

Ходкевич Антон Геннадьевич

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА  
НА ПЕРЕГОНАХ

ОмГУПС 2008

# 1. История железных дорог России

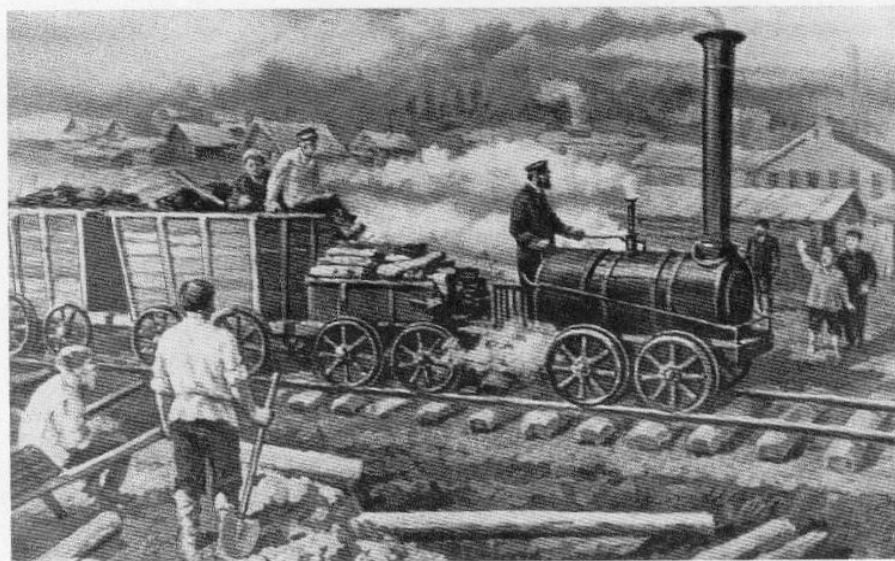
- 1834 г. - рельсовая дорога с паровой тягой на Нижнетагильском металлургическом заводе Демидовых  
*длина дороги - 854 метра*  
*ширина колеи - 1645 мм*  
*вес состава - свыше 3 тонн*  
*скорость - до 16 км в час*



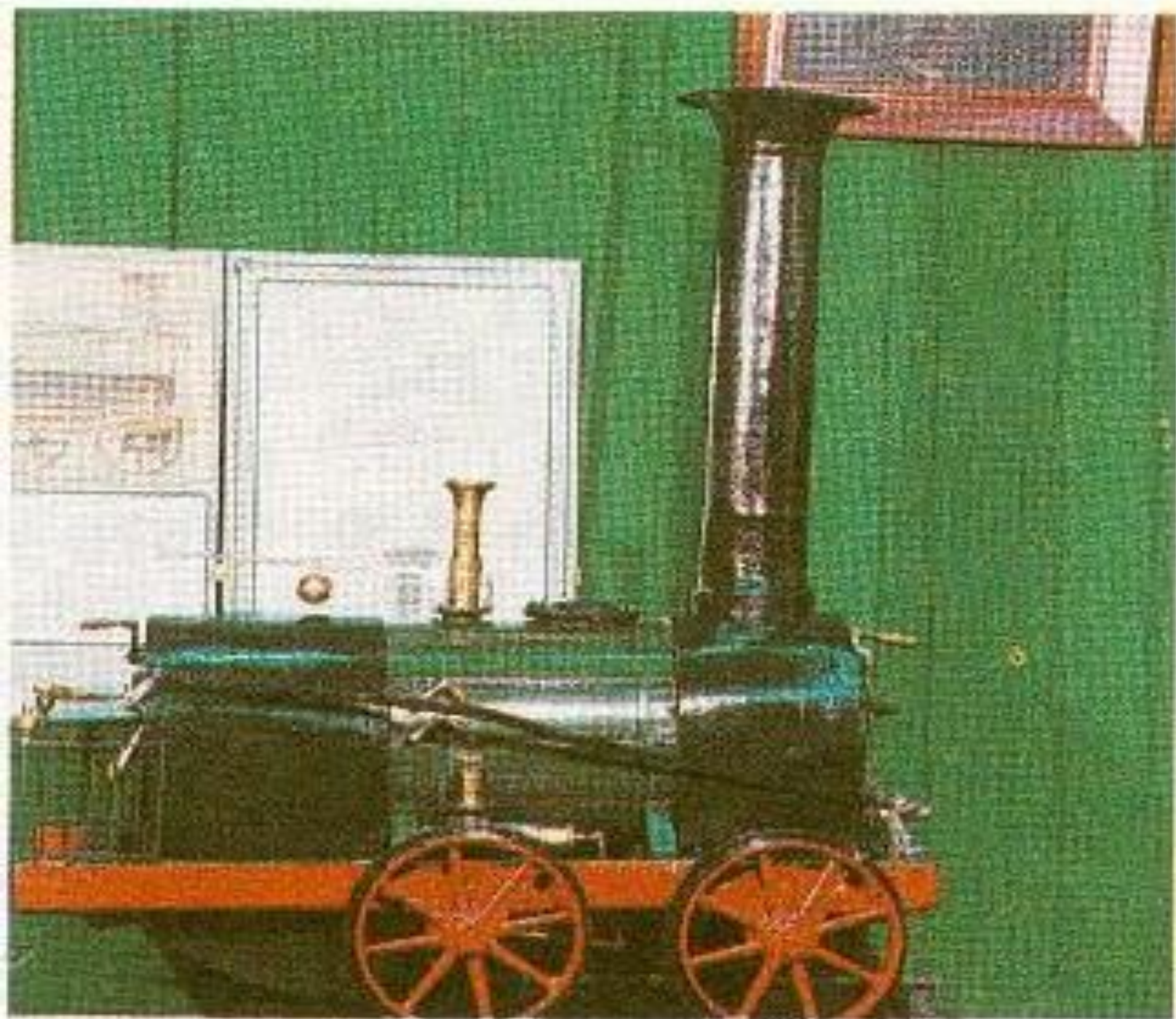
Е. А. Черепанов (1774—1842)



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*

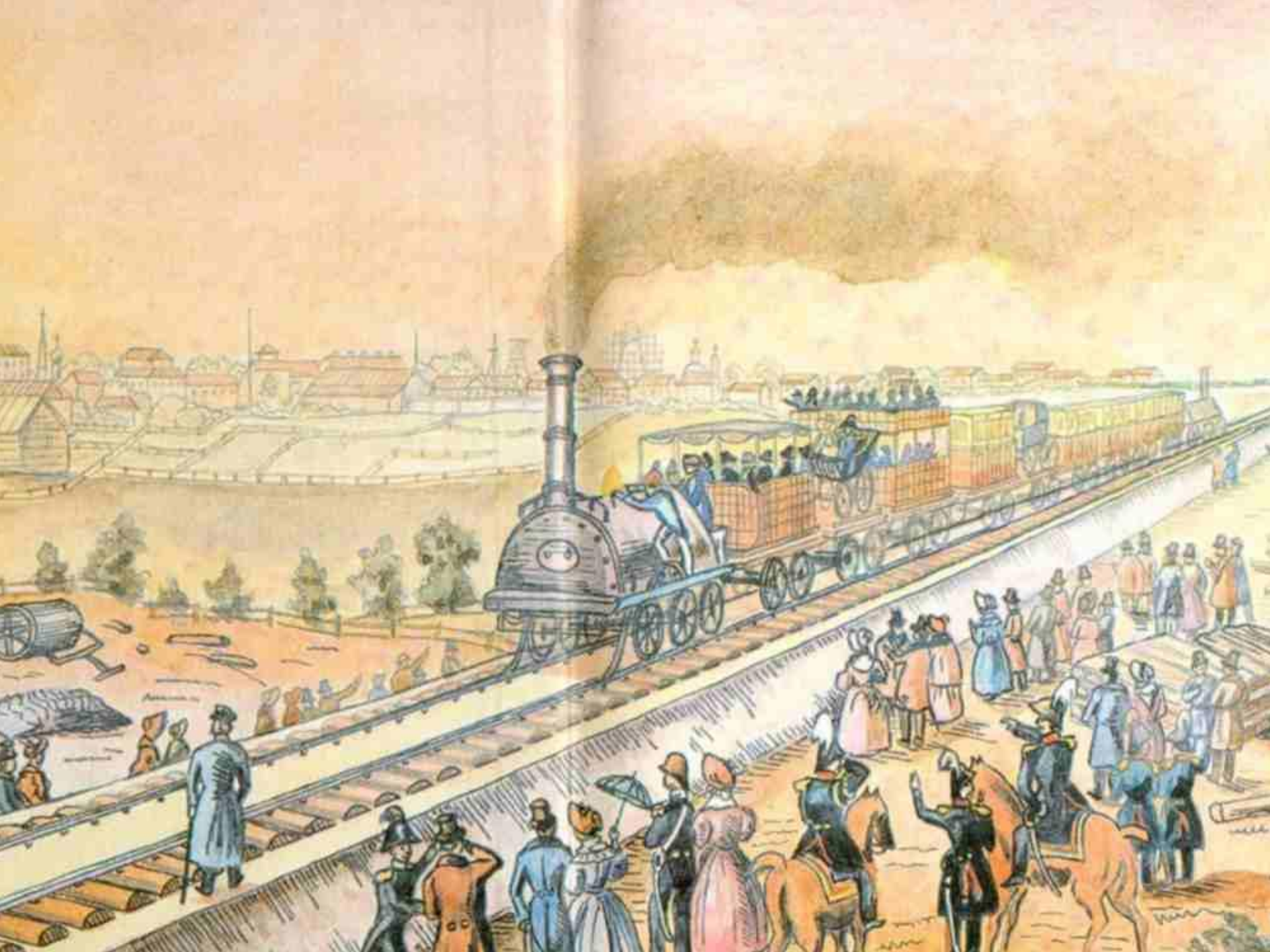
*колеи - 1829 мм*

*время хода - 30*

*минут*

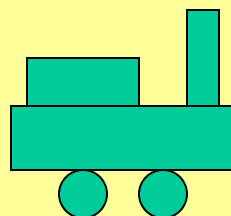
*скорость - до 60 км в час*







Санкт-Петербург



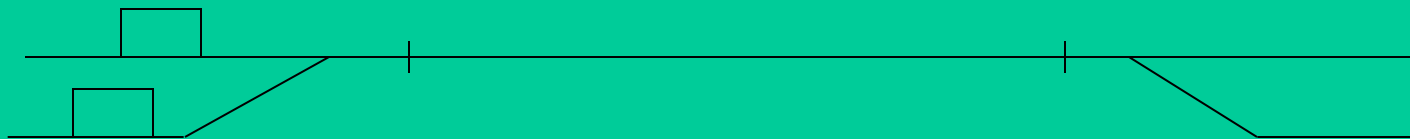
Царское Село



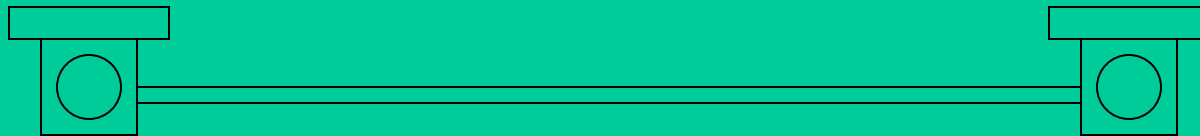
## Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



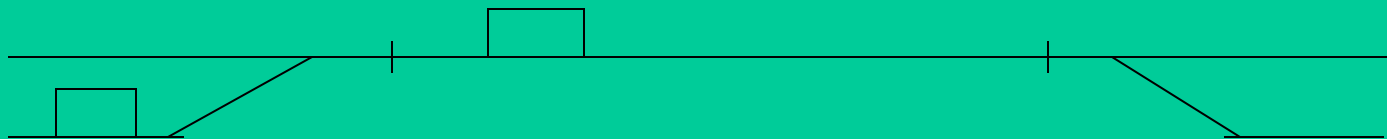
- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



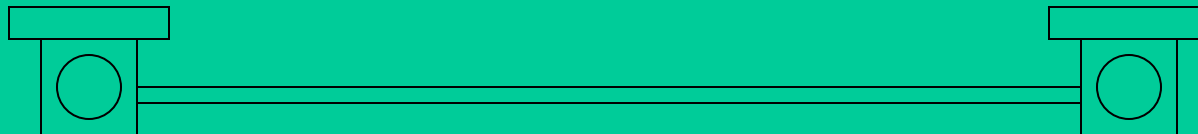
## Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



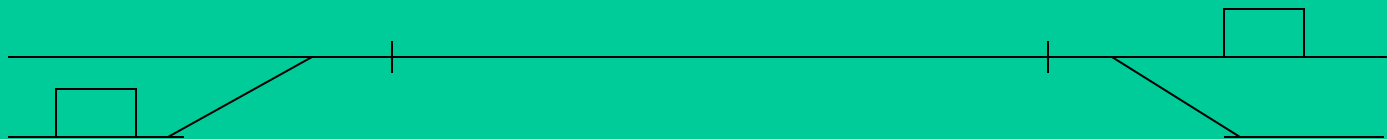
- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



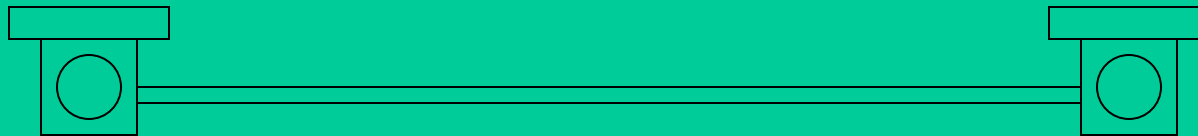
## Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



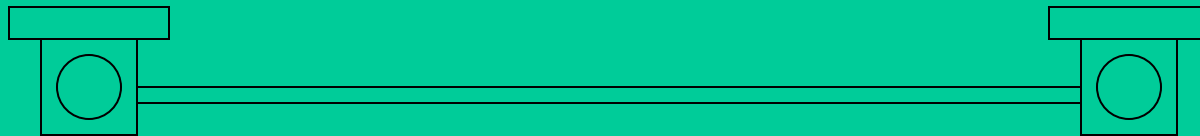
## Движение по участку железной дороги

Санкт - Петербург

Царское Село



- Система с интервалом по времени
- Система полуавтоматической блокировки



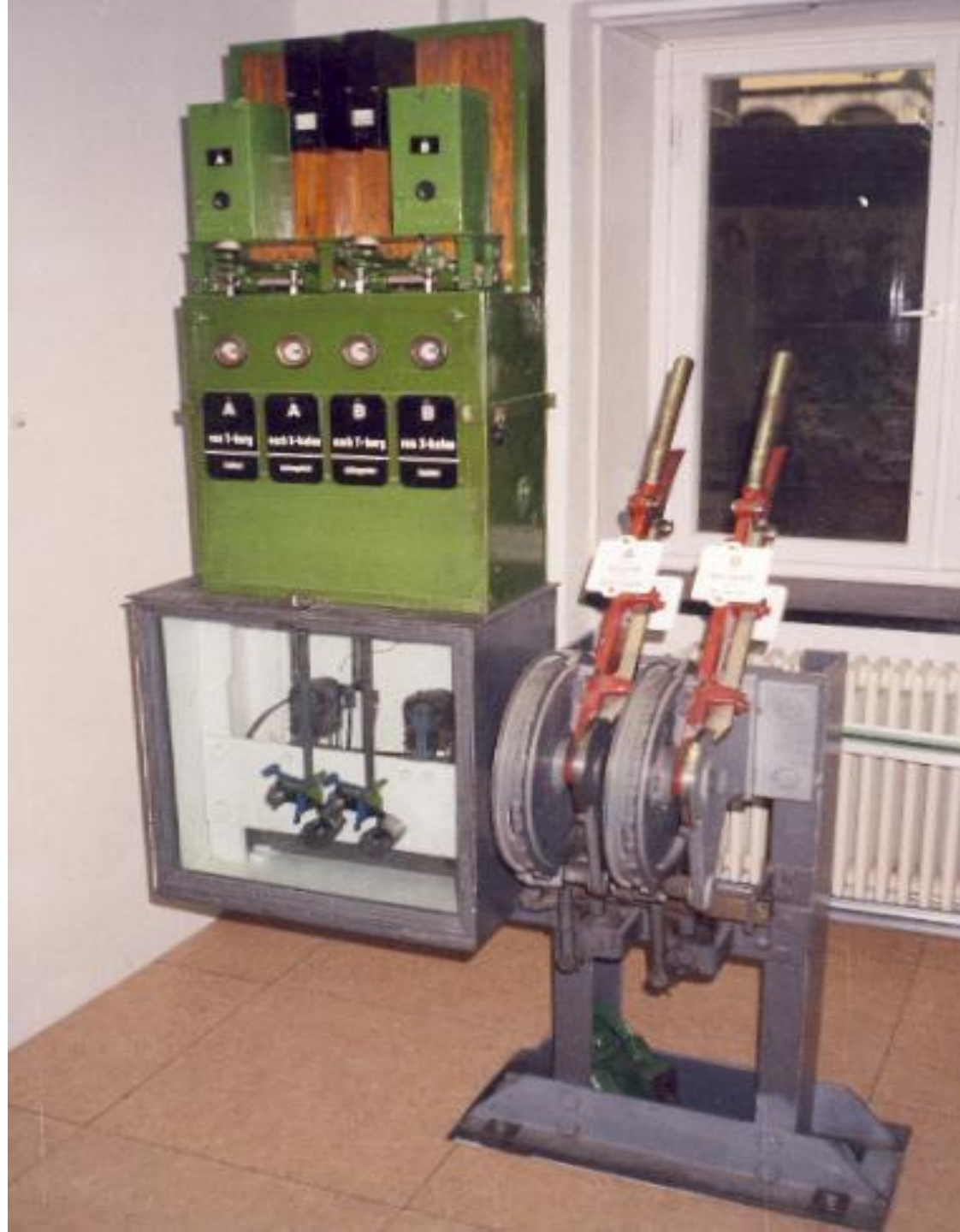














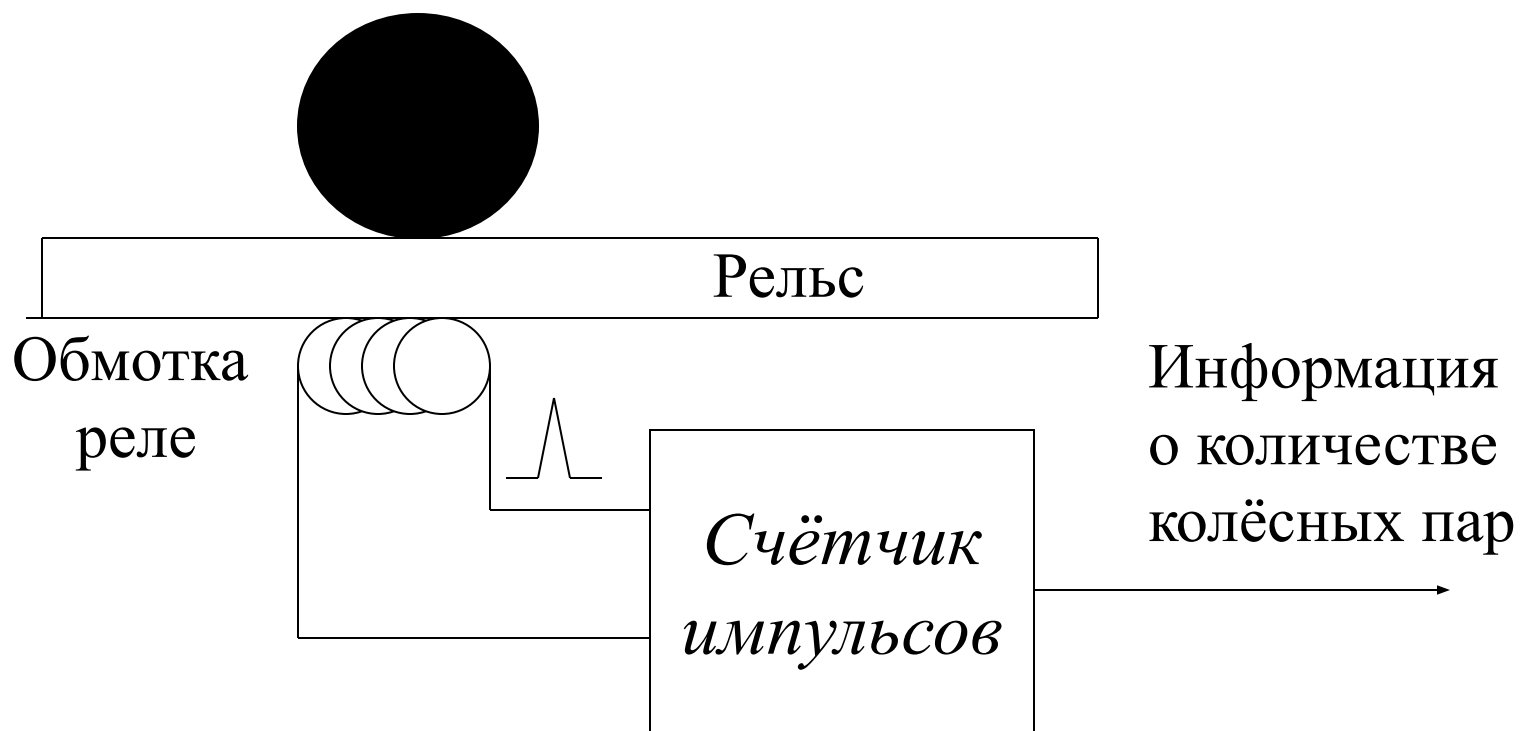




## 2. Принципы полуавтоматической блокировки (ПАБ)

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

# Система счёта осей

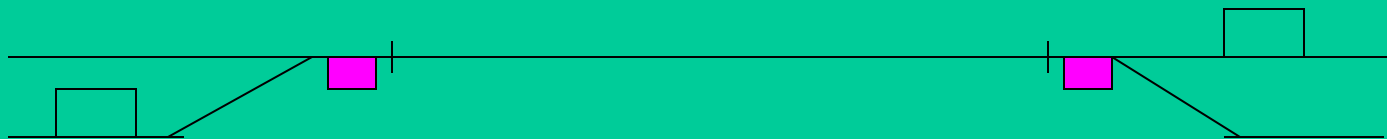




## Движение по участку железной дороги

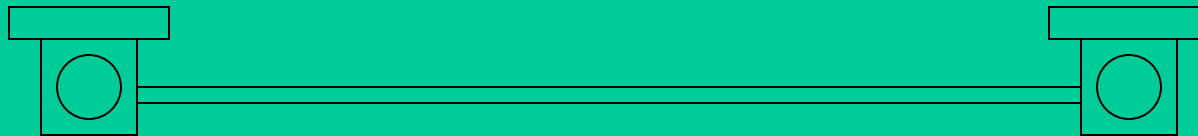
Санкт - Петербург

Царское Село



- Система полуавтоматической блокировки с системой счёта осей

■ Устройство для счёта осей



















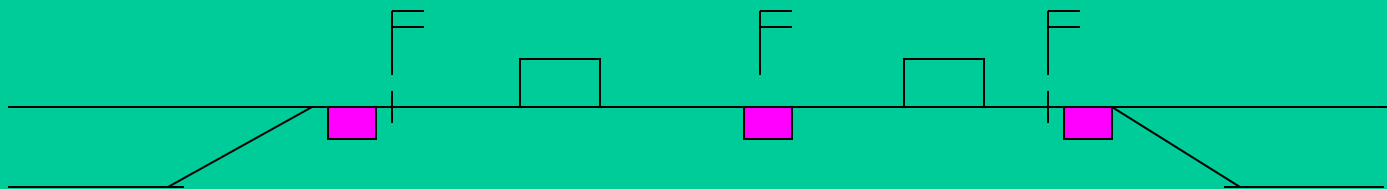
# Недостатки ПАБ

- *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

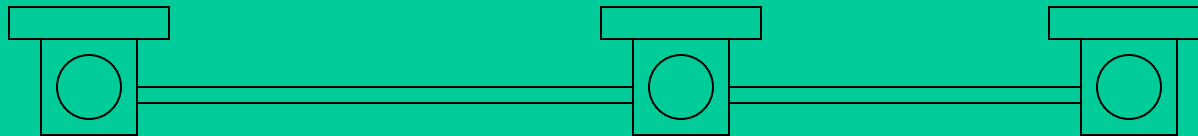
Санкт - Петербург

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)

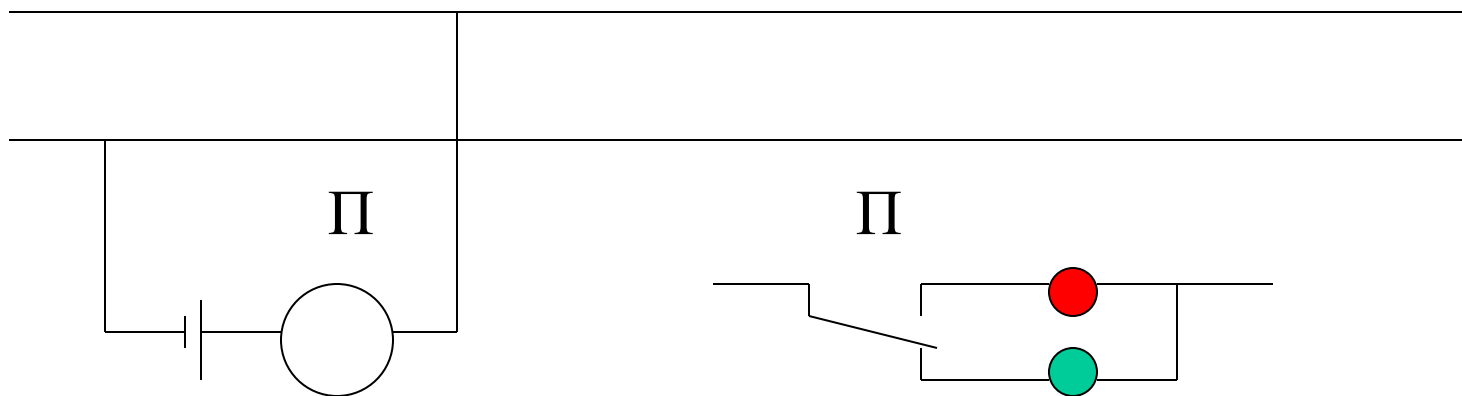
Вместо головного мозга дежурного используется дешифраторная ячейка (БС-ДА, БИ-ДА, БК-ДА)

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

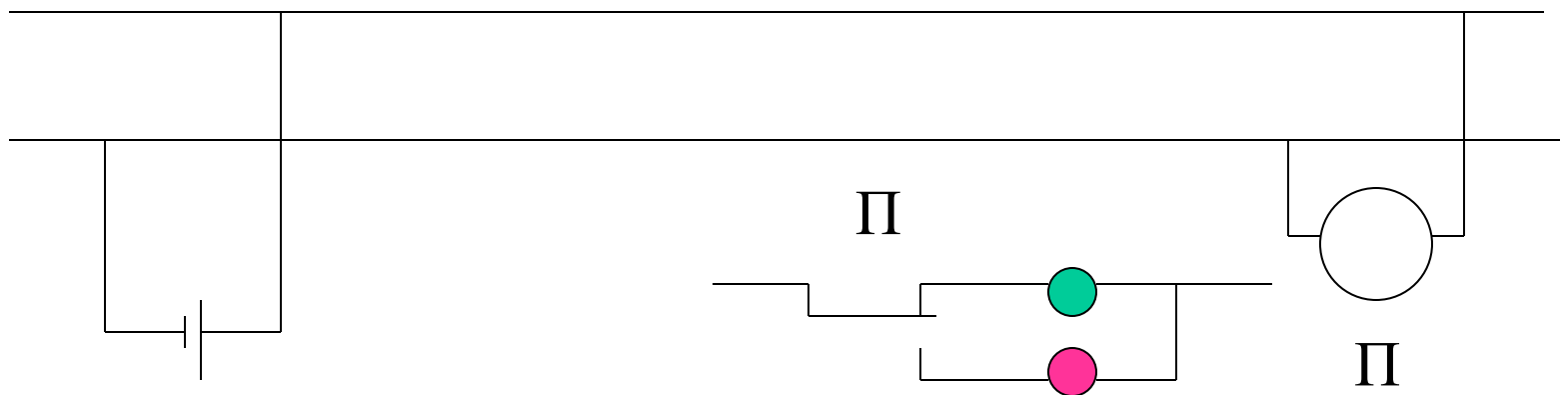
## • Недостатки

## нормально разомкнутой РЦ

- Вероятность появления опасных отказов

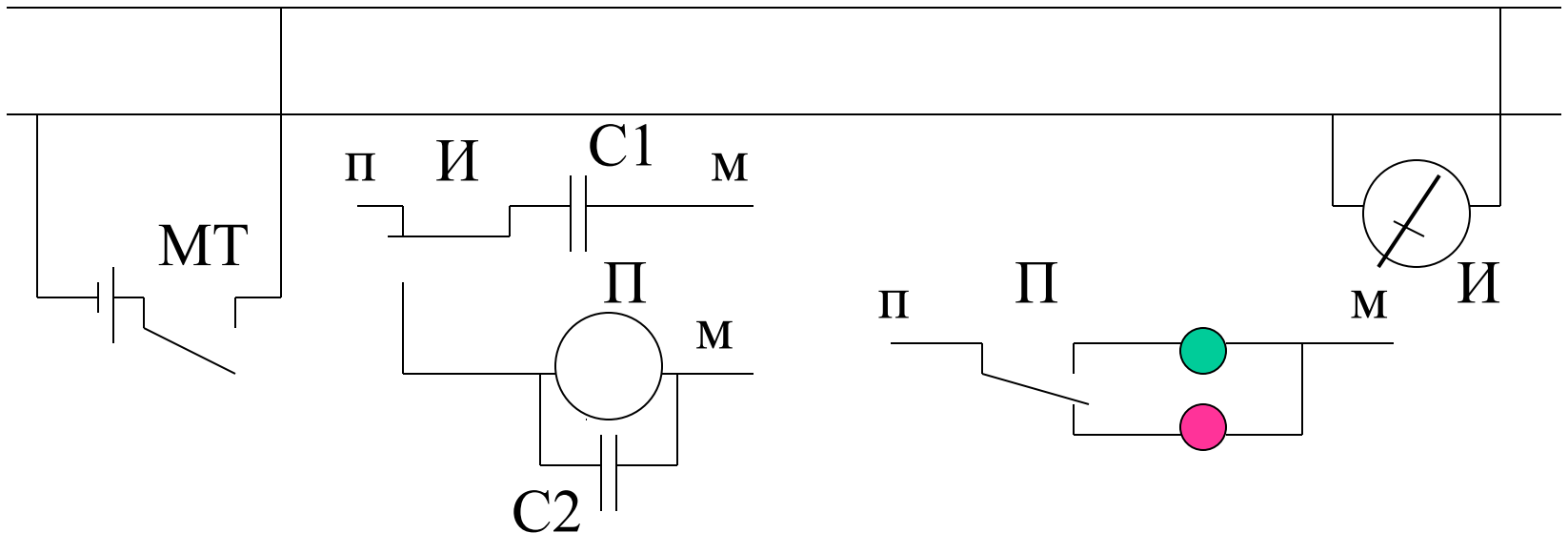
# Нормальнозамкнутая РЦ

- 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





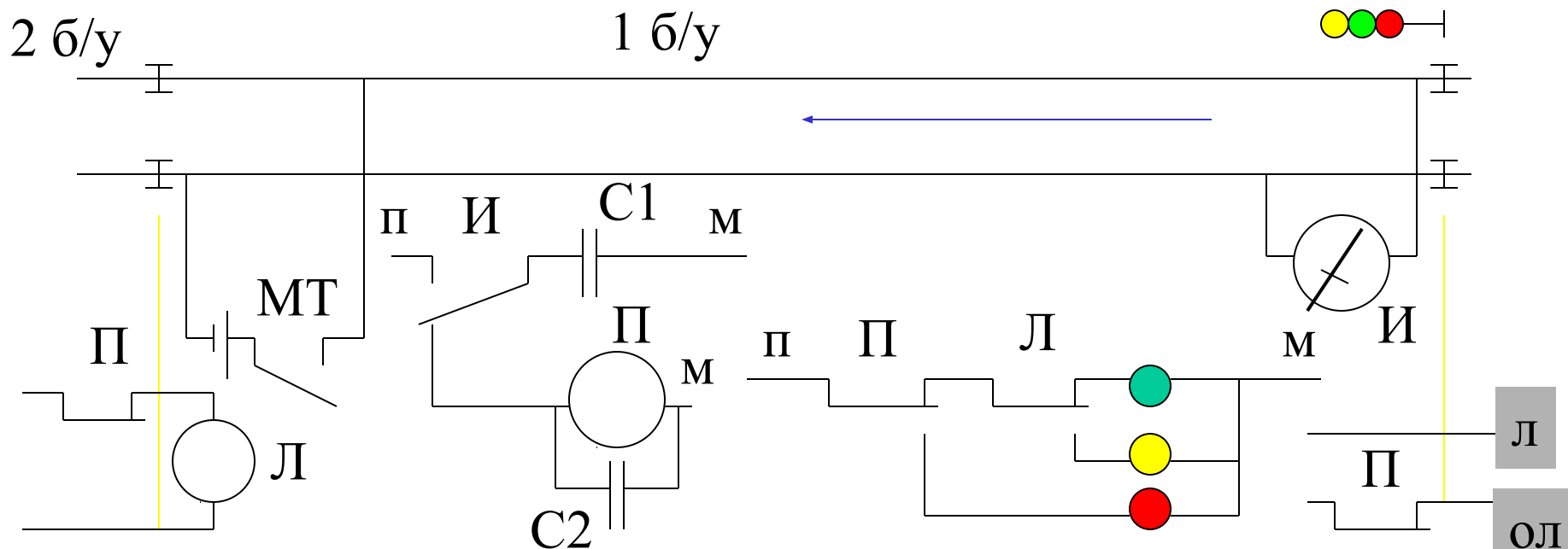
# Необходимость совершенствования РЦ на перегоне

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)

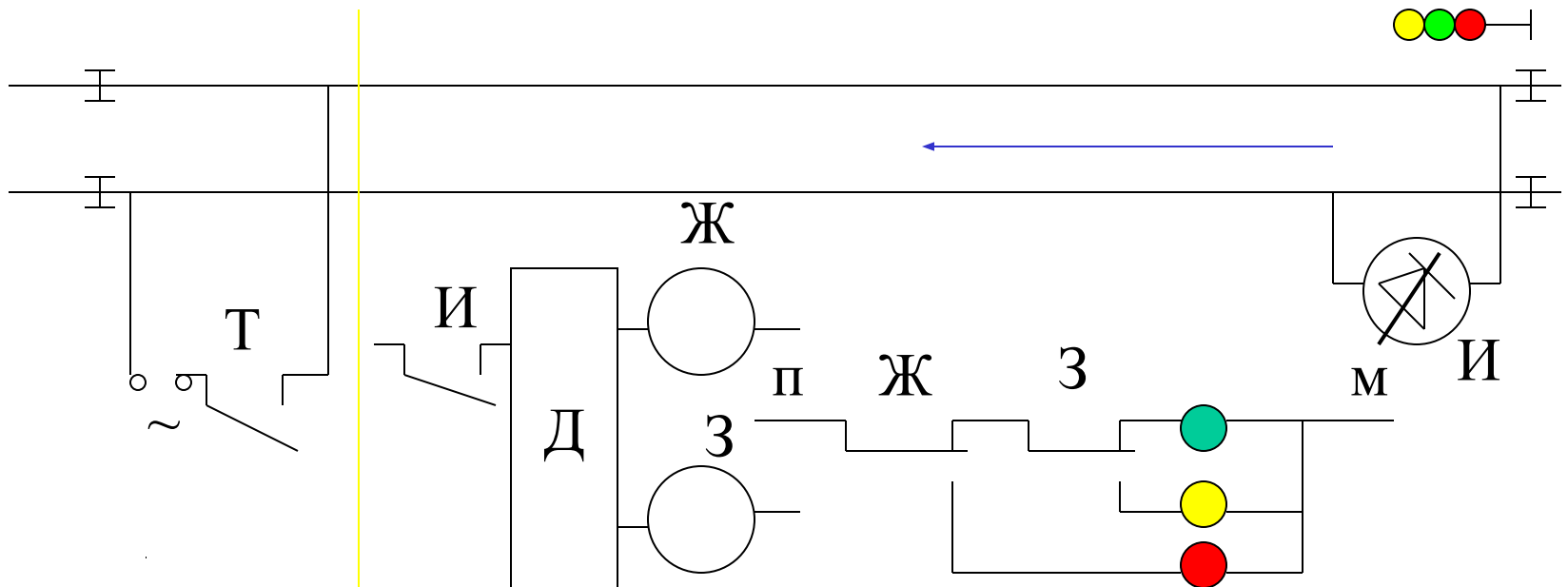
# Импульсно-проводная АБ (АБП)

- По двум проводам *Л-ОЛ* передается 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

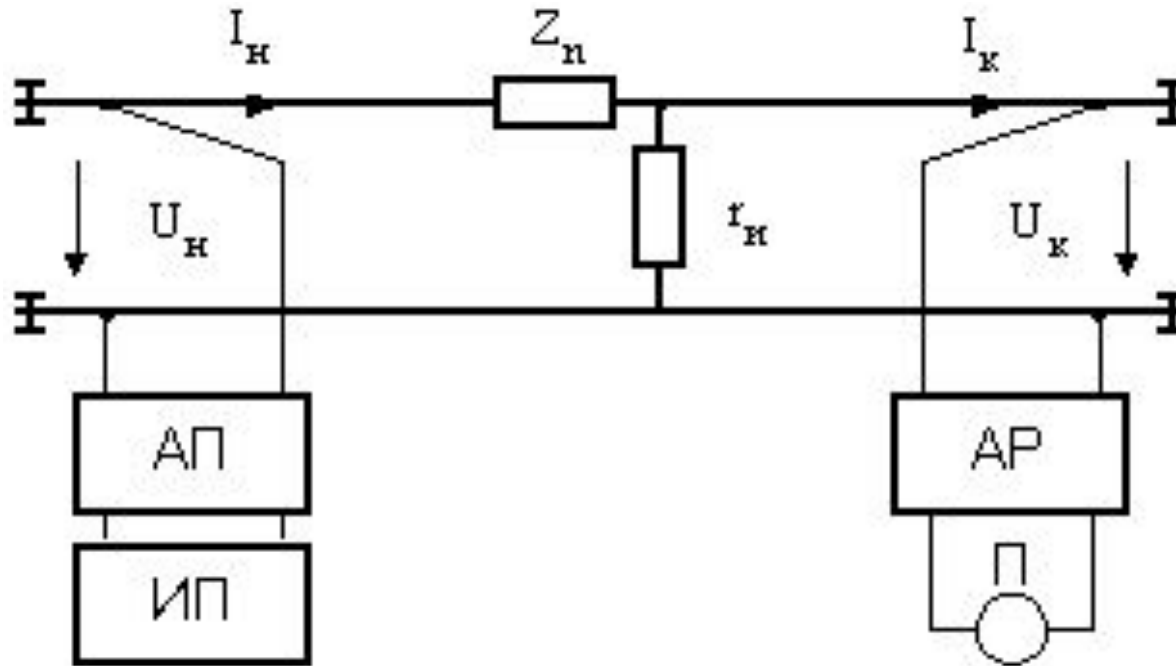
Дополнительно

- Режим АЛС

- Режим КЗ

# Первичные параметры РЦ

Структурная схема РЦ



$Z_{\text{п}}$  – сопротивление рельсов

$r_{\text{и}}$  – сопротивление изоляции

$U_{\text{н}}$  – Напряжение в начале РЦ

$I_{\text{н}}$  – Ток в начале РЦ

$U_{\text{к}}$  – Напряжение в конце РЦ

$I_{\text{к}}$  – 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	$\varphi$	R	$\varphi$	R	$\varphi$	R	$\varphi$
0,5	52	0,8	65	4,9	79	5,4	80

# Первичные параметры РЦ

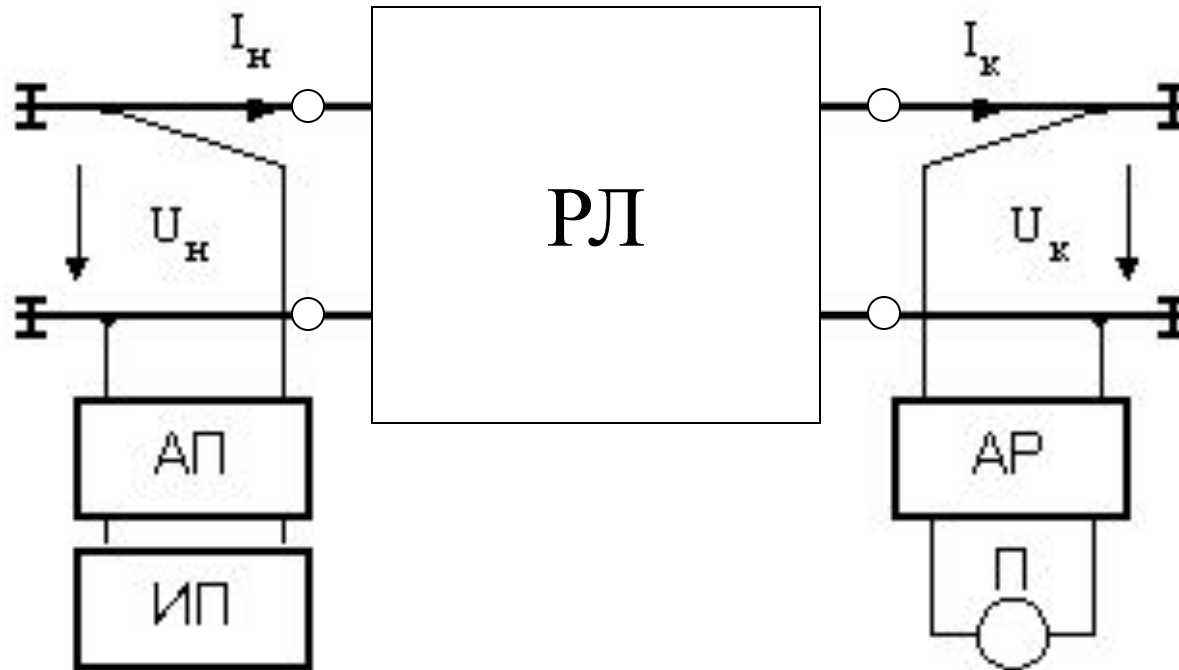
Многолетним опытом эксплуатации РЦ установлено, что при слабом загрязнении поверхности и старых деревянных шпалах минимальные удельные сопротивления изоляции (одного километра рельсовой линии) находятся в следующих пределах:

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

Зависимость $r_{и}$ 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

$\gamma$  – коэффициент распространения волны

# Вторичные параметры РЦ

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

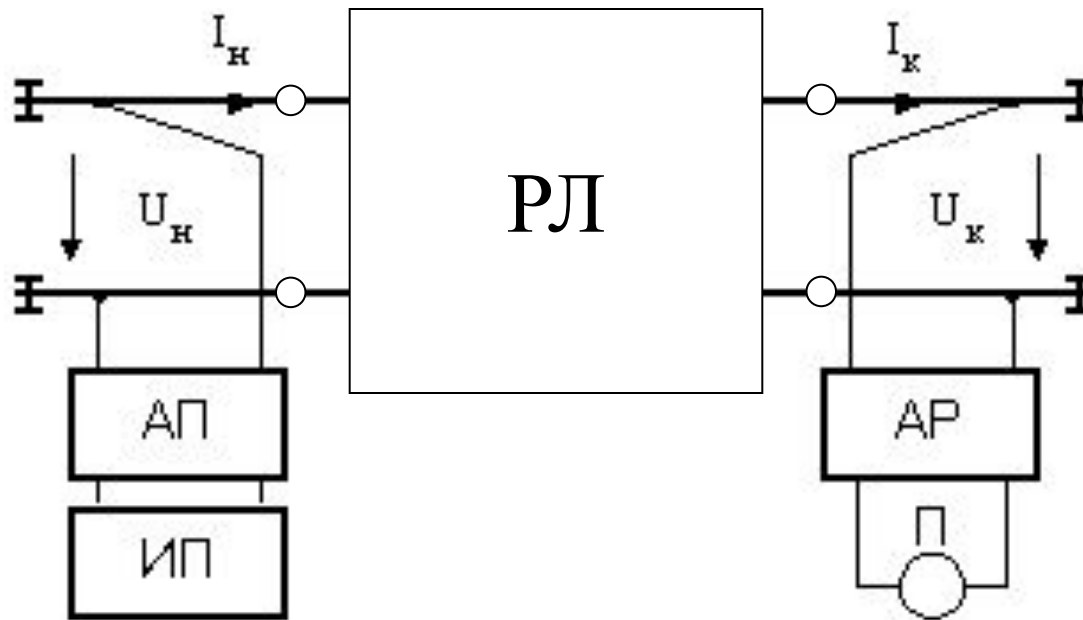
Для конкретного типа рельсовой цепи величины  $U_K$  и  $I_K$  являются известными величинами.

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



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

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

# 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  $0,06 \text{ Ом}$  (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

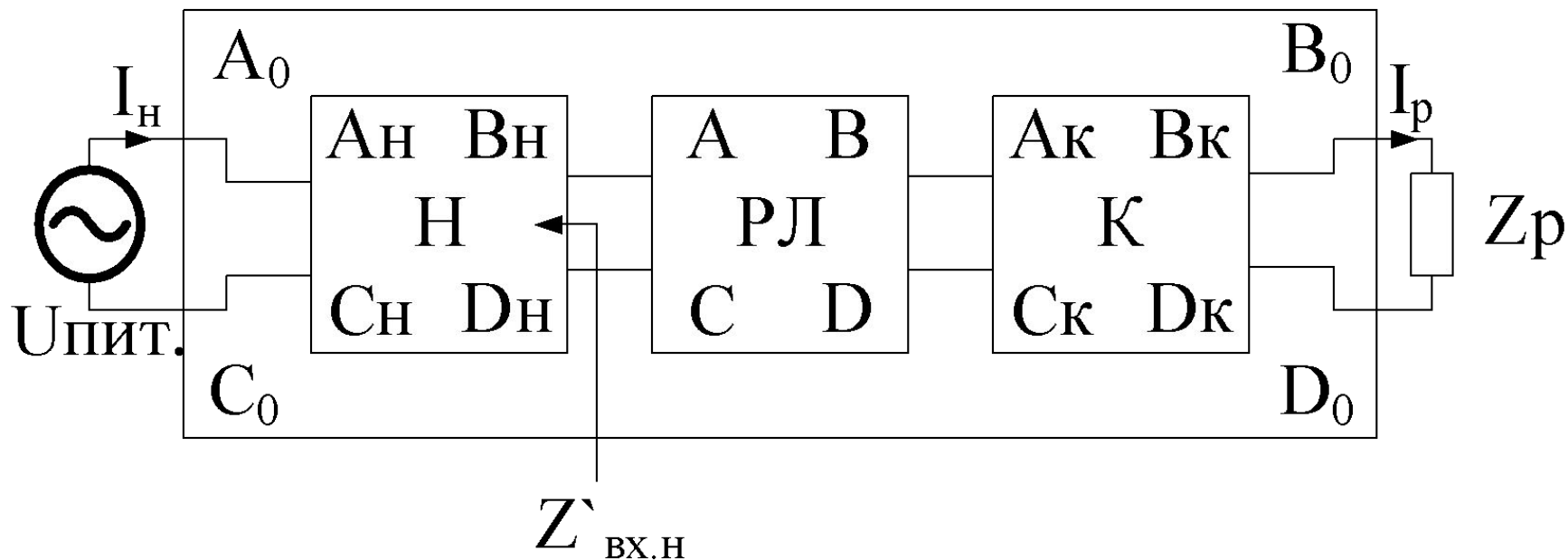


# Наихудшие условия

Режим	$Z_P$	$r_{и}$	$U_{пит.}$
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



$$Z_{вх} = U_{н} / I_{н} = (AU_{к} + BI_{к}) / (CU_{к} + DI_{к})$$

# 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  $K_{\text{пер}}$ .

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

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

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

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

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

# Расчет шунтового режима

Существует два основных критерия шунтового режима работы РЦ:

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

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

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

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

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

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



# 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.

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

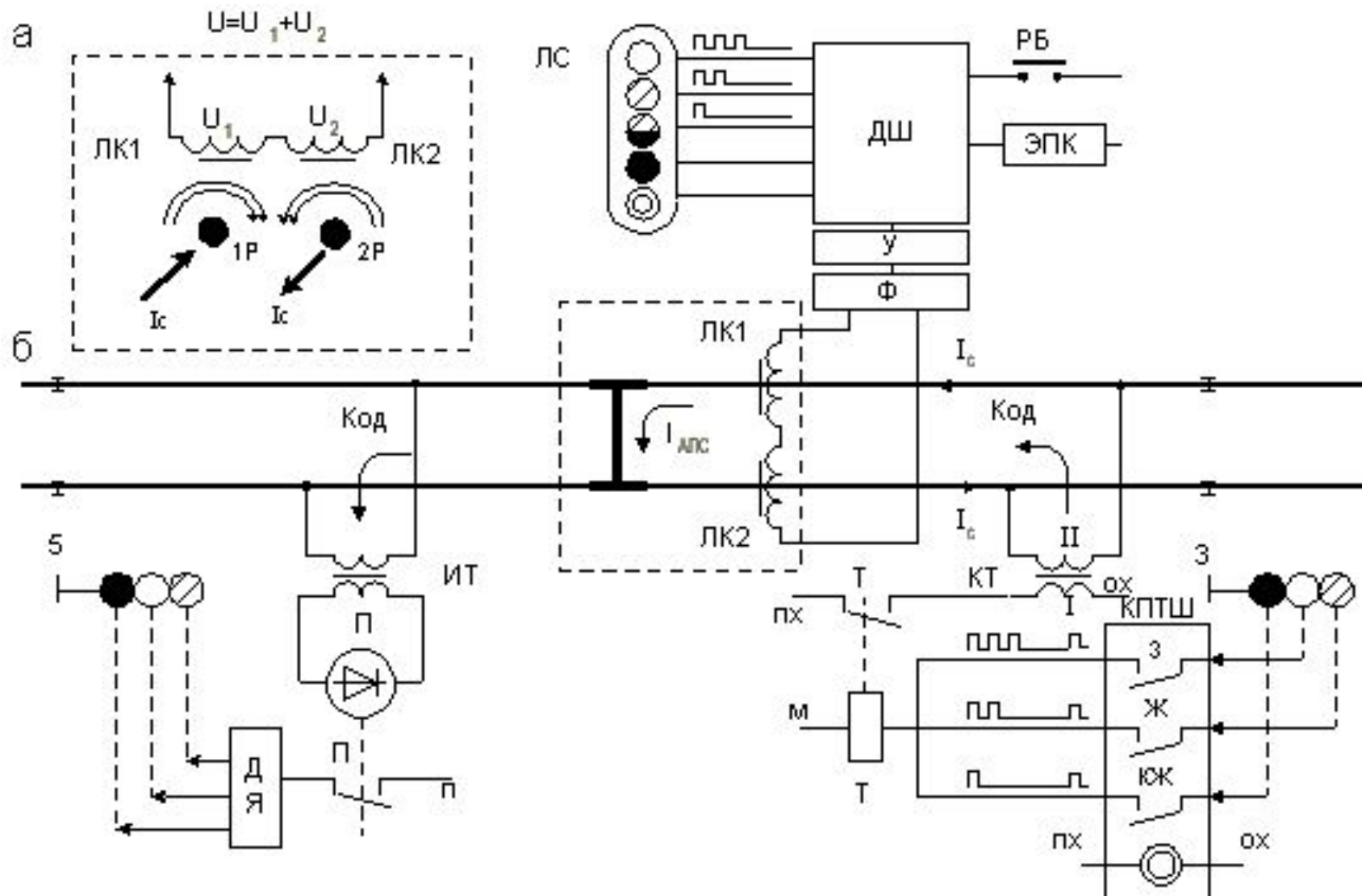
$U_{\text{ф.мин}}$  – минимальное фактическое напряжение в конце РЛ

$Z_{\text{пк}}$  – 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 однопниточные, когда тяговый ток протекает только по одной рельсовой нити.

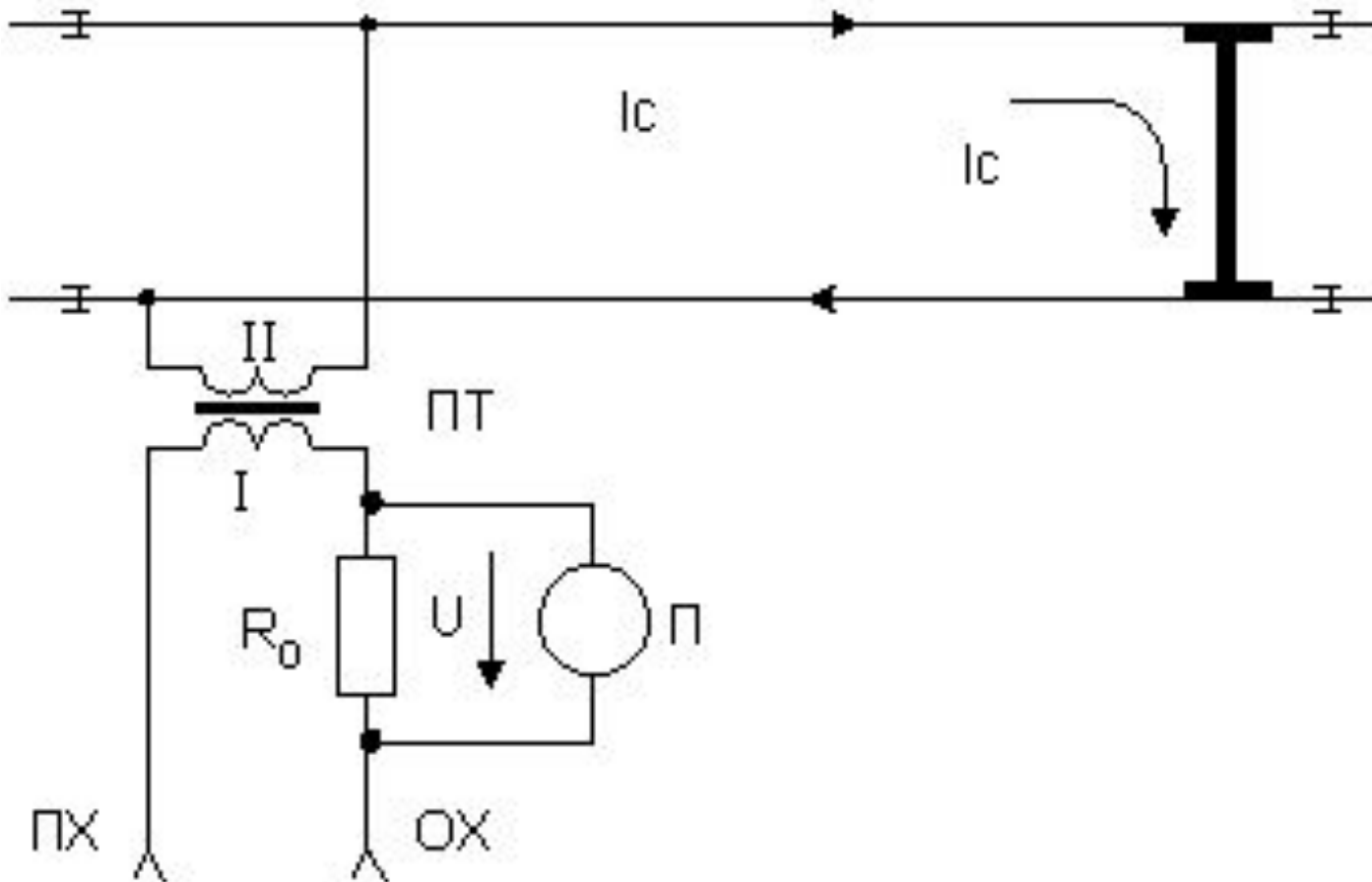
По месту применения РЦ подразделяются на неразветвленные, которыми оборудуются неразветвленные участки пути, и разветвленные, ими оборудуются участки пути, имеющие стрелочные переводы.

# Классификация и схемы РЦ

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

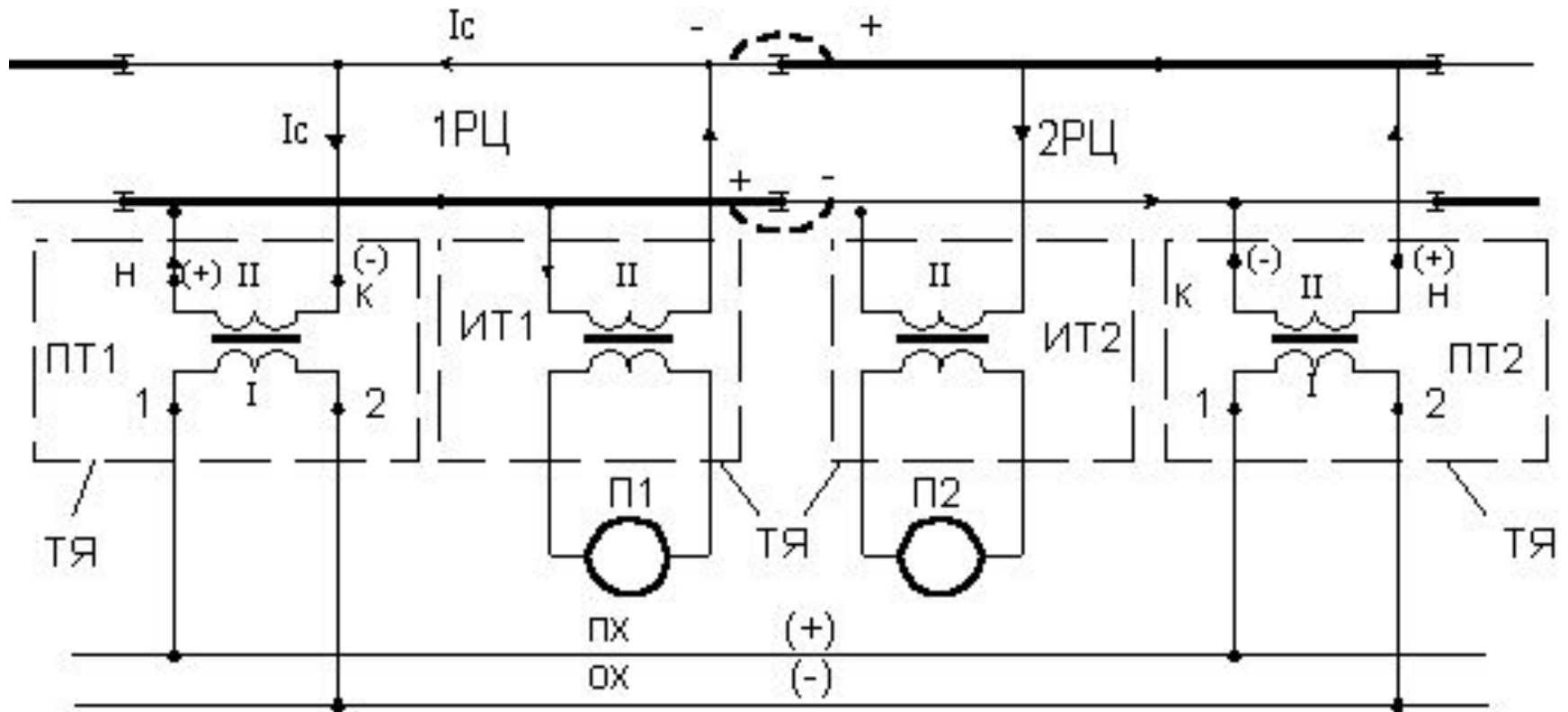
По типу применяемой аппаратуры РЦ подразделяют: на РЦ с электромагнитными путевыми приемниками (одноэлементными и двухэлементными); электронные; микропроцессорные.

# Классификация и схемы РЦ



**Нормально разомкнутая рельсовая цепь**

# Классификация и схемы РЦ



Нормально замкнутые релейные цепи

# Классификация и схемы РЦ

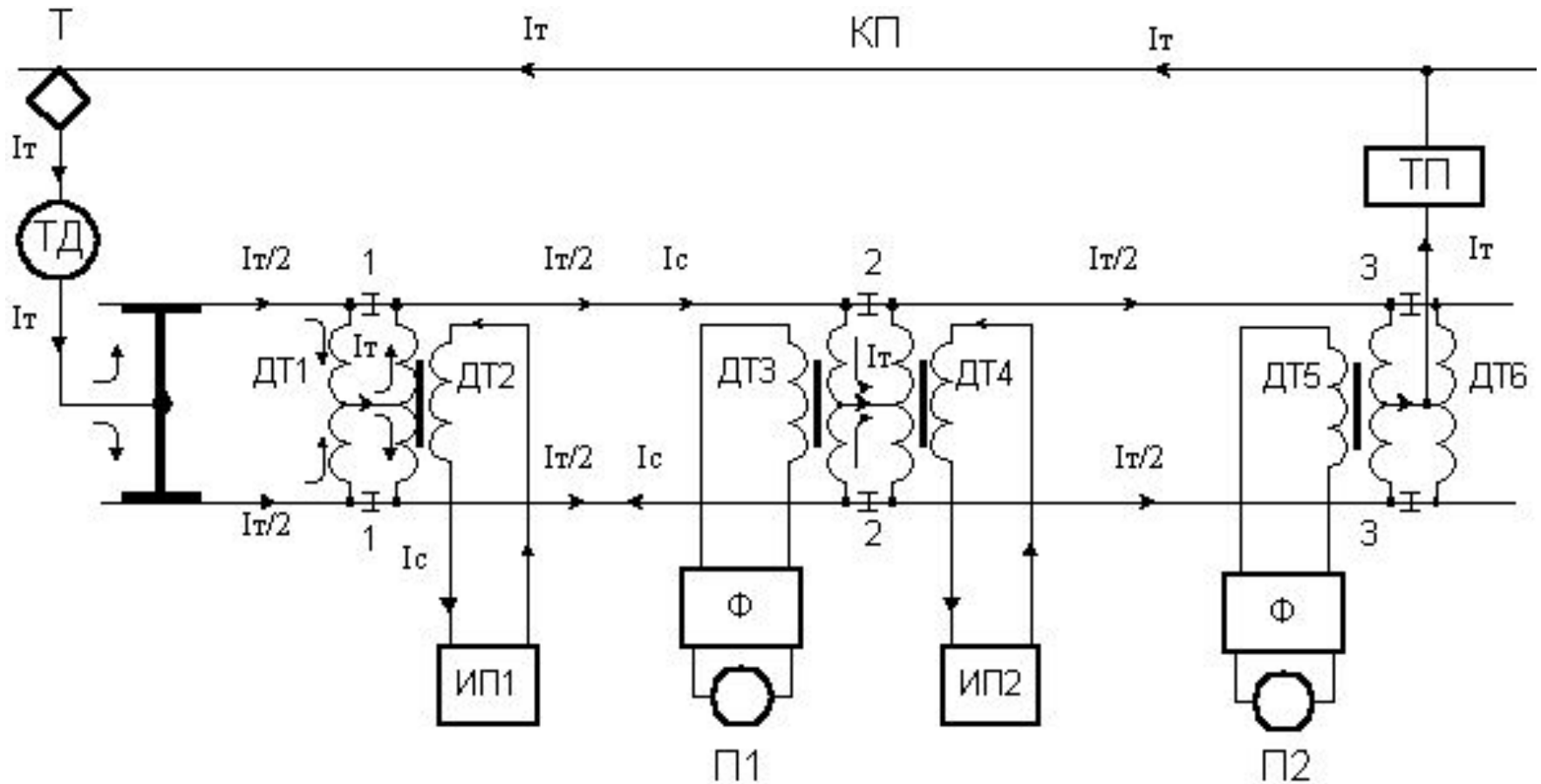
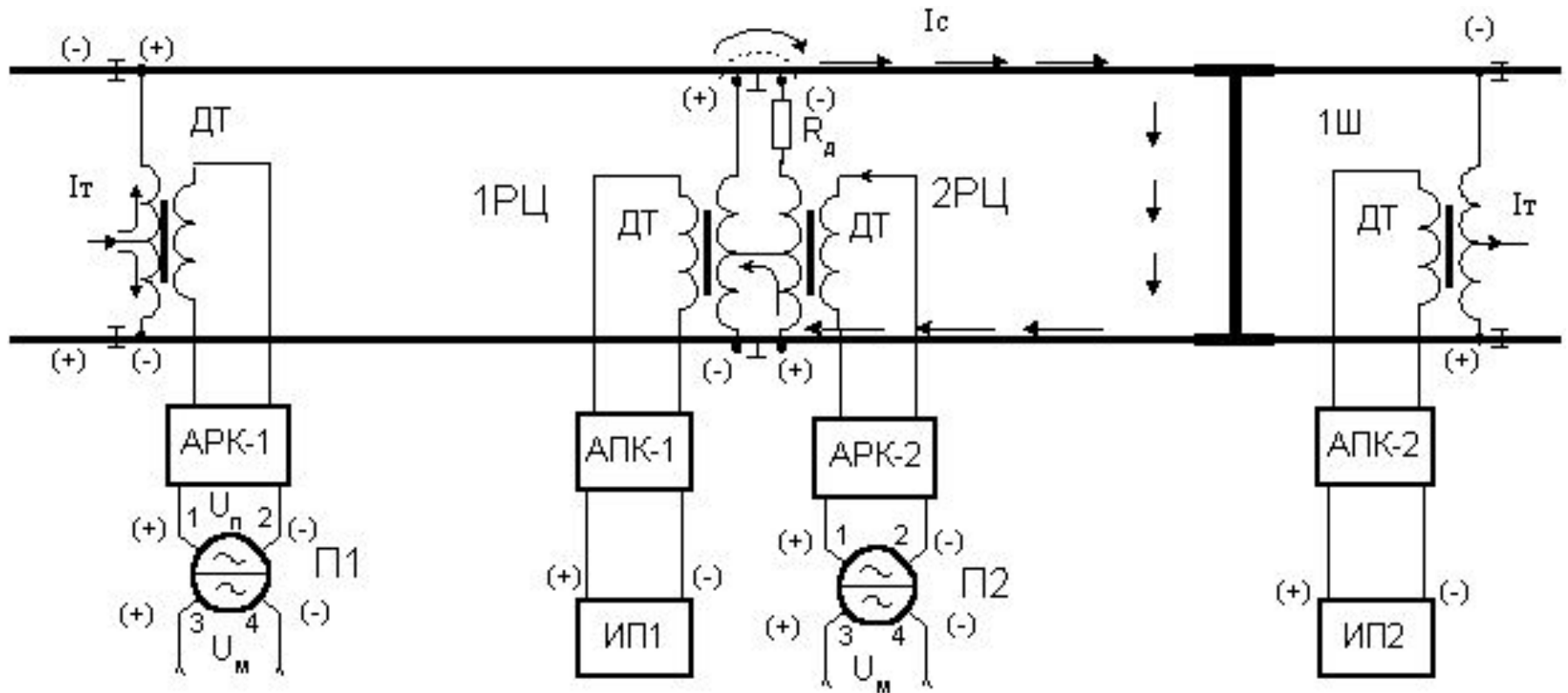


Схема простейшей двухниточной рельсовой цепи с дроссель-трансформаторами

# Классификация и схемы РЦ



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

# Классификация и схемы РЦ

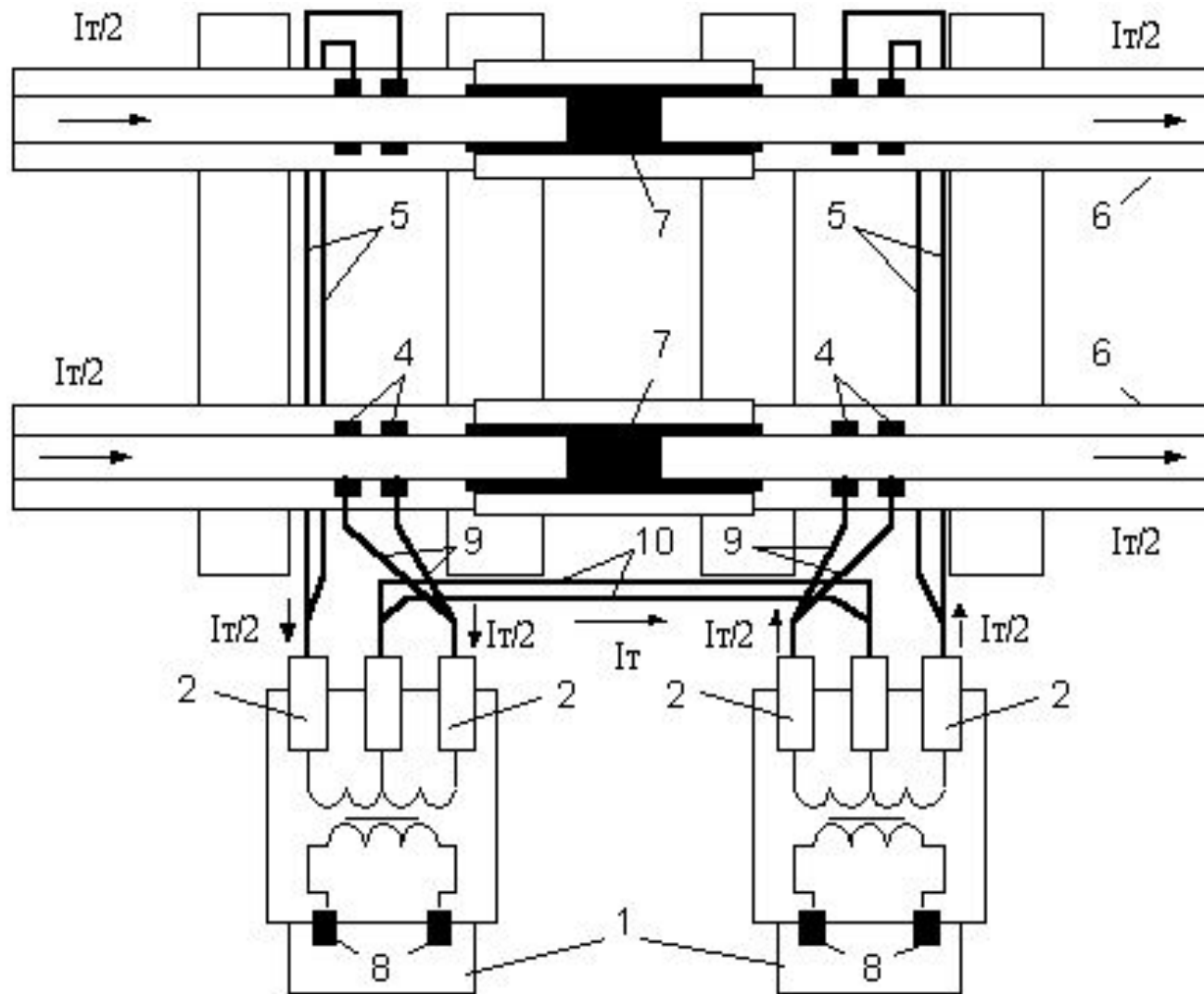
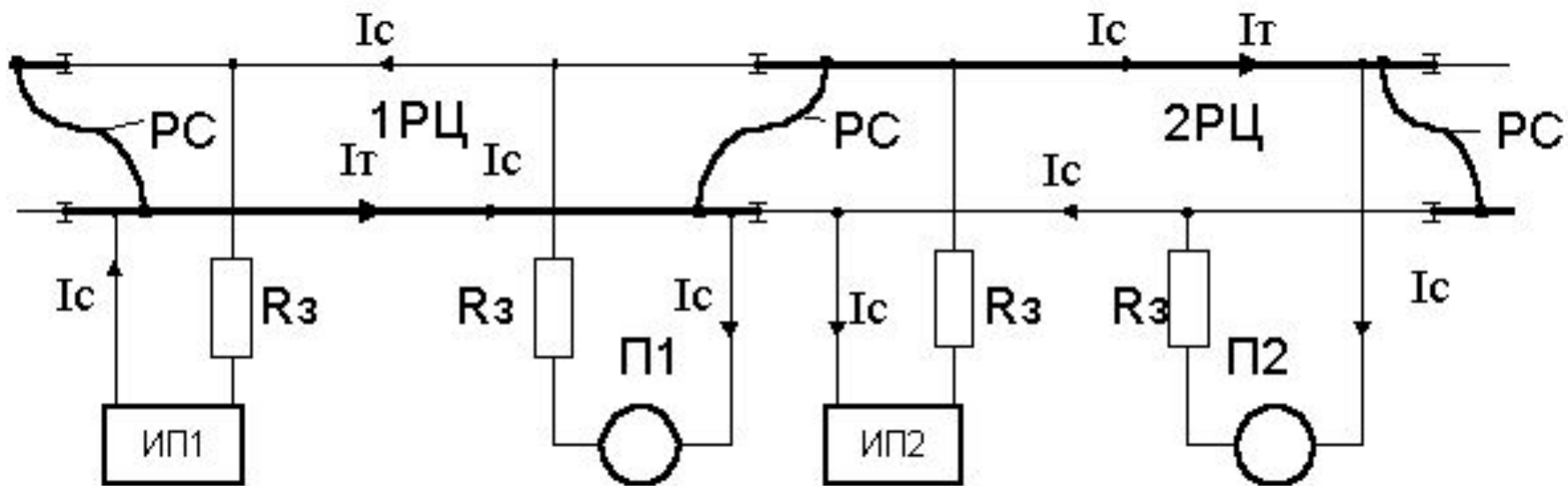


Схема установки и подключения ДТ к рельсам



# Классификация и схемы РЦ



Схемы однониточных рельсовых цепей

# Классификация и схемы РЦ

## Разветвленные рельсовые цепи

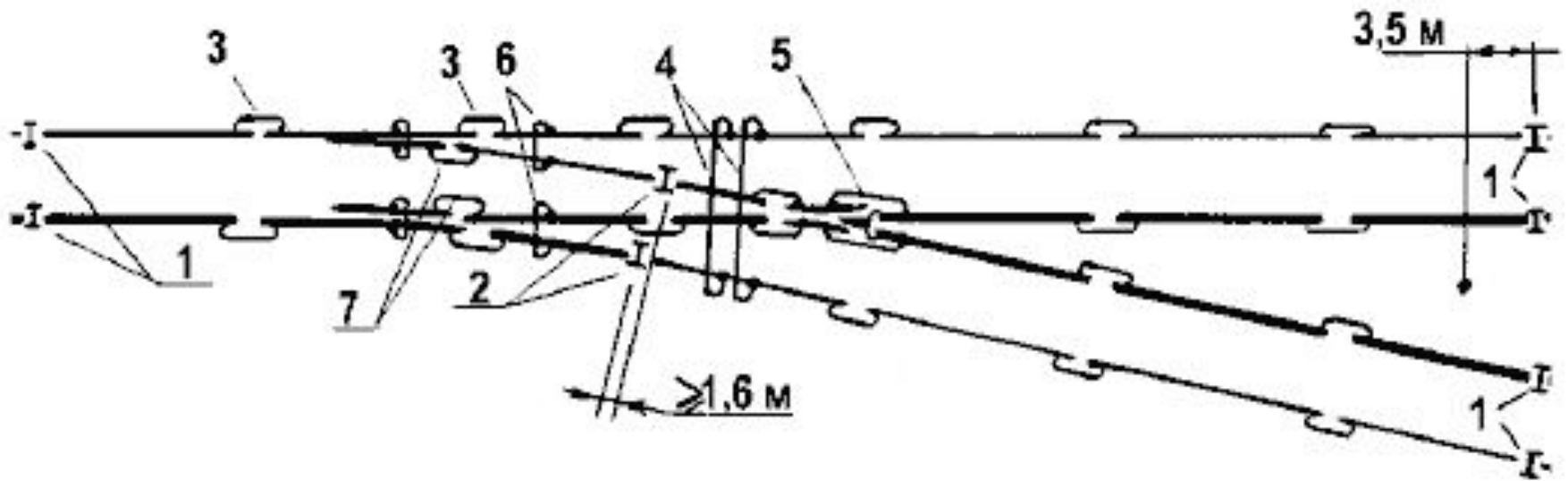
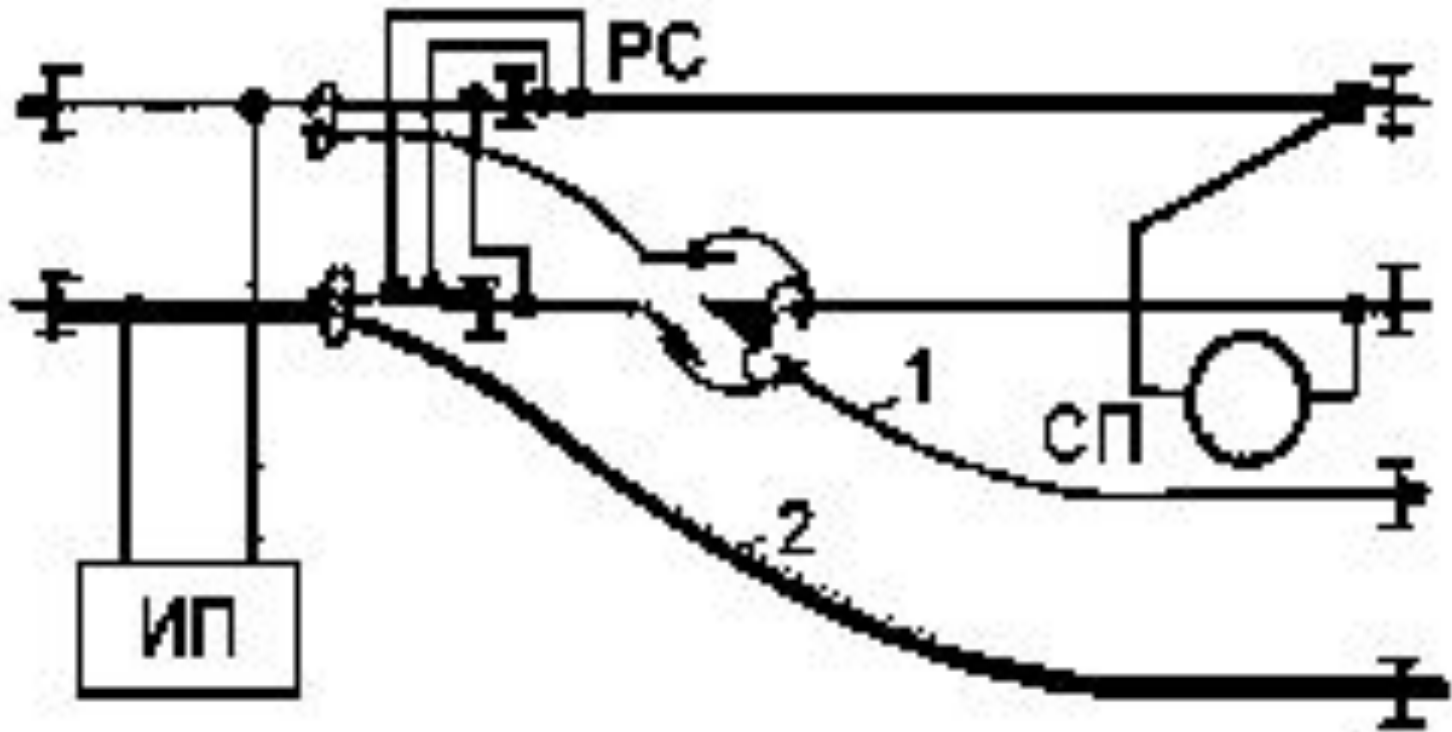


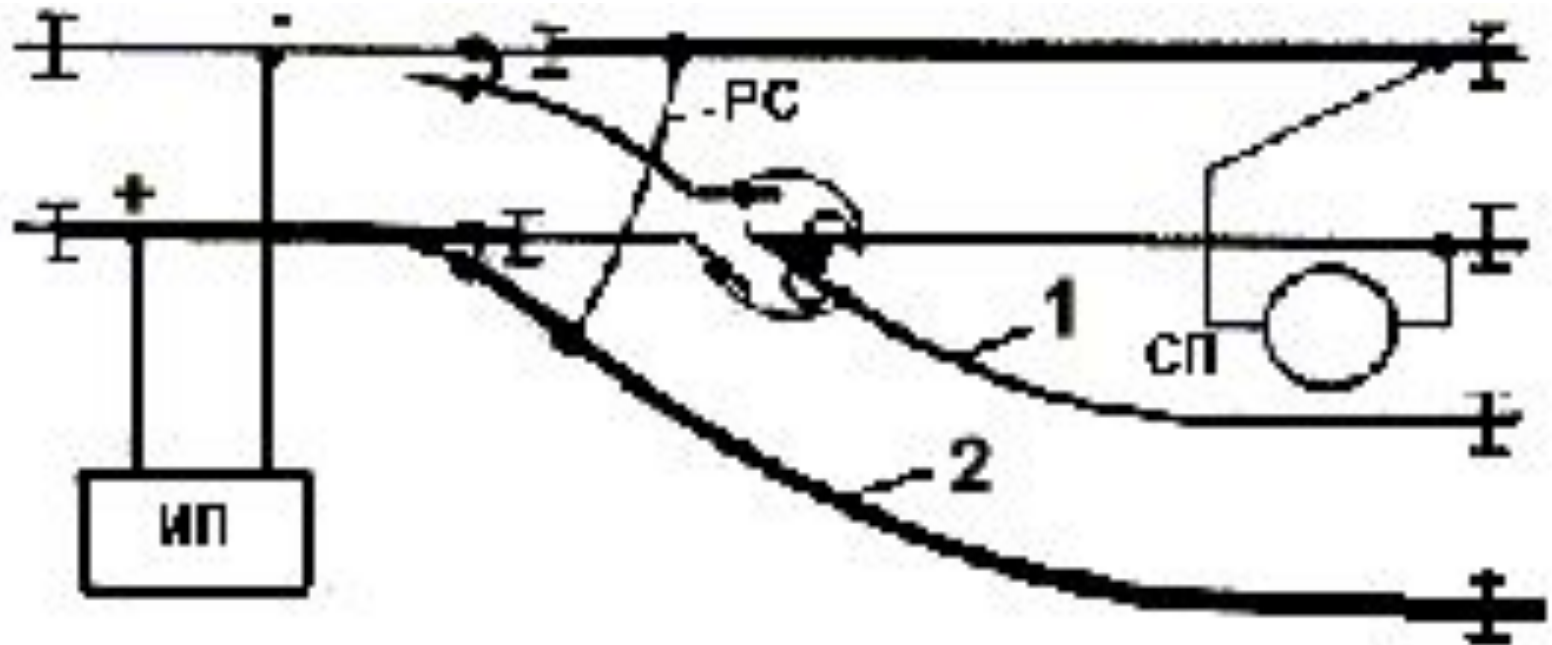
Схема установки изолирующих стыков и соединителей

# Классификация и схемы РЦ



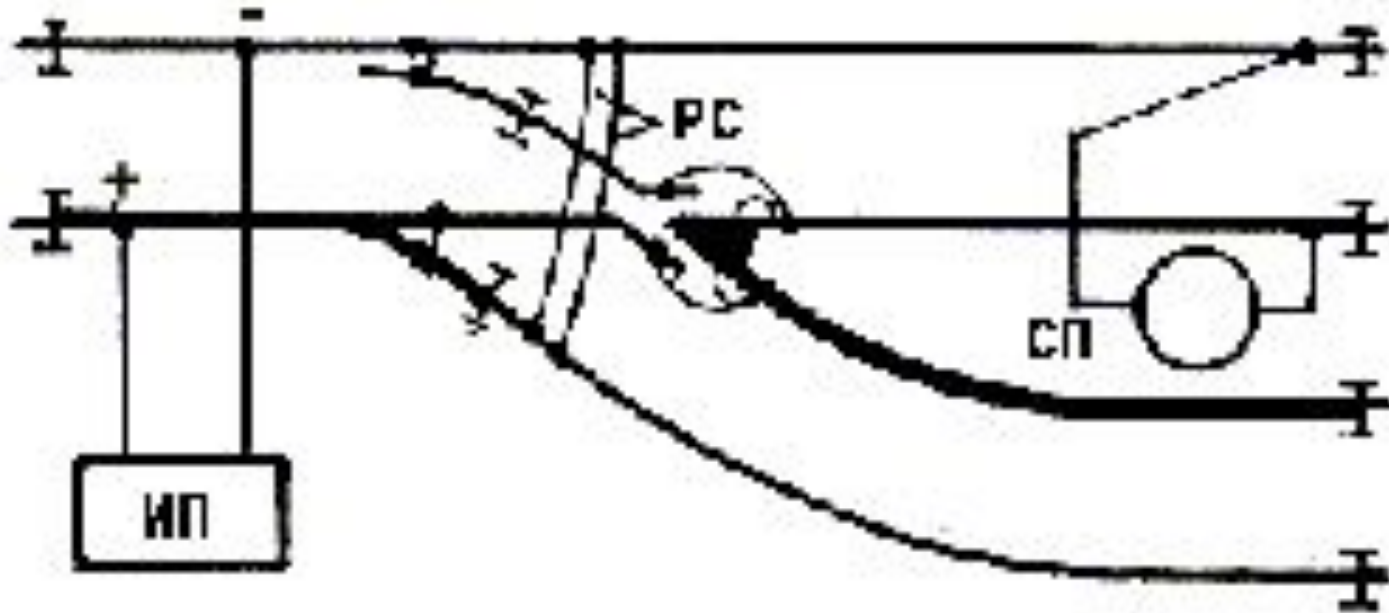
Схемы стрелочных секций

# Классификация и схемы РЦ



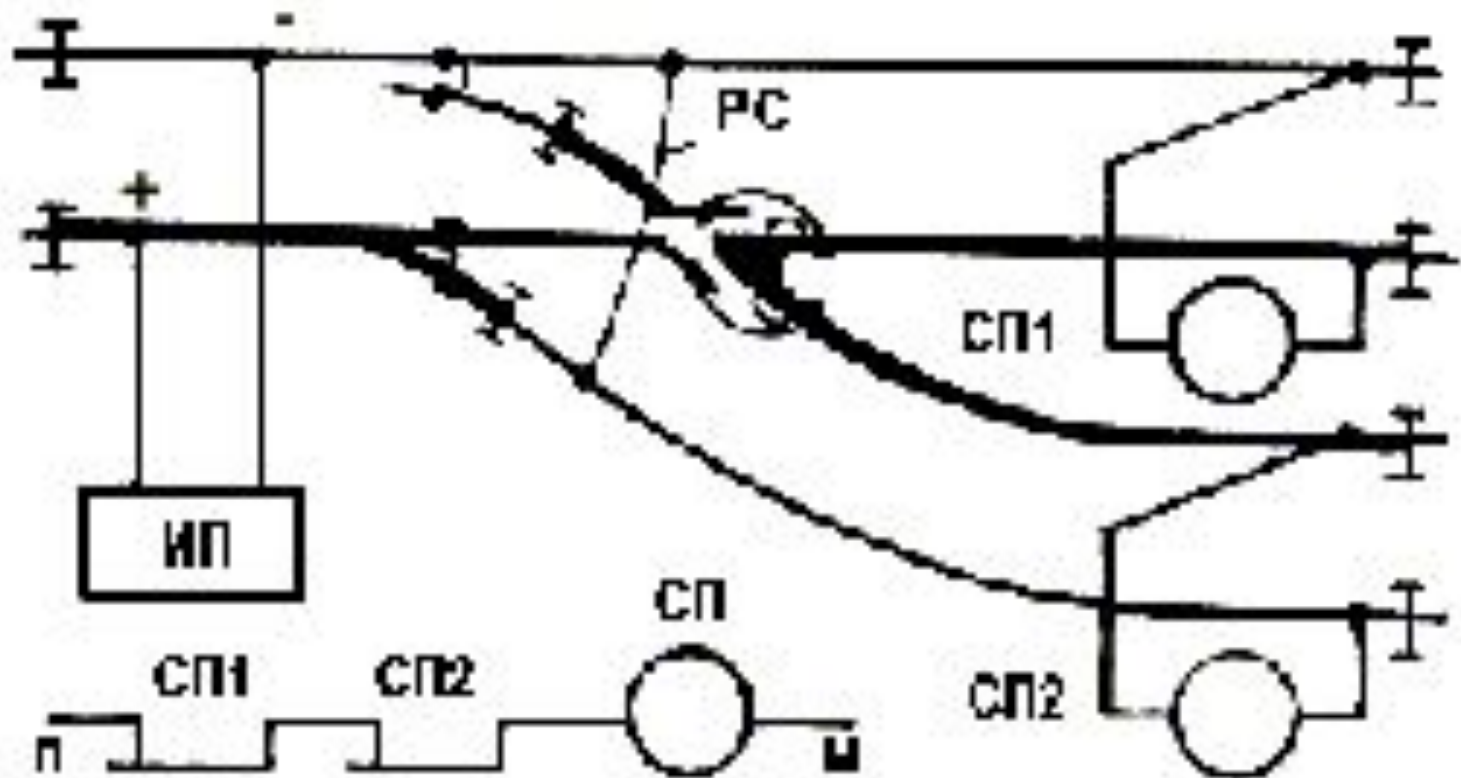
Схемы стрелочных секций

# Классификация и схемы РД



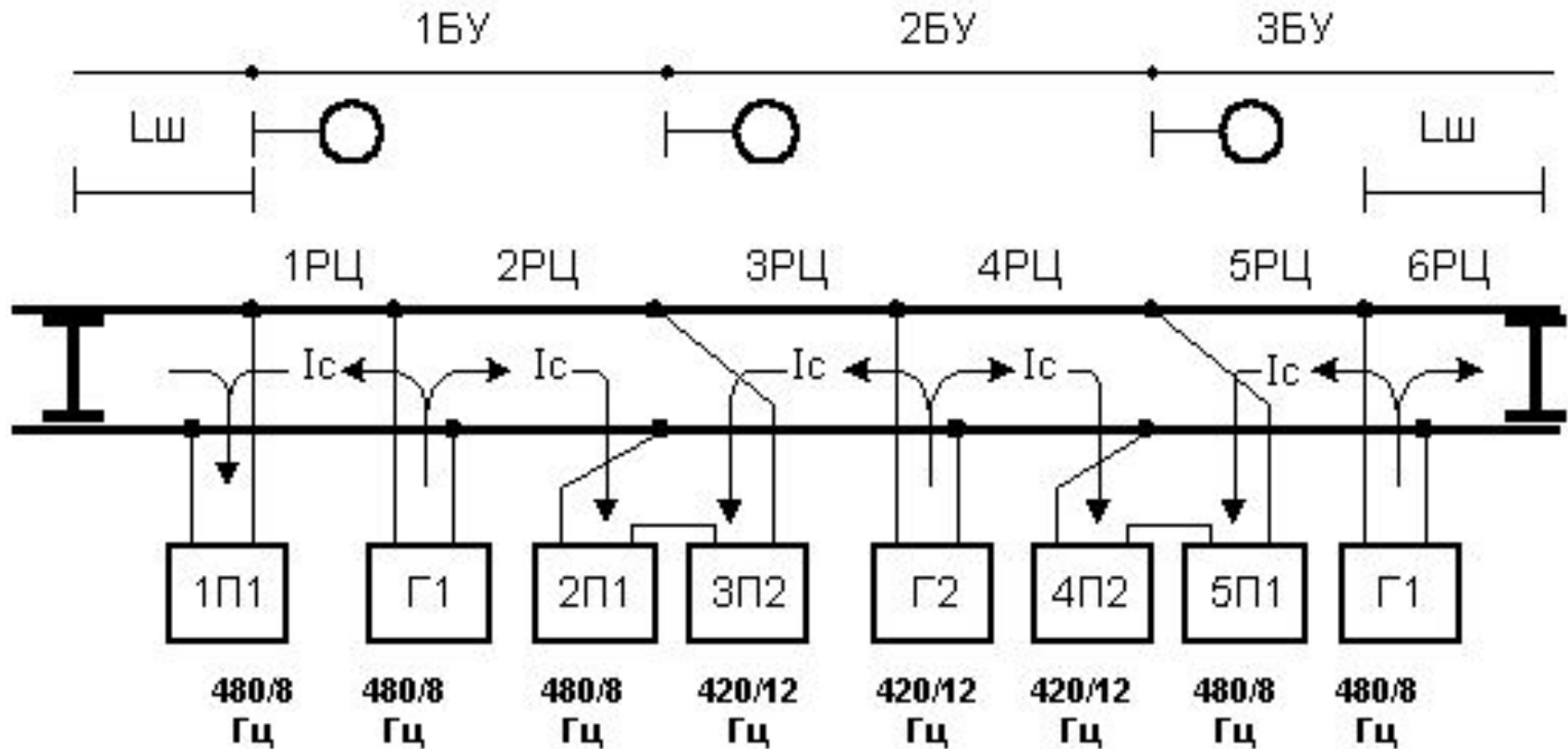
Схемы стрелочных секций

# Классификация и схемы РД



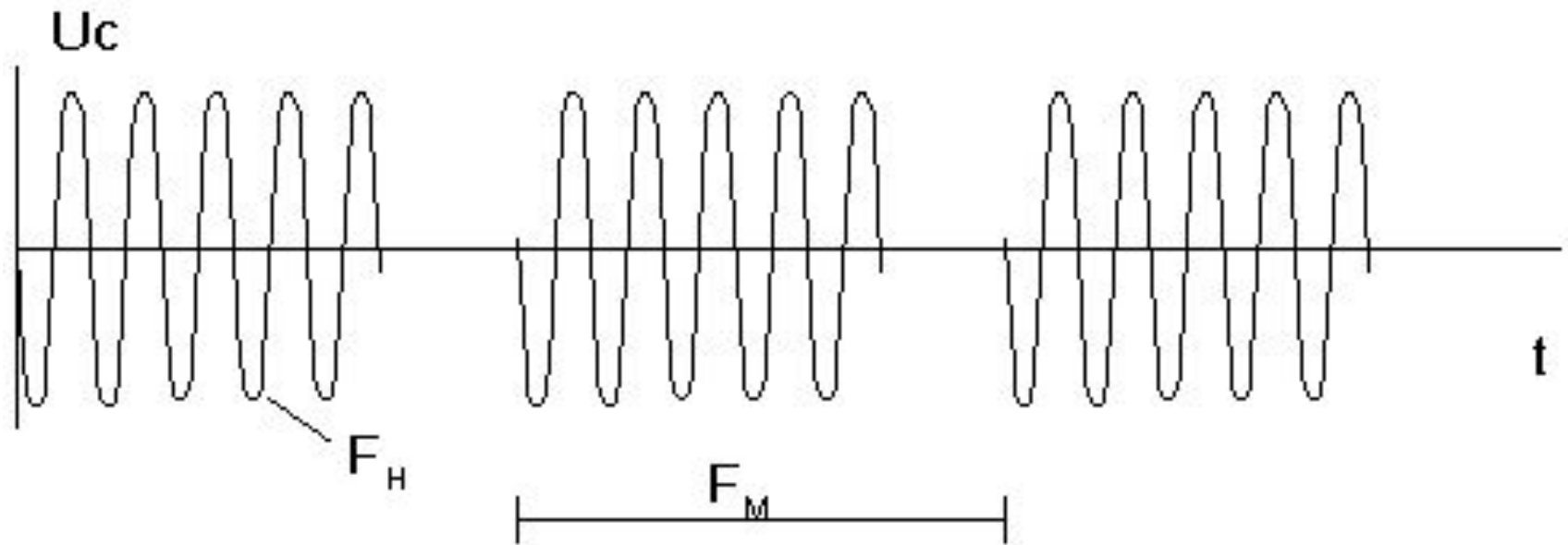
Схемы стрелочных секций

# Классификация и схемы РЦ



**Схема включения аппаратуры рельсовых цепей  
тональной частоты**

# Классификация и схемы РЦ



**Структура модулированного сигнала**



# Классификация и схемы РЦ

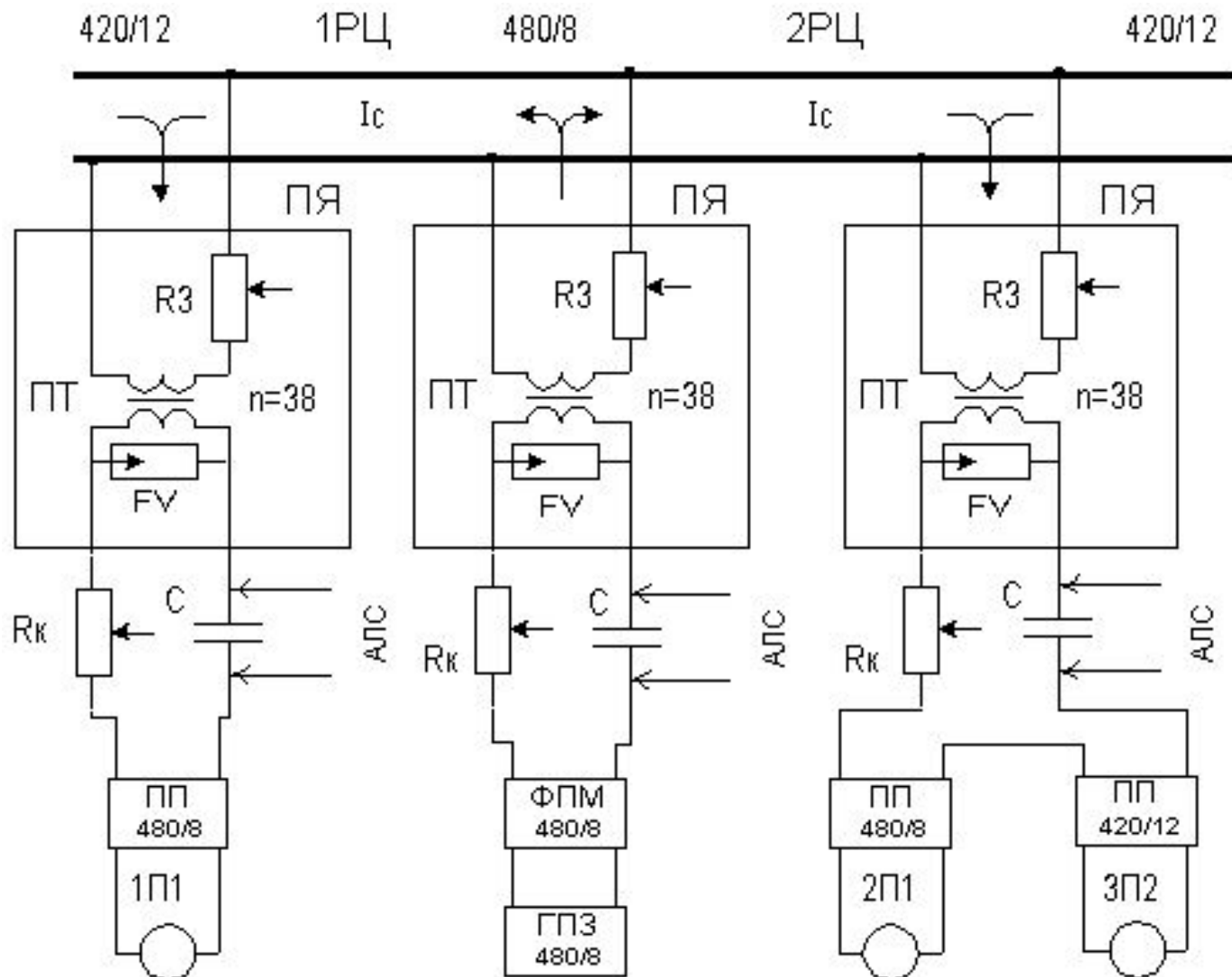
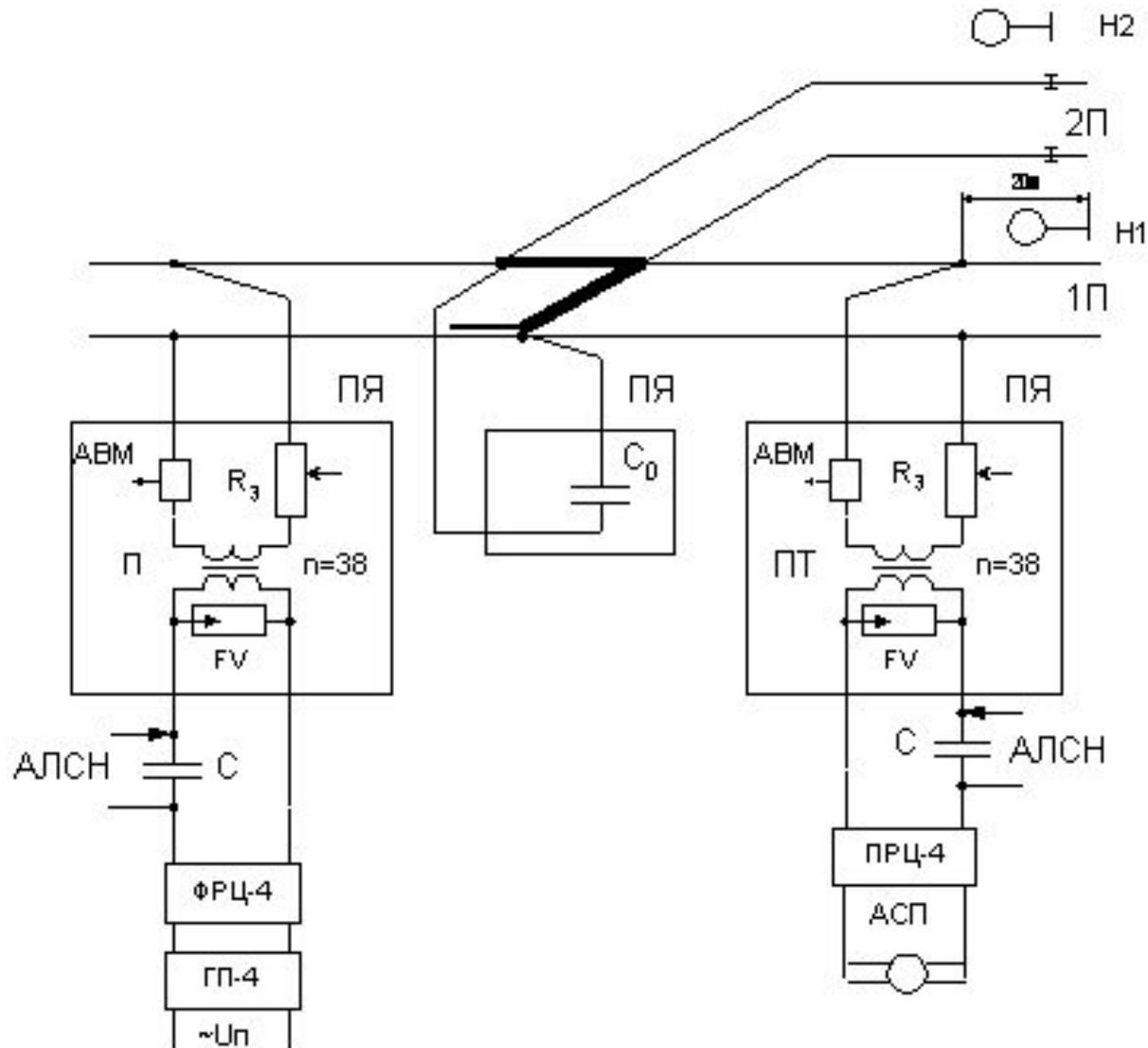


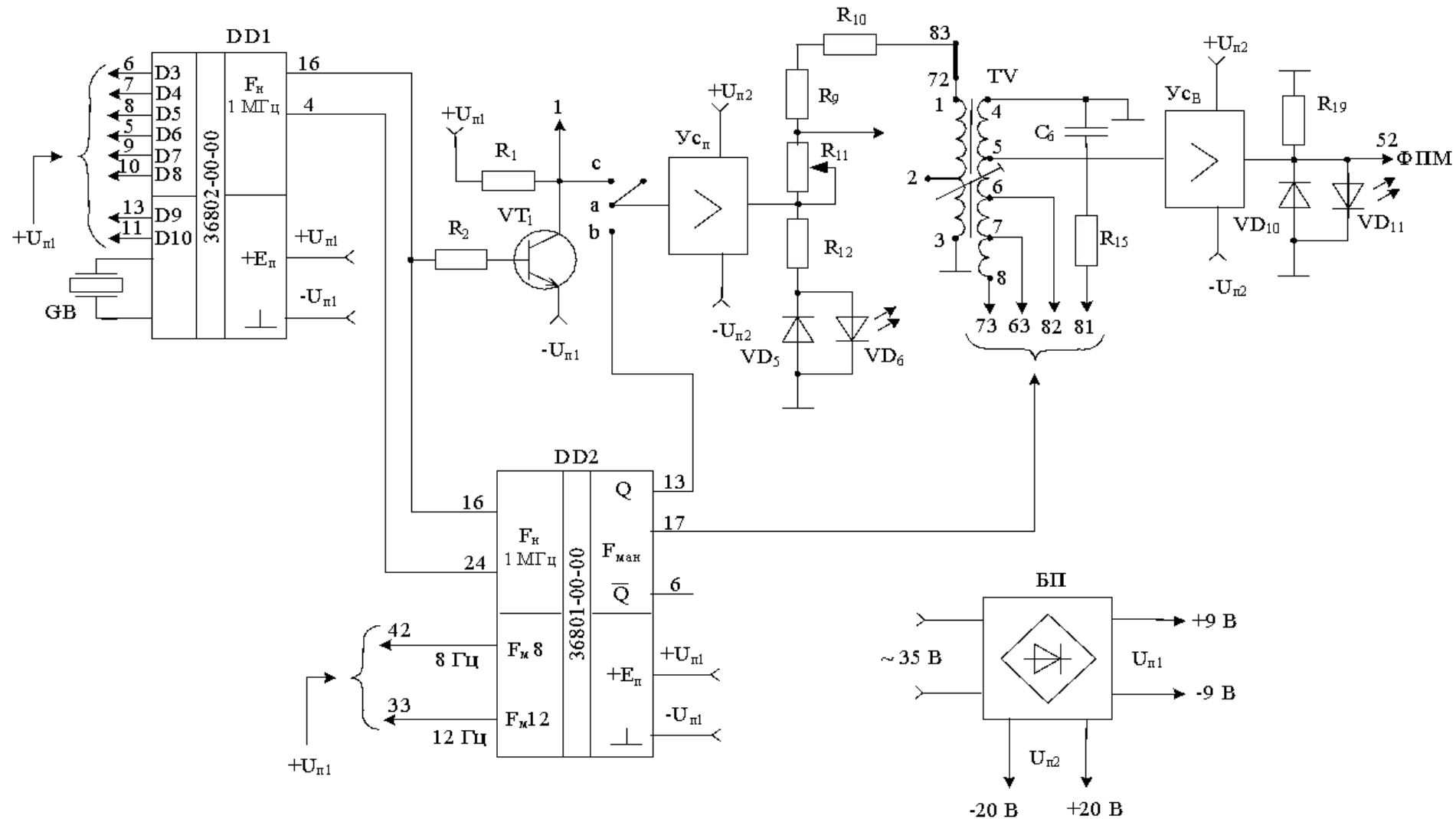
Схема рельсовой цепи тональной частоты

# Классификация и схемы РЦ

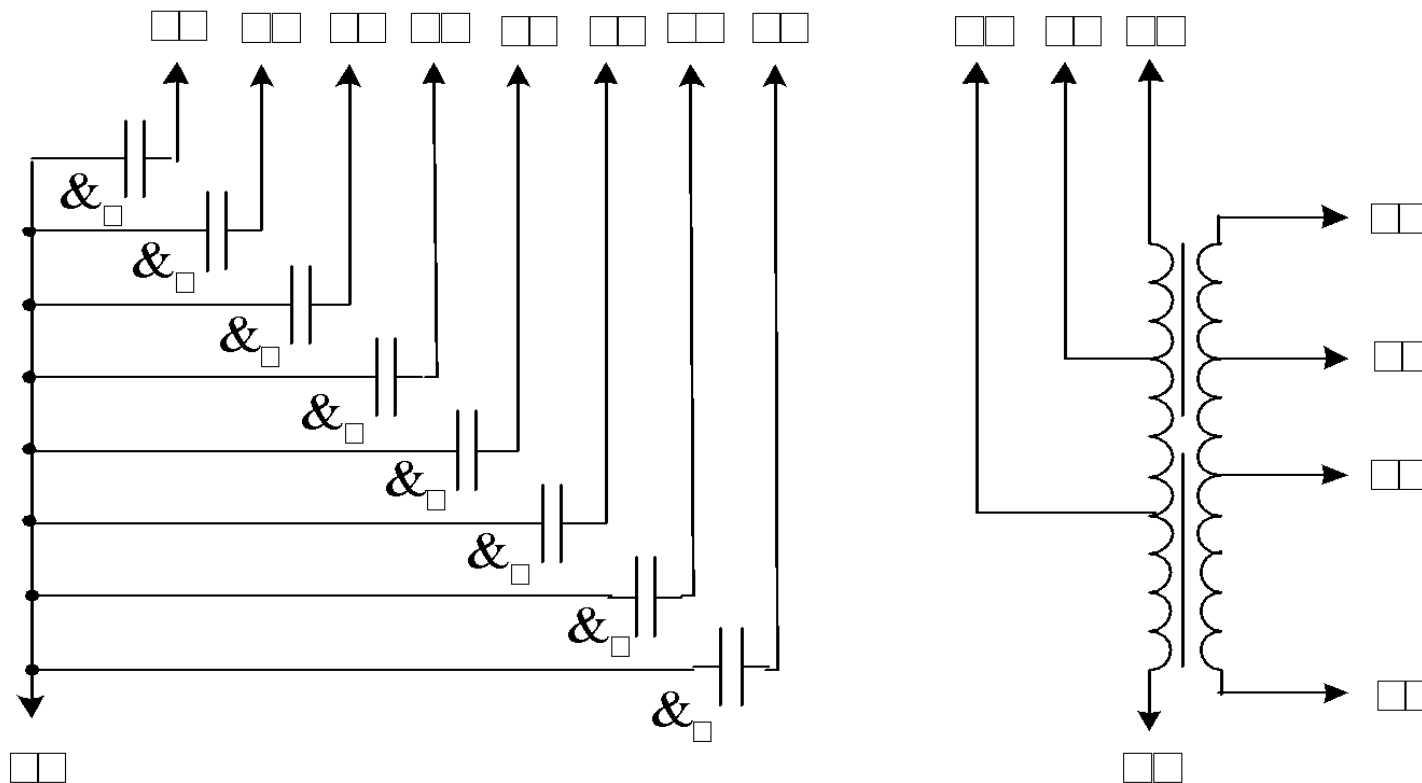


**Схема стационарной рельсовой цепи**

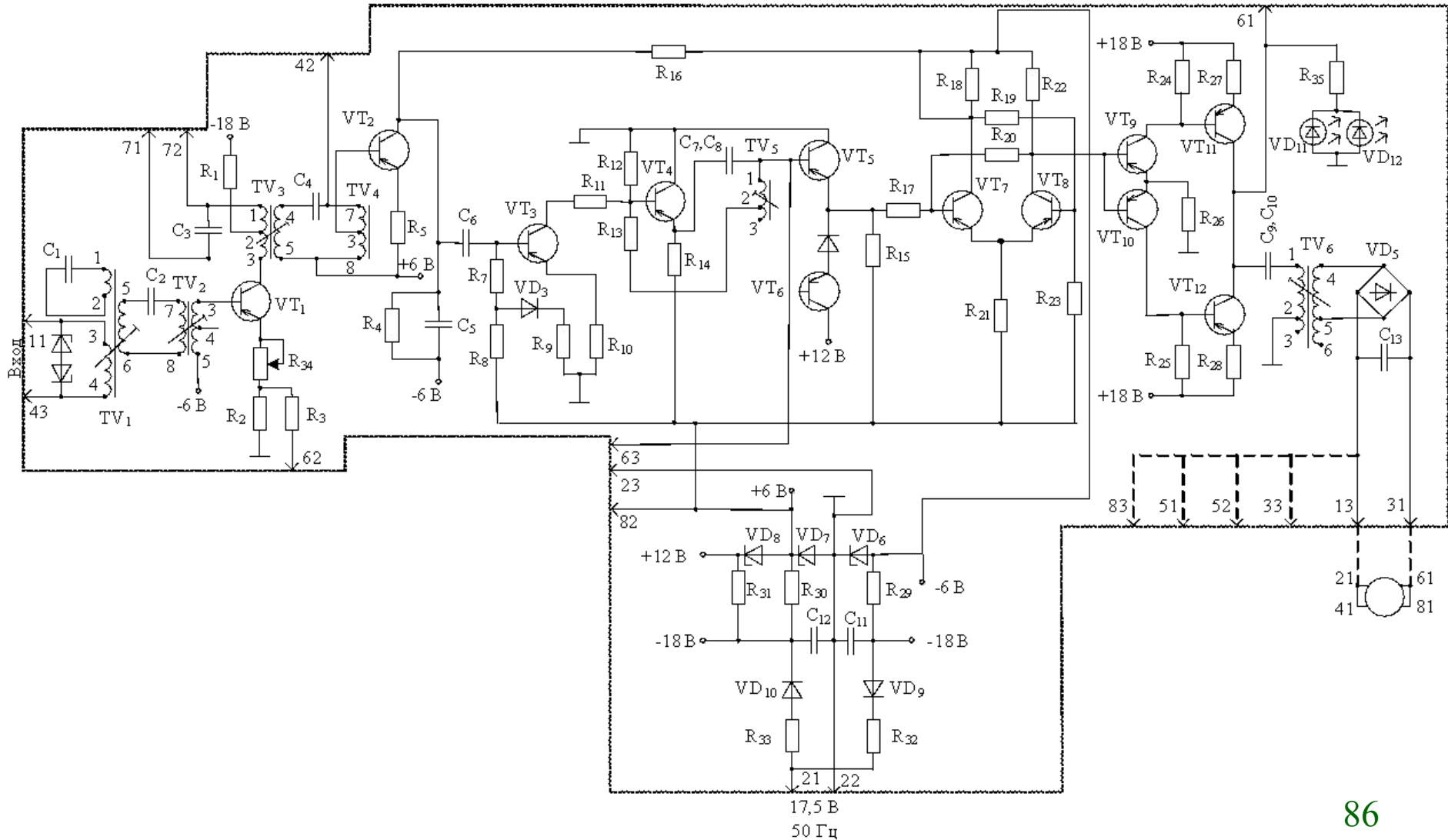
# Генератор ГПЗ



# Фильтр ФПМ



# Приемник ППМ



# Уравнивающий трансформатор

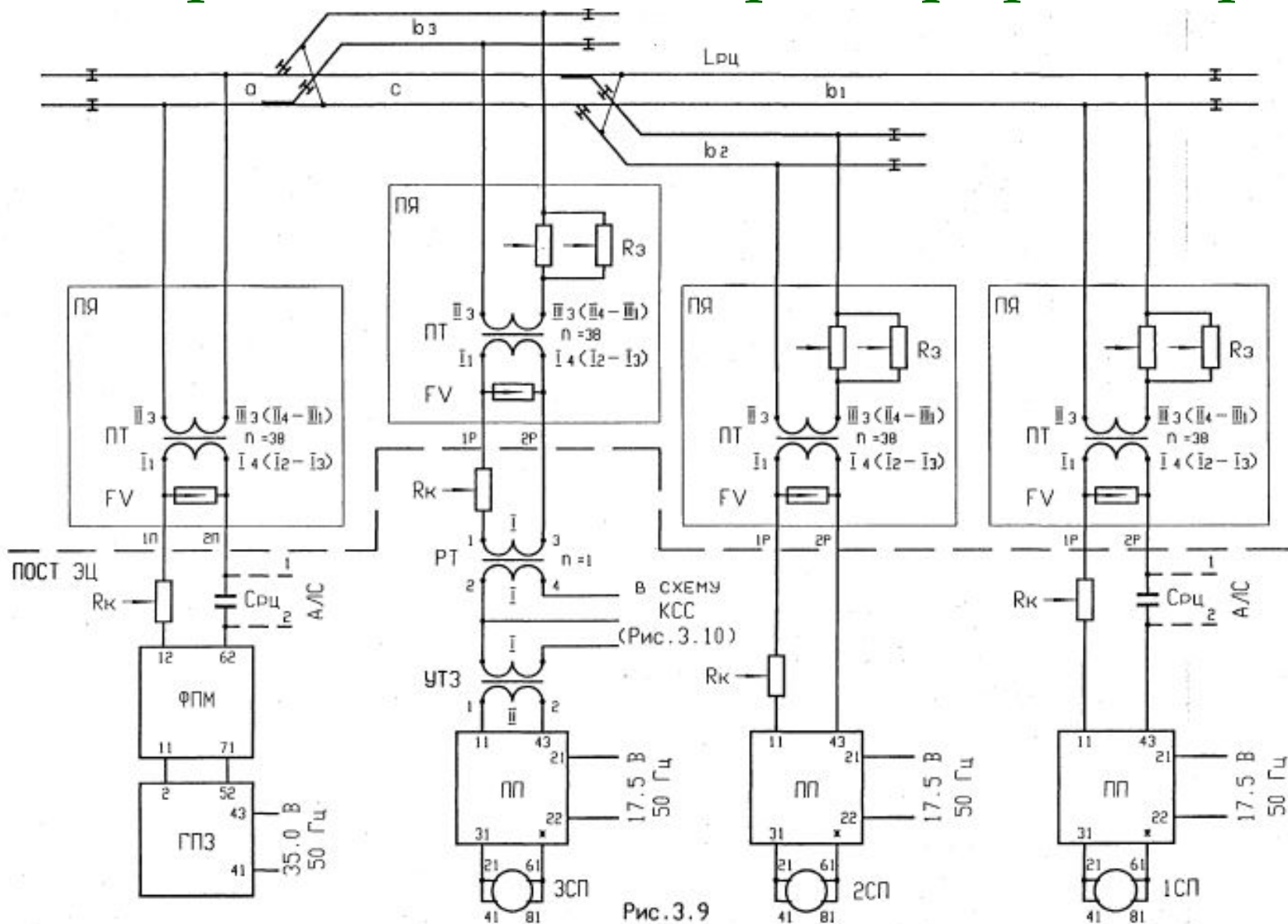
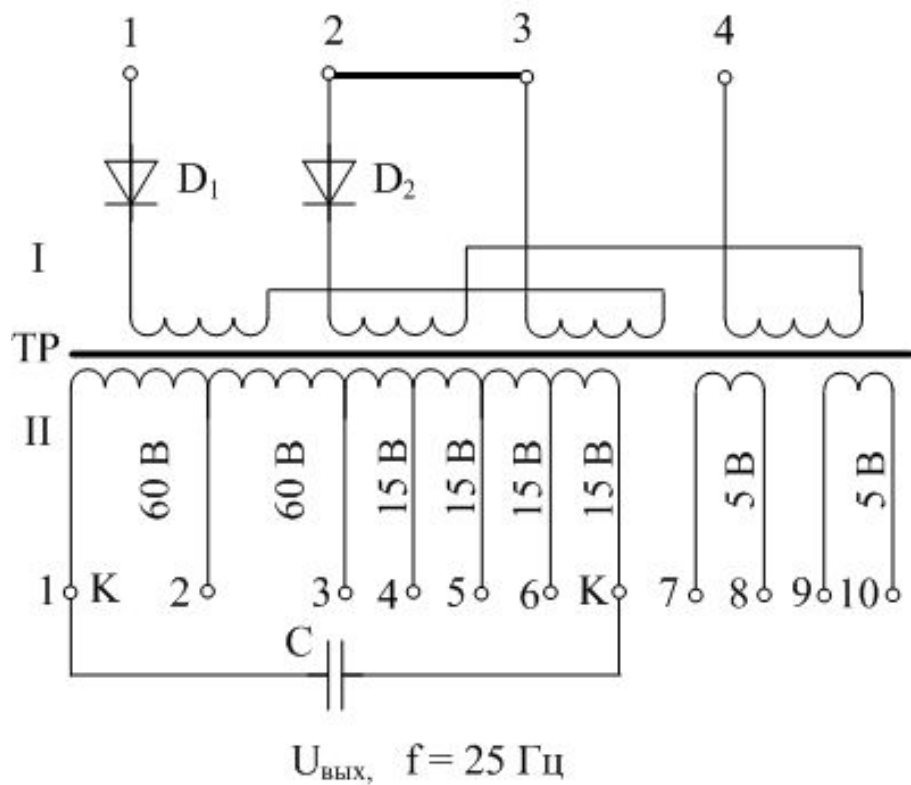


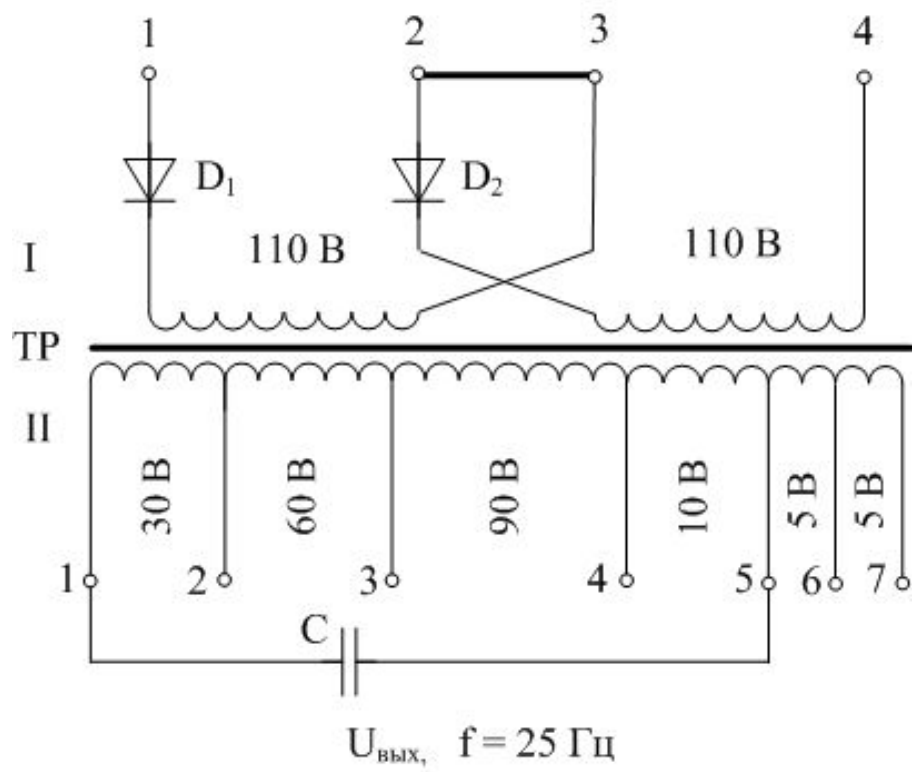
Рис. 3.9



# ПЧ 50/25



а



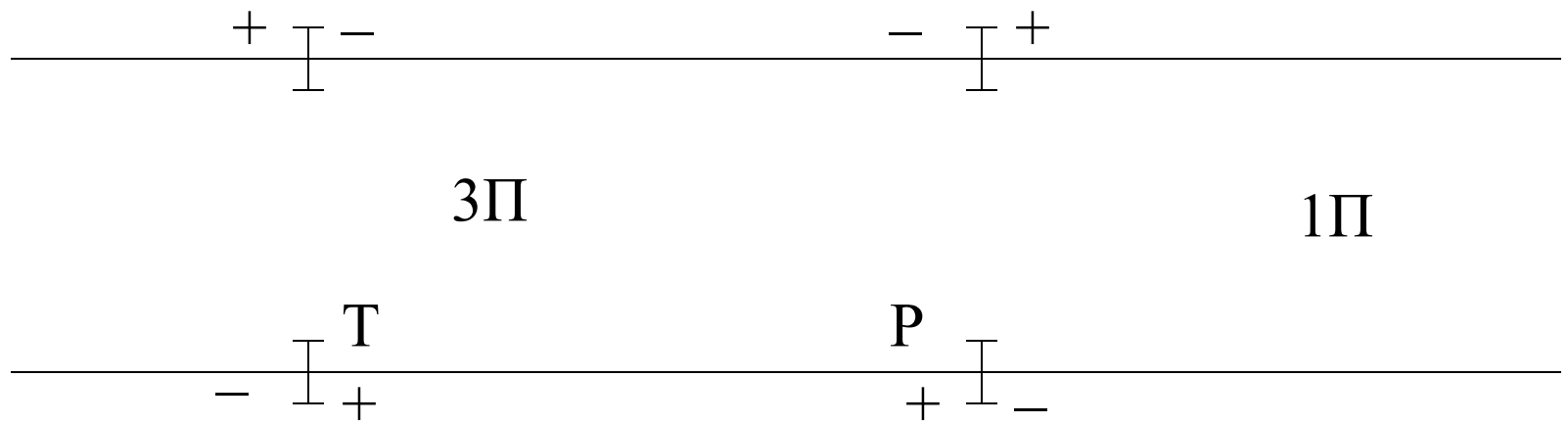
б



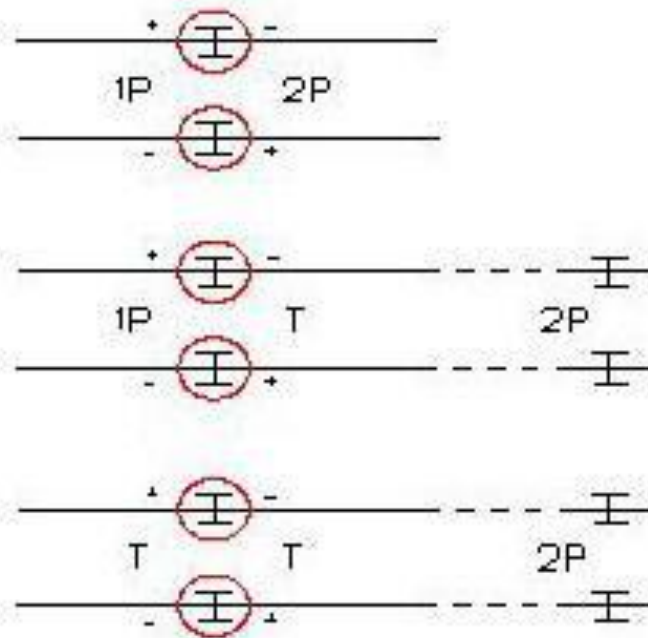
# Методы контроля короткого замыкания изолирующих стыков в Р.Ц.

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

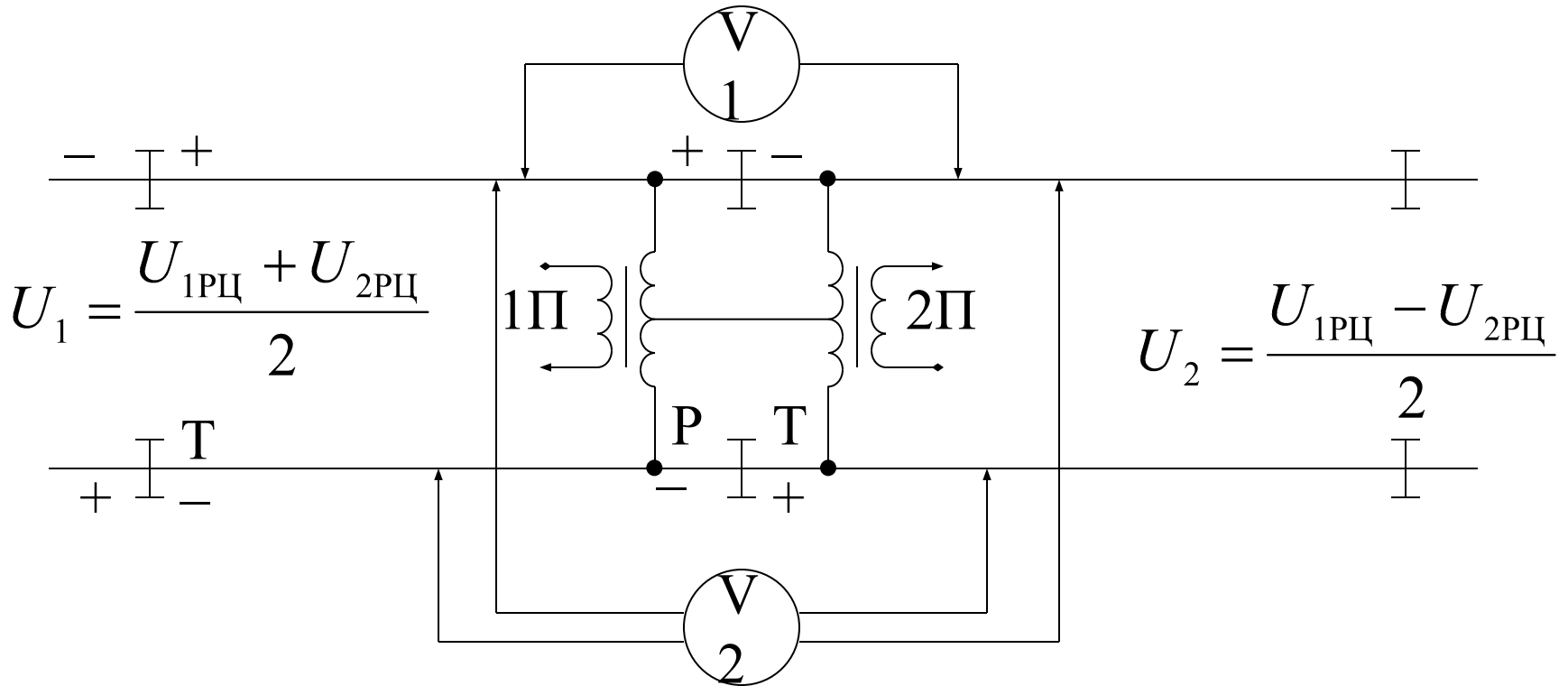


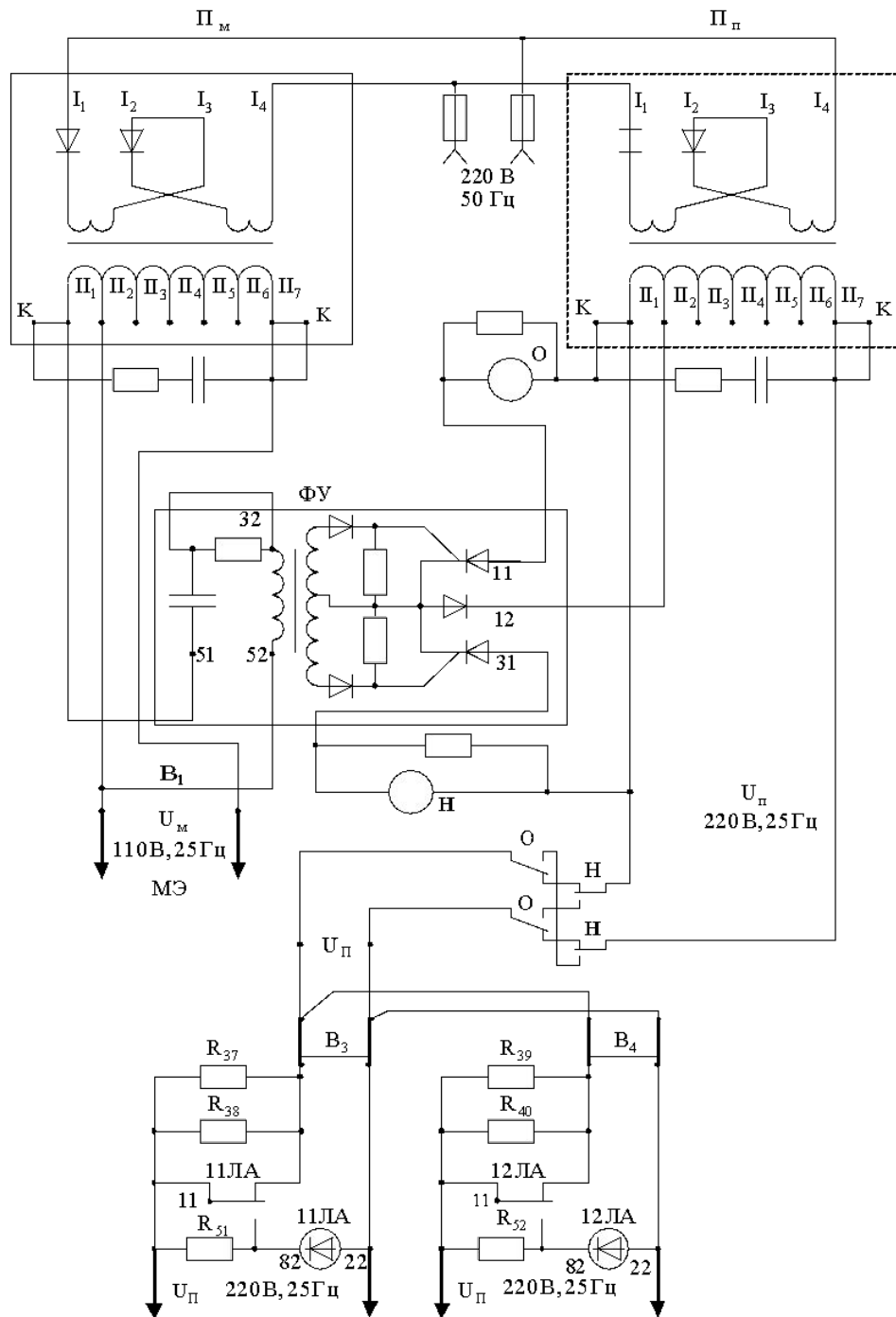
# Чередование полярностей



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

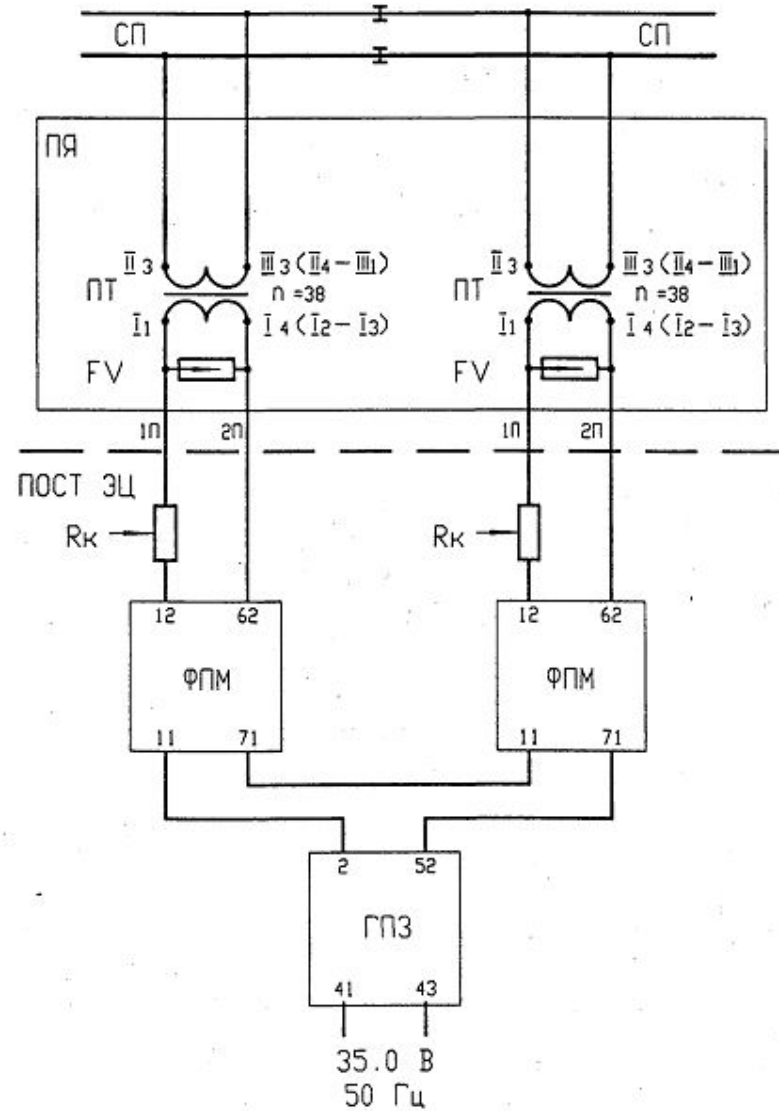
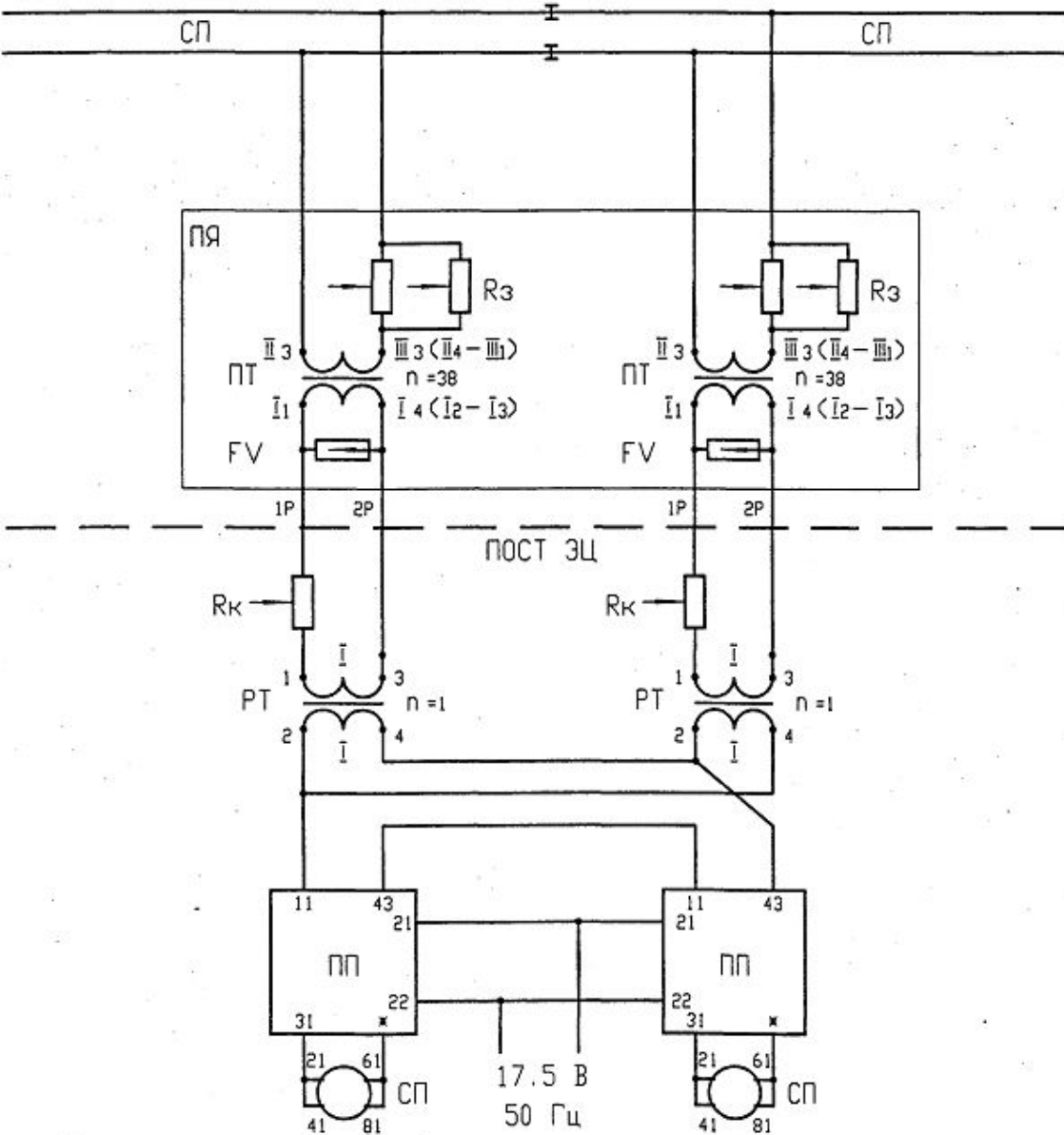
# Чередование мгновенных полярностей





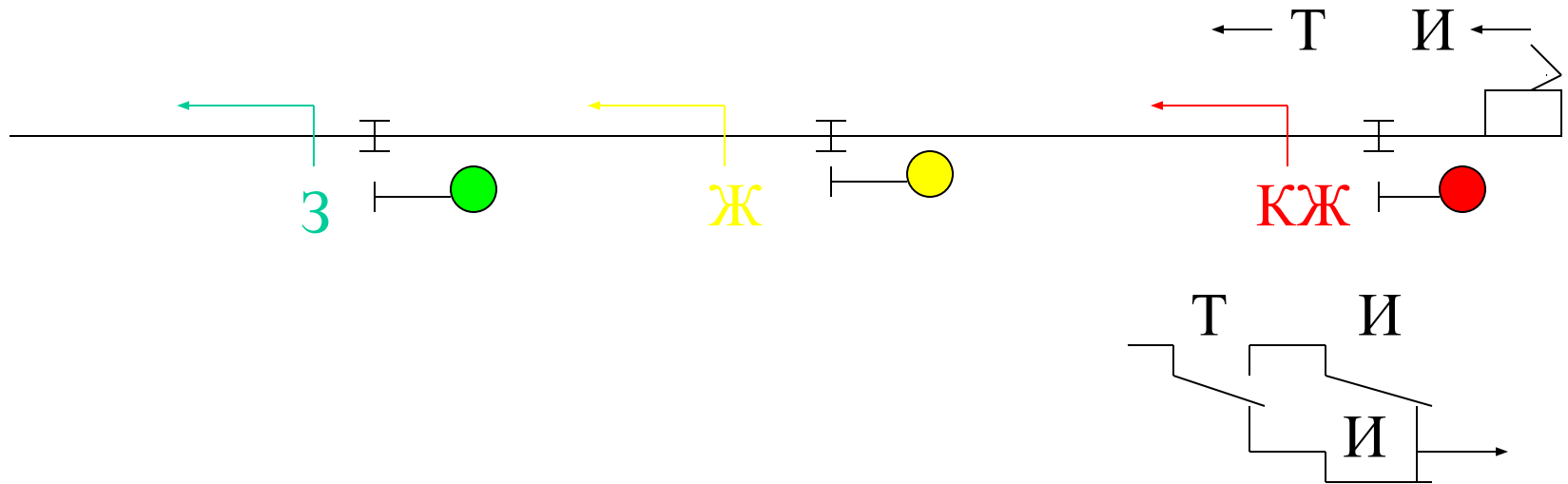
## Двухфазная схема питания РЦ

# Схема КСС для ТРЦ

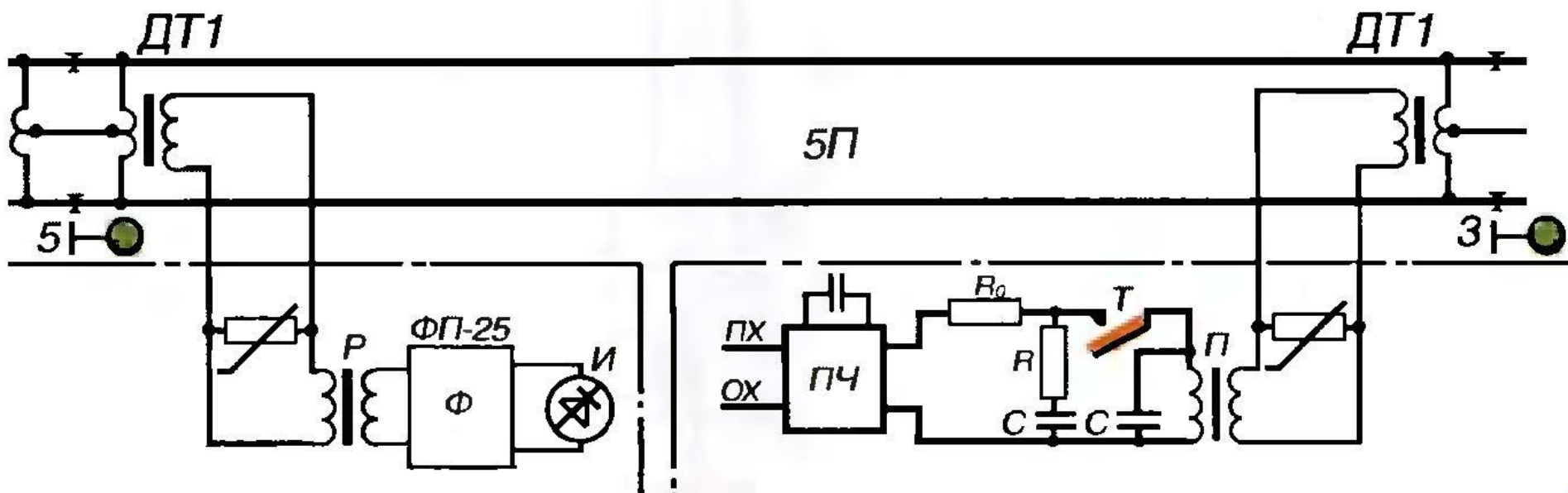


# Контроль пробоя ИС в кодовых РЦ.

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.

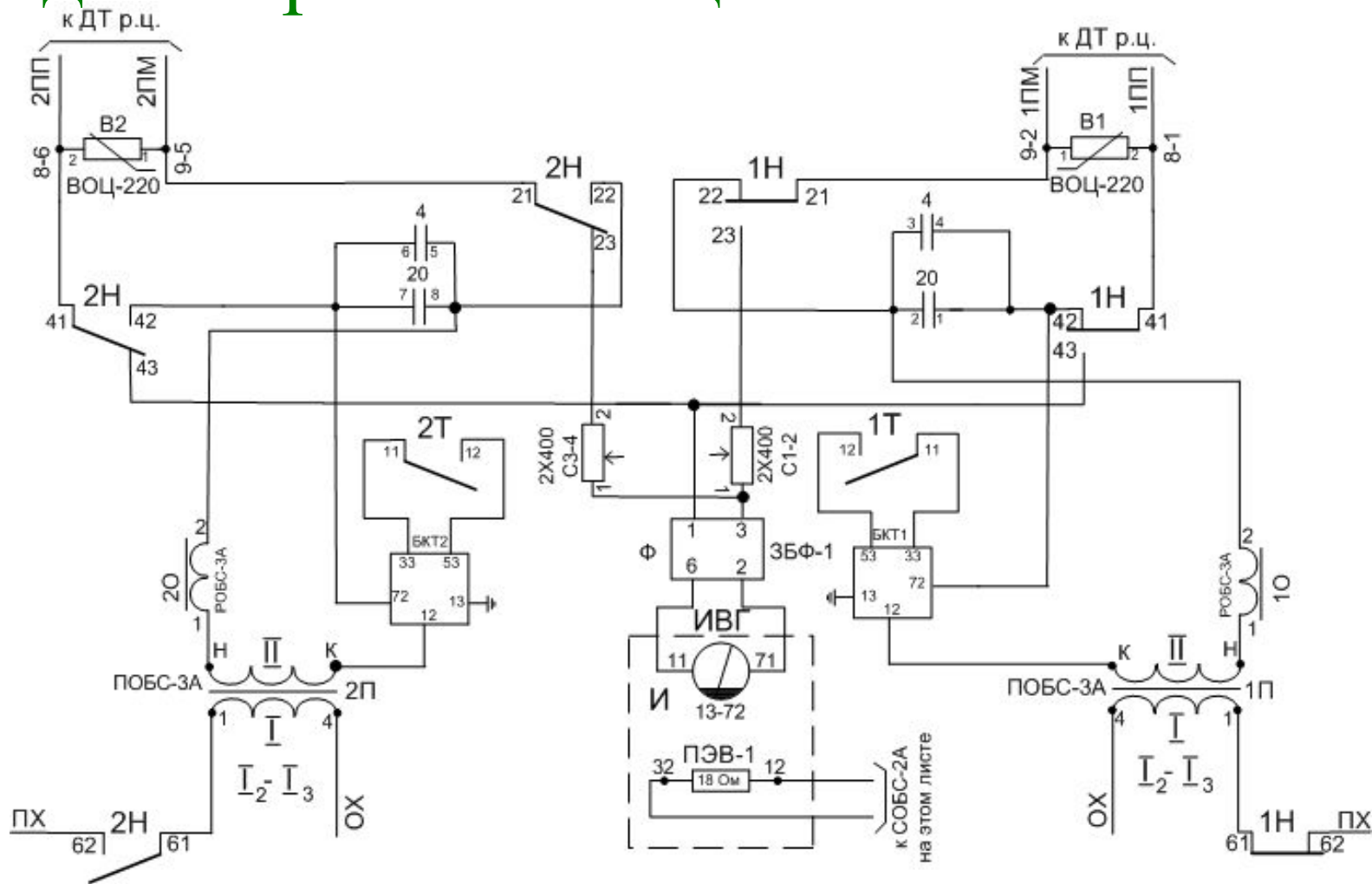


# Особенности работы и регулировки кодовых рельсовых цепей частотой 25 Гц.



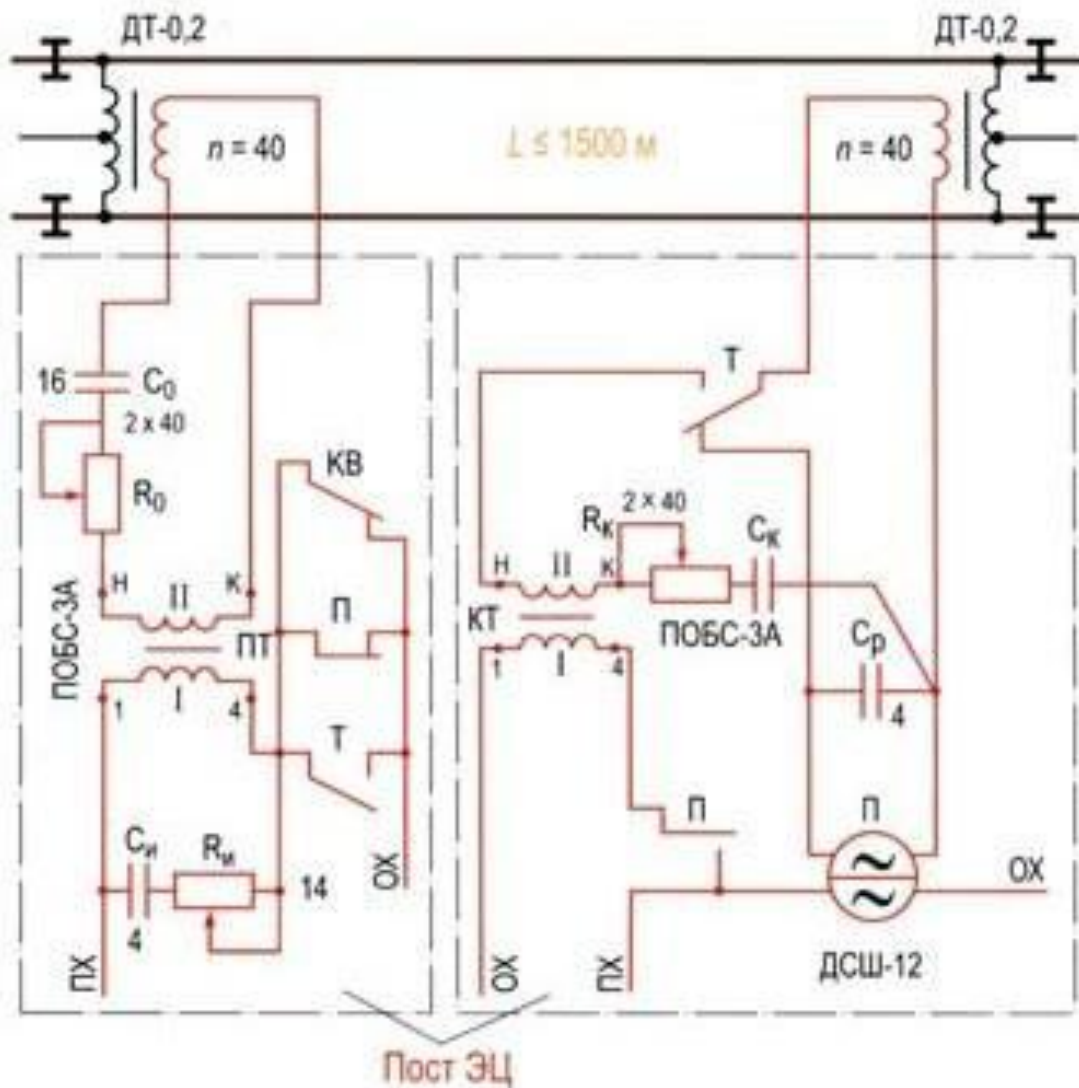


# Особенности работы и регулировки кодовых рельсовых цепей частотой 50 Гц.



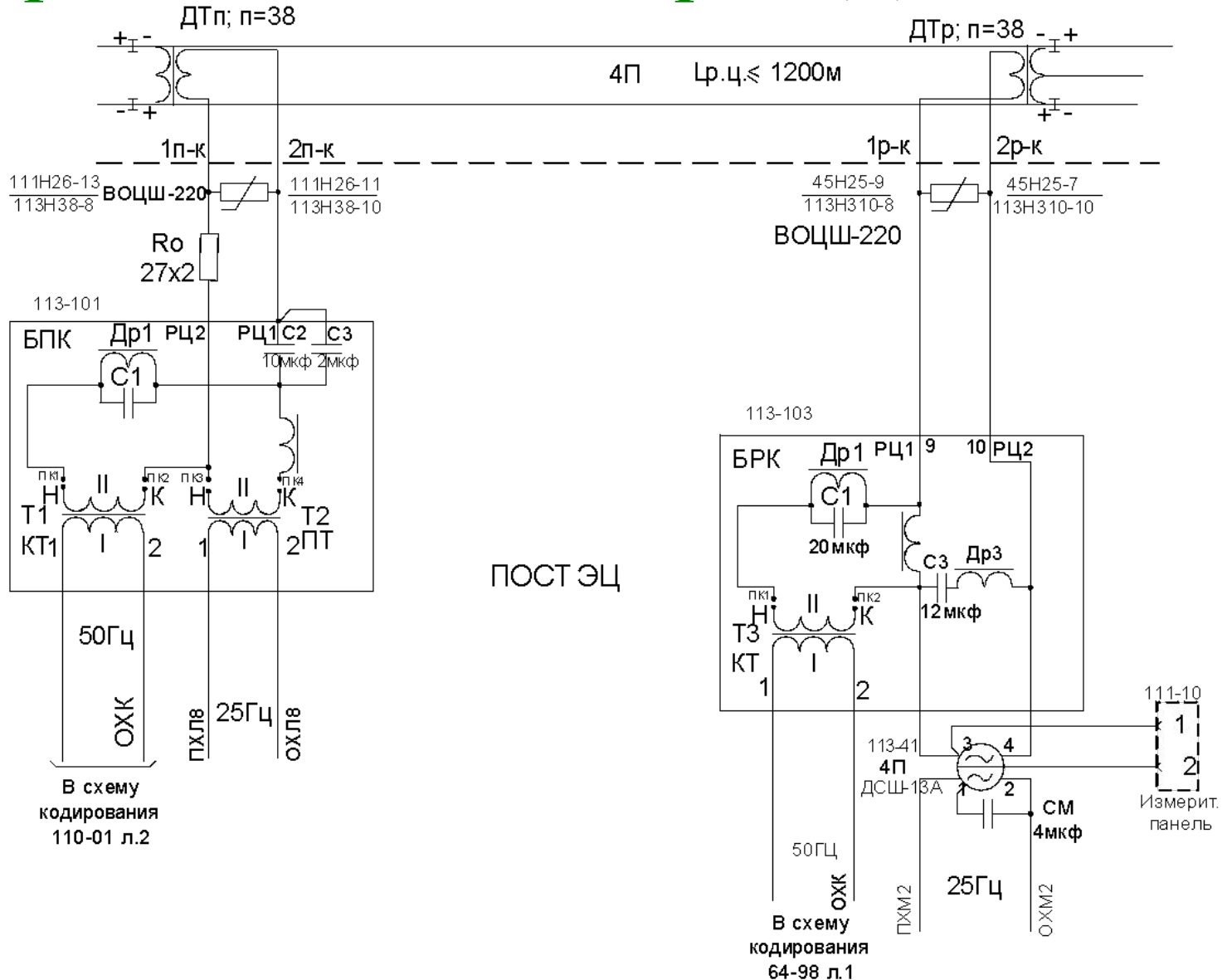
В БКТ перемычки 11-12,51-52,71-72,31-32

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

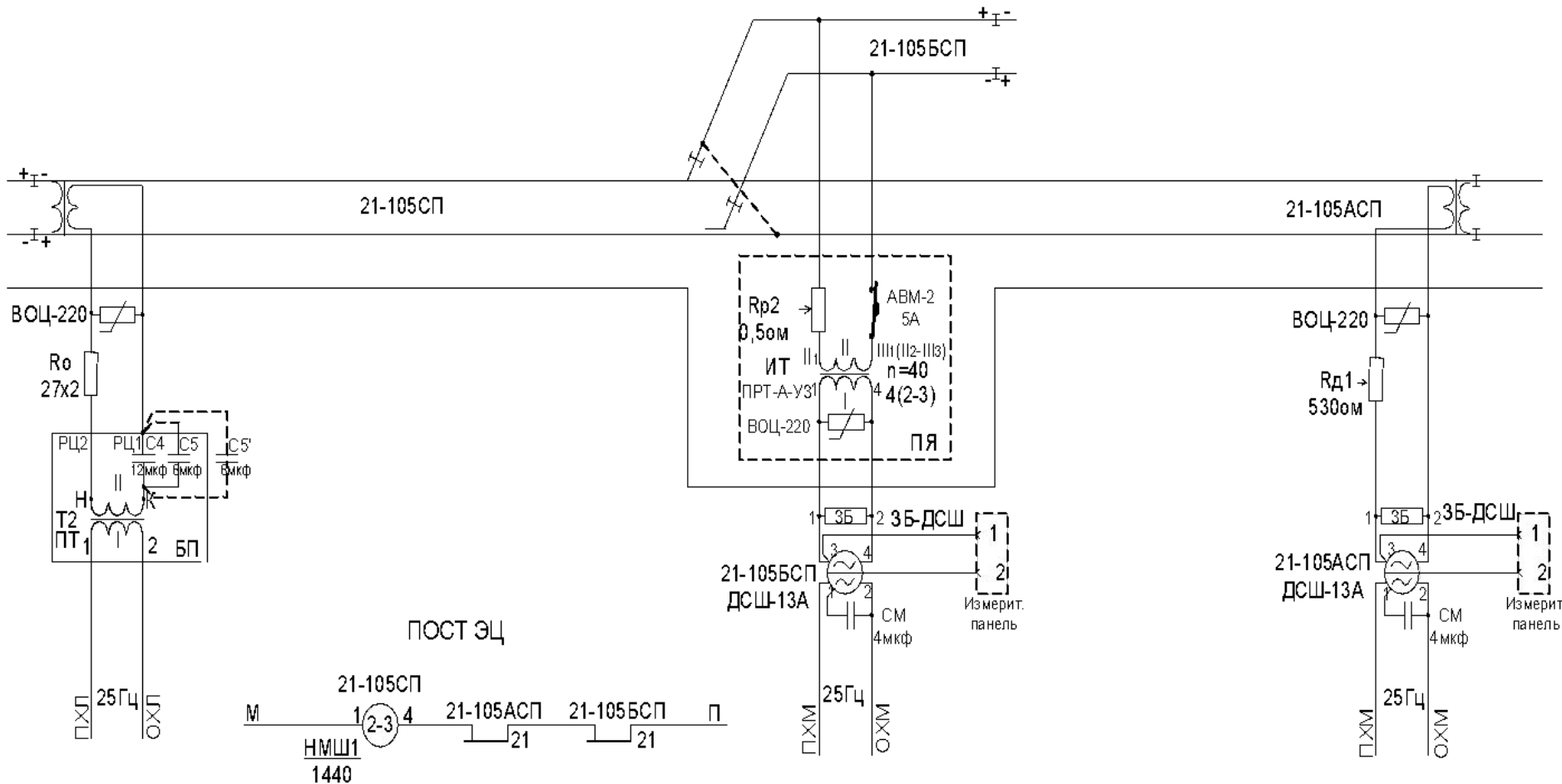


$$M_{вр} = K |U_{\Pi}| |U_M| \cos \beta$$

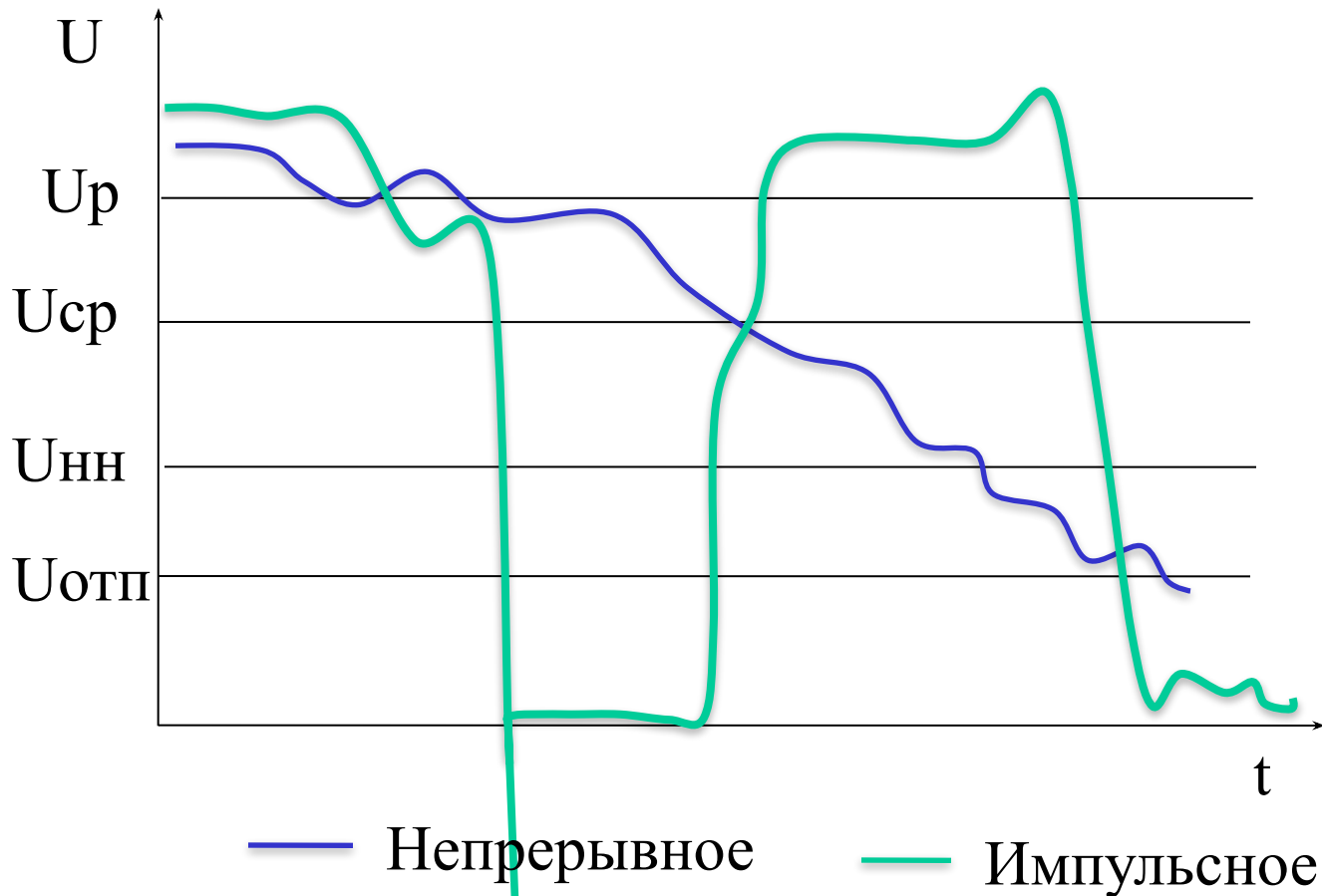
# Особенности работы и регулировки рельсовых цепей с реле ДСШ-13.



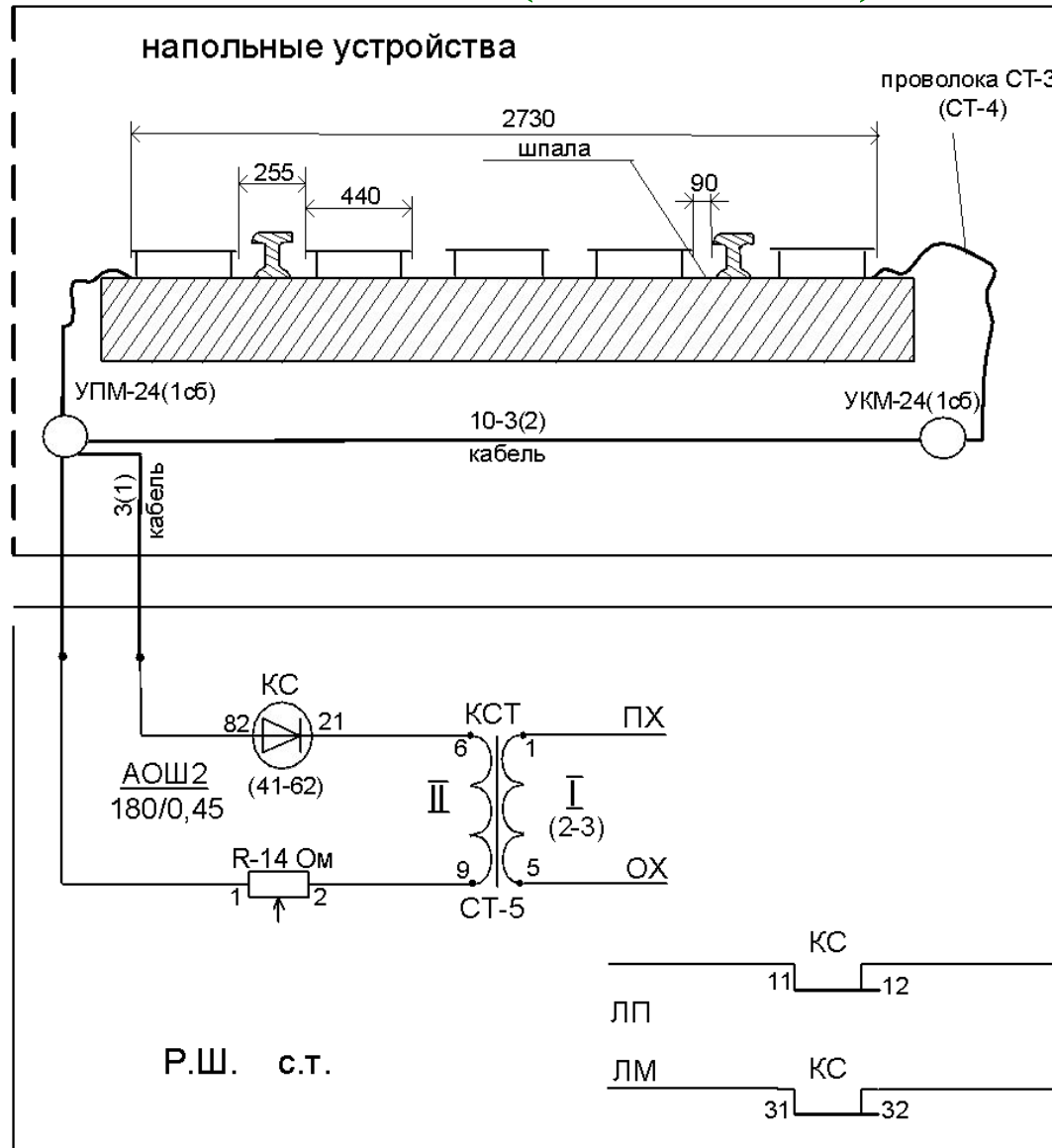
# Особенности работы и регулировки разветвленных РЦ с реле ДСШ.



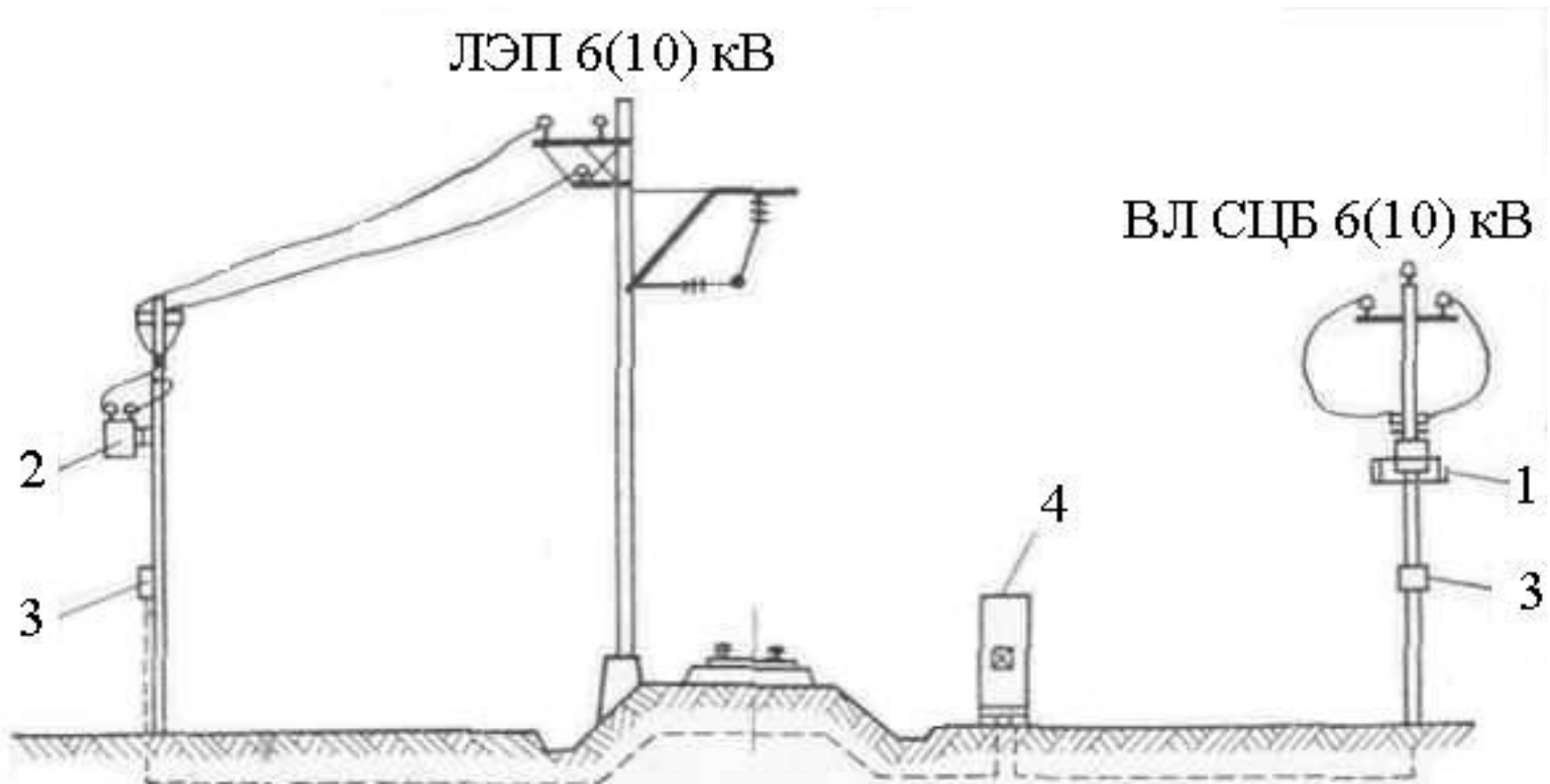
# Сравнительная оценка РЦ с непрерывным и импульсным питанием



# Устройства контроля схода подвижного состава (УКСПС)

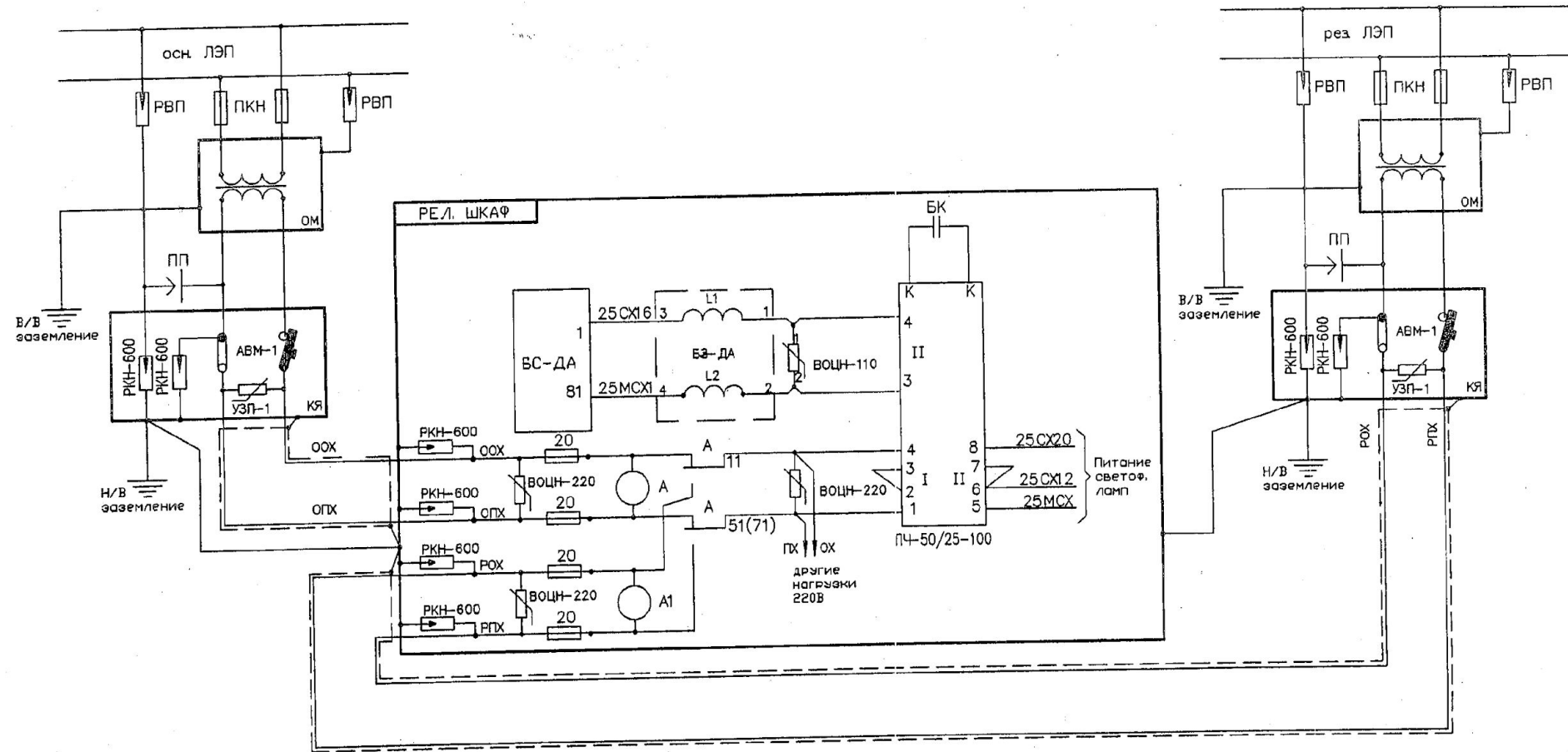


# Электроснабжение устройств АБ.



- 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