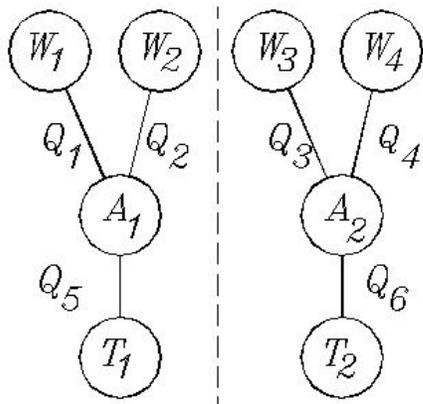
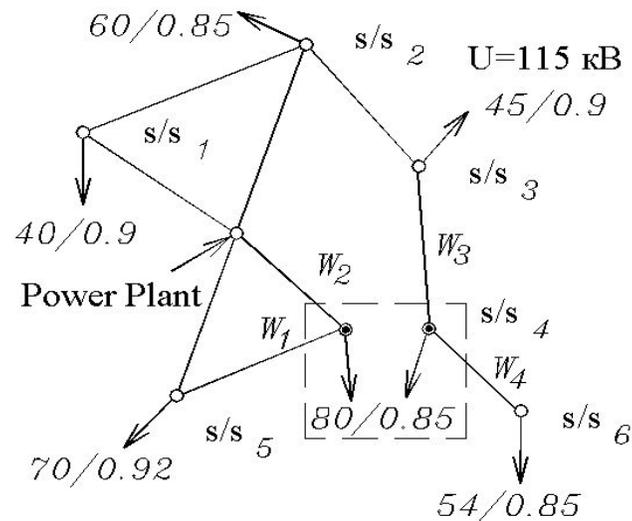
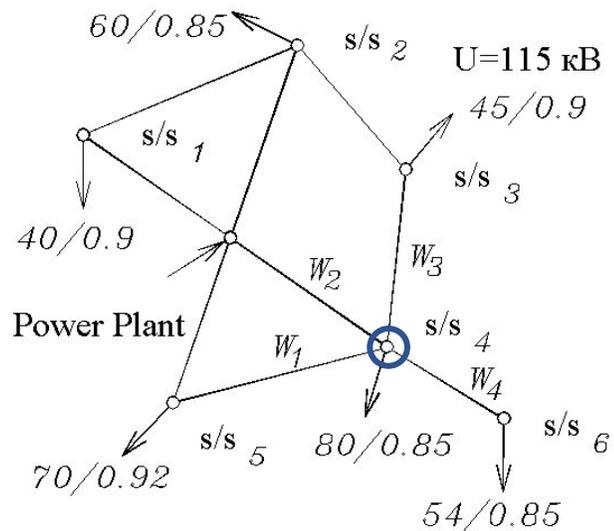


Схемы электрических соединений электрических станций и подстанций

Дмитриев Степан Александрович

- Основное назначение схем электрических соединений энергообъектов заключается в обеспечении связи ее присоединений между собой в различных режимах работы.

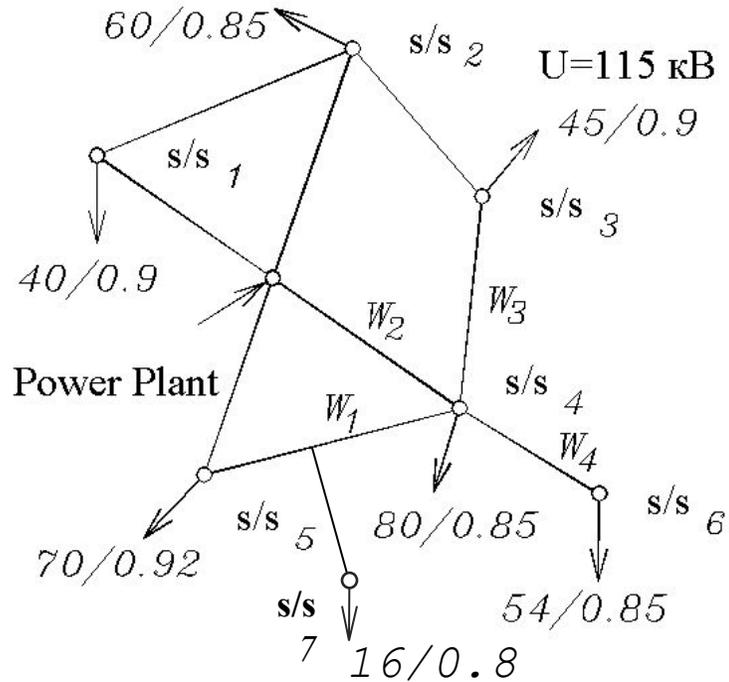
Влияние состояния схемы подключения присоединений на режим



Изменения в структуре схемы электрических соединений энергообъекта может привести к резкому изменению конфигурации энергосистемы.

Например, отключение Q₇ на s/s₄ делит узел на две части.

Виды ПС (по способу подключения к сети)



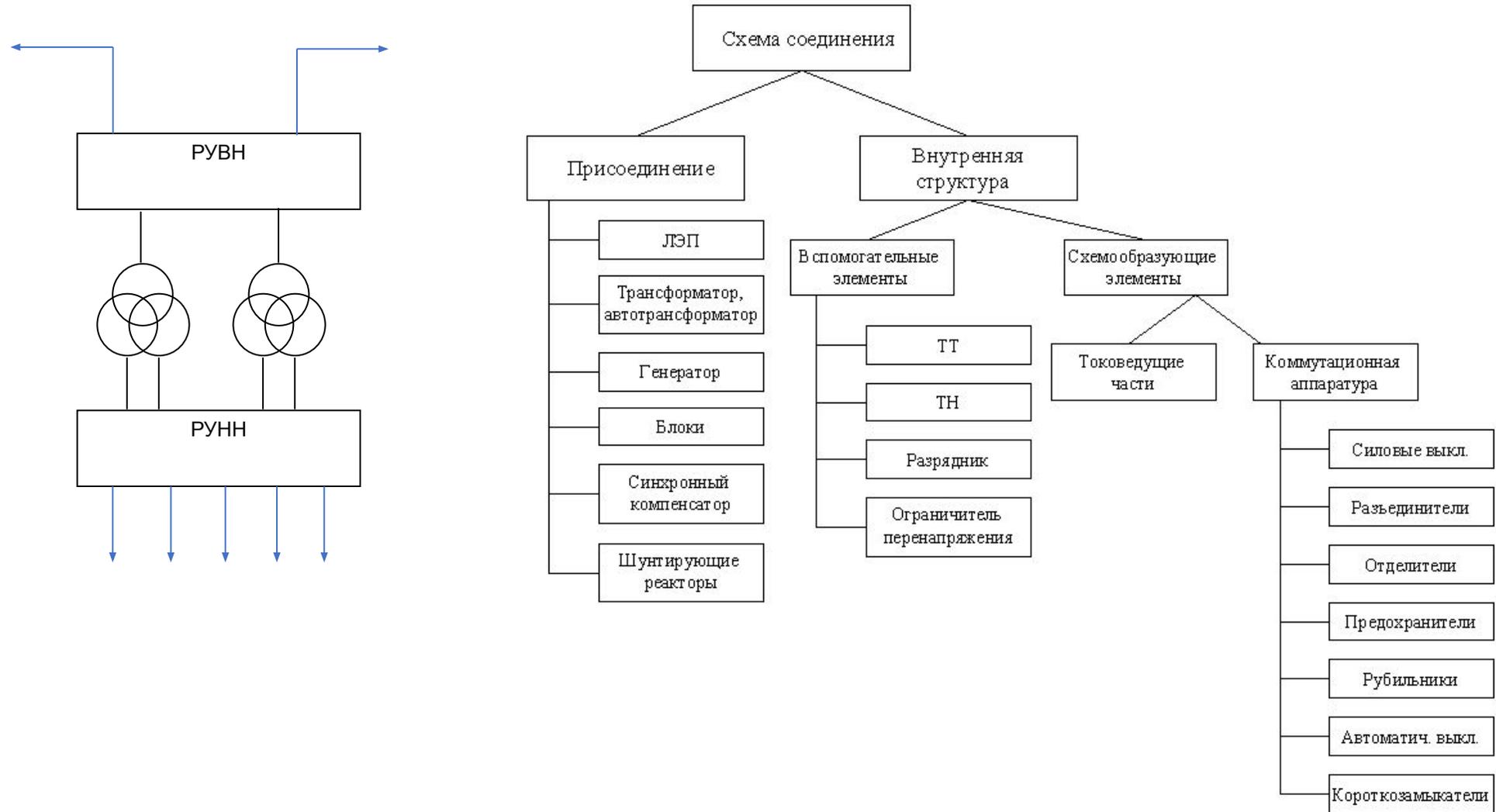
Тупиковые — питаемые по одной или двум радиальным линиям

Ответвительные — присоединяемые к одной или двум проходящим линиям на ответвлениях

Проходные — присоединяемые к сети путём захода одной линии с двухсторонним питанием

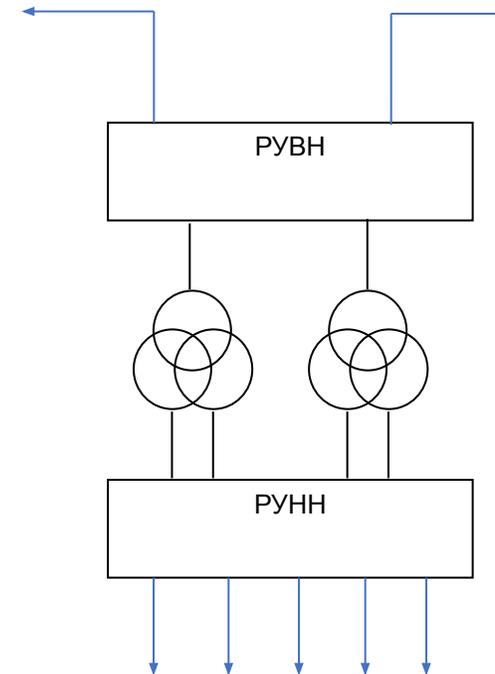
Узловые — присоединяемые к сети не менее чем тремя питающими линиями

Элементы схем подключения присоединений



Требования к главным схемам подключения присоединений

- **надежность** — повреждения какого-либо присоединения или внутреннего элемента не должны, по возможности, приводить к потере питания исправных присоединений
- **ремонтпригодность** — вывод в ремонт какого-либо присоединения или внутреннего элемента не должен, по возможности, приводить к потере питания исправных присоединений и снижению надежности их питания
- **гибкость** — возможность быстрого восстановления питания исправных присоединений
- **возможность расширения** — подключение к схеме новых присоединений без значительных изменений существующей части
- **простота и наглядность** — снижение возможных ошибок эксплуатационного персонала
- **экономичность** — минимальная стоимость при условии выполнения перечисленных выше требований



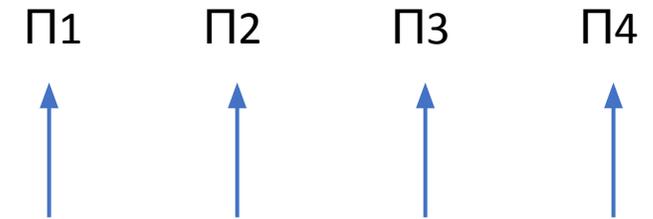
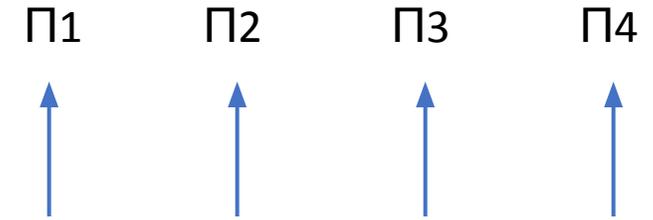
Выбор схемы подключения присоединений

- Любой элемент схемы электрических соединений может служить источником аварийных режимов.
- Любой элемент требуется периодического обслуживания и ремонта.

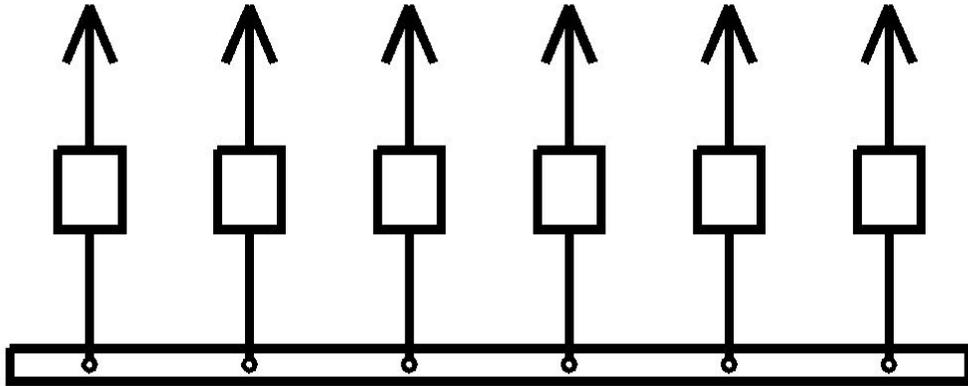
Свойства любой схемы, ее достоинства и недостатки выявляются в результате анализа последствий аварийных ситуаций.

Аварийные ситуации, последствия которых анализируются:

- 1.Отказ
- 2.Ремонт
- 3.Ремонт + Отказ
- 4.Отказ + Отказ
- 5.Ремонт + Отказ + Отказ



Схемы с однократным принципом подключения присоединений (присоединение коммутируется одним выключателем)

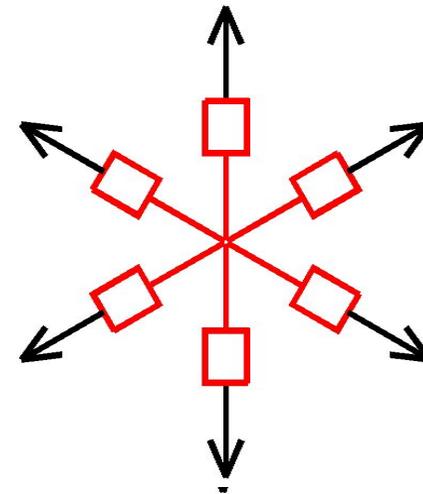


Структура – односвязная симметричная схема звезды

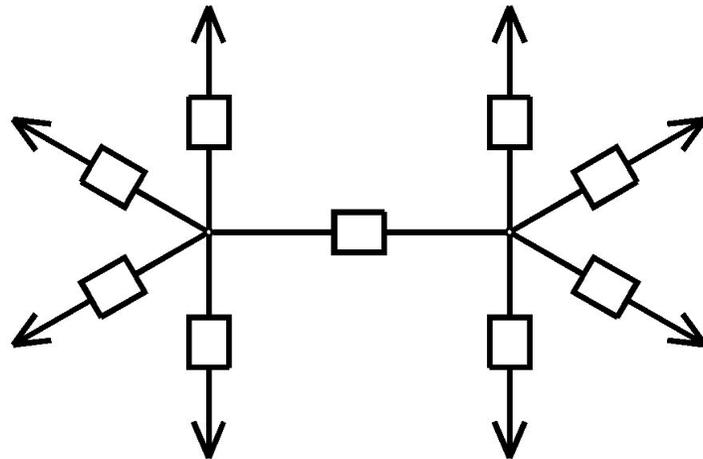
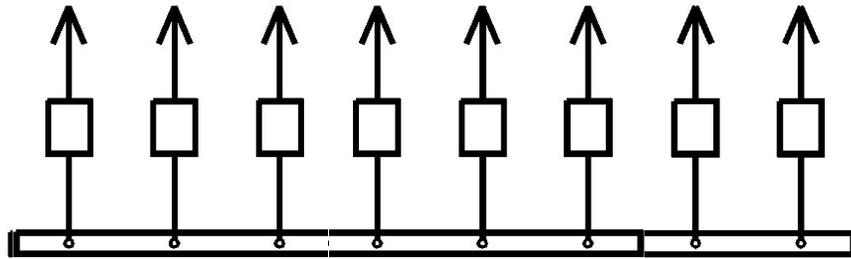
Основные достоинства:

- высокая экономичность;
- наглядность;
- простота;
- возможность отключения присоединения одним выключателем

Основной недостаток – следствие «односвязности» структуры – неустойчивость к внутренним повреждениям, любое внутреннее повреждение требует срабатывания большого числа выключателей и влечет за собой потерю большого числа присоединений

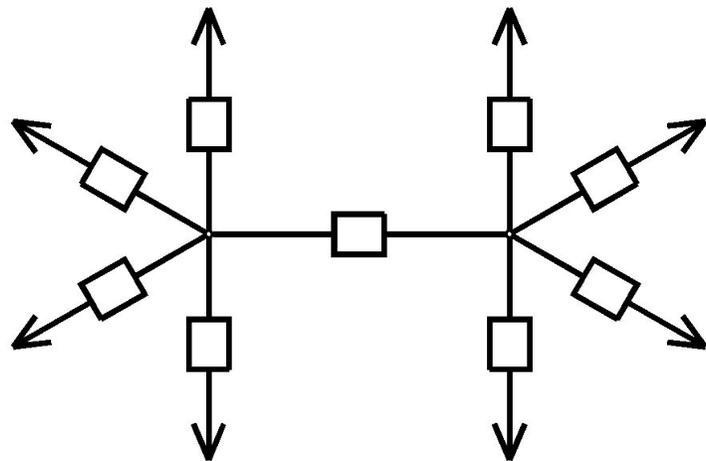
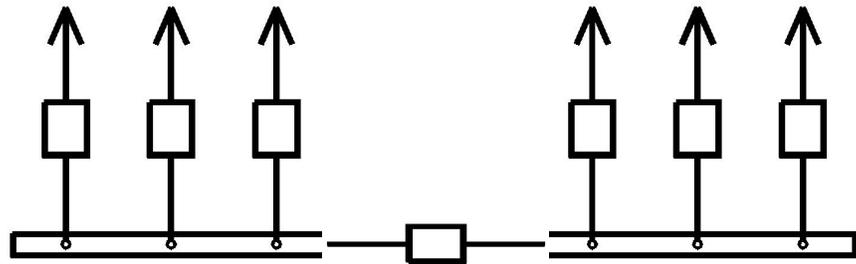


Секционирование схемы для обеспечения надежности подключения присоединений



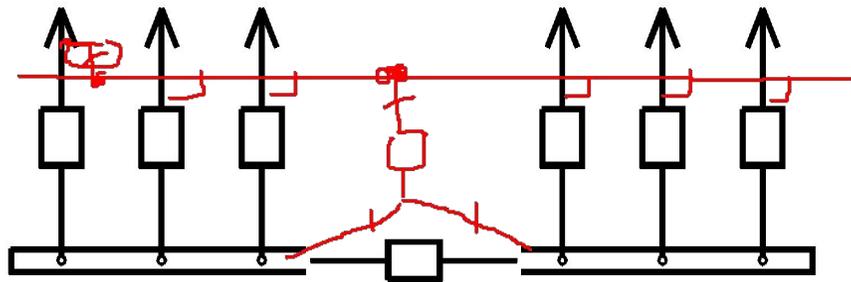
Применение секционного выключателя не устраняет основной недостаток схемы, а лишь снижает в два раза число одновременно теряемых присоединений в результате внутренних повреждений

Одна рабочая, секционированная выключателем, система сборных шин

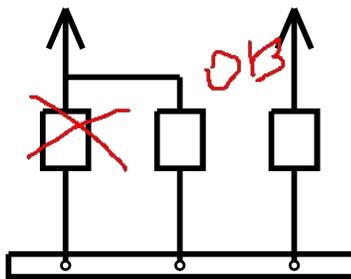


Применение секционного выключателя не устраняет основной недостаток схемы, а лишь снижает в два раза число одновременно теряемых присоединений в результате внутренних повреждений

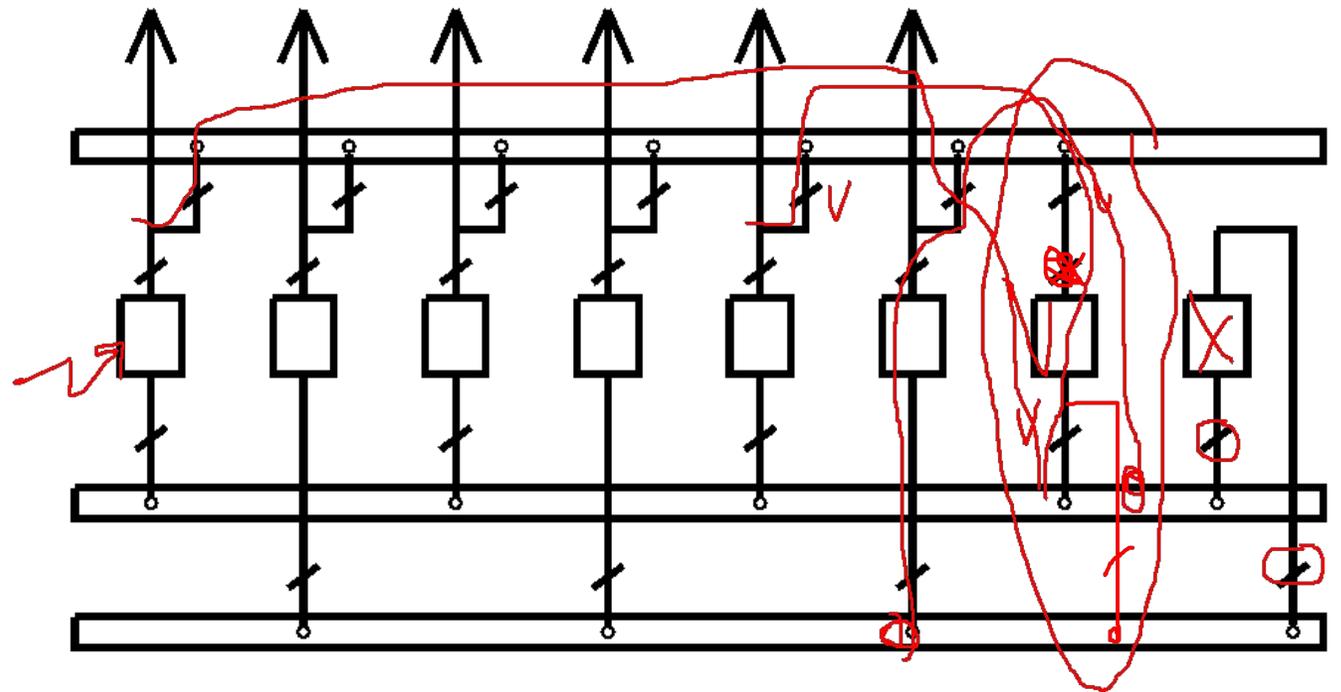
Обходной выключатель в схемах с однократным принципом подключения присоединений



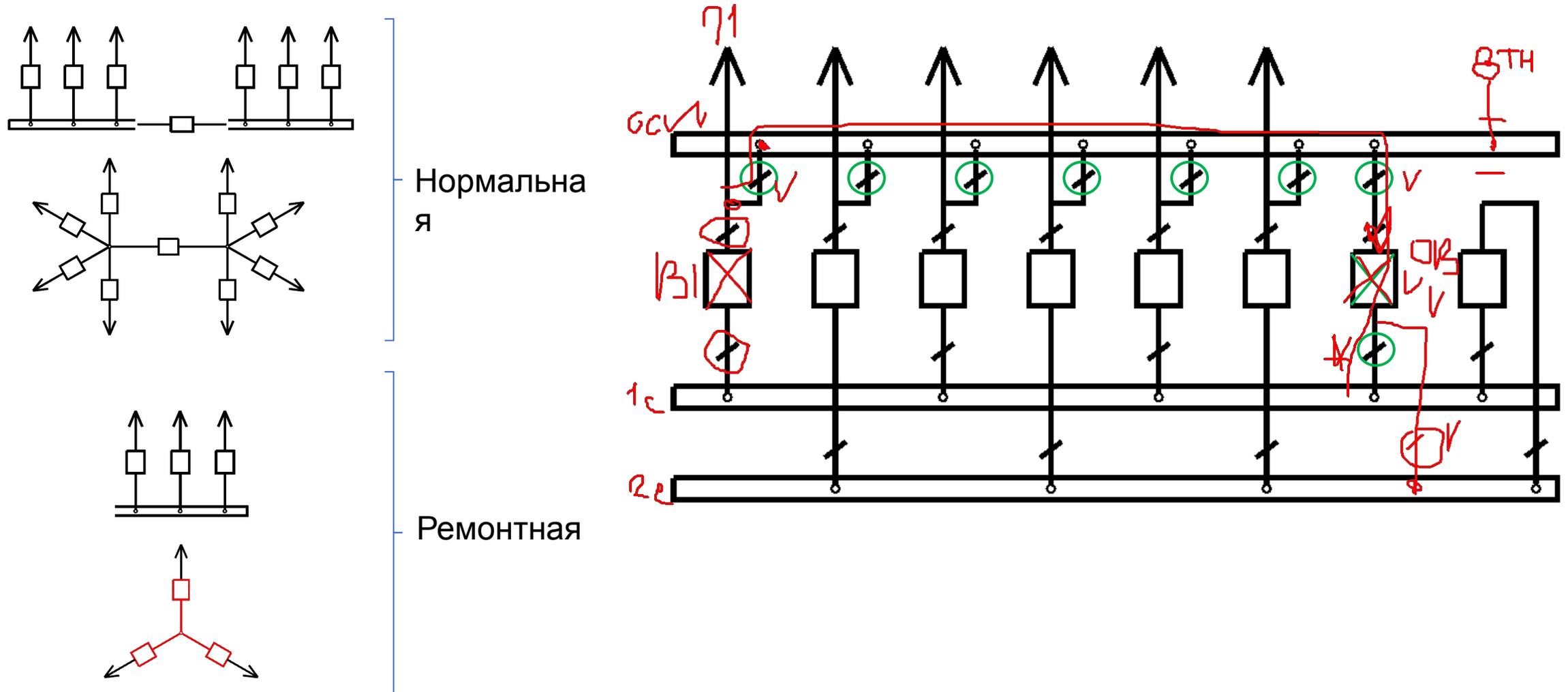
Одна рабочая, секционированная



Шунтирование силовым выключателем

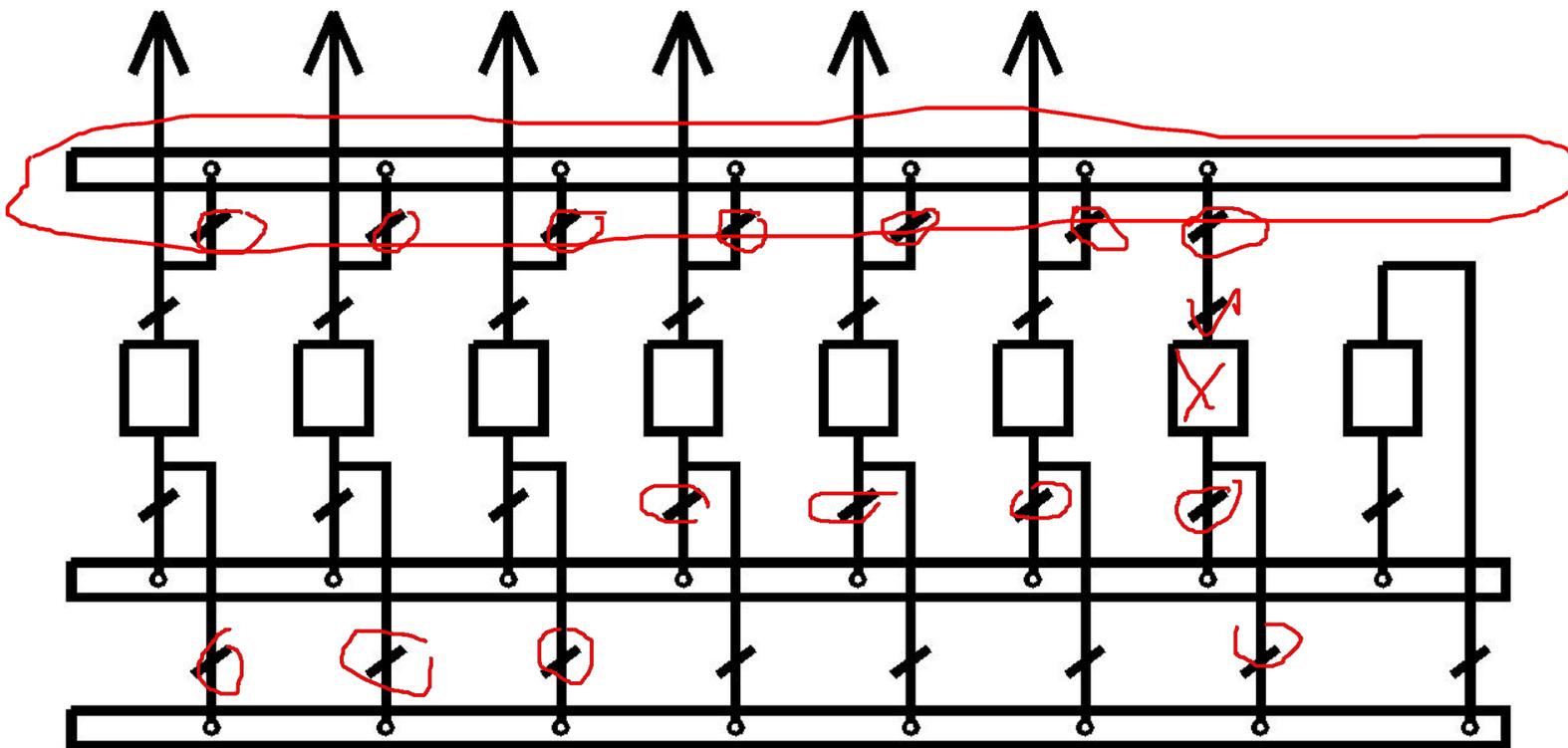


Одна рабочая, секционированная выключателем, система сборных шин с обходной системой сборных шин



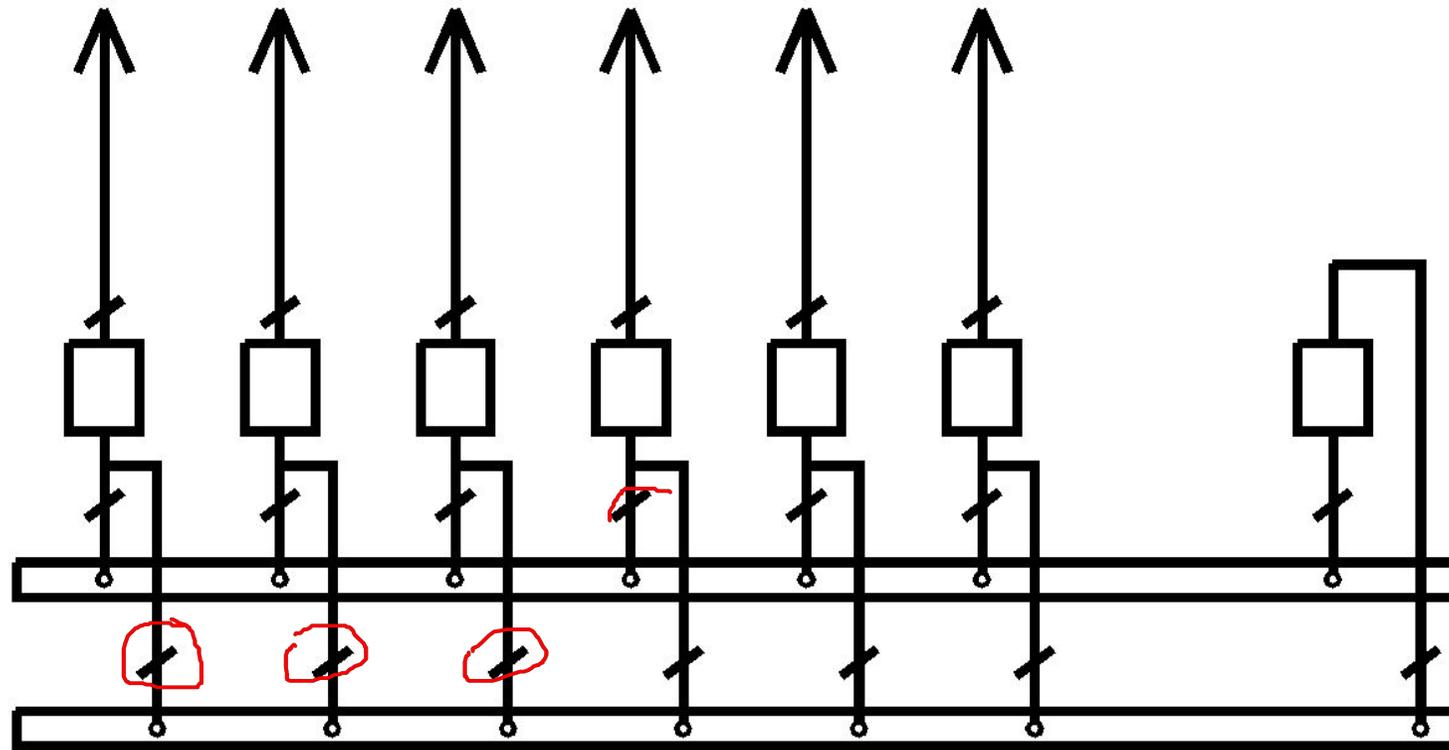
Две рабочие системы сборных шин с обходной системой сборных ШИН

Применение развилки из разъединителей (схема с двумя рабочими системами шин) позволяет осуществлять ремонт систем сборных шин без потери присоединений. Применение обходного выключателя и обходной системы шин позволяет производить ремонт выключателя присоединения без потери присоединения, но не меняет структуру схемы.



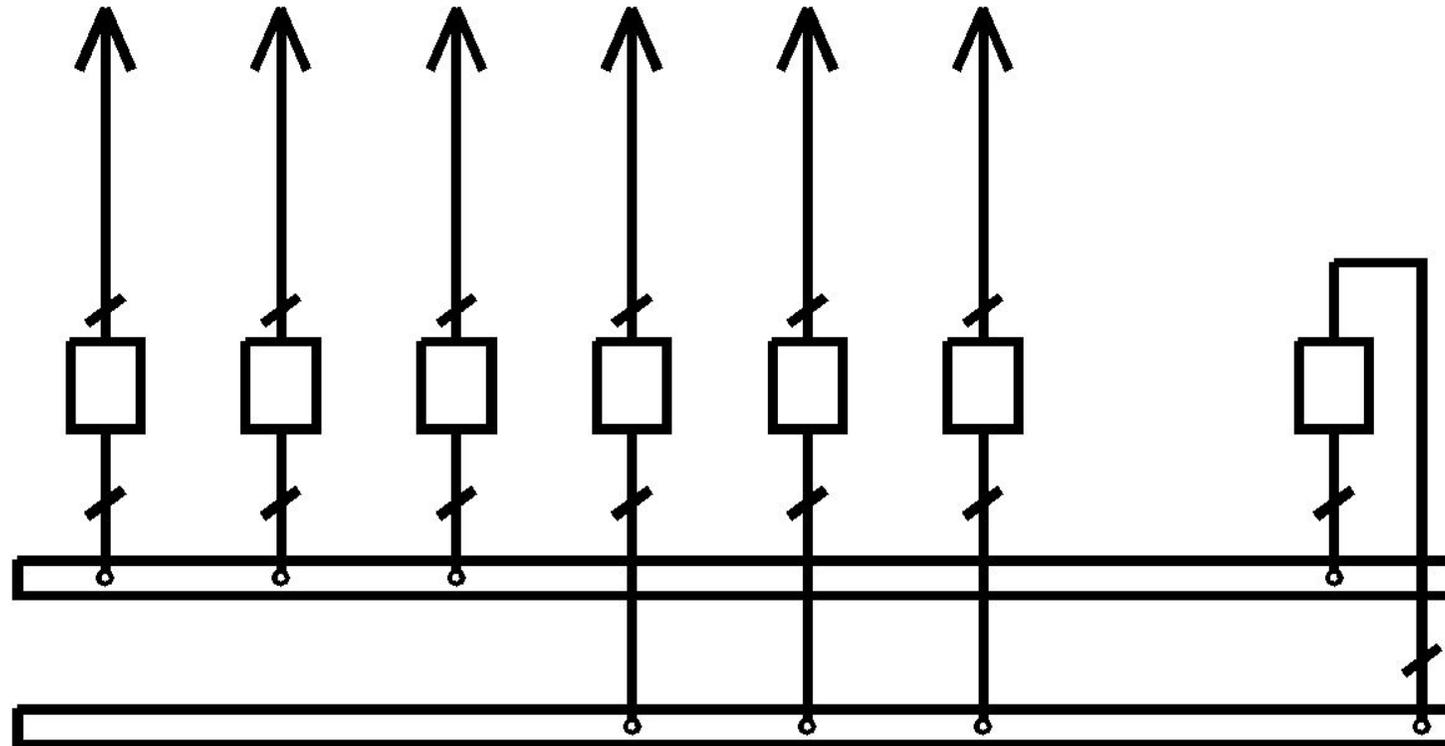
Две рабочие системы сборных шин с обходной системой сборных ШИН

Применение развилки из разъединителей (схема с двумя рабочими системами шин) позволяет осуществлять ремонт систем сборных шин без потери присоединений. Применение обходного выключателя и обходной системы шин позволяет производить ремонт выключателя присоединения без потери присоединения, но не меняет структуру схемы.



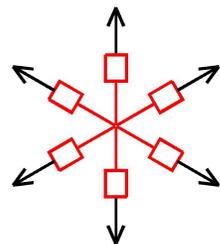
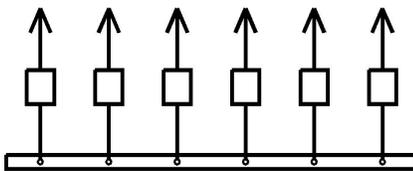
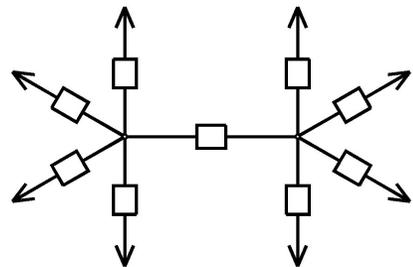
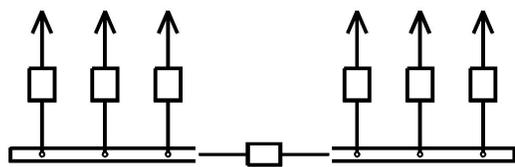
Две рабочие системы сборных шин с обходной системой сборных ШИН

Применение развилки из разъединителей (схема с двумя рабочими системами шин) позволяет осуществлять ремонт систем сборных шин без потери присоединений. Применение обходного выключателя и обходной системы шин позволяет производить ремонт выключателя присоединения без потери присоединения, но не меняет структуру схемы.



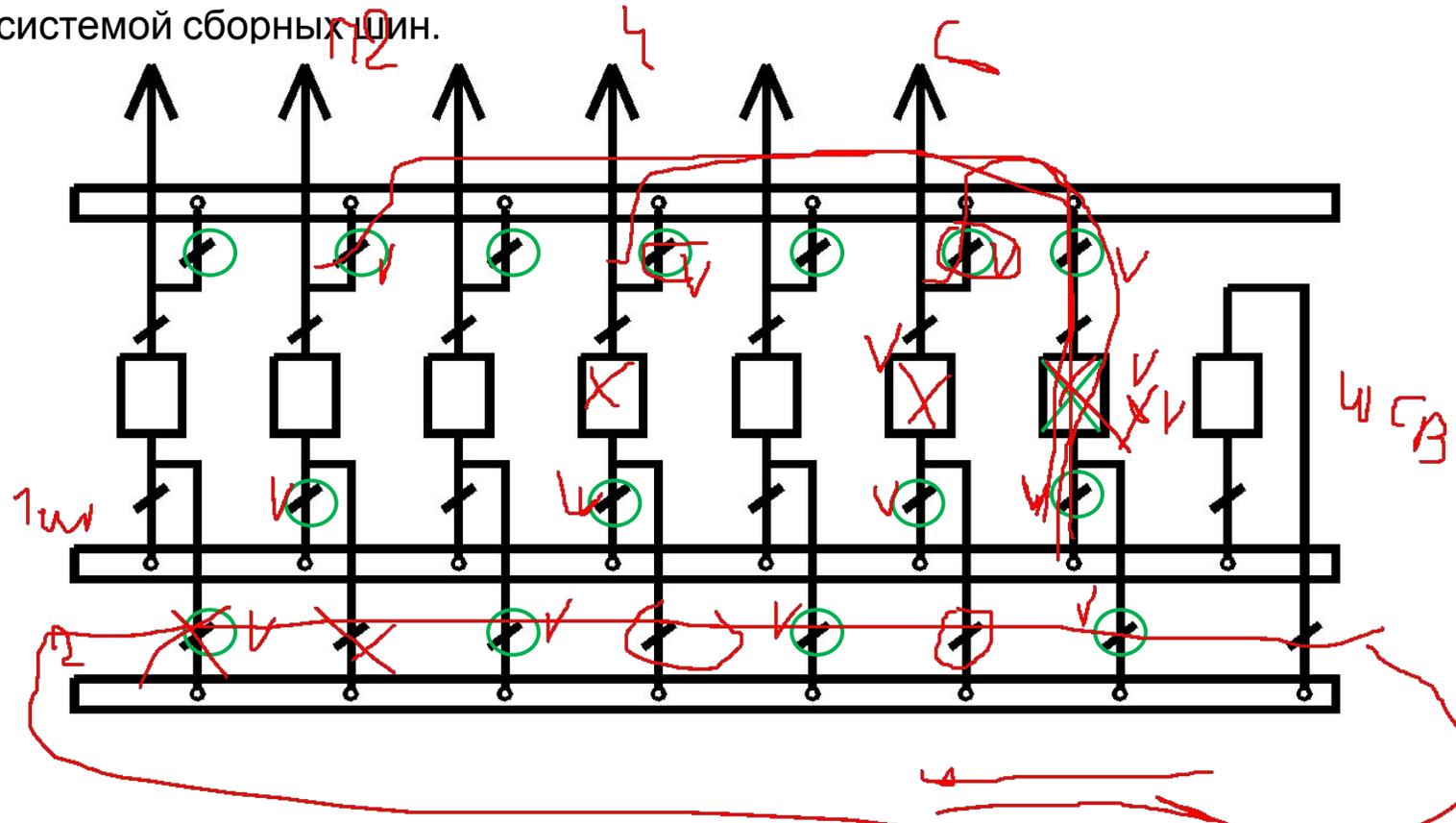
Две рабочие системы сборных шин с обходной системой сборных ШИН

В нормальном состоянии схема «живет» в состоянии одиночной секционированной и, по-прежнему, любое внутреннее повреждение приводит к потере всех присоединений связанных с системой сборных шин.



Нормальная

Ремонтная

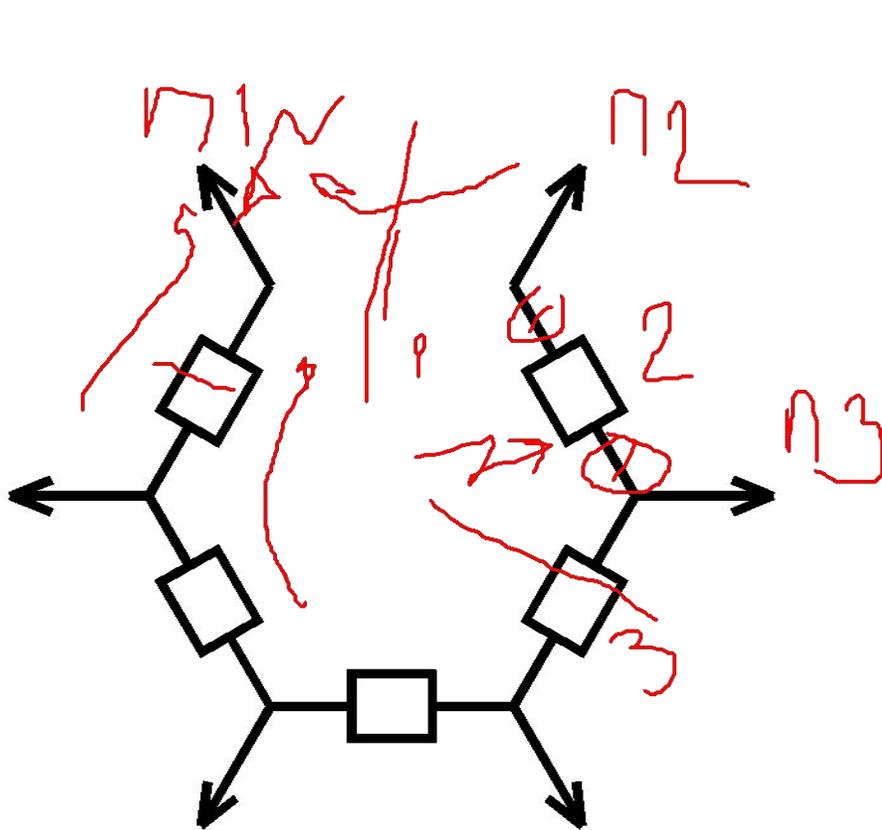


Следует отметить, что с ростом надежности оборудования распределительных устройств, недостатки этой структуры ослабевают, а достоинства - усиливаются.

Схемы с двухкратным принципом подключения присоединений

(присоединение коммутируется двумя выключателями).

Родоначальником данного класса является схема многоугольника – двухсвязная симметричная структура.



Основные достоинства:

- высокая экономичность;
- наглядность;
- устойчивость к внутренним повреждениям

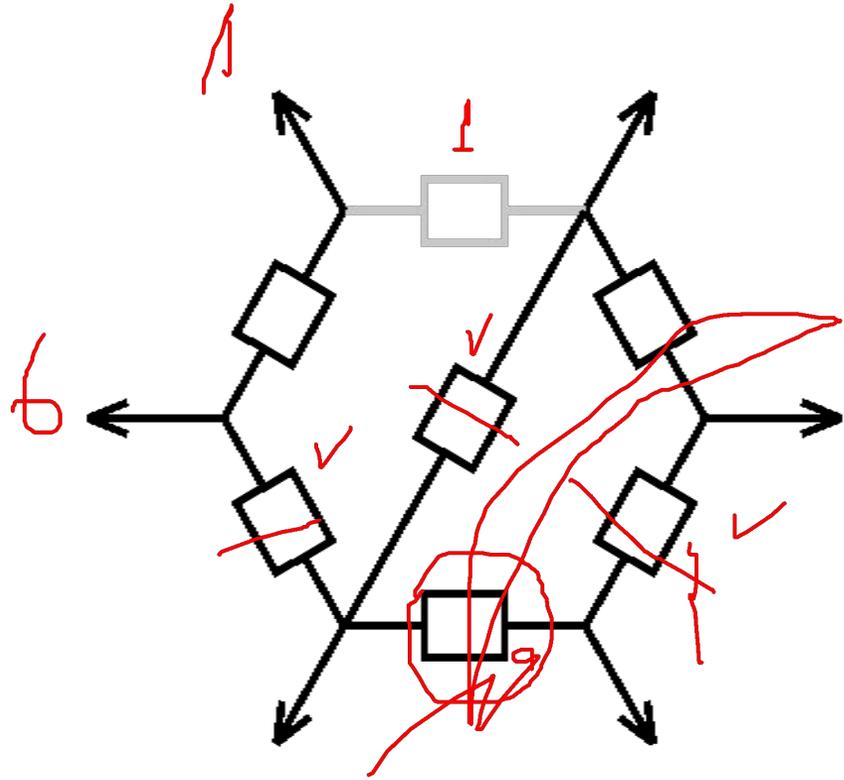
Основной недостаток – резкое изменение конфигурации схемы при ремонтах любого оборудования кольца.

Схема из кольцевой превращается в разомкнутую цепочку. В этот период любое повреждение может привести к тяжелым последствиям.

Схемы с двухкратным принципом подключения присоединений

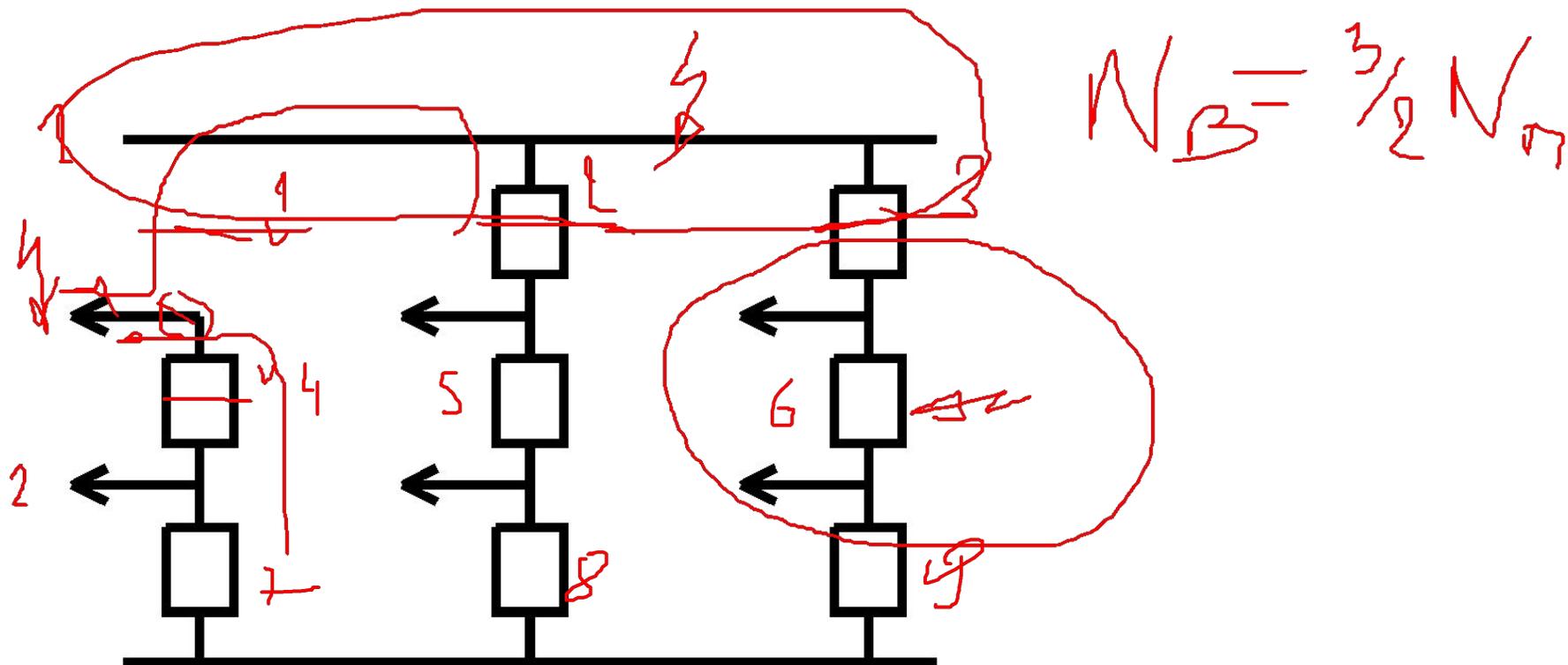
(присоединение коммутируется двумя выключателями).

Родоначальником данного класса является схема многоугольника – двухсвязная симметричная структура.

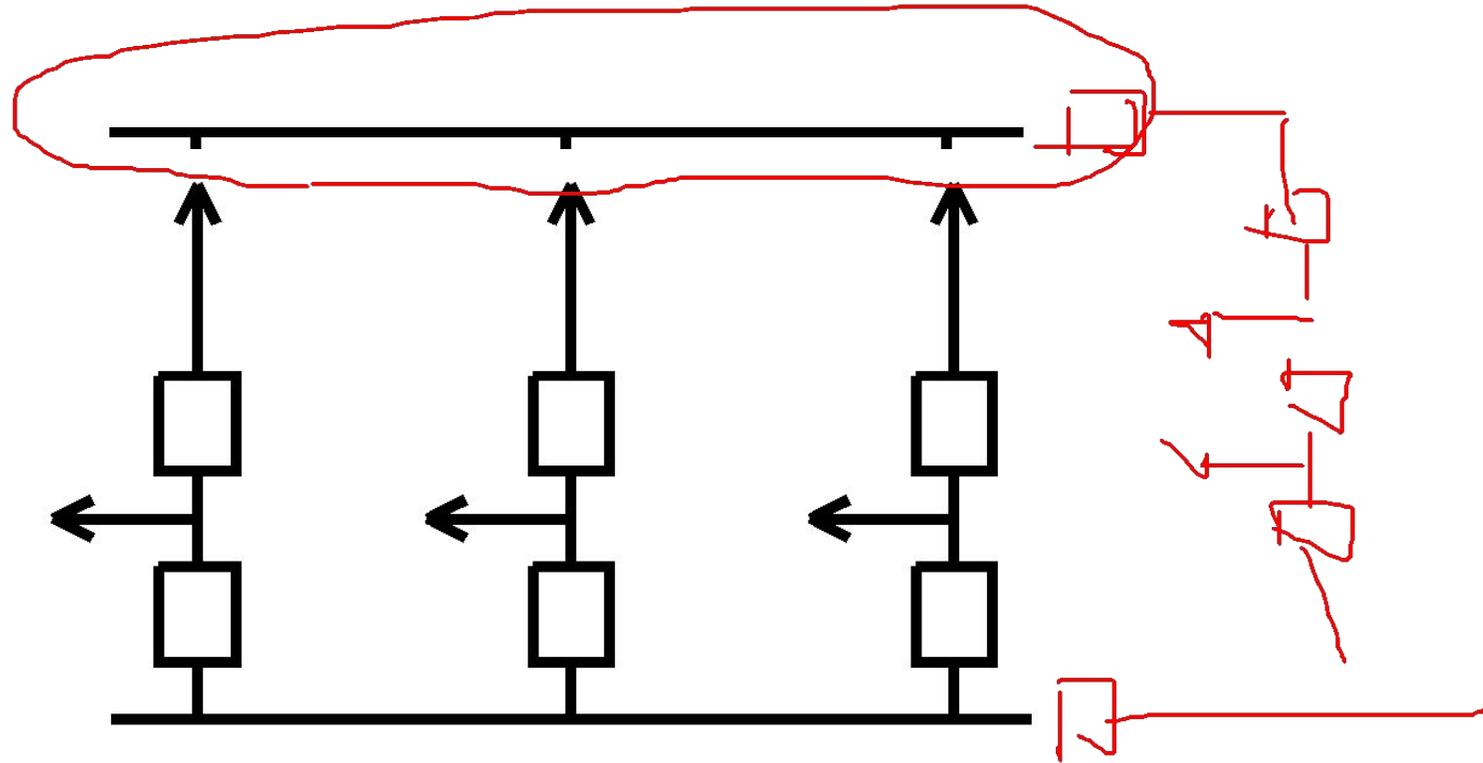


Ввод диагонали

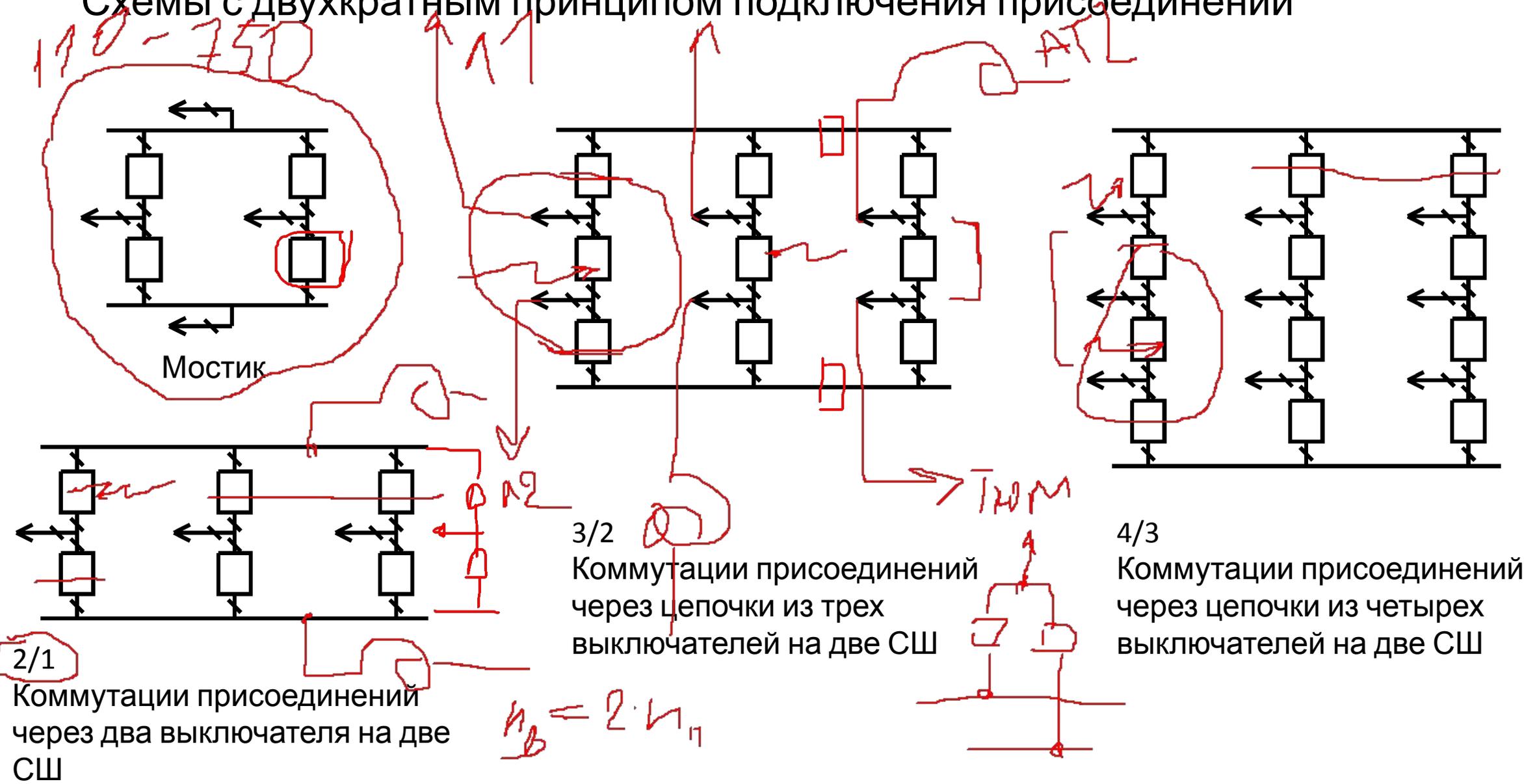
Применяемые в настоящее время для высоких классов напряжения схемы "3/2" и "4/3" являются, по сути, схемами смежных многоугольников. Существенное увеличение числа выключателей не устраняет, а ослабляет основной недостаток. При ремонтах выключателей снижается надежность не всех, а части присоединений (размыкается не все кольцо, а только его часть).



При ремонтах систем сборных шин размыкаются все кольца и снижается надежность всех присоединений.

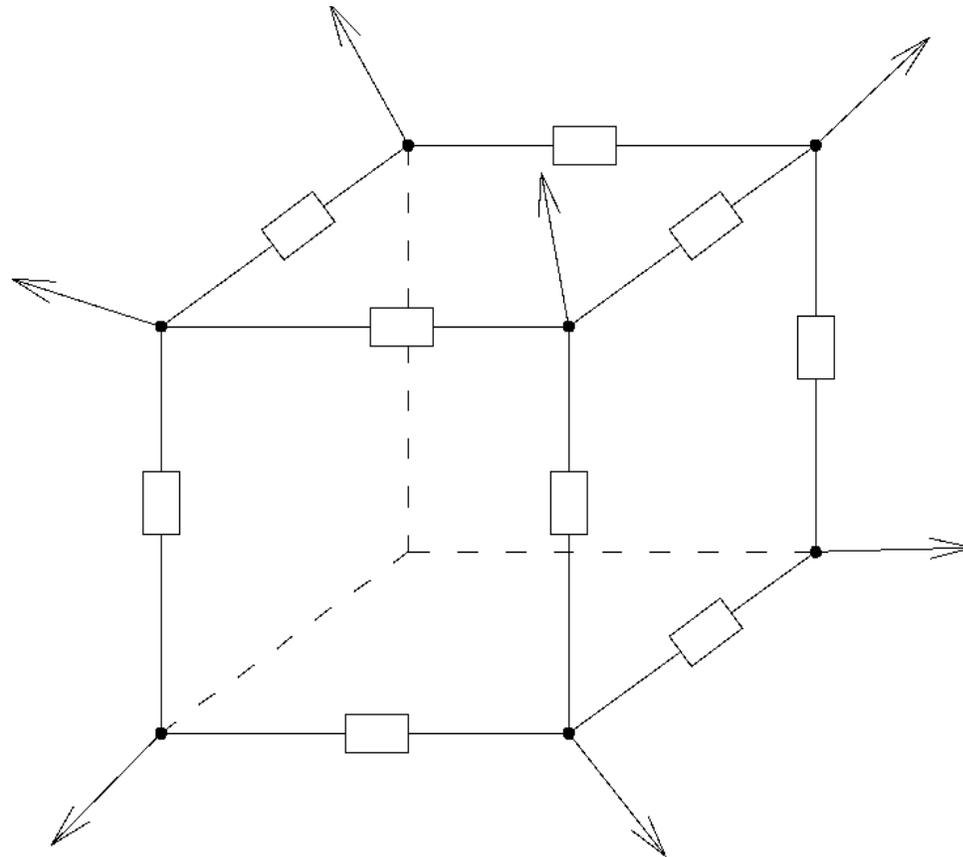


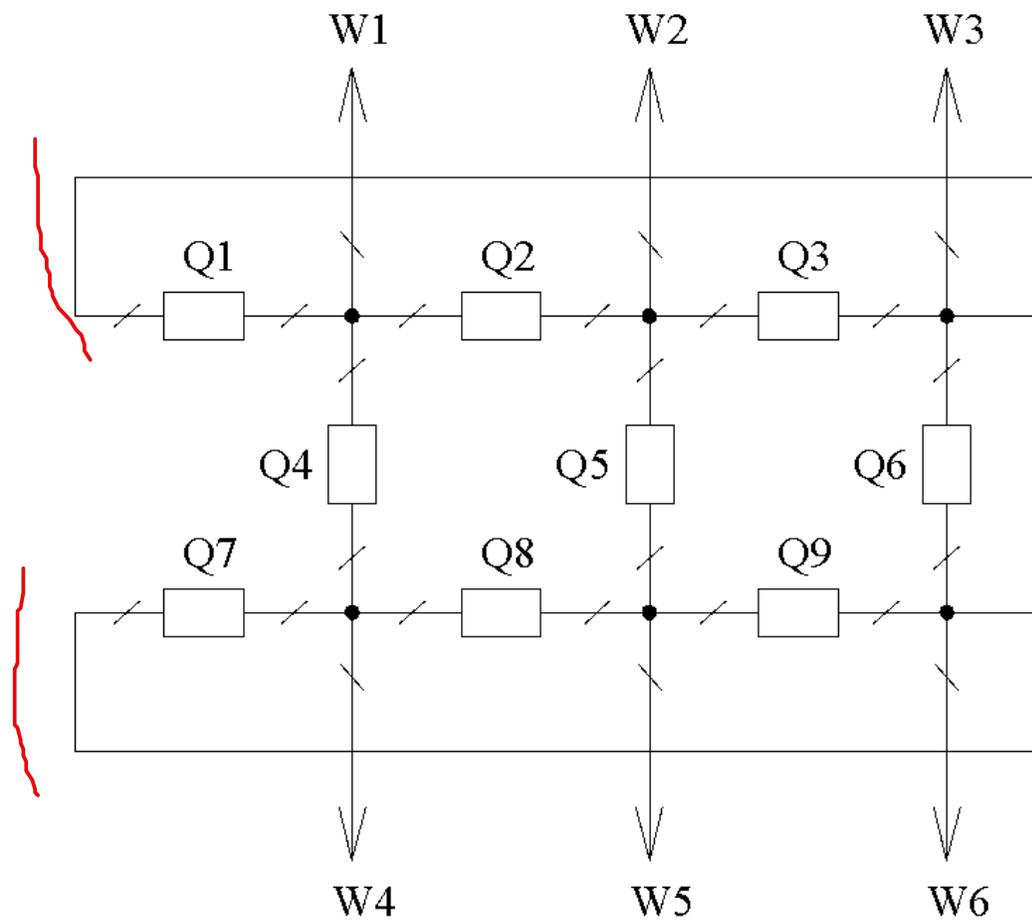
Схемы с двухкратным принципом подключения присоединений



Схемы с трехкратным принципом подключения присоединений (присоединение коммутируется тремя выключателями).

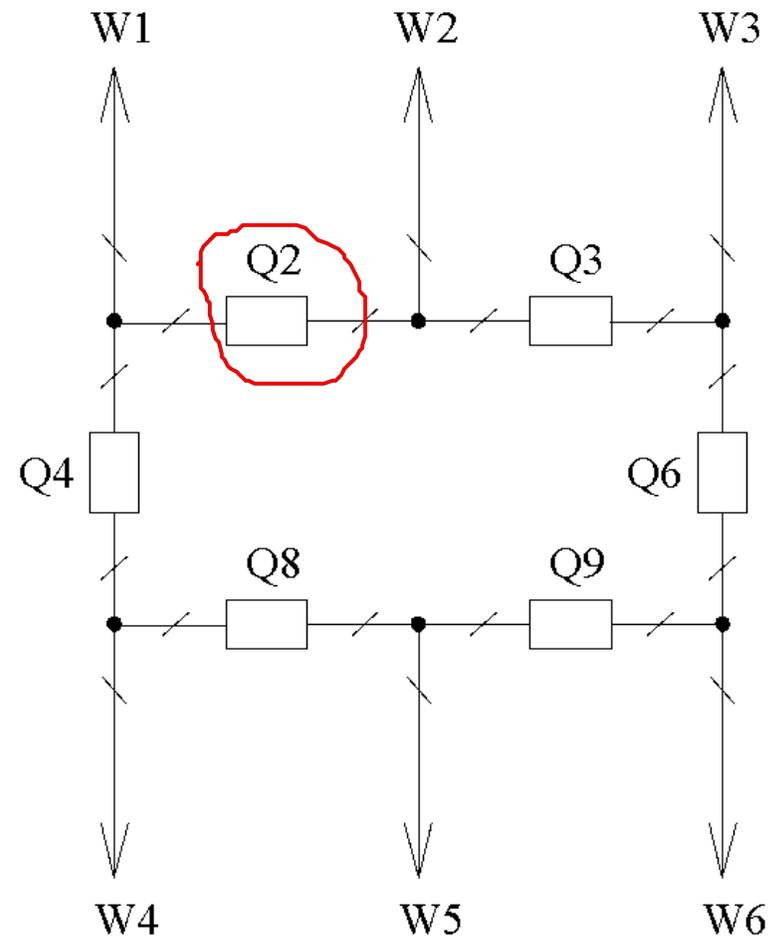
Родоначальником данного класса является куб – трехсвязная симметричная структура.

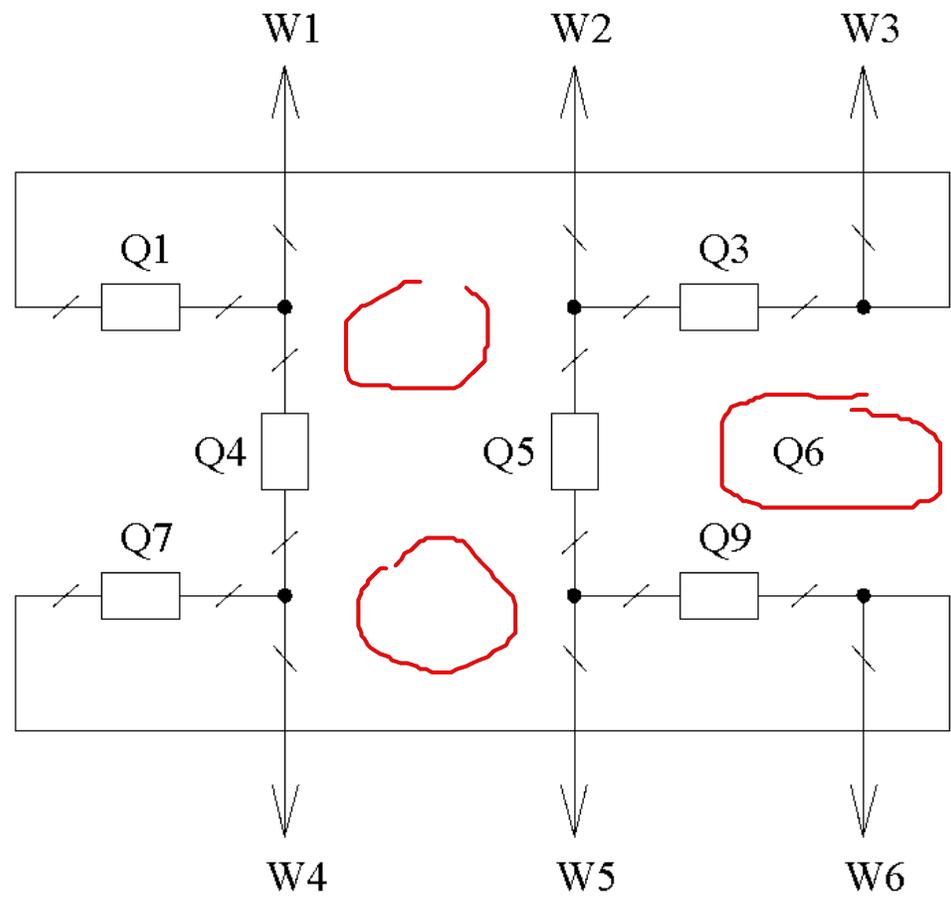




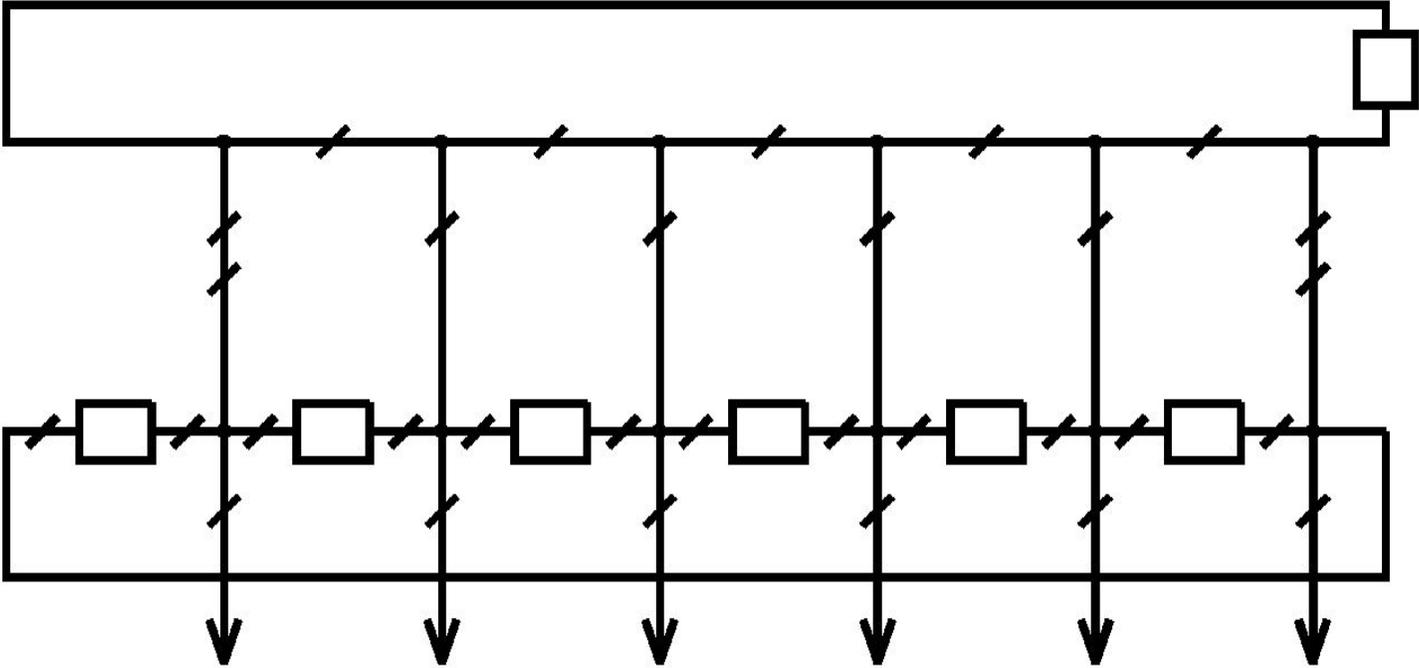
Отказ W2 – отключаются Q2, Q3 и Q5

Отказ Q5 – отключаются Q2, Q3, Q8 и Q9 – на время оперативных переключений теряются W2 и W5



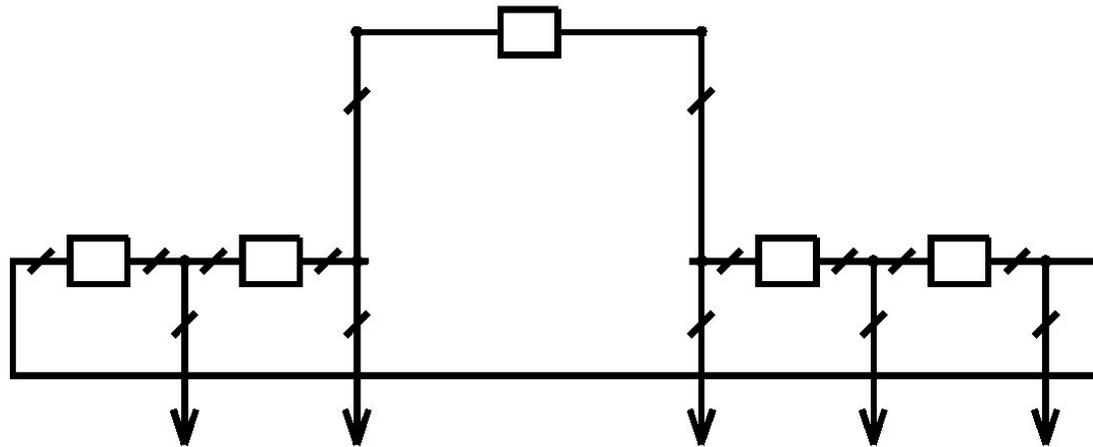


Многоугольник с подменным выключателем

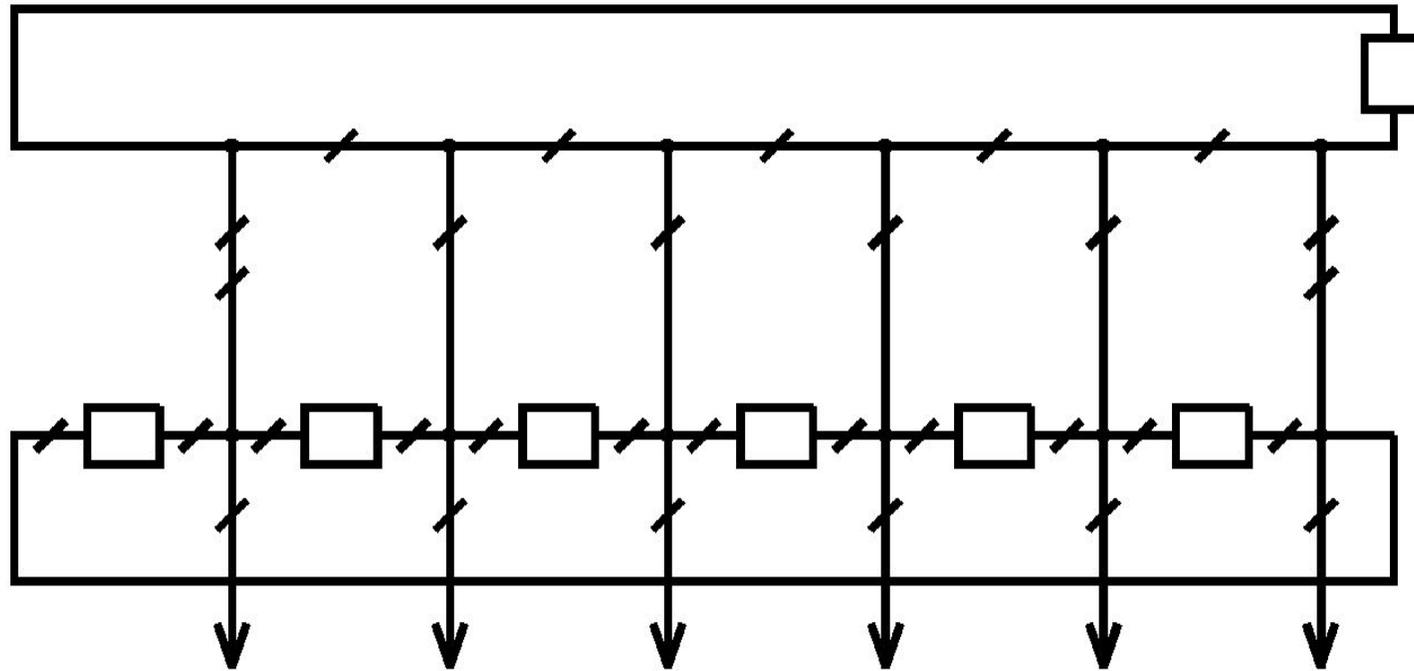


В нормальном состоянии схема «живет» в режиме многоугольника и кроме того:

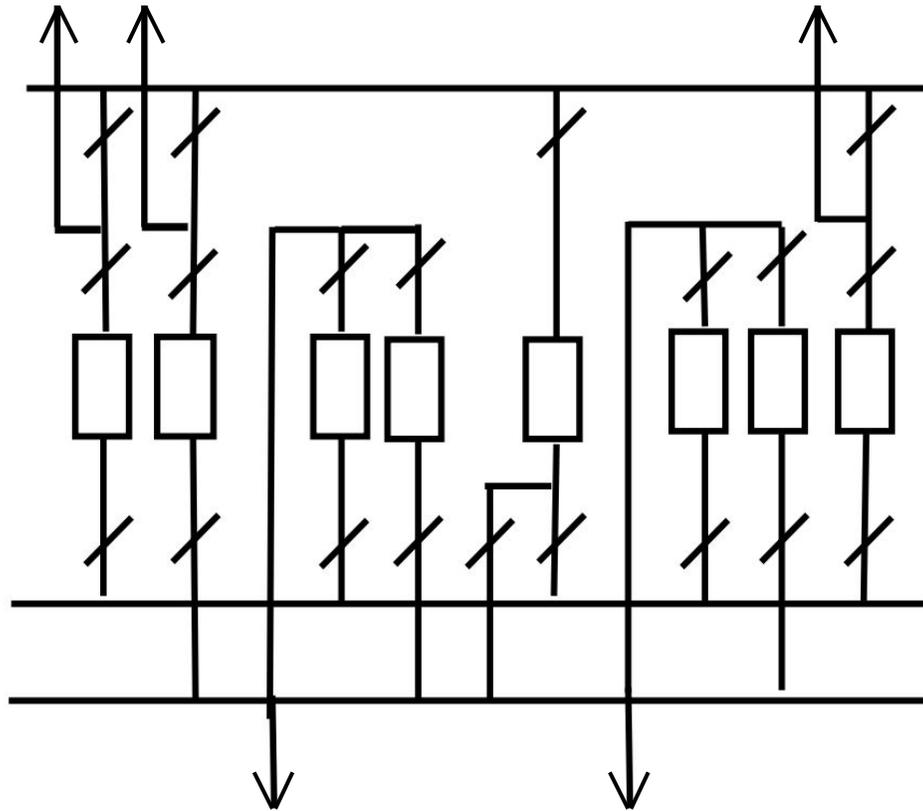
- вновь добавленное оборудование отключено от схемы, а, следовательно, не снижает надежность в нормальном режиме работы;
- ремонт любого выключателя кольца происходит с сохранением многоугольника.
- ремонт любого оборудования схемы (в том числе и вновь добавленного) можно проводить с сохранением многоугольника.



Ремонты любого оборудования происходят без снижения надежности соединений. Данным свойством не обладает ни одна из известных схем.



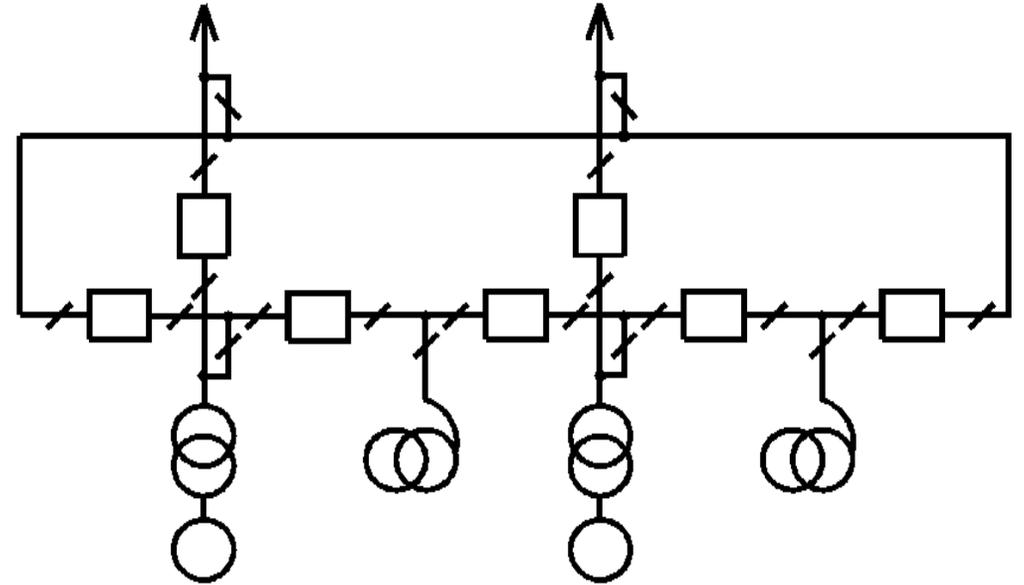
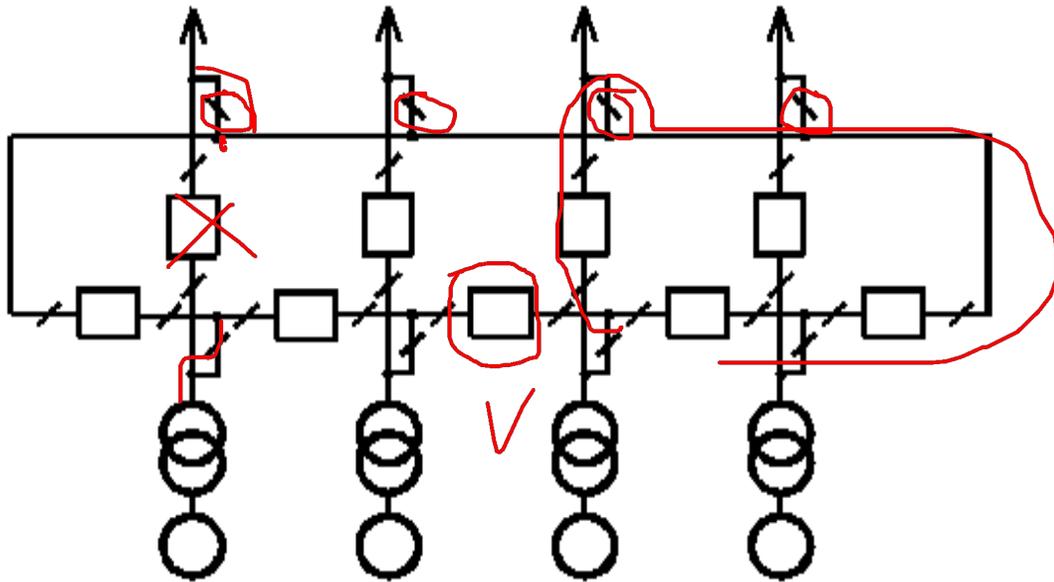
Комбинированный принцип подключения присоединений



Одна рабочая, секционированная выключателями, и обходная системы шин с подключением трансформаторов к секциям шин через развилку из выключателей

Комбинированный принцип подключения присоединений

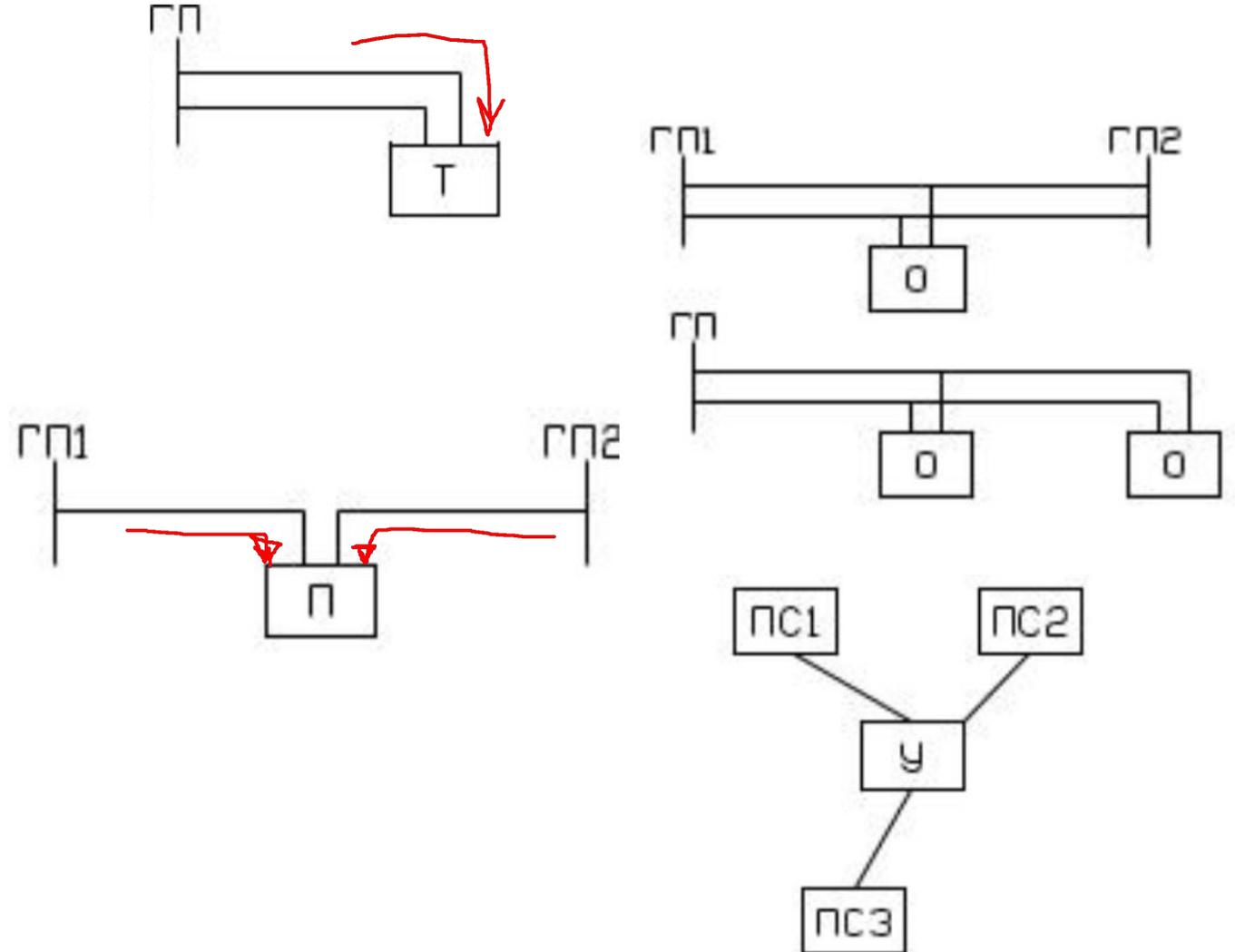
генератор - трансформатор – линия с уравнительно-обходным многоугольником (ГТЛ с УОМ)



Схемы электрических соединений подстанций

Классификация подстанций

- Тупиковые ПС
- Ответвительные ПС
- Проходные ПС
- Узловые ПС



Схемы для тупиковых и ответвительных ПС

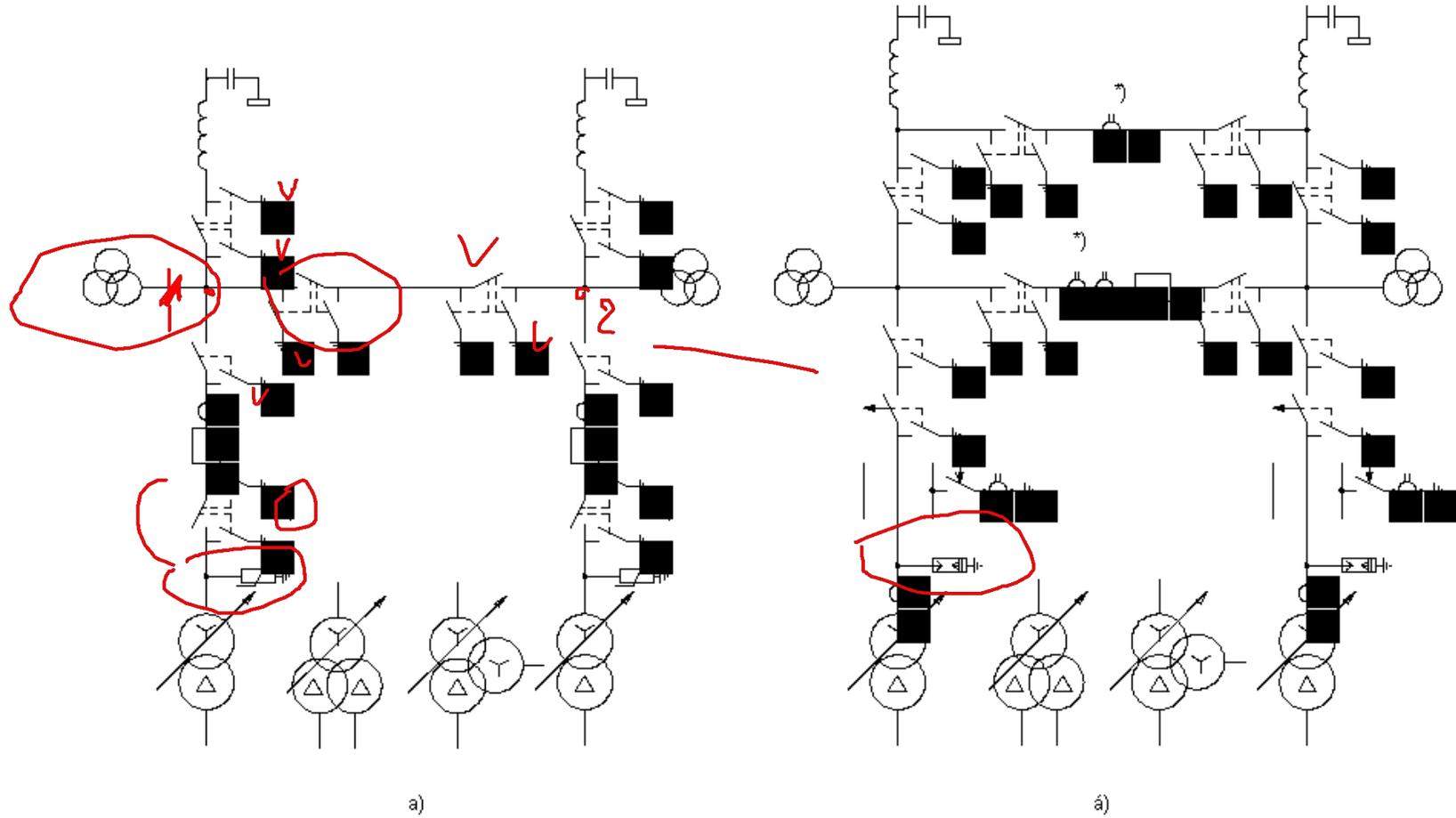
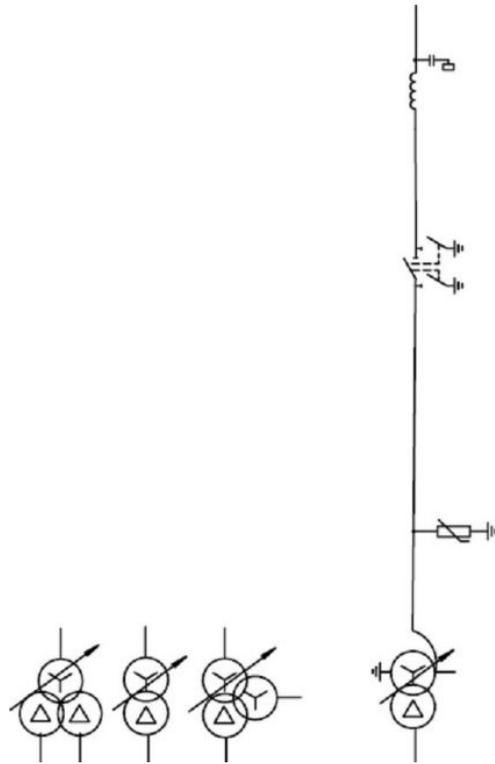
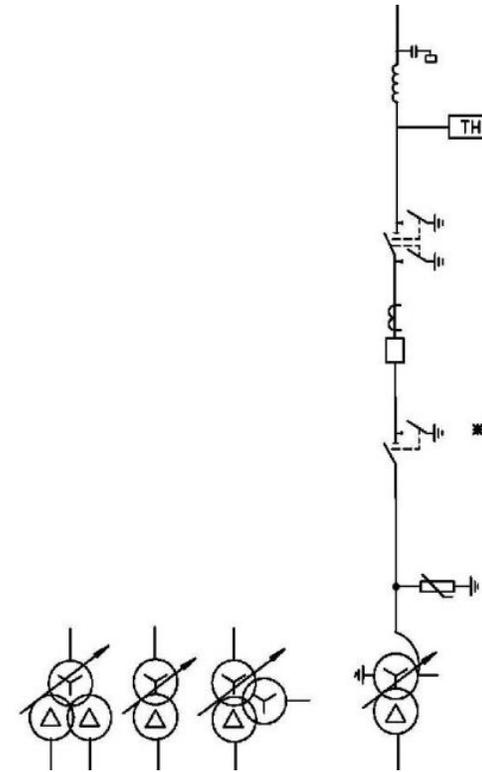


Рис.2.6. а) НПС в тупиковом ПС. Аппараты в ПС должны быть защищены от короткого замыкания. Для защиты от короткого замыкания, в ПС должны быть установлены аппараты защиты (АВР, РЗА), которые должны быть защищены от короткого замыкания. б) НПС в ответвительном ПС. Аппараты в ПС должны быть защищены от короткого замыкания. Для защиты от короткого замыкания, в ПС должны быть установлены аппараты защиты (АВР, РЗА), которые должны быть защищены от короткого замыкания.

Схемы для тупиковых и ответвительных ПС

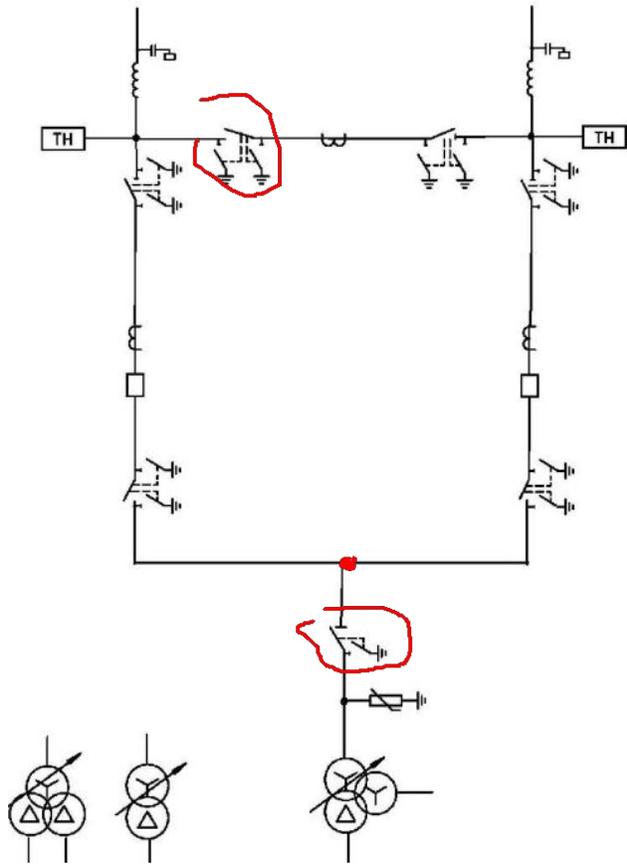


Блок (линия-трансформатор) с разъединителем

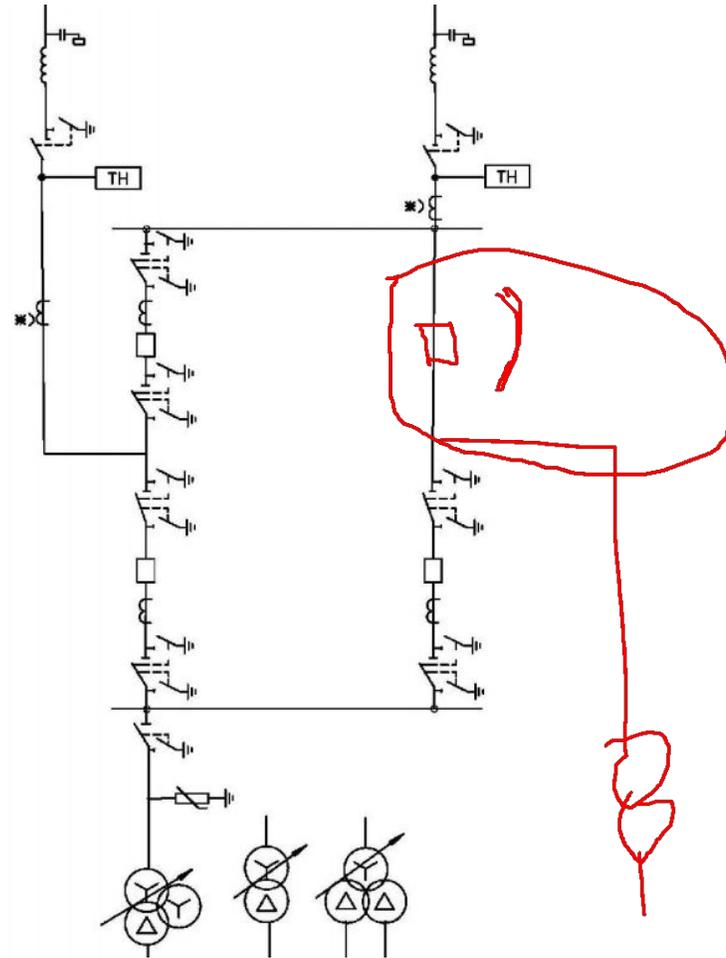


Блок (линия-трансформатор) с выключателем

Схемы для проходных ПС

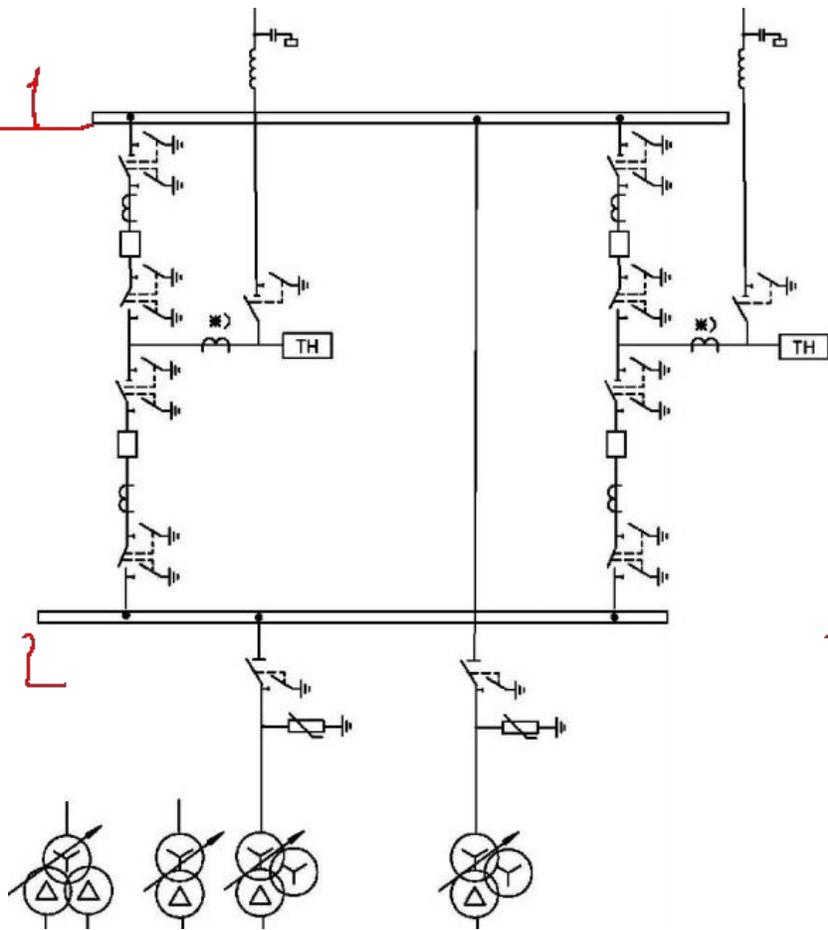


• Схема №110-6 – «Заход – Выход»



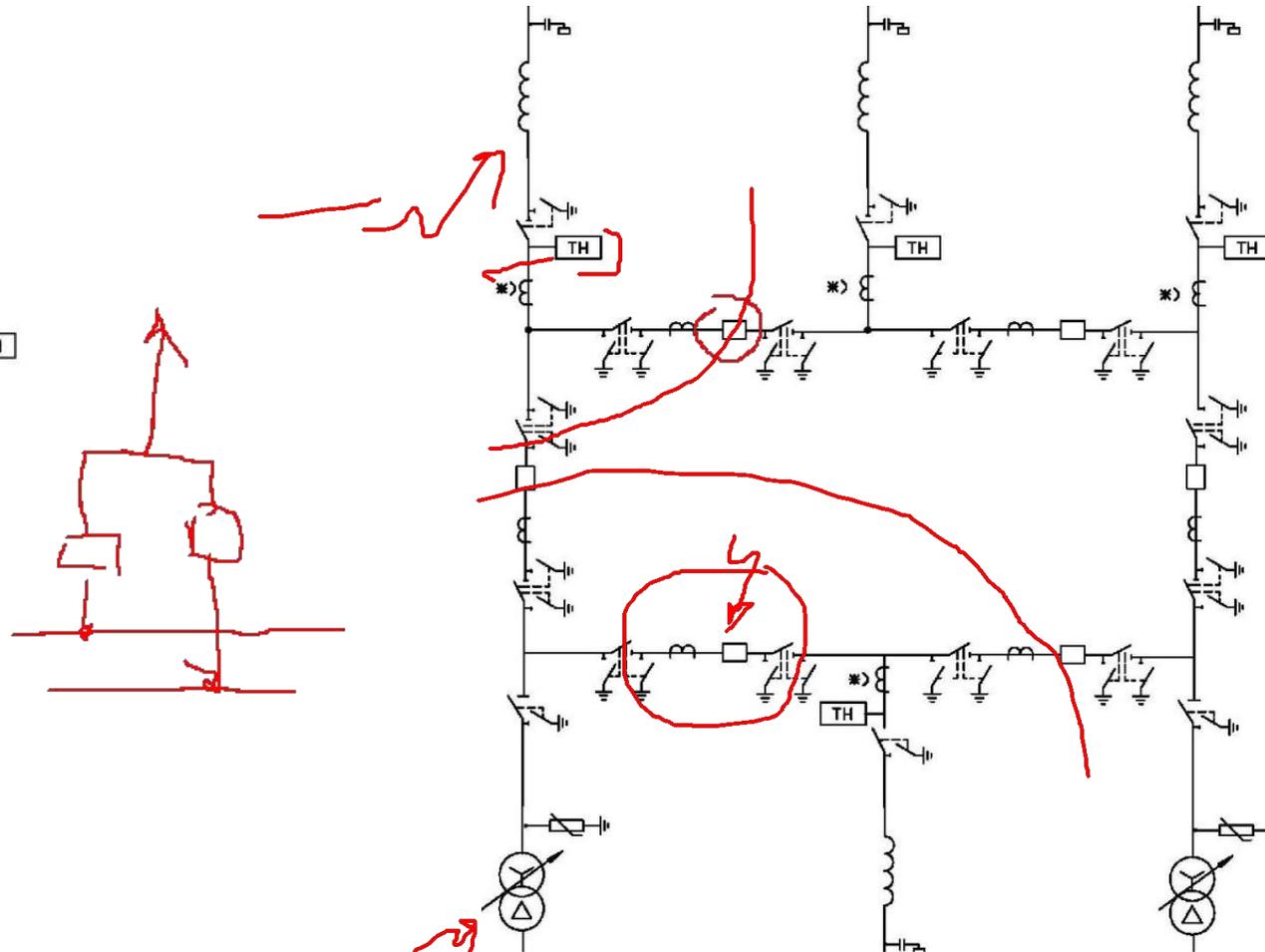
• Схема №110-6Н – «Треугольник»

Схемы для проходных ПС



- Схема №110-7 – «Четырехугольник»

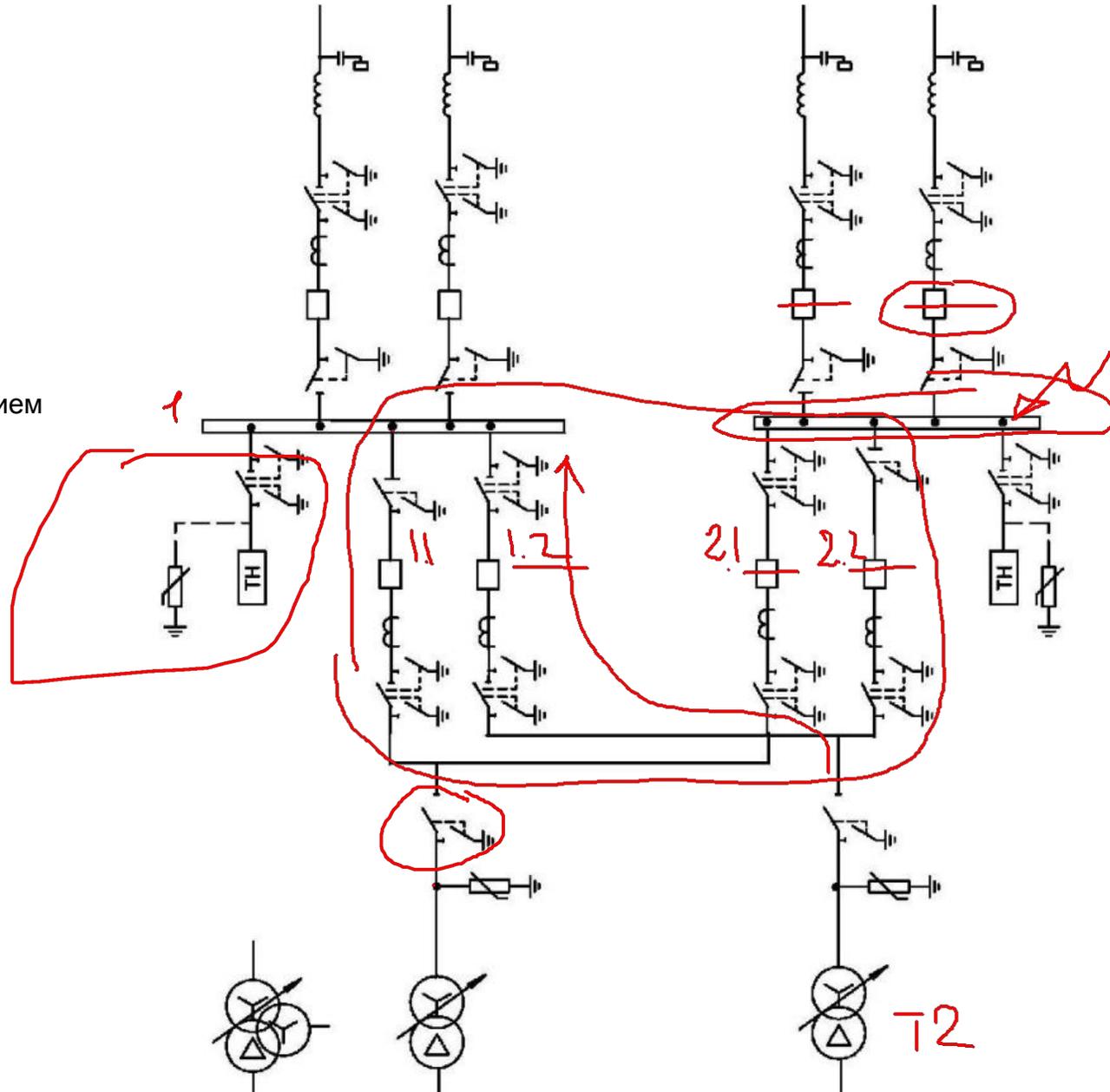
Схемы для узловых ПС



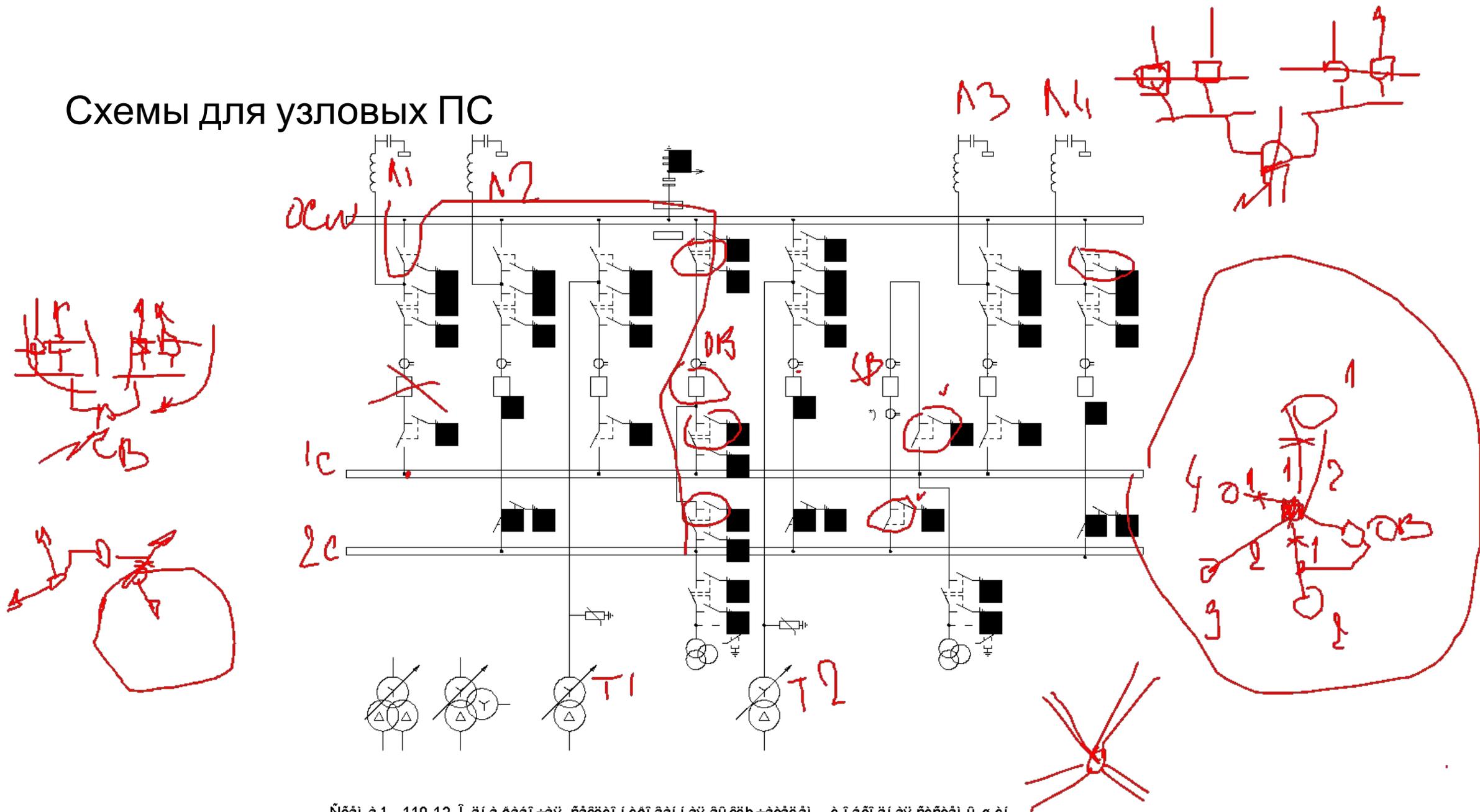
- Схема №110-8 – «Шестиугольник»

Схемы для узловых ПС

- Схема №110-9 – «Одна рабочая секционированная система шин с подключением трансформаторов через развилку из выключателей»

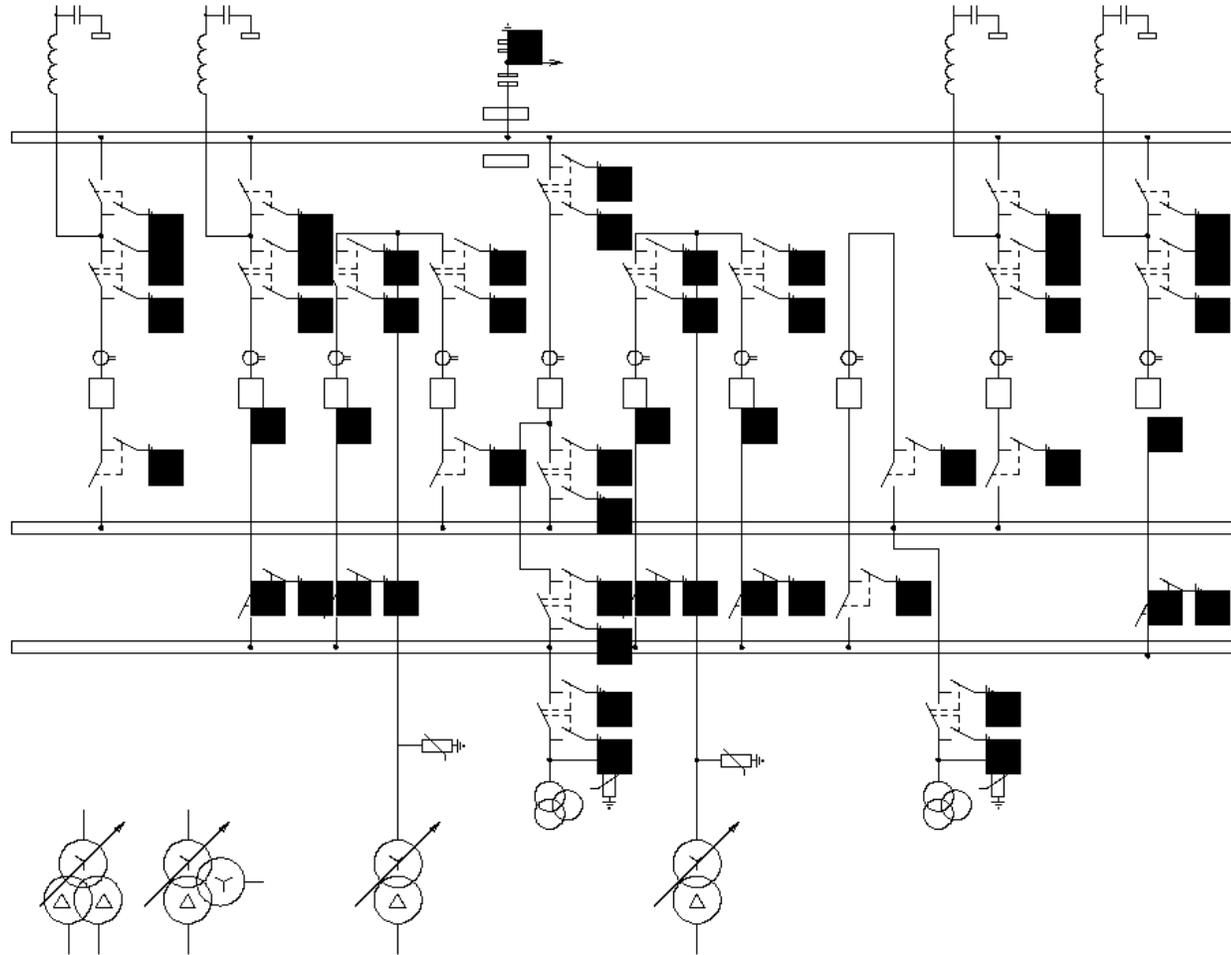


Схемы для узловых ПС



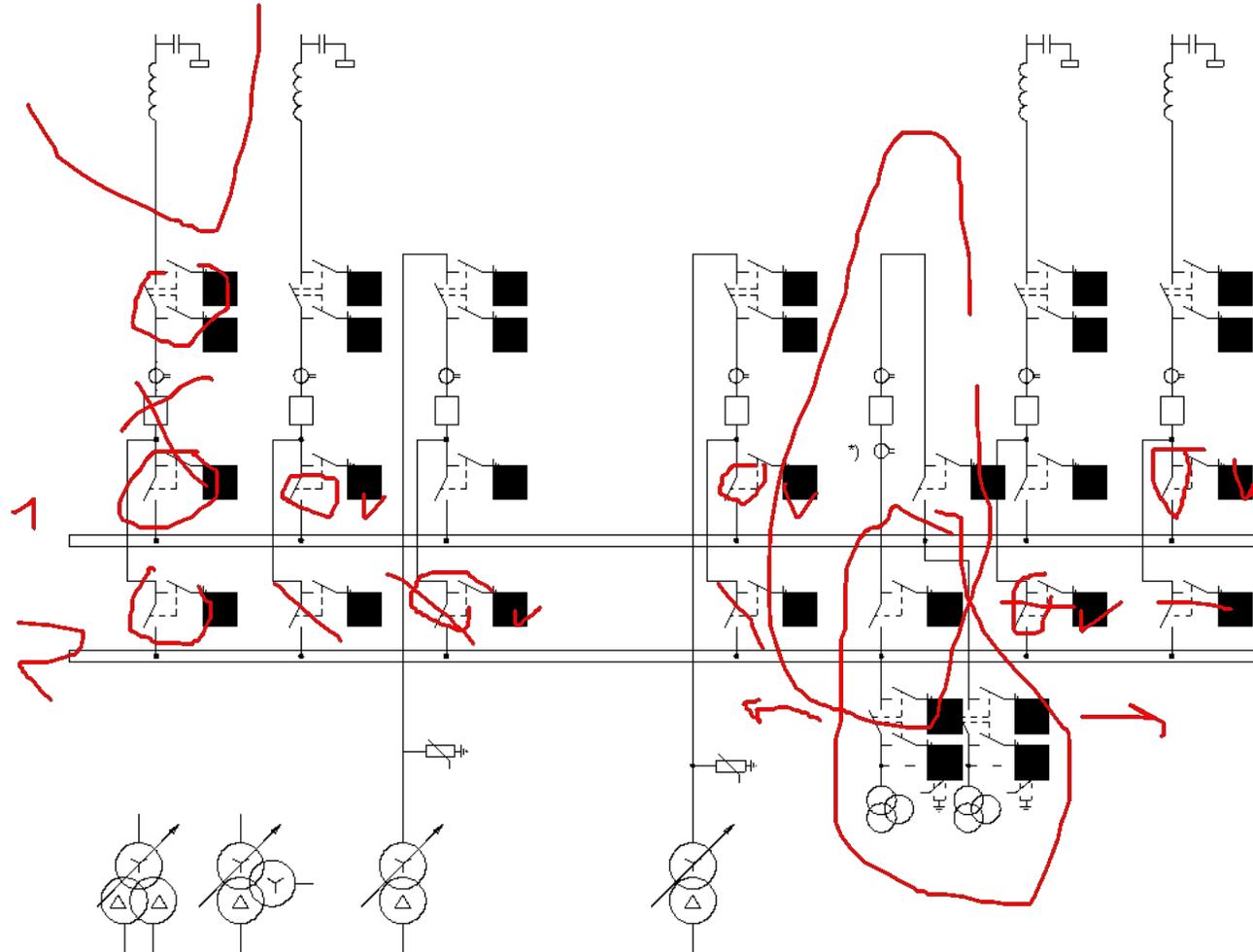
Ноги а 1 110-12.1 аі а оаіт +ау, наеоеі і еот ааі і ау ау еер +оаеаі , е т аоі аі ау неіоаі о о еі .
 і аі аоі аеі і ноу оіоаі і аеі і і і а о еі ао оіт +і уаоіу і ое еі і еоаі і і і оі аеоеі ааі ее.

Схемы для узловых ПС



Νόαι α¹ 110-121. Ἰ αἰ α δααἰ +αγ, ηἄεοεἰ εοἰ ααἰ γ αυ αυεερ +αοάεαἰ, ε ἰ αοἰ αἰ αγ ηεηοαἰ υ ο εἰ ηἰ τ αεερ +αἰ εαἰ
 οοαἰ ηο ἰ οἰ αοἰ οἰ α εἰ ααεἰ ηἄεοεγἰ ο εἰ +αοάε 2 αυ εερ +αοάεγἰ. (Οοάαοάοἰ αἰ ηἰ τ ααἰ εγ)
 ἰ αἰ αοἰ αεἰ ἰ ηοἰ οηοαἰ ἰ αεἰ ἰ ἰ ε Ὀ ἰ α ἰ ΝΟ οοἰ +ἰ γαοηγ ἰ οε εἰ εοαοἰ ἰ ἰ ἰ οἰ αεοεἰ ααἰ εε.

Схемы для узловых ПС

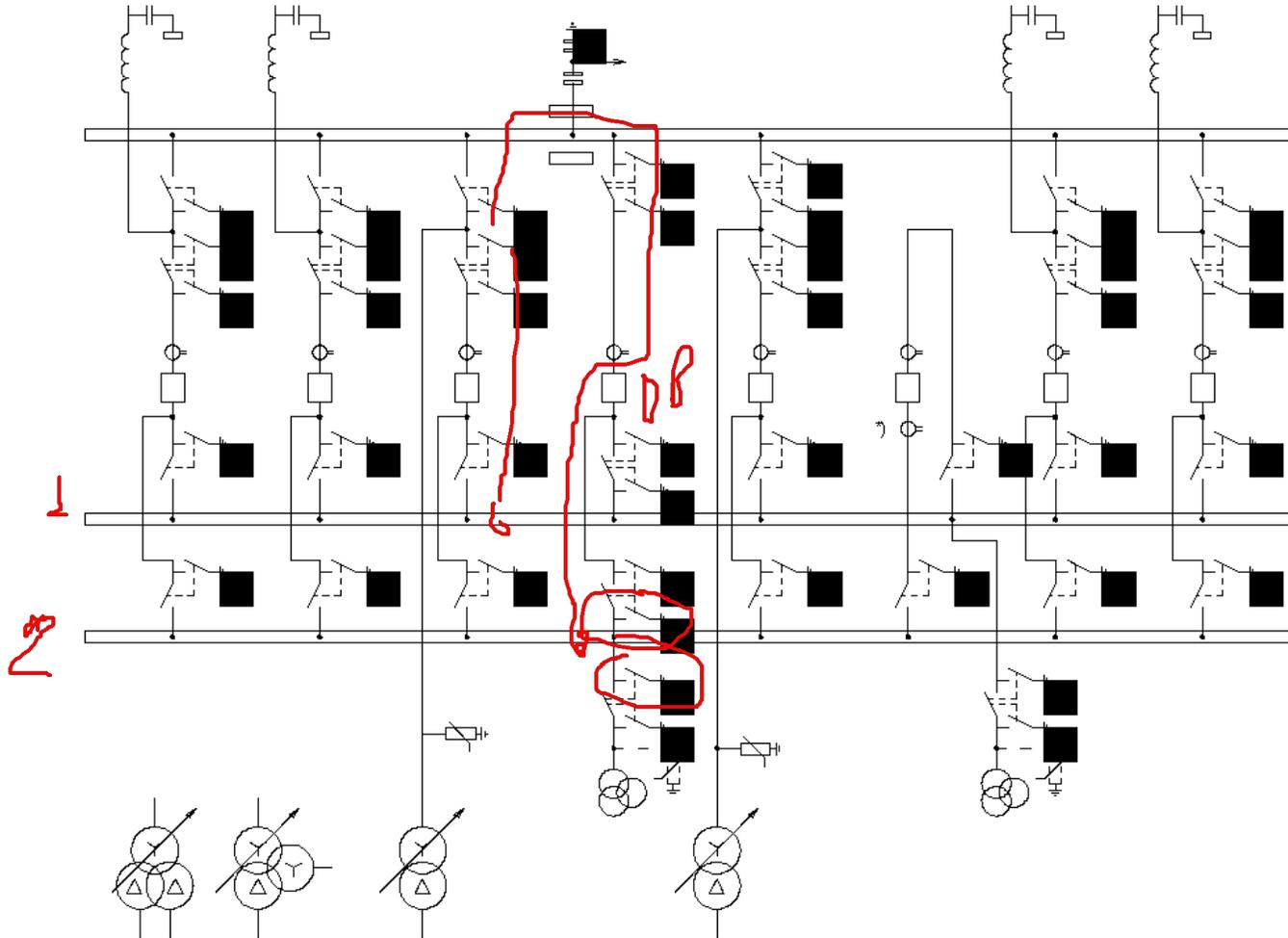


Нóаи а ' 110-13. Ááá óааи +еá ñеñóаи ù ø еи.

Óаи ñó тóи аóи óи óи еá, тóи á-áи (ó á *), оñóаи аáеéаар оñý тóе ñи тóаóиоáор ù áи тáи ñи тáаи еé.

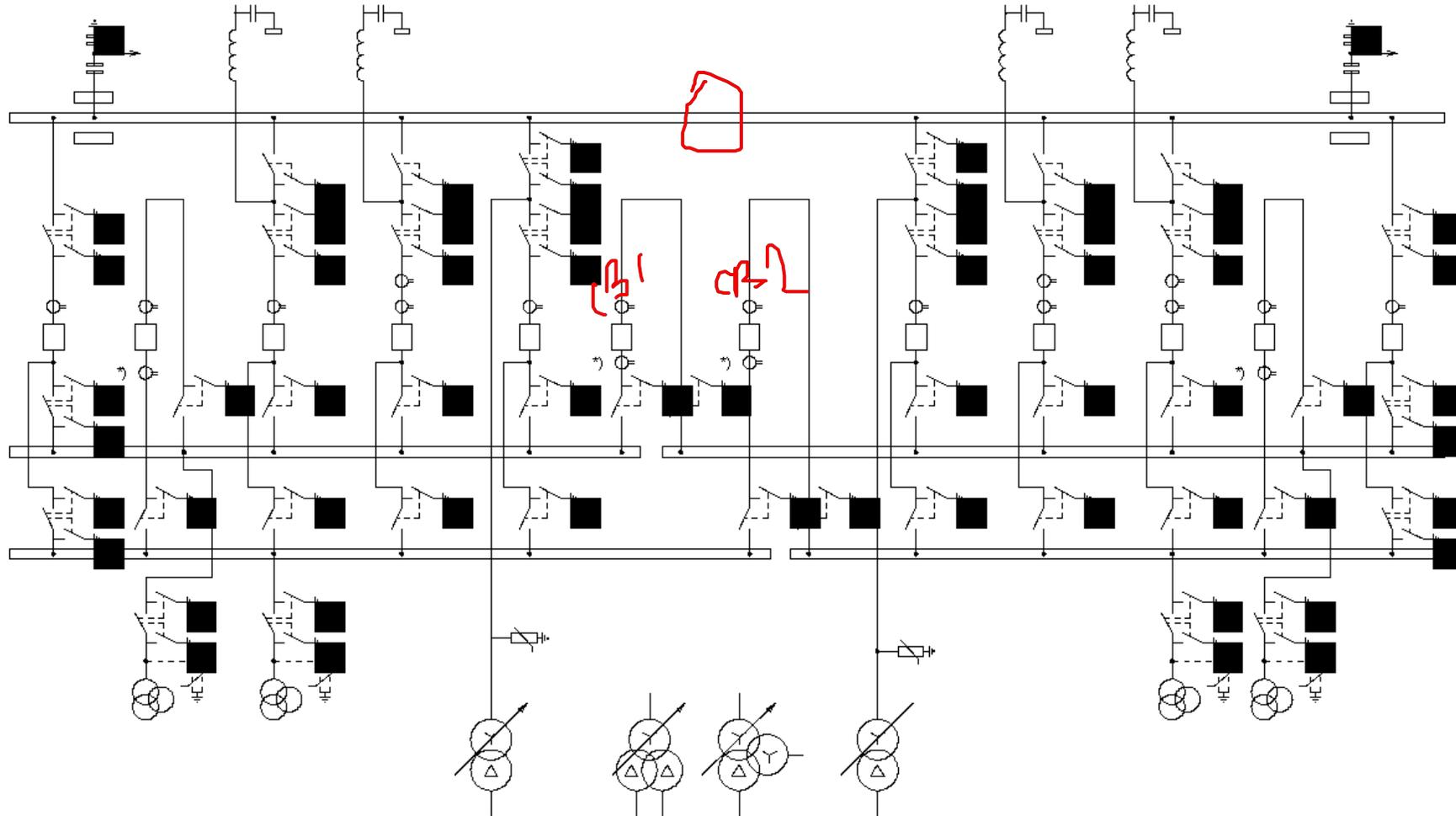
í áи аóи áеи тñóи оñóаи тáеé тíí тá ø еи аó óи +í ýáóñý тóе еи тéóаи ти тóи áеéóи áаи еé.

Схемы для узловых ПС



Nõái à 1 110-13Í . Äää öaáí +eá è í áóí áí áý ñeñóái ù ø èí .
 Ööái ñó í òí áóí öú óí eá, í òí á+áí í ù á *), öñóái äääeaaþ öñý í öe ñí í öaaóñöaaþ ù áí í áí ñí í áaí èè .
 Í áí áóí äei í ñöu öñóái í äee í í í í á ø èí áó è Ö í á í NØ öóí +í ýáöñý í öe eí í öóáóí í í í òí äeeóí áaí èè .

Схемы для узловых ПС



Νόμοι α¹ 110-14. Άαα θααί +εά, ηάεοεί ί εοί ααί ί οά αο έεπ +αοάεγί ε, εί αοί αί άγ ηέηοάι ο ο εί η ααοί γ ί αοί αί οί ε ε ααοί γ
 ο εί ί ηί άαεί εοάεuí οί ε αο έεπ +αοάεγί ε.
 Οοάι ηό ί οί αοί οο οί έα, ί α ά-άί ί οά*), οηοάί αάεεάαπ οηγ ί οε ηί ί οαάοηοάοπ άί ί αί ηί ί ααί εε.
 ί άί αοί αεί ί ηοο οηοάί ί άεε ί ί ί ί α ο εί αο ε Οί ί αί ΝΟ οοί -ί γάοηγ ί οε εί ί εοάοί ί ί οί άεεοί άαί εε.

Схемы для узловых ПС

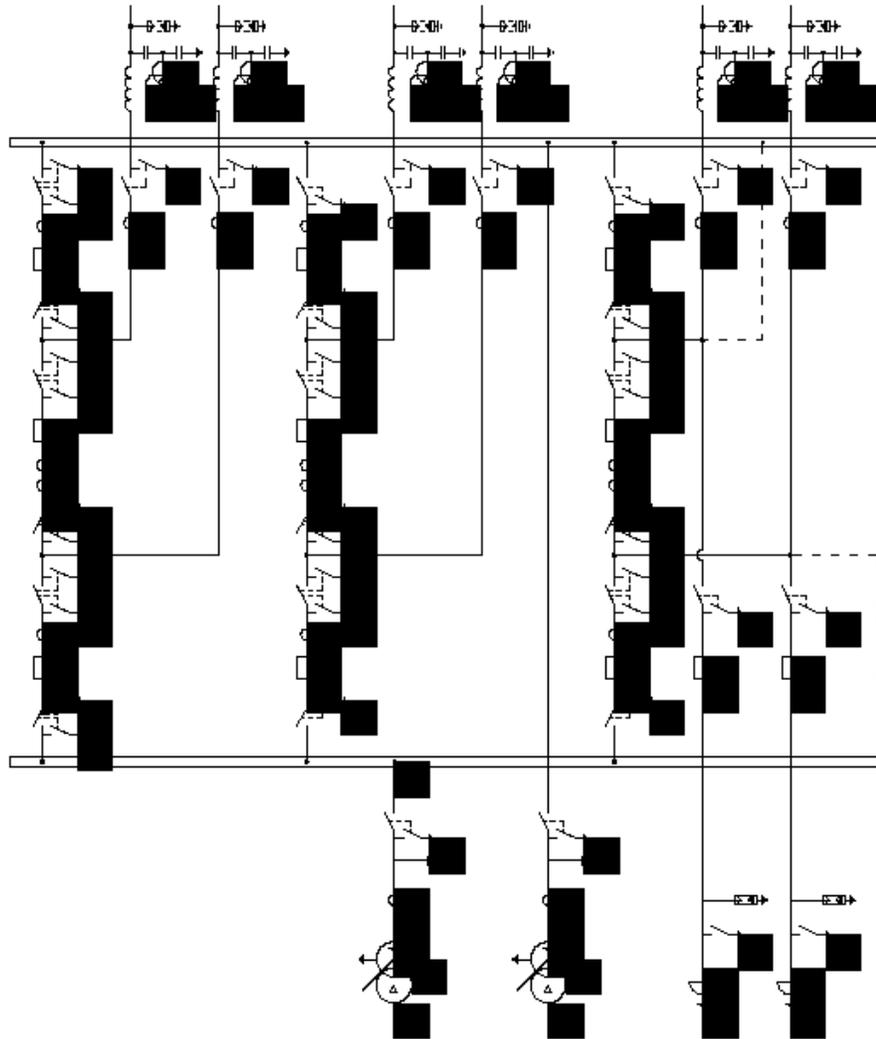
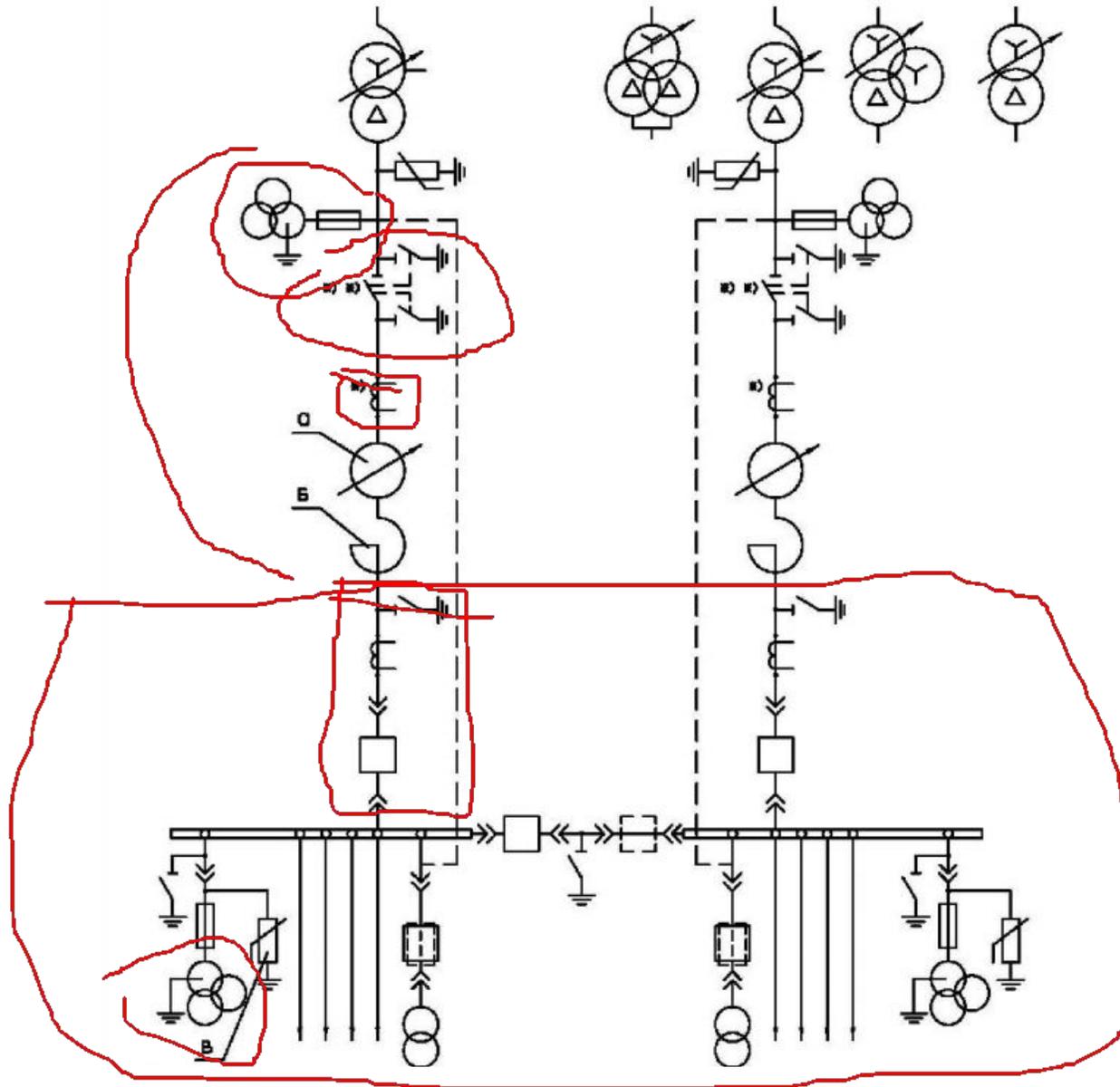
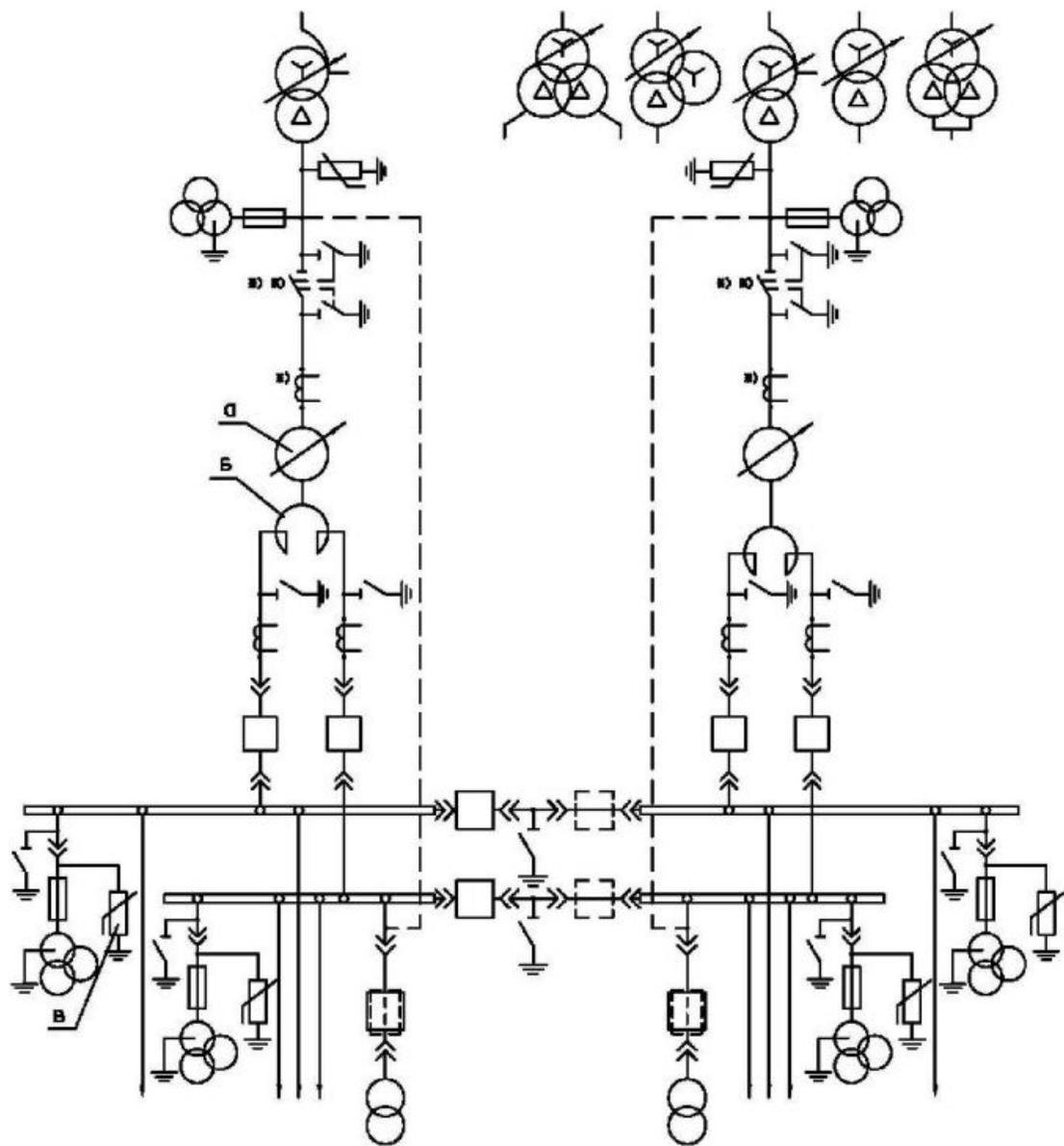


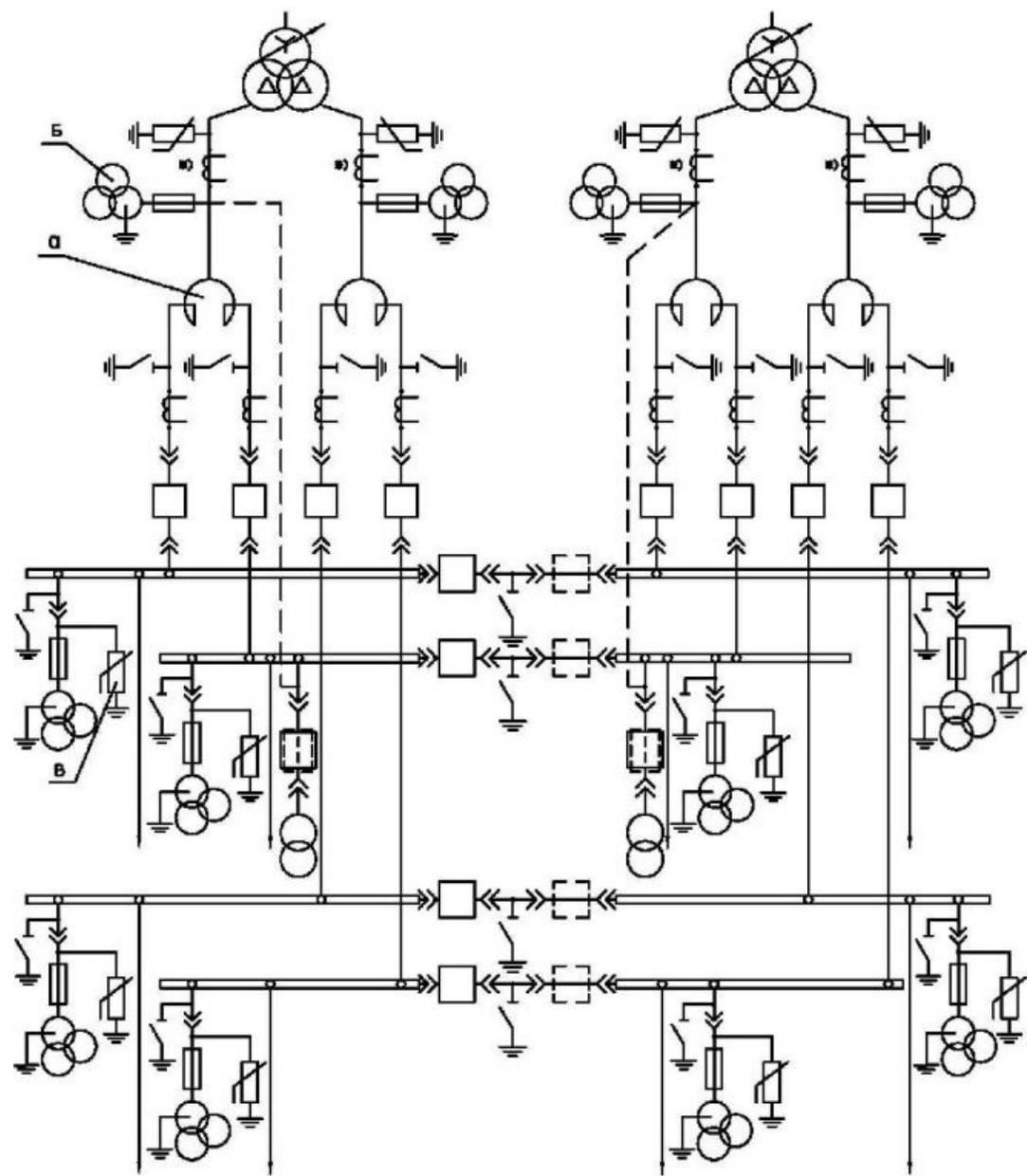
Рис. 2.13. Схема узла ПС. Цифры в кружках обозначают номера аппаратов. Цифры в квадратах обозначают номера шин. Цифры в треугольниках обозначают номера трансформаторов. Цифры в ромбах обозначают номера выключателей. Цифры в прямоугольниках обозначают номера разъединителей. Цифры в оvals обозначают номера трансформаторов тока. Цифры в кругах обозначают номера трансформаторов напряжения.



1. Необходимость установки элементов а,б,в, и второго секционного выключателя, а также тип защитного аппарата в цепи трансформатора СН определяются при конкретном проектировании.
2. При оперативном переменном и выпрямленном токе трансформатор СН присоединяется непосредственно к выводам трансформаторов (до выключателя, см. пункт).
3. Трансформаторы тока, отмеченные *), устанавливаются при соответствующем обосновании.
4. Разъединители, отмеченные **), устанавливаются только при наличии линейно-регулирующих трансформаторов.
5. Присоединения 10(6)кВ показаны условно без ТТ и других аппаратов.



1. Необходимость установки элементов а,б,в, и второго секционного выключателя, а также тип защитного аппарата в цепи трансформатора СН определяются при конкретном проектировании.
2. При оперативном переменном и выпрямленном токе трансформатор СН присоединяется непосредственно к выводам трансформаторов (до выключателя, см. пункт).
3. Трансформаторы тока, отмеченные *), устанавливаются при соответствующем обосновании.
4. Разъединители, отмеченные *)*), устанавливаются только при наличии линейно-регулирующих трансформаторов.
5. Присоединения 10(6) кВ показаны условно без ТТ и других аппаратов.

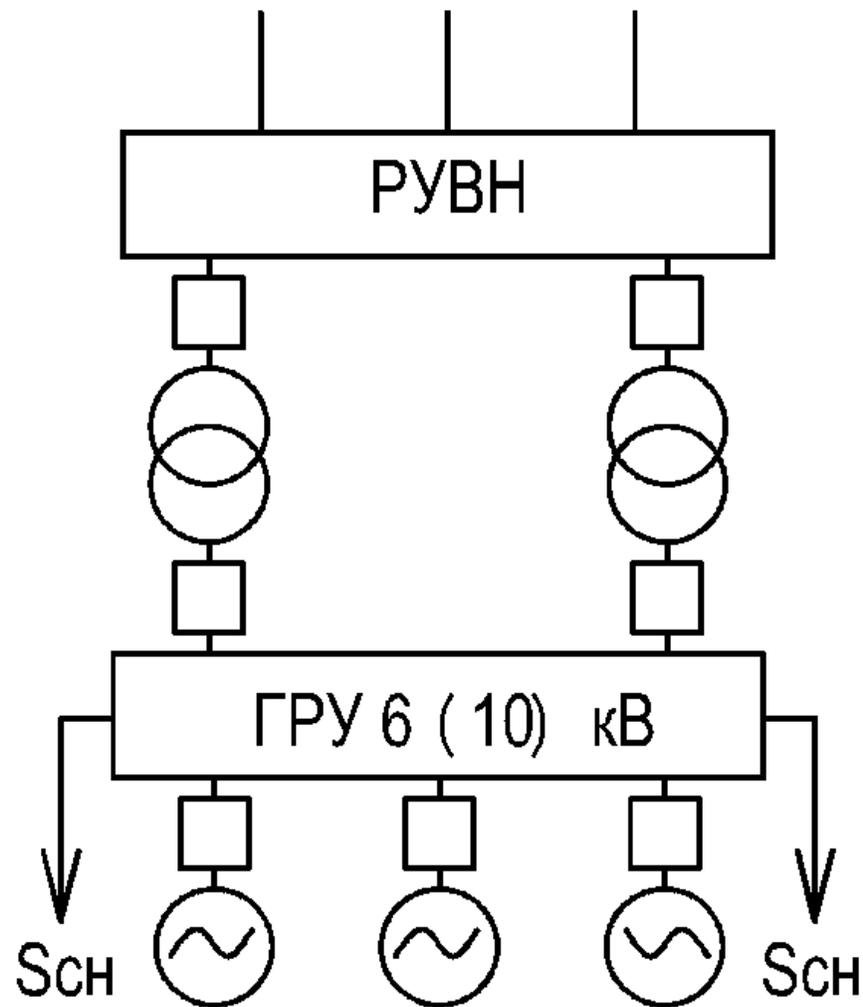
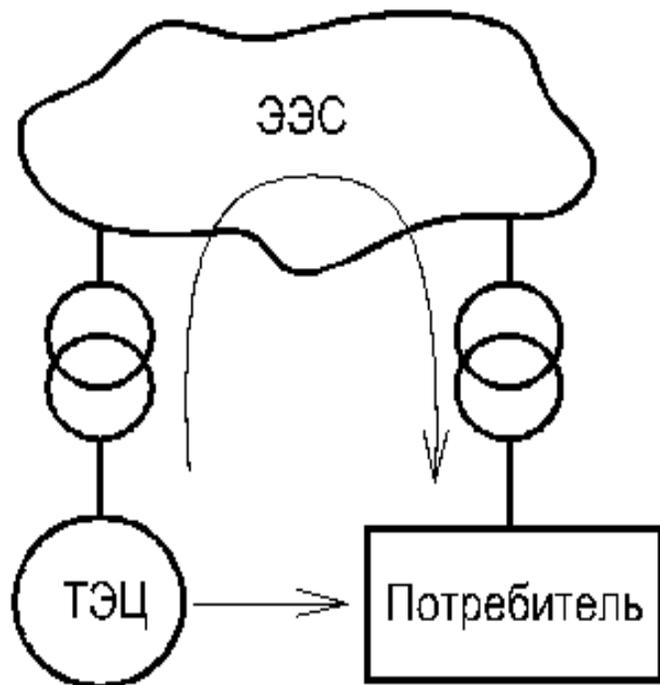


1. Необходимость установки элементов а,б,в, и второго секционного выключателя, а также тип защитного аппарата в цепи трансформатора СН определяются при конкретном проектировании.
2. При оперативном переменном и выпрямленном токе трансформатор СН присоединяется непосредственно к выводам трансформаторов (до выключателя, см. пункт 1).
3. Трансформаторы тока, отмеченные *), устанавливаются при соответствующем обосновании.
4. Присоединения 10(6) кВ показаны условно без ТТ и других аппаратов.

Электрические станции

Схемы электрических соединений тепловых станций с местной нагрузкой

ТЭЦ расположены близко к местам
электропотребления.



Структурные схемы ТЭЦ

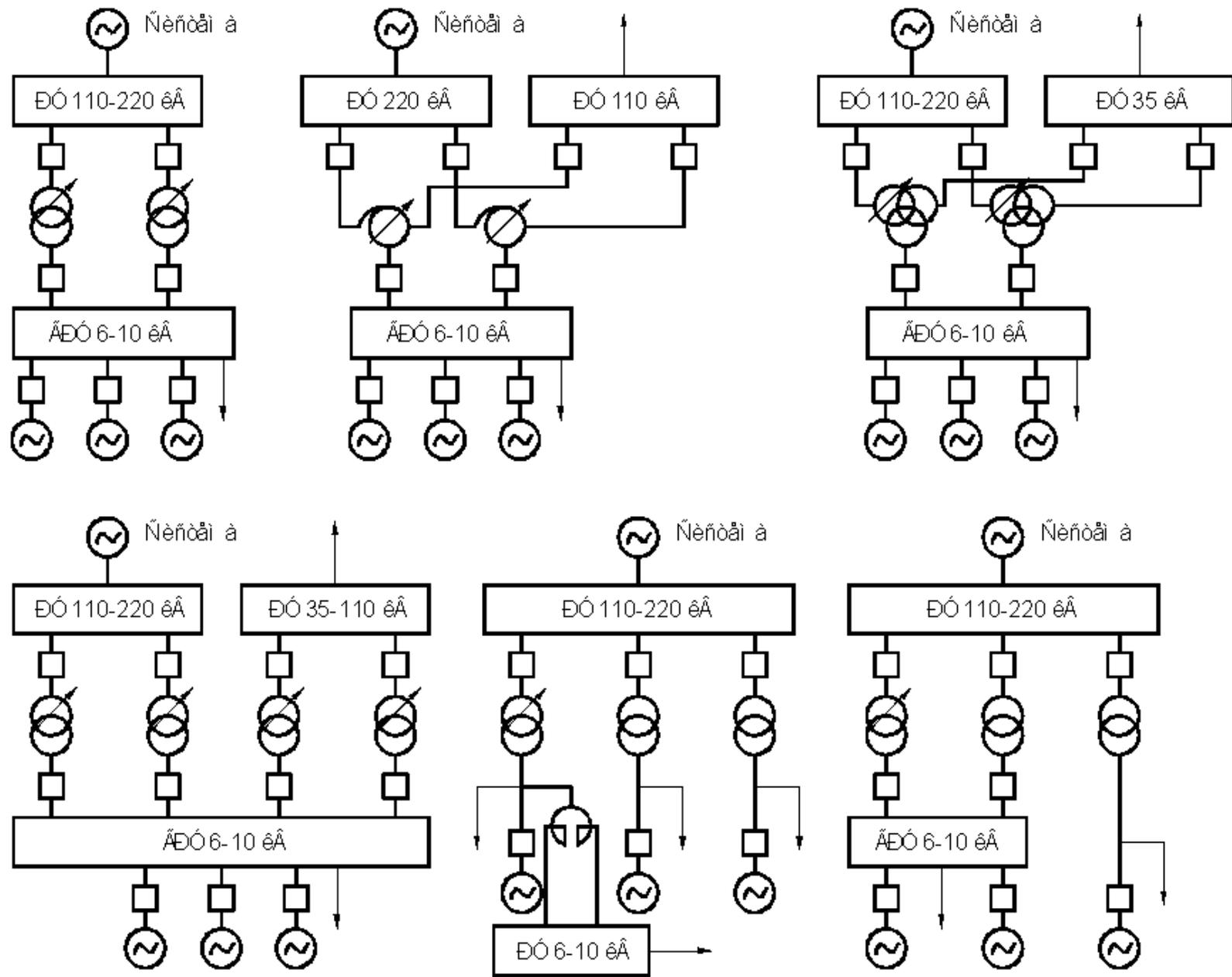
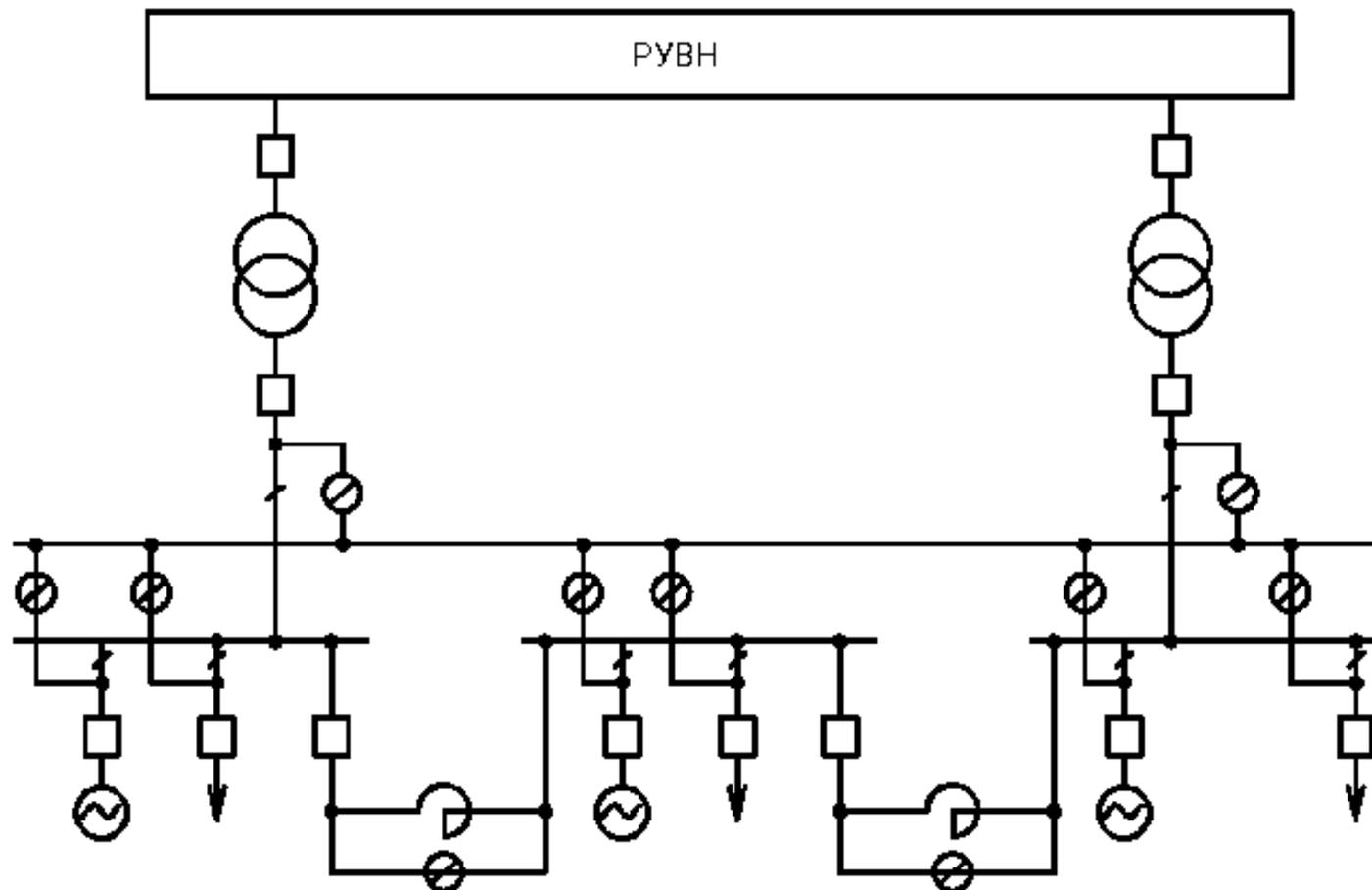


Схема Генераторного Распределительного Устройства ТЭЦ.

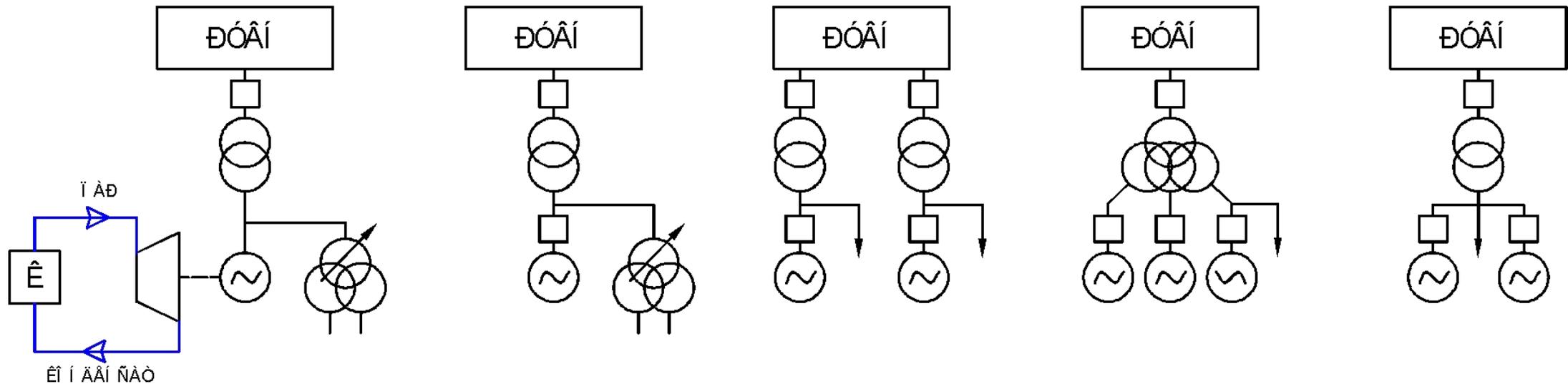


Электрические станции

Схемы районных электростанций (ГРЭС)

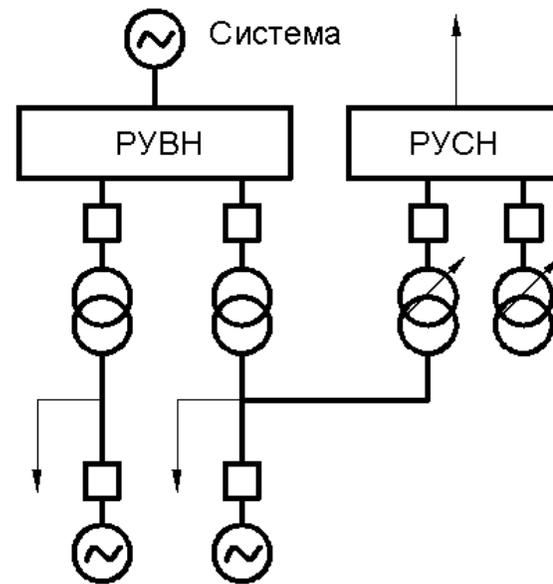
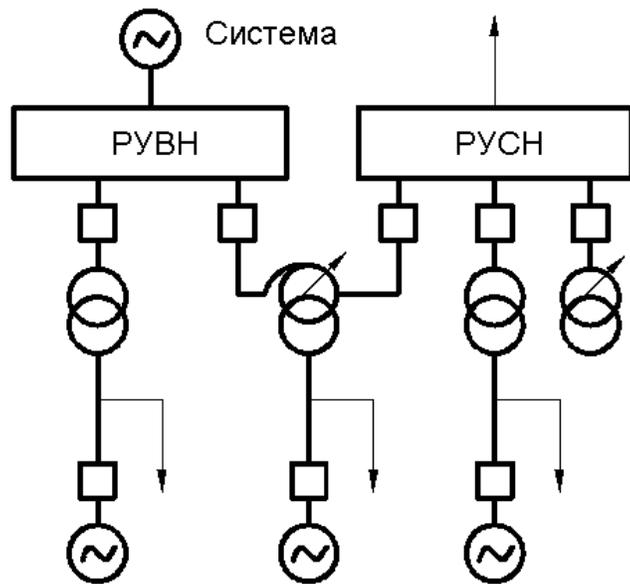
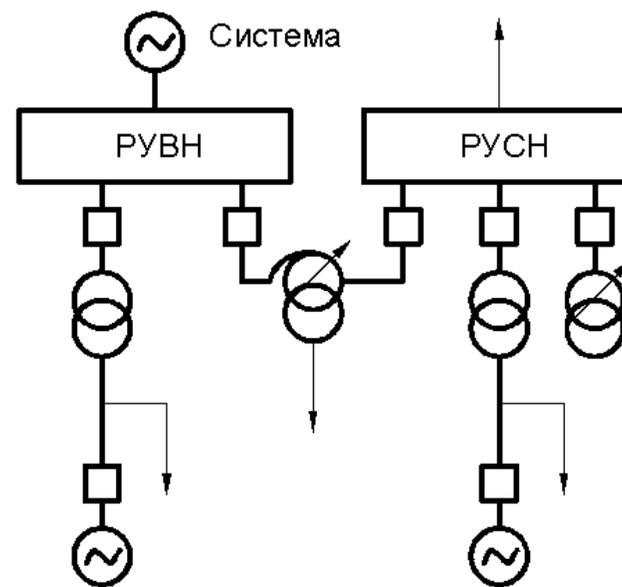
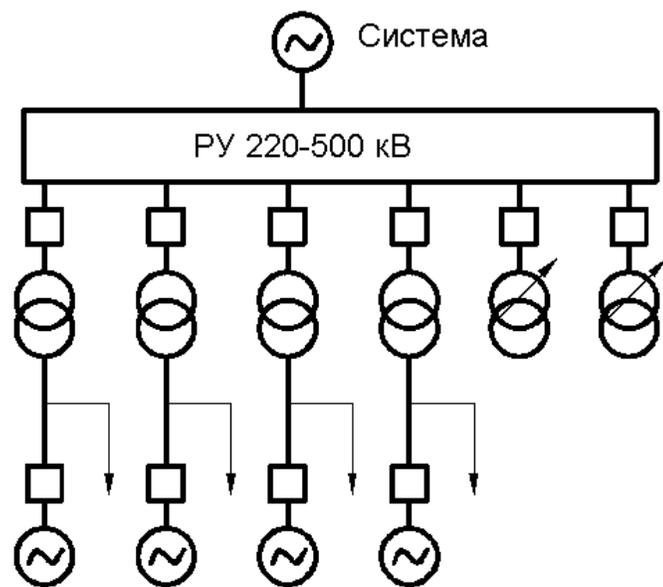
Основа схемы блочной электростанции – энергоблок, который представляет собой генератор, работающий последовательно с повышающим трансформатором, который, к тому же, имеет отбор на собственные нужды.

Генератор приводится во вращение турбиной, вращаемой за счет энергии котла и т.д.

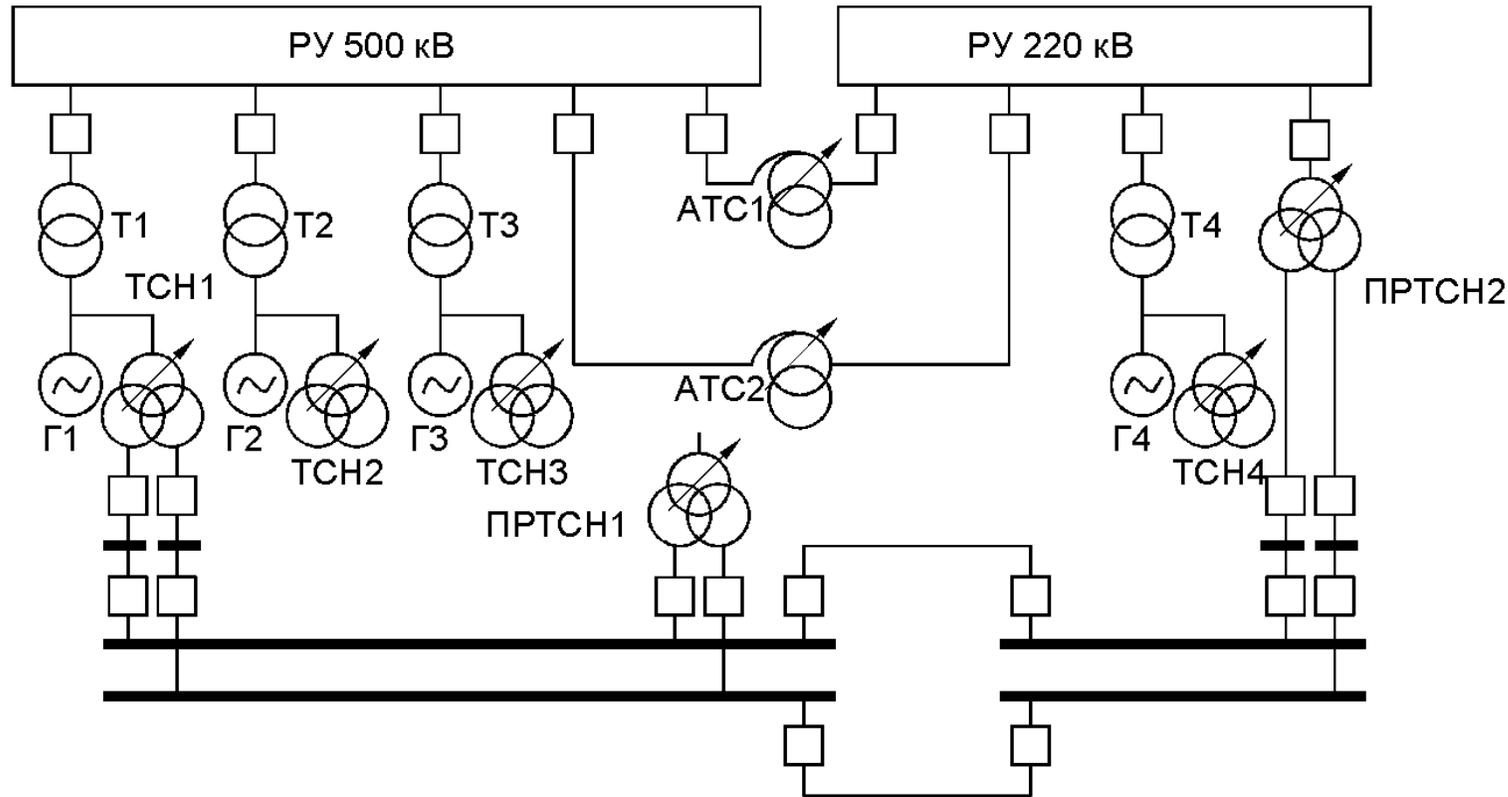


Поэтому, создавая схему электрических соединений энергообъекта, мы в первую очередь должны заботиться о том, чтобы связность блока с энергосистемой не прерывалась.

Структурные схемы ГРЭС (КЭС)



Собственные нужды блочных станций



$$S_{\text{расч}} \leq S_{\text{ном}} k_{\Pi}$$

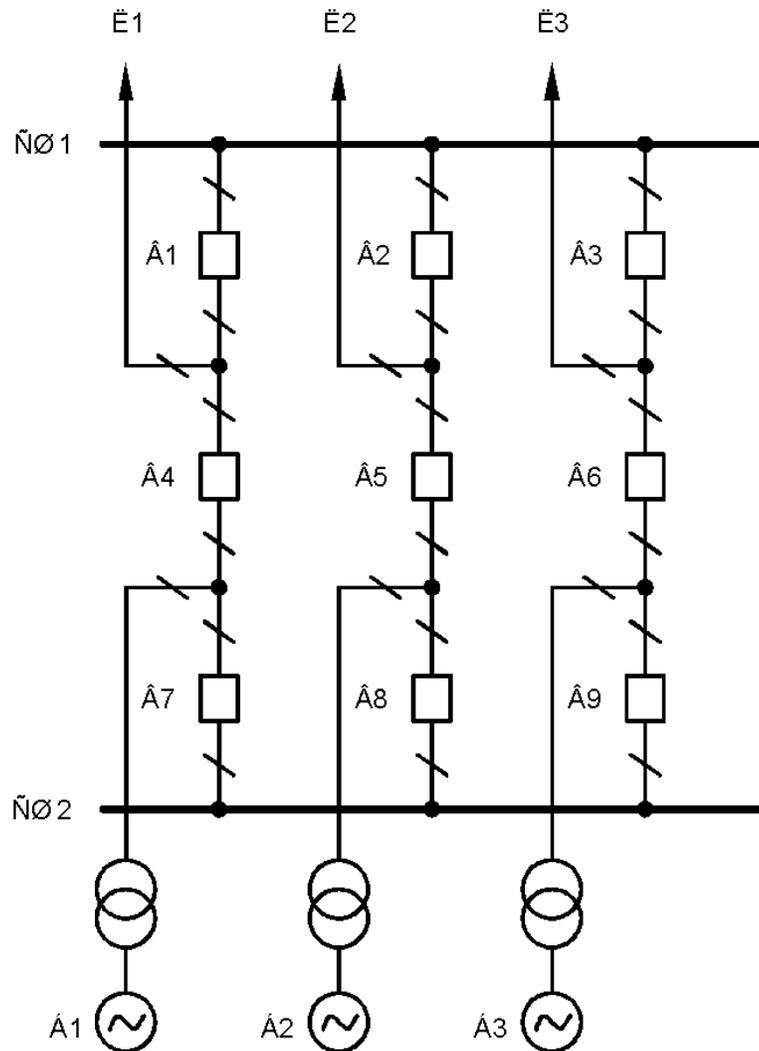
1) Если только нагрузка СН: $S_{\text{расч}} = \sqrt{(P_{\text{ном.Г}} - P_{\text{с.н}})^2 + (Q_{\text{ном.Г}} - Q_{\text{с.н}})^2}$

2) Если только местная нагрузка и нагрузка СН: $S_{\text{расч}} = \sqrt{(P_{\text{ном.Г}} - P_{\text{с.н}} - P_{\text{м.н}})^2 + (Q_{\text{ном.Г}} - Q_{\text{с.н}} - Q_{\text{м.н}})^2}$

3) Если генератор без м.н. включается в блок с повышающим АТР

$$S_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном.Г}} - P_{\text{с.н}}}{\cos \phi k_{\text{В}}}, k_{\text{В}} = \frac{U_{\text{ВН}} - U_{\text{СН}}}{U_{\text{ВН}}} = \frac{S_{\text{тип}}}{S_{\text{ном}}}$$

Рассмотрим создание схемы электрических соединений распределительного устройства 500 кВ. К РУ подключены 3 генератора мощностью 300 МВт, а также 3 ВЛ 500 кВ. Типовой схемой для класса напряжения 500 кВ является схема 3/2 или 4/3. Возьмем за основу схему 3/2.



Ремонт В4 + Отказ В8: Отключаем В5, В7, В9
 теряем Б1 и Б2 на время оперативных
 переключений.

Ремонт В4 + Отказ В9: Отключаем В7, В8, В6 –
 потеря первого и третьего блоков на время
 оперативных переключений.

Аналогичные ситуации наблюдаем при отказах
 и ремонте на параллельных ячейках:

Ремонт В5 + Отказ В7 – Б1+Б2

Ремонт В5 + Отказ В9 – Б3+Б2

Ремонт В6 + Отказ В7 – Б1+Б3

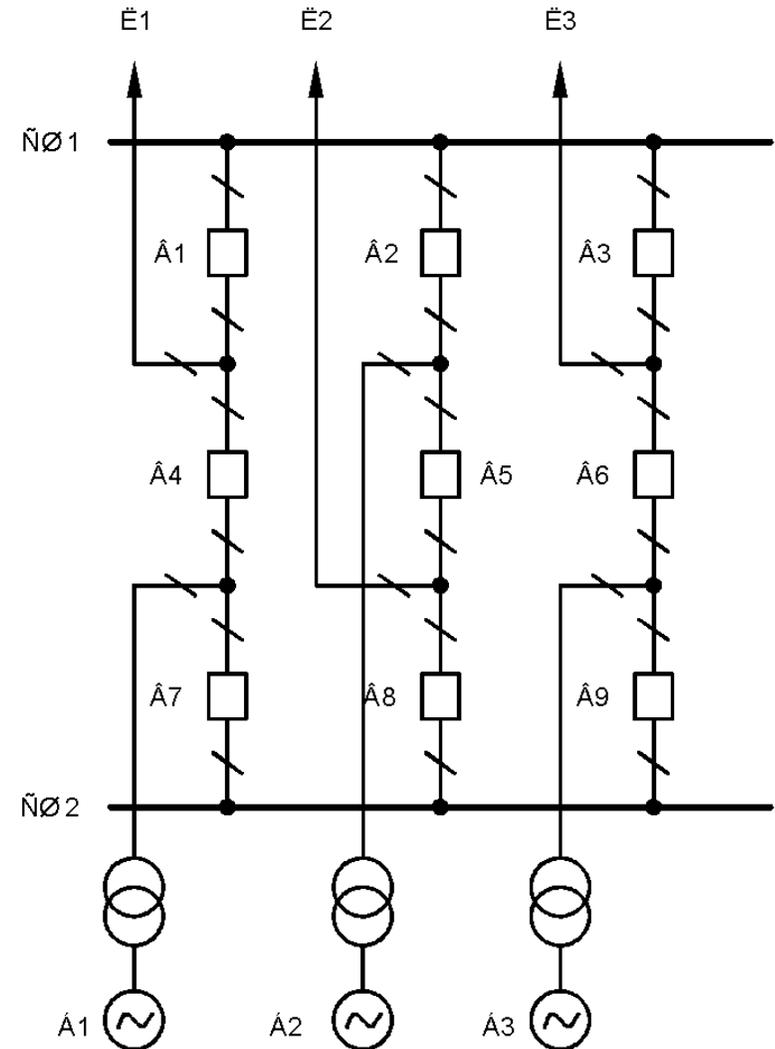
Ремонт В6 + Отказ В8 – Б2+Б3

Рассмотрим создание схемы электрических соединений распределительного устройства 500 кВ. К РУ подключены 3 генератора мощностью 300 МВт, а также 3 ВЛ 500 кВ. Типовой схемой для класса напряжения 500 кВ является схема 3/2 или 4/3. Возьмем за основу схему 3/2.

Смена точек присоединения Б2 и Л2

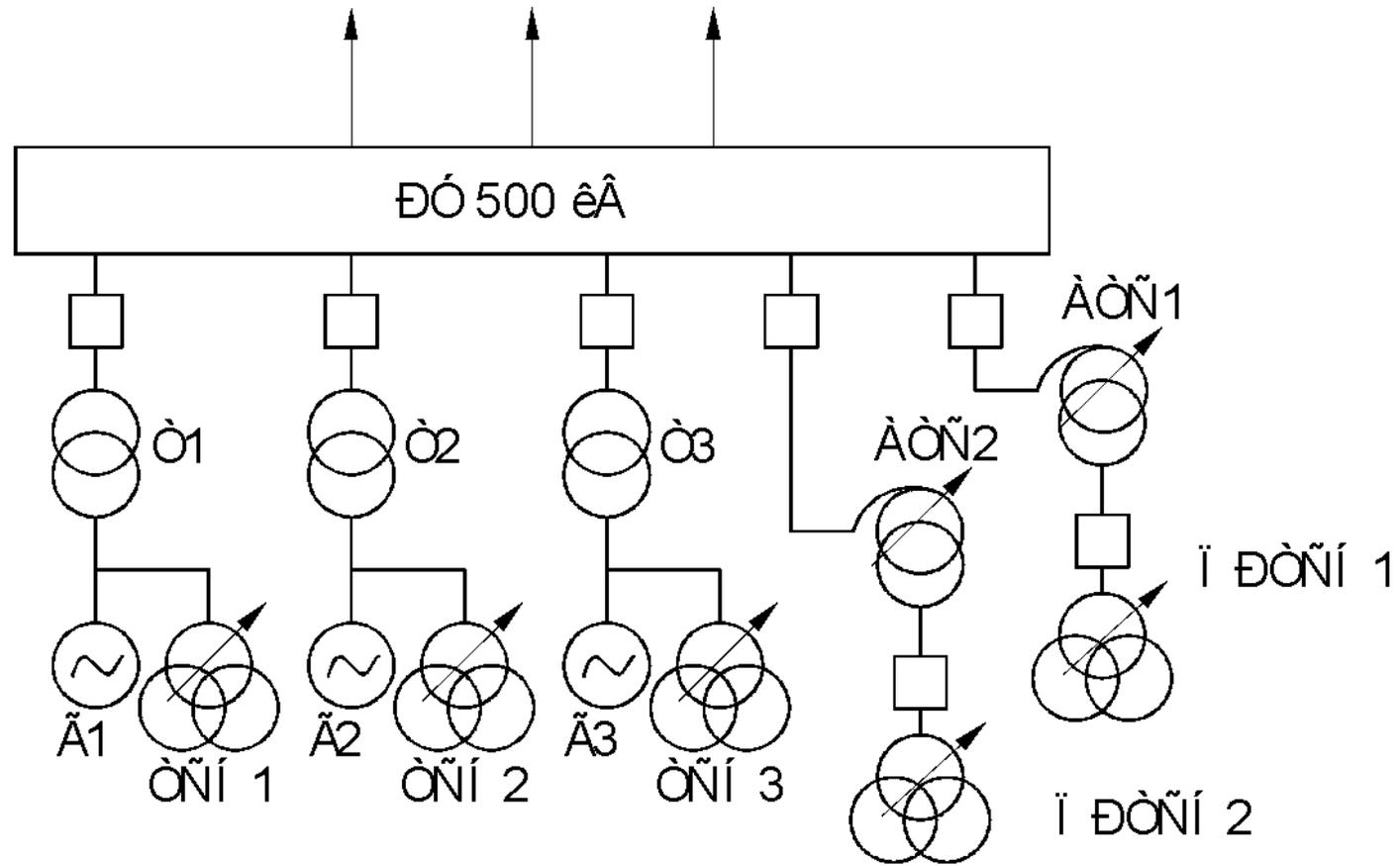
Ремонт В4 + Отказ В9: Отключаем В7, В8, В6 – потеря первого и третьего блоков на время оперативных переключений.

Ремонт В6 + Отказ В7: Отключаем В4, В8, В9 – потеря Б1 и Б3.

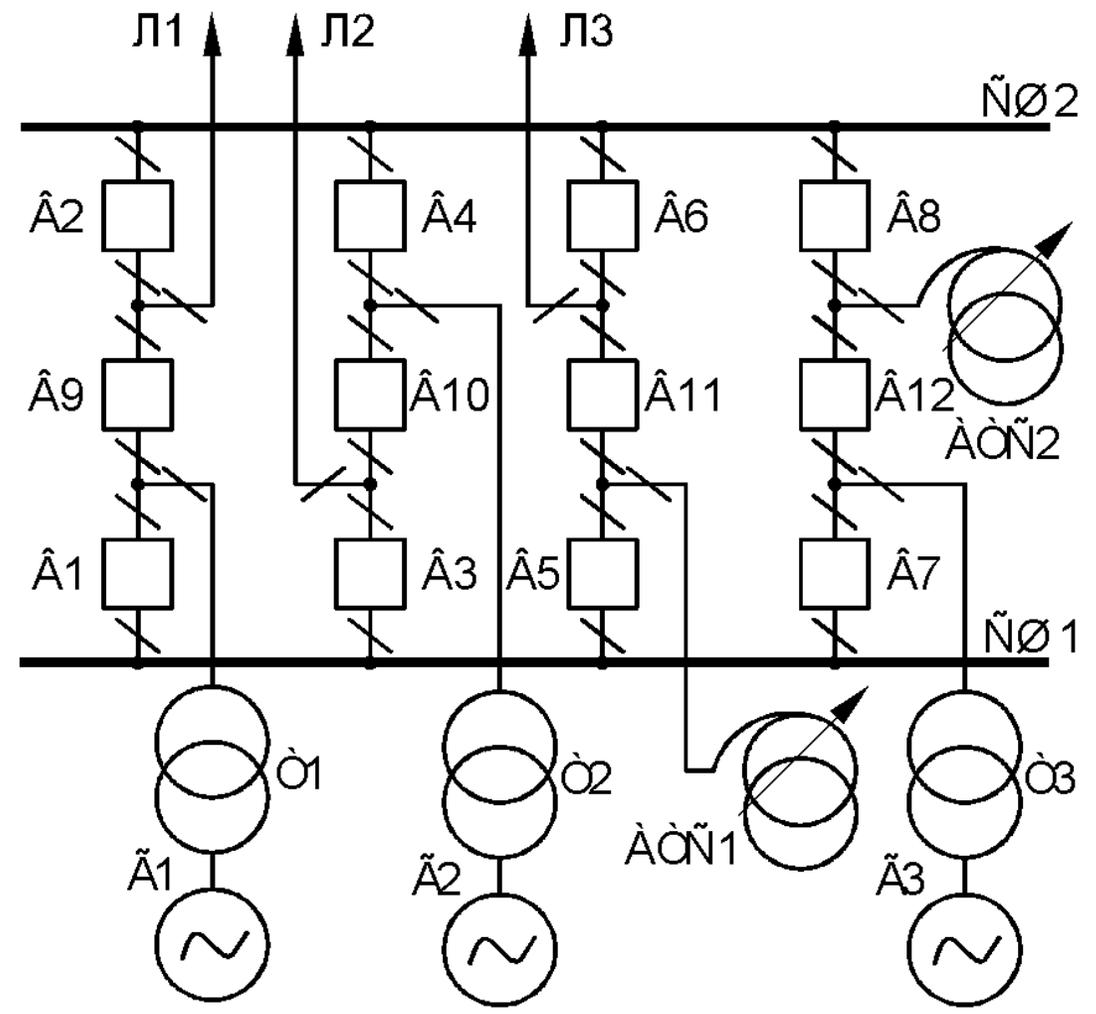


ЗАДАЧА

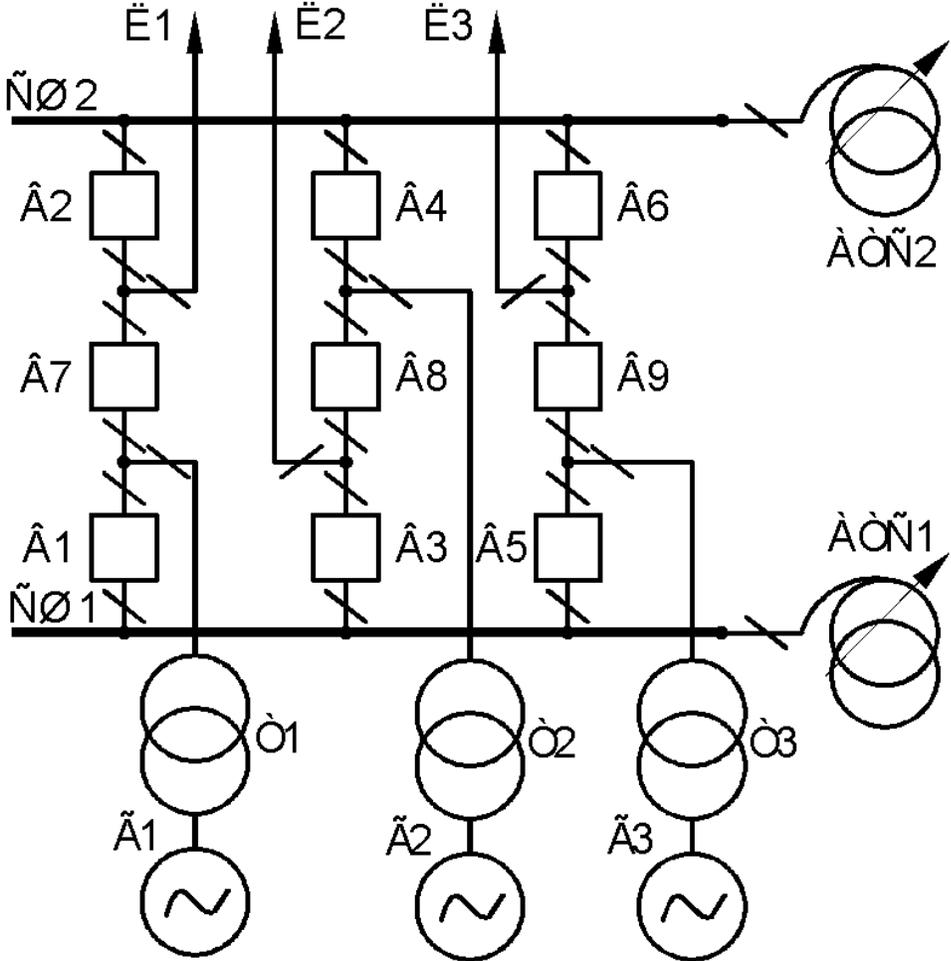
Составить схему РУ 500 кВ с тремя энергоблоками мощностью 500 МВт



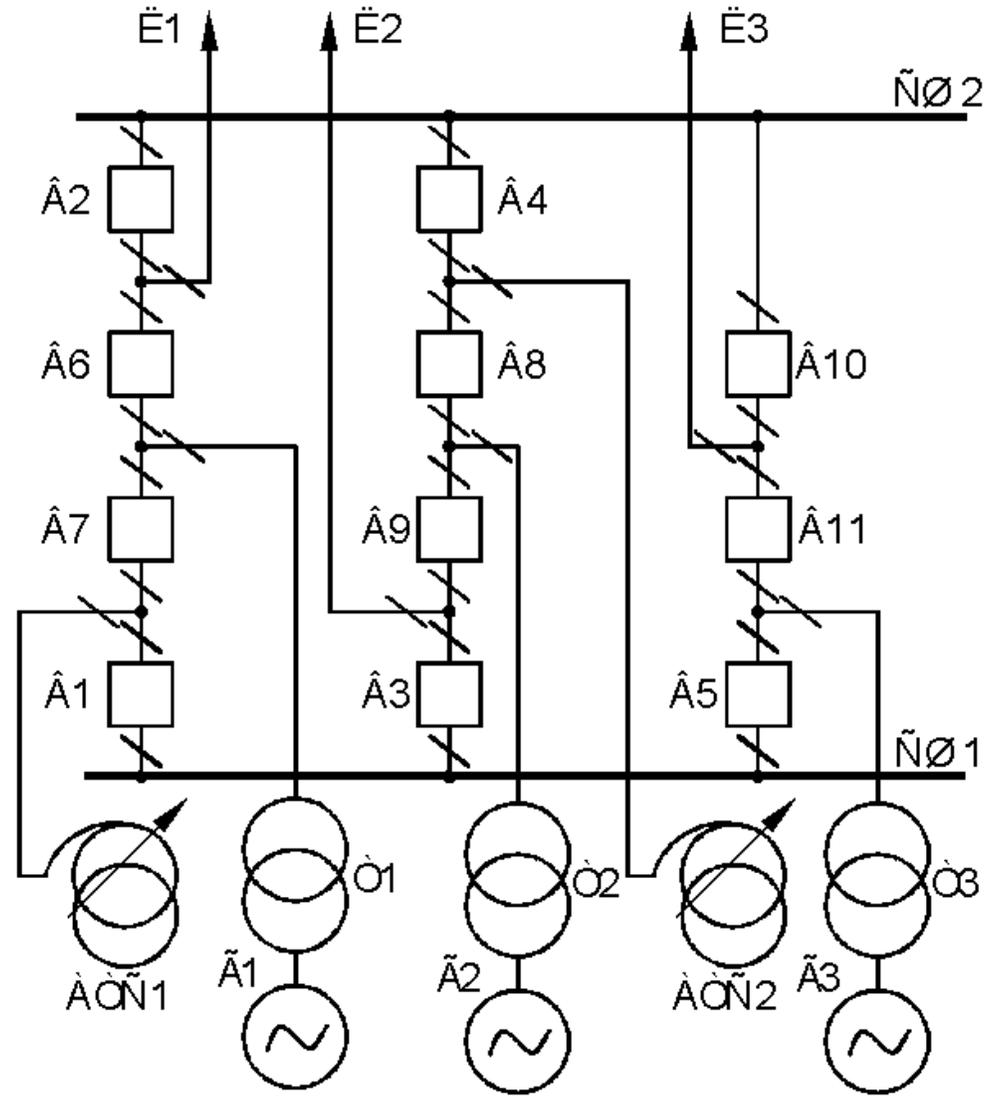
Вариант 1



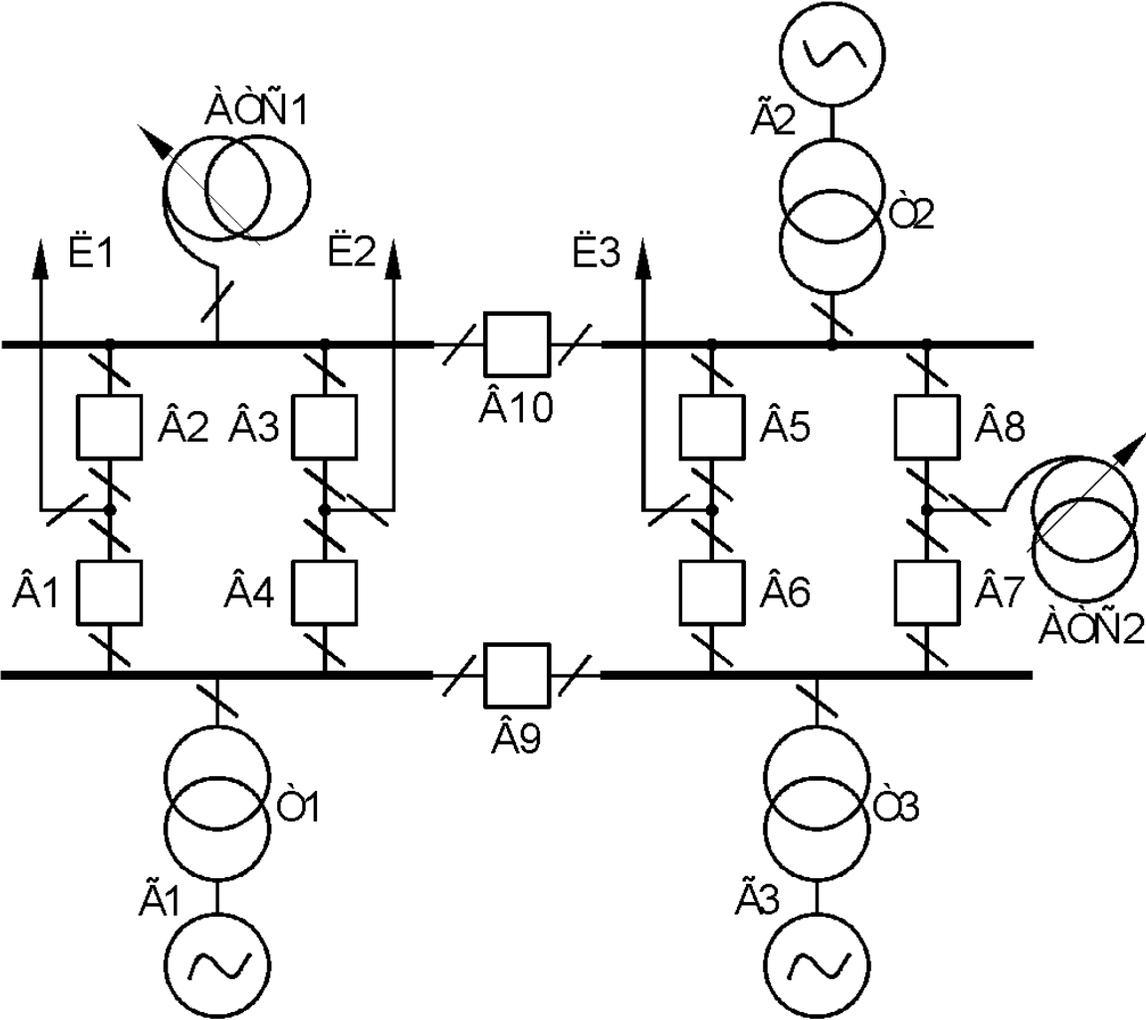
Вариант 2



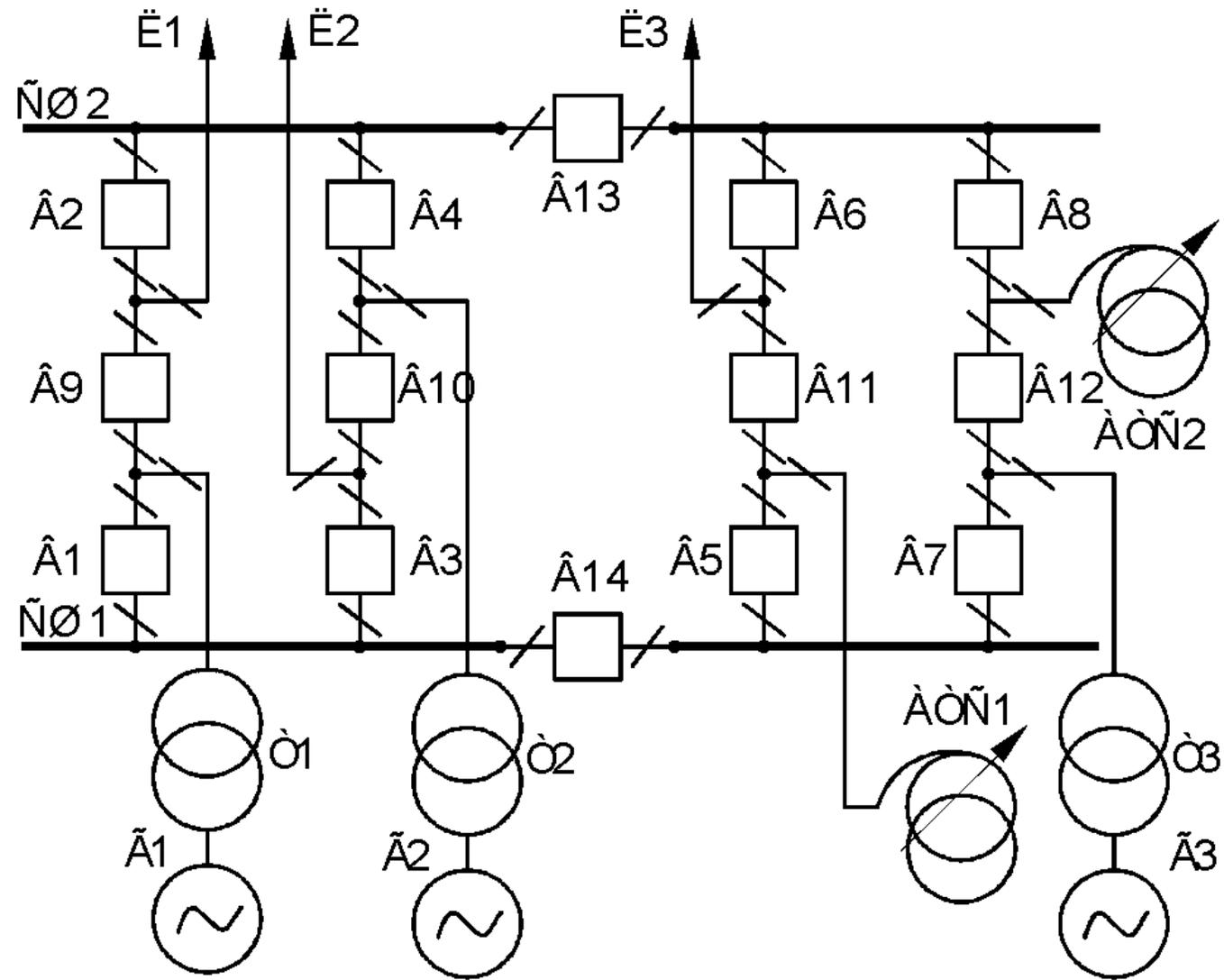
Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6

