

Министерство РФ по связи и информатизации
ПГАТИ
КАФЕДРА ЛИНИИ СВЯЗИ И ИТС

Одобрено советом ФЭС
20 июня 2001г.

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 12
ИСПЫТАНИЕ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Составил к.т.н., доцент Воронков А.А.
Редактор д.т.н., профессор Андреев В.А.
Рецензент к.т.н., доцент Корнилов И.И.

Самара 2001

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать влияние ЛЭП и молнии на электрические кабели связи и меры защиты.

II. ЛИТЕРАТУРА

1. Кочановский Л.Н., Верник С.М. Линии связи. М., Р и С, 1995, с. 318-327; 345-369.

2. Инженерно-технический справочник по электросвязи. Кабельные и воздушные линии связи. М., Р и С, 1986, с.466-487,655.

3. Руководство по защите металлических кабелей от ударов молнии.- М., Госкомсвязи России, 1997.

III. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ

ПВЭМ с программным обеспечением для выполнения лабораторной работы №12.

IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Ознакомьтесь с оборудованием рабочего места;

2. Загрузите программу для выполнения данной лабораторной работы;

3. Пройдите тест для допуска к выполнению лабораторной работы;

4. Выполните исследование опасного магнитного влияния ЛЭП на электрический кабель связи тип, которого задаётся преподавателем. для которого необходимо выписать исходные данные с экрана монитора.

Для исследования введите в компьютер:

а) значение удельного сопротивления грунта;

б) эквивалентную ширину участка сближения;

в) эквивалентную длину участка сближения;

г) ток короткого замыкания ЛЭП для исследуемого варианта;

д) результаты исследования не менее 3 вариантов представьте в виде таблицы;

5. Выполните исследования грозостойкости электрического кабеля связи, тип которого задаётся преподавателем, для которого необходимо выписать исходные данные с экрана монитора.

Для исследования введите в компьютер:

а) максимально допустимое импульсное напряжение на изоляции кабеля;

б) радиус кабеля по внешней поверхности металлических покровов;

в) сопротивление металлических покровов кабеля на постоянном токе;

г) удельное сопротивление грунта;

д) среднее число грозочасов в год;

Если кабель имеет шланговые покровы, дополнительно вводятся:

- среднее сопротивление заземления;

- среднее расстояние между заземлениями;

е) результаты не менее 3 вариантов исследования представьте в виде таблицы.

V. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- а) таблицы и графики результатов исследований;
- б) выводы по каждому пункту выполненной лабораторной работы.

VI. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ

1. Какие внешние источники влияют на линии связи ?
2. Чем отличаются опасные и мешающие влияния ?
3. Физическая сущность влияния атмосферного электричества.
4. Типы высоковольтных линий передачи
5. Охарактеризуйте нормальный, вынужденный и аварийный режимы работы ЛЭП.
6. В каких случаях возникают опасные влияния ?
7. Поясните электрическое, магнитное и гальваническое влияния на линии связи.
8. Чем руководствуются при определении норм на опасные влияния ?
9. Нормы на опасные влияния.
10. Нормы на мешающие влияния.
11. Влияние атмосферного электричества на подземные кабели связи.
12. Защита линий связи от высоковольтных линий.
13. Защита линий связи от ударов молнии.
14. Защита линий связи от влияния радиостанций
15. Устройство и типы разрядников.
16. Устройство и типы предохранителей.
17. Назначение заземлений в технике электросвязи.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. ИСТОЧНИКИ ВЛИЯНИЯ

На работу кабельных и воздушных линий связи (ЛС) могут оказывать неблагоприятные воздействия посторонние источники влияния, к которым относятся: атмосферное электричество, линии электропередачи, контактные сети электрифицированных железных дорог (эл. ж. д.), передающие радиостанции. Указанные внешние источники помех могут создавать в цепях ЛС опасные и мешающие влияния.

Опасным влиянием называется такое влияние, при котором напряжения и токи, возникающие в цепях ЛС, вызывают разрушение и повреждение станционной аппаратуры, линейных сооружений, а также создают опасность для обслуживающего персонала.

Мешающим влиянием называется такое влияние, при котором в цепях связи появляются напряжения и токи, ведущие к нарушению нормальной работы связи (появление посторонних шумов, искажение передачи и т.п.).

Наиболее распространёнными источниками мешающих влияний являются линии электропередачи, контактные сети эл. ж. д., радиостанции.

Источниками опасных влияний служат, главным образом, атмосферное электричество и высоковольтные линии (ВЛ), особенно при аварийном режиме.

1.1 Влияние атмосферного электричества

Высокое напряжение на проводах ЛС при грозовых разрядах появляется или вследствие индукции от разряда облака на землю, или в результате непосредственного разряда через линию связи (прямой удар). Чаще молнией поражаются наиболее высокие наземные предметы. Однако, молния может ударить и в ровную поверхность земли, устремляясь в область большей электропроводности почвы. Чаще всего повреждения подземных кабелей наблюдаются в грунтах с большим удельным сопротивлением (каменистых, гранитных, песчаных и т.п.).

Молния - это электрический разряд через изолятор - воздух. Путь, образованный разрядом атмосферного электричества, называется каналом молнии. Канал молнии характеризуется примерно следующими параметрами:

Напряжение, млн. в	1-10
Ток молнии, кА	20-30
Длительность удара молнии, С	0,3-0,5
Количество разрядов за один удар	3-10
Время одного разряда, мкс	100-200
Температура в канале молнии, С°	20000

При ударе молнии ток распространяется от места удара по земле во все стороны. При наличии поблизости от этого места подземного кабеля большая часть тока молнии может пройти в оболочку кабеля. Между местом удара и кабелем ток молнии создает электрическую дугу, длина которой в некоторых случаях достигает 30-50 м. Образование дуги вызывает чаще всего механические повреждения кабеля (образуются вмятины на оболочке, прогибы кабеля, разрывы ленточной брони и т.п.).

Рассмотрим влияние грозового разряда на симметричный кабель с металлической оболочкой (рис.1).

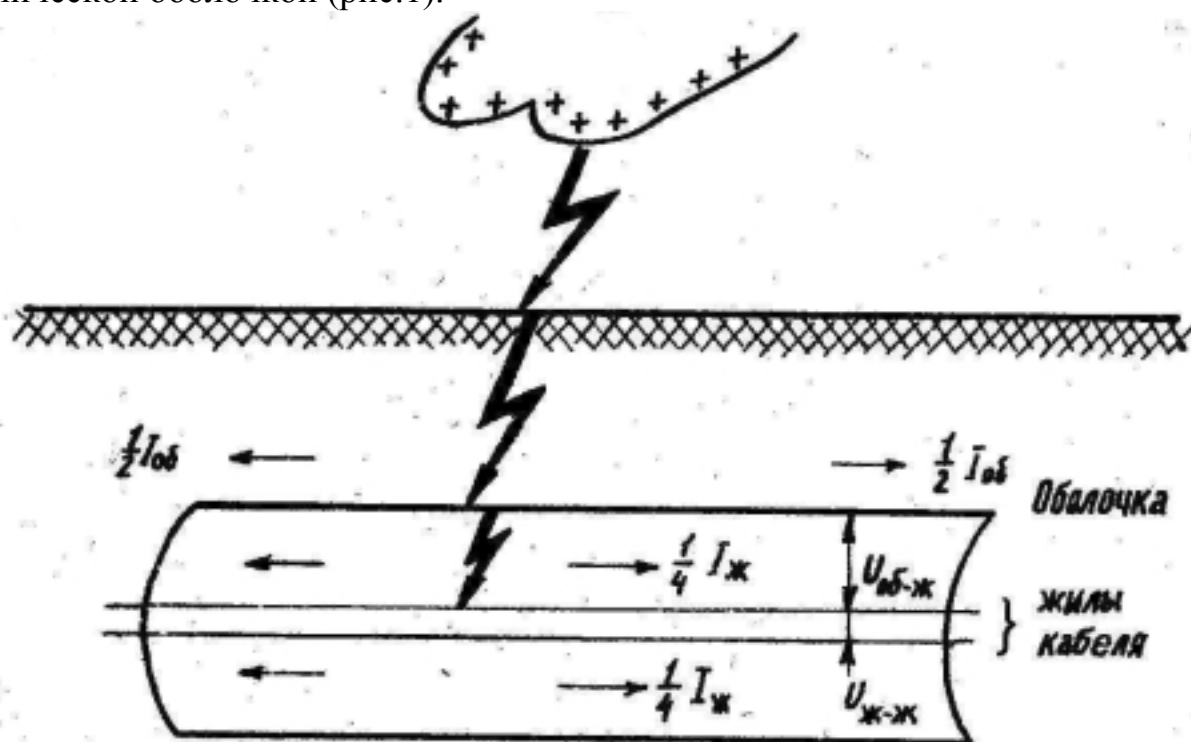


Рис.1. Попадание тока молнии в симметричный кабель

Ток $I_{об}$ вошедший в оболочку кабеля, распространяется по ней в обе стороны. По мере удаления от места удара он уменьшается по величине вследствие ответвления части тока из оболочки в землю. Под действием тока $I_{об}$ в жилах кабеля индуктируются напряжение $V_{об-ж}$, $V_{ж-ж}$ и токи $I_{ж}$,

где: $V_{об-ж}$ - индуктированное напряжение между оболочкой и жилой;

$V_{ж-ж}$ - индуктированное напряжение между жилами.

Эти напряжения и токи при известных условиях могут быть опасными для изоляции жил кабеля и для включенной аппаратуры. Если напряжения $V_{об-ж}$ или $V_{ж-ж}$ превысят электрическую прочность изоляции жил, произойдет пробой изоляции. При пробое или прожоге изоляции между оболочкой и жилой кабеля часть тока молнии попадет и в жилы кабеля. Повреждения кабеля от токов молнии весьма разнообразны: от сильного нагрева расплавляется металлическая оболочка, сгорает джутовая оплетка, обгорает изоляция, расплавляются жилы кабеля

1.2. Влияние высоковольтных линий

К высоковольтным линиям относятся линии электропередачи высокого напряжения и контактные сети эл.ж.д. Линии электропередачи, работающие на переменном токе с частотой 50 Гц, имеют напряжение от 3 до 750 кВ и выше. Линии электропередачи постоянного тока имеют напряжение 500-1500кВ. Для контактных сетей трамвая метрополитена используется постоянный ток напряжением соответственно 600 и 800 В, для эл.ж.д. - постоянный ток напряжением 3300 В, или переменный с частотой 50 Гц и напряжением 25-27 кВ.

Высоковольтные линии в зависимости от характера и степени влияния на цепи связи разделяются на симметричные и несимметричные (рис.2 и рис.3).

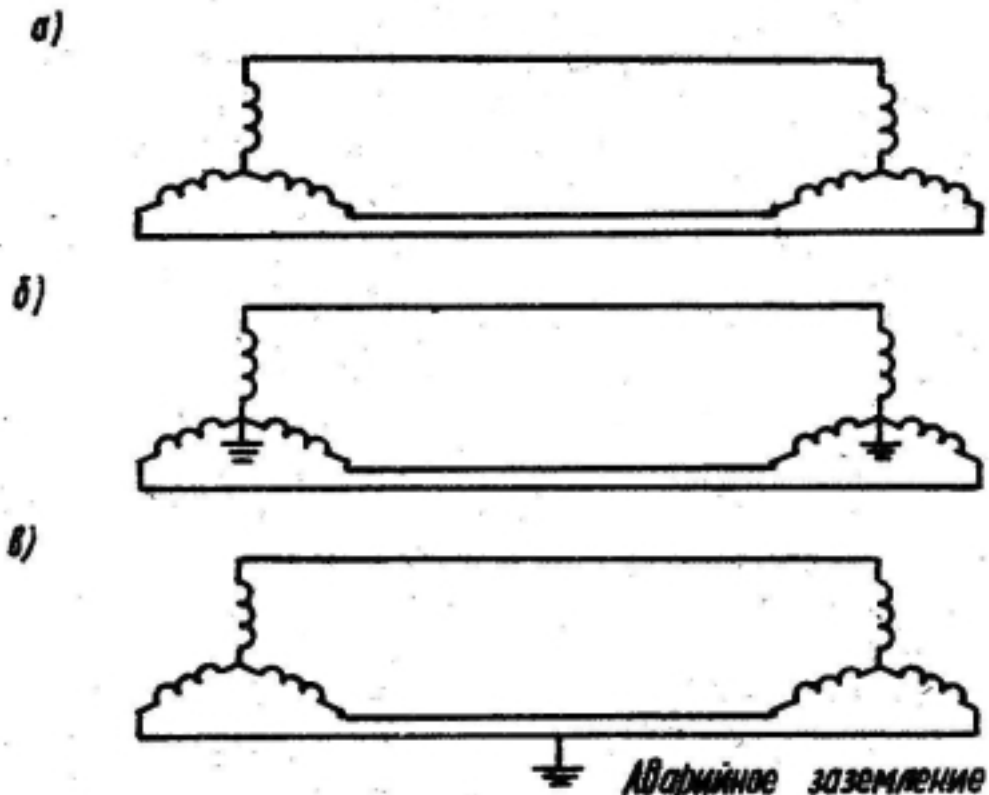


Рис.2. Симметричные линии передачи:

- а) с изолированной нейтралью; б) с заземлённой нейтралью;
- в) с изолированной нейтралью при заземлении одной из фаз.

Симметричными называются линии, которые не имеют остаточных напряжений и токов в земле. Напряжения и токи на всех проводах этих линий равны по величине, но сдвинуты по фазе на 120° в трехфазных цепях и на 180° в двухпроводных цепях. К симметричным линиям относятся трехфазные линии с изолированной нейтралью (рис.2а), с заземленной нейтралью (рис.2б), а также однофазные двухпроводные линии с изолированной нейтралью при заземлении одной из фаз (рис.2в).

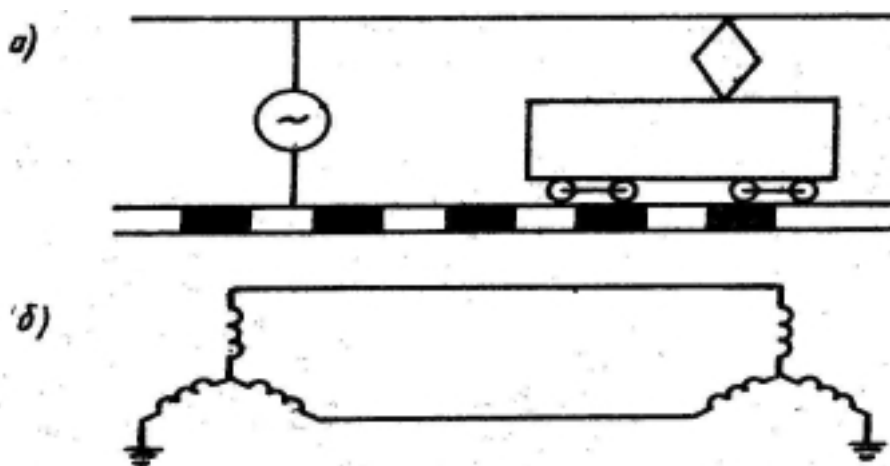


Рис.3. Несимметричные линии передачи
а) эл.ж.д.; б) линии по системе «два провода-земля»

Несимметричными называются линии, у которых земля используется в качестве одного из рабочих проводов, т.е. линии, работа которых в нормальном режиме сопровождается появлением влияющих токов в земле. К несимметричным линиям относятся контактные сети эл.ж.д. (рис.3а), трехфазные линии электропередачи с двумя фазовыми проводами и с использованием земли в качестве третьего провода (рис.3б). При рассмотрении влияния на цепи связи различают нормальный, вынужденный и аварийный режимы ВЛ. Под нормальным режимом понимается тот режим, при котором линия работает постоянно. Вынужденный режим - это тот, при котором ВЛ вынуждена работать определенный промежуток времени в режиме, отличающемся от нормального. Аварийный режим возникает при нарушении нормальной работы ВЛ, например, при обрыве и заземлении провода одной из фаз трехфазной линии с заземленной нейтралью.

При вынужденном и аварийном режимах работы ВЛ влияние на линии связи резко возрастает по сравнению с нормальным режимом работы.

Опасные влияния могут возникать в случаях:

- заземления фазового провода трехфазных ВЛ с заземленной нейтралью;
- заземления одного или двух фазовых проводов симметричных ВЛ с изолированной нейтралью;
- нормального режима работы несимметричных ВЛ переменного тока и заземления фазового провода;

Мешающее напряжение в телефонных каналах тональной и высокой частоты создаются магнитными и электрическими полями токов и напряжений ВЛ как основной частоты, так и частот гармонических составляющих, обусловленных,

главным образом, выпрямительными устройствами на подстанциях линий электропередачи э.д.ж.д.

При расчете электромагнитных влияний ВЛ на ЛС для удобства учитывают отдельно магнитное и электрическое влияние. Влияние, обусловленное неуравновешенным напряжением фазовых проводов ВЛ по отношению к земле, называют электрическим влиянием. Например, при нормальном режиме работы симметричных ВЛ (при равенстве нагрузок фаз) напряжения и токи в каждом фазовом проводе равны по величине и сдвинуты друг от друга по фазе на 120° , сумма напряжений относительно земли и сумма токов фазовых проводов практически равны нулю. В этом случае влияние симметричных ВЛ не опасно. При заземлении же фазового провода в трехфазной ВЛ с изолированной нейтралью сумма напряжений фазовых проводов относительно земли становится равной $1,73$ линейного напряжения. Такое напряжение создает вокруг проводов ВЛ переменное электрическое поле, которое воздействует на ЛС. В зависимости от расстояния между ВЛ и ЛС и высоты подвеса их проводов напряжение, индуктированное переменным электрическим полем ВЛ, может быть опасным.

Влияние, связанное с неуравновешенным током в проводах ВЛ, называют магнитным влиянием. Например, при заземлении одного из проводов трехфазной ВЛ с заземленной нейтралью в неисправном проводе возникает ток короткого замыкания, достигающий больших значений, при которых переменное магнитное поле ВЛ индуктирует в ЛС продольную э.д.с., опасную по величине.

Воздушные линии связи подвержены магнитному и электрическому влиянию со стороны высоковольтных линий. Кабели связи с металлическими оболочками, при прокладке в земле и с неметаллическими (вследствие экранирующего действия оболочки и земли) практически защищены от электрических влияний и подвержены только магнитным влияниям.

Причиной опасных воздействий на линии связи, кроме магнитных и электрических, могут быть гальванические влияния, источником которых являются контактные сети электрических железных дорог, и линии электропередачи, работающие в неполнофазном режиме. Гальваническому влиянию подвержены заземленные металлические оболочки кабелей цепи связи, использующие в качестве обратного провода землю. Кроме того, гальваническое влияние проявляется на линиях связи, где дистанционное питание определяется по схеме "провод-земля". Гальваническое влияние определяется величиной блуждающих токов, протекающих в земле.

1.3. Влияние радиостанций

Мощные передающие радиостанции могут оказывать только мешающее влияние на цепи линий связи. Причём, мешающие влияния на высокочастотные каналы связи имеют место в тех случаях, когда частоты помех совпадают с рабочим диапазоном частот ВЧ систем.

На линии связи оказывают непосредственное влияние радиостанции сверхдлинноволнового диапазона (частоты 5-50 кГц), длинноволнового (частоты 50-500 кГц) и средневолнового (частоты 300-3000 кГц). Наиболее мощными радиостанциями являются вещательные и телеграфные, работающие на большом расстоянии. Больше всего подвержены влиянию радиостанции вертикальные

провода (вводы цепей в НРП и ОРП). Степень мешающего влияния радиостанции на цепи связи зависит от излучаемой мощности, расположения трассы ЛС по отношению к влияющей радиостанции, проводимости земли и коэффициента чувствительности цепи связи к помехам.

Коэффициентом чувствительности телефонных цепей к помехам называют отношение индуктированного напряжения помех на нагрузке двухпроводной телефонной цепи к индуктированному напряжению в однопроводной цепи при определенной частоте влияющего тока. Коэффициент чувствительности для цепей междугородных кабельных линий на частоте 800 Гц не должен превышать 0,0013.

2. НОРМЫ ОПАСНОГО И МЕШАЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ

Степень влияния ВЛ на линии связи оценивается напряжениями и токами, наводимыми в цепях связи. Для безопасности обслуживающего персонала и лиц, пользующихся средствами связи, предохранения от повреждения аппаратуры и линий связи, а также обеспечения необходимого качества передачи установлены нормы допустимых величин опасных и мешающих напряжений и токов. При этом принимаются во внимание время и условия воздействий опасных напряжений и токов на людей и аппаратуру.

Влияния при аварийных режимах бывают кратковременными, так как они исчезают с автоматическим отключением поврежденной линии. Кроме того аварии на ВЛ сравнительно редки, поэтому для этого вида влияний приняты относительно высокие допустимые напряжения.

При длительном влиянии, которое имеет место при вынужденном режиме работы симметричных и несимметричных линий, а также при нормальном режиме работы несимметричных линий существует большая вероятность опасных воздействий. Поэтому при длительных воздействиях приняты более низкие наводимые в проводах связи допустимые напряжения.

Величины допустимых продольных э.д.с. на длине гальванически неразделенного участка ЛС при различном времени влияния ВЛ на воздушную ЛС приведены в табл.1.

Таблица 1

Величины допустимых продольных э.д.с. на проводах воздушных ЛС

Тип опор	Допустимые э.д.с., В, при влиянии				
	кратковременном, с			длительном, час	
	0,15	0,3	0,6	Менее 2ч	Более 2ч
Деревянные, в том числе и с железобетонными приставками	2000	1500	1000	120	60
Железобетонные	320	240	160	70	36

Основным критерием при определении допустимых продольных э.д.с. на проводах воздушных ЛС является допустимая величина тока, проходящего через тело человека, находящегося на линии с деревянными опорами (14 мА) и на линии с железобетонными опорами (88,5 мА).

Величина допустимого опасного напряжения на жилах кабелей связи определяется электрической прочностью изоляция жил кабеля и вводного оборудования аппаратуры для различных схем дистанционного питания. Допустимые продольные э.д.с. на жилах кабелей связи представлены в табл.2,

где:

$U_{исп.}$ - испытательное напряжение вводного оборудования аппаратуры и жил кабеля по отношению к земле (оболочке), указанное в технических условиях на кабель и аппаратуру;

$U_{дп.}$ - напряжение дистанционного питания по отношению к земле (оболочке);

$U_{раб.}$ - рабочее (длительно допустимое) напряжение изоляции жил кабеля или вводного оборудования аппаратуры по отношению к земле (оболочке), указанное в технических условиях на кабель или аппаратуру.

Таблица 2

Величины допустимых продольных э.д.с. на жилах кабелей связи

Схема передачи дистанционного питания усилителей	Допустимые э.д.с., В, при влиянии		
	Длительном	кратковременном	
		Эл.ж.д.	ВЛ
Без дистанционного питания	$U_{раб.}$	$0,6U_{исп.}$	$U_{исп.}$
"Провод-земля" постоянным током	$U_{раб.} - U_{дп.}/\sqrt{2}$	$0,6U_{исп.} - U_{дп.}/\sqrt{2}$	$U_{исп.} - U_{дп.}/\sqrt{2}$
"Провод-провод" переменным током с заземлённой средней точкой цепи ДП	$U_{раб.} - U_{дп.}/2$	$0,6U_{исп.} - U_{дп.}/2$	$U_{исп.} - U_{дп.}/2$

Нормой допустимого мешающего напряжения на цепи связи являются:

а) для ВЧ каналов - 1,1 мВ на один переприёмный участок в точке с относительным уровнем полезного сигнала на входе усилителя - 7дБ (-0,8 Нп);

б) в телефонных каналах ТЧ - 2,1 мВ на длину канала связи, имеющего сближение с высоковольтной линией 400 км при относительном уровне полезного сигнала на зажимах оконечной станции - 7дБ (-0,8 Нп).

3. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНЫХ И МЕШАЮЩИХ ВЛИЯНИЙ

3.1. Общие положения

Воздушные и кабельные линии связи считаются защищенными от опасных и мешающих влияний, если индуктированная продольная э.д.с. на длине гальванически неразделенного участка не будет превышать допустимых величин, указанных в разд.2. Наиболее радикальной мерой защиты линий связи является правильный выбор трассы, т.е. соблюдение такого расстояния между ними, при котором величины напряжений влияния не превышают допустимых норм. Если же по техническим, экономическим или эксплуатационным условиям окажется

нецелесообразным или невозможным выбрать трассу проектируемой ВЛ и ЛС так, чтобы удовлетворялись установленные нормы допустимых продольных э.д.с., применяют специальные меры защиты.

Меры защиты зависят от сближения ВЛ и ЛС, величины магнитной электрической связи между ВЛ и ЛС, режима работы ВЛ, удельной проводимости земли, коэффициента экранирования между ВЛ и ЛС.

3.2. Защита линий связи от ударов молнии

Необходимость защиты подземного кабеля определяется расчетом по ожидаемому количеству повреждений от ударов молнии на 100 км трассы. Ожидаемое количество повреждений может быть определено в зависимости от числа грозовых дней в году для данной местности. Существуют установленные нормы на допустимое число повреждений кабелей связи на 100 км трассы в год. Например, для высокочастотных кабелей связи, проложенных на основных направлениях, ожидаемое число повреждений на 100 км трассы в год не должно превышать 0,2. На участках кабельной линии, где расчетное вероятное число повреждений от ударов молнии больше допустимого, проводят определенные мероприятия по защите. Для защиты кабеля от ударов молнии применяются различные способы, основными из которых являются:

- выбор трассы с наименьшим ожидаемым числом повреждений;
- использование грозостойких кабелей, т.е. кабелей с повышенной изоляцией между оболочкой и жилами, а также с повышенной проводимостью металлических покровов;
- прокладка подземных защитных биметаллических или стальных проводов и тросов;
- использование существующей воздушной линии, проходящей параллельно кабелю;
- соединение оболочки и брони кабеля со специальными контурами заземлений;
- включение установленных в специальных муфтах малогабаритных разрядников;

Защита с помощью биметаллических или стальных тросов осуществляется путем их прокладки выше кабеля на глубину, равную половине его глубины залегания, но не менее 0,4 м (рис.4).

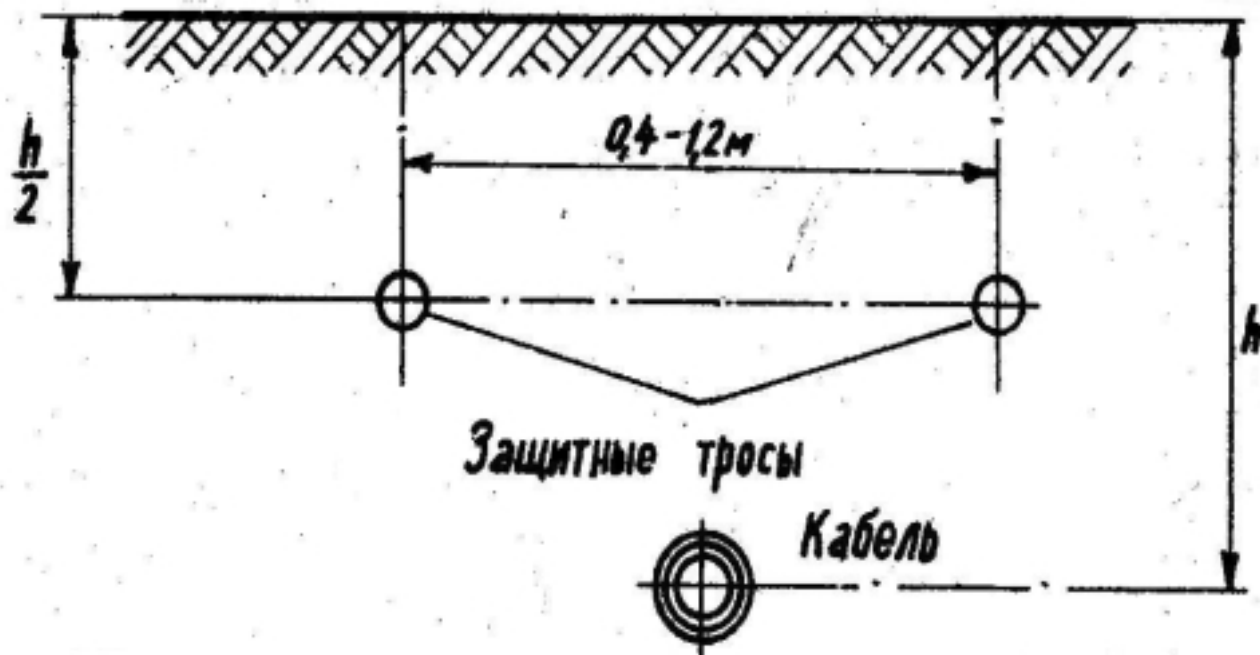


Рис.4. Защита кабеля от токов молнии с помощью тросов

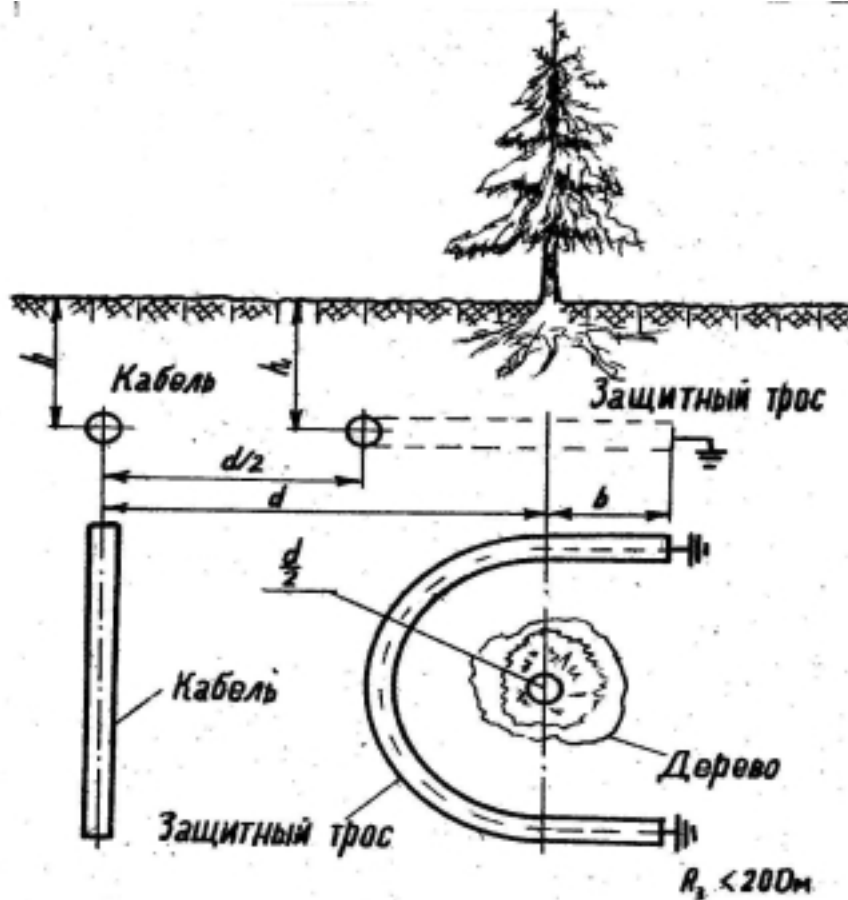


Рис.5 Защита кабеля от токов молнии вблизи отдельных деревьев.

Если кабельная трасса проходит вблизи отдельных деревьев или вдоль леса, то между кабелем и деревьями (лесом) прокладывают заземлённые стальные

тросы на всем протяжении участка. Для отдельных деревьев трос укладывается полудугой (рис.5).

В случае прокладки кабеля вдоль полотна эл.жд. или вдоль подземного металлического трубопровода на расстоянии не более 8 м от них мер

защиты от ударов молнии можно не применять независимо от грозовой активности и удельного сопротивления грунта.

Воздушная линия связи может быть использована для защиты подземной кабельной линии связи, если эти линии проходят параллельно друг другу, и расстояние между ними не более $1,5h$ (где h - высота опор линии).

Физическая сущность такого способа защиты состоит в следующем. Провод, подвешенный над землей на высоте h , принимает на себя удары молнии и защищает полосу земли шириной $(3-5)h$ вдоль провода. Проложенный в этой полосе земли кабель оказывается защищенным от прямых ударов молнии, если потенциал воздушного провода при ударе молнии меньше, чем электрическая прочность изоляции провода относительно земли. Если потенциал на проводе превысит допустимую величину, то токи молнии могут попасть в кабель и повредить его. Чтобы уменьшить вероятность повреждений, провод следует заземлить, причем заземления должны быть сделаны в стороне от кабеля на расстоянии 25-30м. Провод соединяется с заземлением через искровой промежуток величиной 20-30 мм.

Для защиты кабелей могут быть использованы разрядники с напряжением зажигания, меньшим допустимого испытательного напряжения изоляции между жилами и оболочкой кабеля. На линиях с дистанционным питанием (ДП) разрядник должен иметь больший потенциал погасания, чем напряжение ДП в данной точке.

Разрядники устанавливаются в соединительных муфтах через 1,8-2,2км и включаются между каждой жилой симметричного кабеля и оболочкой. Способ защиты кабелей с помощью разрядников является наиболее простым и экономичным. Однако наличие ряда недостатков (вероятность нарушения связи при повреждении разрядников, невозможность контроля за их состоянием после установки, отключение ДП и др.) в настоящее время ограничивает широкое внедрение разрядников для защиты кабельных линий от ударов молнии.

3.3 Защита от влияний высоковольтных линий (ВВЛ)

Одной из основных мер защиты от опасных и мешающих влияний ВВЛ является удаление трассы, кабельной линии на расстояния, при которых влияния не превышают допустимых значений. В тех случаях, когда это не удастся выполнить, применяют специальные меры защиты. К специальным мерам защиты от опасных влияний ВВЛ относятся:

- применение хорошо проводящих заземленных тросов, подвешенных на опорах ВВЛ или проложенных в земле;
- частичное разземление нейтралей трансформаторов высоковольтной сети, снижающих токи короткого замыкания ВВЛ;
- применение на ВВЛ с заземленной нейтралью аппаратуры контроля токов каждой фазы
- применение на ВВЛ быстродействующих автоматов, сокращающих время отключения поврежденной фазы:

К специальным мерам защиты на ЛС от опасных влияний относятся включение специальных разрядников и разделительных трансформаторов, применение кабелей с оболочками, имеющими повышенное экранированное действие.

К специальным мерам защиты на ЛС от мешающих влияний относятся:

- использование кабелей с оболочкой и броней, обеспечивающих повышенное экранирующее действие от влияния ВВЛ;
- применение на кабельных ЛС редуционных и нейтрализующих трансформаторов, позволяющих снизить индуктированную продольную э.д.с. не менее, чем в 5 раз;
- использование проводящих заземленных тросов, подвешенных на опорах или проложенных в земле, что уменьшает помехи в соответствии с коэффициентом экранирования троса.

3.4. Защита от влияния электрифицированных железных дорог

С целью уменьшения опасных и мешающих напряжений на ЛС к ним, а также к устройствам электрической тяги предъявляются определенные технические требования, а именно:

а) к устройствам электрической тяги:

- питание участков тяговой сети должно быть, как правило, двусторонним;
- при коротких замыканиях автоматические выключатели на тяговых подстанциях должны срабатывать, отключая тяговую сеть не более, чем за 0,06 с;

б) к кабельным линиям:

- кабели, прокладываемые вблизи эл.ж.д., должны иметь повышенное защитное действие оболочки, для поддержания стабильности защитного действия оболочки во времени кабель должен иметь изолирующие пластмассовые покровы поверх брони;
- металлические оболочки кабелей должны иметь заземления в местах ввода их в ОП, ОРП и НРП, не превышающие 5 Ом, а также промежуточные заземления определяемые расчетом;
- должно осуществляться включение разделительных и редуционных трансформаторов.

Магнитное влияние контактной сети эл.ж.д переменного тока уменьшается с помощью отсасывающих трансформаторов. Первичная обмотка трансформатора включается последовательно в контактный провод, а вторичная обмотка – либо в отдельный обратный провод, подвешиваемый на опорах контактной сети, либо последовательно в рельсы. На рисунке 6 показаны схемы включения отсасывающих трансформаторов и сглаживающих устройств.

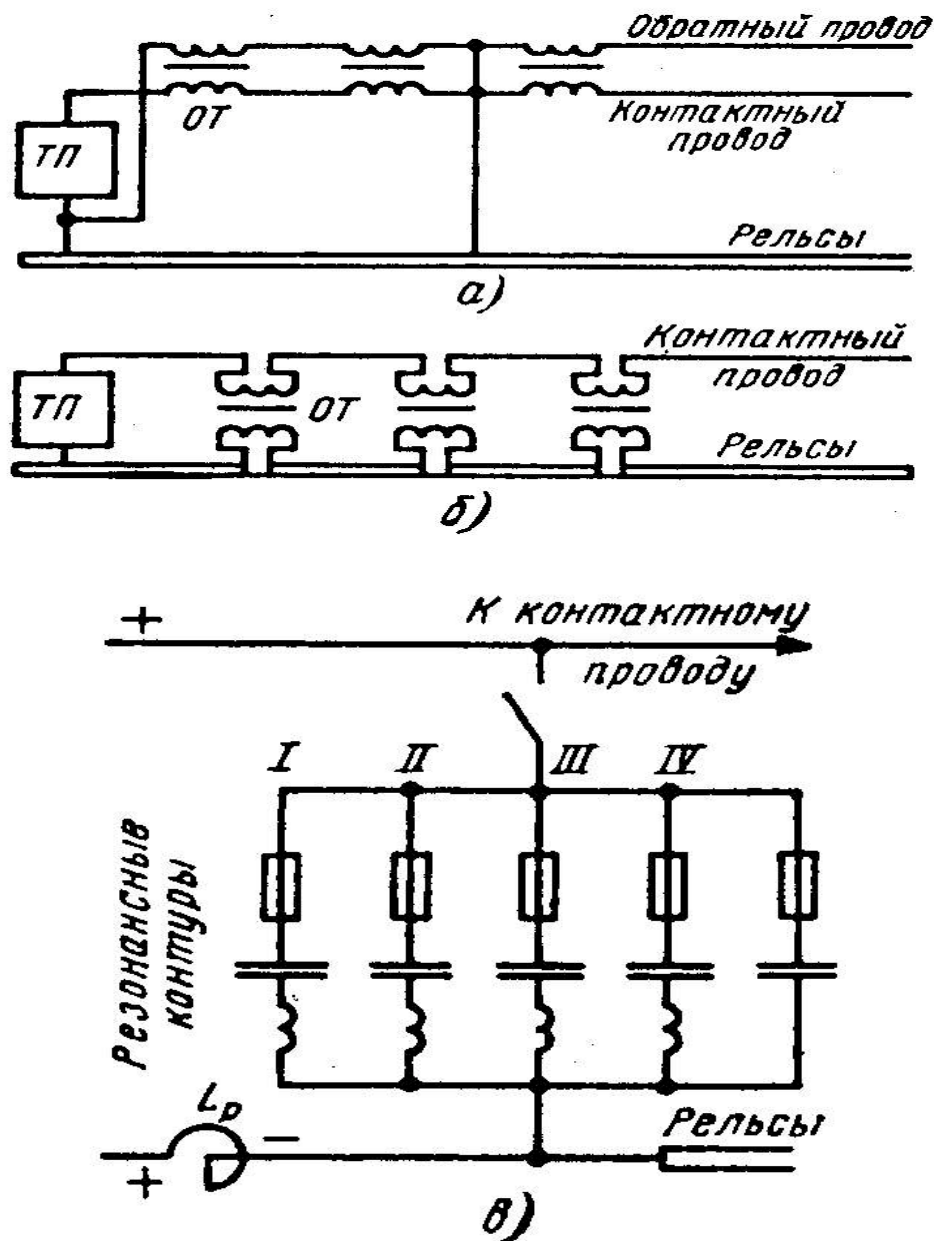


Рис.6. Схемы включения отсасывающих трансформаторов и сглаживающих устройств:

- а) включение трансформатора с обратным проводом;
- б) то же, без обратного провода;
- в) включение сглаживающих устройств

Ток контактной сети, протекая по первичной обмотке, индуцирует во вторичной обмотке почти противоположно направленный ток. Благодаря этому ток, возникающий в обратном проводе, индуцирует в подверженных влиянию цепях связи токи противоположного знака, и тем самым результирующее влияние снижается.

Для сглаживания пульсаций напряжения на дорогах постоянного тока используются реакторы с резонансными контурами, которые включаются на подстанциях по схеме, показанной на рис.6в. Реактор состоит из соединённых последовательно витков медного провода, укреплённых в бетонных стойках. Активное сопротивление реактора во избежание больших потерь электрической

энергии должно быть как можно меньше. Резонансные контуры настраиваются в резонанс на соответствующие гармоники пульсирующего напряжения и замыкают накоротко токи этих гармоник. Значительно уменьшается влияние контактной сети э.ж.д., а также и ВЛ при использовании редуционных и компенсирующих трансформаторов (рис.7).

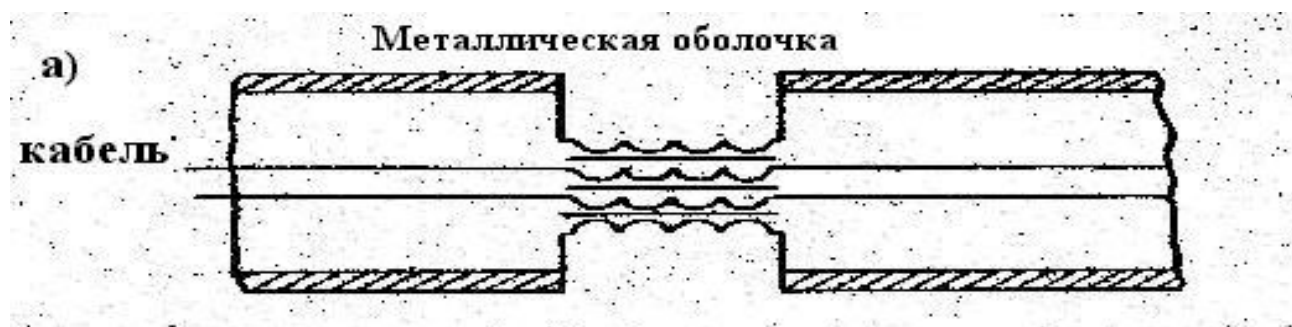


Рис.7. Уменьшение влияния при помощи трансформаторов:

а) нейтрализующий или редуционный трансформатор.

Принцип их действия основан на индуцировании во вторичной обмотке трансформатора э.д.с., направленной встречно по отношению к электродвижущей силе токов помех. При этом происходит компенсация влияний.

3.5. Защита от влияний радиостанций

Защита ЛС от мешающего влияния радиостанций достигается правильным выбором трассы прокладки кабеля и применением кабелей связи с улучшенным коэффициентом защитного действия оболочек и защитных покровов. Наилучшим техническим решением является использование кабелей связи в алюминиевой оболочке с защитными стальными бронелентами. Исследования, проведенные в последние годы, показали, что напряжение мешающих помех от радиостанций в очень сильной степени зависит от качества линейных трансформаторов, т.е. от величины асимметрии обмоток трансформатора по отношению к экрану.

В настоящее время организовано серийное производство улучшенных линейных трансформаторов, которые позволяют обеспечить надёжную защиту цепей симметричных междугородных кабельных линий от влияния радиостанций. Влияние радиостанций на кабельные линии мало.

3.6. Защита аппаратуры связи от опасных и мешающих влияний

Для защиты аппаратуры связи от атмосферных перенапряжений, ВЛ и э.ж.д. разработан ряд схем включения в цепи связи приборов защиты (разрядников, предохранителей, дренажных и запирающих катушек). Применение той или иной схемы зависит от конструкции линии связи (воздушная или кабельная), а также от назначения цепей связи (местная телефонная, телеграфная, междугородная и т.д.) и от того, уплотнены ли цепи токами высокой частоты.

Схемы защиты показаны на рисунке 8:

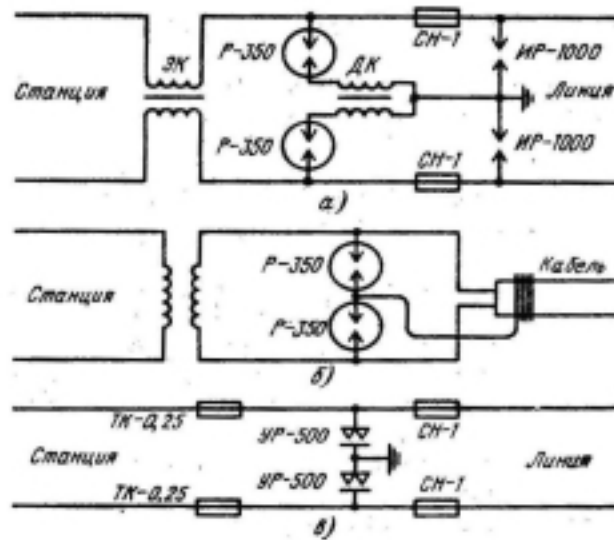


Рис.8. Схемы защиты при воздушной (а), кабельной (б) линиях и на городских сетях (в).

При появлении на воздушной ЛС высокого напряжения сначала зажигается искровой разрядник ИР-1000, а затем Р-350. Для предохранения от разрушения разрядника Р-350, при протекании по нему большого тока, ставится предохранитель СН-10, который, перегорев, отключит воздушную ЛС от аппаратуры.

Эта схема обладает двумя недостатками.

Во-первых, при большом различии напряжений зажигания разрядников Р-350, в момент наличия на воздушной ЛС высокого напряжения будет постоянно срабатывать разрядник с меньшим напряжением, зажигания.

Например, если первым срабатывает разрядник, включенный между проводом "а" и "землей", то ток с провода "а" устремится через него в землю. Если же разрядник, подключенный к проводу "б", ещё не успел сработать и, следовательно, его сопротивление весьма велико, ток с провода "б" потечет в землю через линейную обмотку трансформатора (уравнительный ток). В результате протекания уравнительного тока в аппаратуре будет присутствовать напряжение помех.

Во-вторых, при срабатывании обоих разрядников линия на некоторое время оказывается замкнутой накоротко. Это приводит к кратковременному прекращению действия всех телефонных каналов уплотненной цепи и к сбоям и искажениям передачи в каналах тонального телеграфирования.

От этих недостатков можно избавиться, применяя дренажную катушку (ДК). Дренажная катушка состоит из двух одинаковых полуобмоток, намотанных на общий кольцевой сердечник из пермаллоя. Допустим, что разрядник, подключенный к проводу "а", обладает меньшим напряжением зажигания, чем разрядник подключенный к проводу "б". При появлении высокого напряжения на воздушной ЛС он сработает, и по обмотке I ДК потечет ток. Этот ток в сердечнике создает магнитное поле, которое в обмотке II ДК поведет э.д.с. и создаст дополнительное напряжение на обмотке I ДК $U_{дк}$. Напряжение на разряднике равно сумме напряжений "провод-земля" $-U_{пз}$ и $U_{дк}$ ($U_p = U_{пз} + U_{дк}$). Обмотки включают так, что сумма напряжений $U_{дк}$ превысит напряжение зажигания второго разрядника, он

тоже сработает, и уравнивающий ток через обмотку линейного трансформатора течь не будет.

Схемы и приборы защиты, включаемые в цепи подземных междугородных кабелей связи, предназначаются для защиты аппаратуры от опасных напряжений и токов, возникающих в результате влияния грозового электричества и линий сильного тока, а также для уменьшения помех в каналах связи, возникающих как непосредственно в цепях связи, так и через цепи ДП. Если электрическая прочность изоляции аппаратуры выше электрической прочности изоляции жил кабеля, то в этом случае обычно аппаратура не защищается от опасных влияний. Применяемые схемы защиты на кабельных цепях зависят от вида влияний, наличия или отсутствия ДП по жилам кабеля.

Разрядники и предохранители являются одними из самых распространенных мер защиты. Основными элементами разрядника являются электроды, отделённые друг от друга искровым промежутком. Разрядники включаются между проводом и землей и, следовательно, постоянно находятся под действием рабочего напряжения цепи связи. Искровой промежуток надежно отделяет провод линии от заземления.

При поступлении на разрядник волн напряжений с амплитудой, превосходящей напряжение его зажигания, происходит пробой промежутка. Тогда через разрядник устремляется ток, определяемой амплитудой падающей волны U_m , волновым сопротивлением линии Z_B , сопротивлением разрядника $R_{\text{разр}}$ и сопротивлением заземления R_3 . Защитное действие разрядника основано на снижении напряжения падающей волны до величины напряжения U_0 , где

$$U_0 = I_{\text{разр}} (R_{\text{разр}} + R_3).$$

В настоящее время применяются разрядники следующих типов: Р-350, Р-34, РБ280, Р-2М, РВ-500 (1000,2000), Р-27, УР-500.

Разрядник Р-350-газонаполненный двухэлектродный, представляет собой стеклянный баллон, заполненный аргоном или водородом. Внутри баллона размещаются два электрода с полусферическими металлическими чашечками, входящие друг в друга, активизированные оксидом бария, способствующего увеличению мощности разрядника. Стеклянный баллон наполнен аргоном.

Устройство разрядника Р-55 аналогично разряднику Р-350, отличие состоит в наличии третьего электрода, который соединяется с заземлением. Разрядник Р-55 заменяет два разрядника Р-550. В случаях, когда возникают большие токи, используют мощные бариевые разрядники РБ-280. Электроды этих разрядников, железомолибденовые с заштампованными термитными таблетками бария, позволяют пропускать ток разряда до 4,5 кА при длительности разряда 20 мкс.

Особо следует остановиться на вентильных (велитовых) разрядниках типов РВ-500, РВ-1000, РВ-2000.

Газонаполненные разрядники Р-350, Р-35 и РБ-280 обладают тем недостатком, что после срабатывания от разрядного напряжения горение дуги в них длительное время поддерживается значительно меньшим напряжением (около 40 В). По этой причине их нельзя применять для защиты в цепях, где постоянно действует рабочее напряжение дистанционного питания.

Это нежелательное явление отсутствует в вентильных разрядниках.

Основными элементами вентильного разрядника являются искровой промежуток и, включенное последовательно с ним, рабочее нелинейное

сопротивление в виде диска.

Основным свойством такого диска является способность изменить свое сопротивление в зависимости от величины приложенного к нему напряжения. При повышении напряжения сопротивление диска быстро уменьшается; при снижении - резко возрастает. Следствием этой особенности нелинейного сопротивления является то, что при появлении на разрядниках волн атмосферных перенапряжений с высокой амплитудой токи молнии обусловленные этими перенапряжениями, беспрепятственно протекают через разрядник в землю. После прохождения токов молнии, когда на зажимах разрядника напряжение снизится до величины, равной рабочему напряжению цепи, сопротивление разрядника резко возрастает и горение разрядника практически мгновенно прекращается.

На сетях городской и внутрирайонной связи применяются угольные разрядники УР-500, номинальное напряжение зажигания которых равно 800 В.

Для защиты от опасных токов на линиях связи используются предохранители. Наиболее часто применяются предохранители следующих типов: СН, СК, ПН, ТК. Марка предохранителя состоит из буквенной маркировки:

СН - стеклянный ножевой; СК - стеклянный конический; ПН - плавкий ножевой; ТК - термокатушка.

Цифра, стоящая за буквенной маркировкой показывает величину тока в А, при которой предохранитель перегорает. Например, СН-1 означает: предохранитель стеклянный ножевой, рассчитан на ток 1А.

3.7. Заземление защитных устройств

В технике проводной связи при помощи заземлений обеспечивается правильное действие аппаратуры, а также безопасность обслуживающего персонала и целостность стационарного и линейного оборудования.

Заземлением называется устройство, состоящее из заземлителя (одного или нескольких) и проводников, соединяющих заземлители с электрическими установками.

Заземлителем называется металлический электрод, находящийся в непосредственном соприкосновении с землей и имеющий назначение создать с землей электрическое соединение определенного сопротивления. Если величина сопротивления заземлителя при одной трубе велика, то заземлитель устраивают из нескольких труб, соединенных между собой. Такой заземлитель называют многоэлектродным.

Величина сопротивления заземления зависит от состава почвы, влажности, времени года и др. В силу этого, периодически (обычно два раза в год - зимой и летом) производятся контрольные измерения сопротивлений заземлений.

Для устройства заземлений в грунтах с высоким удельным сопротивлением применяют искусственную обработку почвы.

В зависимости от назначения норма на сопротивление заземления колеблется от 4 до 20-30 Ом. Защитное заземление на станции должно быть не более 4 Ом.

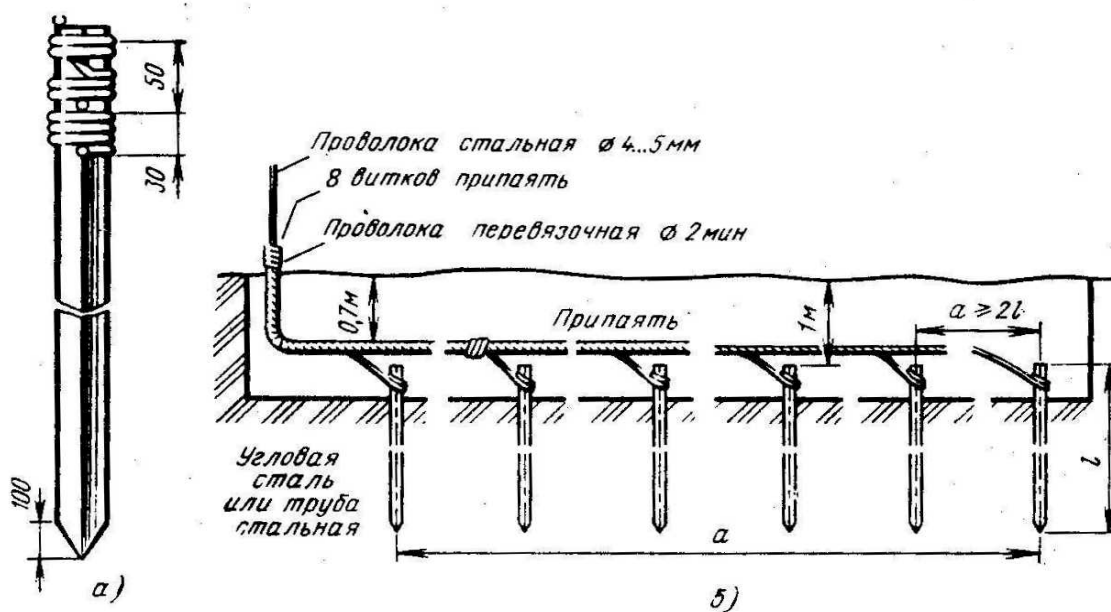


Рис.9. Устройство трубчатых заземлений:
а) одиночного; б) многоэлектродного

Корректор Вяткина С.С.
Подписано к печати 10.06.01 г.,
Печ. лист 1,0., тир. 100 экз.
Зак.248, ПГАТИ, ул. Л. Толстого, 23.