

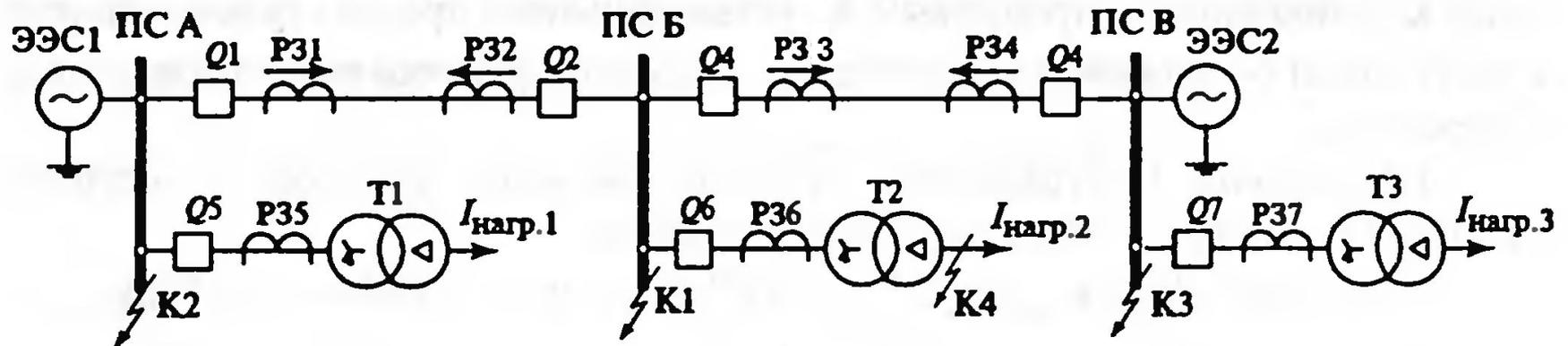


***Релейная защита и
автоматика
электроэнергетических
систем***

А.Н. Козлов

***Токовые защиты.
Часть 3.***

Токовые направленные защиты



Определить параметры срабатывания токовой направленной защиты от междуфазных к.з. в сети, представленной на рисунке.

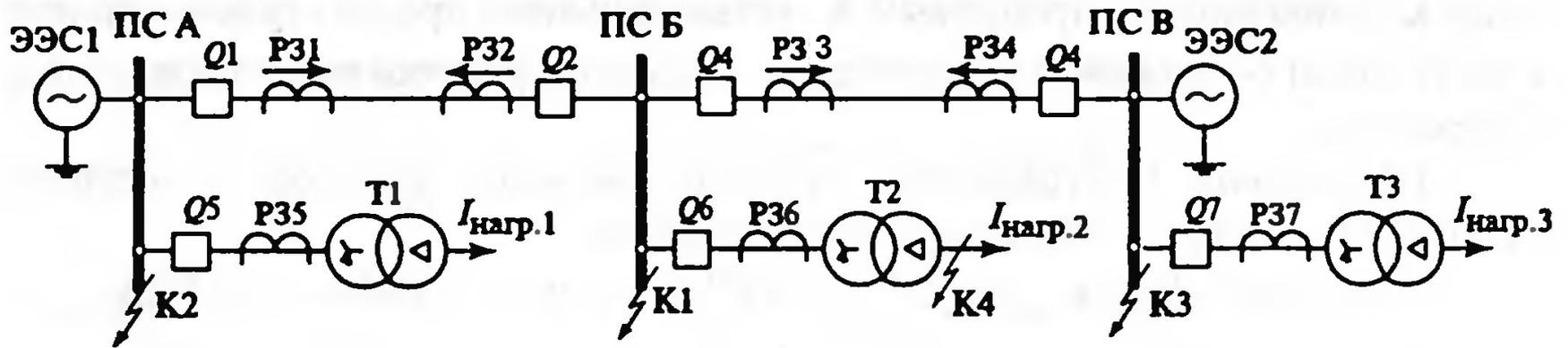
Оценить чувствительность защиты, построить график выдержек времени, разработать принципиальные схемы защиты.

Предварительно примем к установке трехступенчатую защиту.

1. Первая ступень – отсечка без выдержки времени, т.е. $t_{1.с.з.} \leq 0,1$ с. При установке ненаправленной защиты ток срабатывания $I_{1.с.з.}$ выбирается с учетом условий:

- отстройки от уравнительного тока в линии $I_{ур.}$ при качаниях или выходе генератора из синхронизма:

$$I_{с.з.}^I = k_{отс} I_{ур.}, \quad k_{отс} = 1,3-1,5 \quad I_{ур.} = \frac{2U_{с.ном} / \sqrt{3}}{X_{C1} + X_{W1} + X_{W2} + X_{C2}}$$



- отстройки от максимального тока в защите при внешних к.з.:

$$I_{с.з.}^I = k_{отс}^I I_{к.вн \max} \cdot \quad k_{отс}^I = 1,2-1,3$$

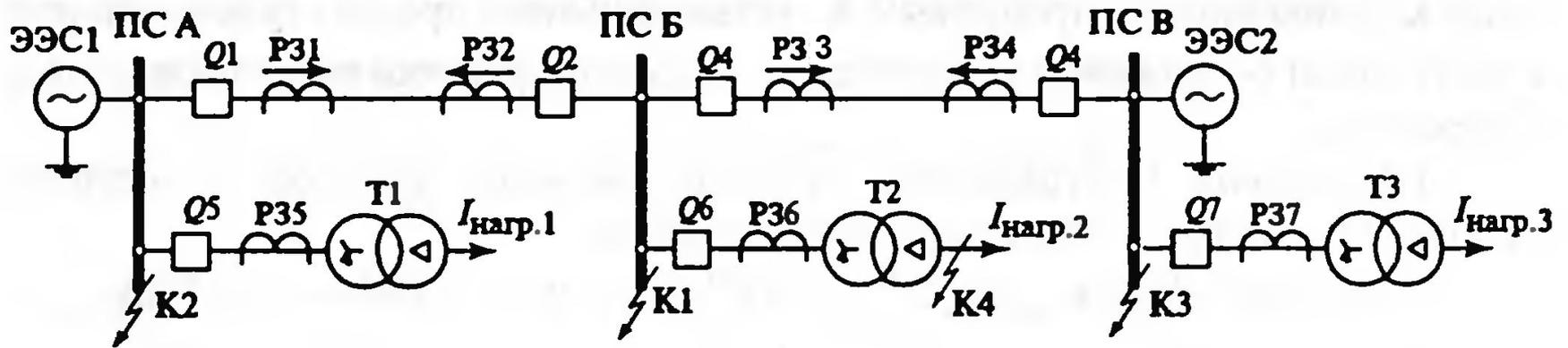
Ток короткого замыкания берется для двух случаев:

- при трехфазном к.з. на шинах приемной подстанции (например, для защиты P31 – ток, протекающий от ЭЭС1 через защиту P31 в точку K1);
- при трехфазном к.з. на шинах подстанции в месте установки защиты, т.е. отстройка защиты от к.з. «за спиной» (для защиты P31 – ток, протекающий от ЭЭС2 через защиту в точку K2).

Ток $I_{1.с.з.}$ выбирается большим из полученных по приведенным выше условиям

Если отстройка защиты от к.з. «за спиной» приводит к загрублению защиты, отсекку можно выполнить **направленной**. В этом случае ток трехфазного к.з. в месте установки защиты во внимание не принимается.

Зона, защищаемая отсеккой, определяется графически.



2. Вторая ступень – направленная отсечка с выдержкой времени, т.е. $t_{2.с.з.P31} = t_{1.с.з.P32} + \Delta t$:

$$t_{с.з.}^{\text{II}} = t_{с.з.см}^{\text{I}} + \Delta t = (0,5 - 0,6) \text{ с.}$$

Ток срабатывания второй ступени отстраивается по двум условиям:

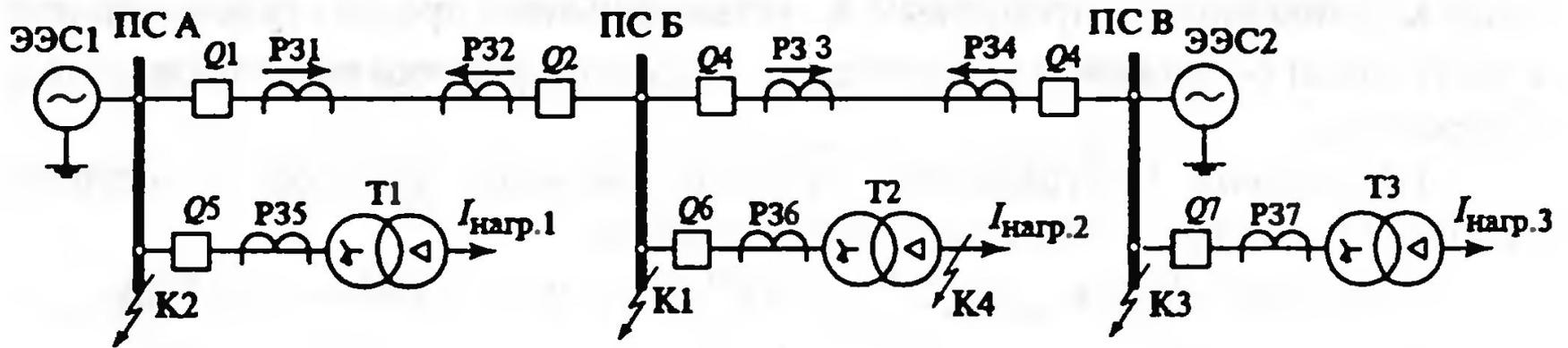
- от тока трехфазного к.з. в конце зоны действия первой ступени защиты следующей линии (например, для защиты P31 – от тока срабатывания первой ступени защиты P33):

$$\text{а) } I_{с.з.1}^{\text{II}} = k_{отс}^{\text{I}} I_3' = k_{отс}^{\text{II}} k_{т.л} I_{с.з.3}^{\text{I}};$$

- от тока трехфазного к.з., проходящего в защите при к.з. за трансформатором, подключенным к шинам противоположной подстанции (для защиты P31 – ток, протекающий от ЭЭС1 через защиту в точку K4).

$$\text{б) } I_{с.з.1}^{\text{II}} = k_{отс}^{\text{II}} I_3'' = k_{отс}^{\text{II}} k_{т.т} I_{к.т.},$$

$$k_{отс}^{\text{II}} = 1,1 - 1,15; \quad I_{3 \max}'' = \frac{U_{с.ном} / \sqrt{3}}{X_{с1} + X_{ш1} + X_{т.}}$$



$$\text{а) } I_{\text{с.з.1}}^{\text{II}} = k_{\text{отс}}^{\text{I}} I_3' = k_{\text{отс}}^{\text{II}} k_{\text{т.л}} I_{\text{с.з.3}}^{\text{I}}; \quad \text{б) } I_{\text{с.з.1}}^{\text{II}} = k_{\text{отс}}^{\text{II}} I_3'' = k_{\text{отс}}^{\text{II}} k_{\text{т.т}} I_{\text{к.т}},$$

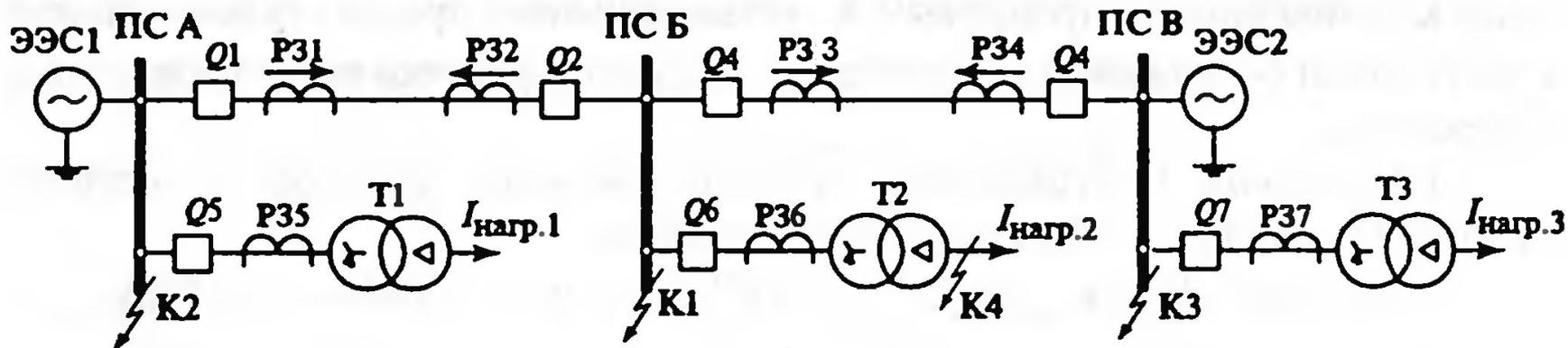
Коэффициенты токораспределения учитывают возможное неравенство токов в согласуемых защитах (для защиты P31 – токи в P31 и P33 при к.з. на линии 2 и токи в P31 и P36 – при к.з. в точке K4).

$$k_{\text{т.л}} = \frac{I_{31}}{I_{33}} \quad \text{и} \quad k_{\text{т.т}} = \frac{I_{31}}{I_{36}}.$$

Из условий (а) и (б) выбирается большее значение тока.

Целесообразность применения второй ступени оценивается коэффициентом чувствительности при к.з. в конце защищаемого участка, сопровождающимся минимальным током (для защиты P31 – при двухфазном к.з. на шинах подстанции Б, т.е. в точке K1):

$$k_{\text{ч}}^{\text{II}} = \frac{I_{3 \text{ min}}}{I_{\text{с.з}}} \geq 1,3 - 1,5.$$

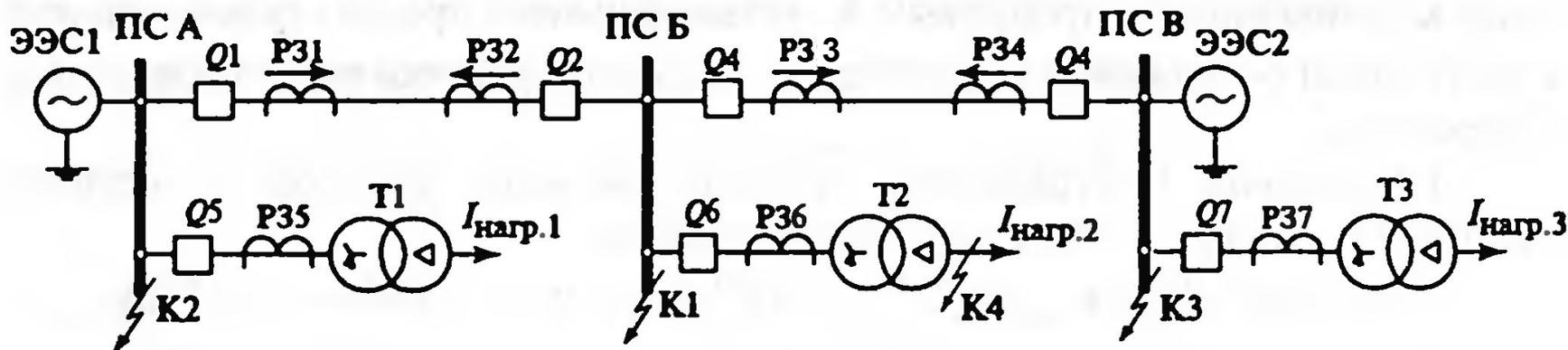


3. Третья ступень - направленная максимальная токовая защита (МТЗ). Выдержки времени выбираются по встречно-ступенчатому принципу – согласуются защиты, направленные в одну сторону:

$$t_{c.33} = t_{c.37} + \Delta t; \quad t_{c.31} = \left. \begin{array}{l} t_{c.33} \\ t_{c.36} \end{array} \right\}_{\max} + \Delta t,$$

$$t_{c.32} = t_{c.35} + \Delta t; \quad t_{c.34} = \left. \begin{array}{l} t_{c.32} \\ t_{c.36} \end{array} \right\}_{\max} + \Delta t.$$

Анализ и сопоставление выдержек времени позволяет определить комплекты защит, которые можно выполнить ненаправленными



Ток срабатывания третьей ступени отстраивается по следующим условиям:

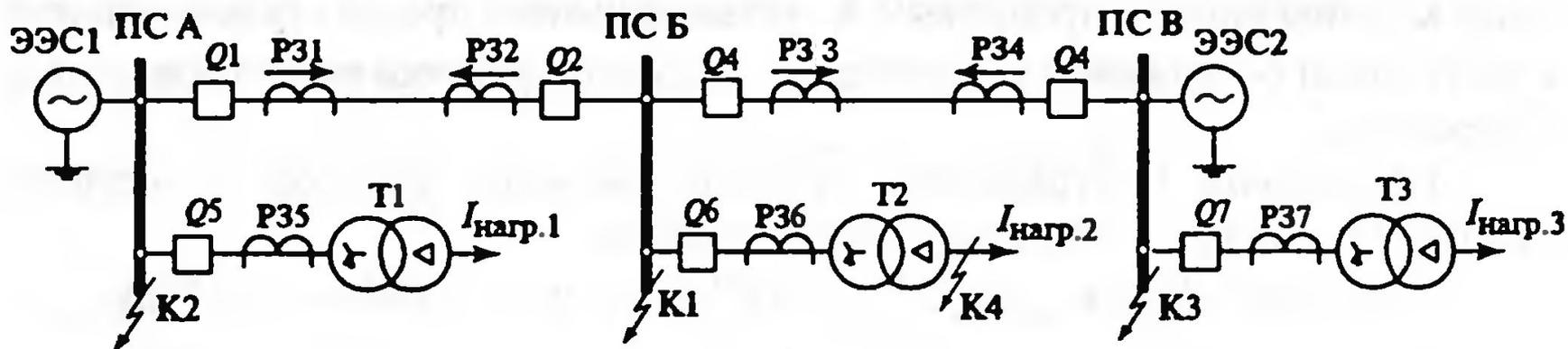
а) отстройка от тока переходного режима после отключения внешнего к.з.:

$$I_{с.з.}^{III} = \frac{k_{отс}^{III}}{k_B} k_3 I_{раб\ max}; \quad k_{отс}^{III} = 1,2; \quad k_B = 0,8 - 0,9$$

б) отстройка от тока переходного процесса после успешного АПВ на защищаемой линии:

$$I_{с.з.}^{III} = k_{отс}^{III} k_3' I_{раб\ max}.$$

коэффициенты самозапуска k_3 и k_3' имеют разные значения и могут колебаться в достаточно широких пределах – от 1,2 до 4,0.



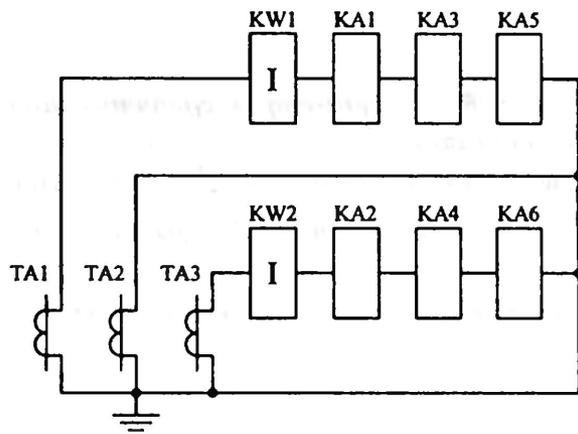
в) отстройка от тока нагрузки, направленного к шинам - для предотвращения ложной работы защиты в случае неправильного действия органа направления мощности (возможно при нарушении цепей напряжения в длительном рабочем режиме):

$$I_{с.з}^{\text{III}} = \frac{k_{\text{отс}}^{\text{III}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб.норм}}$$

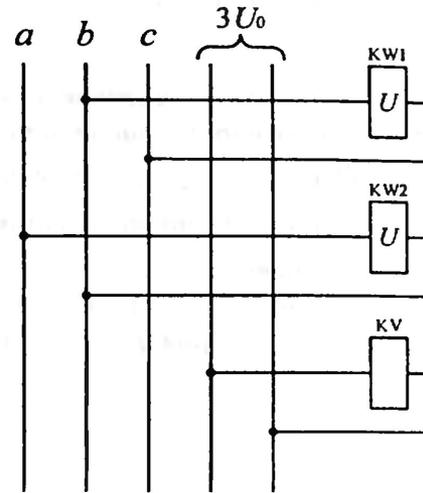
г) согласование токов срабатывания защит смежных участков, действующих при одинаковом направлении мощности:

$$I_{с.з\ 1}^{\text{III}} = k_{\text{отс}} I_{с.з\ 3}^{\text{III}} \quad \text{и} \quad I_{с.з\ 4}^{\text{III}} = k_{\text{отс}} I_{с.з\ 2}^{\text{III}} \quad k_{\text{отс}} = 1,1$$

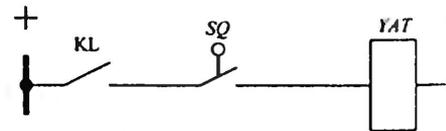
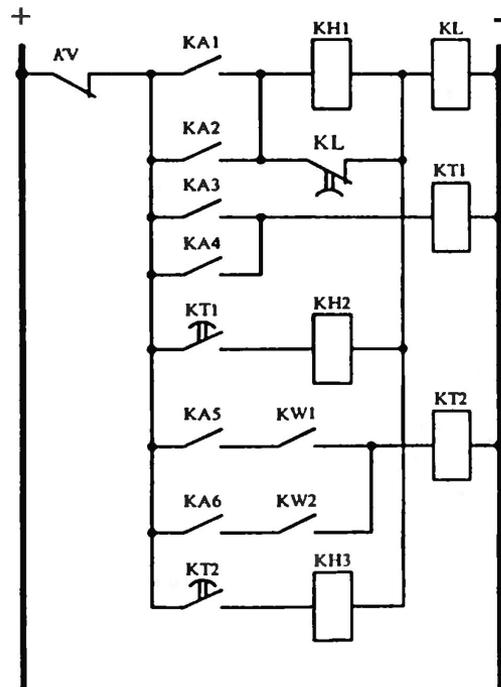
Из условий (а) - (г) выбирается большее значение тока.



a)



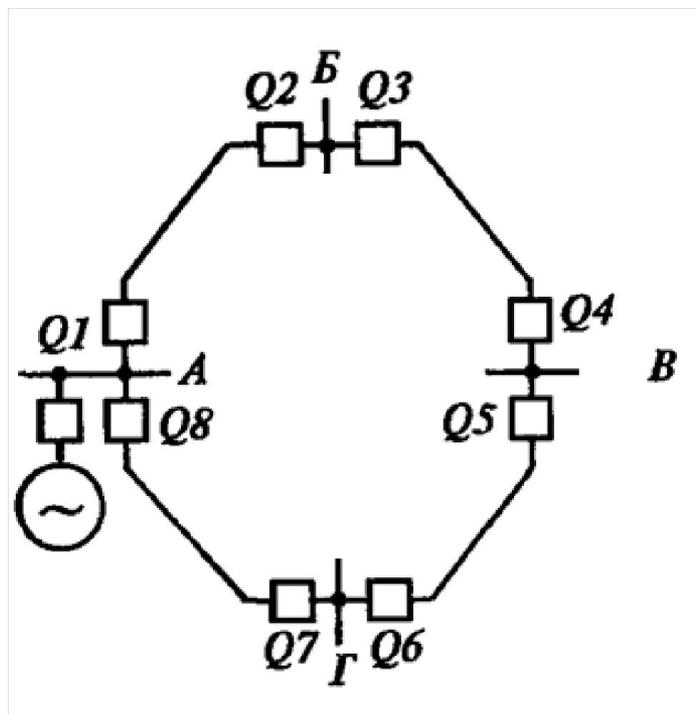
b)



d)

Размещение и особенности работы максимальной токовой направленной защиты в кольцевых сетях

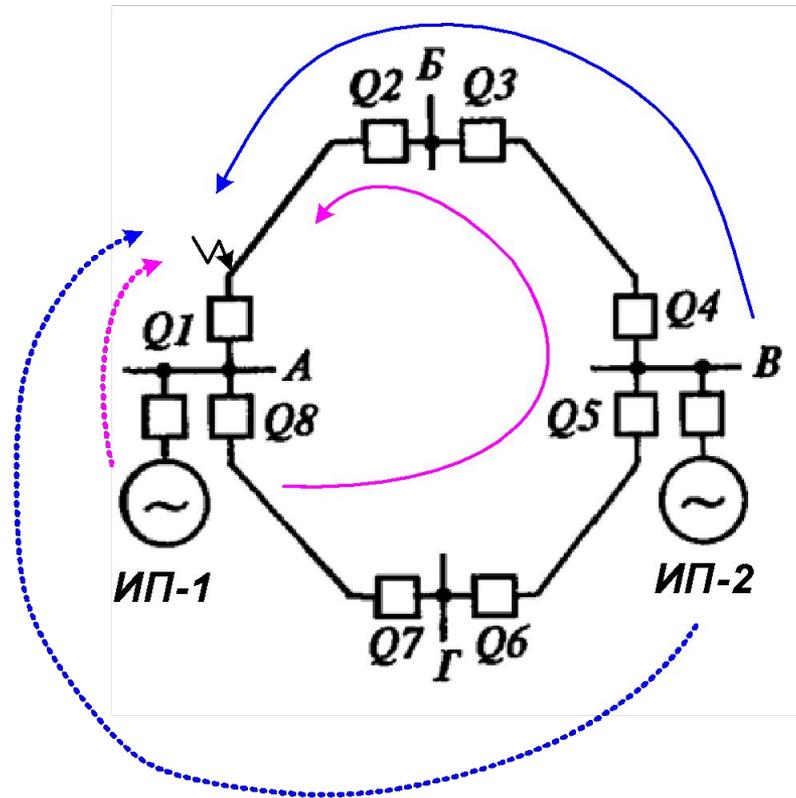
1. Кольцевая сеть с одним источником питания



$$t1 > t3 > t5 > t7$$

$$t8 > t6 > t4 > t2$$

2. Добавляем в кольцевую сеть еще один источник питания



Для ИП-1:

Для ИП-2:

$$t1 (> t3 > t5 > t7)$$

$$t5 > t7 > t1$$

$$t8 > t6 > t4 > t2$$

$$t4 > t2$$