

# ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ



2016

ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001, ISO 50001

# Определения

## Привила по охране труда при эксплуатации электроустановок

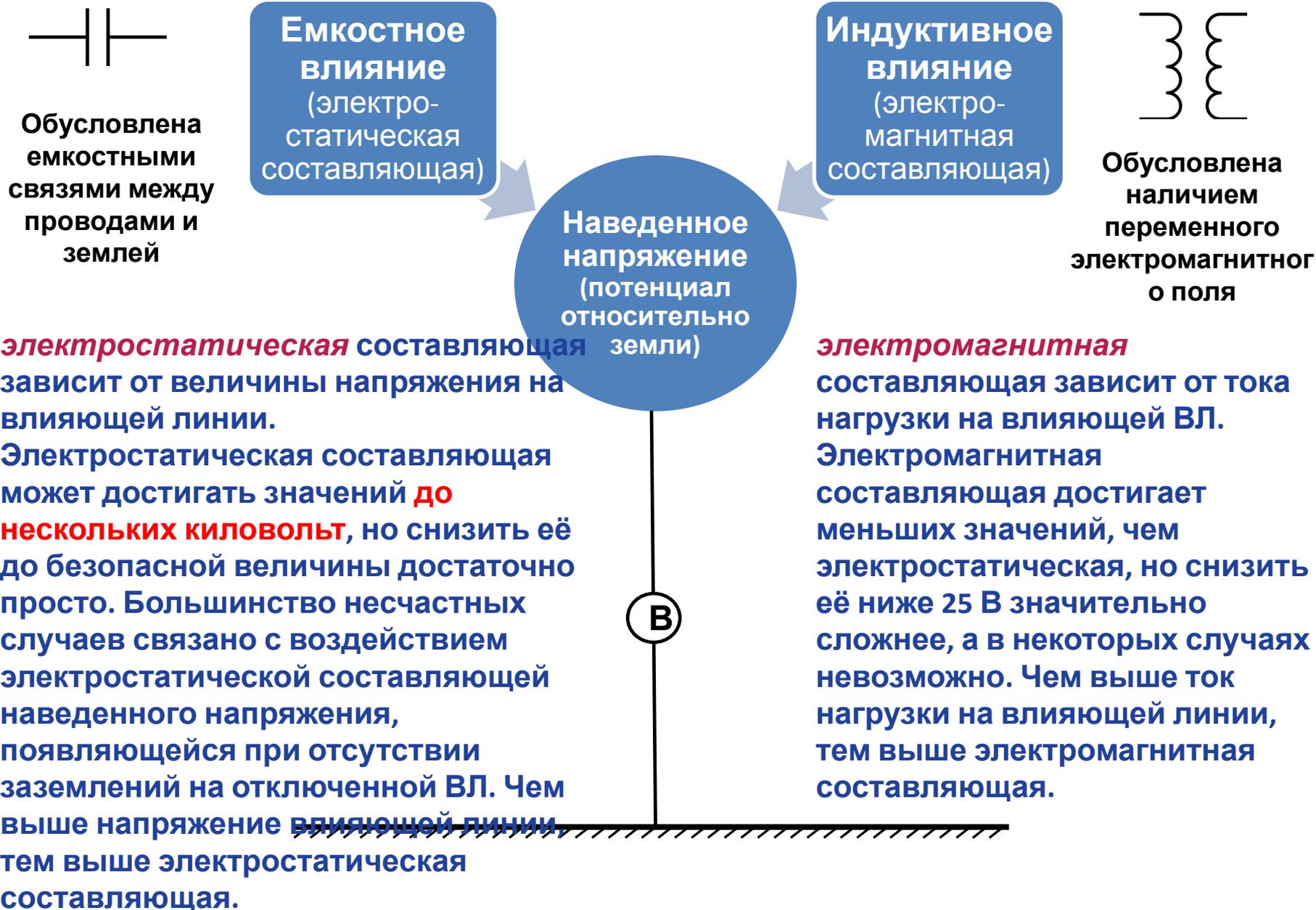
***Работы под наведенным напряжением*** – это работы, выполняемые со снятием рабочего напряжения с электроустановки или ее части с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под наведенным напряжением более 25 В на рабочем месте или на расстоянии от этих токоведущих частей менее допустимого.

***ВЛ под наведенным напряжением*** - отключенные ВЛ, 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.

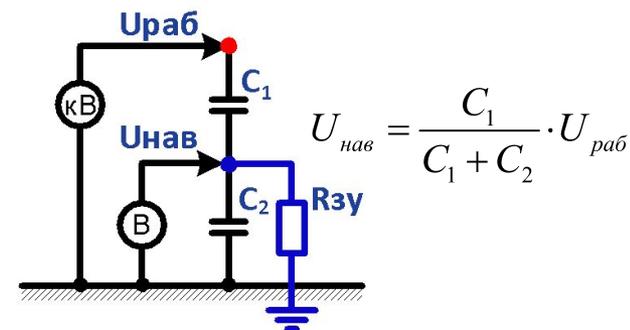
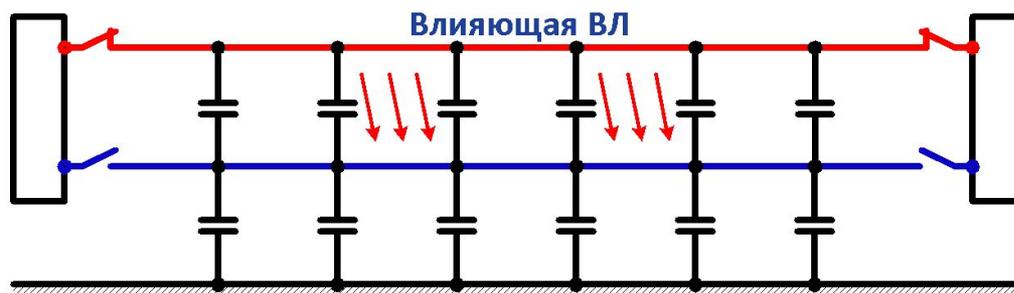
Необходимо отметить, что наведенное напряжение характерно не только для линий электропередач, но также и распределительных устройств (РУ), а в общем случае для любых токопроводящих частей в электроустановках.

Для организации безопасного выполнения работ необходимо знать о составляющих наведенного напряжения, принципах их появления и возможных способах снижения.

## Составляющие наведенного напряжения.



## Электростатическая составляющая наведенного напряжения.



**Электростатическая составляющая** образуется из-за емкостных связей проводов ВЛ.

Особенности электростатической составляющей: **НЕ ЗАВИСИТ:**

**ЗАВИСИТ:**

- от соотношения емкостей ВЛ;
- от расстояния до влияющей ВЛ;
- от рабочего напряжения влияющей ВЛ.

- от тока нагрузки влияющей ВЛ;

Ток электростатической составляющей, проходящий через человека, зависит от протяженности совместного участка ВЛ.

Значение наведенного напряжения электростатической составляющей равномерно по всей трассе отключенной воздушной линии. ↓

Электростатическая составляющая может быть снижена до безопасной величины установкой единственного заземления на ВЛ. ↓

# Электростатическая составляющая. Опасность протяженных участков ВЛ.

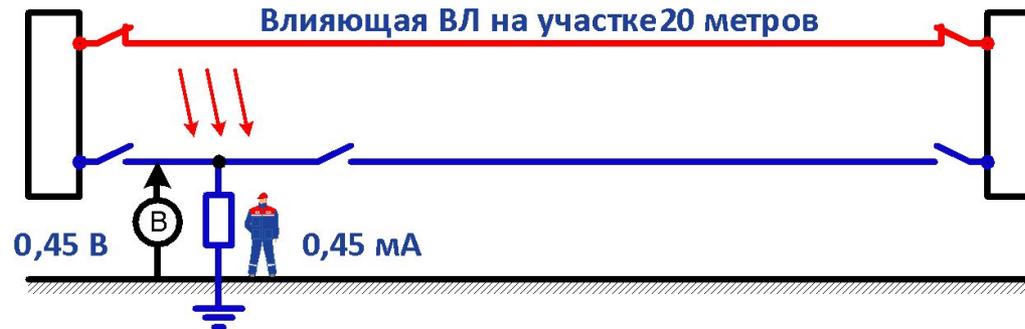


Наведенное напряжение на участке 100 км составило 8,5 кВ. При емкости ВЛ  $1,1 \times 10^{-9}$  Ф/км, в случае прикосновения к ней человека с сопротивлением 1000 Ом напряжение и ток равны: ↓

$$I = \frac{U_{нав}}{R_{чел}} = \frac{2200}{1000} = 2,2$$

$$U_{нав} = I_{раб} \cdot \omega \cdot L \cdot R_{чел} = \frac{110000}{\sqrt{3}} \cdot 314 \cdot 1,1 \cdot 10^{-9} \cdot 1000 \cdot 1000 = 2200$$

**Значение тока, проходящего через человека, значительно превосходит допустимые значения.**



Для аналогичной ВЛ с совместным участком 20 метров, в случае прикосновения человека наведенное напряжение составит 0,45 В, а ток, проходящий через человека, не превышает 0,45 мА.

$$I = \frac{U_{нав}}{R_{чел}} = \frac{0,45}{1000} = 0,45$$

$$U_{нав} = I_{раб} \cdot \omega \cdot L \cdot R_{чел} = \frac{110000}{\sqrt{3}} \cdot 314 \cdot 1,1 \cdot 10^{-9} \cdot 0,02 \cdot 1000 = 0,45$$

**Значение тока снизилось пропорционально участку ВЛ и не превышает опасных значений.**

## Электростатическая составляющая. Влияние сопротивления заземления.

Установка заземления значительно снижает электростатическую

составляющую.

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

Сопротивление ЗУ, Ом.	Наведенное напряжение на ВЛ, В.
0,5	1
4	9
10	22
30	66
100	220
200	440
500	1000
5000	8500

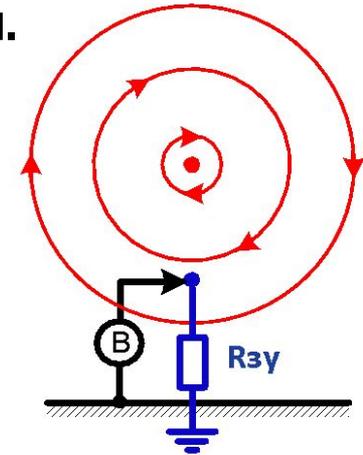
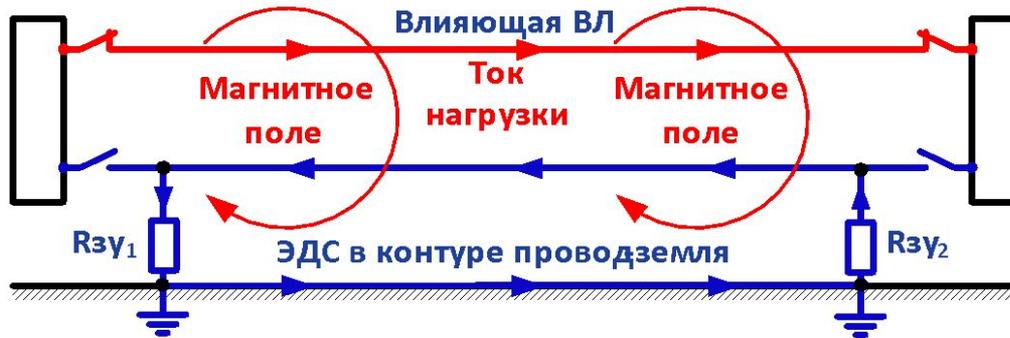
В таблице приведены ориентировочные значения сопротивлений заземляющих устройств и пример влияния сопротивления заземления на величину электростатической составляющей.

Ориентировочные значения из предыдущего примера при длине ВЛ равной 100 км.

На ВЛ меньшей протяженности напряжение снижается до меньших величин.

**Единственное заземление, подключенное к электроду 0,5 метра, незначительно снижает статическую составляющую наведенного напряжения на протяженной ВЛ.**

## Электромагнитная составляющая наведенного напряжения.



**Электромагнитная** составляющая образуется при влиянии магнитного поля тока нагрузки на контур провод-земля отключенной и заземленной ВЛ. ↓↓

Особенности электромагнитной составляющей:

**ЗАВИСИТ:**

- от расстояния до влияющей ВЛ;
- от рабочего тока влияющей ВЛ;
- от протяженности совместного участка ВЛ;
- от схемы заземления ВЛ и сопротивления заземлителей;

Значение наведенного напряжения электромагнитной составляющей на различных участках ВЛ зависит от схем заземления и сопротивлений заземляющих устройств.

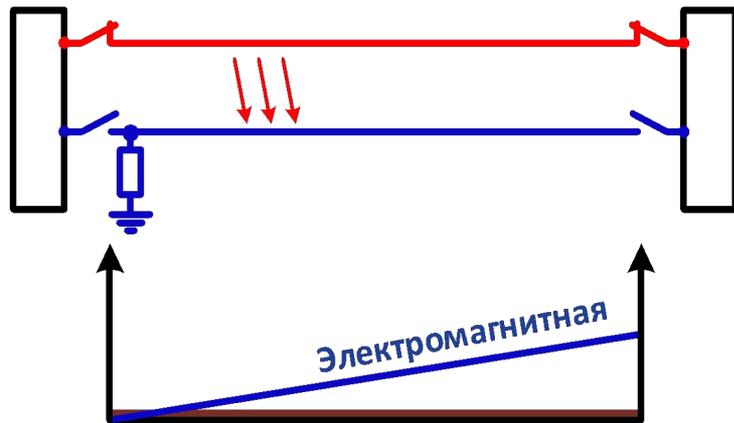
Электромагнитную составляющую не всегда удастся снизить установкой заземления на месте работ.

Расчетный ток электромагнитной составляющей, проходящий через человека, приближенно равен наведенному напряжению деленному на сопротивление 1000 Ом.

## Возможные схемы заземления ВЛ.

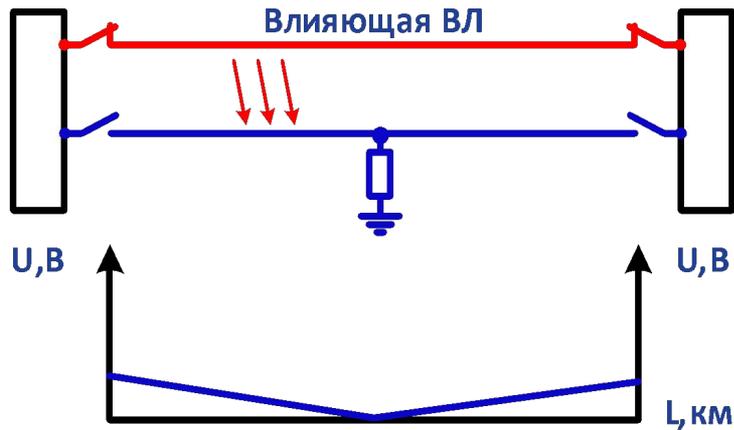


При отсутствии заземлений на отключенной ВЛ появляется статическая составляющая наведенного напряжения, достигающая нескольких киловольт. Значение наведенного напряжения электростатической составляющей равномерно по всей трассе.



При установке на ВЛ даже единственного заземления электростатическая составляющая наведенного напряжения снижается до минимальных значений. Появляется электромагнитная составляющая с максимальным значением на незаземленном конце воздушной линии.

## Возможные схемы заземления ВЛ.



При заземлении ВЛ на единственное заземляющее устройство максимальное значение наведенного напряжения появляется по краям ВЛ.

При заземлении ВЛ с двух сторон на заземляющие устройства с разным сопротивлением максимальное значение наведенного напряжения со стороны большего (худшего) сопротивления заземляющего устройства.

## Возможные схемы заземления ВЛ при проведении измерений

Для определения (измерения) максимального значения наведенного напряжения и составления перечня ВЛ находящихся после отключения под наведенным напряжением рассматриваются следующие основные схемы заземления линии **стационарными заземлителями в РУ:**

- заземление в двух РУ по краям линии;
- заземление только в первом РУ;
- заземление только во втором РУ;
- без заземления.

Вместе с тем могут быть рассмотрены разные сочетания заземлений в РУ при наличии отпаек от ВЛ (т.е. при количестве РУ более двух).

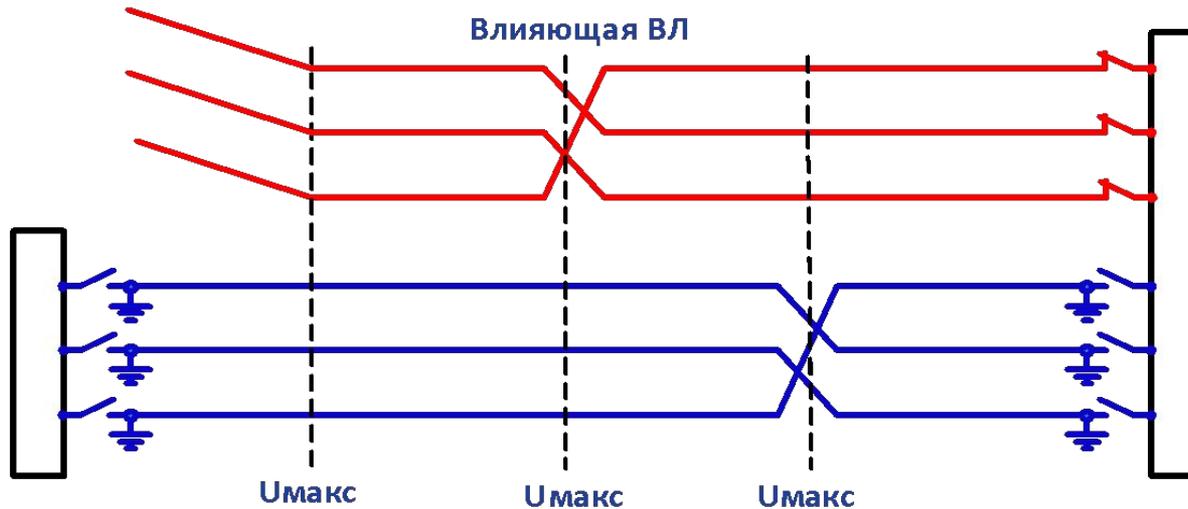
---

**Схема с заземлением на рабочем месте с помощью переносного заземления при проведении замеров для составления перечня не применяется**

---

Знание максимальной величины наведенного напряжения позволяет осуществить выбор необходимых мер безопасности при производстве работ. Значение наведенного напряжения в зависимости от схемы заземления ВЛ **в РУ и наличия электрической связи между заземлением в РУ и рабочим местом** указывается в строке "Отдельные указания" наряда.

## Участки наибольших значений наведенного напряжения на ВЛ.



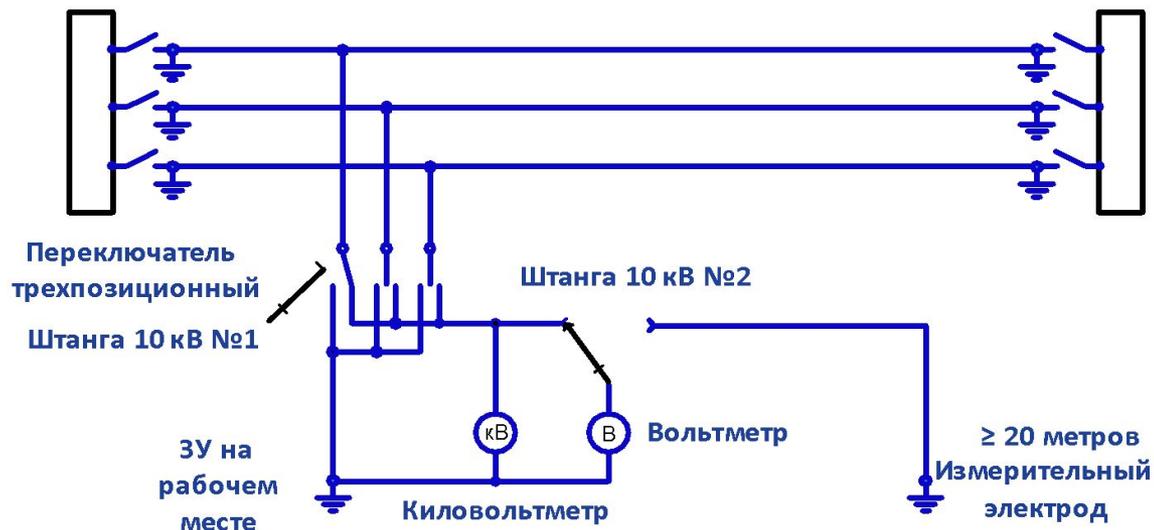
Наибольшие значения электромагнитной составляющей наведенного напряжения следует ожидать:

- в местах транспозиции на отключенной или влияющей ВЛ;
- в точках разделения двухцепных ВЛ на одноцепные;
- в точках изменения взаимного расположения ВЛ.

Значение электростатической составляющей наведенного напряжения равномерно по всей трассе ВЛ.

Наведенное напряжение от контактной сети железной дороги должно измеряться при прохождении железнодорожного (товарного) состава.

## Схемы измерения наведенного напряжения.

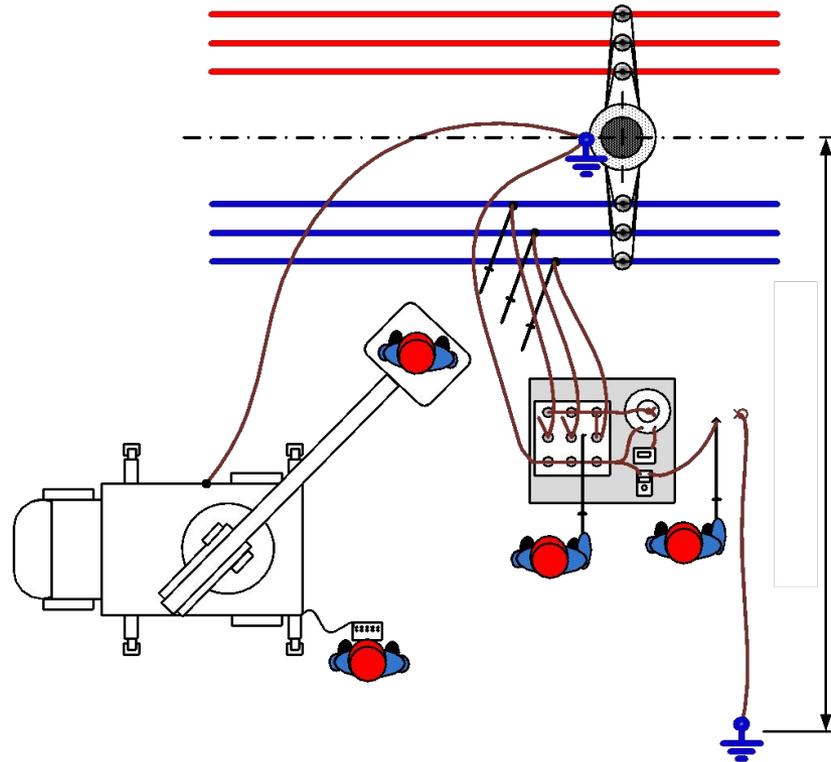


К проводам ВЛ подключается трехпозиционный переключатель, позволяющий с помощью изолирующих штанг №1 и №2 менять фазы и схемы измерений.

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. ↓

## Меры безопасности при измерении наведенного напряжения.



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.

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

## Измерительные приборы.



**Измерение наведенного напряжения выполняется цифровыми приборами с автоматическим переключением предела измерения.**

**Измерение напряжения выше 1 кВ выполняется делителем напряжения КВЦ-120.**

**Недопустимо использовать трансформаторы напряжения и приборы с низким входным сопротивлением.**

# Перечень ВЛ под наведенным напряжением.

## Рекомендуемая форма

№ п/п	Структурное подразделение	ВЛ под наведенным напряжением			Влияющая ВЛ		Значение наведенного напряжения на отключенной ВЛ без заземлений (во всех РУ и на рабочем месте), В.	Значение наведенного напряжения на отключенной и заземленной ВЛ во всех РУ, В.	Значение наведенного напряжения на отключенной и заземленной ВЛ в первом РУ, В.	Значение наведенного напряжения на отключенной и заземленной ВЛ во втором РУ, В.	Примечание
		Класс напряжения ВЛ, кВ	Диспетчерское наименование	Участок (пролеты опор), проходящий вблизи влияющей ВЛ	Класс напряжения ВЛ, кВ	Диспетчерское наименование					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
1	СЛЭ	35	ВЛ-3505	№7-22	110	ВЛ-110 Тонкино - Шаранга	6 231	49.68	80.01	80.01	
2	СЛЭ	35	ВЛ-3505	№1-5	110	ВЛ-179	558	1.28	3.45	3.45	
3	СЛЭ	35	ВЛ-3505		110	Суммарное влияние двух ВЛ	6 231	49.91	80.64	80.64	

1. В графы 8,9,10,11 таблицы заносится максимальное значение из полученных при измерении в разных точках ВЛ при соответствующей схеме заземления ВЛ в РУ.
2. В графе "Отдельные указания" наряда-допуска указывается значение наведенного напряжения в зависимости от схемы вывода в ремонт ВЛ.
3. При работе на ВЛ с возможностью разрыва провода или невозможностью заземления ВЛ в РУ одной из ПС указывать соответствующее значение наведенного напряжения из столбцов 8, 9, 10 таблицы.
4. При выводе в ремонт участков ВЛ-10 кВ обеспечить сопротивление устанавливаемого «диспетчерского» ПЗ не более 10 Ом. При невыполнении условия значение наведенного напряжения принимать по столбцу 8.
5. Персонал должен быть ознакомлен с величиной наведенного напряжения, в том числе **величина наведенного напряжения с заземлением на рабочем месте с помощью переносного заземления в перечень не заносится.** Данная величина зависит от сопротивления заземления и может представлять интерес только как величина напряжения прикосновения к заземленным машинам (механизмам), заземляющим спускам, металлической опоре на которую произведено заземление

## Измерение наведенного напряжения при подготовке рабочего места.



Для проверки возможности безопасного производства работ, правильности и качества установленных заземлений, отсутствия разрыва провода по трассе ВЛ необходимо проводить измерение наведенного напряжения при подготовке рабочего места.

Измерение проводится указателем (индикатором) наведенного напряжения в следующей последовательности:

- проверить отсутствие рабочего напряжения указателем высокого напряжения на первом проводе;
- при отсутствии рабочего напряжения указателем (индикатором) провести измерение наведенного напряжения на первом проводе;
- если наведенное напряжение ниже напряжения, указанного в наряде-допуске, установить на первый провод переносное заземление и повторить операции для других фаз;
- если наведенное напряжение на проводе выше напряжения, указанного в наряде-допуске, установить на первом рабочем месте до устранения причин наведенного напряжения переносное заземление (при отсутствии заземлений).



## **Изменения в правилах по охране труда.**

**В соответствии с требованиями правил по охране труда издания 2001 года при невозможности снижения наведенного напряжения менее 25 В установкой ПЗ на рабочем месте необходимо было отключить заземление по краям ВЛ.**

**При этом наведенное напряжение на рабочем месте снижалось до безопасной величины, но при случайном обрыве заземления на рабочем месте на ВЛ появлялась более опасная электростатическая составляющая, что приводило к несчастным случаям.**

**В соответствии с требованиями правил по охране труда издания 2013 года допускается работа на ВЛ с уровнем наведенного напряжения более 25 В, однако для безопасного производства работ в этом случае необходимо выполнить не менее одного из следующих мероприятий:**

- уравнивание и выравнивание потенциалов на один заземлитель;**
- использование электрозащитных средств;**
- применение комплектов для защиты от наведенного напряжения.**

**Если невозможно обеспечить безопасность выполнением этих условий, только тогда разрешается выполнять работу при заземлении на рабочем месте и без заземления по краям ВЛ с обязательным применением комплектов для защиты от наведенного напряжения.**

## Снижение наведенного напряжения. Вывод в ремонт влияющих ВЛ.



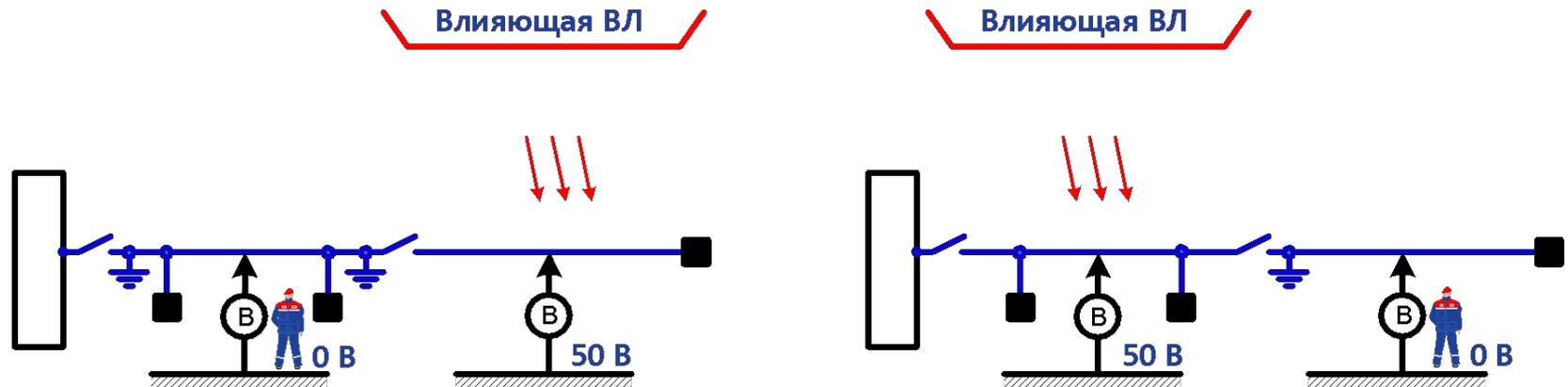
Самым эффективным и безопасным способом снижения наведенного напряжения является отключение или вывод в ремонт влияющих ВЛ.

В первую очередь выводятся в ремонт наиболее протяженные и близко расположенные ВЛ, что позволяет снизить величину электромагнитной составляющей до безопасного значения.

Необходимо помнить, что даже короткий участок влияющей ВЛ может навести значительную электростатическую составляющую. ↓

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. ↓

## Снижение наведенного напряжения. Схемные решения: исключение зоны влияния.



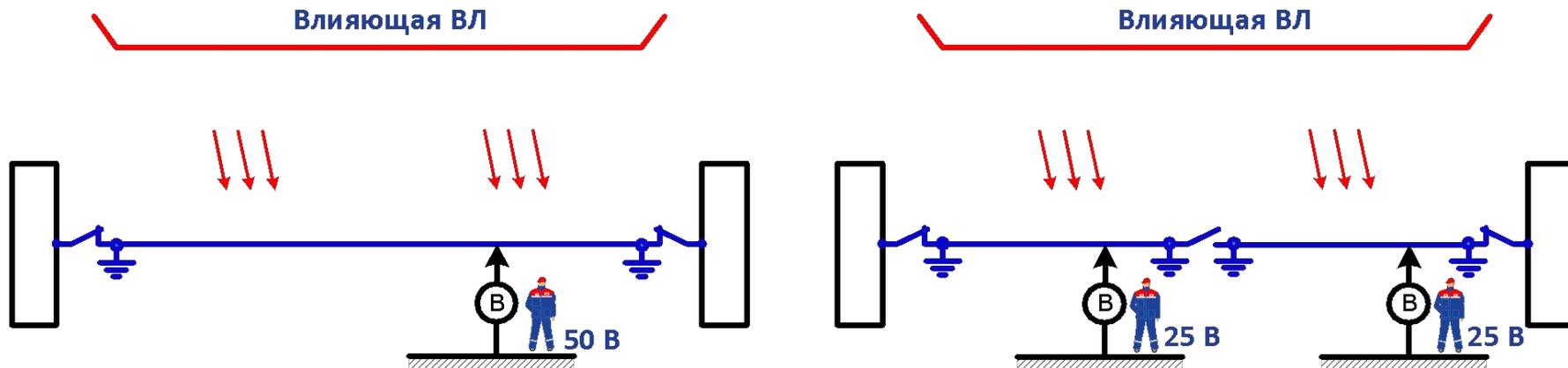
Для обеспечения безопасного производства работ на ВЛ под наведенным напряжением допускается отделить место производства работ от участка ВЛ, находящегося под наведенным напряжением.

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.

## Снижение наведенного напряжения. Схемные решения: ограничение зоны влияния.



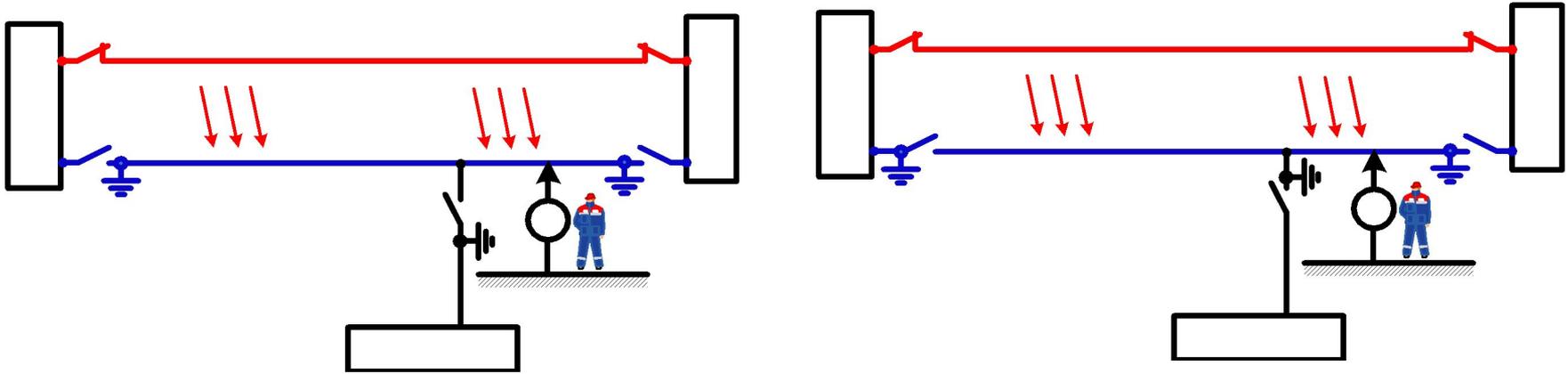
Величина электромагнитной составляющей наведенного напряжения прямо пропорциональна протяженности совместного участка влияющей и отключенной ВЛ.

Снизить наведенное напряжение на протяженной ВЛ до безопасного значения можно разделив ВЛ на части. 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, т.е. будет создана схема заземления в одном РУ, что должно найти отражение при указании значения наведенного напряжения в отдельных указаниях наряда. Необходимо обеспечить по возможности меньшее сопротивление заземляющих устройств устанавливаемых на ВЛ.

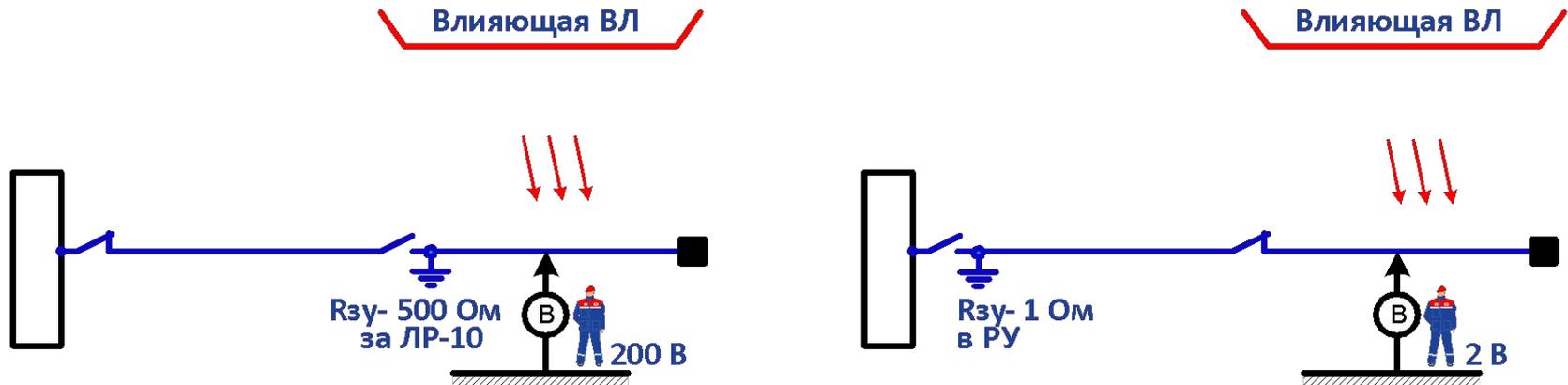
## Снижение наведенного напряжения. Схемные решения: выбор схемы заземления ВЛ в РУ.



Величина 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.

На дальнем конце ВЛ величина наведенного напряжения увеличится, поэтому в данном случае одновременное выполнение работы несколькими бригадами на разных участках линии не рекомендуется.

# Снижение наведенного напряжения. Влияние сопротивления заземления.



На величину наведенного напряжения влияет сопротивление заземлений. Например, величина наведенного напряжения на участке ВЛ-10 кВ при заземлении за отключенным разъединителем на электрод с сопротивлением 500 Ом составила 200 В, а при включенном линейном разъединителе и заземлении в РУ подстанции - 2 В.

**При работе на ВЛ под наведенным напряжением не допускается:**

- заземление на электрод, установленный в грунт с высоким удельным сопротивлением;
- подключение переносного заземления к заземляющему устройству без очистки места подключения от краски и ржавчины;
- установка переносного заземления в местах, где может быть нарушен его контакт с проводом ВЛ при выполнении работ;
- установка переносного заземления за разрывом провода или за отключенным коммутационным аппаратом.

## Электромагнитная составляющая. Влияние сопротивления заземления.

Заземляющее устройство.	Примерное сопротивление ЗУ, Ом.
Подстанция 110 кВ	$\leq 0,5$
Подстанция 10/0,4 кВ	$\leq 4$
Подстанция 35 кВ	$\leq 10$
Опора ВЛ с оборудованием	$\leq 30$
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	$\approx 500-5000$

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

В таблицах приведены ориентировочные значения сопротивлений заземляющих устройств и пример влияния сопротивления переносного заземления на рабочем месте на величину электромагнитной составляющей наведенного напряжения при заземлении ВЛ в РУ.

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

# Порядок организации работ под наведенным напряжением.

## ДО НАЧАЛА РАБОТЫ

Анализ поопорной схемы ВЛ - определить зоны влияния, возможность заземления в РУ, возможность разделения ВЛ на участки

оценить уровень Unав при разных схемах заземления с учетом целостности провода (при подготовке и в процессе работ)

определить технологию работ по ТК или ППР с указанием порядка и мест заземления, соединения проводов (тросов), применяемые средства защиты

### ИСКЛЮЧИТЬ РИСК

- отключение влияющей линии
- разделение на электрически несвязанные участки при котором рабочее место не попадает в зону влияния

### УМЕНЬШИТЬ РИСК

- выбор схемы производства работ обеспечивающей максимальную безопасность
- принятие схемных решений:
  - выбор схемы включения ЗН в РУ, в том числе отпаечных ПС;
  - разделение на электрически несвязанные участки

### ЗАЩИТИТЬ

- выполнение мер согласно ТК (ППР) при подготовке и в процессе работ
- применение средств защиты в зависимости от величины наведенного напряжения и технологии работ:
  - изолирующие средства
  - электропроводящий комплект

# Организационные мероприятия при работах под наведенным напряжением

**1. Оформление наряда-допуска с указанием значения наведенного напряжения** из перечня линий под наведенным напряжением с учетом конкретной схемы заземления предусмотренной таблицей наряда-допуска «Мероприятия по подготовке рабочих мест к выполнению работ (что должно быть отключено и где заземлено) и наличия электрической связи заземлений в РУ с рабочим местом (как при подготовке, так и в процессе работ)

**2. Назначение ответственных лиц:** ответственного руководителя работ, членов бригады с правом работы под наведенным напряжением.

### **3. Выполнение работы по ППР или ТК :**

- наведенное напряжение при заземлении, согласно наряда-допуска, - более 25 В;
- работа с разрывом провода или с отсутствием электрической связи рабочего места с ЗУ при работе на ВЛ из перечня линий под наведенным напряжением.

### **ППР или ТК для работы под наведенным напряжением должны отражать:**

- отключение и схему заземления ВЛ во всех РУ и у секционирующих коммутационных аппаратов, где отключена линия;
- заземление проводов всех фаз (тросов) на рабочих местах каждой бригады;
- необходимость уравнивания и выравнивание потенциалов заземлением проводов, машин, такелажа, приспособлений и механизмов, рабочих площадок подъемников на один заземлитель;
- необходимость использования электрозщитных средств;
- необходимость применения защитных комплектов

## Работа нескольких бригад на ВЛ под наведенным напряжением.

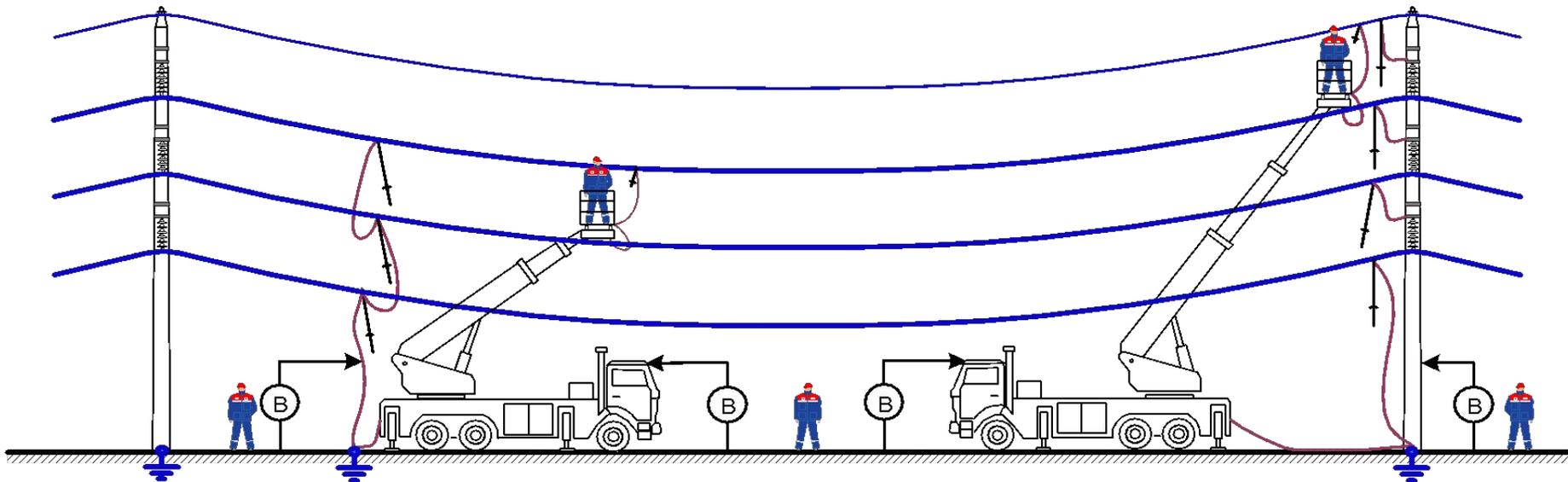
**Недопустима одновременная работа на ВЛ более одной бригады в следующих случаях:**

- работа на ВЛ под наведенным напряжением по схеме заземления на рабочем месте и отсутствии заземлений в РУ;
- работа по измерению наведенного напряжения на ВЛ;
- работа по испытанию изоляции ВЛ;
- работа с разрывом провода или с отсутствием электрической связи рабочего места с ЗУ при работе на ВЛ из перечня линий под наведенным напряжением. При необходимости одновременной работы более одной бригады, в данном случае, должны быть приняты и отражены в ППР дополнительные меры безопасности (выравнивание потенциалов в месте разрыва провода, шунтирование отключенных заземляющих ножей переносным заземлением, 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 1 бригады».

Оперативному персоналу не допускается выполнять допуск более двух бригад на данную ВЛ и её присоединение в РУ подстанций.

## Уравнивание и выравнивание потенциалов на ВЛ.



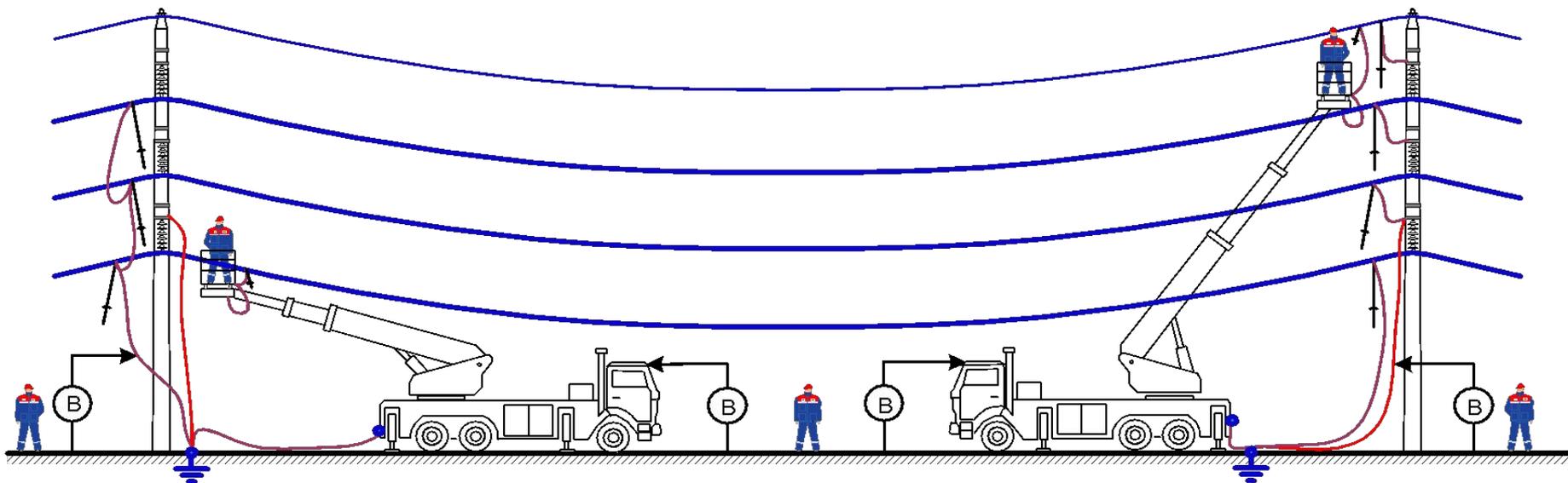
**Уравнивание и выравнивание потенциалов при использовании ГПМ выполняется в случаях:**

- наведенное напряжение при заземлении, согласно наряда-допуска, - более 25 В;
- работа с разрывом провода или с отсутствием электрической связи рабочего места с ЗУ при работе на ВЛ из переносной линии под наведенным напряжением.

**На один заземлитель должны быть подключены:** провода (грозозащитные тросы) отключенной ВЛ; машины и механизмы; корзина автоподъемника; такелаж; элементы опор.

**Необходимо помнить, что связь между металлическими элементами по телу опоры может иметь разрывы. В таких случаях выравнивание выполняется**

## Уравнивание и выравнивание потенциалов на ВЛ.

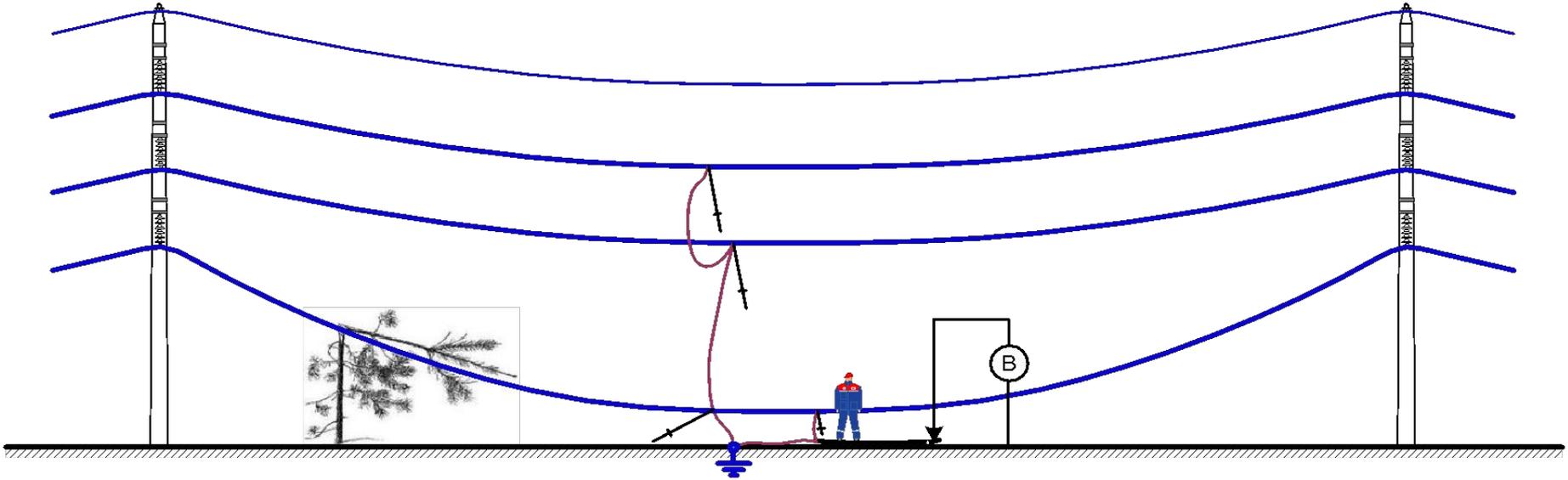


**Если отсутствует возможность подключения заземлений к выпуску в нижней части опоры, работа выполняется в следующей последовательности:**

- автоподъемник заземляется на электрод 0,5 метра;
- выполняется подъем электромонтера на высоту;
- выполняется заземление нижнего провода;
- электрод соединяется с траверсой опоры отдельным спуском;
- выполняется заземление остальных проводов;
- корзина автоподъемника соединяется с проводом проводником сечением  $\geq 25 \text{ мм}^2$ .

Если корзина автоподъемника изолирована от стрелы, предварительно необходимо выполнить шунтирование изоляторов корзины.

# Уравнивание и выравнивание потенциалов на ВЛ.



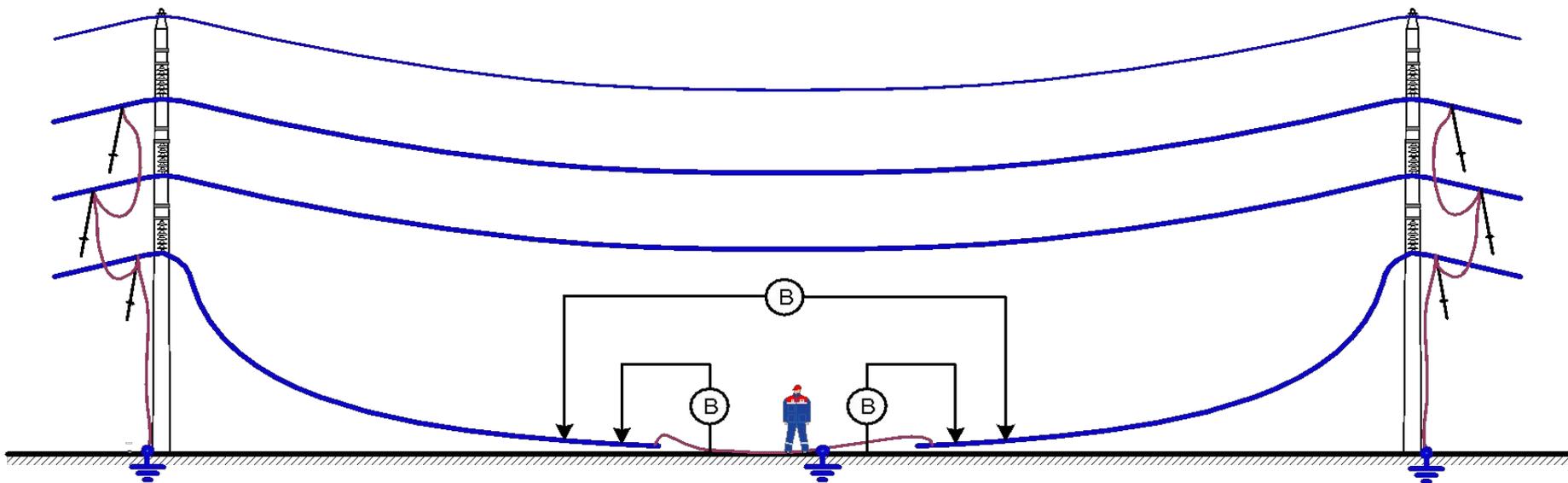
**Уравнивание и выравнивание потенциалов при работе с земли с прикосновением к проводу воздушной линии выполняется, если наведенное напряжение при заземлении, согласно наряду-допуску, - более 25 В.**

**Перед прикосновением к проводу необходимо выполнить одно из условий:**

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

**Запрещается приближение к площадке без применения средств защиты от напряжения шага после соединения площадки с проводом.**

## Уравнивание и выравнивание потенциалов на ВЛ.



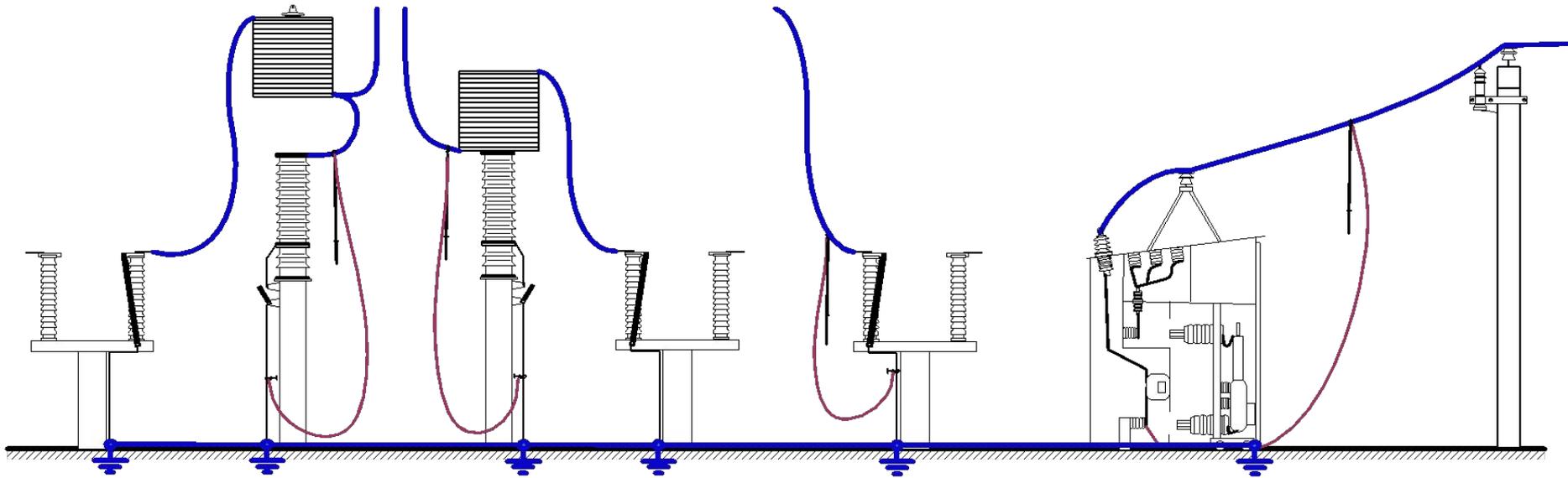
**Уравнивание и выравнивание потенциалов при работе с разрывом провода выполняется в случае, если ВЛ находится в перечне линий под наведенным напряжением.**

**Перед разрывом или соединением разрыва провода необходимо выполнить одно из следующих условий:**

- выровнять потенциалы проводов путем соединения этих участков;
- установить заземления по обе стороны с присоединением к одному ЗУ.

**Заземления должны быть установлены в местах исключающих их случайное отсоединение при выполнении работ.**

## Уравнивание и выравнивание потенциалов в РУ.

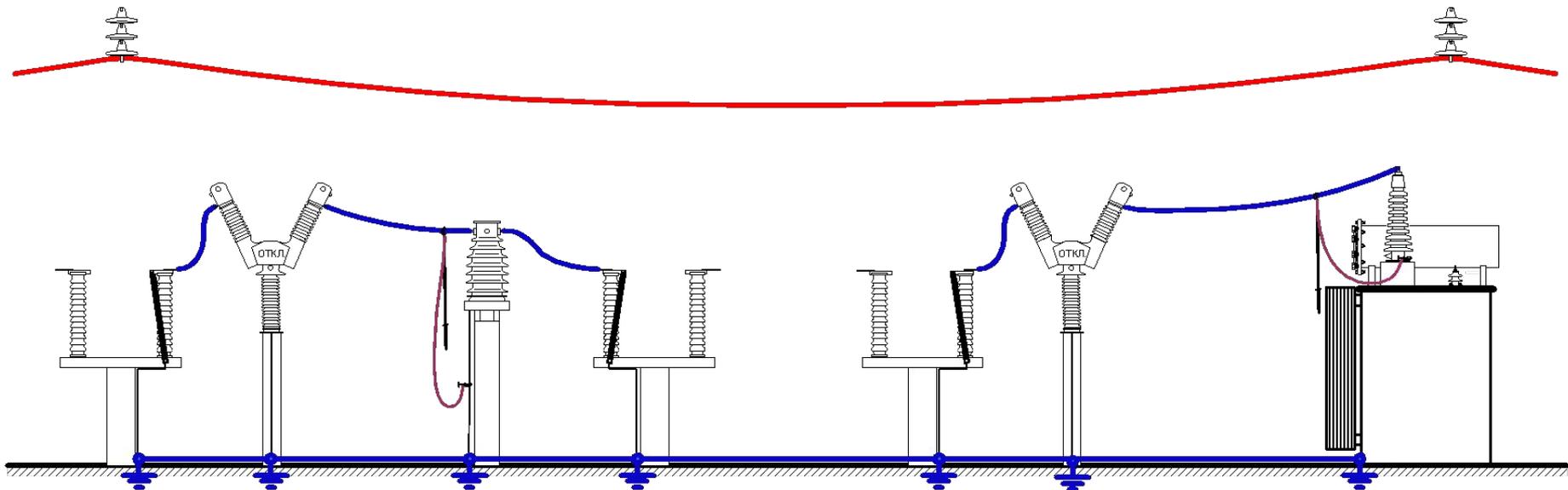


Уравнивание и выравнивание потенциалов при работе в РУ на присоединении ВЛ выполняется, если ВЛ находится в переносе линий под наведенным напряжением.

Для защиты от наведенного напряжения необходимо выполнение **всех** следующих условий:

- проверить включение заземляющих ножей и качество установки переносных заземлений;
- переносные заземления должны быть установлены в местах, исключающих их падение или ухудшение контактных соединений при выполнении работ;
- заземляющие спуски переносных заземлений должны быть подключены к ЗУ РУ;
- работу выполнять с использованием диэлектрических перчаток или изолирующих штанг номинальным напряжением не менее 1 кВ.

## Уравнивание и выравнивание потенциалов в РУ.



**Уравнивание и выравнивание потенциалов при работе на ошиновке распределительных устройств выполняется при работе на протяженных участках ошиновки в РУ-110 кВ и выше.**

При производстве работ на незаземленной ошиновке в ОРУ-110 кВ, не имеющей гальванической связи с ВЛ, достаточно выполнение **одного** из условий:

- зашунтировать участок демонтированной ошиновки от рабочего места в сторону установленного заземления шунтирующей перемычкой;
- при выполнении работ заземлить фазу ошиновки с использованием дополнительного переносного заземления или шунтирующей перемычки.

# Применение электрозащитных средств.

## Диэлектрические боты:

- работа ближе 8 м от заземляющего устройства или провода линии под наведенным напряжением при заземлении, согласно наряда-допуска, - более 25 В;
- работа по измерению наведенного напряжения на ВЛ;
- работа с земли машиниста подъемника.

## Диэлектрические перчатки:

- наведенное напряжение при заземлении, согласно наряду-допуску, - более 25 В;
- работа с разрывом провода или с отсутствием электрической связи рабочего места с ЗУ при работе на ВЛ из перечня линий под наведенным напряжением;
- работа по измерению наведенного напряжения на ВЛ;
- работа с земли машиниста подъемника;
- при наведенном напряжении более 1000 В необходимо дополнительно использовать диэлектрические штанги или применять комплект для защиты от наведенного напряжения.

## Изолирующие штанги напряжением не менее 10 кВ:

- работа с разрывом провода при напряжении **без заземления** ВЛ - более 1000 В;
- работа с разрывом провода при напряжении **с заземлением** в одном РУ - более 1000 В.

## Указатель (индикатор) наведенного напряжения при подготовке рабочего места:

ВЛ 35-110 кВ в поручне линий под наведенным напряжением

## Применение комплекта для защиты от наведенного напряжения.

**Комплекты для защиты от наведенного напряжения применяются в следующих случаях:**

- работа с разрывами провода при напряжении без заземления ВЛ - более 1000 В;
- работа с разрывом провода при напряжении с заземлением в одном РУ - более 1000 В;
- наведенное напряжение при заземлении ВЛ, согласно наряда-допуска, - более 25 В, но при этом невозможно обеспечить безопасность работ только применением диэлектрических перчаток. Существует опасность прикосновения к проводу другими частями тела или применяемым оборудованием;
- работа на ВЛ под наведенным напряжением по схеме заземления на рабочем месте и отсутствии заземлений в РУ.

Принцип действия комплекта состоит в шунтировании им тока, протекающего через тело человека, попавшего под наведенное напряжение.

В состав комплектов входят **соединенные** друг с другом элементы:

- электропроводящая куртка с наkasником и капюшоном;
- электропроводящая полукомбинезон;
- электропроводящая трикотажные перчатки;
- кожаные электропроводящие ботинки.

Комплект необходимо одеть вне зоны влияния наведенного напряжения, как правило в помещении, для обеспечения его защитных свойств, **необходимо использовать его полный состав**. В процессе выполнения работы необходимо

## Проверка комплекта 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.

Проверка состояния проводится:

- перед началом эксплуатации;
- перед каждым применением;
- после химической чистки или ремонта.

При проверке необходимо провести:

- внешний осмотр комплектов;
- измерение сопротивления постоянному току одежды, перчаток и ботинок.

Результаты измерения перед применением комплекта заносятся в журнал испытаний.

Не реже одного раза в 6 месяцев должен производиться осмотр комплекта с оформлением в журнале учета и

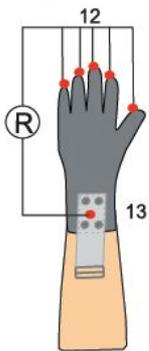
## Измерение сопротивления элементов комплекта.



Сопротивление куртки не должно превышать 10 Ом.

Измерение выполняется по схемам:

- вывод наkasника (1) - левая рука (2);
- вывод наkasника (1) - правая рука (3);
- вывод наkasника (1) - левый вывод к полукombineзону (4);
- вывод наkasника (1) - правый вывод к полукombineзону (5);
- вывод наkasника (1) - левый зажим-крокодил (6);
- вывод наkasника (1) - правый зажим-крокодил (7).



Сопротивление полукombineзона не должно превышать 10 Ом.

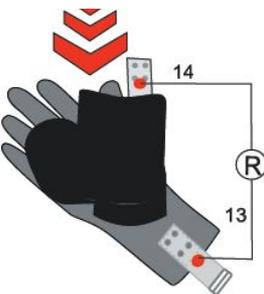
Измерение выполняется по схемам:

- левый вывод к куртке (8) - левая нога (9);
- правый вывод к куртке (10) - правая нога (11).



Сопротивление перчаток не должно превышать 30 Ом.

Сопротивление измеряется между выводом перчатки и кончиком каждого из пальцев.



Сопротивление ботинок не должно превышать 10 000 Ом.

Ботинок устанавливают на электропроводящую перчатку, к ботинку прилагается вертикальное усилие, имитирующее вес тела человека, измеряется сопротивление между выводом перчатки и выводом ботинка.

## Испытание комплекта на ВЛ под наведенным напряжением.



Для проверки защитных свойств комплекта было проведено испытание на действующей ВЛ.

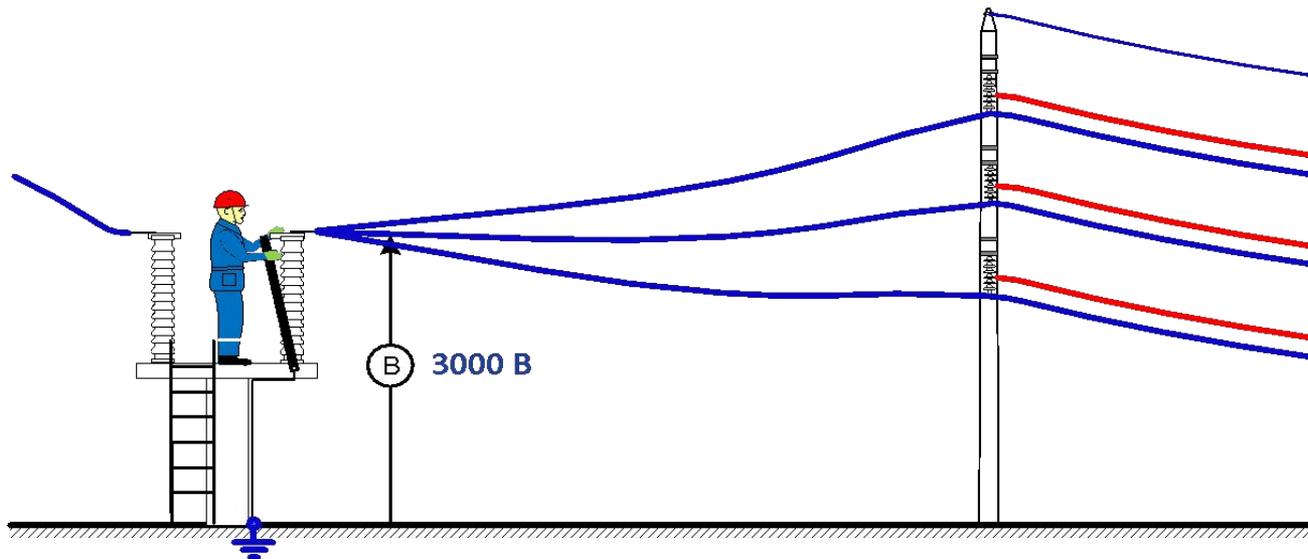
Во время испытания определялись токи, протекающие через защитный комплект Эп-4(0) и манекен при воздействии наведенного напряжения во время отключения заземлений на рабочем месте.

На манекен, одетый в защитный комплект, подавалось наведенное напряжение 850 В.

При испытании через защитный комплект протекал ток 7 А, ток через манекен составил 22 микроампера. (0,000022 А)

Испытание показало, что применение комплекта обеспечивает защиту персонала от наведенного напряжения.

## Ошибки персонала при производстве переключений в РУ.



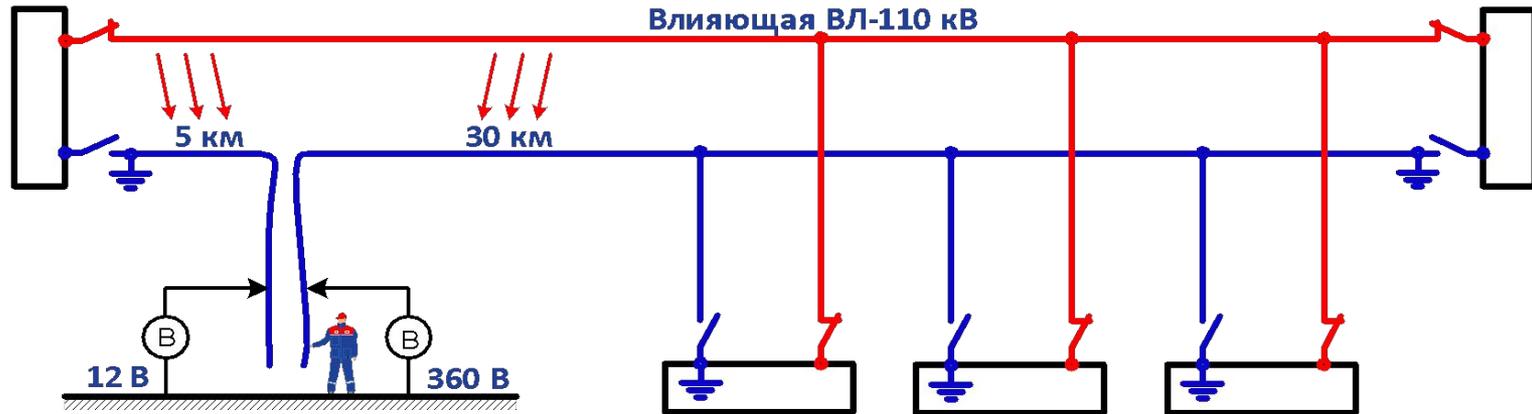
При вводе в работу ВЛ-110 кВ и неудачной попытке отключить неисправные заземляющие ножи электромонтер поднялся на разъединитель и руками попытался отключить заземляющий нож в сторону ВЛ под наведенным напряжением.

В момент размыкания контактов электромонтер попал под наведенное напряжение электростатической составляющей, равное 3000 В.

Недопустимо прикасаться к проводам ВЛ и оборудованию на присоединениях ВЛ без заземлений и без применения средств защиты.

Применение только диэлектрических перчаток недостаточно для защиты от статической составляющей наведенного напряжения, которая может превышать 6 кВ.

## Ошибки персонала при подготовке рабочего места.



После обрыва провода выведенной в ремонт ВЛ-110 кВ значительно выросла электромагнитная составляющая наведенного напряжения в месте разрыва провода.

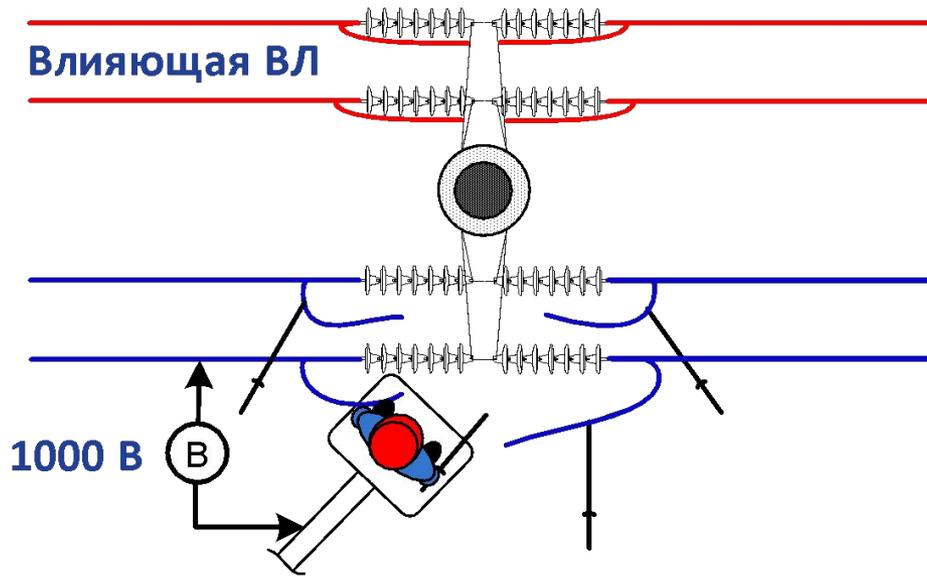
Провод ВЛ оказался заземлен с одной стороны на расстоянии 30 км. На остальных подстанциях заземления включены только за коммутационными аппаратами.

Во время подготовки рабочего места не было известно об опасной величине наведенного напряжения, появившегося после разрыва провода.

При прикосновении к проводу электромонтер попал под наведенное напряжение 360 В.

При подготовке рабочего места необходимо проводить измерение наведенного напряжения и не допускать прикосновение к проводу до выравнивания потенциалов.

## Ошибки персонала при работе на ВЛ.



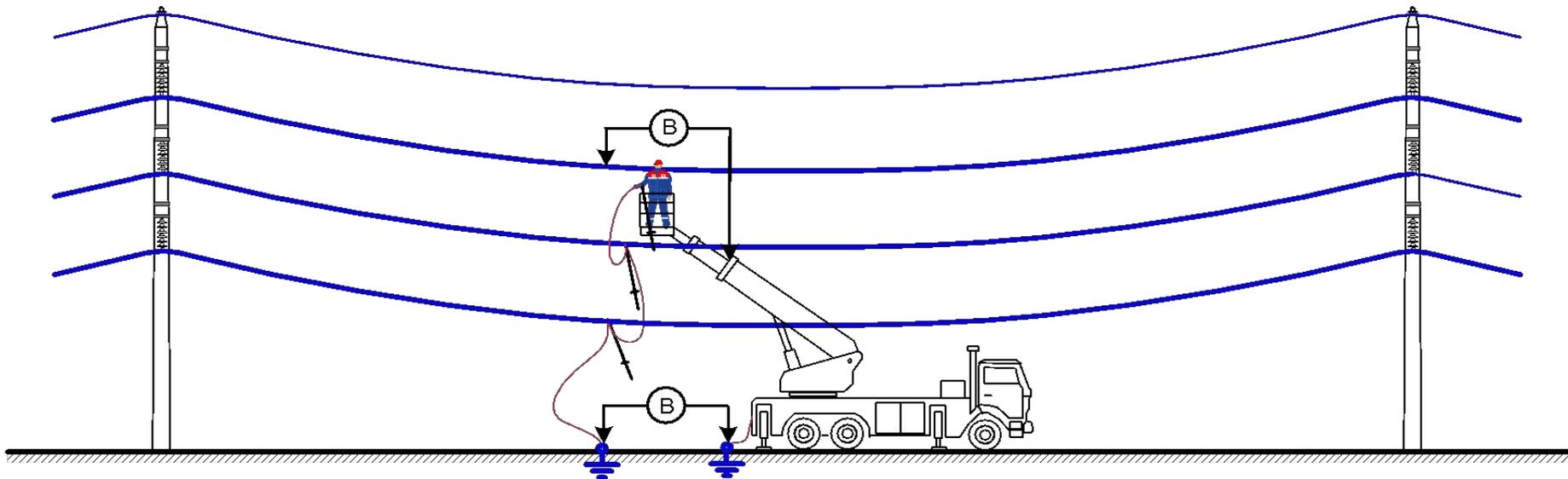
При подготовке рабочего места на ВЛ-110 кВ были разрезаны анкерные петли. По обе стороны разрыва установлены переносные заземления.

Во время подвязывания разрезанных шлейфов к траверсам опоры возникла необходимость перестановки автоподъемника.

Электромонтер снял переносное заземление, случайно коснулся разрезанного шлейфа и попал под наведенное напряжение 1000 В.

**Переносные заземления необходимо устанавливать в местах, исключающих их обрыв или отключение при выполнении работ.**

## Ошибки персонала при работе на ВЛ.

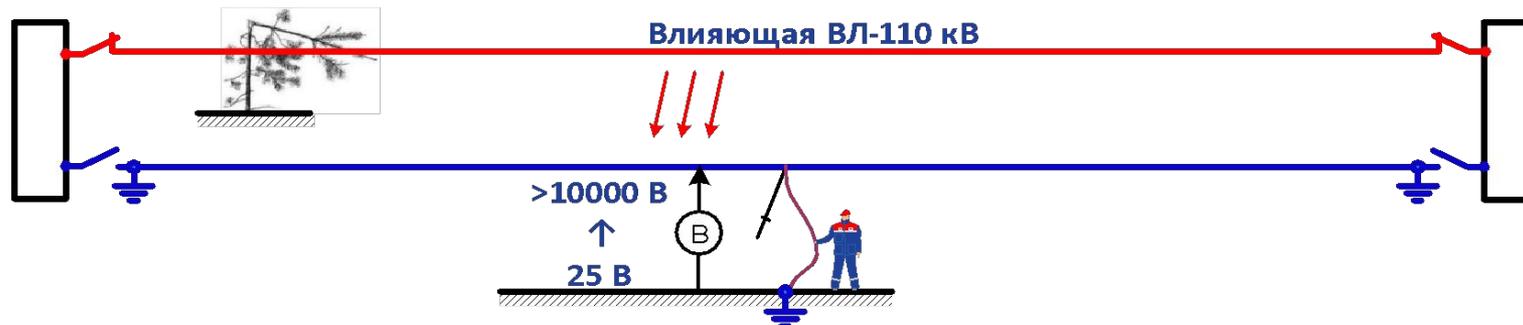


После замены изоляторов электромонтер, находясь в корзине автоподъемника, при снятии ранее установленного переносного заземления с верхней фазы ВЛ попал под наведенное напряжение.

Появление наведенного напряжения может быть вызвано разностью потенциалов на заземляющем устройстве корзины автоподъемника и заземляющем устройстве переносного заземления.

При установке и снятии переносного заземления на ВЛ под наведенным напряжением необходимо использовать защитные средства и не допускать прикосновение к проводу переносного заземления и проводу ВЛ.

## Опасность однофазного короткого замыкания на влияющей ВЛ.



Однофазное короткое замыкание на влияющей ВЛ вызывает значительный рост значения наведенного напряжения на отключенной и заземленной ВЛ.

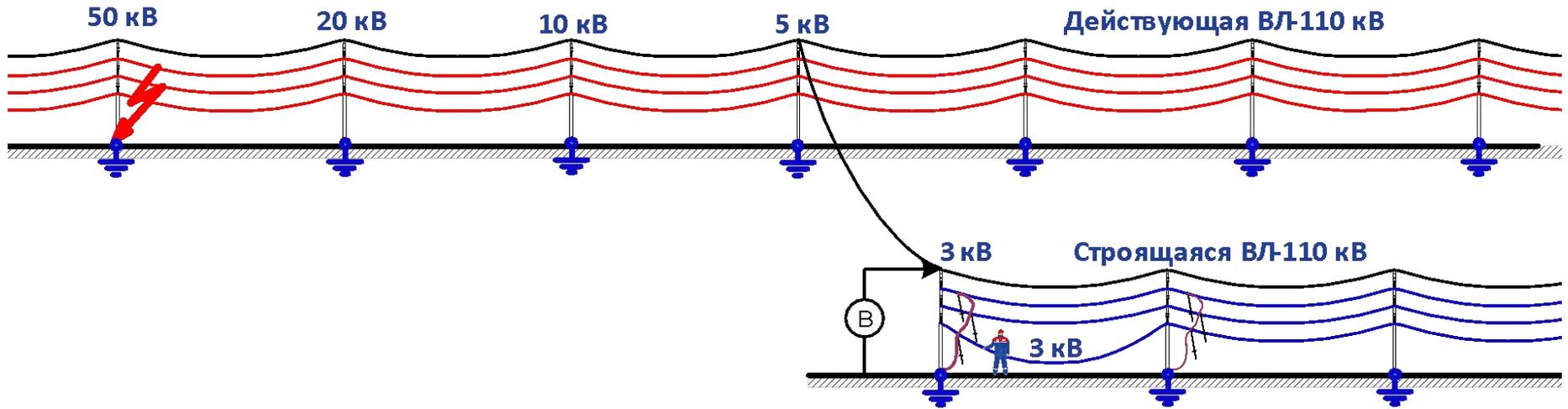
Ток в нормальном режиме влияющей линии составляет десятки или сотни ампер, а токи короткого замыкания - тысячи ампер. В момент короткого замыкания на влияющей ВЛ наведенное напряжение на время действия РЗА может возрасти в десятки или сотни раз.

При продолжительных ремонтных работах вероятность коротких замыканий на влияющих ВЛ значительно возрастает.

**Защитой от наведенного напряжения в подобных случаях может быть использование комплекта спецодежды от наведенного напряжения.**

Для минимизации рисков здоровья и жизни персонала, работающего на ВЛ под наведенным напряжением, перед повторными опробованиями аварийно отключившейся влияющей ВЛ необходимо в обязательном порядке удалять работающие бригады на безопасное расстояние (из-за возможности выноса потенциала и увеличения потенциала выше величины, предусмотренной нарядом, при протекании токов КЗ).

## Опасность выноса потенциала по грозозащитному тросу.

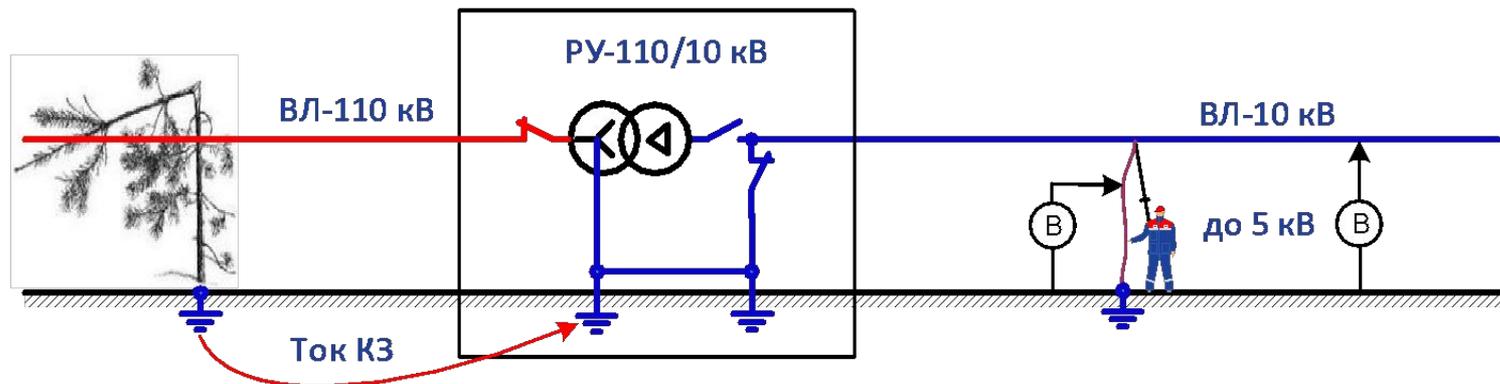


При монтаже провода строящейся ВЛ-110 кВ произошел вынос потенциала по грозотросу, присоединенному к действующей ВЛ-110 кВ.

После повреждения изолятора и однофазного короткого замыкания действующей ВЛ-110 кВ на грозотросе, заземленном на каждой опоре, появился потенциал, снижающийся по мере удаления от места короткого замыкания.

Необходимо избегать схем заземления, при которых может быть вынос потенциала с участка действующей ВЛ или с ВЛ под наведенным напряжением.

## Опасность выноса потенциала по заземляющему устройству подстанции.



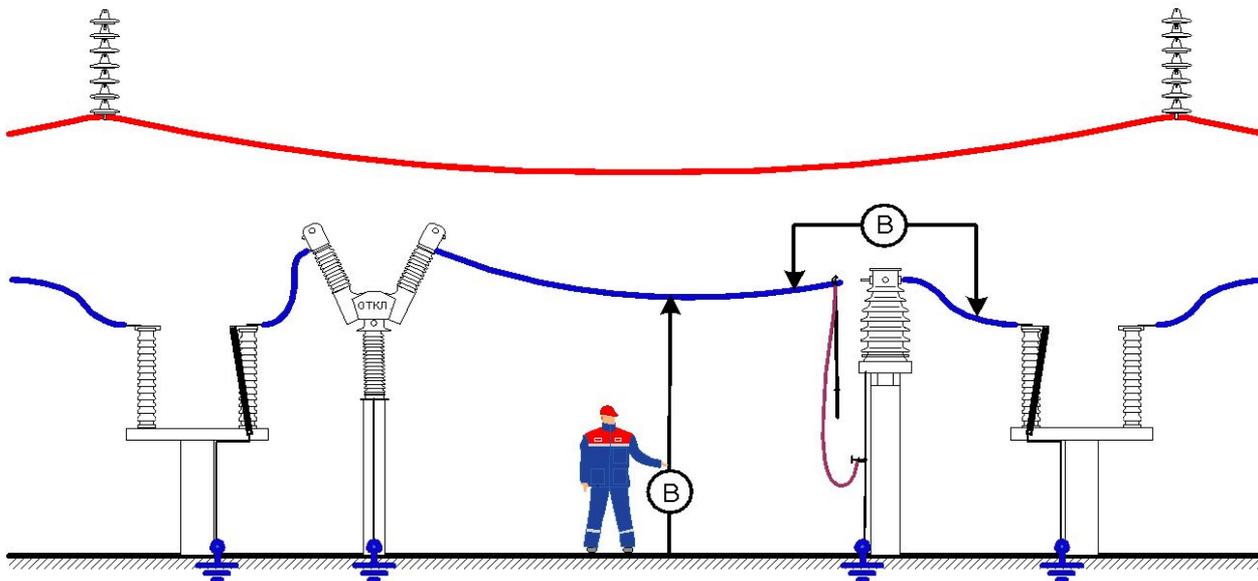
При выполнении работ на отключенной ВЛ, заземленной в распределительном устройстве подстанции стационарными заземляющими ножами, может появиться «вынесенный потенциал».

Вынесенный потенциал появляется при коротком замыкании на отходящей воздушной линии 110 кВ.

Например, ток короткого замыкания через нейтраль силового трансформатора 110/10 кВ может достигать 1-10 кА. При сопротивлении заземляющего устройства 0,5 Ом напряжение на заземляющем устройстве на время действия РЗА составит до 5 кВ.

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

## Опасность статической составляющей в РУ подстанций.

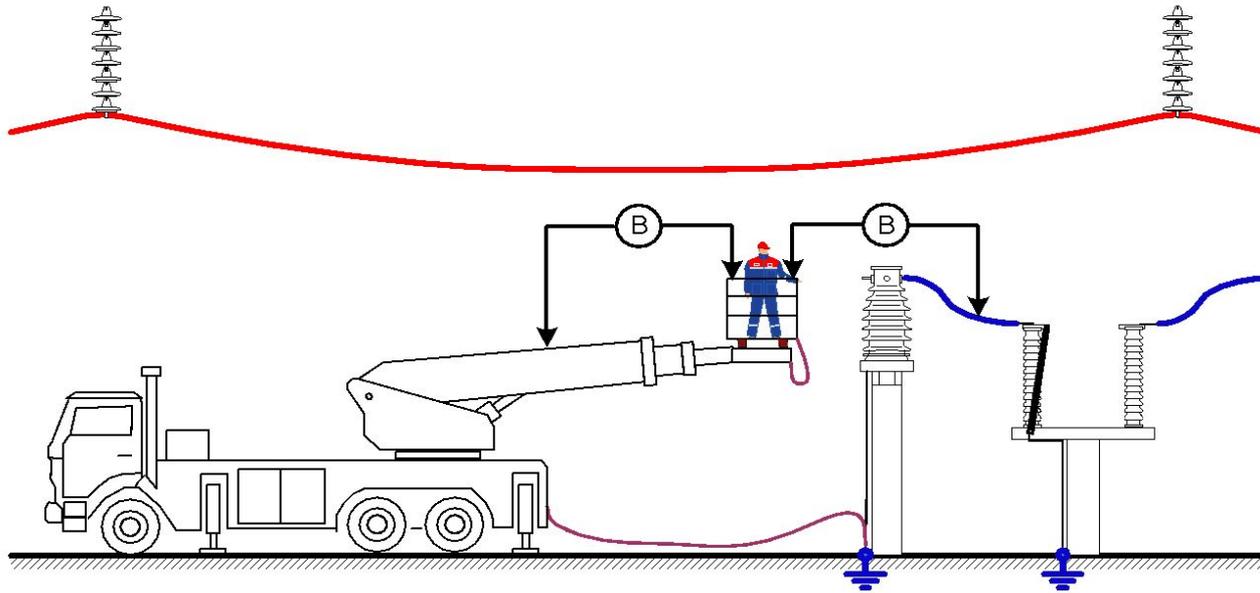


При отсоединении ошиновки трансформатора тока в сторону отключенного выключателя на незаземленном проводе появляется статическая составляющая наведенного напряжения 500 и более вольт. ↓

Для защиты от наведенного напряжения в РУ необходимо установить заземление на незаземленный участок ошиновки. ↓

Необходимость включения коммутационных аппаратов, отделяющих рабочее место от заземленных частей, необходимо указывать в заявке на вывод в ремонт оборудования.

## Опасность статической составляющей при работе с автоподъемником.



При работе с использованием автоподъемника в РУ 110 кВ на изолированной от рамы корзине появляется статическая составляющая наведенного напряжения до 200 В.

Ток, стекающий с корзины, не превышает опасных значений, но превышает порог чувствительности, что может быть опасно при работе на высоте. ↓

Для защиты от наведенного напряжения на корзине автоподъемника необходимо шунтировать изоляторы между корзиной и рамой автоподъемника. ↓

## Примеры измерения электростатической составляющей.



**Наведенное напряжение на изолированном проводе длиной 20 метров, протянутом вдоль ВЛ-110 кВ, составило более 138 В.**



**Наведенное напряжение на изолированной корзине автоподъемника, расположенного в РУ-110 кВ, составило более 158 В.**

# Расчетная величина электростатической составляющей.

От оси до провода, м	Влияющая ВЛ-110 кВ бочка			Влияющая ВЛ-110 кВ треугольник			Влияющая ВЛ-35 кВ треугольник			Влияющая ВЛ-10 кВ треугольник		
	на ВЛ 110, В	на ВЛ 35, В	на ВЛ 10, В	на ВЛ 110, В	на ВЛ 35, В	на ВЛ 10, В	на ВЛ 110, В	на ВЛ 35, В	на ВЛ 10, В	на ВЛ 110, В	на ВЛ 35, В	на ВЛ 10, В
5	9327	8489	4865	9144	12340	6807	1498	1635	1545	163	200	232
10	4328	2876	1838	4487	4380	3586	802	777	651	100	102	95
15	2713	1894	1330	2586	2374	1950	492	453	362	63	59	50
20	1932	1406	1038	1640	1451	1167	326	291	226	42	37	30
25	1456	1075	807	1107	954	753	229	200	152	29	25	20
30	1132	837	631	784	664	516	168	145	108	22	18	14
35	901	664	501	578	482	371	127	109	80	16	14	10
40	730	536	403	440	364	277	99	84	62	13	11	7.99
45	601	439	330	344	283	214	79	67	49	10	8.40	6.34
50	502	366	274	276	225	170	65	55	40	8.42	6.85	5.15
55	425	308	231	225	183	138	54	45	33	7.02	5.69	4.27
60	364	263	197	187	151	114	45	38	27	5.94	4.80	3.59
65	314	227	169	158	127	95	39	32	23	5.09	4.10	3.07
70	274	197	147	134	108	81	33	28	20	4.41	3.55	2.65
75	241	173	129	116	93	70	29	24	17	3.85	3.10	2.31
80	213	153	114	101	81	61	26	21	15	3.39	2.73	2.03
85	190	136	101	89	71	53	23	19	14	3.01	2.42	1.80
90	170	122	91	78	63	47	20	17	12	2.69	2.16	1.61
95	153	110	82	70	56	42	18	15	11	2.42	1.94	1.44
100	139	99	74	63	50	37	16	14	10	2.19	1.75	1.30
105	126	90	67	57	45	34	15	12	9	1.99	1.59	1.18
110	115	82	61	51	41	30	13	11	8	1.81	1.45	1.08
115	106	75	56	47	37	28	12	10	7	1.66	1.33	0.99
120	97	69	51	43	34	25	11	9.35	6.68	1.53	1.22	0.91
125	90	64	47	39	31	23	10	8.61	6.15	1.41	1.12	0.83
130	83	59	44	36	29	21	9.58	7.95	5.68	1.30	1.04	0.77
135	77	55	41	33	27	20	8.87	7.36	5.26	1.21	0.96	0.72
140	72	51	38	31	25	18	8.24	6.84	4.88	1.12	0.90	0.67
145	67	48	35	29	23	17	7.68	6.37	4.55	1.05	0.84	0.62
150	63	45	33	27	21	16	7.17	5.94	4.24	0.98	0.78	0.58

Максимально возможные значения на фазе отключенной ВЛ без учета влияния соседних фаз, грозотроса и участков без параллельного следования влияющей и отключенной ВЛ.

## **Выводы.**

**Электростатическая составляющая** проявляется на ВЛ всех классов напряжений, она достигает нескольких киловольт и может быть снижена установкой единственного качественного заземления.

Необходимо обеспечить надежность установки заземления при выполнении работ.

Не допускать разрывов провода между рабочим местом и установленным заземлением.

Не прикасаться к проводу и заземляющему устройству при установке заземлений.

Для установки заземлений за секционирующими коммутационными аппаратами необходимо монтировать стационарные заземляющие устройства, обеспечивающие минимальное сопротивление при высыхании и промерзании грунта.

**Электромагнитная составляющая** более 25 В проявляется на ВЛ 35-110 кВ и на двухцепных участках ВЛ 10 кВ, снижается отключением или ограничением зоны влияния ВЛ.

Не рекомендуется выполнять работы при отключении заземлений по краям ВЛ и заземлении только на рабочем месте в связи с опасностью обрыва единственного заземления и появления более опасной электростатической составляющей.

Если не удастся снизить электромагнитную составляющую ограничением зоны влияния и отключением влияющих линий, необходимо применять комплекты для защиты от наведенного напряжения или использовать электрозащитные средства, или выполнять выравнивание потенциалов элементов, доступных для прикосновения.