим перечнем, значениями наводимого напряжения. Наличие наведенного напряжения на ВЛ должно быть записано в строке «Отдельные указания» наряда.</p>	<p>Работы на ВЛ под наведенным напряжением; на одной отключенной цели многоцепной ВЛ</p> <p>38.43. Работники, обслуживающие ВЛ, должны иметь и знать перечень линий, находящихся на отключении под наведенным напряжением выше 25 В, в котором должны быть указаны значения наведенного напряжения на отключенных проводах ВЛ, а также на проводах при различных схемах заземления ВЛ стационарными заземлителями (заземляющими разъединителями, заземляющими ножами) в РУ.</p> <p>Значение наведенного напряжения на рабочем месте (участке ВЛ или подстанции) оборудовании (присоединения ВЛ) в зависимости от схемы заземления ВЛ в РУ и наличия электрической связи между заземлением в РУ и рабочим местом должно быть занесено в строке «Отдельные указания» наряда.</p> <p>Измерения (расчеты) значений наведенного напряжения на ВЛ (участках ВЛ) необходимо проводить в местах возможного максимального значения наведенного напряжения (пересечения, сближения, расхождения ВЛ, параллельного следования и пр.);</p>	<p>38.43. Эксплуатирующим организациям необходимо определить линии (участки линий), находящиеся под наведенным напряжением, путем выполнения измерений, с последующим перерасчетом значений на наибольший рабочий ток влияющей ВЛ. Схема и порядок измерений величины наведенного напряжения и ее перерасчета на наибольший рабочий ток влияющей ВЛ определяются эксплуатировающей организацией.</p> <p>Работники, обслуживающие ВЛ, должны иметь в наличии перечень линий, находящихся под наведенным напряжением, знать содержание указанного перечня и требования безопасной организации и выполнения работ на них, указанные в Правилах.</p> <p>Сведения о наличии наведенного напряжения на ВЛ должны быть указаны в строке «Отдельные указания» наряда-допуска. Значение расчетного наведенного напряжения на ВЛ указывается в перечне ВЛ под наведенным напряжением.</p>
---	---	---

<p>4.15.52. Из числа ВЛ под наведенным напряжением организацией необходимо определить измерениями линии, при отключении и заземлении которых по концам (в РУ) на заземленных проводах остается потенциал наведенного напряжения выше 25 В при наибольшем рабочем токе действующей ВЛ.</p>	<p>38.44. Все виды работ на ВЛ (участках линий) под наведенным напряжением более 25 В при заземлении ВЛ в РУ или отключении электрической связи рабочего места в РУ, связанные с прикосновением к проводу (резозащитному тросу), проводящим частям манни, механизмов, тележка должны выполняться по технологическим картам или ППР, предусматривающим отключение и заземление ВЛ во всех РУ и у секционированных коммутационных аппаратов, где отключена линия с заземлением проводов всех фаз (резозащитных тросов) на рабочих местах каждой бригады и выношением одного или нескольких едущих мероприятий для обеспечения безопасного производства работ:</p>	<p>38.44. Все виды работ на ВЛ под наведенным напряжением, связанные с прикосновением к проводу (грозотросу), должны выполняться по технологическим картам или ППР.</p>
	<p>уровнивание и выравнивание потенциалов путем заземления проводов (резозащитных тросов), а также применяемых манни, тележка, принособлений и механизмов, в том числе рабочих плацдармов, подъемников (вышек) на один заземитель; использование электрорезающих средств в зависимости от величины наведенного напряжения (диэлектрические перчатки, штанги,</p>	

	<p>специальные изолирующие устройства и инструмент); применение комплектов для защиты от наведенного напряжения. Установка и снятие заземления на рабочем месте ВЛ под наведенным напряжением осуществляется после ее заземления в РУ стационарными заземляющими ножами, а на электрически не связанных с РУ участках ВЛ (при монтаже, демонтаже провода, работе в анкерном пролете с расоединением анкерных петель и пр.) после установки заземлений со всех сторон зоны работ в местах электрически связанных с рабочими местами и имеющих удаленные от места производства работ для исключения оннибочного или самонреизвольного снятия этих заземлений, ослабления контактов при еединении заземления.</p>	
<p>4.15.53. Если на отключенной ВЛ (цепи), находящейся под наведенным напряжением, не удается снизить это напряжение до 25 В, необходимо работать с заземлением проводов только на одной опоре или на двух смежных. При этом заземлять ВЛ (цепь) в РУ не допускается. Допускается работа бригады только с опор, на которых установлены заземления, или на проводе в пролете</p>	<p>38.45: При невозможности обеспечить безопасное производство работ на ВЛ, находящейся под наведенным напряжением, в соответствии с требованиями пункта 38.44 Правила разрешается произвести работы с выполнением следующих мероприятий: ВЛ (участок) заземляется только в одном месте (на месте работы бригады) или на двух смежных опорах.</p>	<p>38.45. Работы на ВЛ под наведенным напряжением могут производиться одним из следующих методов: с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием для обеспечения безопасного производства работ технологий уравнивания потенциалов или технологий работ «без снятия напряжения»;</p>

<p>между ними.</p>	<p>При снятии переносных заземлений по окончании работ сначала необходимо отсоединить струбцины аземления от провода (грозотроса) ВЛ, а затем от заземлителя. Допускается работа только с опоры, на которой установлено заземление, или в пролете между смежными заземленными опорами;</p> <p>установка (снятие) переносного заземления на рабочем месте пронзителя с помощью изолирующей штанги с дугогасящим устройством или после временного заземления ВЛ в одном из РУ. Заземляющие ножи на конце ВЛ в РУ должны быть отключены только после установки (снятия) заземления на рабочем месте;</p> <p>работы производятся с применением комплектов для защиты от наведенного напряжения.</p>	<p>без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте.</p>
	<p>38.46. Перед соединением или разрывом электрически связанных участков (проводов, тросов) необходимо выровнять потенциалы этих участков. Уравнивание потенциалов осуществляется путем соединения проводником этих участков или установкой заземлений по обе стороны разрыва (предлагаемого разрыва) с присоединением к одному заземлителю (заземляющему устройству).</p>	<p>38.46. Работы с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием технологий уравнивания потенциалов должны производиться с выполнением следующих мероприятий:</p> <p>выводимая в ремонт ВЛ должна быть заземлена с обеих сторон в РУ;</p> <p>при работе с металлической опоры на рабочем месте бригады фазные провода (грозотрос) ВЛ</p>

должны заземляться на стойку опоры, а при работе с железобетонной опоры - на стационарный заземлитель, исправный и соответствующий установленным требованиям;

при работе с телескопической вышки (подъемника), рабочая площадка вышки должна быть соединена с проводом (гросом) линии гибким проводником сечением не менее 25 мм², а сама вышка (шасси) - заземлена. Провод (грозотрос) линии при этом должен быть заземлен на месте работ. Не разрешается входить в кабину телескопической вышки и выходить из нее, а также прикасаться к корпусу вышки, стоя на земле, после соединения рабочей площадки телескопической вышки с проводом.

В процессе работы не допускается использовать в качестве «бесконечных» канаты из токопроводящих материалов.

Количество допускаемых к работе на ВЛ бригад, работающих по методу, указанному в данном пункте Правил, не ограничивается.

При невозможности обеспечить уравнивание потенциалов на рабочем месте (например, при работе с деревянной опоры), работы необходимо выполнять в соответствии с

		<p>пунктами 38.47 или 38.48 Правил.</p>
	<p>38.47. На ВА, где на рабочих местах наведенное напряжение выше 25 В, работы с земли, а также работы с заземленных машин и механизмов, металлических и иных проводящих конструкций, в том числе опор ВА, связанные с прикосновением к проводу (тросу), опущенному с опоры, должны выполняться с использованием электрозащитных средств в зависимости от значения наведенного напряжения (диэлектрические перчатки, штанги, естественные изолирующие удерживающие и инструмент) или с металлической площадки, соединенной для уравнивания потенциалов проводником с этим проводом (тросом), или с применением комплекта для защиты от наведенного напряжения. Соединение металлической площадки с проводом (тросом) выполняется гибким проводником сечением не менее 25 мм² с применением электрозащитных средств только после расположения на ней работающего.</p> <p>Запрещается приближение к площадке без применения средств защиты от напряжения шага.</p> <p>Не разрешается входить в кабину механизма и выходить из нее, а также прикасаться к его корпусу;</p>	<p>38.47. Работы с заземлением ВА с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием технологий «без снятия напряжения» должны производиться с выполнением мероприятий, предусмотренных в пунктах 38.21 – 38.32 Правил.</p>

	<p>есть на земле, после соединения раб- бочей площадки механизма с прово- дом.</p> <p>Запрещается работать с земли без применения электрозщитных средств или без металлической пло- щадки или комплекта для защиты от наведенного напряжения.</p>	
		<p>38.48. Работы без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте должны производиться с выполнением следующих мероприятий:</p> <p>к работе на одной ВЛ (на одном электрически связанном участке) может допускаться не более одной бригады;</p> <p>ВЛ (участок ВЛ) заземляется только в одном месте (на месте работы бригады) или на двух смежных опорах. При этом на месте работы бригады кроме основного необходи- мо установить дополнительное пере- носное заземление. При снятии пе- реносных заземлений по окончании работ сначала необходимо отсоеди- нить струбцины обоих заземлений от провода (грозотроса) ВЛ, а затем от заземлителя. Допускается работа только с опоры, на которой установ- лено заземление (основное и допол- нительное), или в пролете между смежными заземленными опорами;</p>

<p>при необходимости работы в двух и более пролетах (участках) ВЛ должна быть разделена на электрически не связанные участки посредством разъединения петель на анкерных опорах. На каждом из таких участков может работать лишь одна бригада;</p>		
<p>перед установкой или снятием заземления провод (трос) должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством (для снятия статической составляющей наведенного напряжения и локализации дугового ряда). Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к заземлителю. Штанга может быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления;</p> <p>при отсутствии штанги с дугогасящим устройством установка (снятие) защитного заземления на рабочем месте может производиться только после временного заземления ВЛ в одном из РУ. Заземляющие ножи на конце ВЛ в РУ должны отключаться только после установки (снятия) заземления на рабочем месте.</p>	<p>Правила дополнены новыми пунктами 38.49 и 38.50</p>	

<p>4.15.54. При необходимости работы в двух и более пролетах (участках) ВЛ (цепь) должна быть разделена на электрически не связанные участки посредством разъединения петлей на анкерных опорах. На каждом из таких участков у мест установки заземлений может работать лишь одна бригада.</p>	<p>Пункты 38.49–38.53 считать пунктами 38.51–38.55</p>	<p>38.49. На ВЛ (на одном электрически связанном участке) под наведенным напряжением не допускается одновременная работа бригад, использующих разные методы производства работ, указанные в пункте 38.45 Правил.</p>
<p>4.15.45. На ВЛ под наведенным напряжением работы с земли, связанные с прикосновением к проводу, опущенному с опоры вплоть до земли, должны выполняться с использованием электрозачитных средств (диэлектрические перчатки, штанги) или с металлической площадки, соединенной для выравнивания потенциалов проводником с этим проводом. Работы с земли без применения электрозачитных средств и металлической площадки допускаются при условии заземления провода в непосредственной близости к каждому месту прикосновения.</p>		<p>38.50. На ВЛ под наведенным напряжением работы с земли, связанные с прикосновением к проводу (гросу), опущенному с опоры вплоть до земли, должны выполняться с использованием электрозачитных средств (диэлектрические перчатки, штанги) или с металлической площадки, соединенной проводником с этим проводом (гросом) для выравнивания потенциалов. Соединение металлической площадки с проводом (гросом) должно выполняться с применением электрозачитных средств и только после расположения на ней работающего. Приближение к площадке без средств защиты от напряжения шага не допускается.</p> <p>Выполнение работ с земли без применения электрозачитных средств и металлической площадки</p>

		<p>допускается при условии заземления провода в непосредственной близости к каждому месту прикосновения.</p>
<p>4.15.47. При монтажных работах на ВЛ под наведенным напряжением (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) провод должен быть заземлен на анкерной опоре, от которой ведется раскатка, на конечной анкерной опоре, которую проведется натяжка, и на каждой промежуточной опоре, на которую поднимается провод.</p>	<p>38.49. При монтажных работах на ВЛ под наведенным напряжением (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) провод должен быть заземлен на анкерной опоре, от которой ведется раскатка, на конечной анкерной опоре, которую проведется натяжка, и на каждой промежуточной опоре, на которую поднимается провод.</p>	<p>38.51. При монтажных работах (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) на ВЛ под наведенным напряжением или строящихся ВЛ в створе действующих ВЛ провод должен быть заземлен на анкерной опоре, от которой ведется раскатка, на конечной анкерной опоре, через которую проведется натяжка, и на каждой промежуточной опоре, на которую поднимается провод.</p>
<p>4.15.48. По окончании работы на промежуточной опоре заземление с провода на этой опоре может быть снято. В случае возобновления работы на промежуточной опоре, связанной с прикосновением к проводу, провод должен быть вновь заземлен на той же опоре.</p>	<p>38.50. По окончании работы на промежуточной опоре разрешается снятие заземления с провода на этой опоре. В случае возобновления работы на промежуточной опоре, связанной с прикосновением к проводу, провод должен быть вновь заземлен на той же опоре.</p> <p>38.52. При монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением заземления с них можно снимать только после перекладки провода в поддерживающие зажимы и окончания работ на данной опоре.</p>	<p>38.52. По окончании работы на промежуточной опоре заземление с провода (грозотроса) на этой опоре может быть снято. В случае возобновления работы на промежуточной опоре, связанной с прикосновением к проводу (грозотросу), провод должен быть вновь заземлен на той же опоре.</p>

<p>4.15.46. Применяемые при монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением стальные тяговые канаты сначала необходимо закреплять на тяговом механизме и для выравнивания потенциалов заземлять на тот же заземлитель, что и провод. Только после этого разрешается прикреплять канат к проводу. Разъединять провод и тяговый канат можно только после выравнивания их потенциалов, т.е. после соединения каждого из них с общим заземлителем.</p>	<p>38.48. Применяемые стальные тяговые канаты сначала необходимо закреплять на тяговом механизме и для выравнивания потенциалов заземлять на тот же заземлитель, что и провод. Только после этого разрешается прикреплять канат к проводу. Разъединять провод и тяговый канат можно только после выравнивания их потенциалов, т.е. после соединения каждого из них с общим заземлителем.</p> <p>Не допускается использовать в качестве «бежконечных» канаты из токопроводящих материалов.</p>	<p>38.53. Применяемые при монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением стальные тяговые канаты сначала необходимо закреплять на тяговом механизме и для выравнивания потенциалов заземлять на тот же заземлитель, что и провод. Только после этого разрешается прикреплять канат к проводу. Разъединять провод и тяговый канат можно только после выравнивания их потенциалов, то есть после соединения каждого из них с общим заземлителем.</p>
<p>4.15.49. На ВЛ под наведенным напряжением перекадку проводов из раскаточных роликов в поддерживать следует проводить в направлении, обратном направлению раскатки. До начала перекадки необходимо, оставив заземленными провода на анкерной опоре, в сторону которой будет проводиться перекадка, снять заземление с проводов на анкерной опоре, от которой начинается перекадка.</p> <p>4.15.50. При монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением заземления с них можно снимать только после перекадки провода в поддерживающие зажимы и окончания работ на данной опоре.</p>	<p>38.51. На ВЛ под наведенным напряжением перекадку проводов из раскаточных роликов в поддерживать следует проводить в направлении, обратном направлению раскатки. До начала перекадки необходимо, оставив заземленными провода на анкерной опоре, в сторону которой будет проводиться перекадка, снять заземление с проводов на анкерной опоре, от которой начинается перекадка.</p>	<p>38.54. На ВЛ под наведенным напряжением перекадку проводов из раскаточных роликов в поддерживать следует проводить в направлении, обратном направлению раскатки. До начала перекадки необходимо, оставив заземленными провода на анкерной опоре, в сторону которой будет проводиться перекадка, снять заземление с проводов на анкерной опоре, от которой начинается перекадка.</p> <p>Заземление с перекадываемых проводов (троса) можно снимать только после перекадки провода (троса) в поддерживающие зажимы и окончания работ на данной опоре.</p>

<p>4.15.51. Во время перекладки проводов в зажимы смежный анкерный пролет, в котором перекладка уже закончена, следует рассматривать как находящийся под наведенным напряжением. Выполнять на нем работы, связанные с прикосновением к проводам, разрешается только после заземления их на рабочем месте.</p>	<p>38.53 Во время перекладки проводов в зажимы смежный анкерный пролет, в котором перекладка уже закончена, следует рассматривать как находящийся под наведенным напряжением. Выполнять на нем работы, связанные с прикосновением к проводам, разрешается только после заземления их на рабочем месте.</p>	<p>38.55. Во время перекладки проводов в зажимы смежный анкерный пролет, в котором перекладка уже закончена, следует рассматривать как находящийся под наведенным напряжением. Выполнять на нем работы, связанные с прикосновением к проводам, разрешается только после заземления их на рабочем месте.</p>
<p>4.15.55. На отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой можно работать только при условии, что эта цепь подвешена ниже цепей, находящихся под напряжением. Не допускается заменять и регулировать провода отключенной цепи.</p>	<p>38.54. На отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой можно работать только при условии, что эта цепь подвешена ниже цепей, находящихся под напряжением. Не допускается заменять и регулировать провода отключенной цепи.</p>	<p>38.56. На отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой можно работать только при условии, что эта цепь подвешена ниже цепей, находящихся под напряжением. Не допускается заменять и регулировать провода отключенной цепи.</p>
<p>4.15.56. При работе на одной отключенной цепи многоцепной ВЛ с горизонтальным расположением цепей на стойках должны быть вывешены красные флажки со стороны цепей, оставшихся под напряжением. Флажки вывешивают на высоте 2-3 м от земли производитель работ с членом бригады, имеющим группу III.</p>	<p>38.55. При работе на одной отключенной цепи многоцепной ВЛ с горизонтальным расположением цепей на стойках должны быть вывешены красные флажки со стороны цепей, оставшихся под напряжением. Флажки вывешивают на высоте 2-3 м от земли производитель работ с членом бригады, имеющим группу III.</p>	<p>38.57. При работе на одной отключенной цепи многоцепной ВЛ с горизонтальным расположением цепей на стойках должны быть вывешены красные флажки со стороны цепей, оставшихся под напряжением. Флажки вывешивают на высоте 2-3 м от земли производитель работ с членом бригады, имеющим группу III.</p>
<p>4.15.57. Подниматься на опору со стороны цепи, находящейся под напряжением, и переходить на участки траверс, поддерживающих эту</p>	<p>38.56. Подниматься на опору со стороны цепи, находящейся под напряжением, и переходить на участки траверс, поддерживающих эту</p>	<p>38.58. Подниматься на опору со стороны цепи, находящейся под напряжением, и переходить на участки траверс, поддерживающих эту</p>

<p>цепь, не допускается. Если опора имеет ступ-болты, подниматься по ним разрешается независимо от того, под какой цепью они расположены. При расположении ступ-болтов со стороны цепей, оставшихся под напряжением, подниматься на опору следует под наблюдением находящегося на земле производителя работ или члена бригады, имеющего группу III.</p>	<p>цепь, запрещается. Если опора имеет ступ-болты, подниматься по ним разрешается независимо от того, под какой цепью они расположены. При расположении ступ-болтов со стороны цепей, оставшихся под напряжением, подниматься на опору следует под наблюдением находящегося на земле производителя работ или члена бригады, имеющего группу III.</p>	<p>цепь, запрещается. Если опора имеет ступ-болты, подниматься по ним разрешается независимо от того, под какой цепью они расположены. При расположении ступ-болтов со стороны цепей, оставшихся под напряжением, подниматься на опору следует под наблюдением находящегося на земле производителя работ или члена бригады, имеющего группу III.</p>
<p>4.15.58. При работе с опор на проводах отключенной цепи многоцепной ВЛ, остальные цепи которой находятся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на каждой опоре, на которой ведутся работы.</p>	<p>38.57. При работе с опор на проводах отключенной цепи многоцепной ВЛ, остальные цепи которой находятся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на каждой опоре, на которой ведутся работы.</p>	<p>38.59. При работе с опор на проводах отключенной цепи многоцепной ВЛ, остальные цепи которой находятся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на каждой опоре, на которой ведутся работы.</p>
<p>Пофазный ремонт ВЛ 4.15.59. Не допускается при пофазном ремонте ВЛ заземлять в РУ провод отключенной фазы. Провод должен быть заземлен только на рабочем месте. На ВЛ напряжением 35 кВ и выше при работах на проводах каждой фазы поочередно на проводах каждой фазы допускается заземлять на рабочем месте провод только той фазы, на которой выполняется работа. При этом не разрешается приближаться к проводам</p>	<p>38.58. Запрещается при пофазном ремонте ВЛ заземлять в РУ провод отключенной фазы. Провод должен быть заземлен только на рабочем месте. На ВЛ напряжением 35 кВ и выше при работах на проводах каждой фазы разрешается заземлять на рабочем месте провод только той фазы, на которой выполняется работа. При этом не разрешается приближаться к проводам</p>	<p>38.60. Запрещается при пофазном ремонте ВЛ заземлять в РУ провод отключенной фазы. Провод должен быть заземлен только на рабочем месте. На ВЛ напряжением 35 кВ и выше при работах на проводах каждой фазы разрешается заземлять на рабочем месте провод только той фазы, на которой выполняется работа. При этом не разрешается приближаться к проводам остальных незаземленных фаз на</p>

<p>остальных, незаземленных фаз на расстоянии менее указанного в табл. 1.1.</p>	<p>расстояние менее указанного в таблице № 1.</p>	<p>расстояние менее указанного в таблице № 1.</p>
<p>4.15.60. При пофазном ремонте для увеличения надежности заземления оно должно быть двойным, состоящим из двух отдельных, установленных параллельно заземлений. Работать на проводе разрешается не далее 20 м от установленного заземления.</p>	<p>38.59. При пофазном ремонте для увеличения надежности заземления оно должно быть двойным, состоящим из двух отдельных, установленных параллельно заземлений. Работать на проводе разрешается не далее 20 м от установленного заземления.</p>	<p>38.61. При пофазном ремонте для увеличения надежности заземления оно должно быть двойным, состоящим из двух отдельных, установленных параллельно заземлений. Работать на проводе разрешается не далее 20 м от установленного заземления.</p>
<p>4.15.61. При одновременной работе нескольких бригад отключенный провод должен быть разведен на электрически не связанные участки. Каждой бригаде следует выделить отдельный участок, на котором устанавливается одно двойное заземление.</p>	<p>38.60. При одновременной работе нескольких бригад отключенный провод должен быть разведен на электрически не связанные участки.</p>	<p>38.62. При одновременной работе нескольких бригад отключенный провод должен быть разведен на электрически не связанные участки.</p>
<p>4.15.62. При пофазном ремонте ВЛ напряжением 110 кВ и выше для локализации дугового разряда перед установкой или снятием заземления провод должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством. Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к заземлителю. Эта штанга должна быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления.</p>	<p>38.61. При пофазном ремонте ВЛ напряжением 110 кВ и выше для локализации дугового разряда перед установкой или снятием заземления провод должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством. Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к заземлителю. Эта штанга должна быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления.</p>	<p>38.63. При пофазном ремонте ВЛ напряжением 110 кВ и выше для локализации дугового разряда перед установкой или снятием заземления провод должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством. Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к заземлителю. Эта штанга должна быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления.</p>

<p>4.15.62 (продолжение). Не допускается при пофазном ремонте на ВЛ с горизонтальным расположением фаз переходить на участки траверсы, поддерживающие провода фаз, находящихся под напряжением.</p>	<p>38.62. Запрещается при пофазном ремонте на ВЛ с горизонтальным расположением фаз переходить на участки траверсы, поддерживающие провода фаз, находящихся под напряжением.</p>	<p>38.64. Запрещается при пофазном ремонте на ВЛ с горизонтальным расположением фаз переходить на участки траверсы, поддерживающие провода фаз, находящихся под напряжением.</p>
---	---	---

**Выдержки из Правил по охране труда при эксплуатации
электроустановок**

(в ред. Приказа Минтруда России от 19.02.2016 № 74н)
Дата актуализации 01.01.2018.

**IV. Охрана труда при производстве работ
в действующих электроустановках**

4.4. Капитальный ремонт электрооборудования напряжением выше 1000 В, работа на токоведущих частях без снятия напряжения в электроустановках напряжением выше 1000 В, а также ремонт ВЛ независимо от напряжения должны выполняться по технологическим картам или проекту производства работ (далее – ППР), утвержденным руководителем организации (обособленного подразделения).

Работы на линиях под наведенным напряжением (ВЛ, КВЛ, ВЛС, воздушные участки КВЛ, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока, на отключенных проводах (тросах) которых при заземлении линии по концам (в РУ) на отдельных ее участках сохраняется напряжение более 25 В при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ (при пересчете на наибольший рабочий ток влияющих ВЛ), выполняются по технологическим картам или ППР, утвержденным руководителем организации (обособленного подразделения).

**XXXVIII. Охрана труда при выполнении работ на воздушных
линиях электропередачи**

38.43. Эксплуатирующим организациям необходимо определить линии (участки линий), находящиеся под наведенным напряжением, путем выполнения измерений, с последующим перерасчетом значений на наибольший рабочий ток влияющей ВЛ. Схема и порядок измерений величины наведенного напряжения и ее перерасчета на наибольший рабочий ток влияющей ВЛ определяются эксплуатирующей организацией.

Работники, обслуживающие ВЛ, должны иметь в наличии перечень линий, находящихся под наведенным напряжением, знать содержание указанного перечня и требования безопасной организации и выполнения работ на них, указанные в Правилах.

Сведения о наличии наведенного напряжения на ВЛ должны быть указаны в строке «Отдельные указания» наряда-допуска.

Значение расчетного наведенного напряжения на ВЛ указывается в перечне ВЛ под наведенным напряжением.

38.44. Все виды работ на ВЛ под наведенным напряжением, связанные с прикосновением к проводу (грозотросу), должны выполняться по технологическим картам или ППР.

38.45. Работы на ВЛ под наведенным напряжением могут производиться одним из следующих методов:

- с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием для обеспечения безопасного производства работ технологии уравнивания потенциалов или технологии работ «без снятия напряжения»;

- без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте.

38.46. Работы с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием технологии уравнивания потенциалов должны производиться с выполнением следующих мероприятий:

- выводимая в ремонт ВЛ должна быть заземлена с обеих сторон в РУ;

- при работе с металлической опоры на рабочем месте бригады фазные провода (грозотрос) ВЛ должны заземляться на стойку опоры, а при работе с железобетонной опоры – на стационарный заземлитель, исправный и соответствующий установленным требованиям;

- при работе с телескопической вышки (подъемника), рабочая площадка вышки должна быть соединена с проводом (тросом) линии гибким проводником сечением не менее 25 мм², а сама вышка (шасси) – заземлена. Провод (грозотрос) линии при этом должен быть заземлен на месте работ. Не разрешается входить в кабину телескопической вышки и выходить из нее, а также прикасаться к корпусу вышки, стоя на земле, после соединения рабочей площадки телескопической вышки с проводом.

В процессе работы не допускается использовать в качестве «бесконечных» канаты из токопроводящих материалов.

Количество допускаемых к работе на ВЛ бригад, работающих по методу, указанному в данном пункте Правил, не ограничивается.

При невозможности обеспечить уравнивание потенциалов на рабочем месте (например, при работе с деревянной опоры), работы необходимо выполнять в соответствии с пунктами 38.47 или 38.48 Правил.

38.47. Работы с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием технологии «без снятия напряжения» должны производиться с выполнением мероприятий, преду-

смотренных в пунктах 38.21 – 38.32 Правил.

38.21. При выполнении работ на ВЛ без снятия напряжения безопасность персонала обеспечивается по одной из двух схем.

Первая схема. Провод под напряжением – изоляция – человек – земля. Схема реализуется двумя методами:

- работа в контакте, когда основным защитным средством (средство защиты, предназначенное для обеспечения электробезопасности) являются диэлектрические перчатки и изолированный инструмент. Этим методом выполняются работы на ВЛ напряжением до 1000 В;
- работа на расстоянии, когда работа выполняется с применением основных (изолирующие штанги, клещи) и дополнительных (диэлектрические перчатки, боты, накладки) электрозащитных средств. Этот метод применяется на ВЛ напряжением выше 1000 В.

Вторая схема. Провод под напряжением – человек – изоляция – земля. Работы по этой схеме допускаются при следующих условиях:

- изоляция работающего от земли специальными устройствами соответствующего напряжения;
- применение экранирующего комплекта, соответствующего техническим регламентам и иным обязательным требованиям;
- выравнивание потенциалов экранирующего комплекта, рабочей площадки и провода специальной штангой для переноса потенциала. Расстояние от работника до заземленных частей и элементов оборудования при работах должно быть не менее расстояния, указанного в таблице № 1 (см. табл. 3.1).

38.22. Конкретные виды работ под потенциалом провода должны выполняться по специальным инструкциям или по технологическим картам, проектам организации работ (далее – ПОР), ППР.

38.23. Члены бригады, имеющие право выполнения работ под потенциалом провода (с непосредственным касанием токоведущих частей) ВЛ напряжением выше 1000 В, должны иметь группу IV, а остальные члены бригады – группу III.

38.24. Не разрешается прикасаться к изоляторам и арматуре изолирующих подвесок, имеющих иной, чем провод, потенциал, а также передавать или получать инструмент или приспособления работникам, не находящимся на той же рабочей площадке, при выполнении работ с площадки изолирующего устройства, находящегося под потенциалом провода.

38.25. Перед началом работ на изолирующих подвесках следует проверить измерительной штангой электрическую прочность фарфоровых изоляторов. При наличии выпускающих зажимов следует заклинить их на опоре, на которой выполняется работа, и на соседних опорах, если это требуется по рельефу трассы.

38.26. Работы на изолирующей подвеске по ее перецепке, замене отдельных изоляторов, арматуры, проводимые монтерами, находящимися на изолирующих устройствах или траверсах, допускаются при количестве исправных изоляторов в подвеске не менее 70%, а на ВЛ напряжением 750 кВ – при наличии не более пяти дефектных изоляторов в одной подвеске.

38.27. При перецепке изолирующих подвесок на ВЛ напряжением 330 кВ и выше, выполняемой с траверс, устанавливать и отцеплять от траверсы необходимые приспособления следует в диэлектрических пер-

чатках и в экранирующем комплекте.

38.28. Разрешается прикасаться на ВЛ напряжением 35 кВ к шапке первого изолятора при двух исправных изоляторах в изолирующей подвеске, а на ВЛ напряжением 110 кВ и выше – к шапкам первого и второго изоляторов. Счет изоляторов ведется от траверсы.

38.29. Установка трубчатых разрядников под напряжением на ВЛ напряжением 35 – 110 кВ разрешается при условии применения изолирующих подвесных габаритников, исключающих возможность приближения внешнего электрода разрядника к проводу на расстояние менее заданного.

38.30. Не разрешается находиться в зоне возможного выхлопа газов при приближении внешнего электрода разрядника к проводу или отводе электрода при снятии разрядника. Приближать или отводить внешний электрод разрядника следует с помощью изолирующей штанги.

Не разрешается приближаться к изолированному от опоры молниезащитному тросу на расстояние менее 1 м.

38.31. При использовании троса в схеме плавки гололеда допустимое расстояние приближения к тросу должно определяться в зависимости от напряжения плавки.

38.32. Не разрешается работать на ВЛ и ВЛС, находящихся под напряжением, при тумане, дожде, снегопаде, в темное время суток, а также при ветре, затрудняющем работы на опорах.

38.48. Работы без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте должны производиться с выполнением следующих мероприятий:

- выводимая в ремонт ВЛ со стороны РУ не заземляется;
- к работе на одной ВЛ (на одном электрически связанном участке) может допускаться не более одной бригады;
- ВЛ (участок ВЛ) заземляется только в одном месте (на месте работы бригады) или на двух смежных опорах. При этом на месте работы бригады кроме основного необходимо установить дополнительное переносное заземление. При снятии переносных заземлений по окончании работ сначала необходимо отсоединить струбины обоих заземлений от провода (грозотроса) ВЛ, а затем от заземлителя. Допускается работа только с опоры, на которой установлено заземление (основное и дополнительное), или в пролете между смежными заземленными опорами;
- при необходимости работы в двух и более пролетах (участках) ВЛ должна быть разделена на электрически не связанные участки посредством разъединения петель на анкерных опорах. На каждом из таких участков может работать лишь одна бригада;
- перед установкой или снятием заземления провод (трос) должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством (для снятия статической составляющей наведенного напряжения и локализации дугового разряда). Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к за-

землителю. Штанга может быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления;

- при отсутствии штанги с дугогасящим устройством установка (снятие) защитного заземления на рабочем месте может производиться только после временного заземления ВЛ в одном из РУ. Заземляющие ножи на конце ВЛ в РУ должны отключаться только после установки (снятия) заземления на рабочем месте.

38.49. На ВЛ (на одном электрически связанном участке) под наведенным напряжением не допускается одновременная работа бригад, использующих разные методы производства работ, указанные в пункте 38.45 Правил.

38.50. На ВЛ под наведенным напряжением работы с земли, связанные с прикосновением к проводу (тросу), опущенному с опоры вплоть до земли, должны выполняться с использованием электрозащитных средств (диэлектрические перчатки, штанги) или с металлической площадки, соединенной проводником с этим проводом (тросом) для выравнивания потенциалов. Соединение металлической площадки с проводом (тросом) должно выполняться с применением электрозащитных средств и только после расположения на ней работающего. Приближение к площадке без средств защиты от напряжения шага не допускается.

Выполнение работ с земли без применения электрозащитных средств и металлической площадки допускается при условии заземления провода в непосредственной близости к каждому месту прикосновения.

38.51. При монтажных работах (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) на ВЛ под наведенным напряжением или строящихся ВЛ в створе действующих ВЛ провод должен быть заземлен на анкерной опоре, от которой ведется раскатка, на конечной анкерной опоре, через которую проводится натяжка, и на каждой промежуточной опоре, на которую поднимается провод.

38.52. По окончании работы на промежуточной опоре заземление с провода (грозотроса) на этой опоре может быть снято. В случае возобновления работы на промежуточной опоре, связанной с прикосновением к проводу (грозотросу), провод должен быть вновь заземлен на той же опоре.

38.53. Применяемые при монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением стальные тяговые канаты сначала необходимо закреплять на тяговом механизме и для выравнивания потенциалов заземлять на тот же заземлитель, что и провод. Только после этого разрешается прикреплять канат к проводу. Разъединять провод и тяговый канат можно только после выравнивания их потенциалов, то есть после соединения каждого из них с общим

заземлителем.

38.54. На ВЛ под наведенным напряжением перекидку проводов из раскаточных роликов в поддерживающие зажимы следует проводить в направлении, обратном направлению раскатки. До начала перекидки необходимо, оставив заземленными провода на анкерной опоре, в сторону которой будет проводиться перекидка, снять заземление с проводов на анкерной опоре, от которой начинается перекидка.

Заземление с перекидываемых проводов (троса) можно снимать только после перекидки провода (троса) в поддерживающие зажимы и окончания работ на данной опоре.

38.55. Во время перекидки проводов в зажимы смежный анкерный пролет, в котором перекидка уже закончена, следует рассматривать как находящийся под наведенным напряжением. Выполнять на нем работы, связанные с прикосновением к проводам, разрешается только после заземления их на рабочем месте.

38.56. На отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой можно работать только при условии, что эта цепь подвешена ниже цепей, находящихся под напряжением. Не допускается заменять и регулировать провода отключенной цепи.

38.57. При работе на одной отключенной цепи многоцепной ВЛ с горизонтальным расположением цепей на стойках должны быть вывешены красные флажки со стороны цепей, оставшихся под напряжением. Флажки вывешивают на высоте 2 – 3 м от земли производитель работ с членом бригады, имеющим группу III.

38.58. Подниматься на опору со стороны цепи, находящейся под напряжением, и переходить на участки траверс, поддерживающих эту цепь, запрещается. Если опора имеет степ-болты, подниматься по ним разрешается независимо от того, под какой цепью они расположены. При расположении степ-болтов со стороны цепей, оставшихся под напряжением, подниматься на опору следует под наблюдением находящегося на земле производителя работ или члена бригады, имеющего группу III.

38.59. При работе с опор на проводах отключенной цепи многоцепной ВЛ, остальные цепи которой находятся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на каждой опоре, на которой ведутся работы.

38.60. Запрещается при пофазном ремонте ВЛ заземлять в РУ провод отключенной фазы. Провод должен быть заземлен только на рабочем месте. На ВЛ напряжением 35 кВ и выше при работах на проводе одной фазы или поочередно на проводах каждой фазы разрешается заземлять на рабочем месте провод только той фазы, на которой выполняется работа. При этом не разрешается при-

ближаться к проводам остальных незаземленных фаз на расстояние менее указанного в таблице № 1 (см. табл. 3.1).

38.61. При пофазном ремонте для увеличения надежности заземления оно должно быть двойным, состоящим из двух отдельных, установленных параллельно заземлений. Работать на проводе разрешается не далее 20 м от установленного заземления.

38.62. При одновременной работе нескольких бригад отключенный провод должен быть разъединен на электрически не связанные участки.

Каждой бригаде следует выделить отдельный участок, на котором устанавливается одно двойное заземление.

38.63. При пофазном ремонте ВЛ напряжением 110 кВ и выше для локализации дугового разряда перед установкой или снятием заземления провод должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством. Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к заземлителю. Эта штанга должна быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления.

38.64. Запрещается при пофазном ремонте на ВЛ с горизонтальным расположением фаз переходить на участки траверсы, поддерживающие провода фаз, находящиеся под напряжением.

Условия производства работ при пофазном ремонте ВЛ напряжением 35 кВ и выше должны быть указаны в строке «Отдельные указания» наряда.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ	5
1 ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛЭП, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ	6
1.1 Основные нормативные документы, регламентирующие работы под наведенным напряжением	6
1.2 Требования безопасности при выполнении работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением	8
1.3 Составляющие наведенного напряжения	11
1.4 Методы снижения наведенного напряжения	19
1.5 Вопросы для самоподготовки и тестирования	24
2 ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ	26
2.1 Измерение наведенного напряжения	26
2.2 Применяемые измерительные приборы	29
2.3 Комплекты специальной одежды	32
2.4 Схемы и порядок работ при измерении наведенного напряжения	34
2.5 Пересчет измеренных значений наведенного напряжения под наибольший рабочий ток влияющей линии	37
2.6 Расчет наведенного напряжения	39
2.7 Вопросы для самоподготовки и тестирования	42
3 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНЫХ РАБОТ НА ВЛ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ	44
3.1 Методы работ на ВЛ под наведенным напряжением	44
3.2 Работы на ВЛ, выполняемые с телескопической вышки	51
3.3 Организация работ на электрооборудовании РУ под наведенным напряжением	57
3.4 Средства защиты при работе под наведенным напряжением	60
3.5 Вопросы для самоподготовки и тестирования	64
4 ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ВЛ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ	67
4.1. Причины и результаты пересмотра правил по охране труда	67
4.2 Этапы изменений правил по охране труда	68
4.3 Вопросы для самоподготовки и тестирования	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	77
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ	80
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРАВИЛ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Выдержки из Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок	100

Учебное издание

Сазыкин Василий Георгиевич, **Кудряков** Александр Георгиевич,
Багметов Александр Александрович

Под общей редакцией **Рудь** Евгения Викторовича

**ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ
НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ,
НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ**

Учебное пособие

В авторской редакции

Дизайн обложки – А.Г. Кудряков

Подписано в печать 05.07.2017. Формат 60×84 1/8.

Усл. печ. л. – 12,6. Уч. – изд.л. – 7,4.

Тираж 50 экз. Заказ № .

Типография ООО «КРОН»
350089, г. Краснодар, ул. пр. Чекистов, 20