

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Тамбовский техникум железнодорожного транспорта
(ТаТЖТ - филиал РГУПС)



Модернизация поездной радиосвязи с применением цифровой радиосвязи стандарта DMR



Дипломную работу выполнил
студент группы ТАРО **412**
Корнеев К.С.

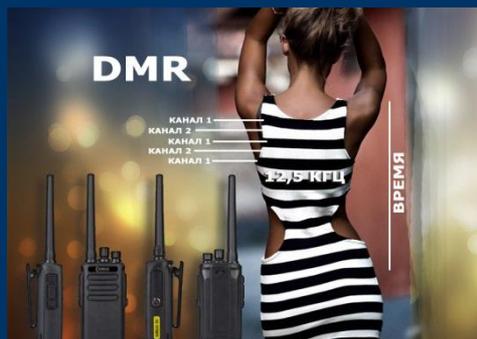
Руководитель Малеева И.В.

Тамбов
2022

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Тамбовский техникум железнодорожного транспорта
(ТаТЖТ - филиал РГУПС)



Модернизация поездной радиосвязи с применением цифровой радиосвязи стандарта DMR



Тамбов
2022

Дипломную работу выполнил
студент группы ТАРО **412**
Корнеев К.С.

Руководитель Малеева И.В.

Актуальность темы



Аналоговая ПРС

- низкая помехозащищенность
- ограниченные функциональные возможности
- отсутствие защищённости данных
- малый уровень электромагнитной совместимости
- невозможность работы при высоких скоростях
- ограниченне радиочастотного ресурса
- слабое развитие антенно-мачтового хозяйства
- отсутствия избирательного вызова
- наличия группового канала
- отсутствие технической совместимости с аппаратурой других производителей

Цифровая ПРС

- высокая помехозащищенность
- широкие функциональные возможности
- надежная защита от прослушивания
- применение ЕСМА, возможность встраивания в действующие системы обработки информации
- возможность работы при высоких скоростях (более 400км/ч)
- возможность одновременно вести несколько разговоров по одному каналу связи
- техническая совместимость с аппаратурой других производителей

Цель дипломной работы

модернизация ПРС на участке Юго-Восточной железной дороги Мичуринск - Тамбов с применением цифрового стандарта DMR



Задачи

- обосновать выбор стандарта DMR
- подобрать оборудование DMR
- выполнить расчет дальности радиосвязи с проектируемым оборудованием
- определить экономическую эффективность от внедрения оборудования стандарта DMR

Поездная радиосвязь

предназначена для обмена информацией между машинистами локомотивов и диспетчерским персоналом, дежурными по железнодорожным станциям и переездам, машинистами встречных и вслед идущих поездов, а также другим персоналом, связанным с поездной работой

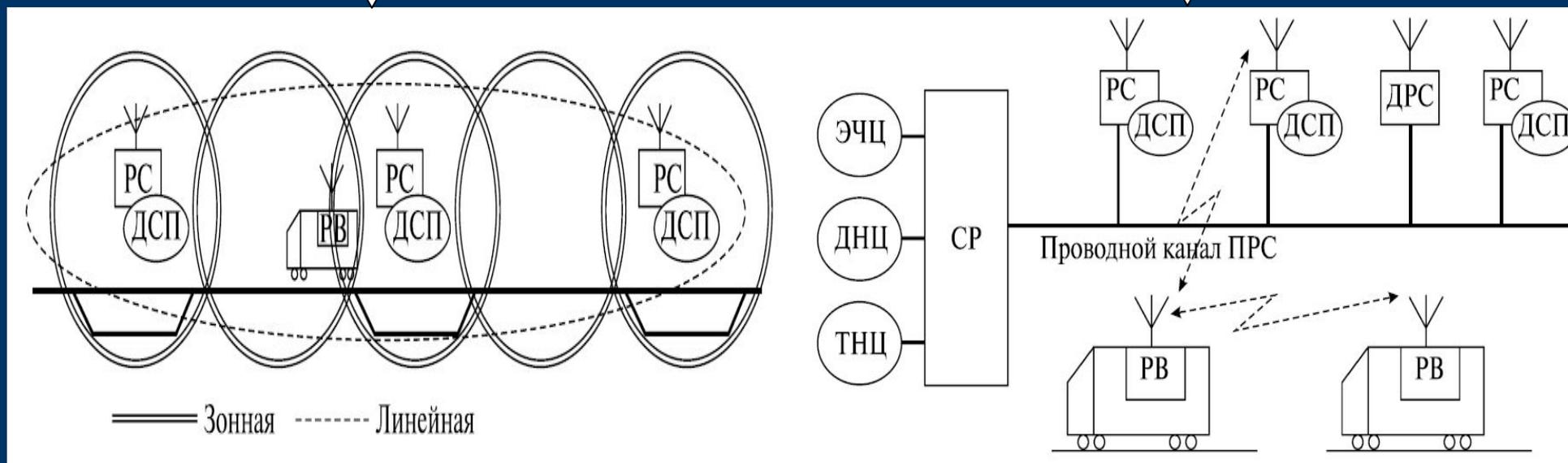


Диапазон	Частота МГц
ГМВ	2,13 и 2,15
МВ	от 151,725 до 155
ДМВ	для передачи 307,025— 307,375
ДМВ	для приема 343,025—343,45

Организация поездной радиосвязи

Линейно-зонный принцип
организации ПРС

Организация ПРС в пределах
диспетчерского участка



Линейный принцип организации ПРС применяется для связи с диспетчером, а зонный — для связи машинистов поездных локомотивов с работниками, рассредоточенными по диспетчерскому участку. Переговоры между ТЧМ и ДСП ближайшей станции ведутся по радио, а между ТЧМ и ДНЦ — с помощью проводной связи.

Цифровые стандарты радиосвязи

стандарты →





Характеристика стандарта(системы) связи	DMR	TETRA	GSM-R
Разработчик стандарта	ETSI	ETSI	ETSI
Статус стандарта	открытый	открытый	закрытый
Основные производители радиосредств	Motorola, Пульсар-телеком, Ижевский радиозавод	Nokia, Motorola, OTE, Rohde&Schwarz	Motorola, E.F.Johnson Inc., Transcrypt, ADI Limited
Возможный диапазон рабочих частот, МГц	138-174; 403-423;	138-174; 403-423; 450-470; 806-870	746-869
Разнос между частотными каналами, кГц	25; 12,5 (передача данных)	8	12,5; 6,25
Эффективная полоса частот на один речевой канал, кГц	25	6,25	12,5; 6,25
Вид модуляции	4FSK	p/4-DQPSK	GMSK
Скорость передачи информации в канале, бит/с	9600	7200 (28800 – при передаче 4-х информационных каналов на одной физической частоте)	9600

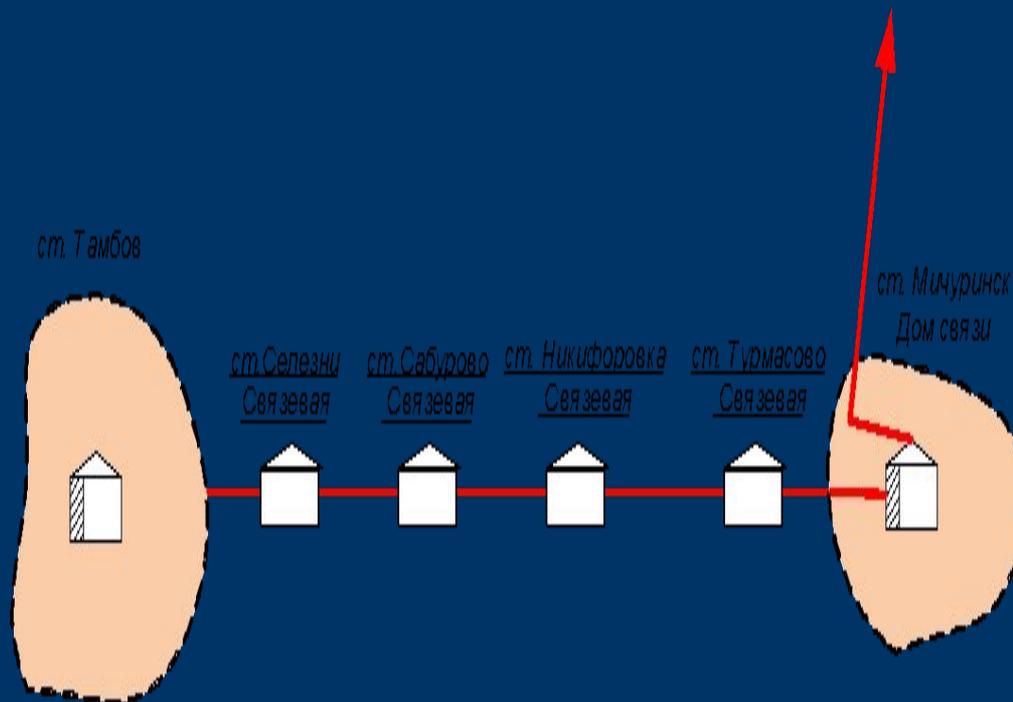
DMR оптимальный стандарт для использования на проектируемом участке

Стандарт DMR



Цифровой стандарт DMR обеспечивает переход к новым технологиям без нарушения действующих систем технологической радиосвязи (работа в аналоговом и цифровом режимах); позволяет работать на ранее выделенных частотах (160 МГц) с более эффективным использованием частотного ресурса; использует оборудование различных отечественных и зарубежных производителей; стандартные и собственные IP-протоколы, позволяя организовать мониторинг состояния сети, увеличивает дальность радиосвязи для носимых станций за счет репитеров

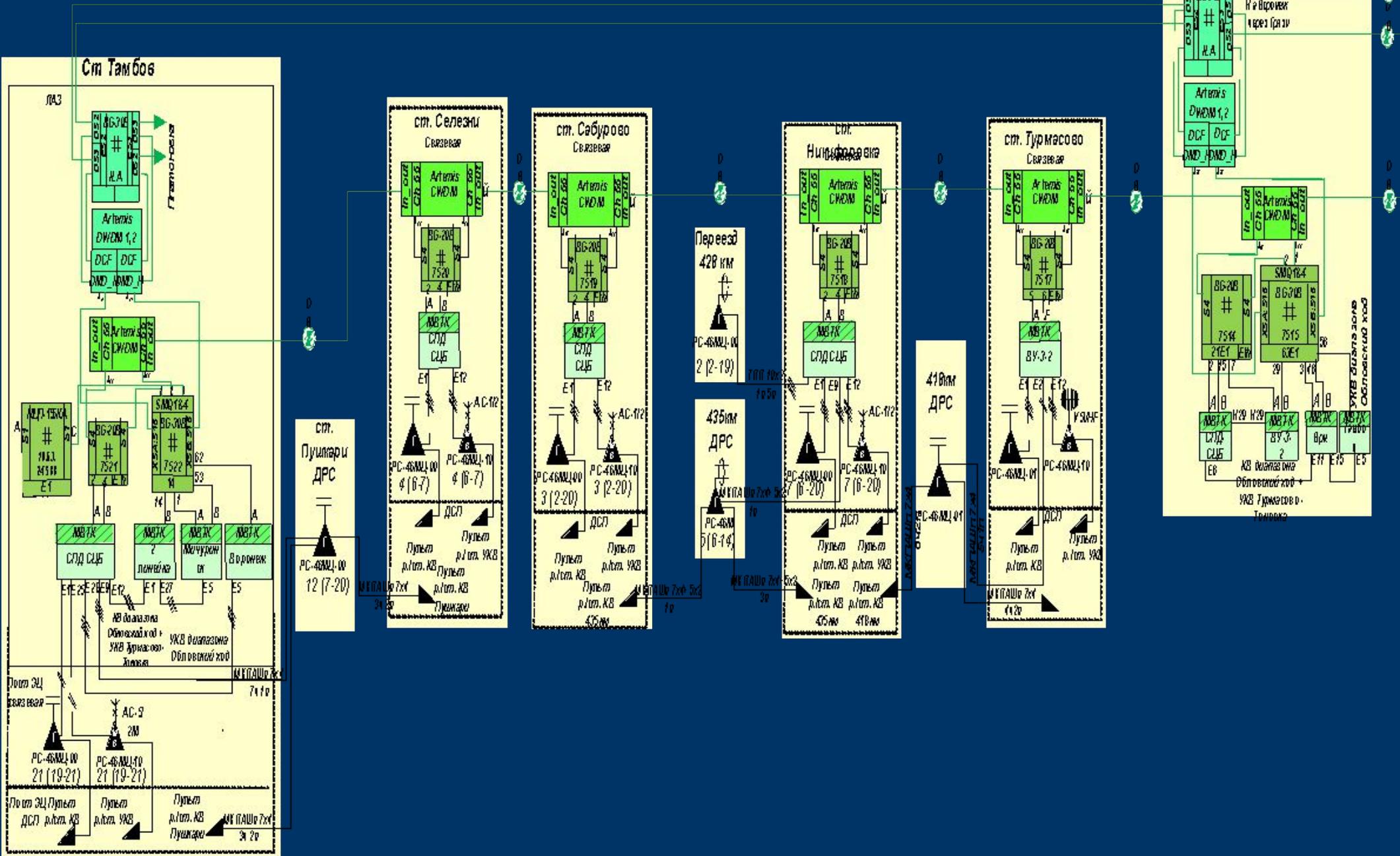
Характеристика участка Мичуринск - Тамбов



Место размещения пульта РС	Диапазон волн	Марка РС	Антенна
Тамбов (пост ЭЦ) Пульт 1 ДСП Пульт 2 ДСП Пульт 3 ДСП (ДРС ст. Пушкари)	2,13МГц	РС46МЦ00	Волновод
	УКВ	РС46МЦ10	Штыревая АС-5/2М
	КВ	РС46МЦ00	Волновод
Селезни Пульт 1 ДСП Пульт 2 ДСП	КВ	РС46МЦ00	Волновод
	УКВ	РС46МЦ10	Штыревая АС-1/2
Сабурово Пульт 1 ДСП Пульт 2 ДСП	КВ	РС46МЦ00	Волновод
	УКВ	РС46МЦ10	Штыревая АС-1/2
Никифоровка Пульт 1 ДСП Пульт 2 ДСП	КВ	РС46МЦ00	Волновод
	УКВ	РС46МЦ10	Штыревая АС-1/2
Турмасово Пульт 1 ДСП Пульт 2 ДСП	КВ	РС46МЦ01	Волновод
	УКВ	РС46МЦ10	У-SBHF
Мичуринск Пульт 1 ДСП Пульт 2 ДСП	КВ	РС46МЦ10	АС-1/2 Н=12м
	УКВ	РС46МЦ01	Волновод

Участок Тамбов – Мичуринск является частью диспетчерского участка, управляемого ДНЦ из Воронежа через распорядительную станцию СР 234 (УКВ Никифоровка и КВ Тамбов-Обловка). ДНЦ для организации связи с ТЧМ нажимает кнопку вызова перегона, на котором находится поезд. На СР 234 генерируются частоты вызова необходимой радиостанции, которые передаются по четырёхпроводной линии до необходимого участка, где выделяются аппаратурой УС2/4М в двухпроводную линию.

Схема организации ПРС на заданном участке



Типовая структура построения сети ПРС стандарта DMR

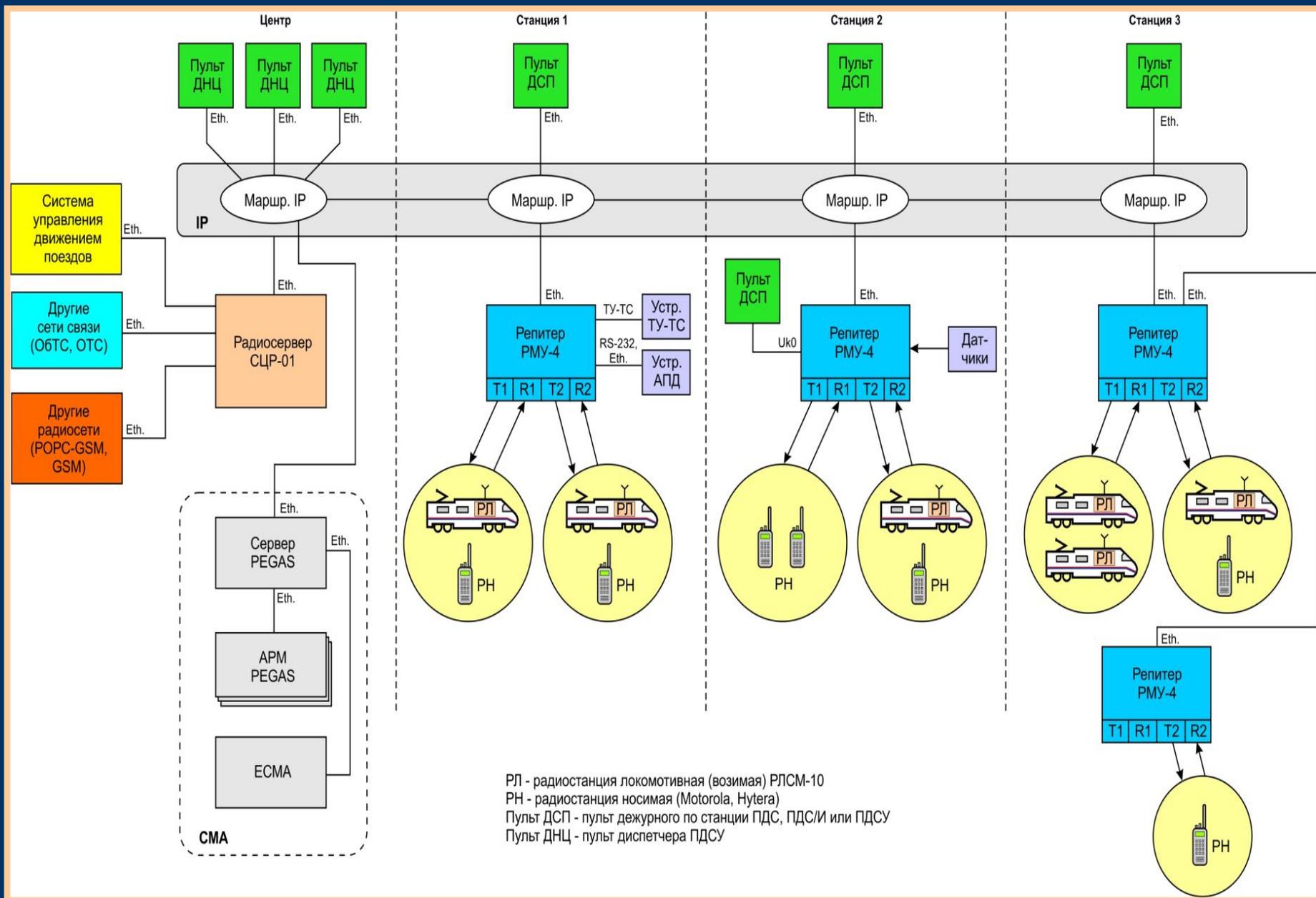
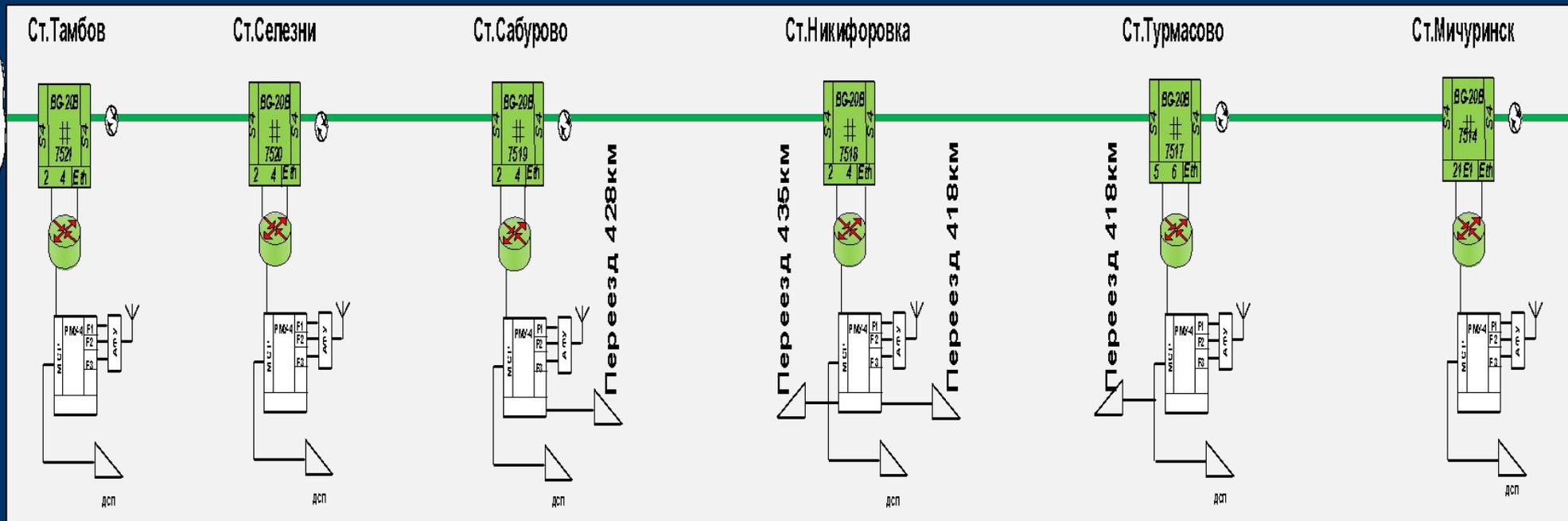
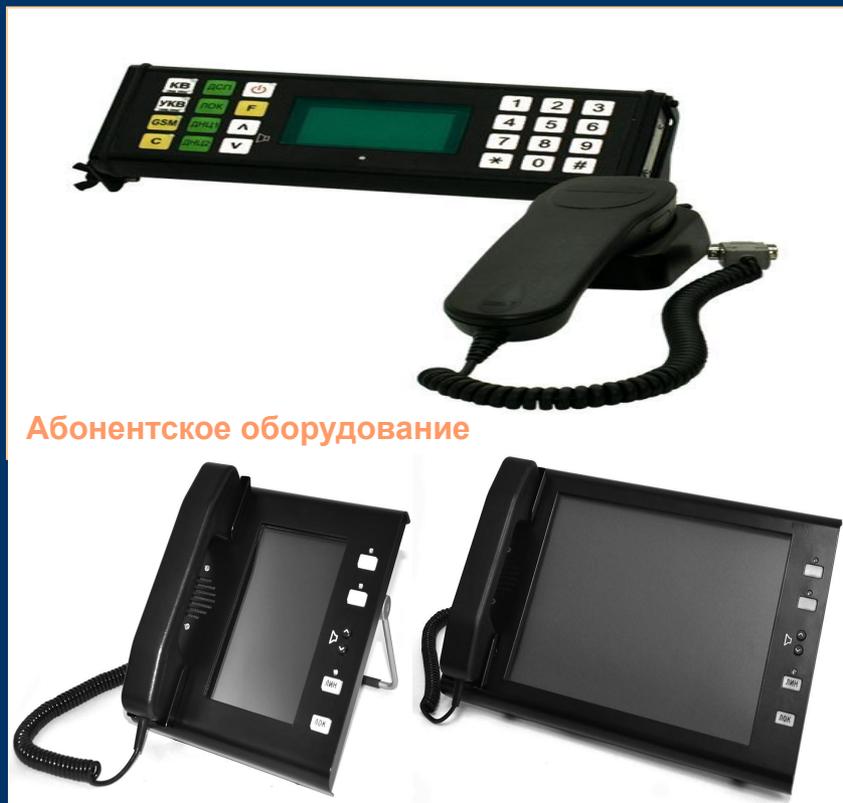


Схема организации сети ПРС стандарта DMR на проектируемом участке



Внедрение цифровой системы DtranPulsar, позволит получить одновременную работу, как существующего аналогового оборудования, так и новых цифровых радиосредств стандарта DMR на период обновления всех локомотивных радиостанций.

Оборудование стандарта DMR



Абонентское оборудование



Антенно-фидерные устройства



Репитер РМУ-4

Расчёт дальности радиосвязи

Уровень усредненной медианной мощности сигнала (УММС) определяется по формуле:

$$p_m(r) = P_n + g_1 + g_2 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_{mx}(f, r, h_{bc}, h_{ac}) \text{ дБм,}$$

где P_n – уровень мощности передатчика;

g_1, g_2 – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн соответственно;

α_1, α_2 – потери в фидере передающей и приемной антенн соответственно;

$\alpha_{mx}(f, r, h_{bc}, h_{ac})$ – суммарное ослабление радиосигнала при распространении для модели Хата при статистическом учете параметров местности (а выражено в дБ, r – в км.).

Суммарное ослабление радиосигнала для открытой местности определяется

$$\alpha_{mx}(f, r, h_{bc}, h_{ac}) = A + B \cdot \lg(r) - D_f$$

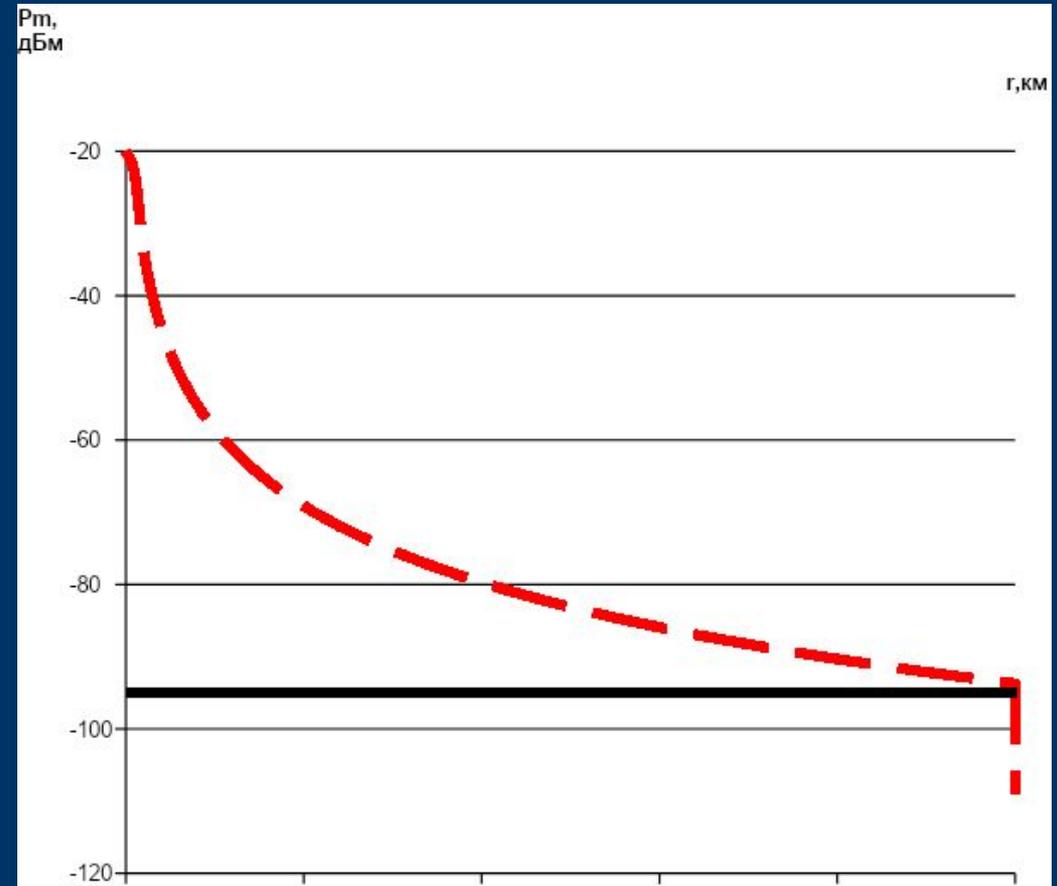
$$r = 10^{\frac{L_p - A}{B}}$$

Определим уровень усредненной медианной мощности сигнала (УММС) по формуле

$$p_m(r) = 50 + 0 + 8,15 - 2 - 0 - 79,438 + 35,225 \cdot \lg(r);$$

$$p_m(r) = -23,288 - 35,225 \cdot \lg(r)$$

График зависимости уровня сигнала, рассчитанного по модели Окамуры-Хата от расстояния r представлен на рисунке



Экономическая часть

Наименование работ или затрат	Единицы измерения	Количество во единиц	Сметная стоимость, руб.	
			Единица	Общее
Комплект линейного оборудования базовых станций системы цифровой технологической радиосвязи стандарта DMR	комплект	6	540850	3245100
Дополнительные пульта ПДС	пульт	2	24000	48000
Коммутатор Cisco ASR 901	коммутатор	6	12760	76560
пультов ПДС/И	Пульт	6	84 000	504000
Приставки	Пульт	6	7000	42000
Пульт диспетчера ПДСУ	Пульт	1	240000	240000
Антенно-фидерные устройства	комплект	6	35000	210000
Итого:				4365660
Стоимость неучтённого оборудования	процент	20		873132
Транспортные расходы (от стоимости оборудования)	процент	4,5		196455
Монтаж оборудования	процент	25		1091415
Всего по смете:				6526662

Показатели	Единица измерения	Сравниваемые варианты	
		Существующая аналоговая р/связь	Цифровая р/связь DMR
Годовой фонд оплаты труда	руб.	15970620	10324920
Отчисления на социальные нужды	руб.	4855068,48	3138775,68
Затраты на электроэнергию	руб.	6433,344	1892,16
Прочие затраты	руб.	319412,4	206498,4
Итого расходов от обычных видов деятельности, Э1 и Э2	руб.	21151534,2	13672086,2

Экономическая эффективность капитальных вложений определяется по формуле:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 \text{ руб.}$$

$$\Delta \mathcal{E} = 21151534,2 - 13672086,2 = 7479448 \text{ руб.}$$

Снижение текущих расходов по сравнению с применяемой системой аналоговой радиосвязи осуществляется за счет:

- сокращения технических единиц внедряемого оборудования, при большем количестве организуемых каналов связи;
- снижения энергопотребления;
- вывода из эксплуатации большого числа ретрансляторов и абонентских радиостанций;
- сокращение эксплуатационного штата

Общие требования охраны труда

КАСКИ ЗАЩИТНЫЕ



Каски предназначены для защиты головы работающего от механических повреждений, от воды и агрессивных жидкостей, а также от поражения электрическим током при случайном касании токоведущих частей, находящихся под напряжением до 1000 В. В зависимости от условий применения каска может комплектоваться утепленным подшлемником и подзащитной переноской, противопотными впитывателями, щитками для сварщиков, головными светильниками.

Перед каждым применением каски должны быть осмотрены с целью контроля отсутствия механических повреждений. После истечения нормативного срока эксплуатации каски изымаются из эксплуатации.

ОЧКИ И ЩИТКИ ЗАЩИТНЫЕ



Очки и щитки защитные предназначены для защиты глаз и лица от слепящего света электрической дуги, ультрафиолетового и инфракрасного излучения, твердых частиц и пыли, искр, брызг агрессивных жидкостей и расплавленного металла.

Перед каждым применением очки и щитки должны быть осмотрены с целью контроля отсутствия механических повреждений.

ПЕРЧАТКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ



Перчатки предназначены для защиты рук от поражения электрическим током. Применяются в электроустановках до 1000 В в качестве основного изолирующего электрозащитного средства, а в электроустановках выше 1000 В - дополнительного. В электроустановках могут применяться перчатки из диэлектрической резины бесшовные или со швом, латексные или джутовые. В электроустановках разрешается использовать только перчатки с маркировкой по защитным свойствам Эв и Эн.

Перед применением перчаток следует осмотреть, обратив внимание на отсутствие механических повреждений, разрывов и увлажнений, а также проверить в наличие проколов путем скручивания перчаток в сторону пальцев.

Периодичность испытаний 1 раз в 6 месяцев

ОБУВЬ СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ



Диэлектрическая обувь защищает работающих от напряжения шага. В электроустановках применяются диэлектрические боты и галоши. Галоши применяют в электроустановках напряжением до 1000 В, боты - при всех напряжениях.

По защитным свойствам обувь обозначают: Эв - галоши, Эв - боты.

Перед применением галоши и боты должны быть осмотрены с целью обнаружения возможных дефектов (ослабления обтягивающих деталей или подкладки, наличие повреждений меховых волокон и т.п.).

Периодичность испытаний 1 раз в 12 месяцев

ПОЯСА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ И КАНАТЫ



Пояса предохранительные являются средствами индивидуальной защиты работающих от падения при работах на высоте и вертикальных работах, а также средствами страховки и эвакуации человека из опасных зон.

Для страховки применяются стальные, хлопчатобумажные канаты или канаты из капронового фала.

Перед началом работы пояс должен быть осмотрен с целью проверки состояния его в целом и несущих элементов в отдельности. Самостоятельный ремонт поясов не допускается.

Периодичность испытаний 1 раз в 6 месяцев

КОМПЛЕКТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЭКРАНИРУЮЩИЕ



Комплекты предназначены для защиты тела работающего от воздействия электрической дуги, которая может возникнуть при оперативных переключениях в действующих электроустановках всех классов напряжений. Костюмы, входящие в комплект, могут быть зимними и летними. В комплект входит каска термостойкая с защитным экраном для лица, подшлемник термостойкий, перчатки термостойкие. В комплект дополнительно могут входить белье натуральное хлопчатобумажное или термостойкое и дополнительная куртка-накладка.

Проверка технического состояния комплектов должна проводиться:

- перед вводом в эксплуатацию;
- в процессе эксплуатации периодически 1 раз в 12 мес.;
- перед каждым подъемом в токоведущую часть, находящуюся под напряжением, после ремонта или химической чистки.

ИНСТРУМЕНТ РУЧНОЙ ИЗОЛИРУЮЩИЙ



Ручной изолирующий инструмент (отвертки, пассатижи, плоскогубцы, круглогубцы, клещи, ключи гаечные, ножи монтажные и т.п.) применяется в электроустановках до 1000 В в качестве основного электрозащитного средства.

Инструмент может быть двух видов:

- инструмент, полностью изготовленный из проводящего материала и покрытый электроизоляционным материалом целлюлозой или пластиком;
- инструмент, изготовленный полностью из электроизоляционного материала и имеющий, при необходимости, металлические вставки.

В процессе эксплуатации вышеуказанный инструмент не проводят. Инструмент с односторонней изоляцией подвергается электрическим испытаниям. Инструмент с многосторонней изоляцией в процессе эксплуатации осматривают не реже 1 раза в 6 мес.

КЛЕЩИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ



Клещи изолирующие предназначены для замены предохранителей в электроустановках до и выше 1000 В, а также для снятия накладок, ограждений и других аналогичных работ в электроустановках до 35 кВ включительно.

В процессе эксплуатации механические испытания клещей не проводят.

Периодичность испытаний 1 раз в 24 месяца

КЛЕЩИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ



Клещи предназначены для измерения тока в электрических цепях напряжением до 10 кВ, а также тока напряжения и мощности в электроустановках до 1 кВ без нарушения целостности цепей.

Периодичность испытаний 1 раз в 24 месяца

КОВРЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЗИНОВЫЕ И ПОДСТАВКИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ



Ковры диэлектрические резиновые и подставки изолирующие применяются как дополнительные электрозащитные средства в электроустановках до и выше 1000 В.

Ковры применяют в закрытых электроустановках, кроме сырых помещений, а также в открытых электроустановках в сухую погоду.

В эксплуатации коврики и подставки не испытывают. Их осматривают не реже 1 раза в 6 мес, а также непосредственно перед применением. При обнаружении механических дефектов коврики снимают из эксплуатации и заменяют новыми, а подставки направляют в ремонт.

После ремонта подставки должны быть испытаны по нормам приемосдаточных испытаний.

КОЛПАКИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ ВЫШЕ 1000 В



Колпаки предназначены для применения в электроустановках до 10 кВ, конструкция которых по условиям электробезопасности исключает возможность наложения переносных заземлений при проведении ремонтных работ, а подставка направляют в ремонт.

Колпаки изготавливаются двух типов:

- для установки на жилах оптических кабелей;
- для установки на ножках оптических кабелей разъемных.

Периодичность испытаний 1 раз в 12 месяцев

НАКЛАДКИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ



Накладки применяются в электроустановках до 20 кВ для предотвращения случайного прикосновения к токоведущим частям в тех случаях, когда нет возможности оградить рабочее место щитами. В электроустановках до 1000 В накладки применяют также для предупреждения ошибочного включения рубильников. В электроустановках выше 1000 В применяются только жесткие накладки. В электроустановках до 1000 В можно использовать гибкие накладки из диэлектрической резины для закрытия токоведущих частей при работах без снятия напряжения.

В процессе эксплуатации накладки осматривают не реже 1 раза в 6 мес. При обнаружении механических дефектов накладки снимают с эксплуатации и заменяют новыми.

Периодичность испытаний 1 раз в 24 месяца

ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПЕРЕНОСНЫЕ



Заземления переносные предназначены для защиты работающих на открытых токоведущих частях электроустановок от ошибочного по-падения или наведенного напряжения при отсутствии стационарных заземляющих ножей. Провода заземлений должны иметь сечение не менее 16 мм² в электроустановках до 1000 В и не менее 25 мм² в электроустановках выше 1000 В. На каждое заземление должны быть обозначены номинальное напряжение электроустановки, сечение проводов и инвентарный номер.

В процессе эксплуатации заземления осматривают не реже 1 раза в 3 месяца, а также непосредственно перед применением и после воздействия тока короткого замыкания. При обнаружении механических дефектов контактных соединений, обрыве более 5% проводников, их расплавлении заземления должны быть изъяты из эксплуатации.

ШТАНГИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ



Штанги изолирующие предназначены для оперативной работы (операции с разъединителями, смена предохранителей, установка деталей разъединителей и т.п.), измерений (проверка изоляции на линиях электропередачи и подстанциях), для наложения переносных заземлений, а также для освобождения пострадавшего от электрического тока.

Штанги должны состоять из трех основных частей: рабочей, изолирующей и рукоятки.

В процессе эксплуатации механические испытания штанг не проводят.

Периодичность испытаний 1 раз в 24 месяца

УКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ВЫШЕ 1000 В



Указатели напряжения предназначены для определения наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок. Указатели напряжения выше 1000 В реагируют на емкостной ток, протекающий через указатель при внесении его рабочей части в электрическое поле, образующее токоведущими частями электроустановок, находящимися под напряжением, и "землей" и заземлениями конструктивных электроустановок.

Перед началом работы с указателем необходимо проверить его исправность.

В процессе эксплуатации механические испытания указателей напряжения не проводят.

Периодичность испытаний 1 раз в 12 месяцев

ЛЕСТНИЦЫ ПРИСТАВНЫЕ И СТРЕМЯНКИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ



Изолирующие приставные лестницы и стремянки предназначены для проведения строительных, монтажных, ремонтных и эксплуатационных работ в электроустановках или электрооборудовании установках.

Изолирующие приставные лестницы и стремянки должны подвергаться механическим и электрическим испытаниям.

Механические испытания - 1 раз в 12 мес. Электрические испытания - 1 раз в 6 мес.

ПЛАКАТЫ И ЗНАКИ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

ПЛАКАТЫ ЗАПРЕЩАЮЩИЕ

- НЕ ВКЛЮЧАТЬ РАБОТНИКОВ
- НЕ ВКЛЮЧАТЬ РАБОТУ НА ЛИНИИ
- НЕ ОТКРЫВАТЬ РАБОТАЮЩИМ

ПЛАКАТЫ ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ

- ВНЕЗАПНО
- РАБОТАТЬ ЗДЕСЬ

ЗНАКИ И ПЛАКАТЫ ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ

- ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ
- СТОП НАПРЯЖЕНИЕ
- ВНИМАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ
- НЕ ВЛЕЗАЙ УБЬЕТ

ПЛАКАТ УКАЗАТЕЛЬНЫЙ

- ЗАЗЕМЛЕНО

Практическое значение



Техническое решение имеет практическую значимость и может быть использовано руководством РЦС-3 при модернизации сети ПРС с применением цифрового стандарта DMR на участке железной дороги Тамбов-Мичуринск

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

