ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

доктор технических наук, профессор
Кузнецов Константин Борисович

Основные документы Госэнергонадзора РФ (РОСТЕХНАДЗОР РФ) при эксплуатации электроустановок

(РОСТЕХНАДЗОР РФ - Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору при Правительств РФ – Указ Президента РФ №780 от 23.06.2010)

1. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд.7, 2005 г.**
2. **Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, ПОТ РМ-016-2001, с изм. и доп. 2003 г.**
   (Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, ПОТ РМ -16-2013).
3. **Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ ЭП), 2003 г.**

Федеральные законы

1. **Технический регламент о безопасности низковольтного оборудования. Федеральный закон от 27 декабря 2009 года №347-ФЗ**
2. **Технический регламент таможенного союза от 15 февраля 2013 года. ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования».**

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Электробезопасность – система организационных мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Некоторые термины в формулировке понятия «Электробезопасность»

- Электробезопасность представляет собой систему, т.е. взаимосвязанные организационные мероприятия и применяемые технические средства (см. ниже систему обеспечения электробезопасности СОЭ).
- Вредное воздействие определяется наличием вредного производственного фактора (ВПФ) - воздействием на человека электромагнитных полей, вызывающих в основном три профессионально обусловленных вида заболеваний: лейкоз (лейкемия), опухоли головного мозга, заболевание эндокринной системы (все перечисленные заболевания отсутствуют в перечне профессиональных заболеваний).
- Опасное воздействие определяется наличием опасного производственного фактора (ОПФ) - возможностью получения электрической травмы при протекании тока по организму человека в ситуации случайного прикосновения к токоведущим частям.
- Электрический ток – ток, протекающий по телу человека, в ситуации случайного прикосновения к токоведущим частям, является ОПФ. Другие возможные термины: ток прикосновения, контактный ток (в терминологии Евросоюза).
- Электрическая дуга – в основном является ОПФ и ВПФ технологических процессов, связанных с использованием электрической сварки.
- Электромагнитное поле – является ВПФ любых электроустановок (ЭУ), включая электроустановки высокочастотные и промышленной частоты.
- Статическое электричество – является ОПФ производств, в которых возможно накопление электрического заряда в технологическом процессе (типографии, производство бумаги, синтетической пленки и т.п.), а также атмосферное электричество в виде разрядов молнии. Опасность определяется возможностью пожара и взрыва.

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Система обеспечения электробезопасности

На схеме показаны 4 направления (ветви) системы:

- две первых ветви (слева) представляют собой мероприятия, связанные с так называемым человеческим фактором.
- две другие ветви (справа) представляют собой технические средства защиты персонала с помощью конструктивных решений в электроустановках и регламентных проверок электрооборудования.

Необходимо иметь в виду, что самым слабым звеном в системе «человек – машина» является человек. Так, например, вероятность ошибочных действий человека $P = 1 \cdot 10^{-4}$, а вероятность ошибочных действий процессора $P_{ПР} = 1 \cdot 10^{-22}$.

- Организационные мероприятия включают: организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ; профессиональное обучение и аттестацию; медицинские осмотры и отбор на профессию.
- Технические мероприятия включают: технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ; соблюдение допустимых расстояний; применение плакатов и знаков безопасности; применение средств защиты и предохранительных приспособлений.
- Технические средства защиты в ЭУ включают: защитное зануление в ЭУ до 1000В; защитное заземление и выравнивание потенциалов; изоляцию (двойную изоляцию, контроль изоляции), ограждение; защитное отключение в ЭУ до 1000В; электрическое разделение сетей; сигнализацию, блокировки безопасности; применение малых напряжений.
- Регламентные испытания и ремонты включают: межремонтные испытания электрооборудования (М); текущий ремонт (Т): капитальный ремонт (К).

Виды персонала

- Электро-технический персонал, (II, III, IV, V)
  - АТП (II-V)
- Электротехнологи-ческий персонал, (II, III, IV)
  - ОП (II, III, IV)
  - РП (II, III, IV)
  - ОРП (II, III, IV)
- Неэлектро-технический персонал, (I)
- Неэлектро-технический персонал с инспекторскими функциями, ОТ (IV)

Виды персонала

- Персонал административно-технический (АТП) – руководители и специалисты, на которых возложены обязанности по организации технического и оперативного обслуживания, проведения ремонтных, монтажных и наладочных работ в электроустановках (ЭУ).
- Персонал оперативный (ОП) – персонал, осуществляющий оперативное управление и обслуживание электроустановок (осмотр, оперативные переключения, подготовку рабочего места, допуск и надзор за работающими, выполнение работ в порядке текущей эксплуатации).
- Персонал оперативно-ремонтный (ОРП) – ремонтный персонал, специально обученный и подготовленный для оперативного обслуживания в утвержденном объеме закрепленных за ним электроустановок.
- Персонал ремонтный – персонал, обеспечивающий техническое обслуживание и ремонт, монтаж, наладку и испытание электрооборудования.
- Персонал электротехнический – административно-технический, оперативный, оперативно-ремонтный, ремонтный персонал, осуществляющий монтаж, наладку, техническое обслуживание, ремонт, управление режимом работы электроустановок.
- Персонал электротехнологический – персонал, у которого в управляемом им технологическом процессе основной составляющей является электрическая энергия (например, электросварка, электродуговые печи, электролиз и т.д.), использующий в работе ручные электрические машины, переносной электроинструмент и светильники, и другие работники, для которых должностной инструкцией установлено знание Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.
- Персонал неэлектротехнический – производственный персонал, не попадающий под определение "электротехнического", "электротехнологического" персонала.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

- Оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- Допуск к работе;
- Надзор во время работы;
- Оформление перерыва в работе, перевода на другое рабочее место, окончание работы.

Профессиональное обучение и аттестация

Подготовка персонала осуществляется на основании следующих нормативных документов:

- Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации (Приказ Министерства топлива и энергетики РФ от 19.02.2000 №49, Минюст РФ №2150);
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (Приказ Минэнерго России №6 от 13.01.03, Минюст РФ №4145);
- Положение об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.01.2007г. №37, Минюст РФ 22.03.2007г. №9133).
- ГОСТ 12.0.004-90 “Организация обучения безопасности труда”.
- ПОЛОЖЕНИЕ о подготовке и аттестации руководителей и специалистов ОАО «РЖД» по проверке знаний порядка работы в электроустановках потребителей от 07.06.2010 г. №1233р.

Обязательные формы работы с электротехническим персоналом

- с административно-техническим персоналом (**АТП)**:

Вводный и целевой инструктаж по охране труда;

Проверка знаний Правил и других нормативных документов по охране труда (ОТ) и пожарной безопасности (ПБ);

Профессиональное дополнительное образование (ДО) для непрерывного повышения квалификации (ПК);

- с оперативным персоналом (**ОП)** и оперативно-ремонтным **ОРП**:

Вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи по ОТ и ПБ;

Подготовка по новой должности (стажировка);

Проверка знаний Правил и других нормативных документов по ОТ и ПБ;

Дублирование;

Специальная подготовка;

Контрольные противоаварийные и противопожарные тренировки;

Профессиональное ДО для непрерывного ПК;

- с ремонтным персоналом **РП**:

Вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктаж по ОТ;

Подготовка по новой должности (стажировка);

Проверка знаний Правил;

Профессиональное ДО для непрерывного ПК.

Неэлектротехнический персонал

- Неэлектротехническому персоналу, выполняющему работы, при которых может возникнуть опасность поражения электрическим током, присваивается группа I по электробезопасности.
- Присвоение группы I производится путем проведения инструктажа, который, как правило, должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса. Персоналу, усвоившему требования по электробезопасности, относящиеся к его производственной деятельности, присваивается группа I с оформлением в журнале установленной формы; удостоверение не выдается. Присвоение I группы по электробезопасности проводится с периодичностью 1 раз в год.
- Присвоение I группы по электробезопасности проводится с периодичностью не реже 1 раза в год.

Внеочередная проверка знаний электротехнического персонала проводится независимо от срока проведения предыдущей проверки:

- при введении в действие новых или переработанных норм и правил;
- при установке нового оборудования, реконструкции или изменении главных электрических и технологических схем;
- при назначении или переводе на другую работу;
- при нарушении работниками требований нормативных актов по ОТ;
- по требованию органов государственного надзора;
- по заключению комиссий, расследовавших несчастные случаи с людьми;
- при повышении знаний на более высокую группу;
- при проверке знаний после получения неудовлетворительной оценки;
- при перерыве в работе в данной должности более 6 месяцев.

Медицинские осмотры и отбор на профессию

(Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12 апреля 2011 г. № 302 Н)

Наименование работ и профессий	Перио-дичность осмотров	Участие врачей-специ-алистов	Лабора-торные и функцио-нальные исследования	Дополнительные медицинские противопоказания
Работы по ремонту и обслуживанию электроустановок с напряжением 42 В и выше переменного тока, 110 В и выше постоянного тока, а также монтажные, наладочные работы, испытания и измерения в этих электроустановках	1 раз в 2 года	Офтальмолог Оториноларин-голог Невролог	Острота зрения Поля зрения Исследование вестибулярного анализатора Аудиометрия	1. Стойкое понижение слуха (3 и более месяца) любой этиологии, одно- и двустороннее (острота слуха: шепотная речь не менее 3 м), (кроме работ по ремонту и эксплуатации ЭВМ) 2. Острота зрения с коррекцией 0,5 на одном глазу и ниже 0,2 на другом . 3.Стойкое слезотечение, не поддающееся лечению. 4.Ограничение поля зрения более чем 20 по любому из меридианов. 5. Нарушение функции вестибулярного анализатора любой этиологии. 6.Беременность и период лактации.

- Руководитель организации в соответствии с законодательством не должен допускать работников к выполнению трудовых обязанностей, не прошедших обучение, инструктаж, стажировку, проверку знаний охраны труда, обязательных медицинских осмотров, а также в случае медицинских противопоказаний. (Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации. Изд.2000 г.).
- Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном Минздравом России (ПТЭ ЭП).

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

- Произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- На приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- Проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- Установлено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- Вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Соблюдение допустимых расстояний

В электроустановках не допускается приближение людей, механизмов и грузоподъемных машин к находящимся под напряжением неогражденным токоведущим частям на расстояния менее указанных в таблице на следующем слайде.

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Допустимые расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением

Напряжение, кВ		Расстояние от людей 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
До 1	На ВЛ	0,6	1,0
	В остальных электро-установках	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
800*		3,5	4,5
1150		8,0	10,0

Применение плакатов и знаков безопасности

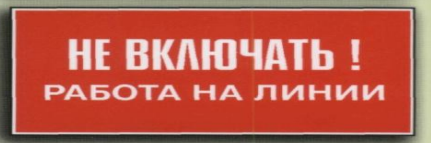
В качестве плакатов и знаков безопасности в электроустановках применяются: запрещающие, предупреждающие, предписывающие и указательные.

ПЛАКАТЫ И ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Запрещающие

Для запрещения подачи напряжения на рабочее место

Для запрещения подачи напряжения на линию, на которой работают люди



Для запрещения подачи сжатого воздуха, газа

Для запрещения повторного ручного включения выключателей ВЛ после их автоматического отключения без согласования с производителем работ

Предписывающие

Для указания рабочего места

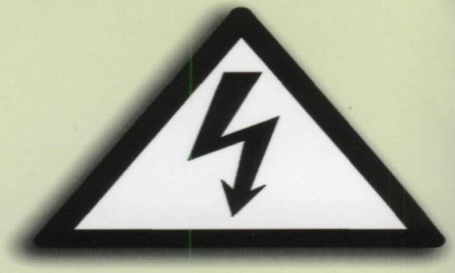
Для указания безопасного пути подъема к рабочему месту, расположенному на высоте

Указательный

Для указания о недопустимости подачи напряжения на заземленный участок электроустановки

Предупреждающие

ЗНАК
"ОСТОРОЖНО. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ"



Для предупреждения об опасности поражения электрическим током

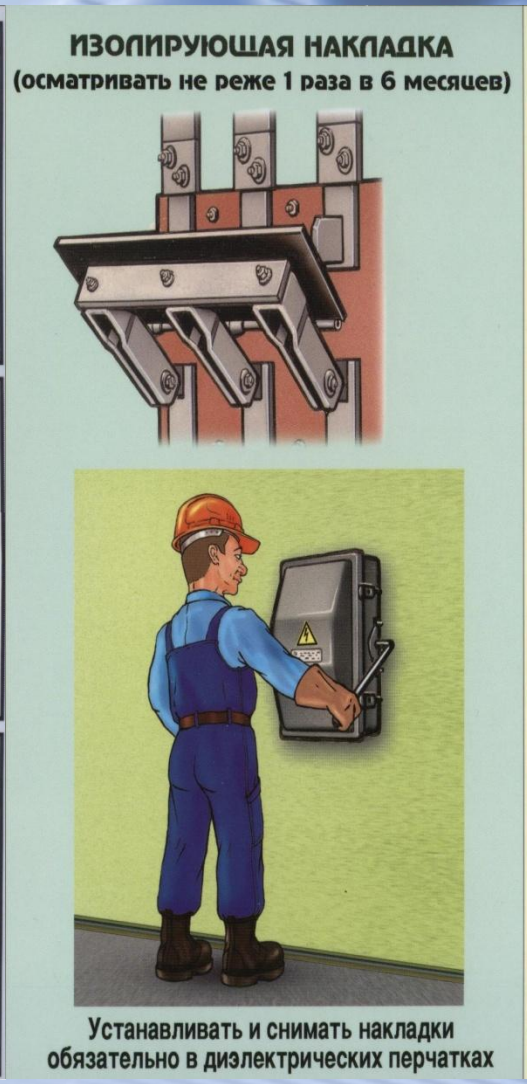
Для предупреждения об опасности поражения электрическим током

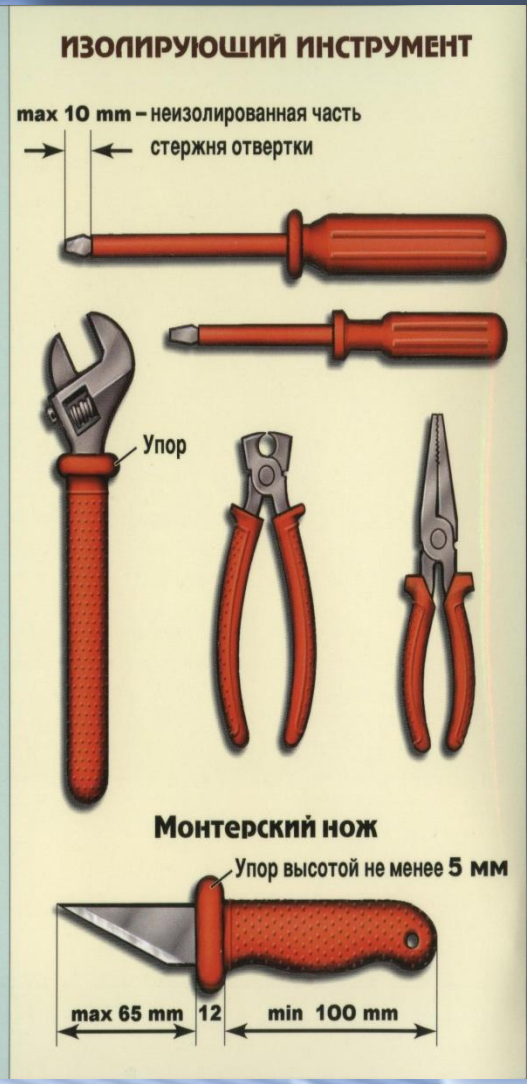
Для предупреждения об опасности поражения электрическим током при проведении испытаний повышенным напряжением

Для предупреждения об опасности подъема по конструкциям, при котором возможно приближение к токоведущим частям, находящимся под напряжением

Для предупреждения об опасности воздействия электрического поля на персонал и запрещения передвижений без средств защиты

Средства защиты и предохранительные приспособления





РД 34.03.603 Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним

Технические средства защиты в электроустановках, защитные меры электробезопасности

В современных Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) ведены понятия прямого и косвенного прикосновения, поэтому различаются и меры защиты.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры от прямого прикосновения:

основная изоляция токоведущих частей;

ограждение и оболочки;

установка барьеров;

размещение вне зоны досягаемости;

применение малого напряжения.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

защитное заземление,

защитное зануление, автоматическое отключение питания,

уравнивание, выравнивание потенциалов,

двойная или усиленная изоляция,

малое напряжение,

защитное электрическое разделение цепей,

изолирующие помещения, зоны, площадки.

Регламентные испытания и ремонты

- Нормы испытаний электрооборудования и аппаратов ЭУ Потребителей являются обязательными для Потребителей, эксплуатирующие ЭУ до 220 кВ.
- Конкретные сроки испытаний и измерений параметров электрооборудования ЭУ при капитальном ремонте (К), при текущем ремонте (Т) и при межремонтных испытаниях и измерениях, т.е. при профилактических испытаниях , выполняемых для оценки состояния электрооборудования и не связанных с выводом электрооборудования в ремонт (М), определяет руководитель Потребителя на основе ПТЭ ЭП с учетом рекомендаций заводских инструкций, состояния ЭУ и местных условий.

Например, электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ проходят следующие виды измерений и испытаний:

1. Измерение сопротивления изоляции.
2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.
3. Проверка действия автоматических выключателей.
4. Проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока.
5. Проверка устройств защитного отключения (УЗО), дифференциальных выключателей.
6. Проверка релейной аппаратуры.
7. Проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока.

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Механизмы действия на человека электрического тока прикосновения различной величины, длительности и рода тока

Условно различают 3 характерных различающихся структурой и интенсивностью поражения живых тканей человеческого организма механизмов действия электрического тока в ситуации случайного прикосновения :

- к токоведущим частям любого рода тока при напряжении воздействующем на человека выше 1000 В;
- к токоведущим частям в сетях переменного тока напряжением ниже 1000 В;
- к токоведущим частям и напряжении воздействующем на человека ниже 1000 В постоянного тока.

В первом случае механизм травмы характеризуется тяжелыми ожоговыми повреждениями тканей (вплоть до обугливания) в местах прикосновения к токоведущим частям. Как правило результат таких травм инвалидный (до 100%) или летальный исход (около 50%). Внутри тела человека весь ток протекает внутри узкого канала пробоя несовершенной изоляции тканей организма, как правило в мышечной ткани.

Во втором случае механизм травмы связан с воздействием внешнего тока прикосновения на нервную систему человека, функционирование которой имеет электрическую природу. Возникают два явления: эффект приковывания жертвы к месту прикосновения из-за нарушения информационной связи биотоков мозга с рецепторами мышц из-за влияющего воздействия внешнего тока, нарушение кардиоцикла биотока сердечных мышц вплоть до остановки сердца. Результат: очень редко небольшие ожоговые явления (электрические метки), электрический удар, фибрилляция и остановка сердца (клиническая смерть).

В третьем случае механизм травмы характеризуется болевым ощущением при протекании тока прикосновения по суставам тела человека. Исход электрической травмы в этом случае определяется уровнем болевого ощущения. При определенном уровне болевого ощущения (непереносимой боли) возникает болевой шок, представляющий собой реакцию нервной системы человека на боль, в результате которой останавливается сердце и дыхание, т. е наступает клиническая смерть.

На следующих слайдах приводятся выдержки из нормативных правовых документов, в которых нормируются предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов прикосновения (ГОСТ 12.1.038-82(96) Предельно допустимые напряжения и токи прикосновения).

Приводятся ПДУ напряженностей ЭМП промышленной частоты на рабочих местах персонала ЭУ (ПОТ РМ-016-2013).

Приводятся ПДУ напряженностей ЭМП и токов прикосновения (контактный ток), принятых в странах ЕС (28 стран), для возможности самостоятельного сравнения с Российскими нормами.

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Наибольшие допустимые напряжения прикосновения $U_{пр}$ и токи I_h, проходящие через человека, в нормальном режиме работы любых электроустановок по **ГОСТ12.1.038-82(96)**

Род и частота тока	Предельные допустимые уровни	
	$U_{пр}$, В	I_h, мА
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Постоянный	8	1,0

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Наибольшие допустимые напряжения прикосновения $U_{пр}$ и токи I_h, проходящие через человека, при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземлённой или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью по ГОСТ12.1.038-82 (96)

Род и частота тока		Продолжительность воздействия, *с*							
		0,01-0,08	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	>1,0
ПЕРЕМЕННЫЙ 50 Гц	$U_{пр}$, В	550	340	135	105	85	70	60	20
	I_h, мА	650	400	160	125	90	65	50	6
ПОСТОЯННЫЙ	$U_{пр}$, В	650	500	350	250	230	210	200	40
	I_h, мА	650	500	350	250	230	210	200	15

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

ПДУ электромагнитных полей промышленной частоты в РФ

Время пребывания (час)	Допустимые уровни		
	магнитного поля		электрического поля
	Н (А/м) / В (мкТл) при воздействии		Е* (В/м)
	общем	локальном	общее
< 0,17 (10 мин)	-	-	25000
< 1	1600/2000	6400/8000	16666
2	800/1000	3200/4000	12500
4	400/500	1600/2000	8333
8	80/100	800/1000	5000

*Зависимость между продолжительностью пребывания (Т) и уровнем Е определяется соотношением Т=50/Е -2, (Е, кВ/м).

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Нормы ПДУ ЭМП по директиве ЕС

Диапазон частоты	E (В/м)	H (А/м)	B (μT)	S_{eq} ($Вт/м^2$)	Конт. ток, I_C (mA)	I_L (mA)
0 – 1 Гц	-	$1,63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	-	1,0	-
1 – 8 Гц	20 000	$1,63 \cdot 10^5 / f^2$	$2 \cdot 10^5 / f^2$	-	1,0	-
8 – 25 Гц	20 000	$2 \cdot 10^4 / f$	$2,5 \cdot 10^4 / f$	-	1,0	-
0,025 – 0,82 кГц	500/f	20/f	25/f	-	1,0	-
0,82 – 2,5 кГц	610	24,4	30,7	-	1,0	-

Сравнение ПДУ электромагнитных полей промышленной частоты в РФ и Евросоюзе

Время пребывания (час)	Допустимые уровни			
	магнитного поля		электрического поля	
	H (А/м) / B (мкТл) при общем воздействии		E* (В/м) при общем воздействии	
	Россия	Евросоюз	Россия	Евросоюз
< 0,17 (10 мин)	-	400/500	25000	10000
< 1	1600/2000	400/500	16666	10000
2	800/1000	400/500	12500	10000
4	400/500	400/500	8333	10000
8	80/100	400/500	5000	10000

*Зависимость между продолжительностью пребывания (Т) и уровнем Е определяется в РФ соотношением Т=50/Е -2, (Е, кВ/м).

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Детерминированные критерии оценки опасных производственных факторов (ОПФ) и травматизма

Одним из наиболее объективных апостериорных исследований риска в условиях производства является анализ *производственного травматизма.*

Методами анализа являются:

- *статистический;*
- *топографический;*
- *критериальный;*
- *монографический;*
- *групповой.*

Показатели статистического метода:

$$к = \frac{T}{N_{ср}} \cdot 1000; \quad к_т = \frac{Д}{N_{ср}} \cdot 1000; \quad к_{см} = \frac{T_{см}}{N_{ср}} \cdot 1000,$$

где $к$, $к_т$, $к_{см}$ – соответственно коэффициенты частоты, тяжести и частоты смертельного травматизма;

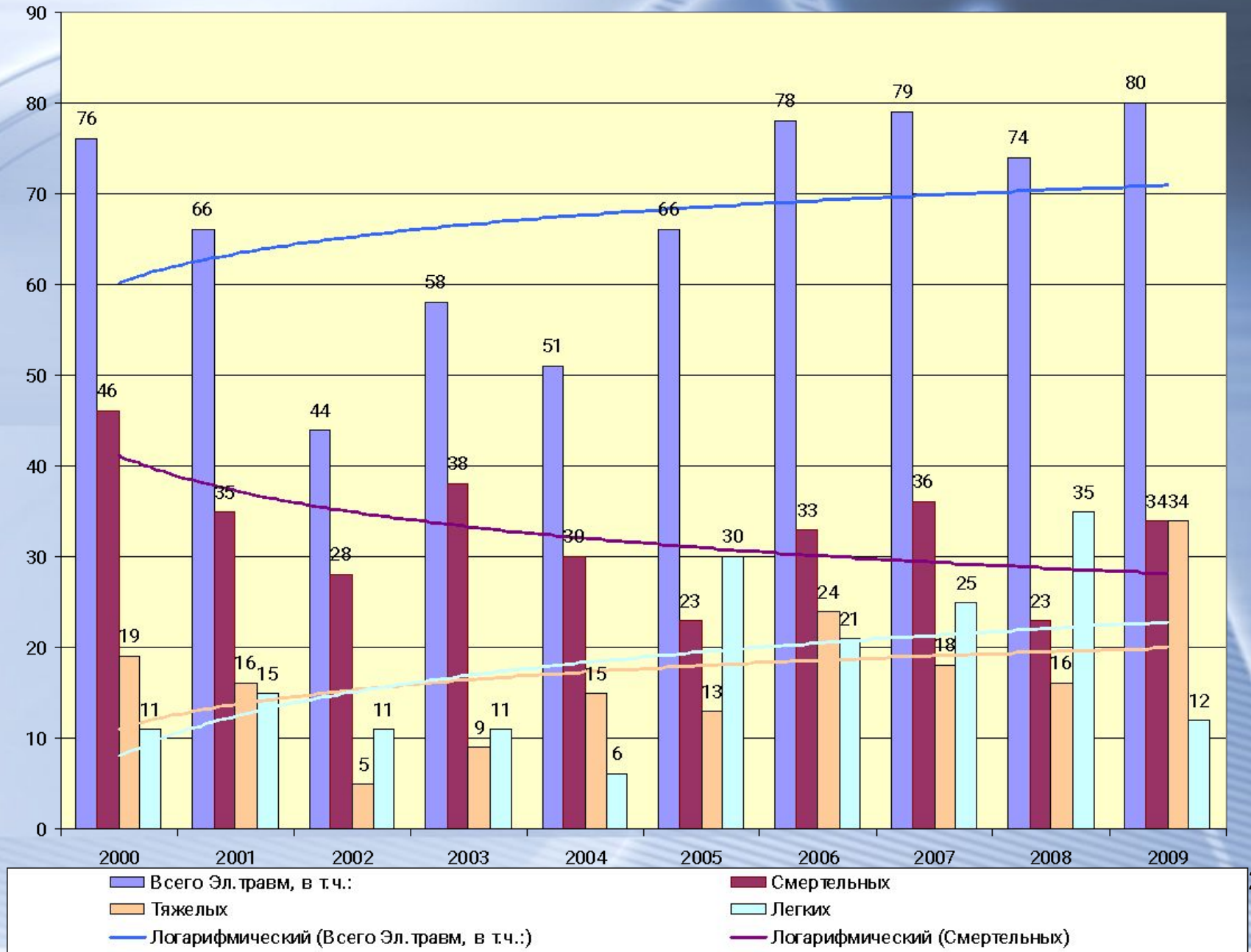
Т, *Тсм* – соответственно общее число случаев травм людей и травм с летальным исходом за определённый период (год);

Д – число дней временной нетрудоспособности, в связи со случаями травм людей на производстве, за определённый период (год);

Nср – среднее списочное число работников предприятия за рассматриваемый период (год).

На следующих слайдах приведены статистические данные травматизма в РАО ЕЭС (2000-2009гг) и в МПС и ОАО «РЖД».

Электротравматизм в РАО ЕЭС



Статистика общего и электрического травматизма

Годы	Отрасль, организация	Количество случаев всего (смертельных)	Количество электротравм с летальным исходом	Удельный вес, %
1992	МПС РФ	3540 (304)	нет данных	-
1993	МПС РФ	3006 (279)	38	13,6
1994	МПС РФ	2536 (241)	41	17,0
1995	МПС РФ	2259 (240)	37	15,4
1996	МПС РФ	1975 (227)	44	19,4
2000	МПС РФ	1213 (160)	30	18,8
2001	МПС РФ	1124 (147)	32	21,8
2002	МПС РФ	1068 (139)	29	21,0
2003	МПС РФ	979 (135)	28	20,7
2004	ОАО «РЖД»	1049 (106)	17	16,0
2005	ОАО «РЖД»	922 (98)	13	13,0
2006	ОАО «РЖД»	757 (96)	15	16,0
2007	ОАО «РЖД»	751 (95)	16	17,0
2008	ОАО «РЖД»	649 (80)	16	20,0
2009	ОАО «РЖД»	620(78)	15	19,2
2010	ОАО «РЖД»	534 (73)	16	21,0
2011	ОАО «РЖД»	418 (68)	12	18
2012	ОАО «РЖД»	358 (50)	12	24

Анализ электротравматизма в РАО ЕЭС и ОАО «РЖД»

Анализ травматизма в последние 10 лет существования РАО ЕЭС показывает, что электротравматизм в системе, включающей в себя электровырабатывающие станции и высоковольтные распределительные сети России, имел тенденцию к росту, число травм с летальным исходом составляло около 50% всех случаев травматизма и имело тенденцию к снижению.

Анализ электротравматизма в ОАО «РЖД» показывает, что число травм имеет очень слабую тенденцию к снижению, при этом удельный вес смертельного электротравматизма в общем смертельном травматизме достиг в 2012 году «рекордных» 24% и превысил этот показатель для последних лет существования МПС РФ.

Основной причиной электротравматизма традиционно признается «человеческий» фактор. Такая оценка причин травматизма верная, но не учитывающая главной причины – травмоопасности технологического процесса.

Организация управления охраной труда практически исчерпала возможности человека противостоять травмированию от опасного технологического процесса. Принятый в России Федеральный закон О техническом регулировании (№ 184-ФЗ от 27 декабря 2002 года) предусматривает обеспечение безопасности продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, т.е всех составляющих технологического процесса. Реализация подобного закона в Евросоюзе в середине 80-х годов привела к состоянию, когда травматизм, тем более смертельный отсутствует полностью.

К сожалению в ЭУ России до сих пор применяется такой травмоопасный процесс, как работы под напряжением и вблизи от токоведущих частей, находящихся под напряжением. Например, отказ от работ под напряжением и вблизи от напряжения в ОАО «РЖД» полностью устранит смертельный травматизм.

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Новые решения по устройству защитного зануления и автоматического отключения повреждений в низковольтных ЭУ.

ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» подразделяет низковольтное электрическое оборудование по номинальному напряжению:

- **переменного тока от 50 до 1000 В (включительно)**
- **постоянного тока от 75 до 1500 В (включительно).**

В соответствии с ПУЭ (глава 1.7) в электроустановках до 1000 В приняты системы защитного зануления и автоматического отключения TN:

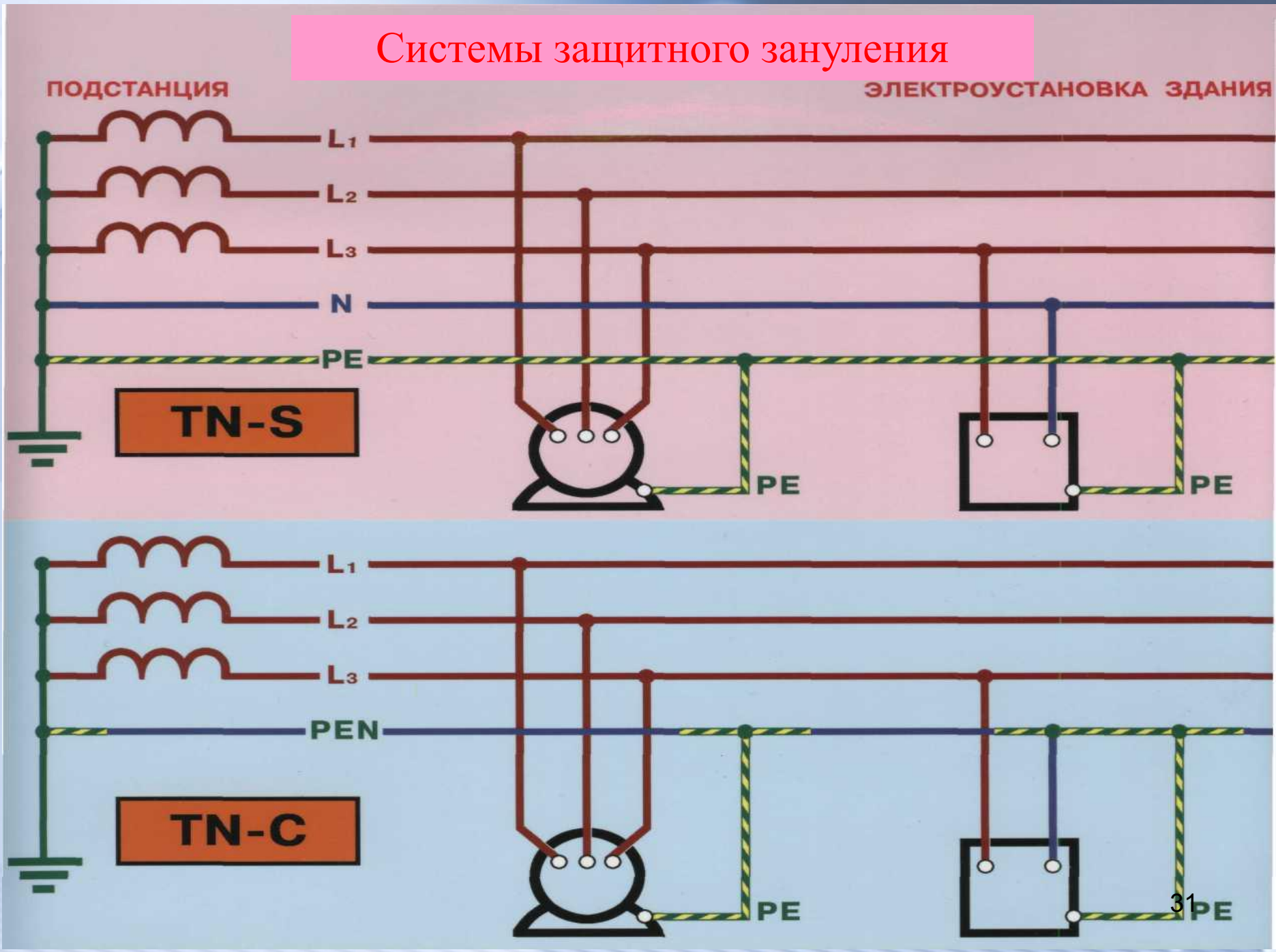
- **TN-C** – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части ЭУ присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевого защитного и рабочего проводников, совмещенных на всем их протяжении.
- **TN-S** – система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники выполнены отдельно на всем их протяжении.

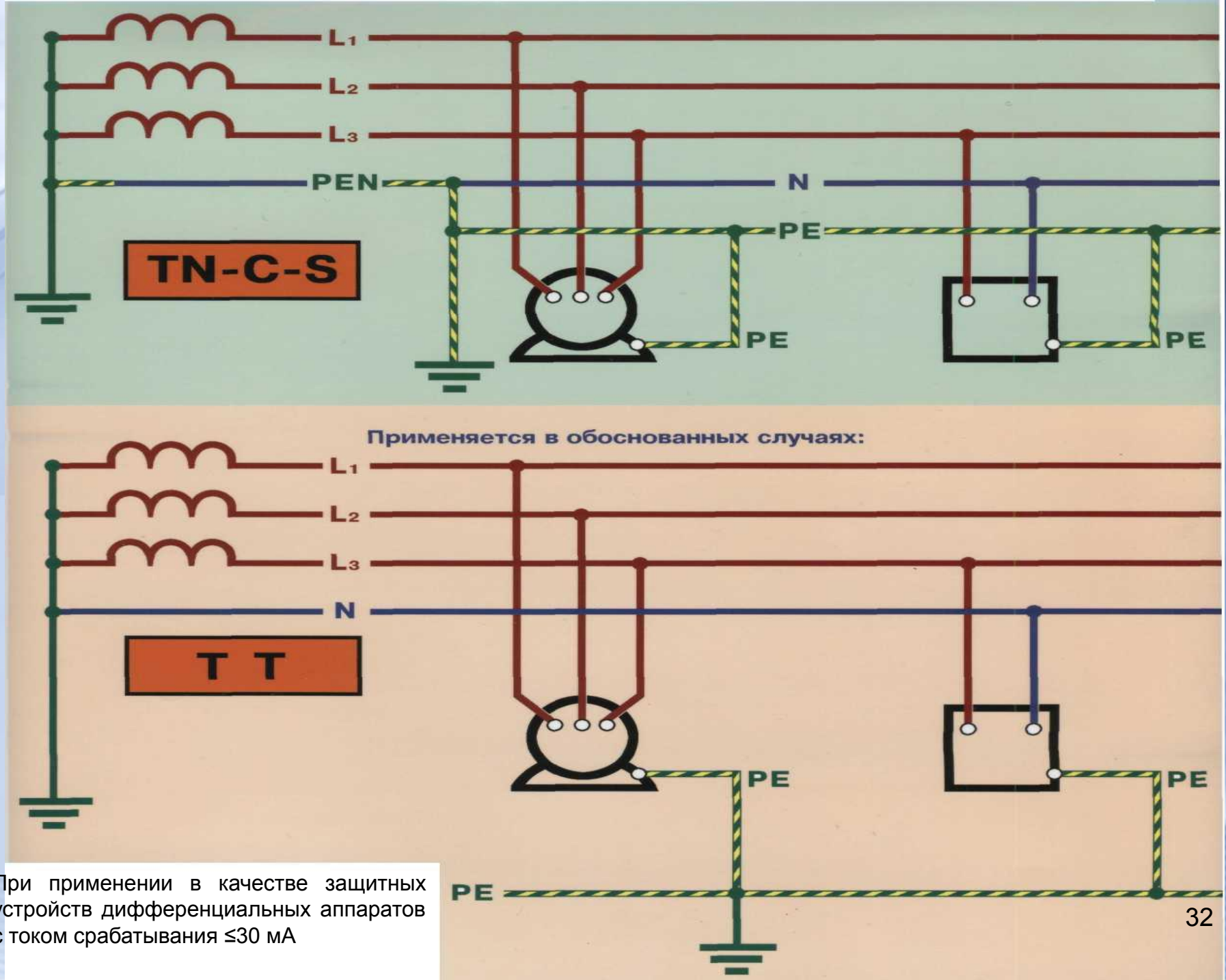
В ЭУ до 1000 В могут применяться системы с изолированной нейтралью и с нулевым рабочим проводом и применением защитного заземляющего устройства:

- **IT** – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы и устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые прводящие части ЭУ заземлены.
- **TT** – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части ЭУ заземлены на независимое от нейтрали источника заземляющее устройство.

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

Системы защитного зануления

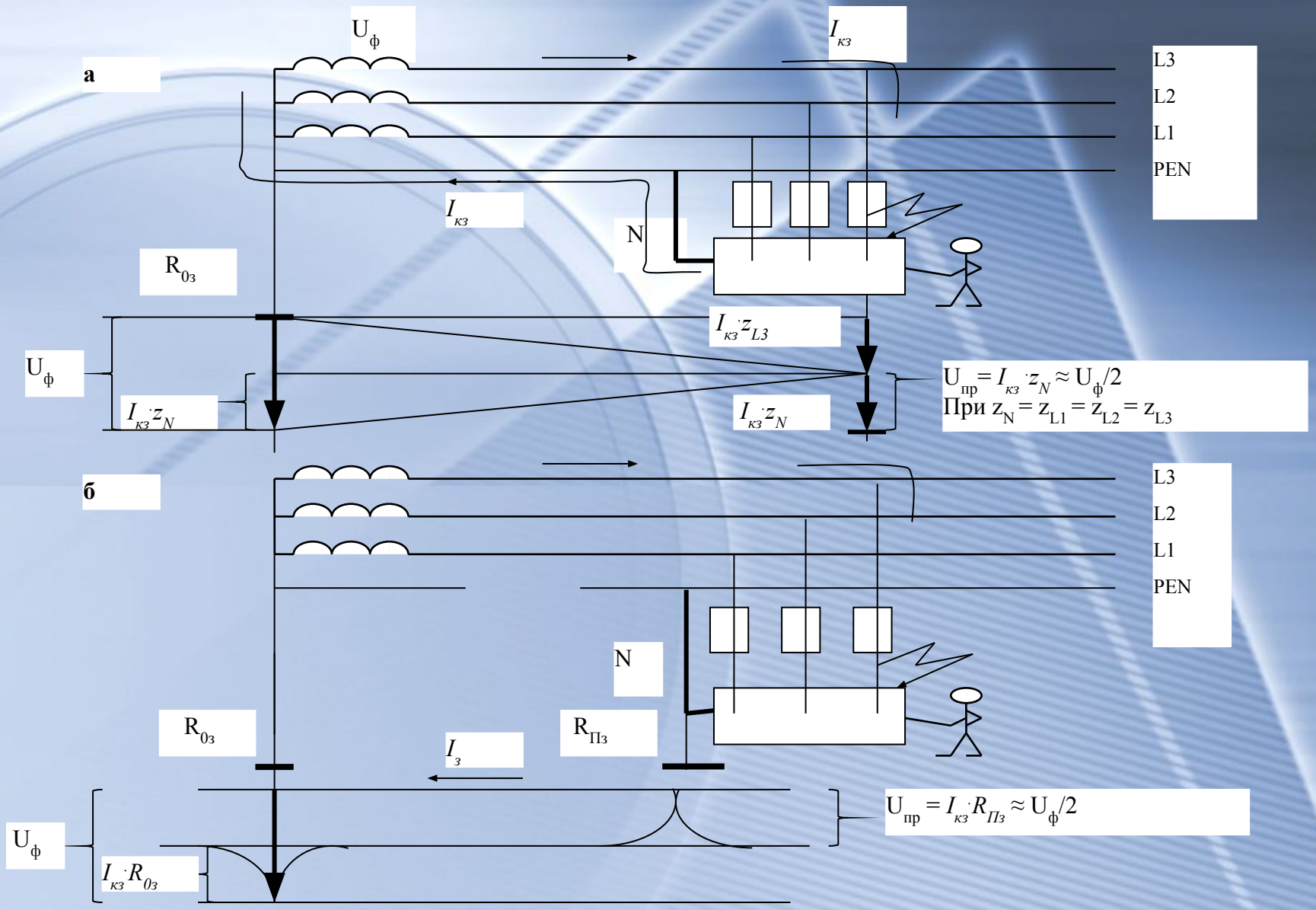




При применении в качестве защитных устройств дифференциальных аппаратов с током срабатывания ≤30 мА

Защитные функции системы защитного зануления и защитного заземления

- Система защитного зануления и автоматического отключения промышленной частоты 50 Гц до 1000 В TN имеет ряд модификаций, показанных на предыдущих двух слайдах.
- Особенности системы TN-S: пяти проводная система (3 питающих фазных провода L_1, L_2, L_3, один рабочий нулевой провод N и один защитный нулевой провод PE), евро розетка для питания однофазных потребителей подключается к 3 разным проводам : питающему, рабочему нулевому и защитному нулевому. Система повсеместно применяется в развитых странах и странах Евросоюза (сл.31).
- Особенности системы TN-C: четырех проводная система (3 питающих фазных провода L_1, L_2, L_3 , один PEN провод, выполняющий одновременно 2 функции рабочего и защитного нулевого провода. Это является недостатком системы, потому что по PEN проводу в нормальном режиме работы протекают токи однофазных потребителей. На проводе образуется напряжение относительно заземленных конструкций в нормальном режиме работы ЭУ, которое может оказаться опасным для обслуживающего персонала (сл.31). Другой проблемой для системы TN-C является подключение евро розетки. Два контакта, подключаемые от одного провода, вызывают потребность осуществить это подключение на самой конструкции розетки, что может оказаться фактически смертельной ошибкой. При случайной смене питающих проводов в распределительном щите напряжение ЭУ будет подано на корпус. ПУЭ устанавливает подключение дополнительного контакта евро розетки проводом с распределительного щита (сл.32). В этом случае система маркируется TN-C-S.



Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.

На сл. 34 а показаны показана схема защитного зануления в случае пробоя электрической изоляции ЭУ, позволяющая оценить ее защитные функции:

При пробое электрической изоляции на электрической установке с защитным занулением возникает электрическая цепь короткого замыкания так называемая «петля фаза-нуль». Возникает большое значение тока короткого замыкания из-за отсутствия каких-либо электрических элементов в цепи, кроме двух питающих проводов с малым электрическим сопротивлением.

Первая защитная функция – надежное срабатывание максимальной токовой защиты из-за существенного превышения тока короткого замыкания тока уставки отключающих аппаратов максимальной токовой защиты (предохранители, аппараты с нерегулируемой характеристикой срабатывания или тепловые расцепители и электромагнитные аппараты).

Вторая защитная функция – напряжение прикосновения снижается примерно в 2 раза по сравнению с питающим напряжением сети. Это объясняется тем, что питающее напряжение сети по закону Кирхгофа будет равно сумме двух падений напряжения: в питающем проводе и в PEN проводе. Эти провода имеют одинаковую проводимость (требование ПУЭ), поэтому напряжение прикосновения $U_{пр} = U_{ф}/2$.

На сл. 34 б показана ситуация обрыва нулевого провода. В этом случае защиту человека, обращающегося к опасному узлу, будет осуществлять защитное заземление, в качестве которого выступает так называемое повторное заземление нулевого провода, применяемое в соответствии с ПУЭ: через каждые 200 м длины линии, в местах ее разветвления и при вводе линии в распределительный щит или здание. Малое сопротивление защитного заземления шунтирует возможную электрическую цепь через тело человека, поэтому по нему протекает незначительная доля тока замыкания.

Исполнение электрооборудования в ЭУ до 1000 В

КЛАСС*	МАРКИРОВКА	НАЗНАЧЕНИЕ МЕРЫ ЗАЩИТЫ	УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ
0	Знак	Защита при косвенном прикосновении	1. В непроводящих помещениях 2. Питание от разделительного трансформатора (ГОСТ 30030) только одного электроприемника
I	Знак Буквы PE Цвет		Присоединение элемента для заземления к нулевому защитному PE-проводнику электроустановки
II	Знак		В любых помещениях и вне помещений независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
III	Знак	Защита от прямого прикосновения и при косвенном прикосновении	Питание от безопасного разделительного трансформатора (ГОСТ 30030). Безопасное сверхнизкое напряжение

- Классы исполнения электрооборудования по **ГОСТ 12.2.007.0. и ГОСТ Р МЭК 536-94:**
- **0 – наличие рабочей изоляции, отсутствие элемента для заземления;**
- **0I – наличие рабочей изоляции и элемента для заземления;**
- **I – присоединение элемента для заземления к нулевому защитному PE -проводнику электроустановки;**
- **II – наличие рабочей и дополнительной изоляции; двойная (усиленная) изоляция; отсутствие элемента для заземления;**
- **III – отсутствие внутренних и внешних электрических цепей напряжением свыше 42 В.**

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» для производителей продукции установлены только 2 класса исполнения **I** и **II.**

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные нормативные правовые документы при эксплуатации электроустановок ?
2. Перечислите основные опасные и вредные факторы в электроустановках ?
3. Какие основные направления работы входят в систему обеспечения электробезопасности ?
4. Что включают в себя организационные мероприятия для обеспечения безопасности работ ?
5. Что включают в себя технические мероприятия для обеспечения безопасности работ?
6. Какие технические средства защиты персонала используются в электроустановках?
7. Какие регламентные проверки и ремонты оборудования включаются в график планово-предупредительного ремонта электрооборудования?
8. Какие виды плакатов применяются в электроустановках?
9. Механизм действия электрического тока при случайном прикосновении в электроустановках до 1000 В?
10. Механизм действия электрического тока при случайном прикосновении в электроустановках выше 1000 В?

Вопросы для самопроверки

11. От каких факторов зависит степень действия электрического тока на организм человека при случайном прикосновении к токоведущим частям?
12. Какие показатели статистического метода анализа травматизма наиболее часто используются на практике?
13. Какой удельный вес составляют электрические травмы в смертельном травматизме ОАО «РЖД» в 2012 году?
14. Какая организационная мера на Ваш взгляд устранит смертельный травматизм от электрической травмы в ОАО «РЖД»?
15. Какие системы защитного зануления TN в электроустановках переменного тока до 1000 В Вы знаете и их основные отличия?
16. В чем состоят основные защитные функции защитного зануления?
17. В чем состоят основные защитные функции защитного заземления?
18. Основные классы исполнения эксплуатируемого электрооборудования?
19. Основные классы исполнения выпускаемого электрооборудования?
20. Что собой представляет исполнение оборудования I класса?
21. Что собой представляет исполнение оборудования II класса?

Автор – Кузнецов Константин Борисович, ФГБОУ ВПО УрГУПС. Представленные учебные материалы являются авторской разработкой.
Любое использование без согласия автора запрещено.