

Ходкевич Антон Геннадьевич

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА
НА ПЕРЕГОНАХ

ОмГУПС 2008

1. История железных дорог России

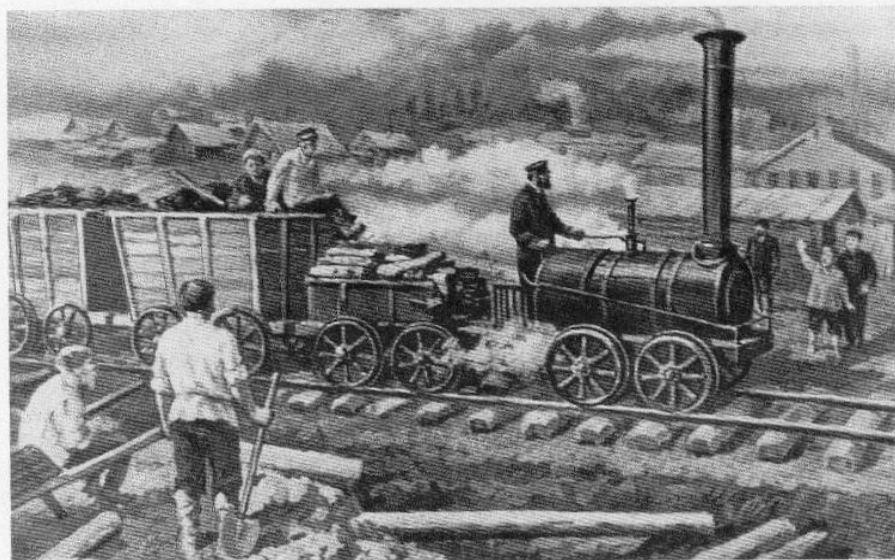
- 1834 г. - рельсовая дорога с паровой тягой на Нижнетагильском металлургическом заводе Демидовых
длина дороги - 854 метра
ширина колеи - 1645 мм
вес состава - свыше 3 тонн
скорость - до 16 км в час



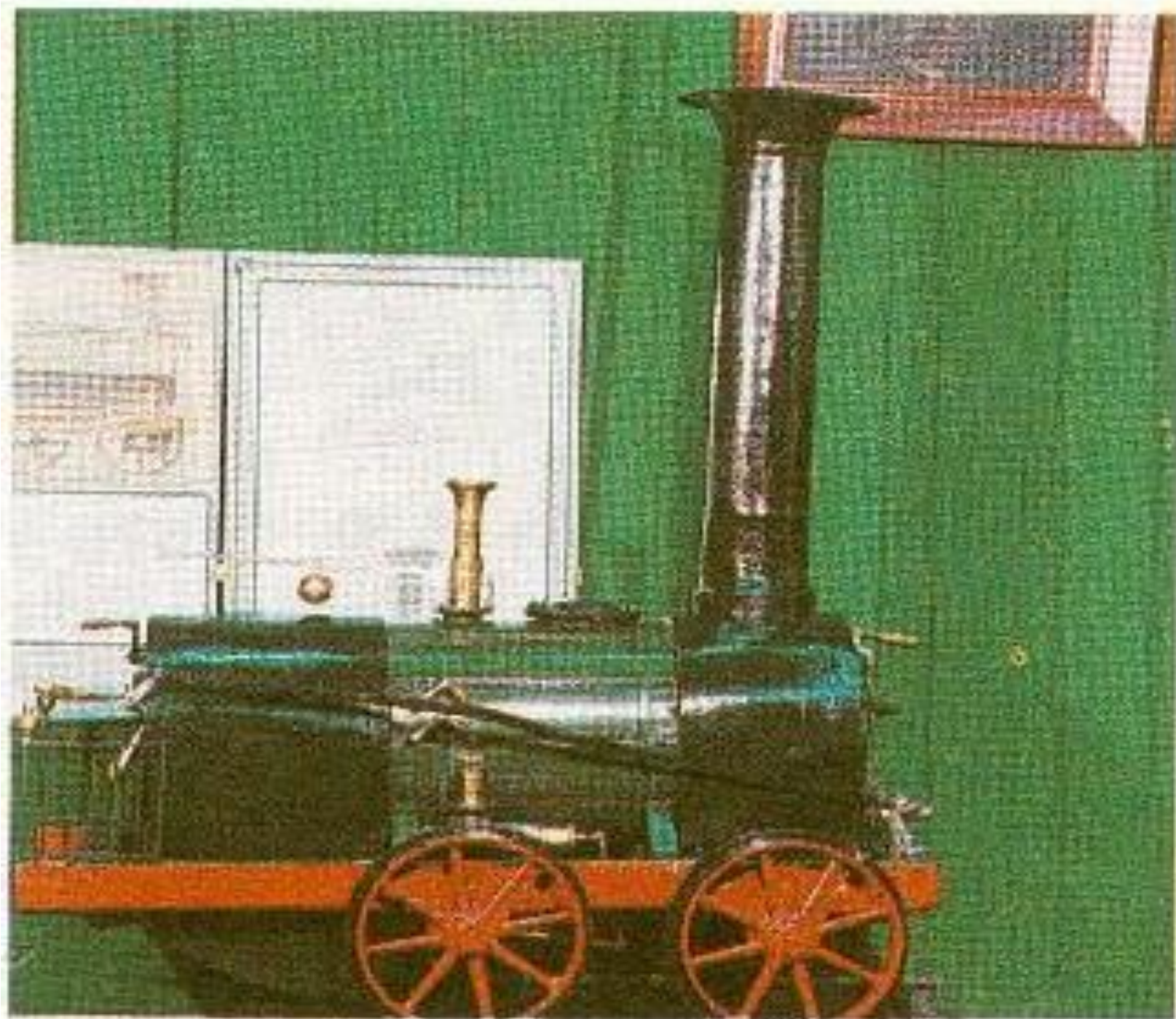
Е. А. Черепанов (1774—1842)



М. Е. Черепанов (1803—1849)



Дорога Черепановых. 1836



Санкт-Петербург - Царское Село

- 1836 г. - начало строительства дороги
- 1837 г. - завершение строительства и открытие регулярного движения

длина - 22 версты

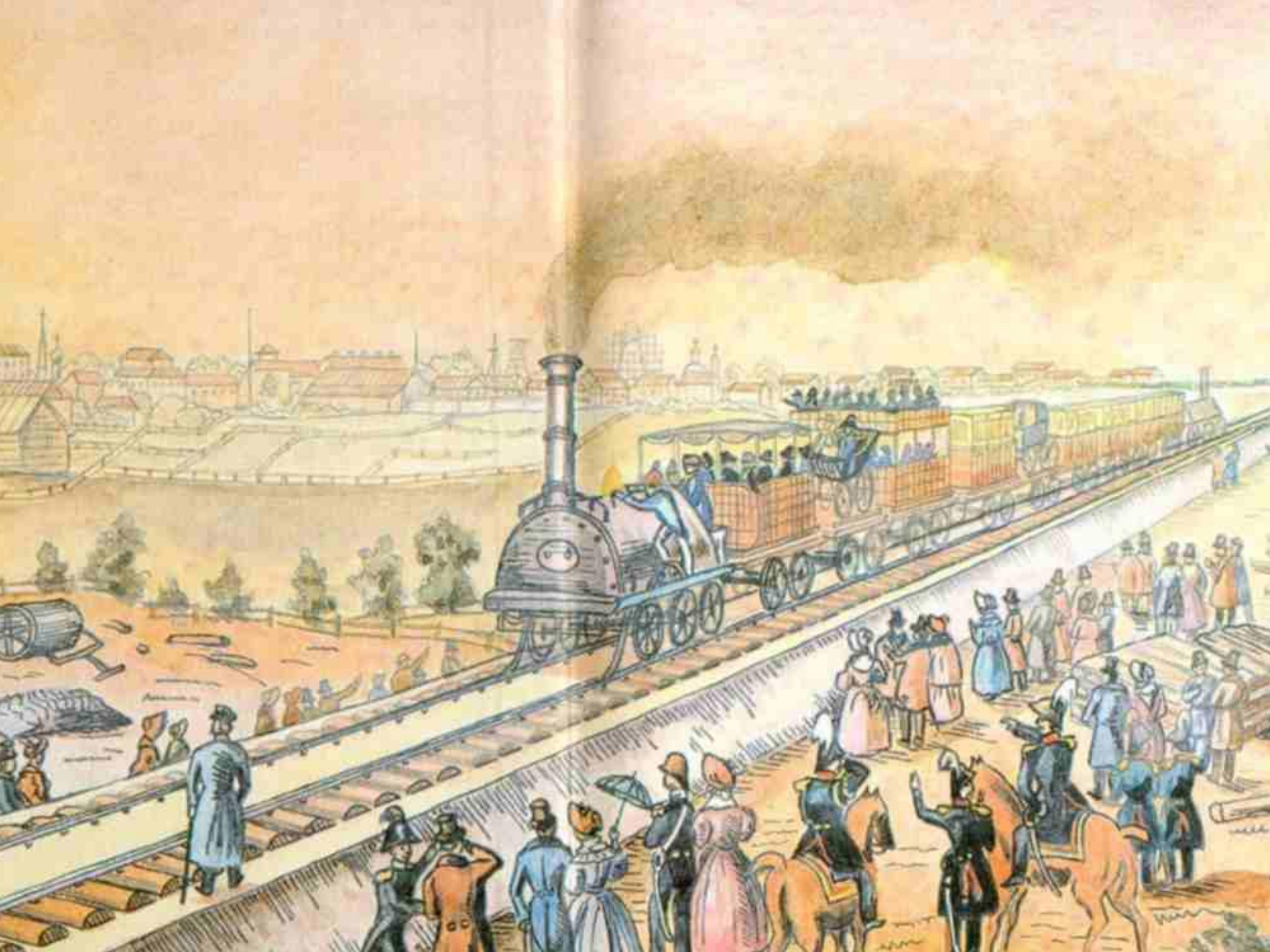
ширина

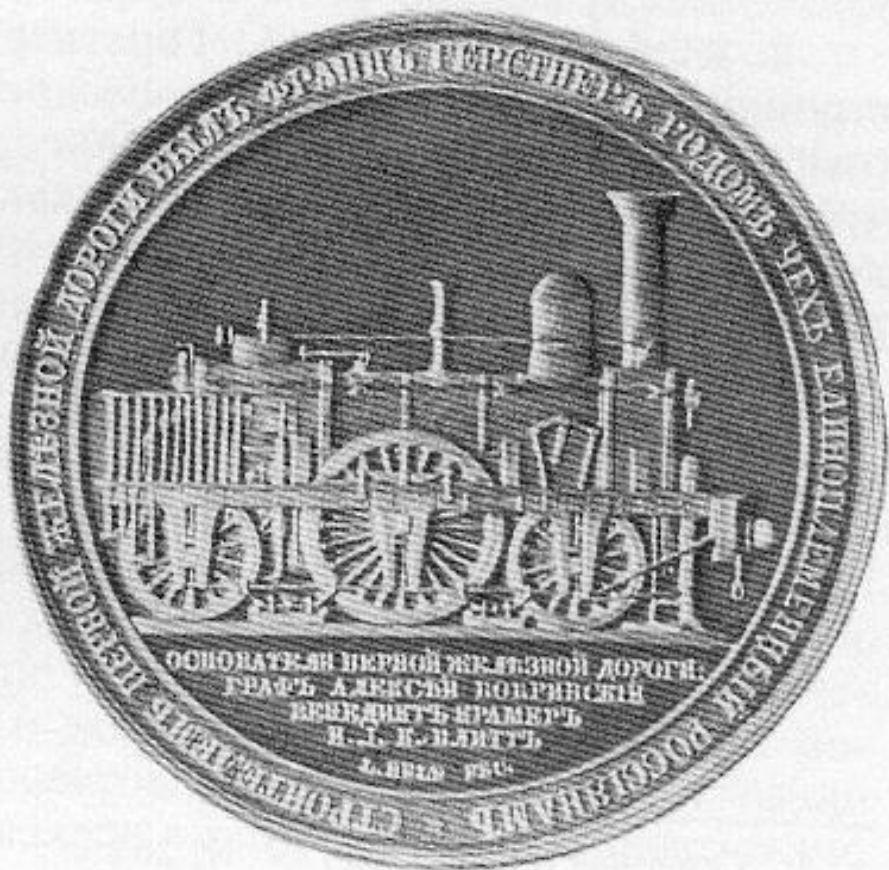
колеи - 1829 мм

время хода - 30

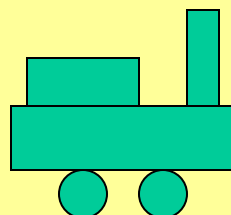
минут

скорость - до 60 км в час





Санкт-Петербург



Царское Село

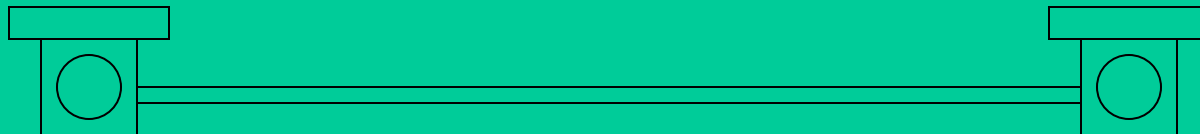
Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



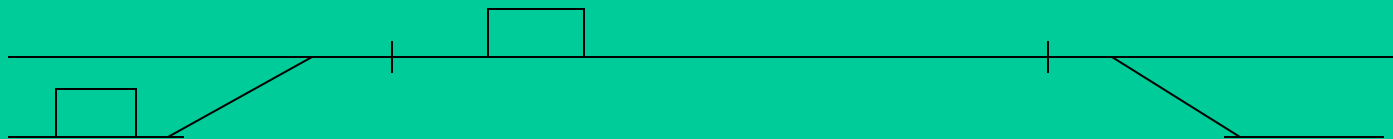
- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



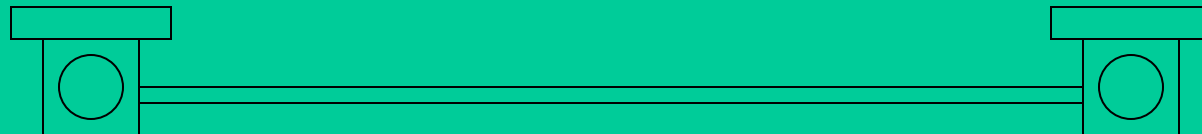
Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



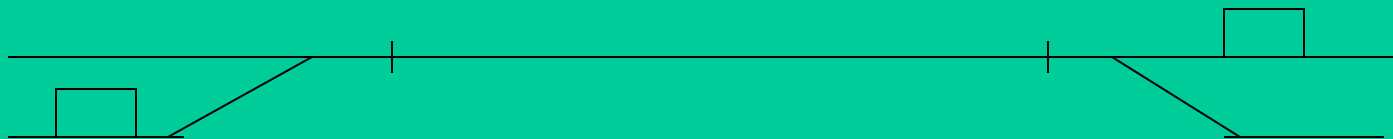
- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



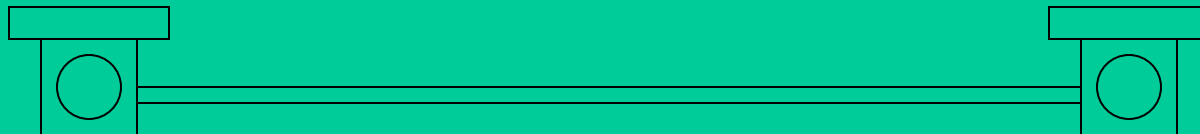
Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



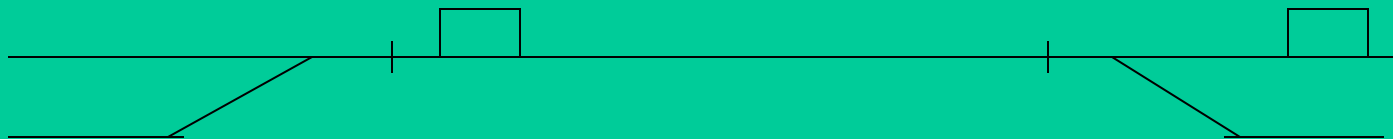
- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



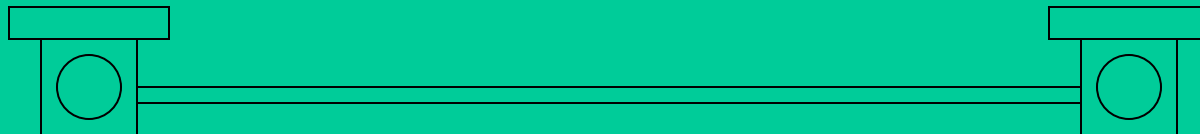
Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки











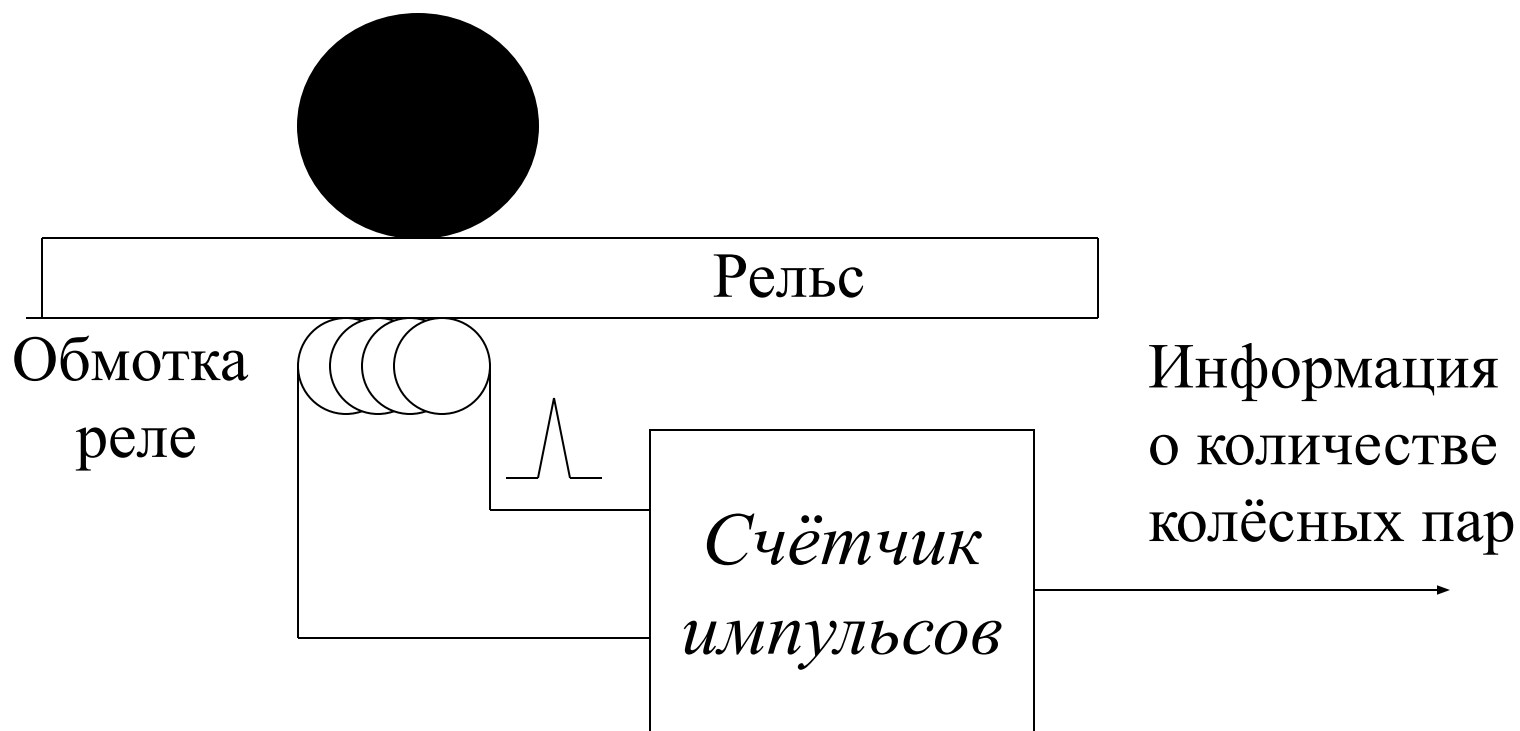




2. Принципы полуавтоматической блокировки (ПАБ)

- *На перегоне может находиться только один поезд*
- *По прибытию поезда ДСП извещает соседнюю станцию о свободе перегона*
- *А почему эта система называется полуавтоматической?*

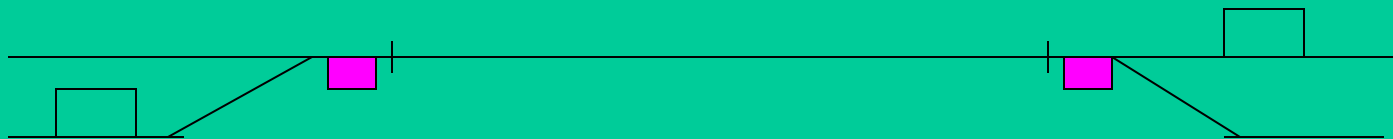
Система счёта осей



Движение по участку железной дороги

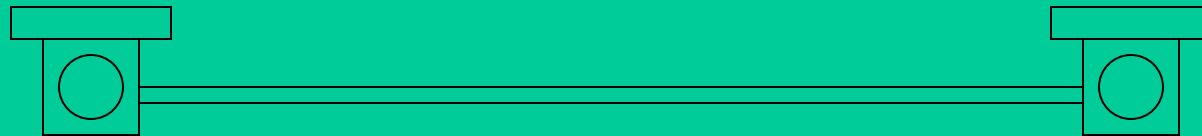
Санкт - Петербург

Царское Село

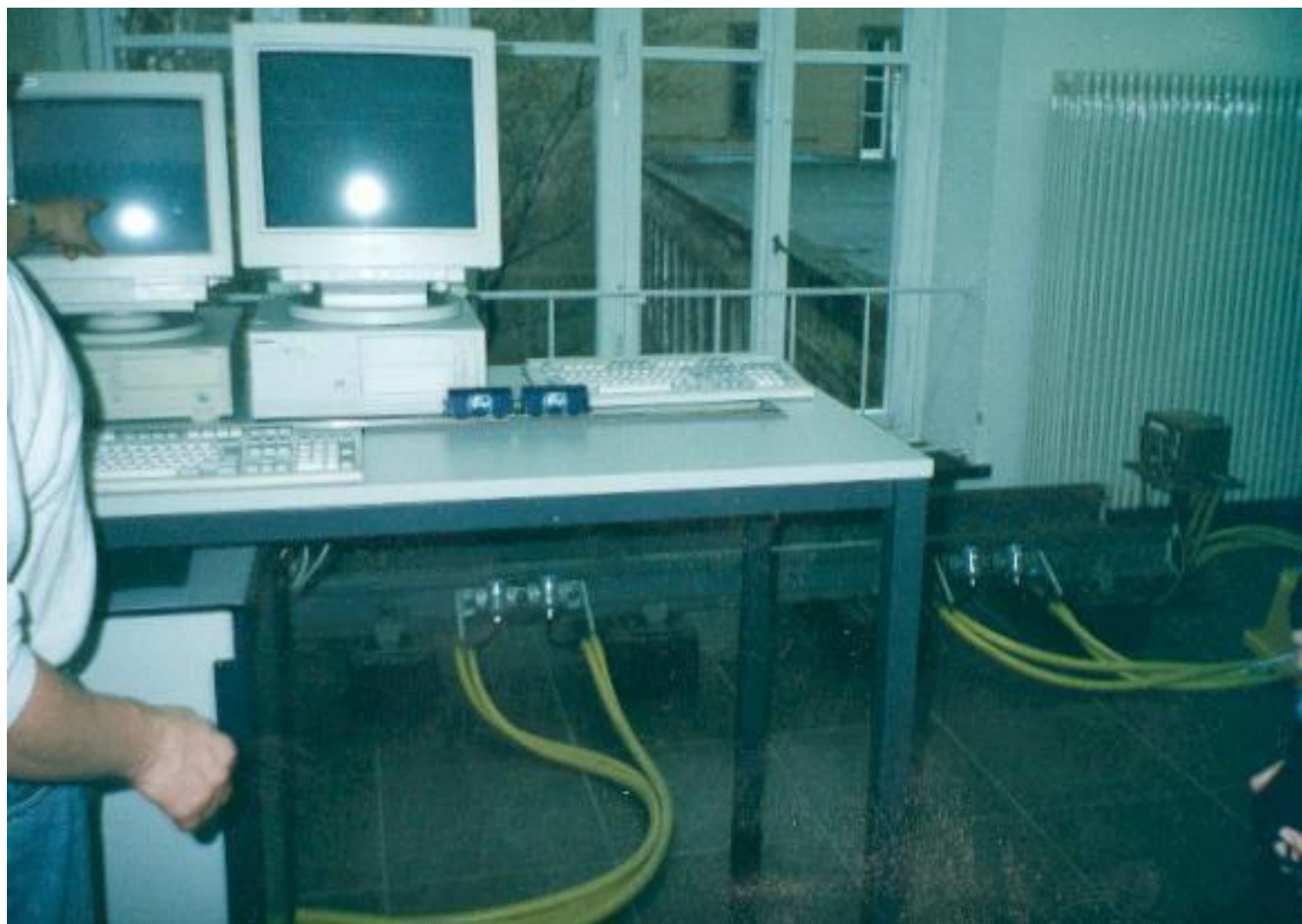


- Система полуавтоматической блокировки с системой счёта осей

■ Устройство для счёта осей













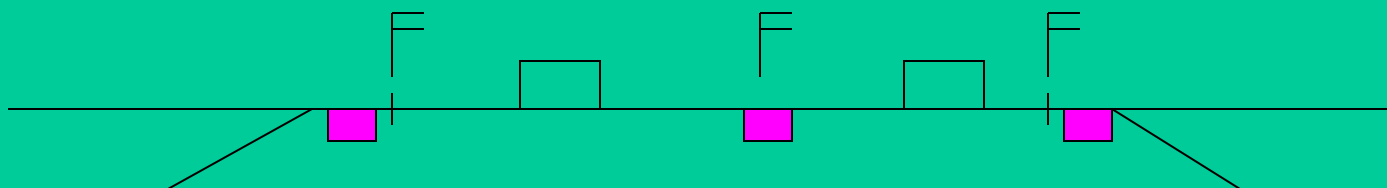
Недостатки ПАБ

- *Низкая пропускная способность (на перегоне только один поезд), и значит трудность в использовании системы при*
- *больших длинах перегонов*
- *низкой скорости движения*
- *Поэтому необходима новая система - ПАБ с путевыми постами*

Движение по участку железной дороги

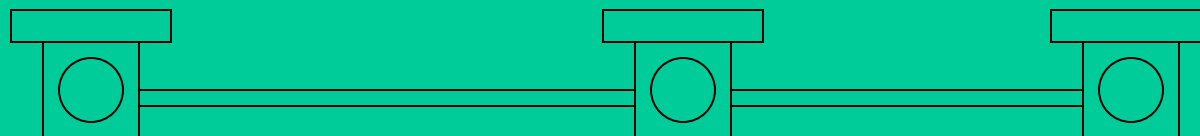
Санкт - Петербург

Царское Село



- Система ПАБ с путевым постом

■ Устройство для счёта осей



Функции дежурного по путевому посту

- По телефонным проводам услышать информацию об освобождении впередилежащего участка
- После получения команды принять решение об открытии семафора
- Передать по проводам информацию о возможности проследования поезда на предыдущий участок

В автоматической блокировке для передачи информации вместо телефонных проводов используется рельсовая цепь

В качестве ушей дежурного применяется импульсное путевое реле (ИМВШ или ИВГ)

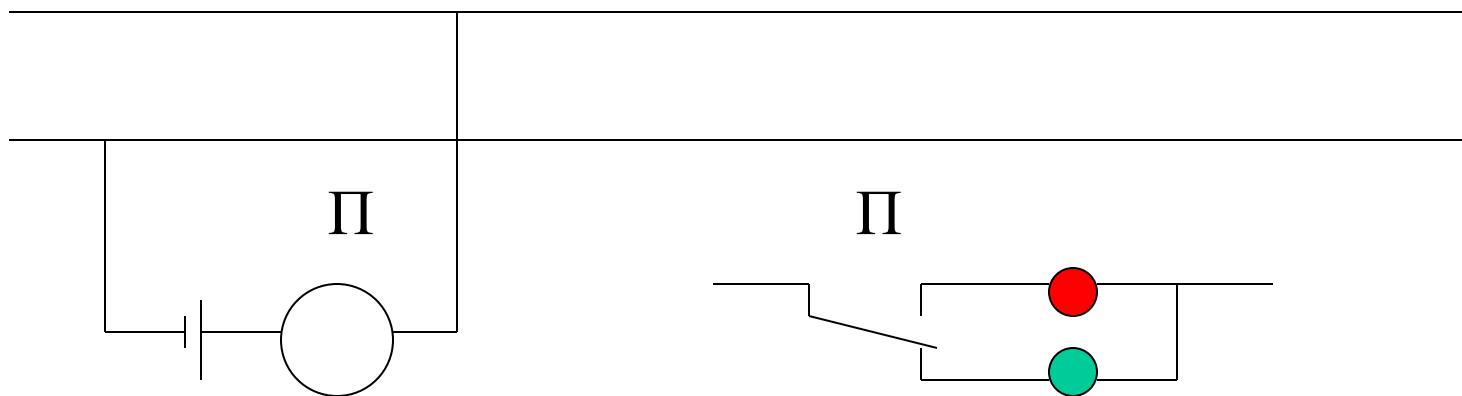
Вместо головного мозга дежурного используется дешифраторная ячейка (БС-ДА, БИ-ДА, БК-ДА)

Реле Ж и З на выходе дешифратора выполняют функцию рук, управляющих семафором

Трансмиттерное реле Т посылает коды в рельсовую цепь точно также, как раньше язык передавал информацию через телефонные провода

3. Рельсовые цепи

- В 1868 г. американский инженер Вильям Робинзон изобрёл и запатентовал первую рельсовую цепь
- Нормально разомкнутая РЦ



Преимущества нормально разомкнутой РЦ

- Простота
- Значительная длина
- Быстродействие

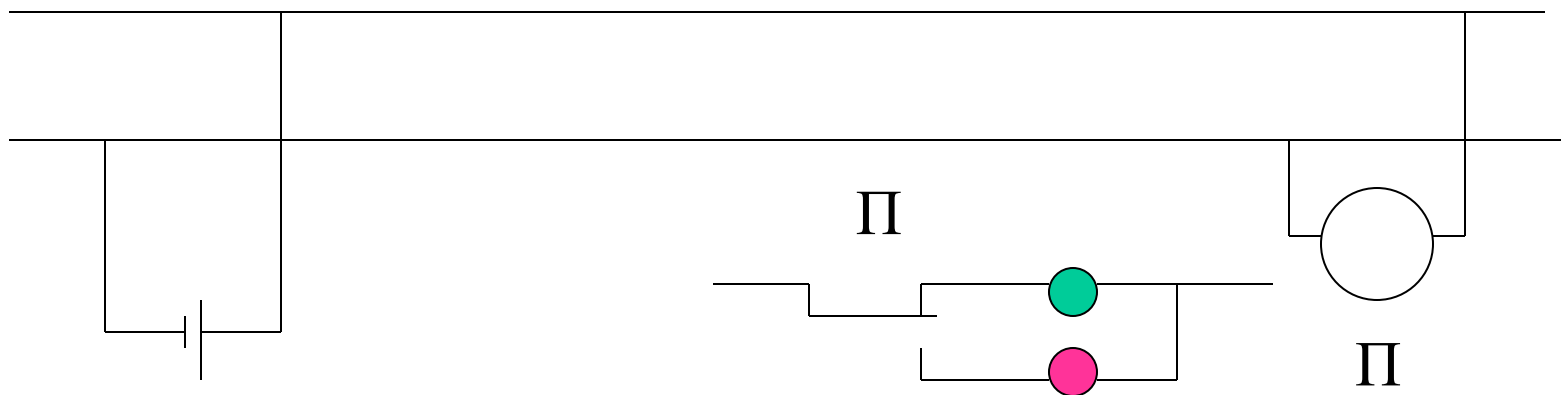
• Недостатки

нормально разомкнутой РЦ

- Вероятность появления опасных отказов

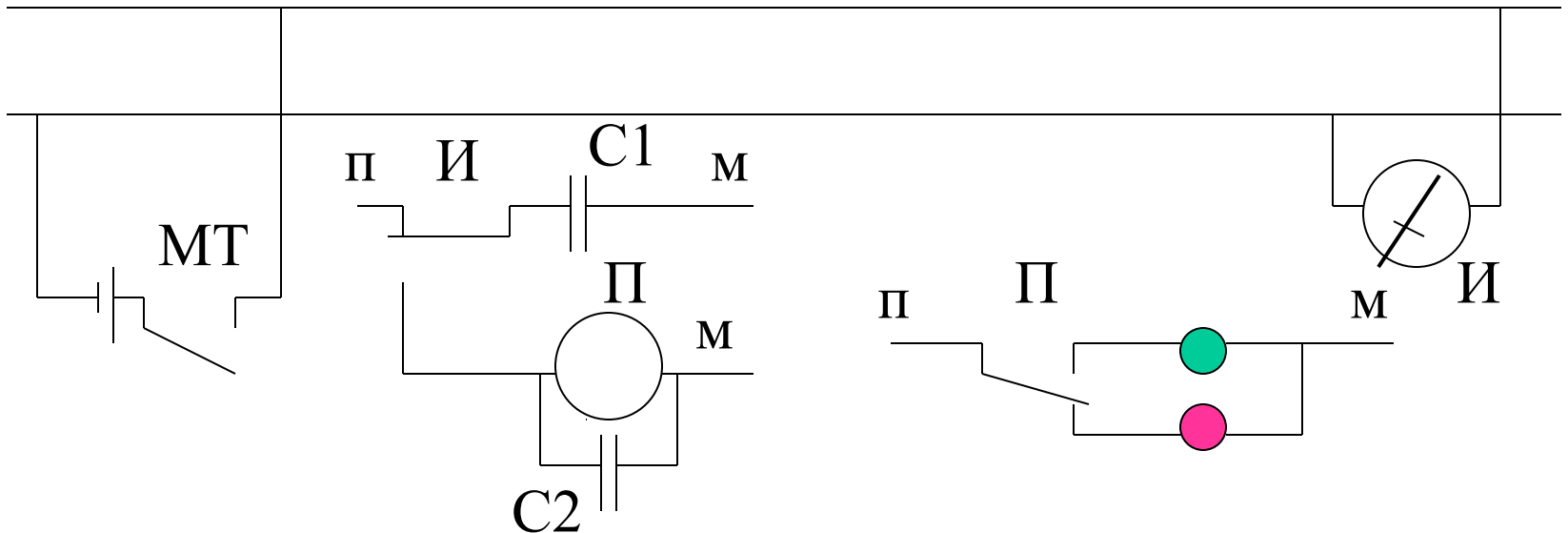
Нормальнозамкнутая РЦ

- В 1872 г. американский инженер Вильям Робинзон изобрёл и запатентовал вторую, нормальнозамкнутую рельсовую цепь, применяемую до сегодняшнего дня



Нормальнозамкнутая импульсная РЦ

- В начале XX столетия начали применять воздушные линии электропередачи. Для исключения влияния ЛЭП РЦ перевели на принцип импульсного питания. В этом случае при появлении непрерывной помехи в РЦ реле И остаётся под током, а реле П обесточивается.



Двухзначный сигнал



Трёхзначный сигнал



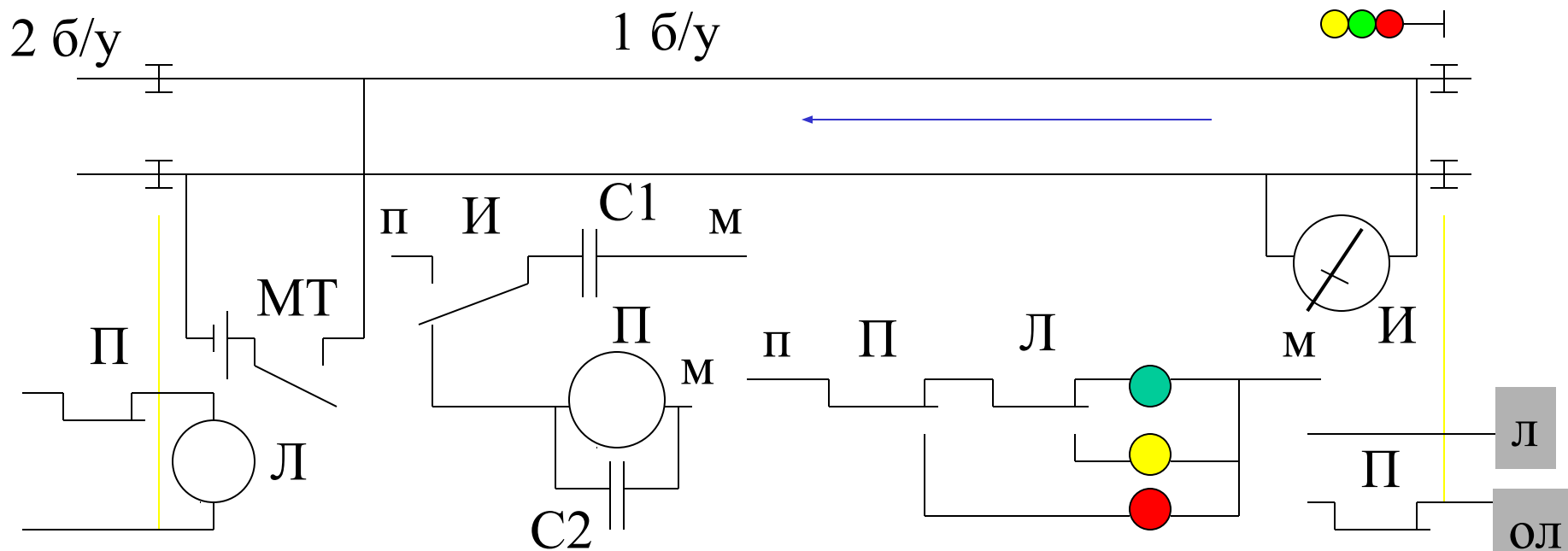
Необходимость совершенствования РЦ на перегоне

Для передачи информации о состоянии двух участков перед светофором необходимо использовать одно из технических решений:

1. Передача данных о свободности второго участка по отдельным проводам (в системах АБП, АБТ)
2. Передача по рельсовой цепи различных кодовых посылок, заключающих в себе информацию о свободности или занятости второго участка (в системе АБК коды Ж и З обозначают свободу второго участка, а код КЖ - его занятость)

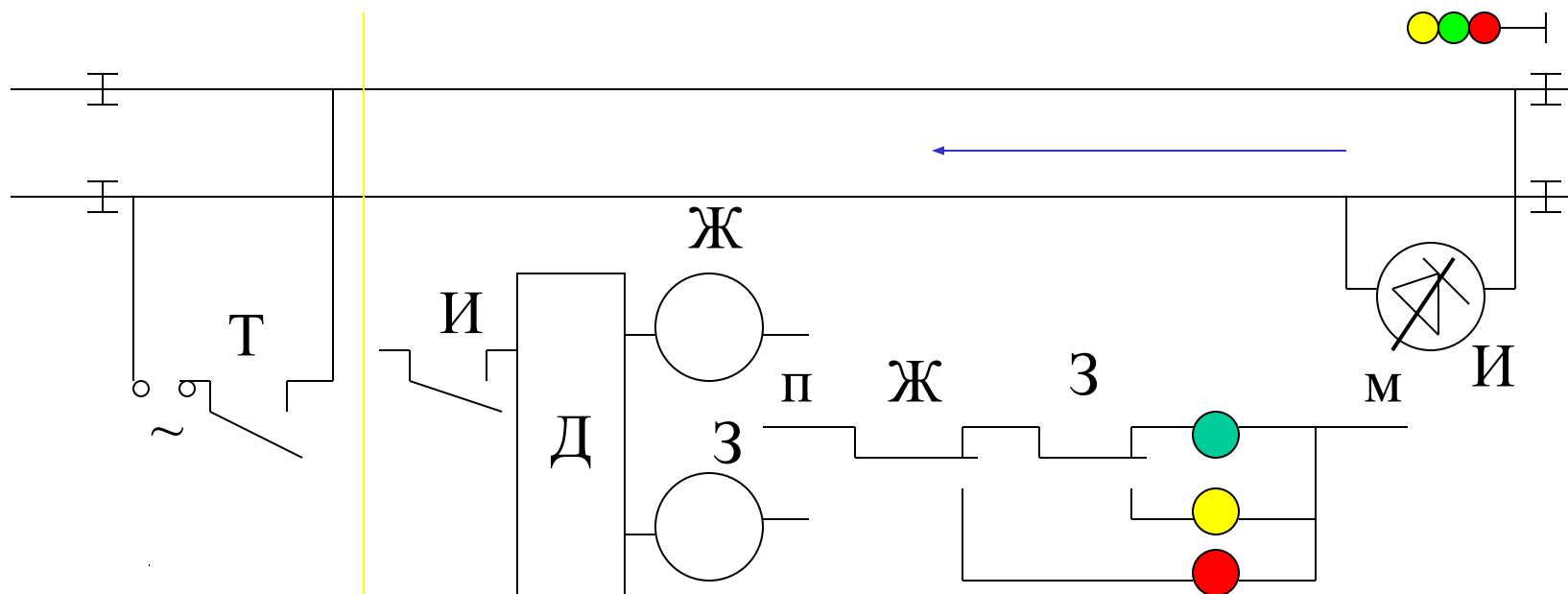
Импульсно-проводная АБ (АБП)

- По двум проводам **Л-ОЛ** передаётся информация о состоянии реле П (то есть о свободности или занятости) второго блок-участка. На нашей сигнальной точке реле Л повторяет работу этого реле и выбирает желтое или зеленое показание на светофоре



Числовая кодовая АБ (АБК)

- Благодаря наличию различных кодовых посылок по рельсовой цепи передаётся информация не только о свободности первого участка (*по принципу: есть код или его нет*), но и о свободности второго участка (*по принципу: какой код - КЖ или Ж, З*)



Импульсная РЦ при электрической тяге

- В 30-х годах прошлого столетия началось применение на железной дороге электрической тяги. Теперь рельсы стали использоваться для пропуска не только сигнального, но также и обратного тягового тока.



Так появился дроссель-
трансформатор,
обеспечивающий

- пропуск тягового тока через
изостыки (как дроссель)
- передачу сигнального тока в
РЦ (как трансформатор)

Рельсовые цепи на дорогах РФ

РЦ выполняют следующие функции:

- автоматически контролируют свободное или занятое состояние участков пути на перегонах и станциях,
- контролируют целостность рельсовых нитей;
- исключают возможность перевода стрелок под составом;
- с их помощью передаются кодовые сигналы с пути на локомотив и от одной сигнальной установки к другой;
- обеспечивают автоматический контроль приближения поездов к переездам и станциям.
- На магистральных железных дорогах РФ применяют более 30 типов и 800 разновидностей рельсовых цепей.

Расчет режимов работы РЦ

Учитывая особую роль РЦ в СЖАТ, обеспечивающих безопасность движения поездов, расчет и анализ их работы производят в трех основных режимах:

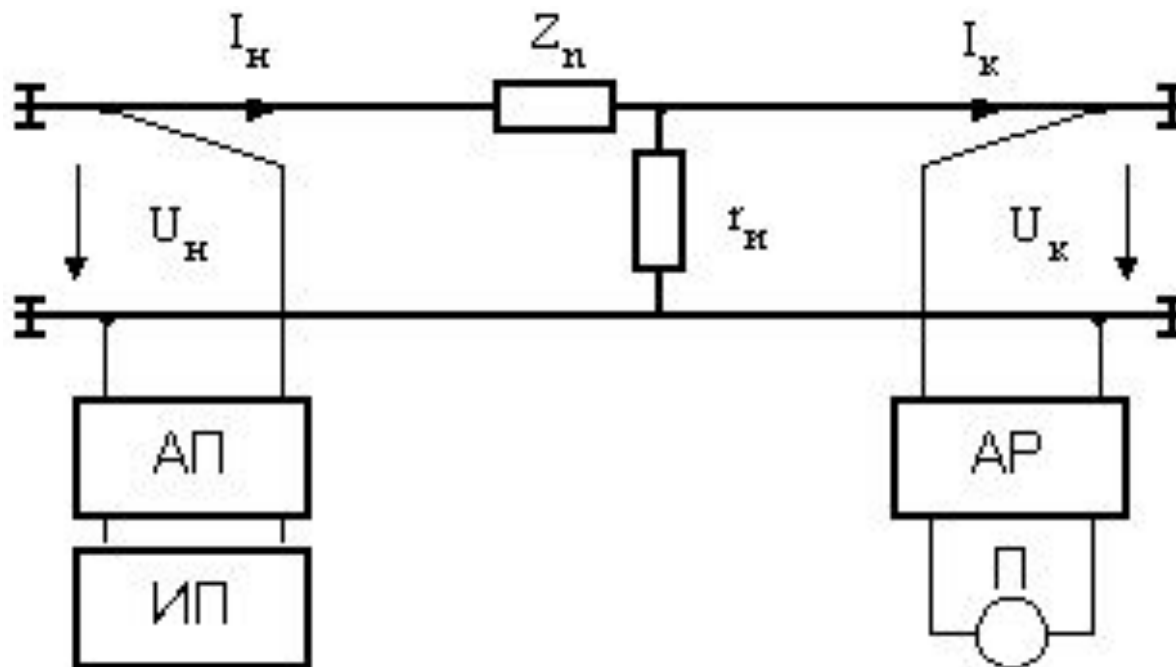
- Нормальном
- Шунтовом
- Контрольном

Дополнительно

- Режим АЛС
- Режим КЗ

Первичные параметры РЦ

Структурная схема РЦ



Z_H – сопротивление рельсов

r_H – сопротивление изоляции

U_H – Напряжение в начале РЦ

I_H – Ток в начале РЦ

U_K – Напряжение в конце РЦ

I_K – Ток в конце РЦ

Первичные параметры РЦ

Сопротивление 1 км рельсовой петли при стальных стыковых соединителях не должно превышать:

- 0,2 Ом для РЦ постоянного тока;
- 0,55 Ом и фазовом угле 50^0 для РЦ переменного тока частотой 25 Гц;
- 0,85 Ом и фазовом угле 60^0 для РЦ переменного тока частотой 50 Гц.

Сопротивление 1 км рельсовой петли при медных стыковых соединителях должно быть не более							
25 Гц		50 Гц		420 Гц		480 Гц	
R	φ	R	φ	R	φ	R	φ
0,5	52	0,8	65	4,9	79	5,4	80

Первичные параметры РЦ

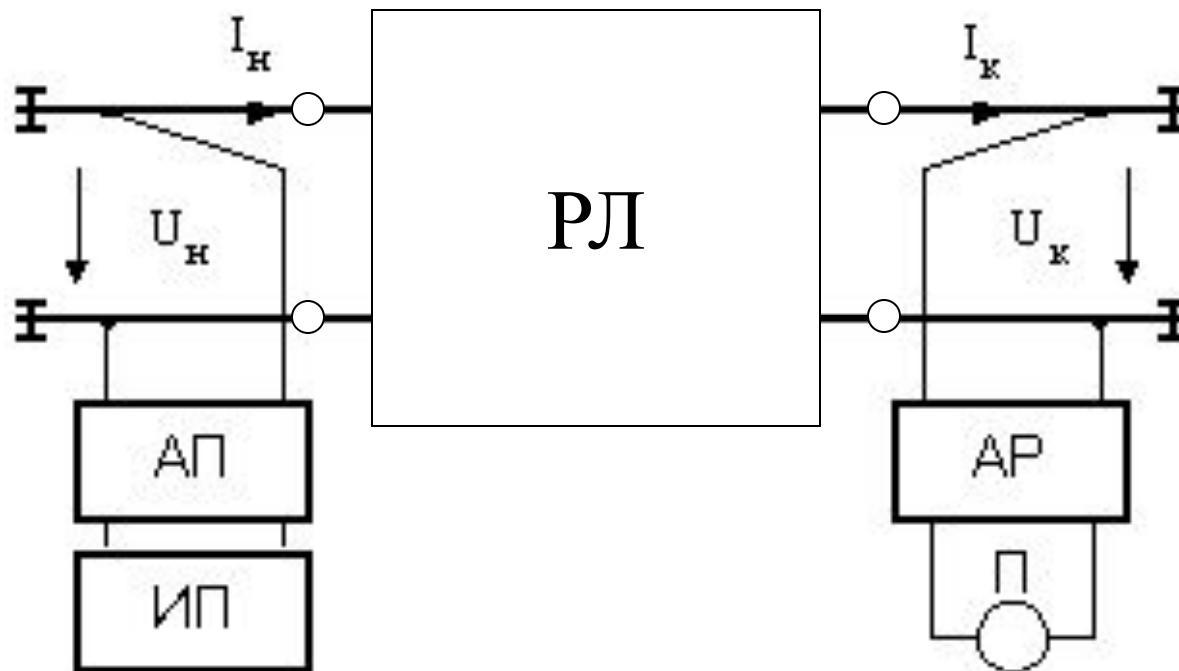
Многолетним опытом эксплуатации РЦ установлено, что при слабом загрязнении поверхности и старых деревянных шпалах минимальные удельные сопротивления изоляции (одного километра рельсовой линии) находятся в следующих пределах:

- Щебеночный – 2 Ом·км
- Гравийный – 1,5 Ом·км
- Песчаный – 1,0 Ом·км

Зависимость $r_{\text{и}}$ от состояния балласта			
Мокрый	Влажный	Сухой	Промерзший
1,0 Ом·км	2 Ом·км	50 Ом·км	50-100 Ом·км

Вторичные параметры РЦ

При расчете РЦ рельсовую линию рассматривают как ЧП



l – Длина линии (РЦ) Z_B – волновое сопротивление

γ – коэффициент распространения волны

Вторичные параметры РЦ

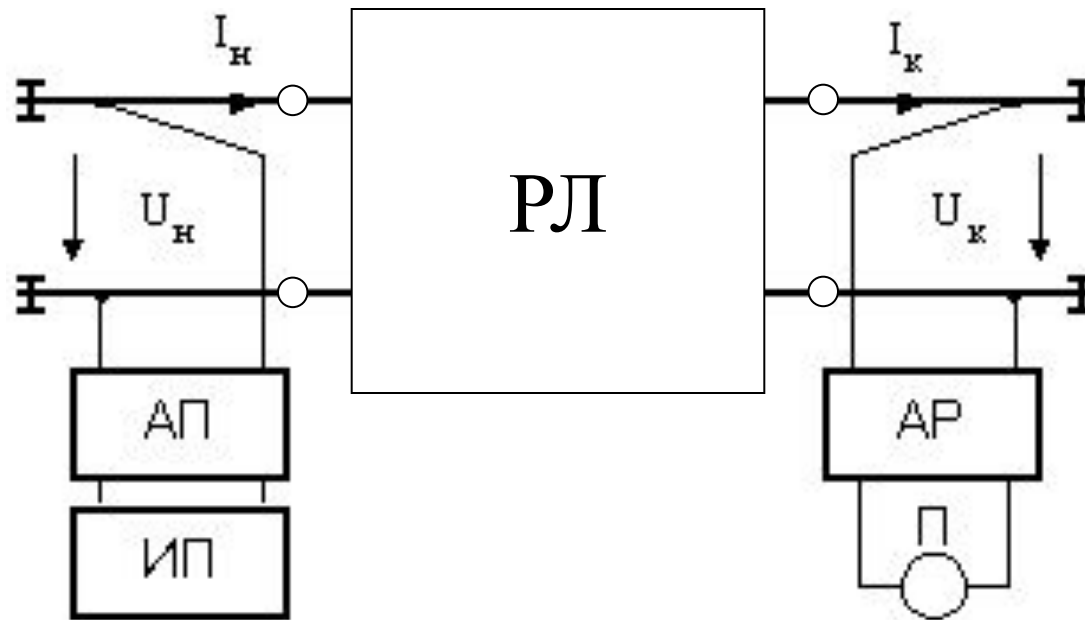
$$Z_B = \sqrt{Z_{II} \cdot r_u} \qquad \gamma = \sqrt{Z_{II} / r_u}$$

Для конкретного типа рельсовой цепи величины U_K и I_K являются известными величинами.

Нормативные параметры Z_{II} и r_u определяются расчетами и экспериментально, с учетом типа применяемых рельсов и балласта.

На основании этих параметров и приведенных ниже формул рассчитываются требуемые напряжения и токи, которые необходимо установить в начале РЦ.

Уравнение передачи РЦ



$$U_H = U_K ch\gamma l + Z_B I_K sh\gamma l$$

$$I_H = \frac{U_K sh\gamma l}{Z_B} + I_K ch\gamma l$$

Нормальный режим работы

РЦ свободна и исправна.

Напряжение на реле не ниже напряжения надежного срабатывания при наихудших условиях.

Шунтовой режим работы

При наложении шунта, сопротивлением 0,06 Ом (норматив) или меньше, в любом месте РЦ напряжение на реле должно быть меньше напряжения надежного отпускания при наихудших условиях.

Контрольный режим работы

При полном электрическом разрыве рельсовой нити в любой точке рельсовой линии, напряжение на реле должно быть меньше напряжения надежного отпускания при наихудших условиях.

Режим АЛС

РЦ занята поездом.

В режиме АЛС ток локомотивной сигнализации должен быть не ниже нормированного значения (в зависимости от вида тяги поездов) при наихудших условиях.

Норматив тока АЛС в зависимости от типа тяги		
Автономная	Постоянный ток	Переменный ток
1,2 А	2 А	1,4 А

Режим К.З.

РЦ занята поездом на питающем конце.

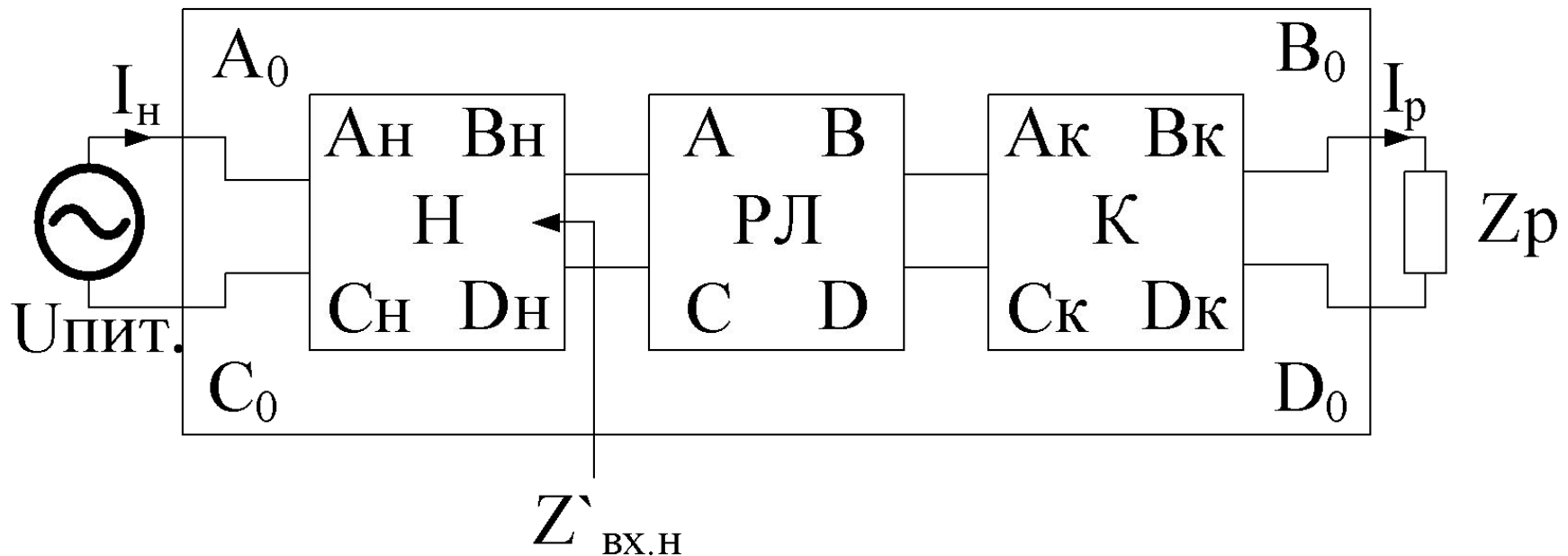
В режиме К.З. нормируют ток и мощность,
потребляемую РЦ

Наихудшие условия

Режим	Z_p	r_i	$U_{\text{пит.}}$
Нормальный	Макс.	Мин.	Мин.
Шунтовой	Мин.	Макс.	Макс.
Контрольный	Макс.	Крит.	Макс.
АЛС	Макс.	Мин.	Мин.
К.З.	Мин.	Макс.	Макс.

Расчет режимов РЦ

Для расчета РЦ используют следующую схему замещения



$$Z_{\text{ВХ}} = U_H / I_H = (AU_K + BI_K) / (CU_K + DI_K)$$

Расчет нормального режима

При расчете нормального режима необходимо определить значение регулируемого параметра.

Для РЦ переменного тока

- напряжение питающего трансформатора.

Для РЦ постоянного тока

- сопротивление ограничителя на питающем конце.

Расчет нормального режима

Критерием работы РЦ в нормальном режиме является коэффициент перегрузки $K_{\text{пер.}}$

$$K_{\text{пер. мин}} \geq 1$$

$$K_{\text{пер. мин}} = U_{\text{рф}} / U_{\text{р}}$$

Расчет нормального режима

Критерием работы РЦ в нормальном режиме является коэффициент перегрузки $K_{\text{пер.}}$.

$$K_{\text{пер. макс}} \leq K_{\text{пер. д}} \quad K_{\text{пер. д}} = U_{\text{р макс}} / U_{\text{ср}}$$

$$K_{\text{пер. макс}} = K_{\text{зср}} K_{\text{и}} K_{\text{тр}} (|Z_{\text{п макс}}| / |Z_{\text{п мин}}|)$$

$$Z_{\text{п макс}} = A_0 Z_{\text{р}} + B_0, \text{ при наихудших условиях.}$$

$$Z_{\text{п мин}} = A_0 Z_{\text{р}} + B_0, \text{ при } r_{\text{и}} = \infty, \text{ и минимальном } Z_{\text{п}}$$

$$K_{\text{зср}} = U_{\text{р}} / U_{\text{ср}} \quad K_{\text{и}} = 1,25 \quad K_{\text{тр}} = U_{\text{гн}} / U$$

Расчет шунтового режима

Существует два основных критерия шунтового режима работы РЦ:

1) **Абсолютная шунтовая чувствительность $R_{ш}$**

$R_{ш}$ – Сопротивление поездного шунта, при котором

$U_{ршф} < U_{н.н}$ при наихудших условиях.

2) **Коэффициент чувствительности к нормативному шунту $K_{ш}$**

$K_{ш} = U_{вн} / U_{ршф}$ при наихудших условиях.

$R_{ш} \geq 0,06 \text{ Ом}, \quad K_{ш} \geq 1$

Расчет контрольного режима

Критерием выполнения контрольного режима работы РЦ является коэффициент чувствительности к оборванной (поврежденной) рельсовой нити $K_{кп}$.

$K_{кп} = U_{вн} / U_{ркф}$ при наихудших условиях.

Контрольный режим выполняется, если $K_{кп} \geq 1$

Расчет режима АЛС

Целью расчета режима АЛС является определения минимального фактического тока АЛС при занятии РЦ и сравнения его с нормативным значением.

$$I_{\text{лф}} = U_{\text{ф.мин}} / Z_{\text{пк}}$$

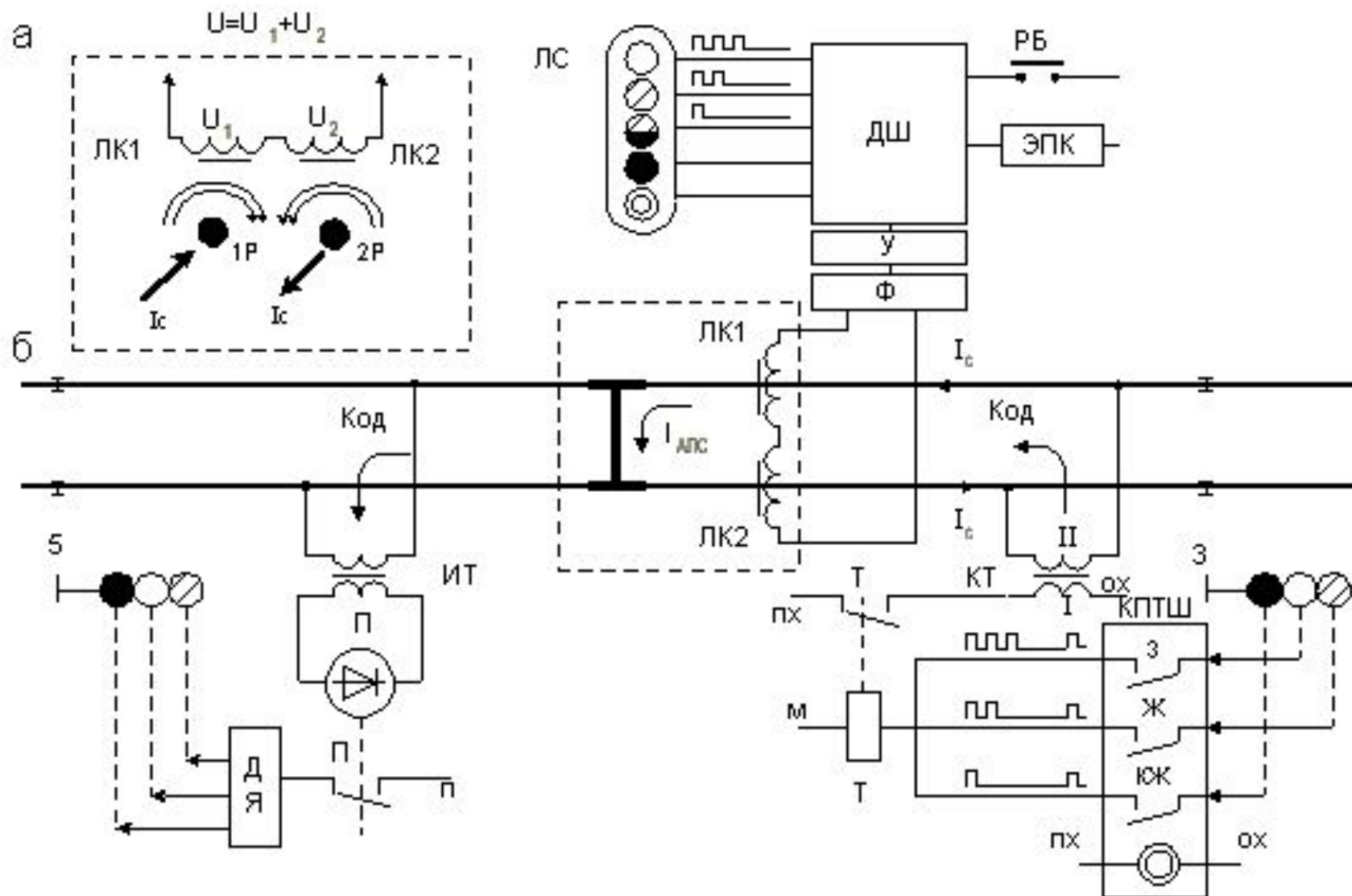
$U_{\text{ф.мин}}$ – минимальное фактическое напряжение в конце РЛ

$Z_{\text{пк}}$ – сопротивление передачи при наихудших условиях.

$$Z_{\text{пк}} = K'_{\text{тн}} \cdot (B + D \cdot Z'_{\text{вх.н}})$$

$K'_{\text{тн}} = A_{\text{н}}$ – обратный коэффициент снижения напряжения в ЧП Н

Структура АЛСН



Расчет режима К.З.

Целью расчета режима К.З. является определения минимальной мощности источника питания, необходимой для выполнения всех режимов работы РЦ

Входное сопротивление в режиме К.З.

$$Z_{\text{К.З.}} = B_{\text{Н}} / D_{\text{Н}}$$

$$I_{\text{К.З.}} = U_{\text{Н}} / Z_{\text{К.З.}}$$

$$S_{\text{К.З.}} = U_{\text{Н}} \cdot I_{\text{К.З.}}$$

Классификация и схемы РЦ

В силу различных условий эксплуатации и требований к работе применяется большое разнообразие конструкций РЦ. Однако по ряду характерных признаков РЦ можно классифицировать:

- по принципу действия;
- роду сигнального тока;
- месту применения;
- способу канализации (пропуску) тягового тока на электрифицированных участках;
- типу применяемой аппаратуры источников питания и путевых приемников.

Классификация и схемы РЦ

По принципу действия РЦ делятся на нормально разомкнутые и нормально замкнутые.

По роду сигнального тока РЦ подразделяют:

- на РЦ постоянного тока с непрерывным и импульсным питанием;
- РЦ переменного тока с непрерывным и кодовым питанием, работающие на частотах 25, 50 или 75 Гц;
- РЦ тональной частоты, работающие на частотах 420- 780 Гц.

Классификация и схемы РЦ

По способу канализации тягового тока РЦ подразделяют на двухниточные, в которых тяговый ток протекает по обеим рельсовым нитям пути, и одониточные, когда тяговый ток протекает только по одной рельсовой нити.

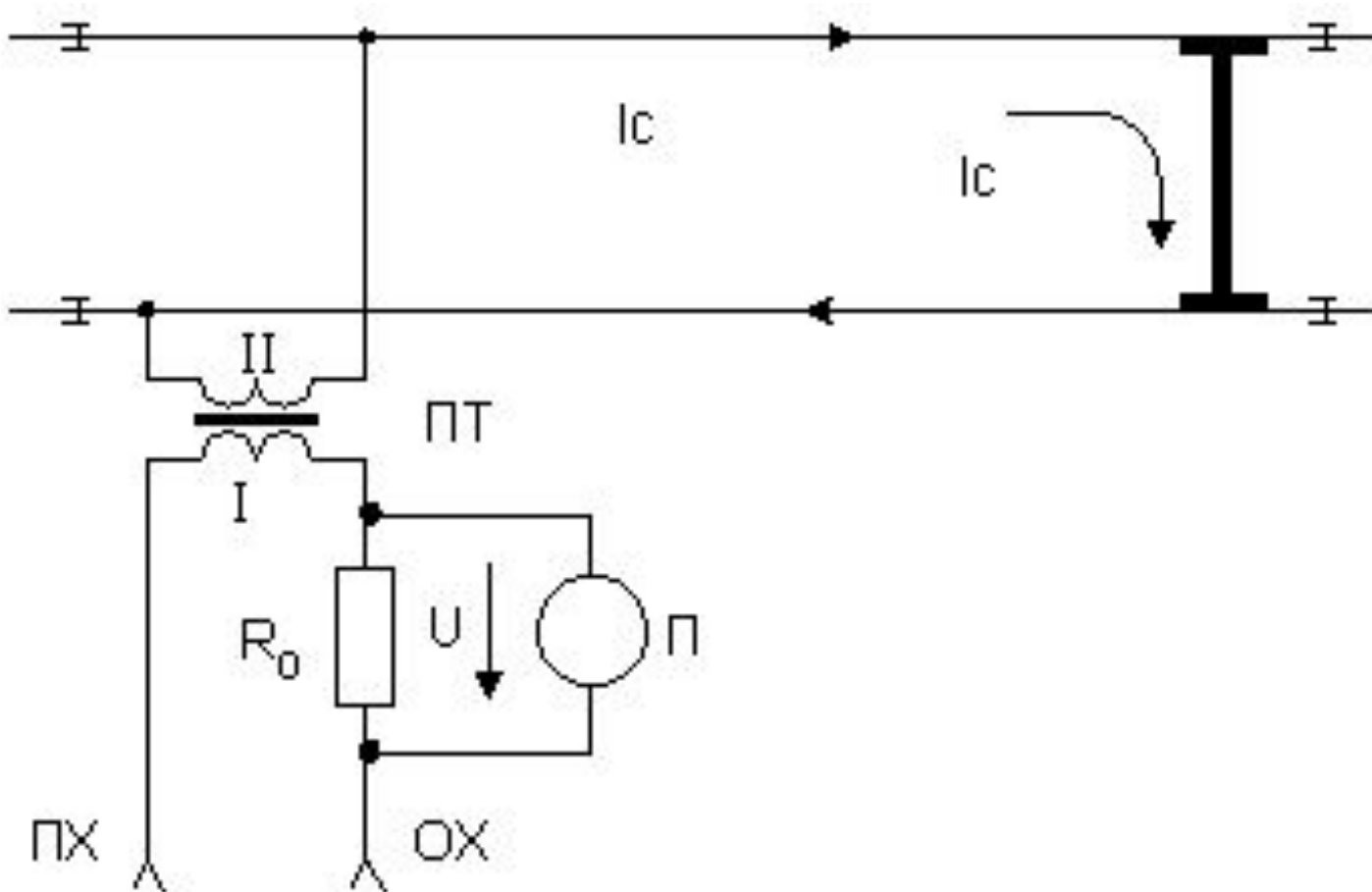
По месту применения РЦ подразделяются на неразветвленные, которыми оборудуются неразветвленные участки пути, и разветвленные, ими оборудуются участки пути, имеющие стрелочные переводы.

Классификация и схемы РЦ

РЦ, в которых информация между проходными светофорами и в кабину машиниста передается по рельсовым нитям в закодированном виде, называют кодовыми.

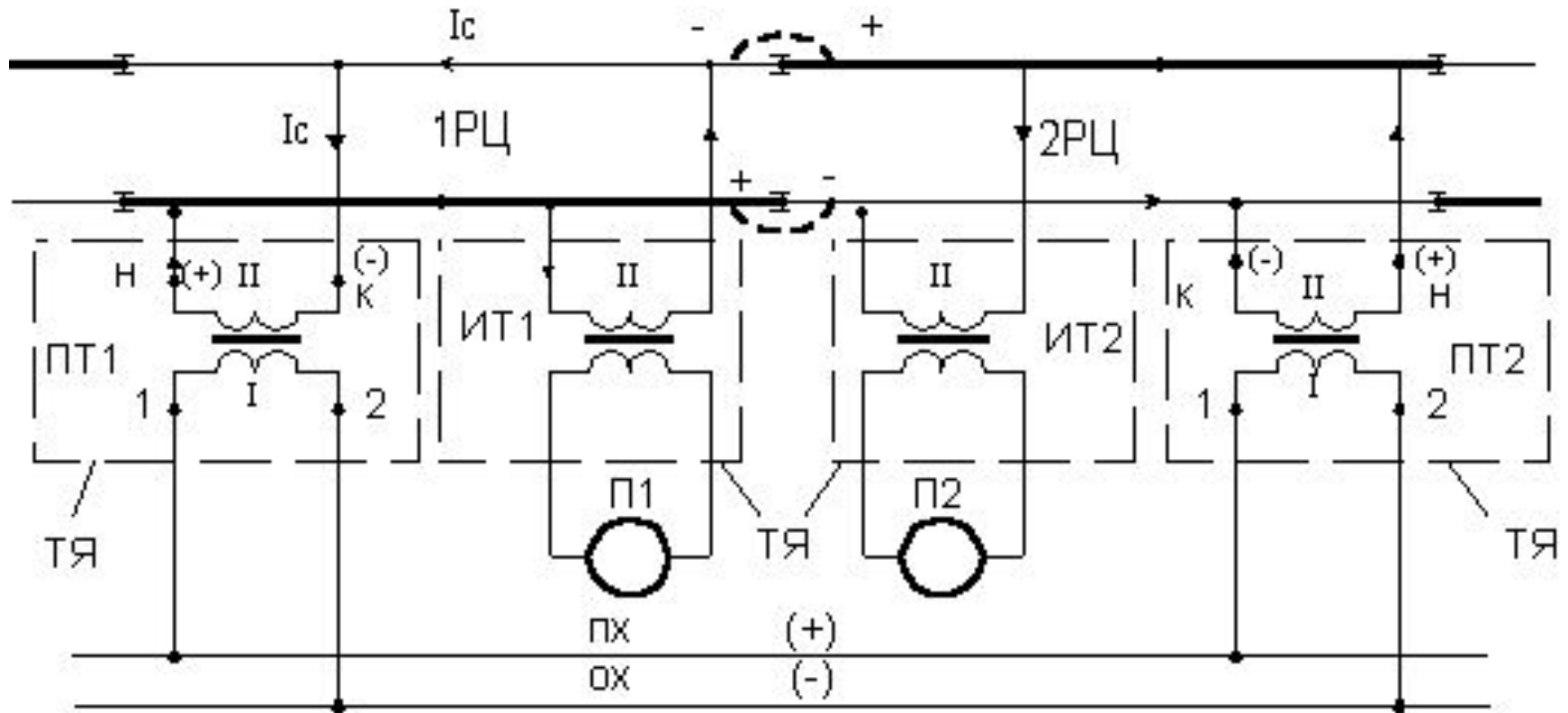
По типу применяемой аппаратуры РЦ подразделяют: на РЦ с электромагнитными путевыми приемниками (одноэлементными и двухэлементными); электронные; микропроцессорные.

Классификация и схемы РЦ



Нормально разомкнутая рельсовая цепь

Классификация и схемы РЦ



Нормально замкнутые релейные цепи

Классификация и схемы РЦ

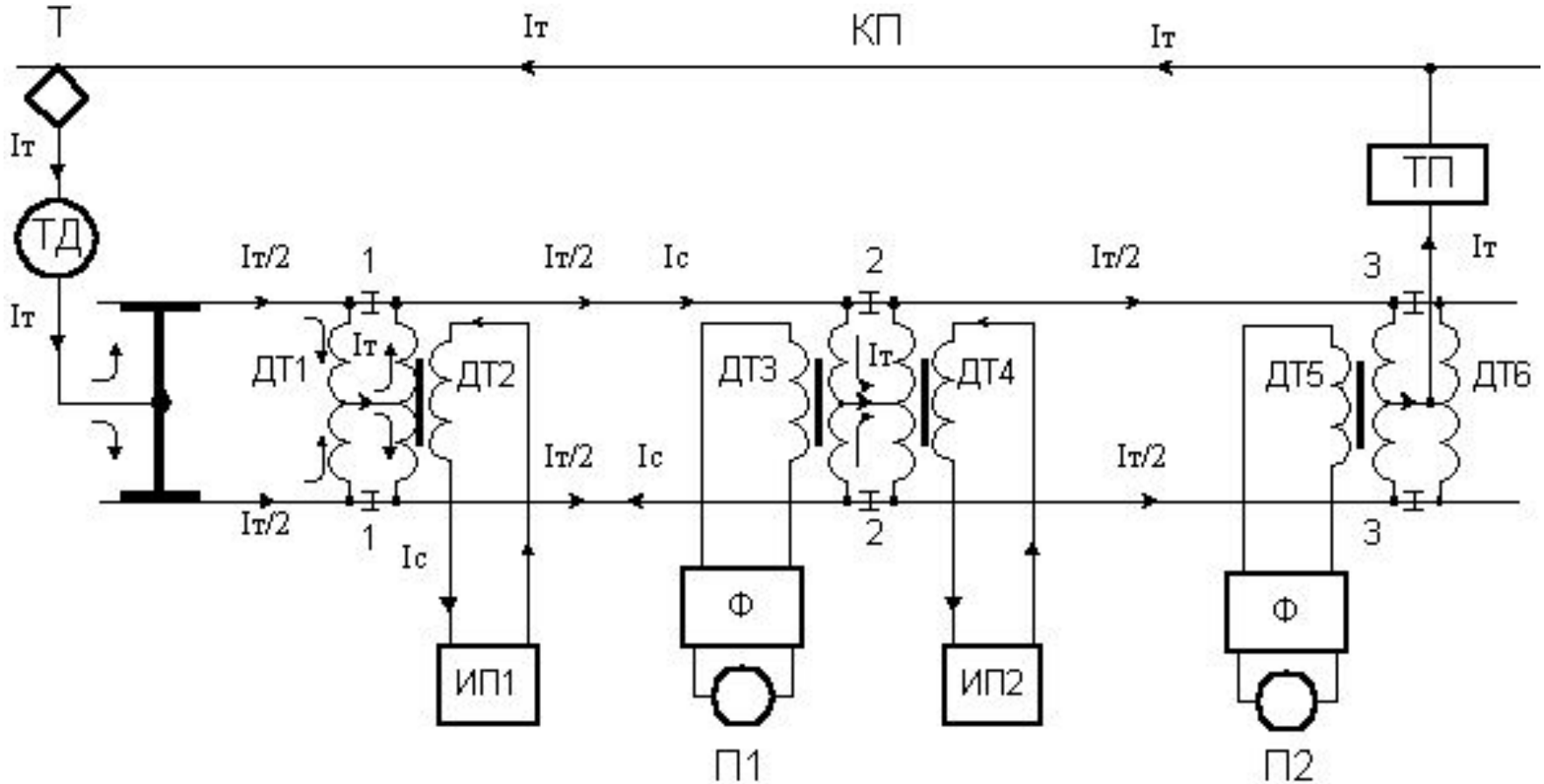
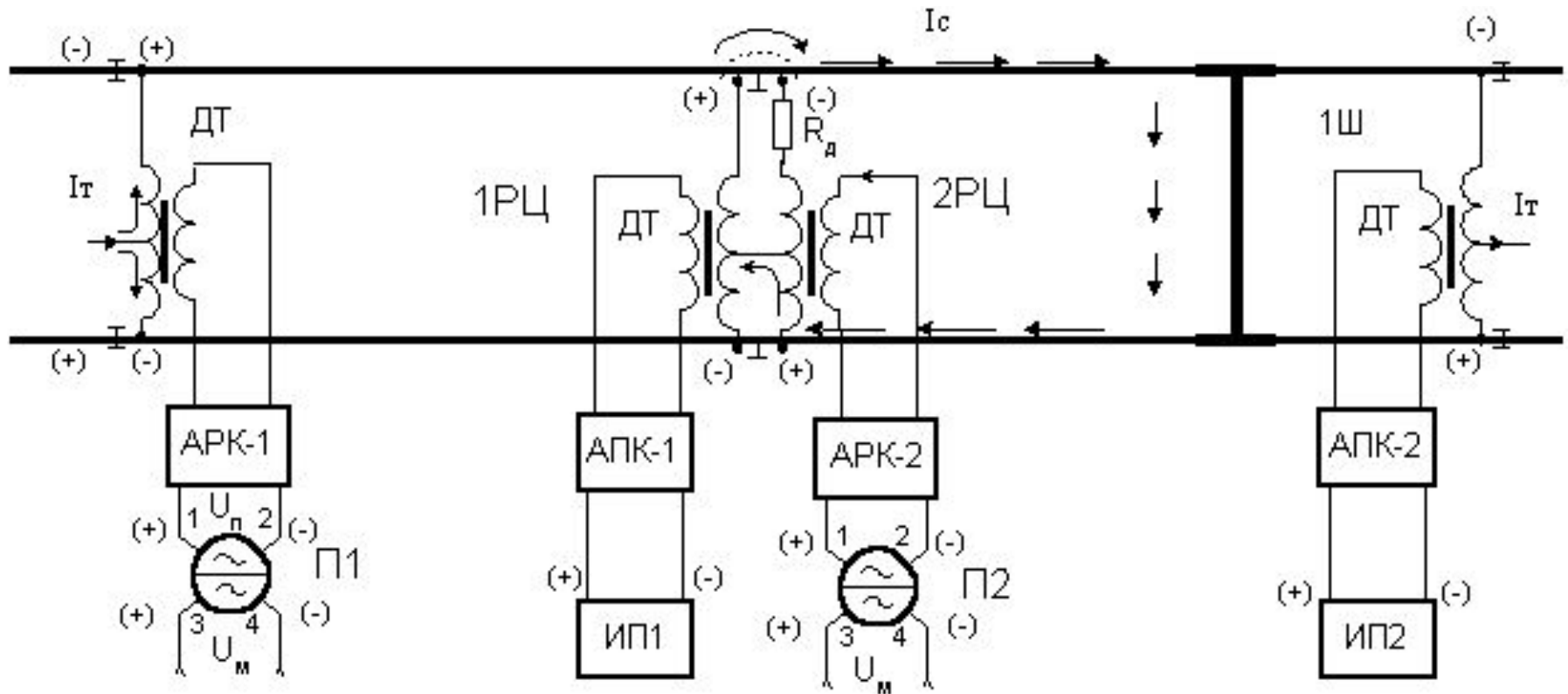


Схема простейшей двухниточной рельсовой цепи с дроссель-трансформаторами

Классификация и схемы РЦ



**Двухниточные рельсовые цепи с двухэлементными
путевыми приемниками.**

Классификация и схемы РЦ

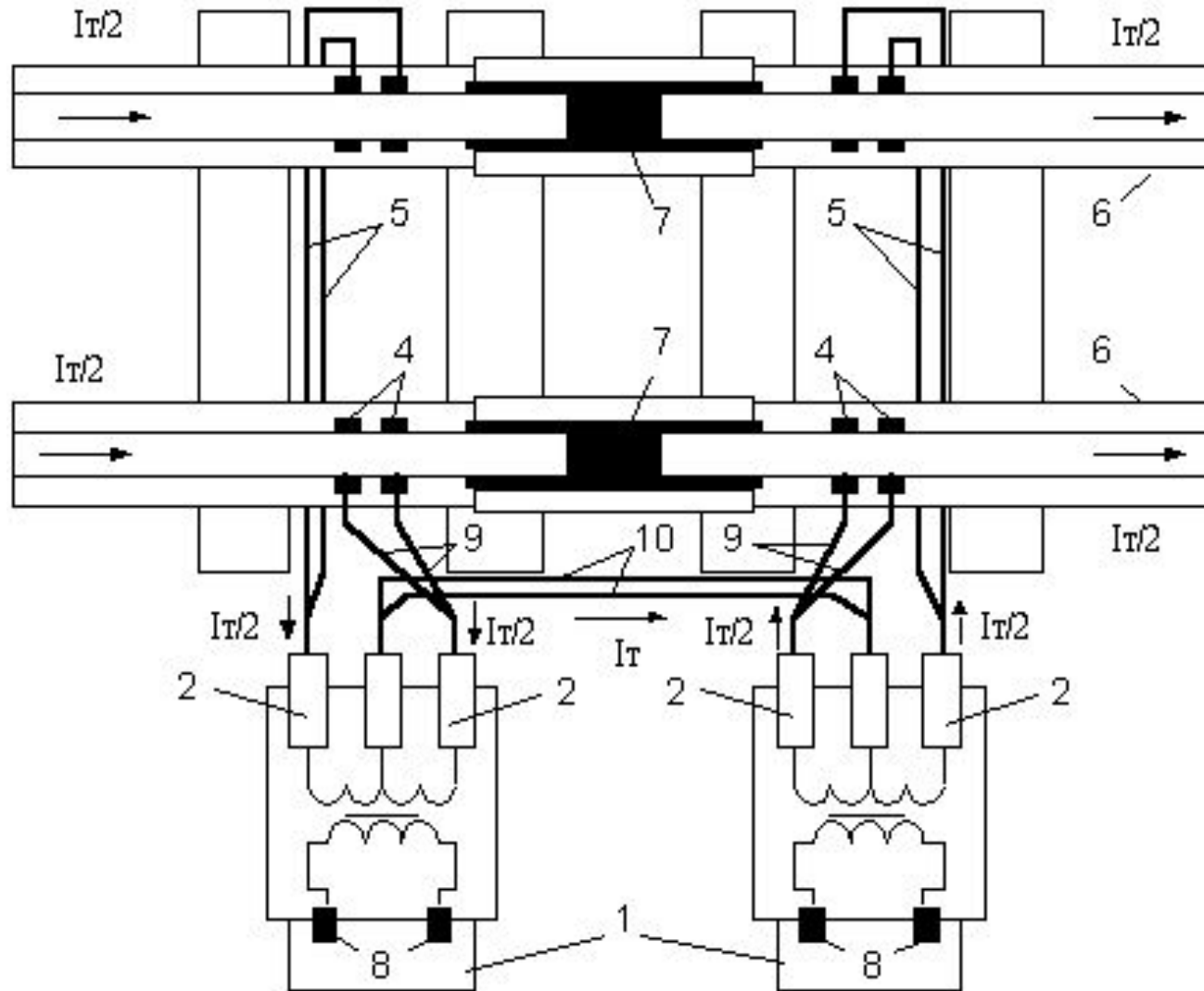
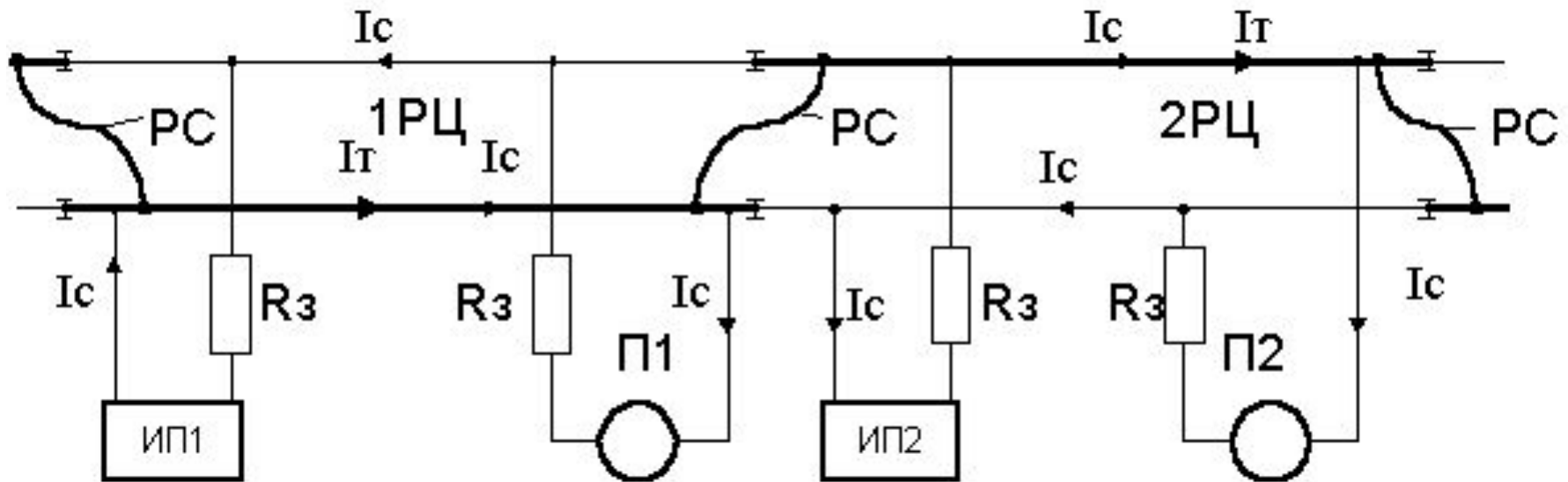


Схема установки и подключения ДТ к рельсам

Классификация и схемы РЦ



Схемы однониточных рельсовых цепей

Классификация и схемы РЦ

Разветвленные рельсовые цепи

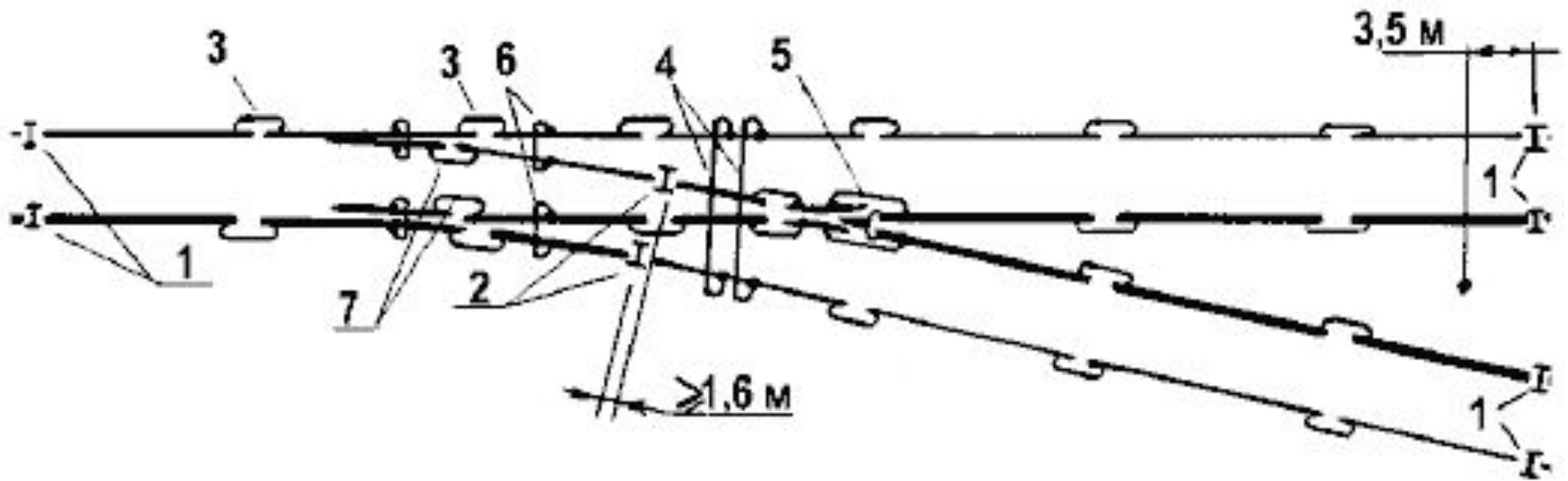
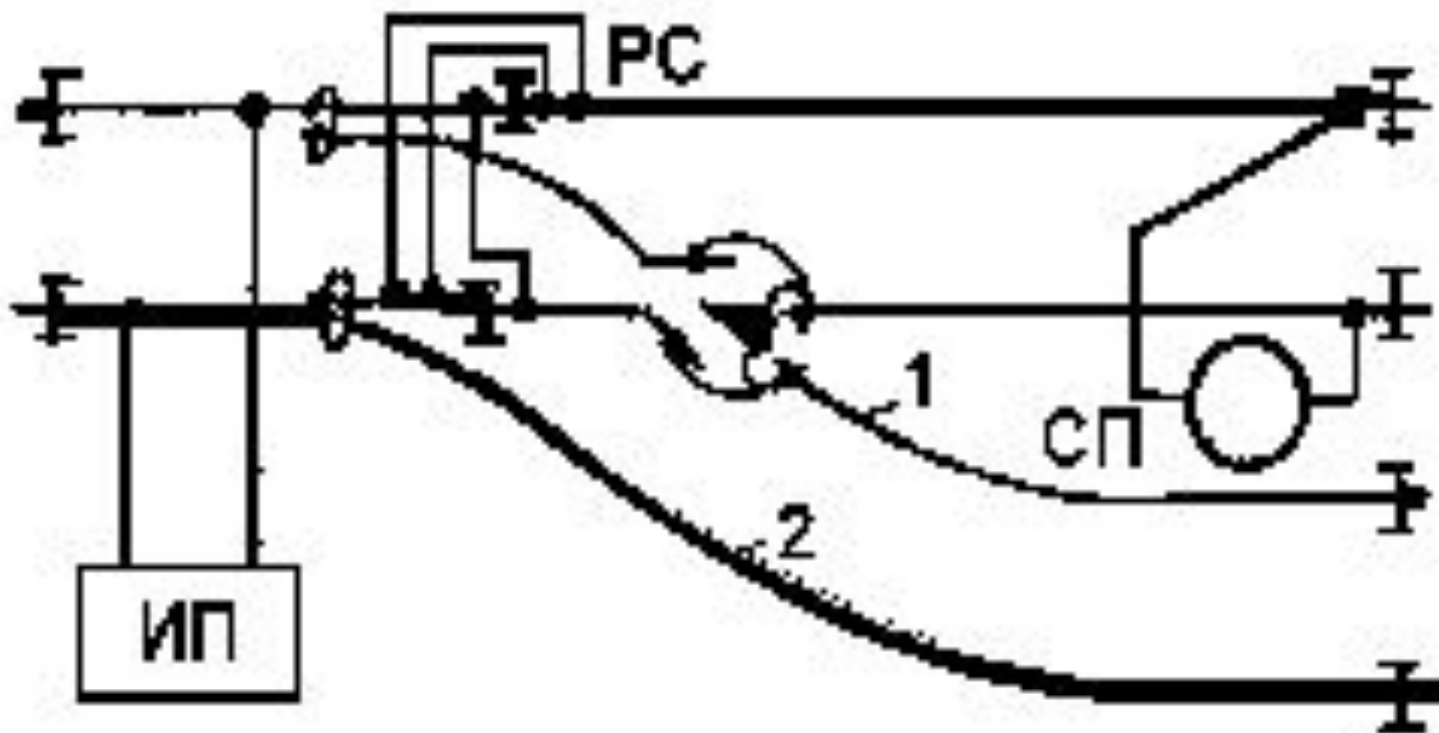


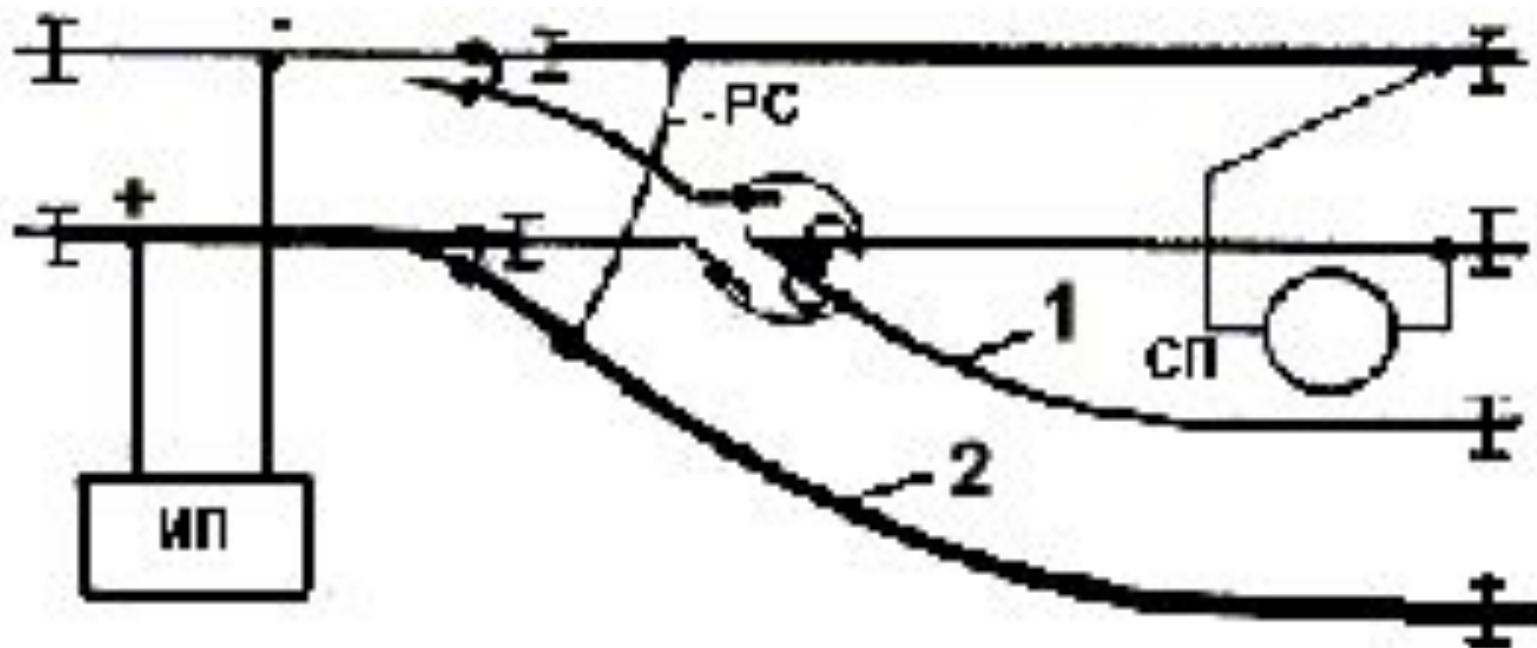
Схема установки изолирующих стыков и соединителей

Классификация и схемы РЦ



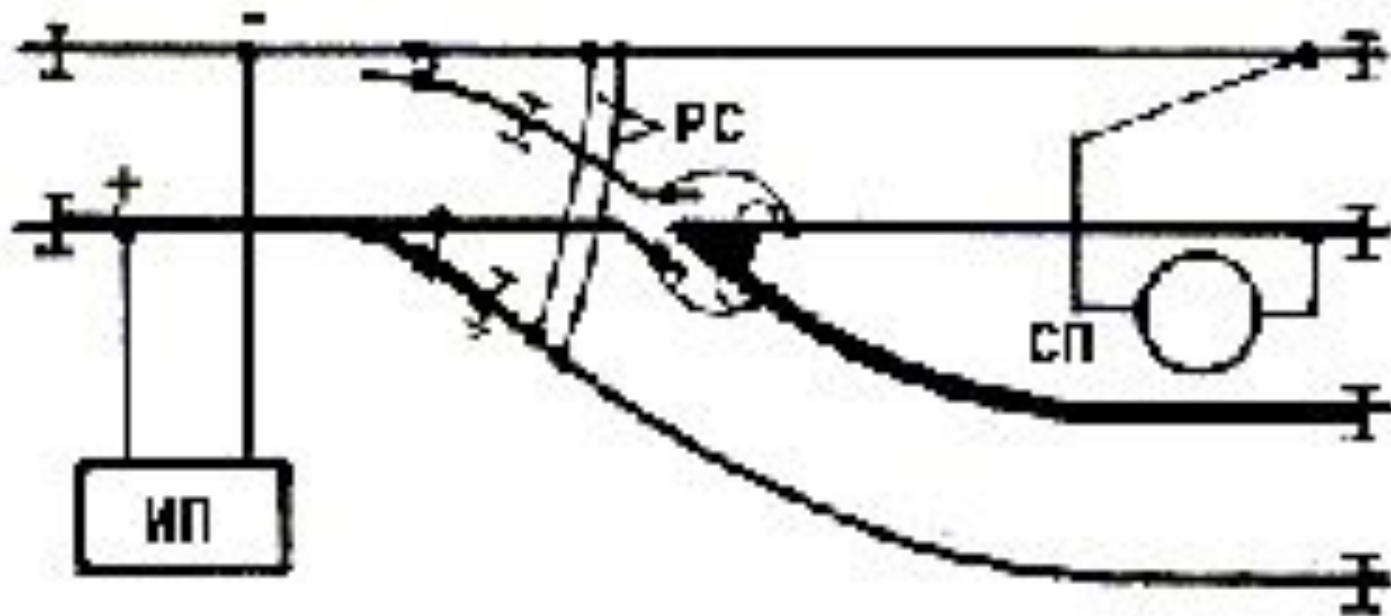
Схемы стрелочных секций

Классификация и схемы РЦ



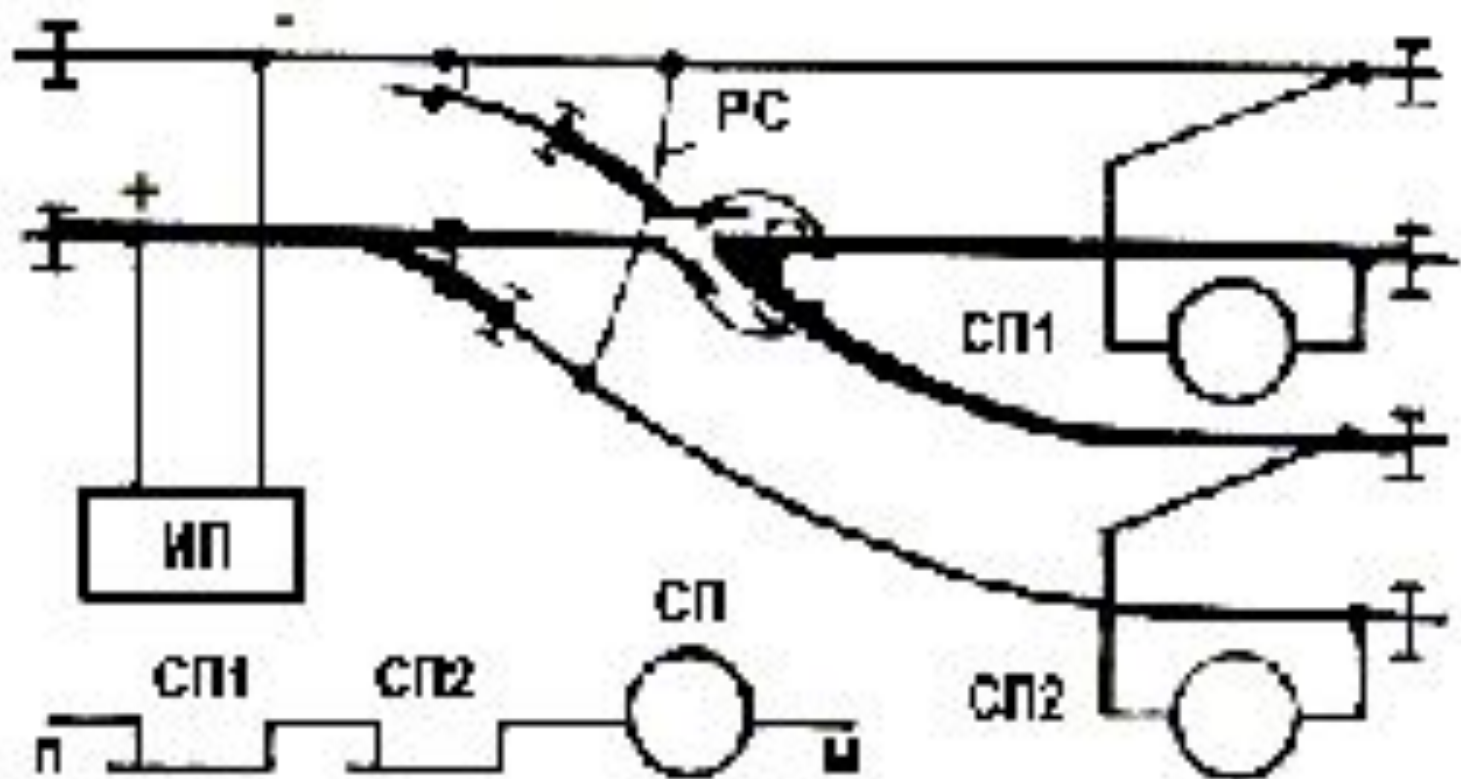
Схемы стрелочных секций

Классификация и схемы РЦ



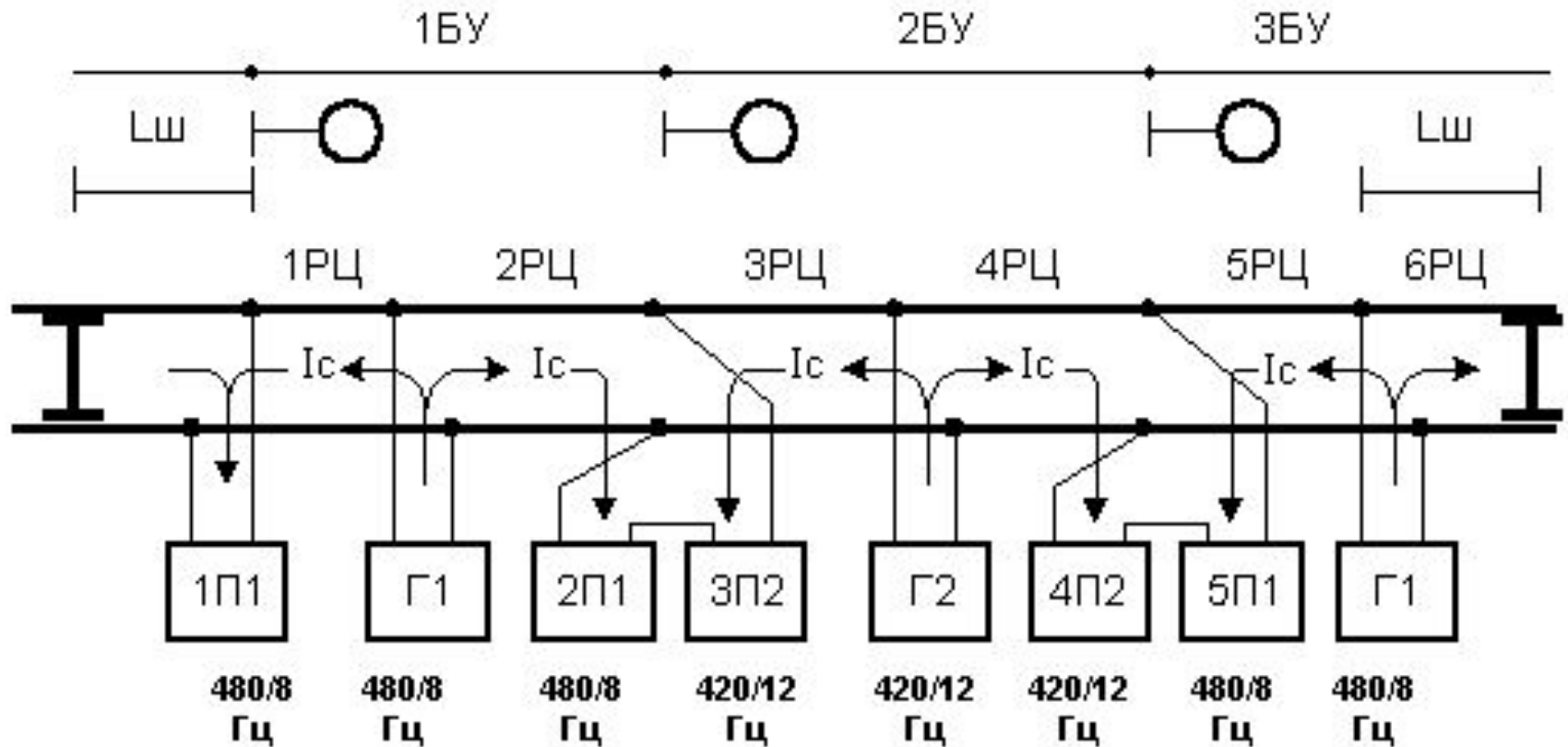
Схемы стрелочных секций

Классификация и схемы РЦ



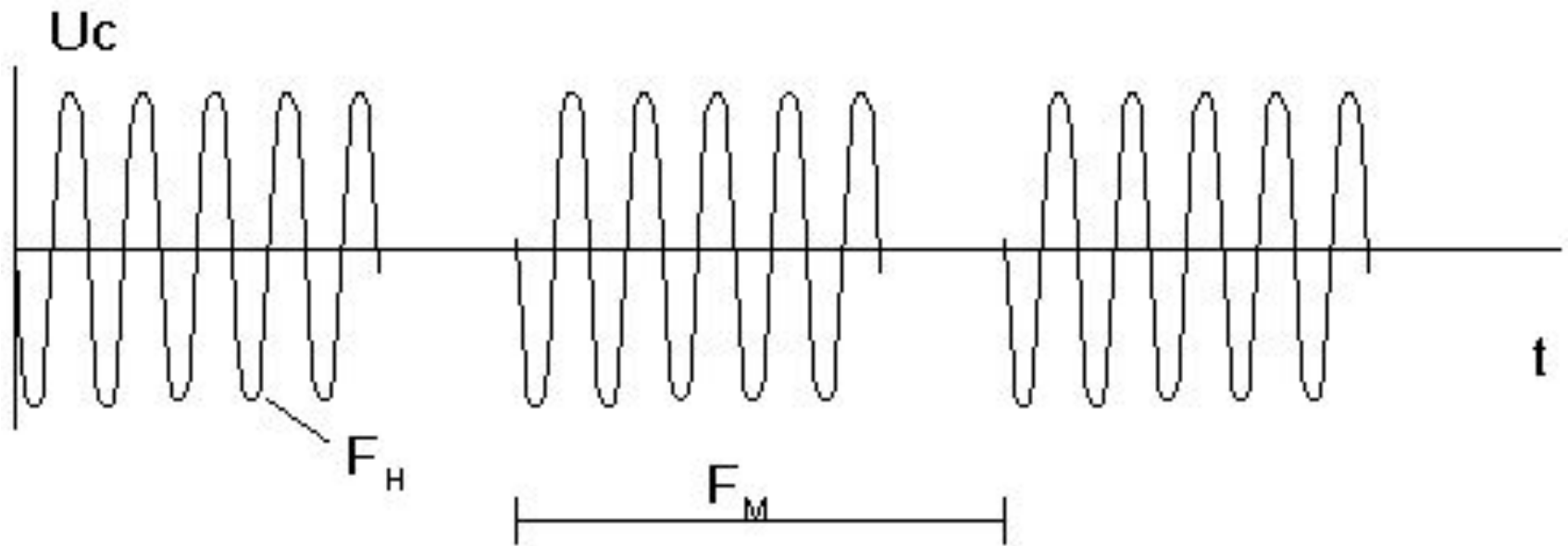
Схемы стрелочных секций

Классификация и схемы РЦ



**Схема включения аппаратуры рельсовых цепей
тональной частоты**

Классификация и схемы РЦ



Структура модулированного сигнала

Классификация и схемы РЦ

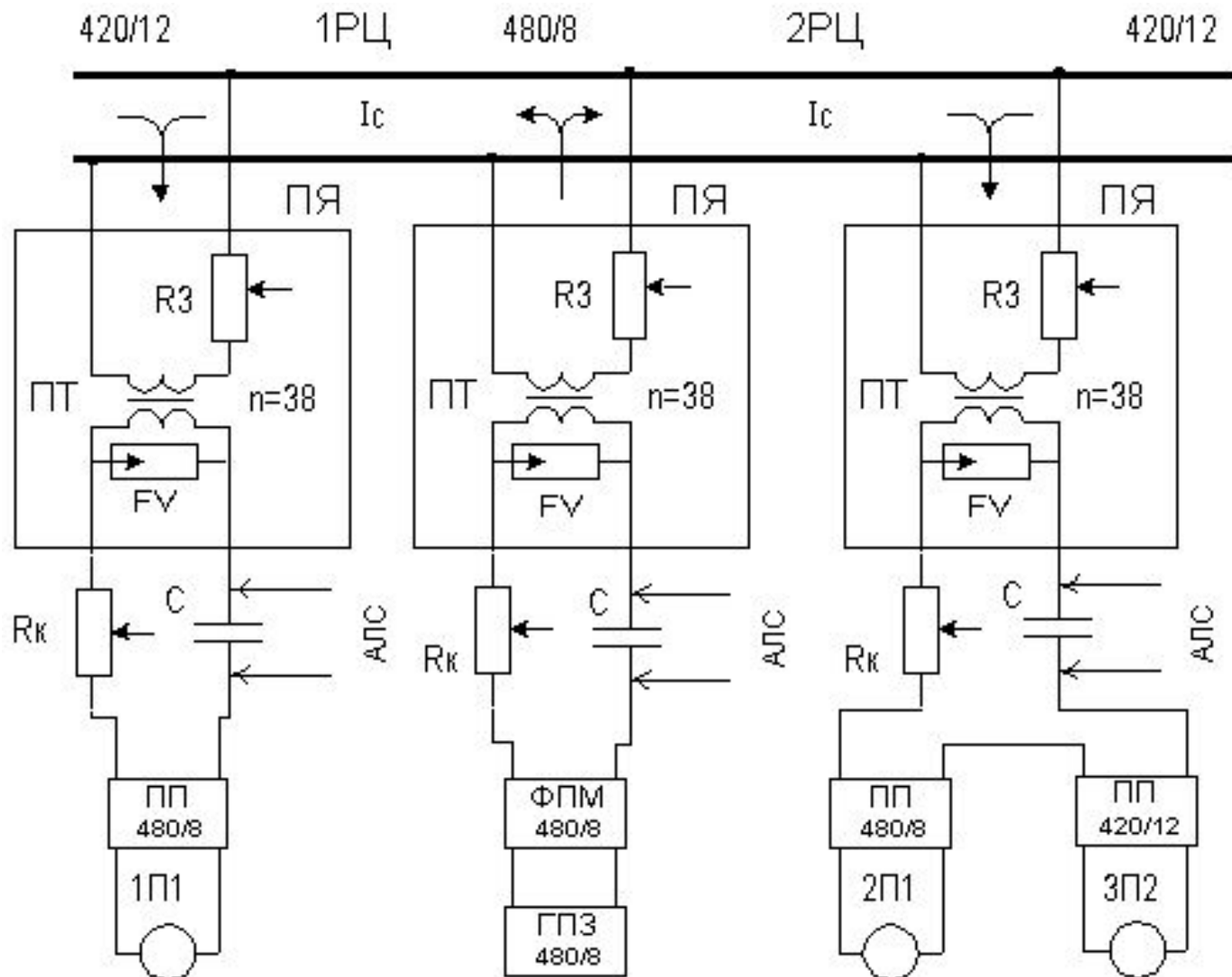


Схема рельсовой цепи тональной частоты

Классификация и схемы РЦ

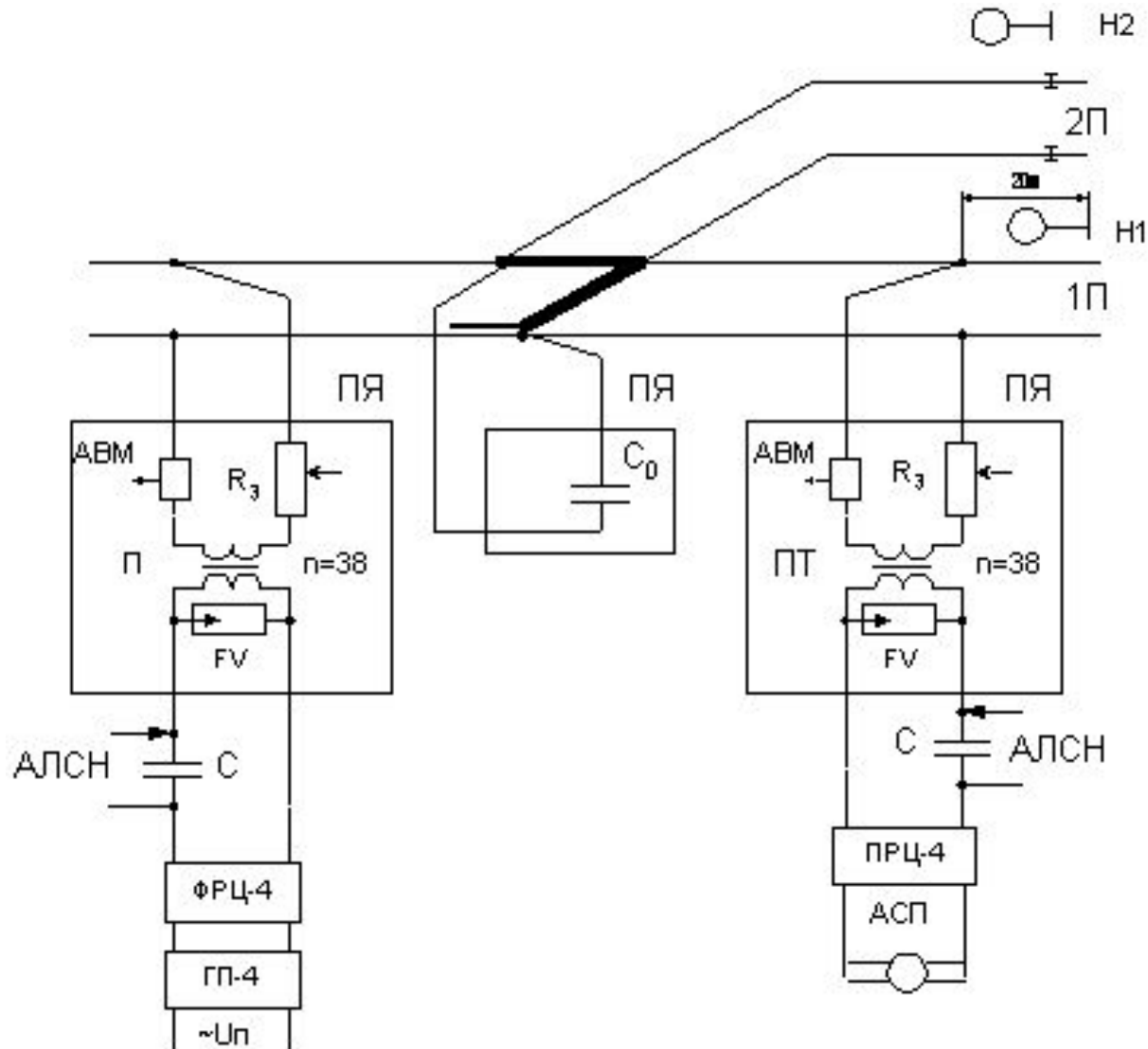
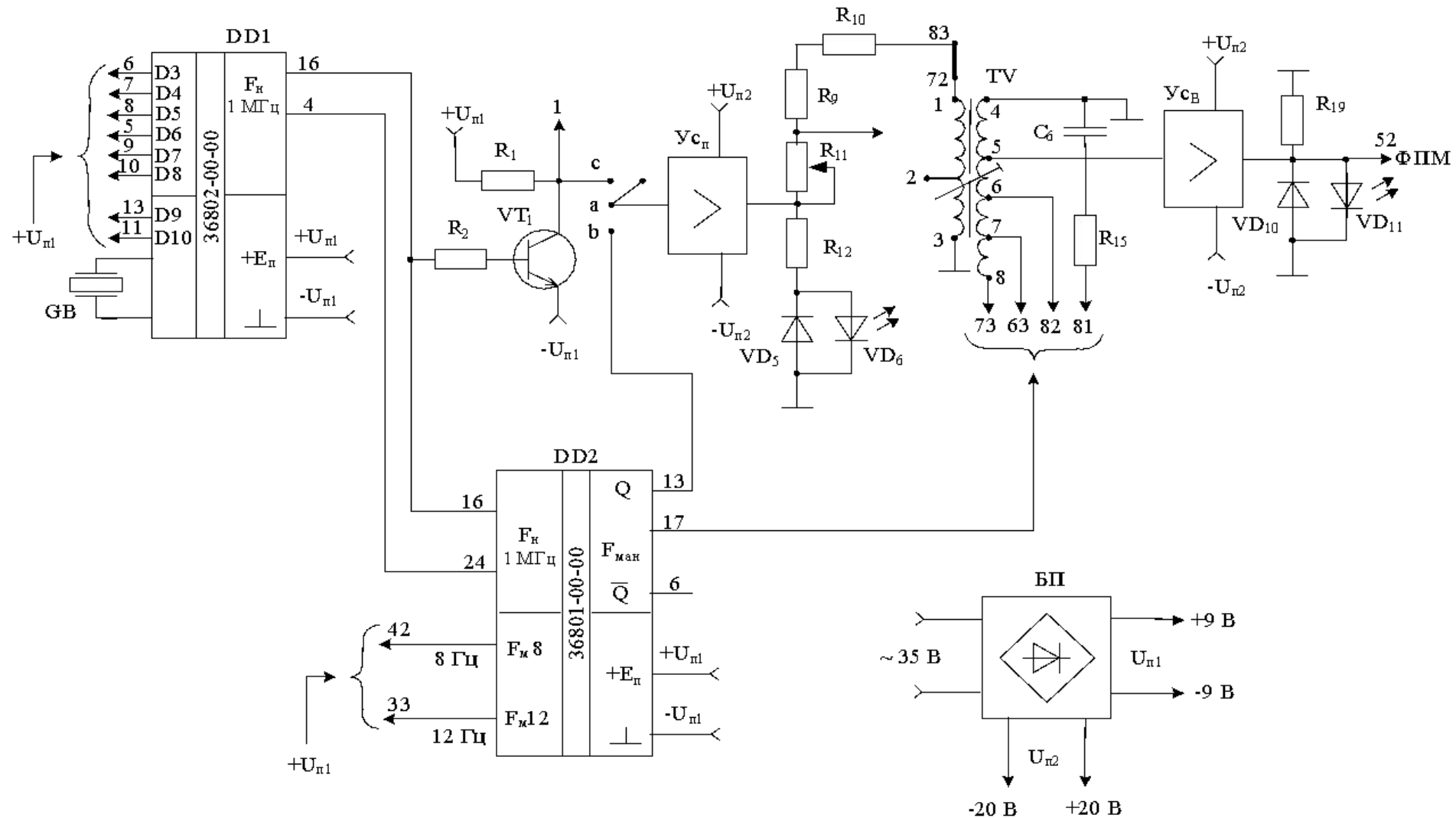
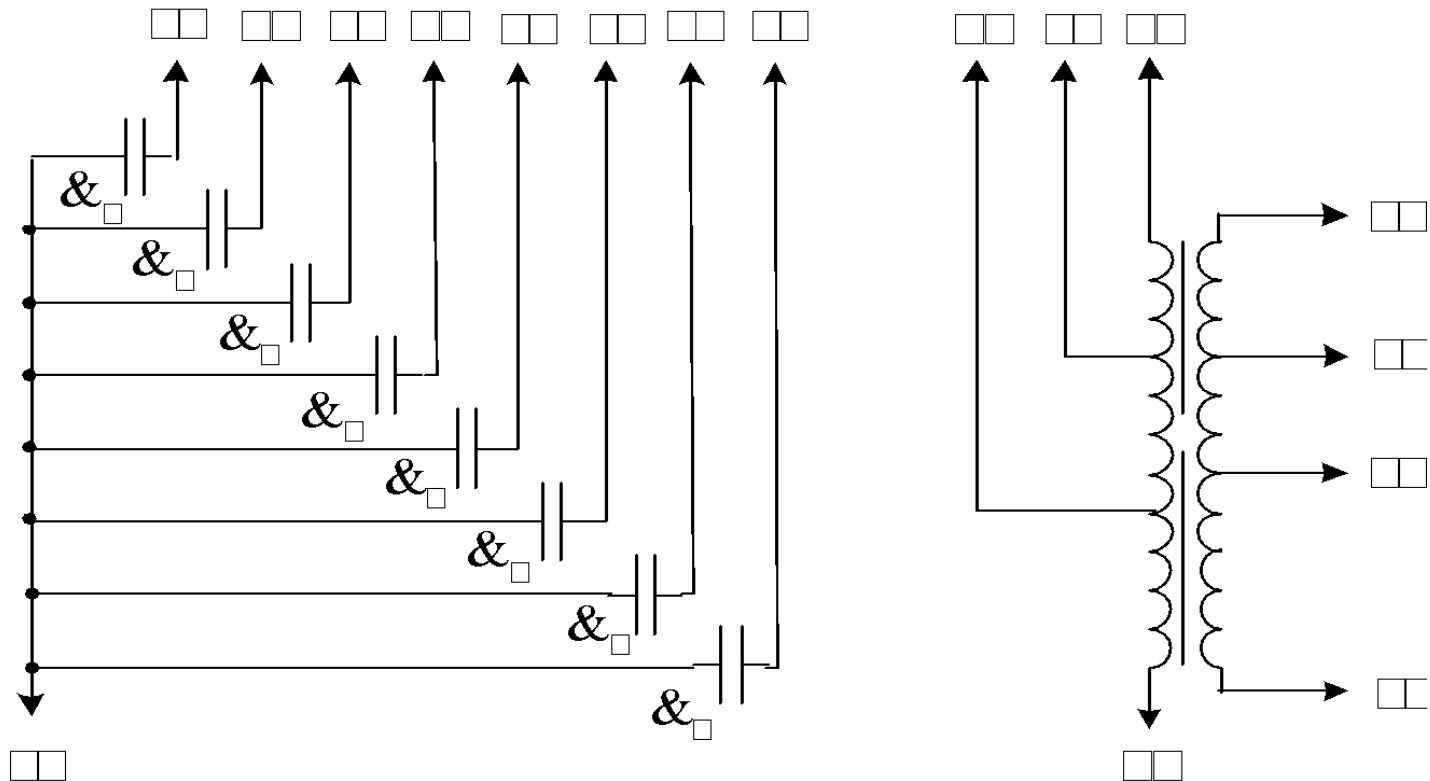


Схема станционной рельсовой цепи

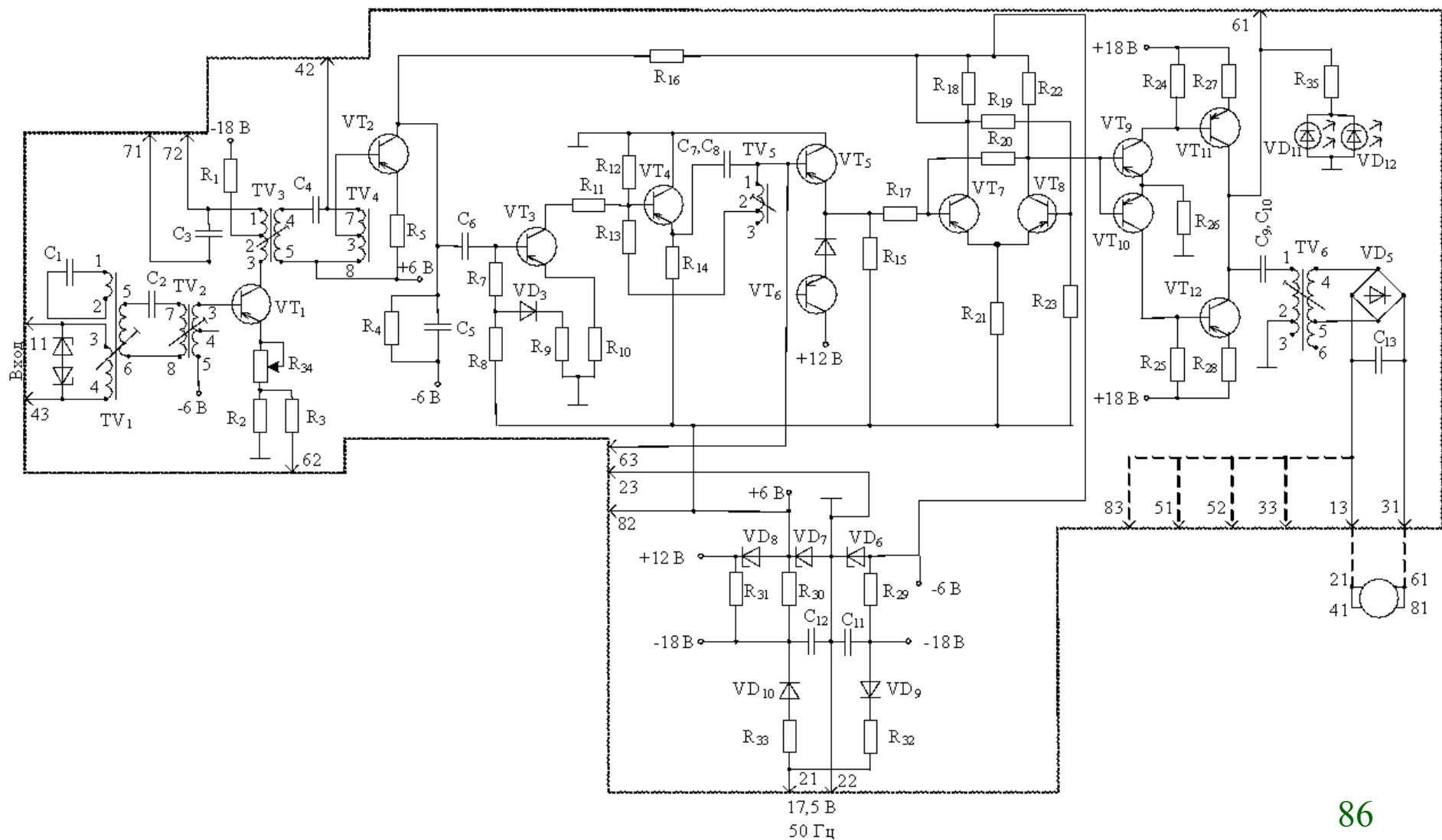
Генератор ГПЗ



Фильтр ФПМ



Приемник ППМ



Уравнивающий трансформатор

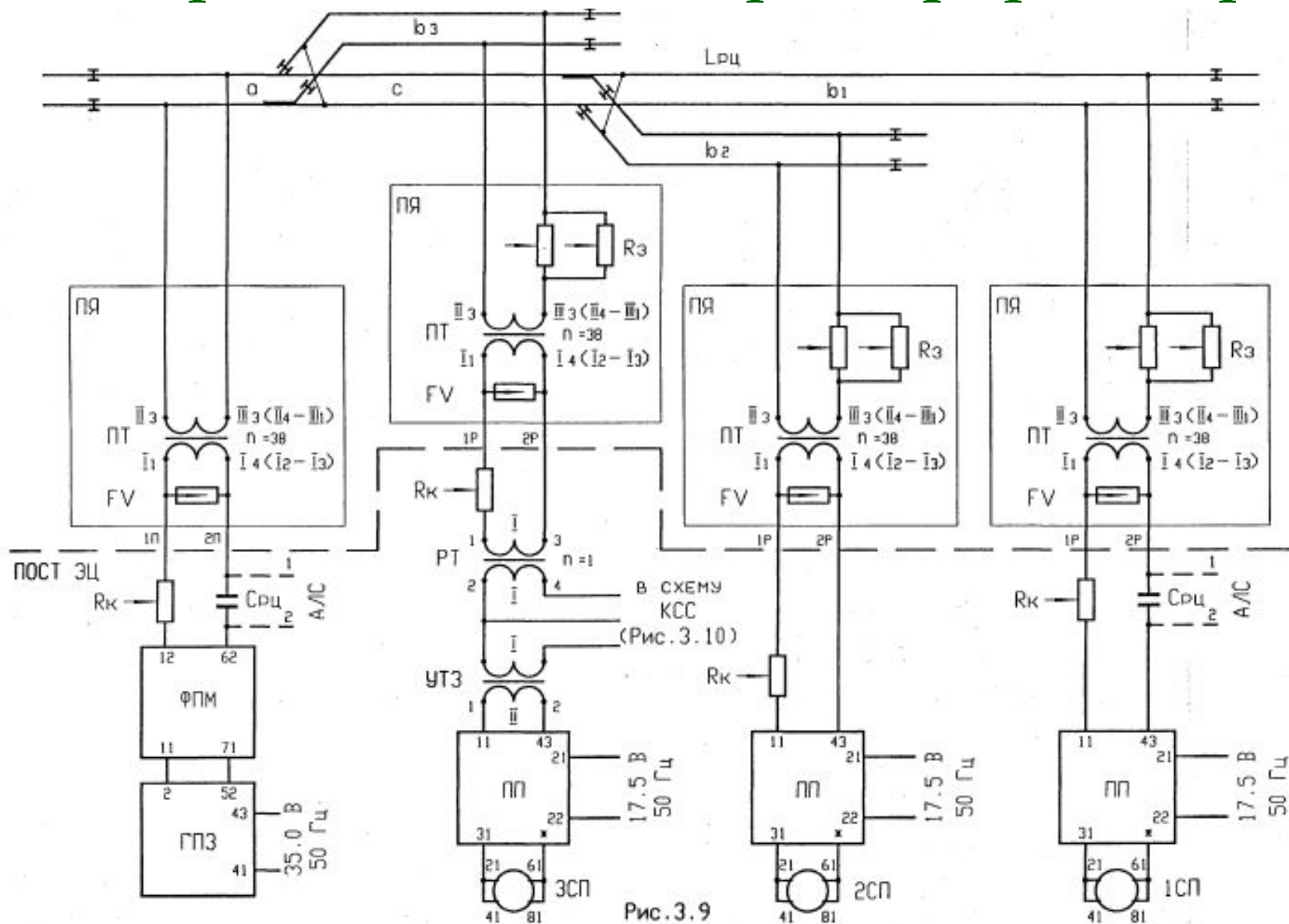
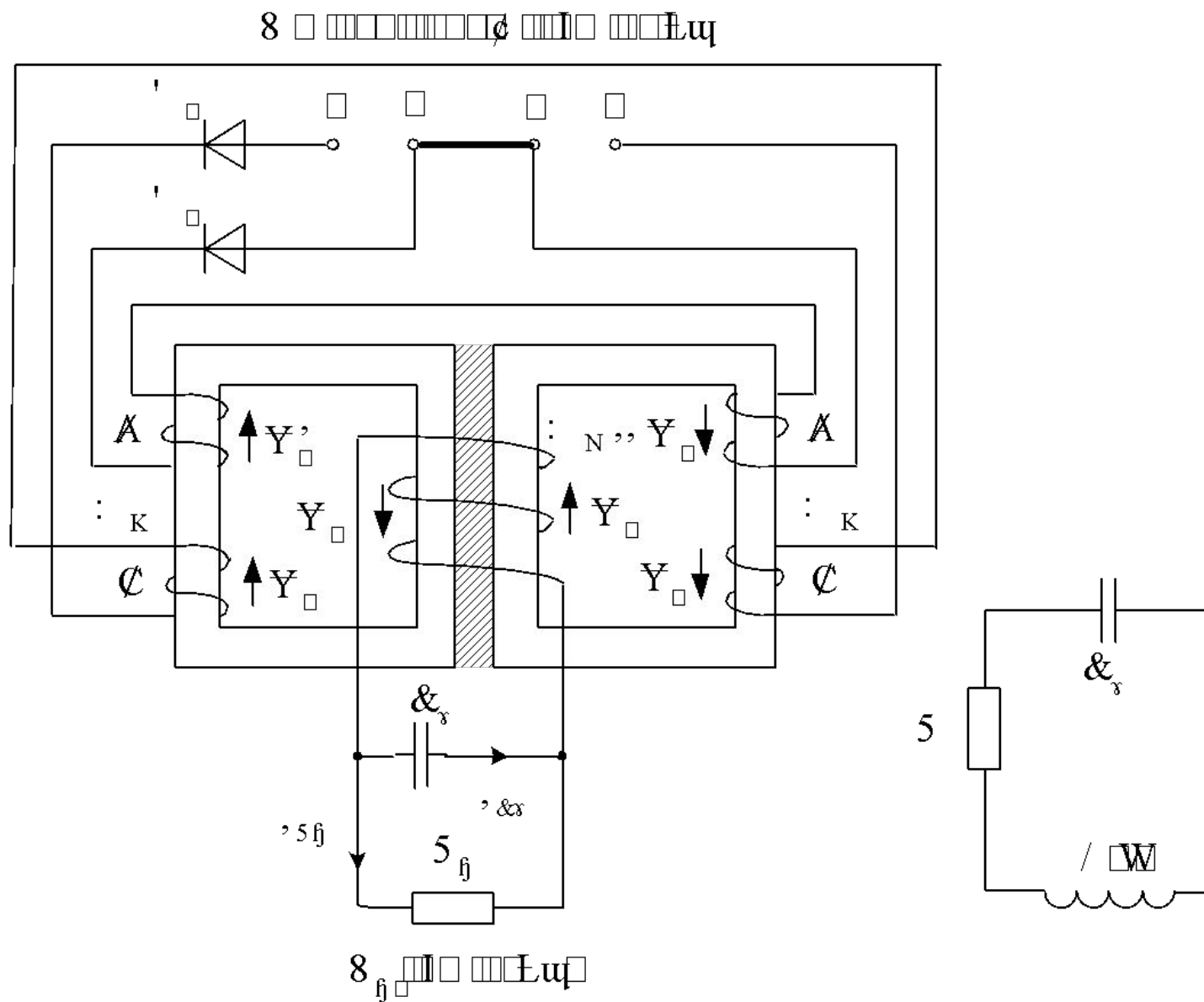
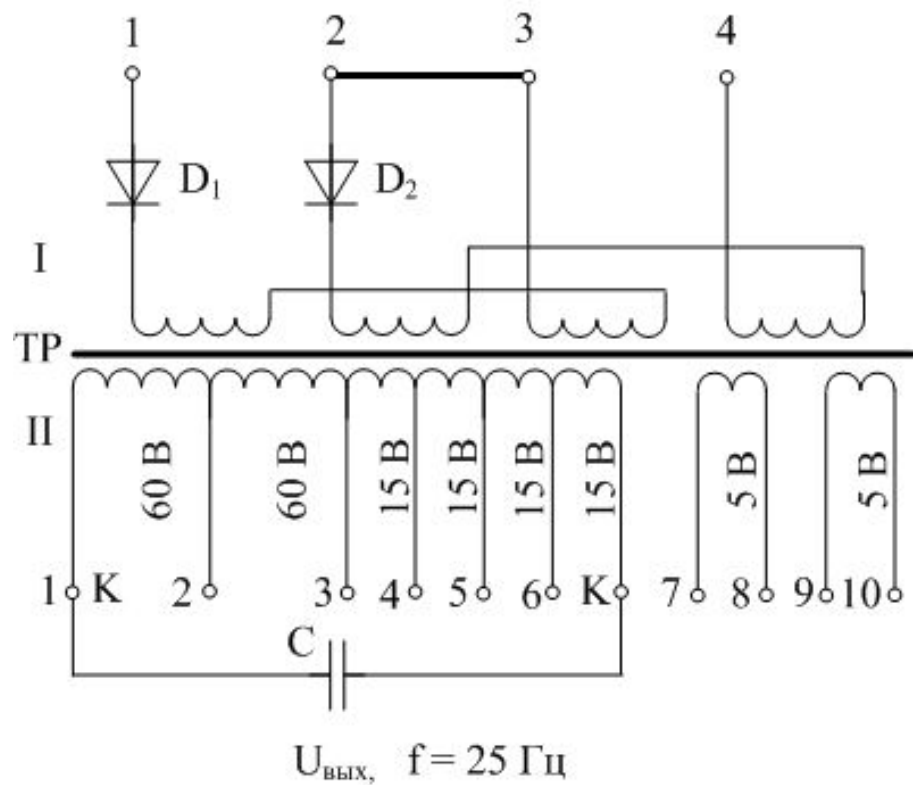


Рис. 3.9

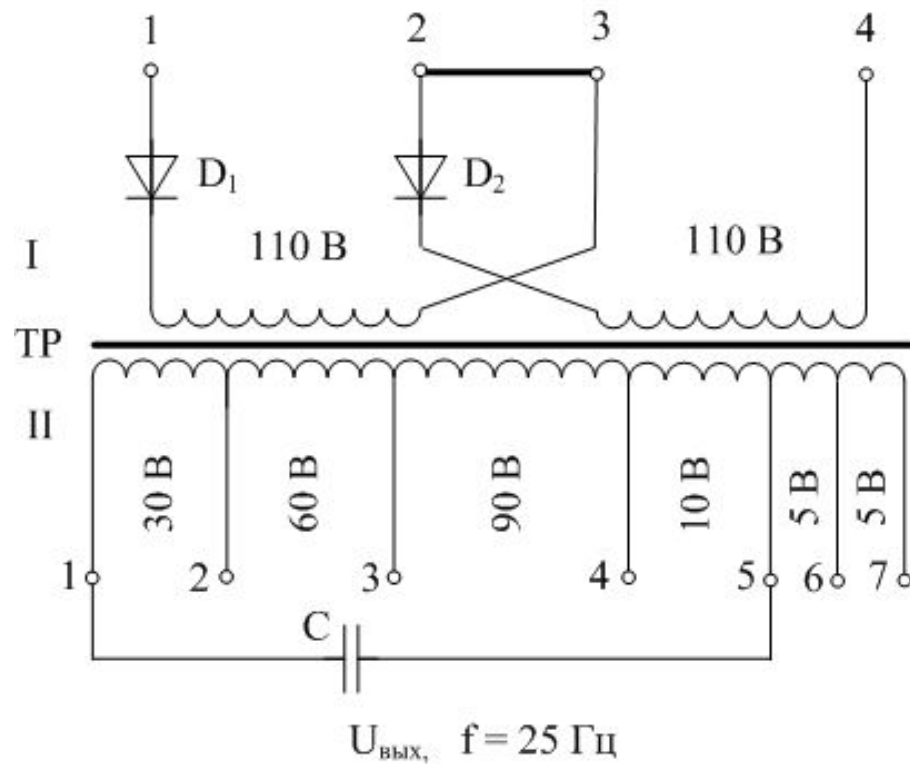
ПЧ 50/25



ПЧ 50/25



а

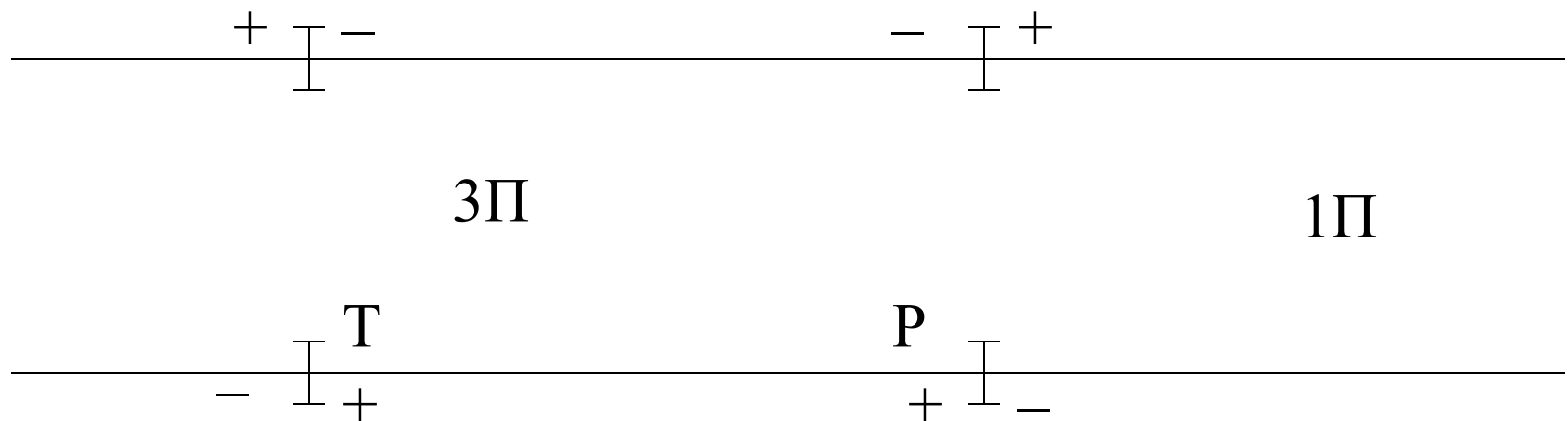


б

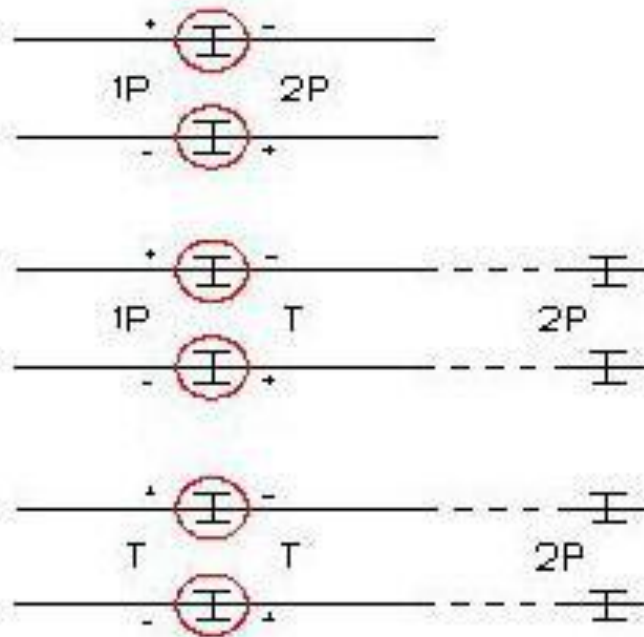
Методы контроля короткого замыкания изолирующих стыков в Р.Ц.

1. Чередование полярностей питающих напряжений.
2. Чередование мгновенных полярностей.
3. Двухфазная схема питания РЦ.
4. Схема КСС для тональных РЦ.
5. Асинхронная работа реле Т и реле И

Чередование полярностей

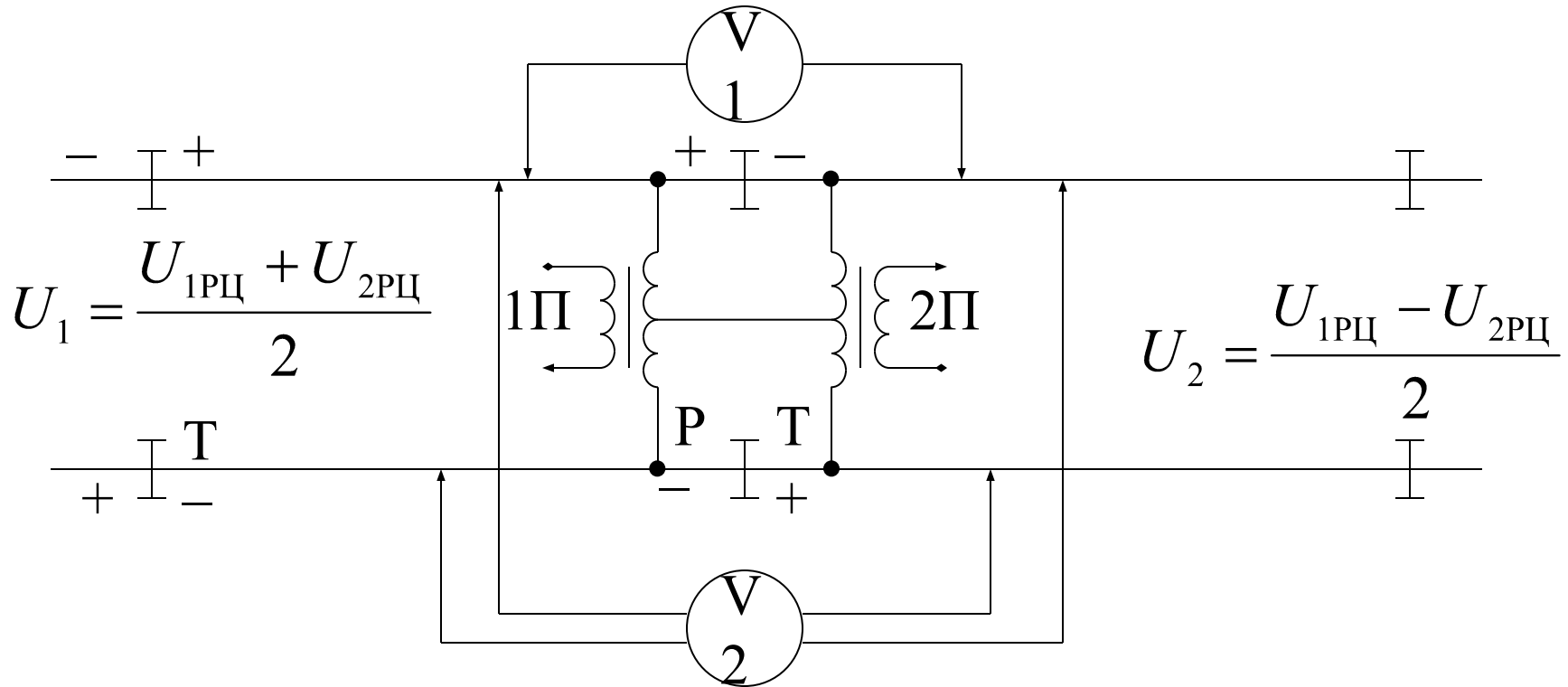


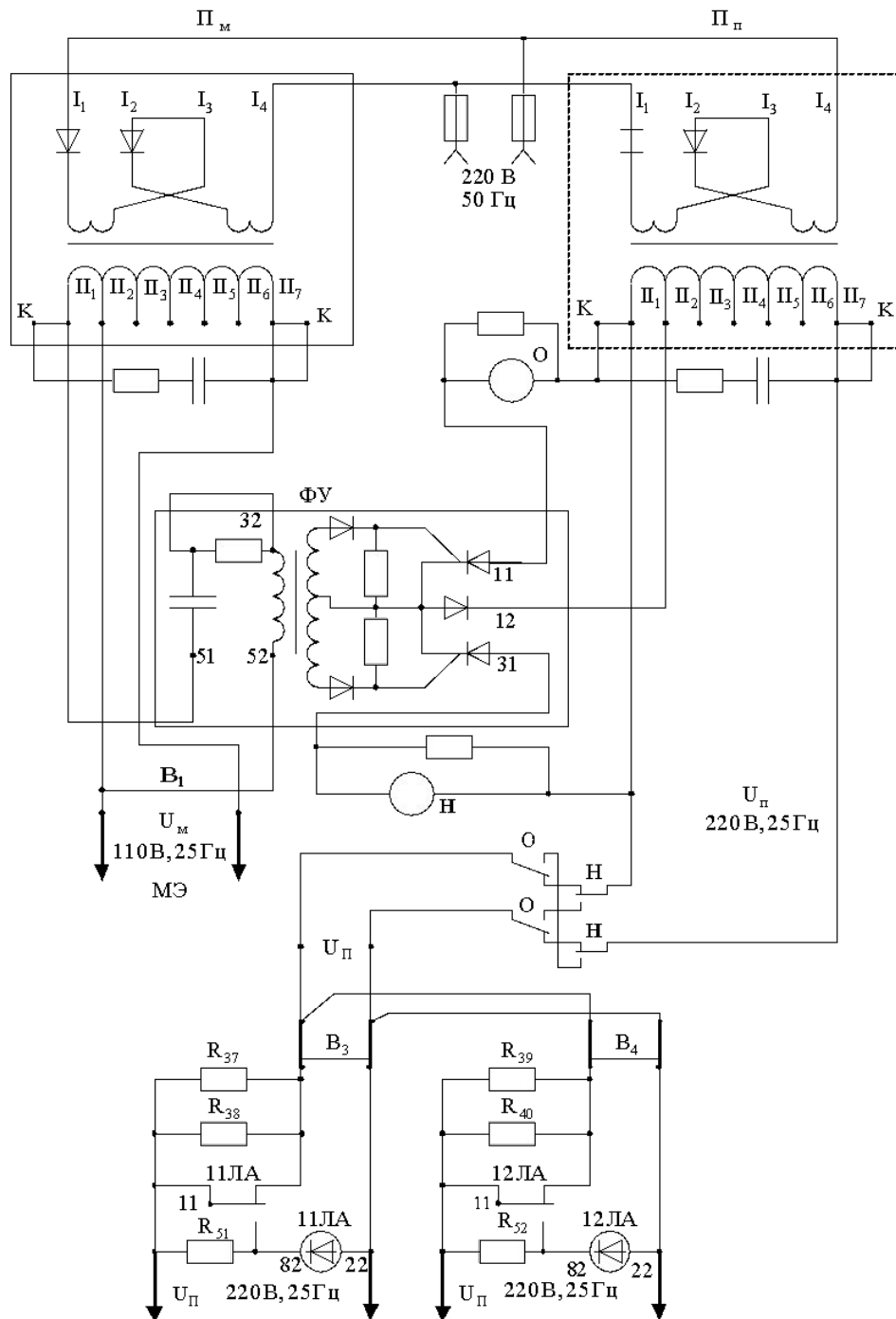
Чередование полярностей



Расположение питающих и релейных концов	Реакция путевых реле
1. Релейный - релейный	Оба путевых реле всегда выключаются
2. Релейный - питающий	Выключается реле, подключенное у ИС
3. Питающий - питающий	Выключается хотя бы одно реле смежных рельсовых цепей

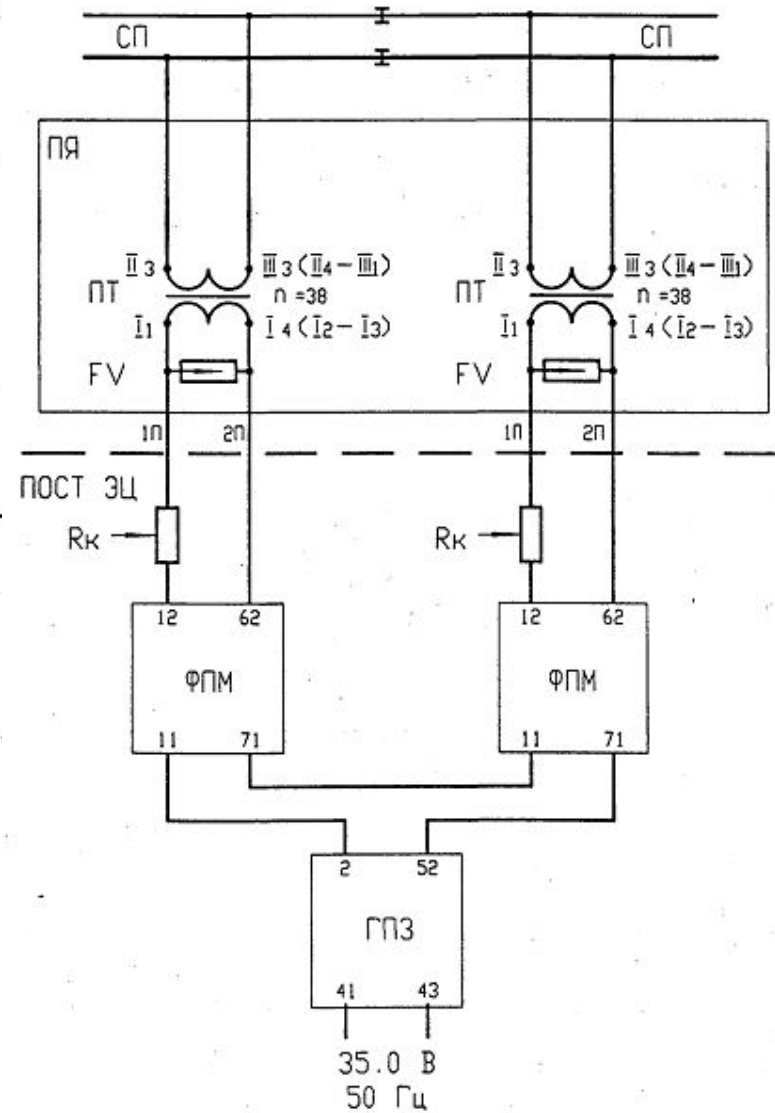
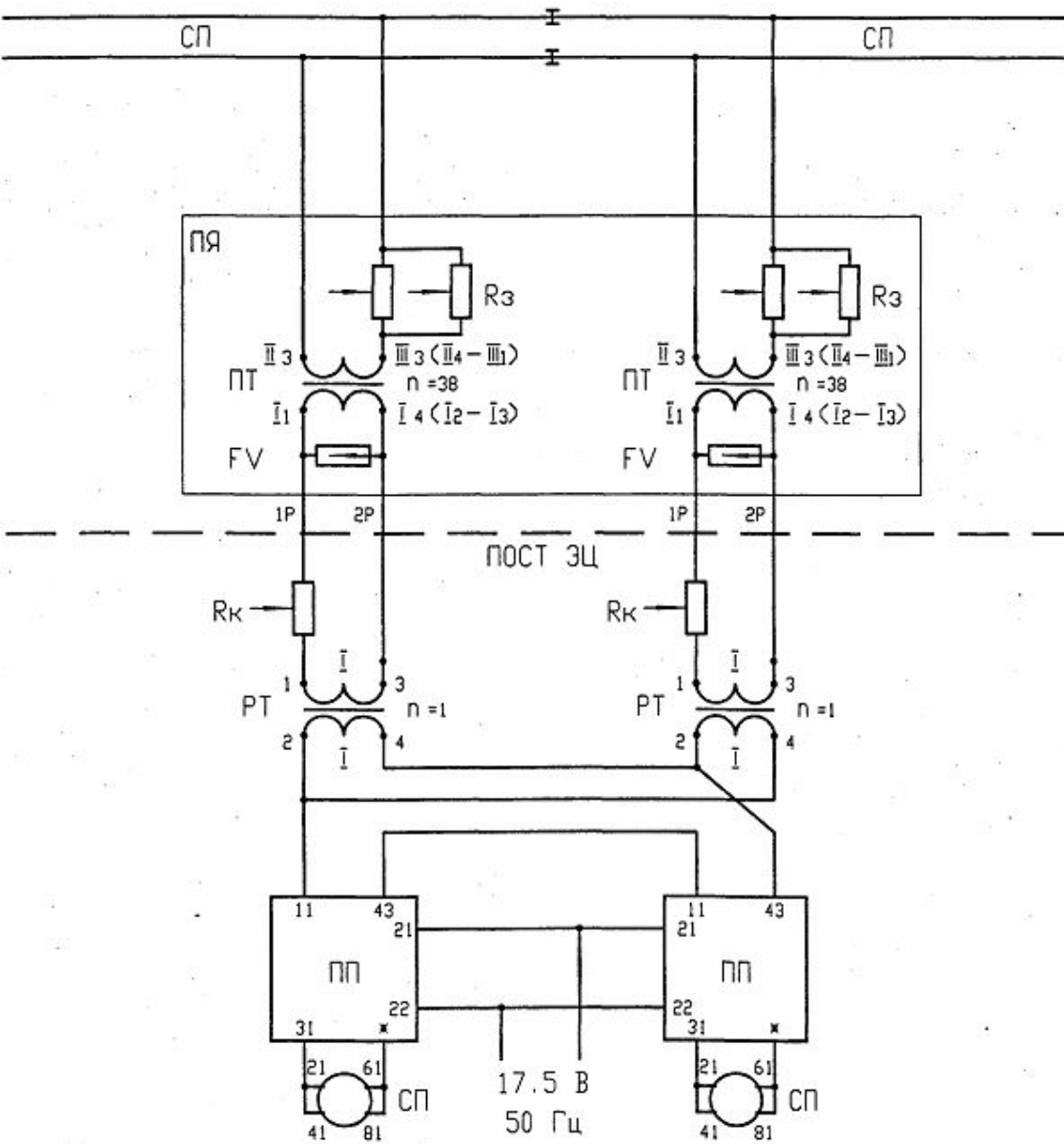
Чередование мгновенных полярностей





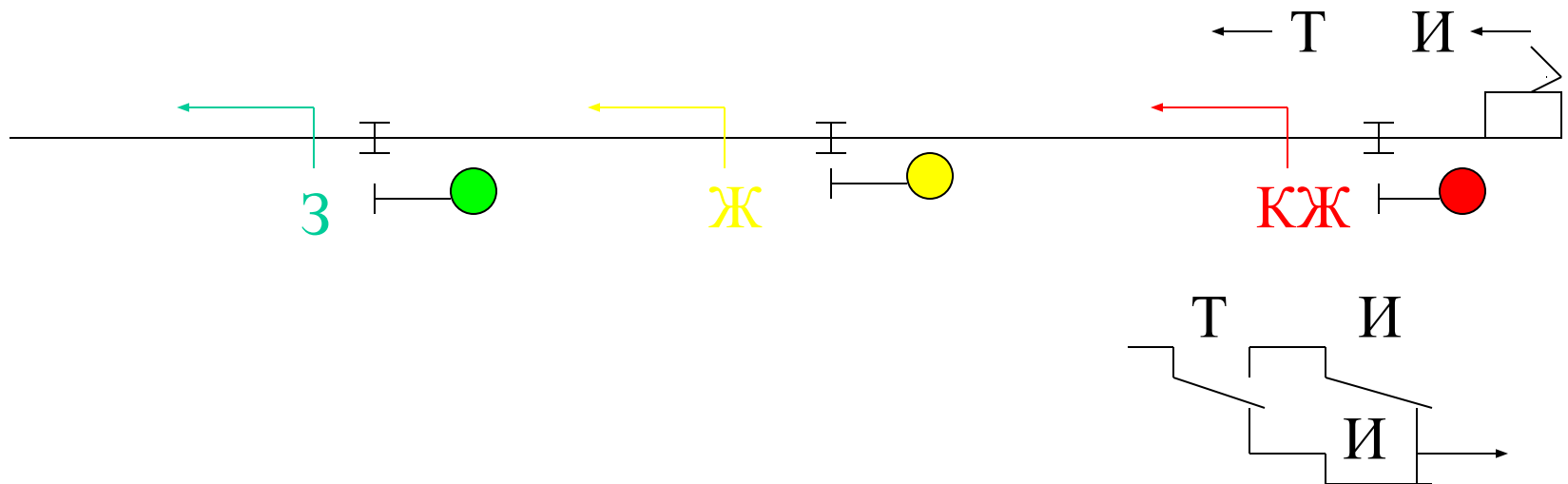
Двухфазная схема питания РЦ

Схема КСС для ТРЦ

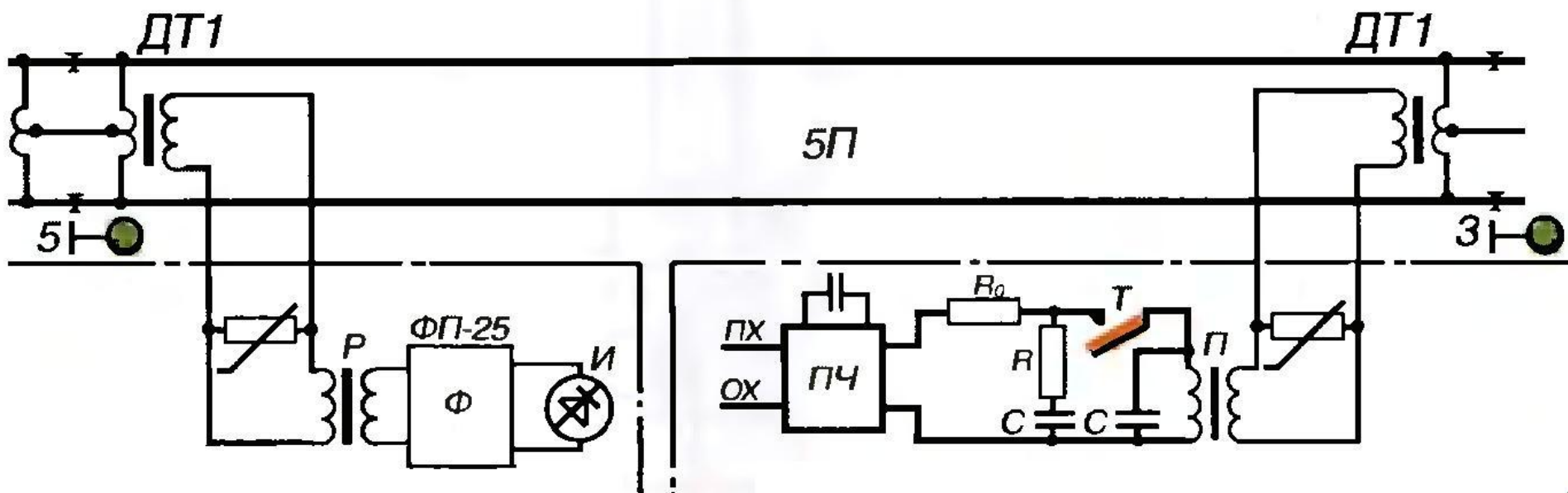


Контроль пробоя ИС в кодовых РЦ.

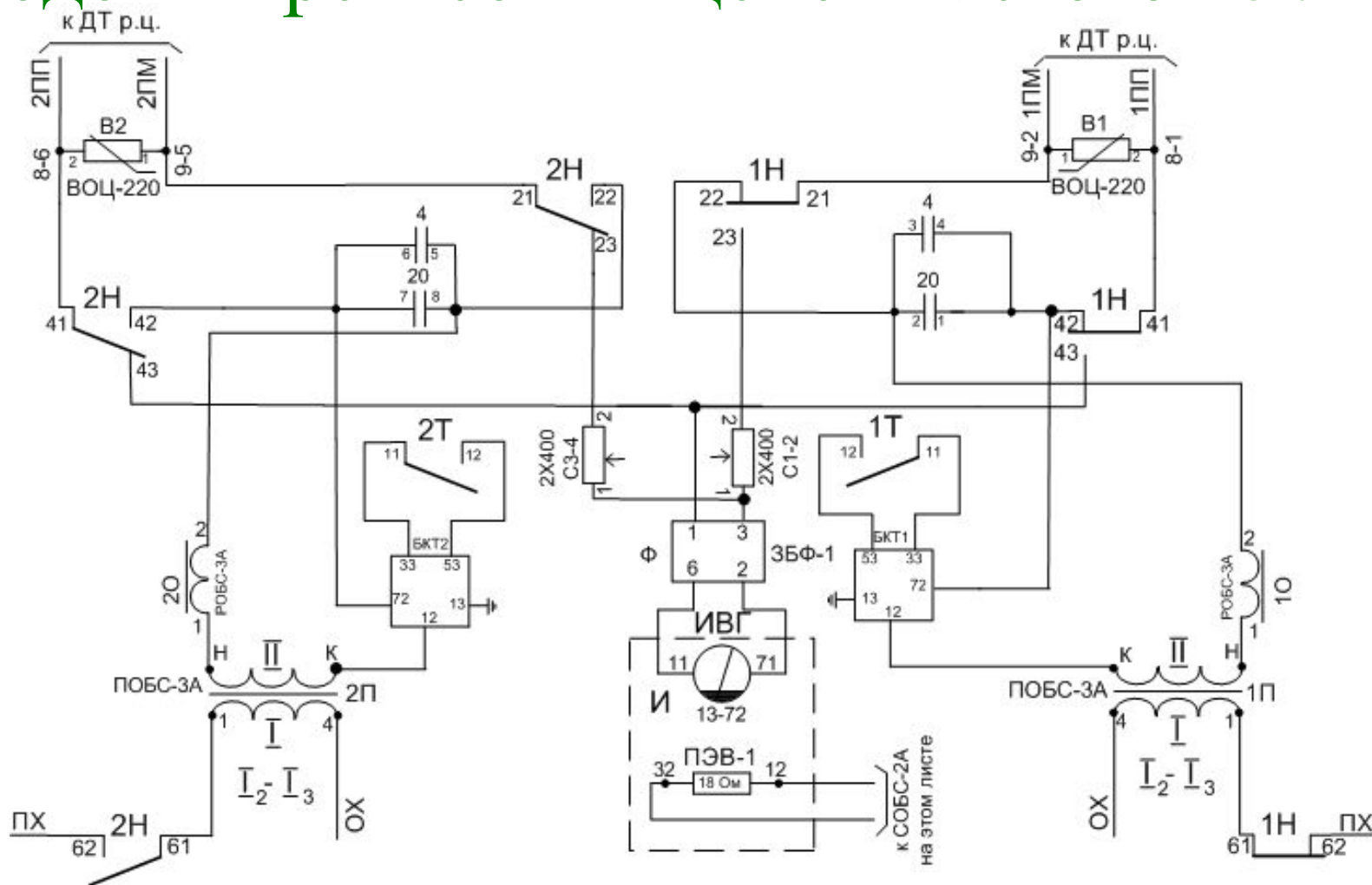
Контроль пробоя изоляции основан на принципе проверки асинхронной работы реле Т и И смежных РЦ. Эти реле находятся в одном релейном шкафу, и перед включением разрешающего огня через цепи управляющих реле Ж и З схема проверяет противоположное положение реле Т и И. Для реле Т есть повторитель ПТ.



Особенности работы и регулировки кодовых рельсовых цепей частотой 25 Гц.

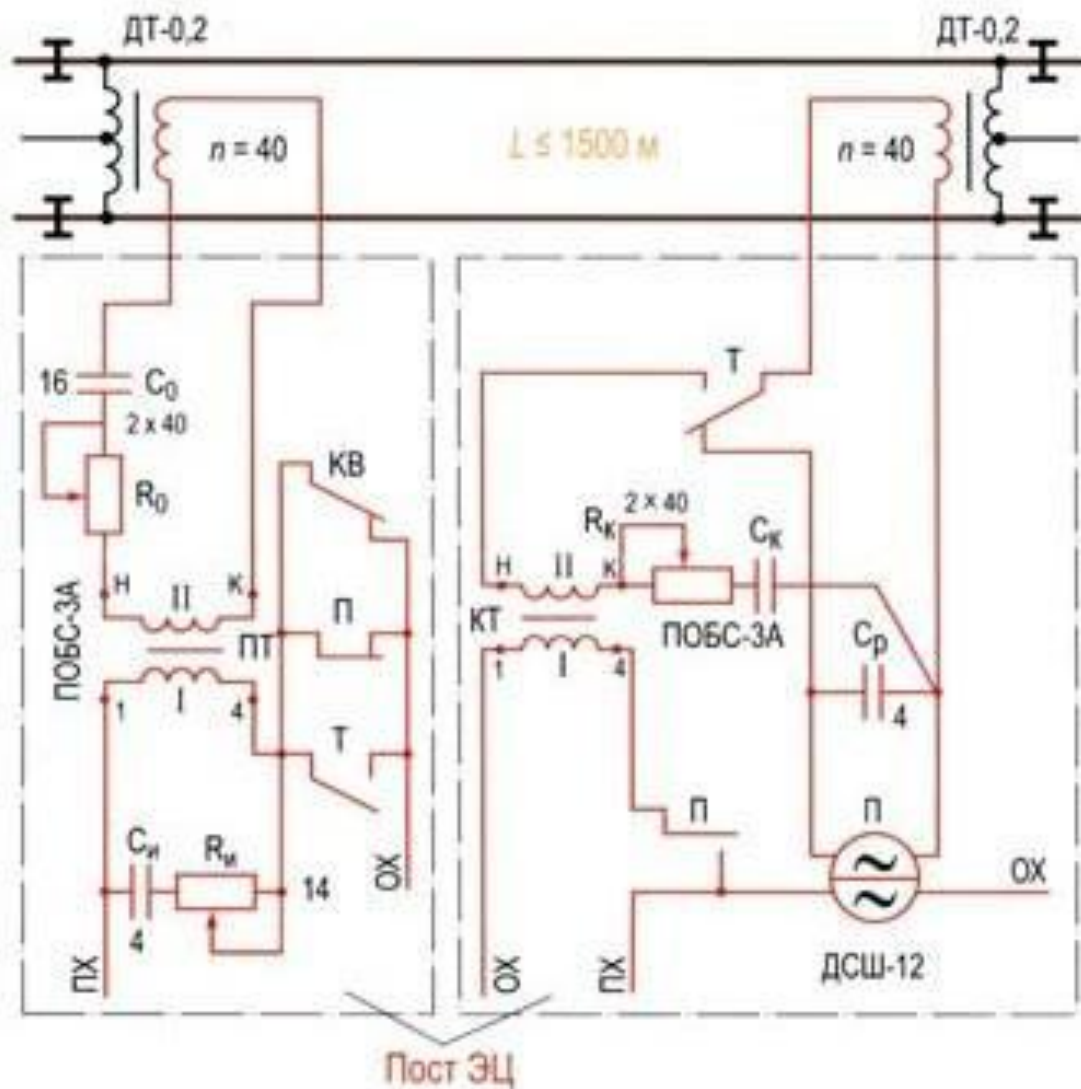


Особенности работы и регулировки кодовых рельсовых цепей частотой 50 Гц.



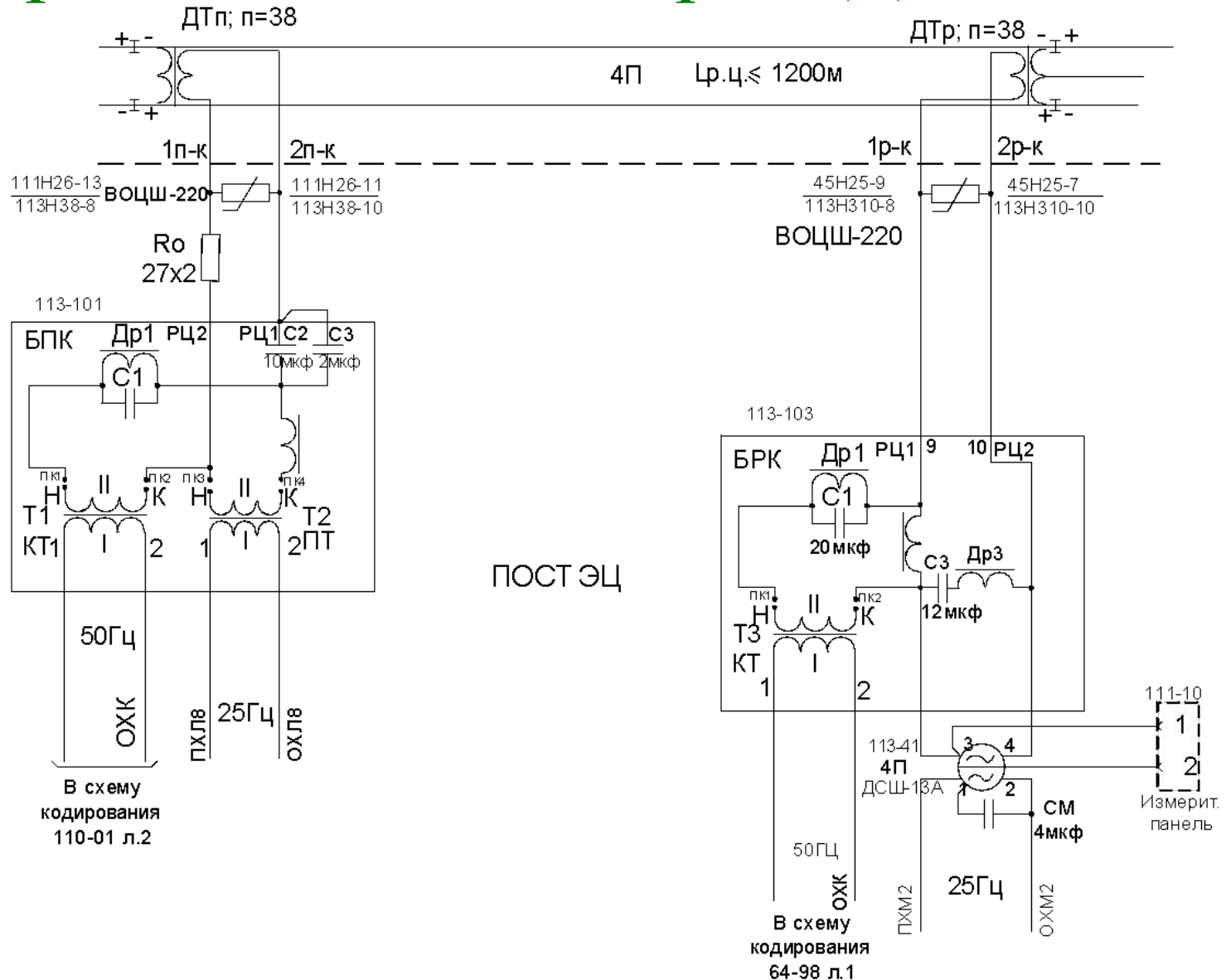
В БКТ перемычки 11-12,51-52,71-72,31-32

Особенности работы и регулировки рельсовых цепей с реле ДСШ-12.

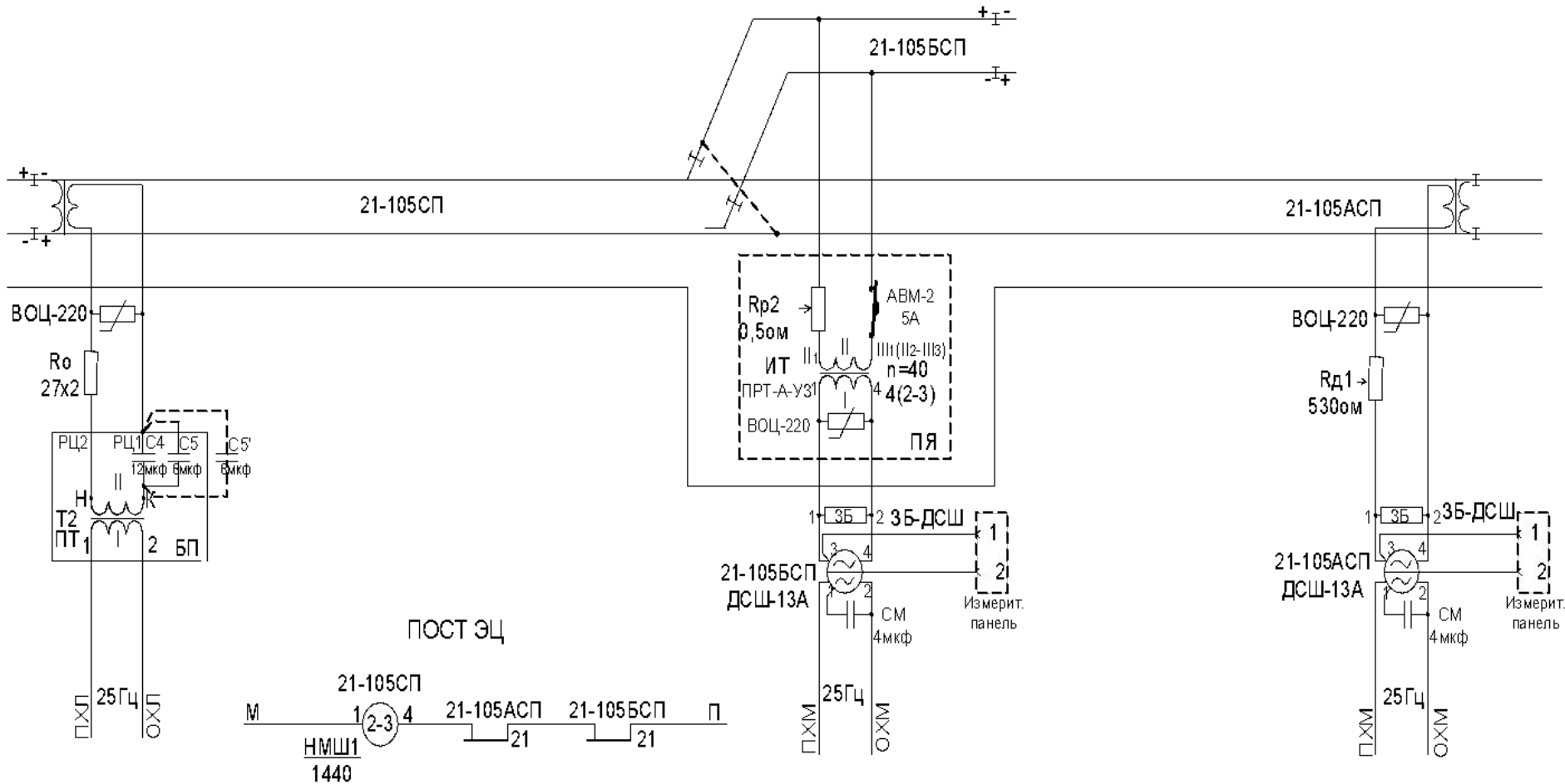


$$M_{вр} = K|U_{\Pi}| |U_M| \cos \beta$$

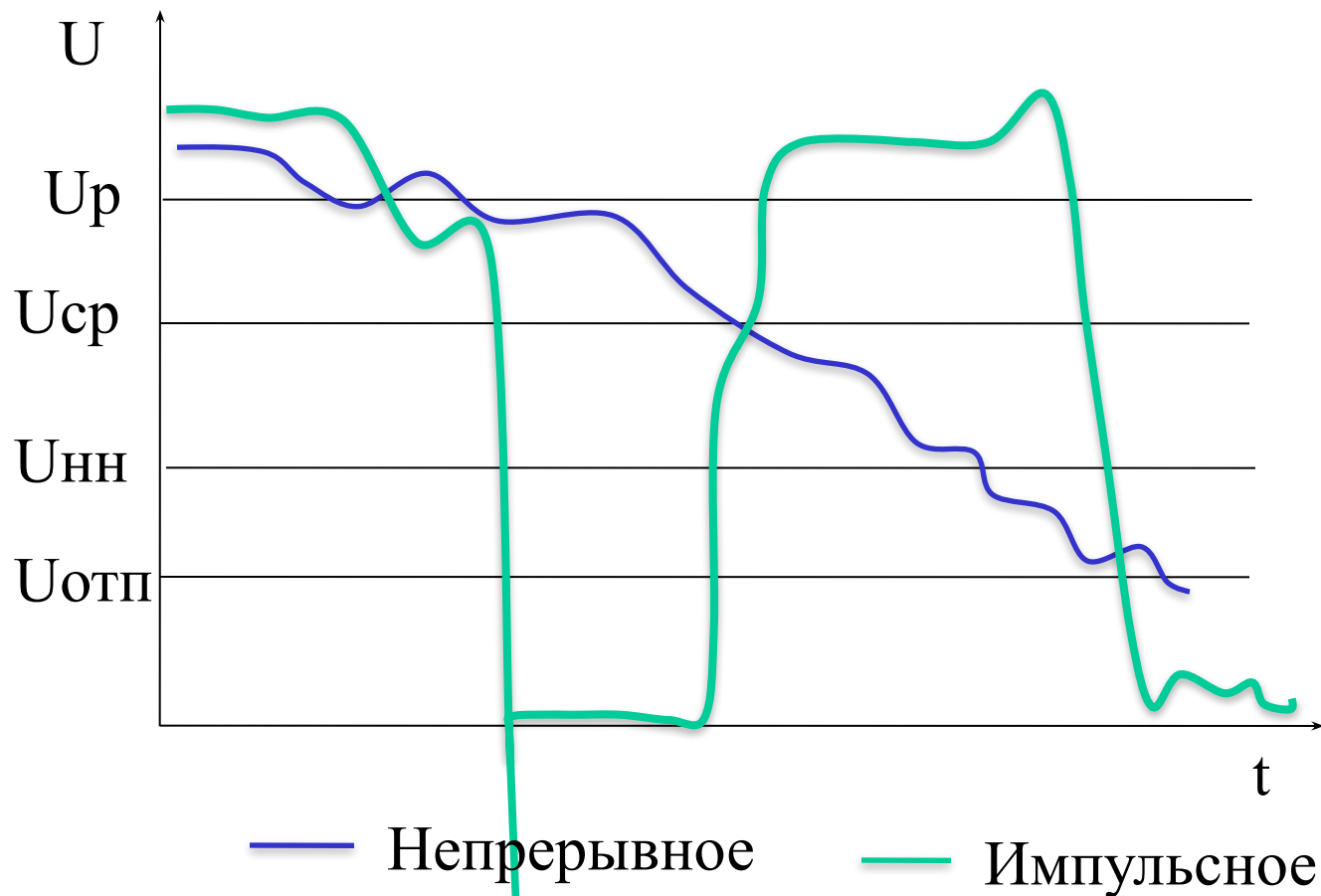
Особенности работы и регулировки рельсовых цепей с реле ДСШ-13.



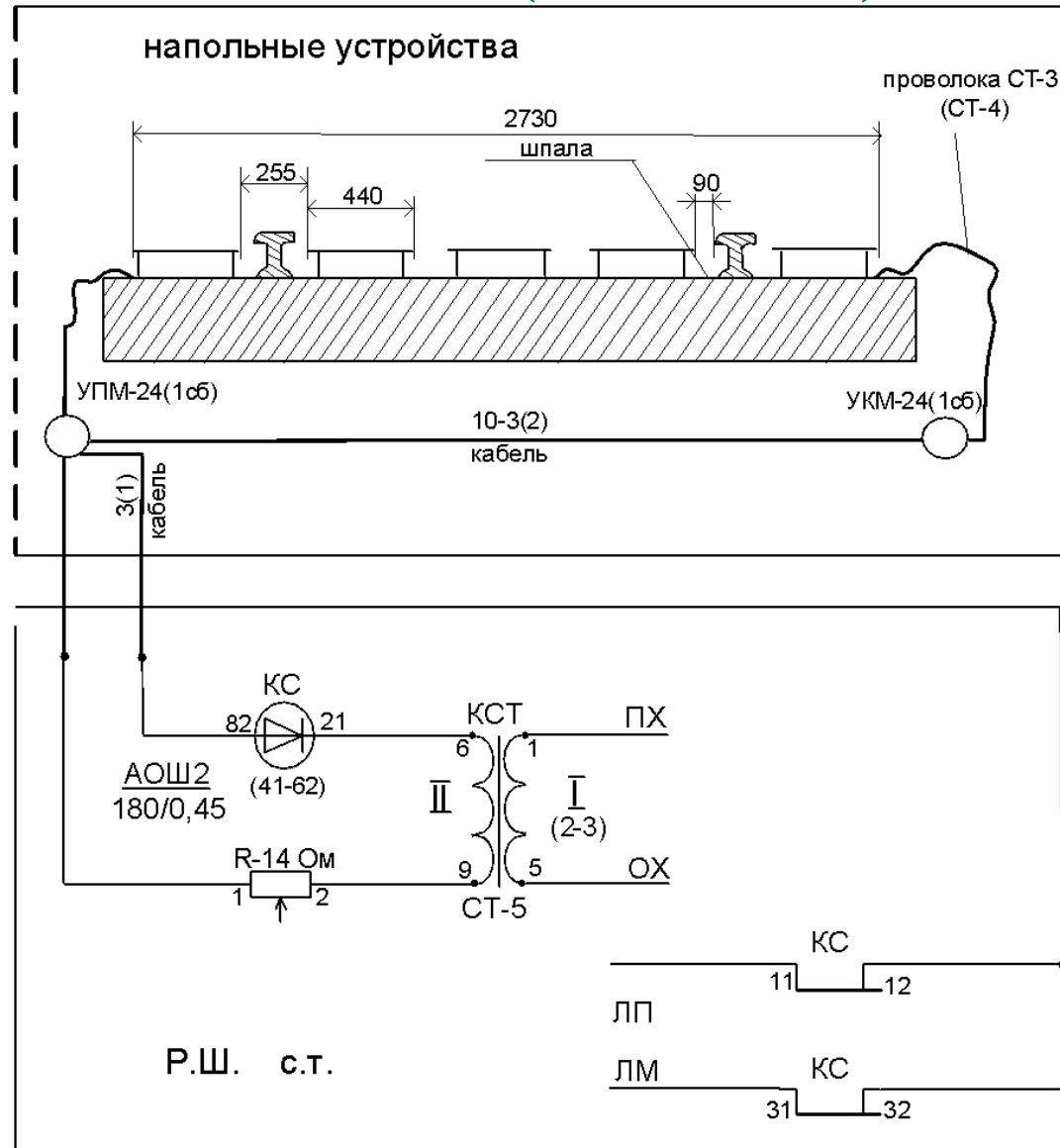
Особенности работы и регулировки разветвленных РЦ с реле ДСШ.



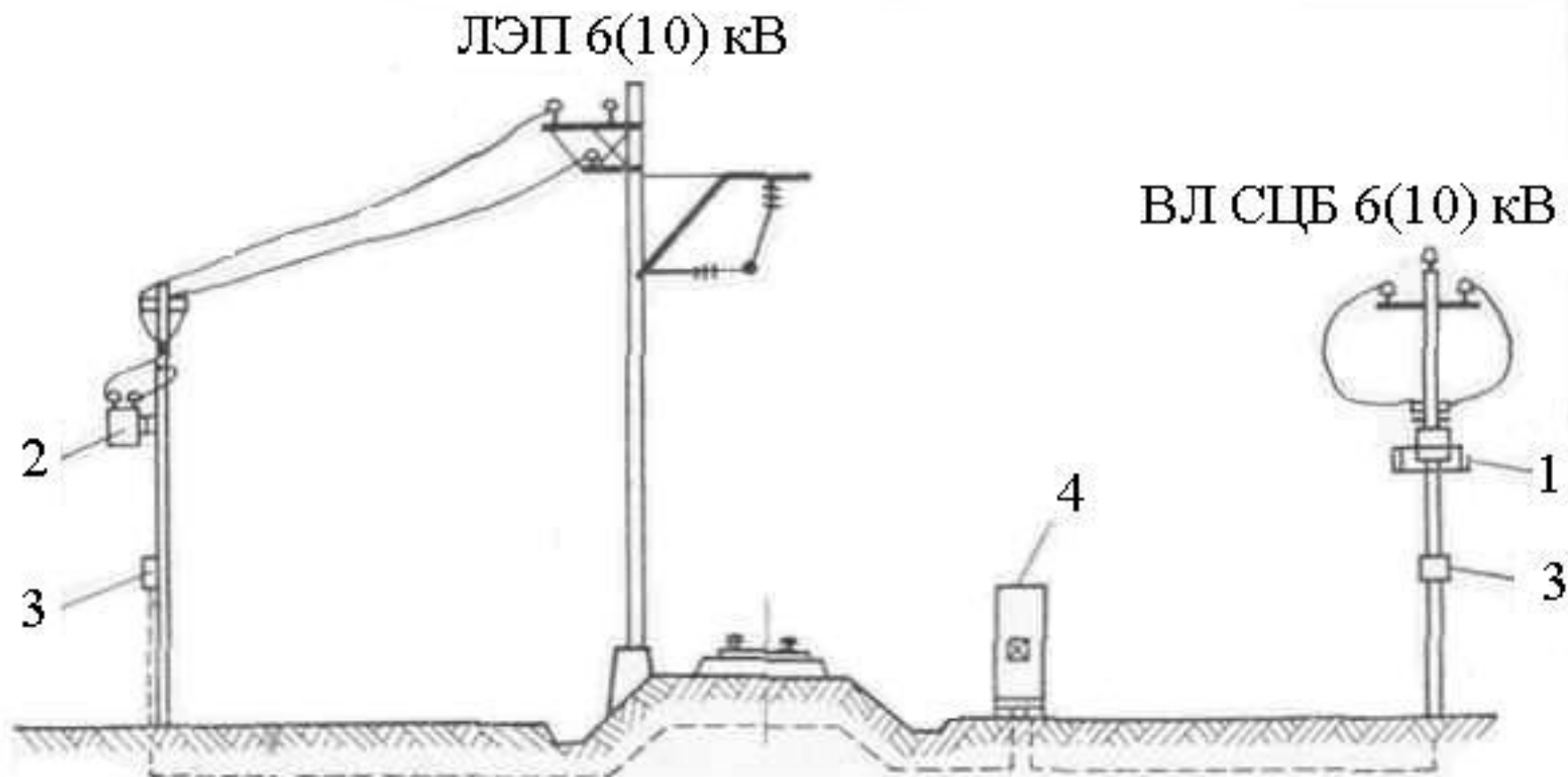
Сравнительная оценка РЦ с непрерывным и импульсным питанием



Устройства контроля схода подвижного состава (УКСПС)

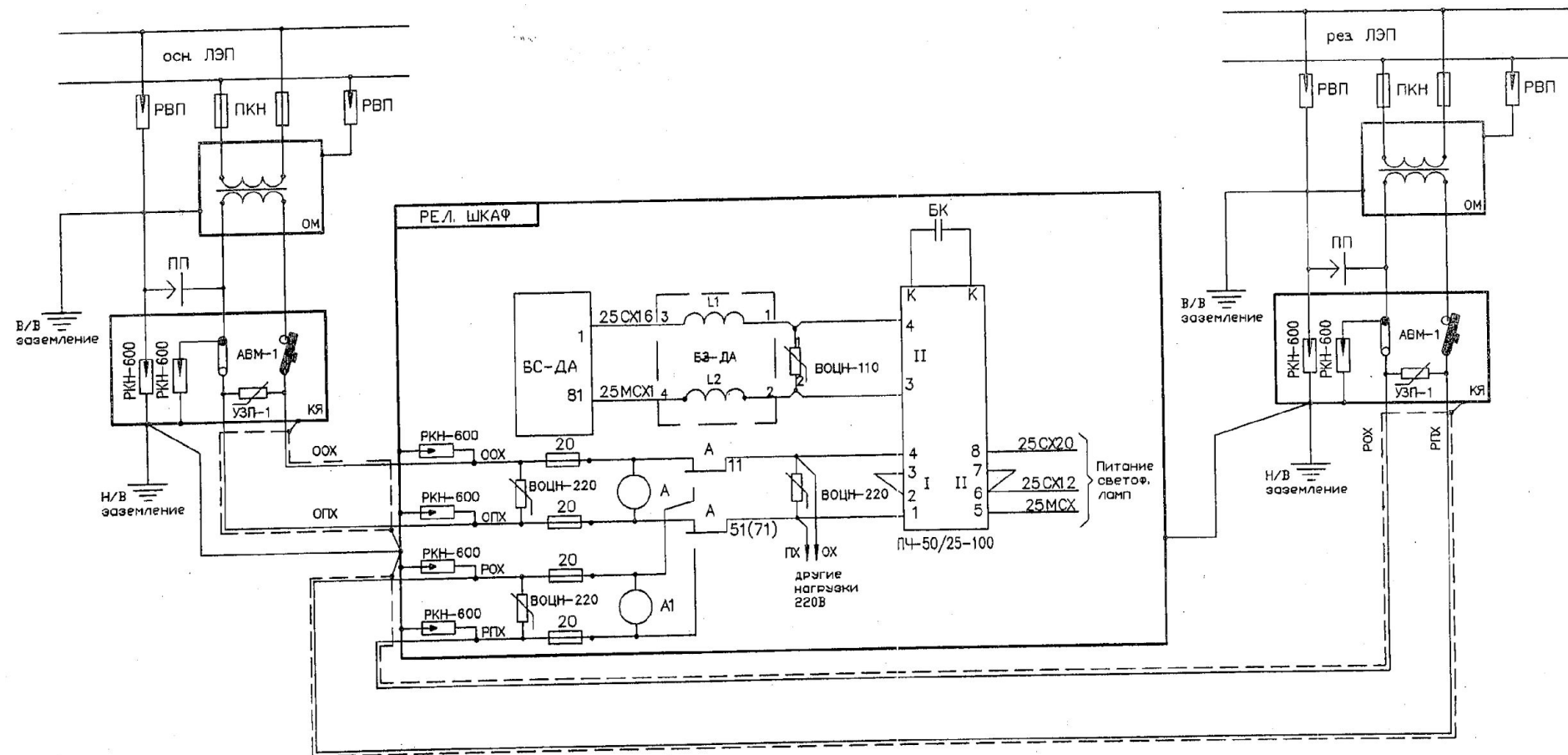


Электроснабжение устройств АБ.



- 1 – линейный трансформатор ОМ,
2 – резервный трансформатор ОМ,
3 – кабельный ящик, 4 – релейный шкаф.

Электропитание устройств АБ.



Альтернативные методы контроля участков пути.

Устройства контроля нагрева буксовых узлов.

Далее