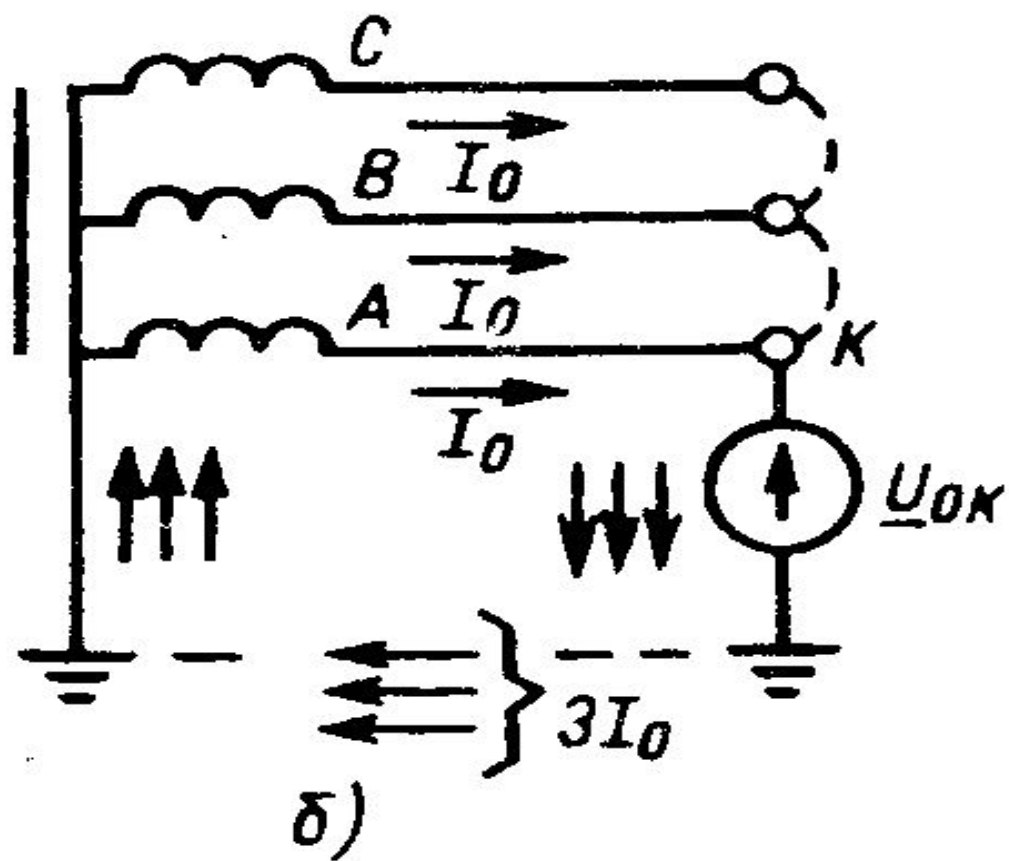
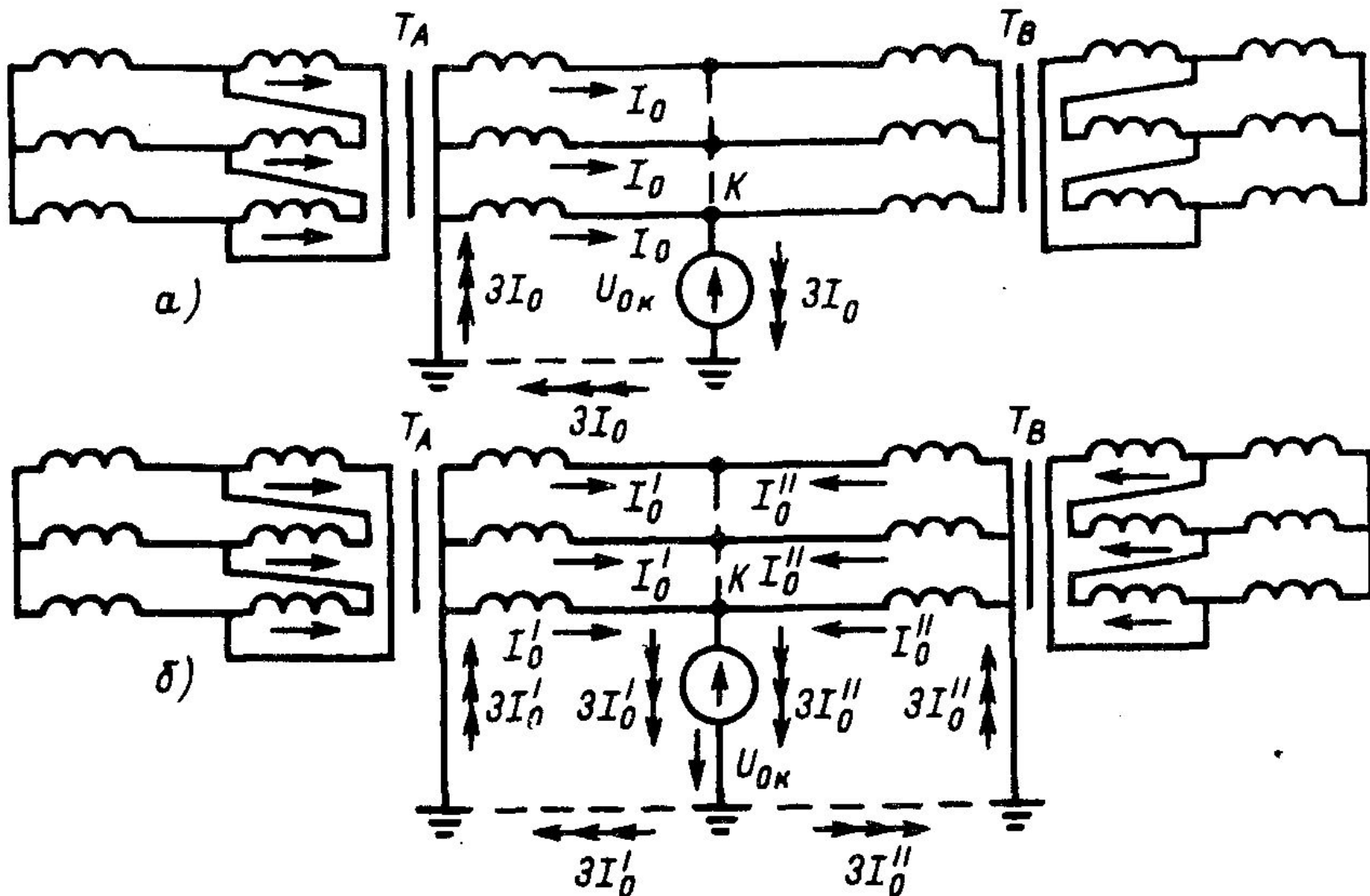


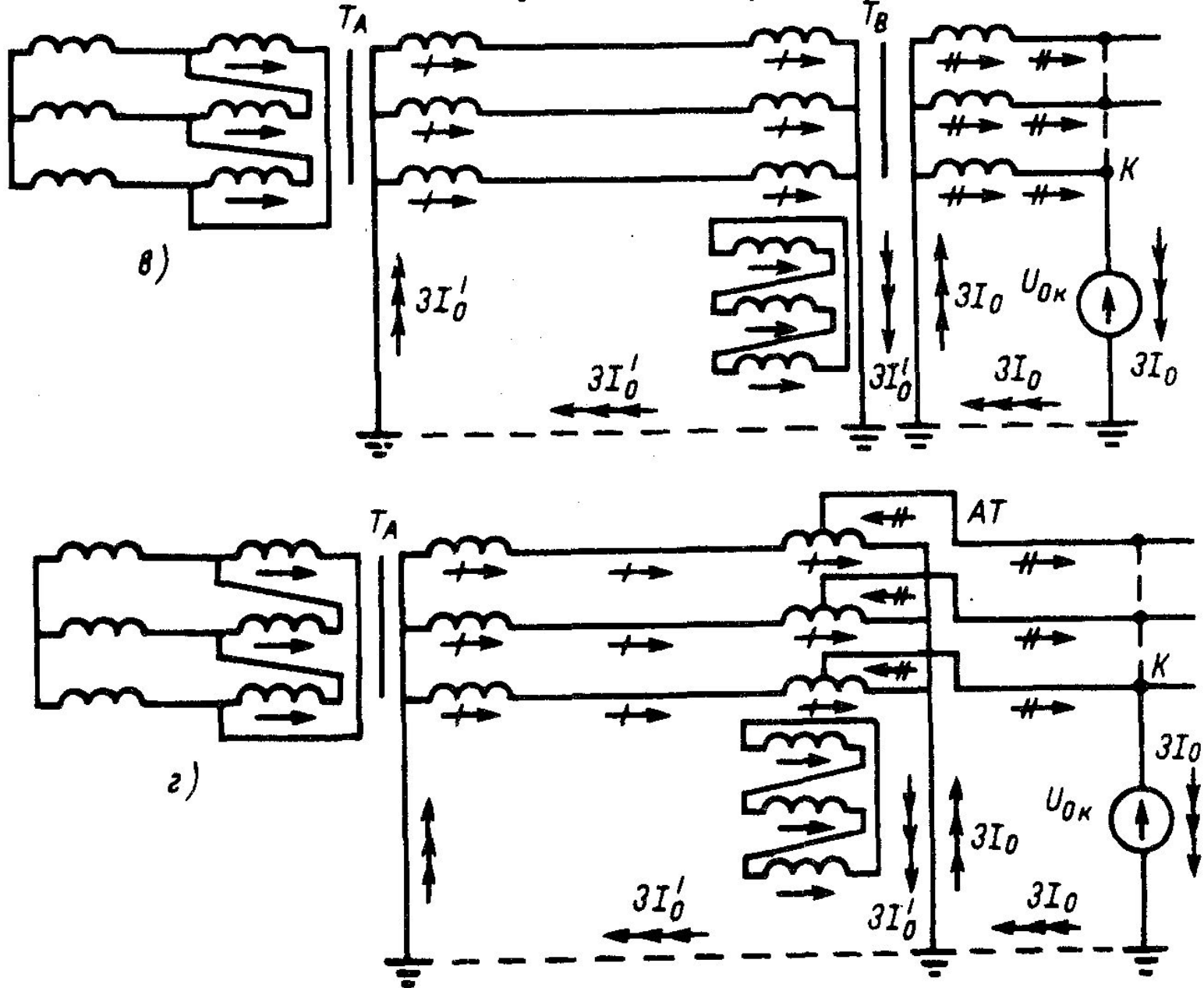
Однофазное КЗ в сети (а)



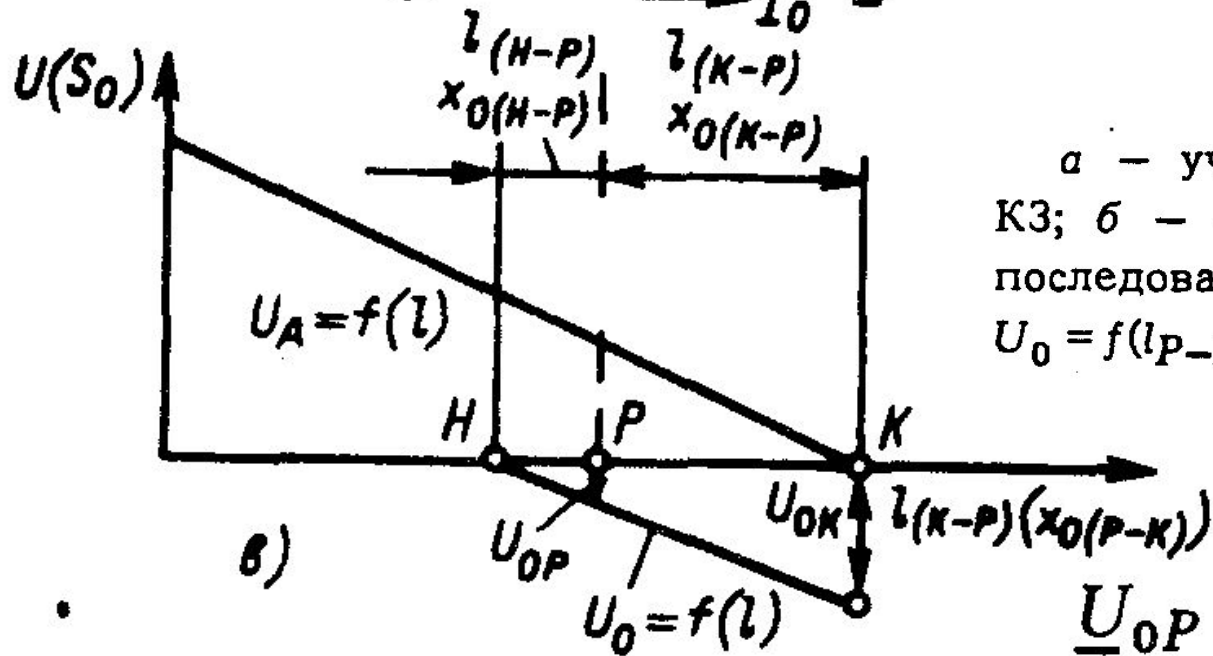
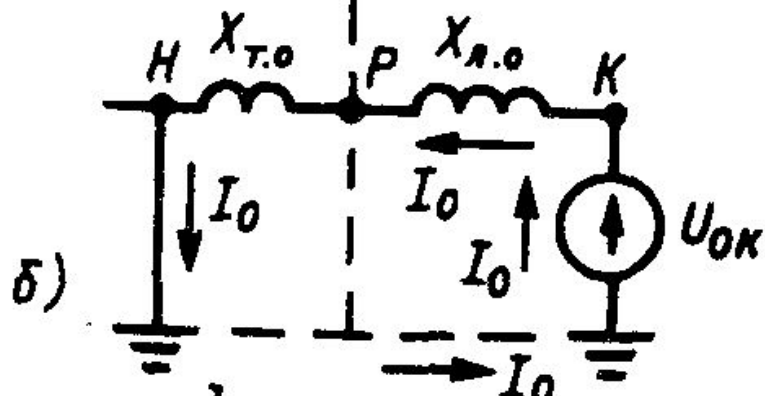
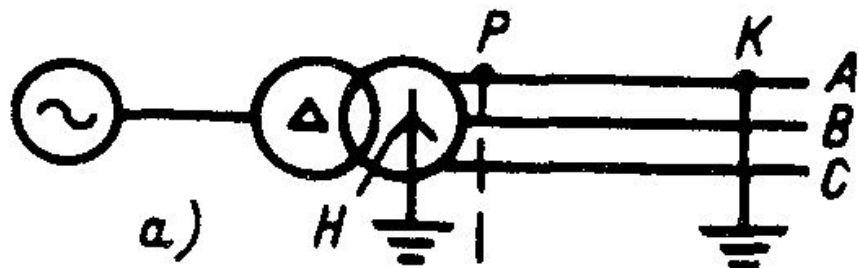
прохождение токов I_0 под действием U_{0K} (



Распределение токов нулевой последовательности при однофазном КЗ:
 а – при заземлении нейтрали с одной стороны ЛЭП; б – при заземленных нейтралях с обеих сторон ЛЭП



в – при заземлении нейтралей в сетях высшего и низшего напряжений; г – при КЗ в сети с автотрансформатором



а — участок сети с однофазным КЗ; б — схема замещения нулевой последовательности; в — зависимости $U_0 = f(l_{P-K})$ и $U_{\phi} = f(l_{P-K})$

$$U_{0P} = I_{0P} X_{0(H-P)}.$$

$$\underline{U}_{0P} = \underline{U}_{0K} - \underline{I}_0 Z_0(K-P).$$

$$\underline{I}_p = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 3\underline{I}_0 / K_I.$$

$$\underline{I}_p = \frac{3\underline{I}_0}{K_I} - \underline{I}_{нб}.$$

$$\underline{I}_{нб} = \frac{\underline{I}_{А\text{ нам}}}{K_I} + \frac{\underline{I}_{В\text{ нам}}}{K_I} + \frac{\underline{I}_{С\text{ нам}}}{K_I}$$

$$I_{нб} = \sqrt{I_{нб1}^2 + I_{нб3}^2}.$$

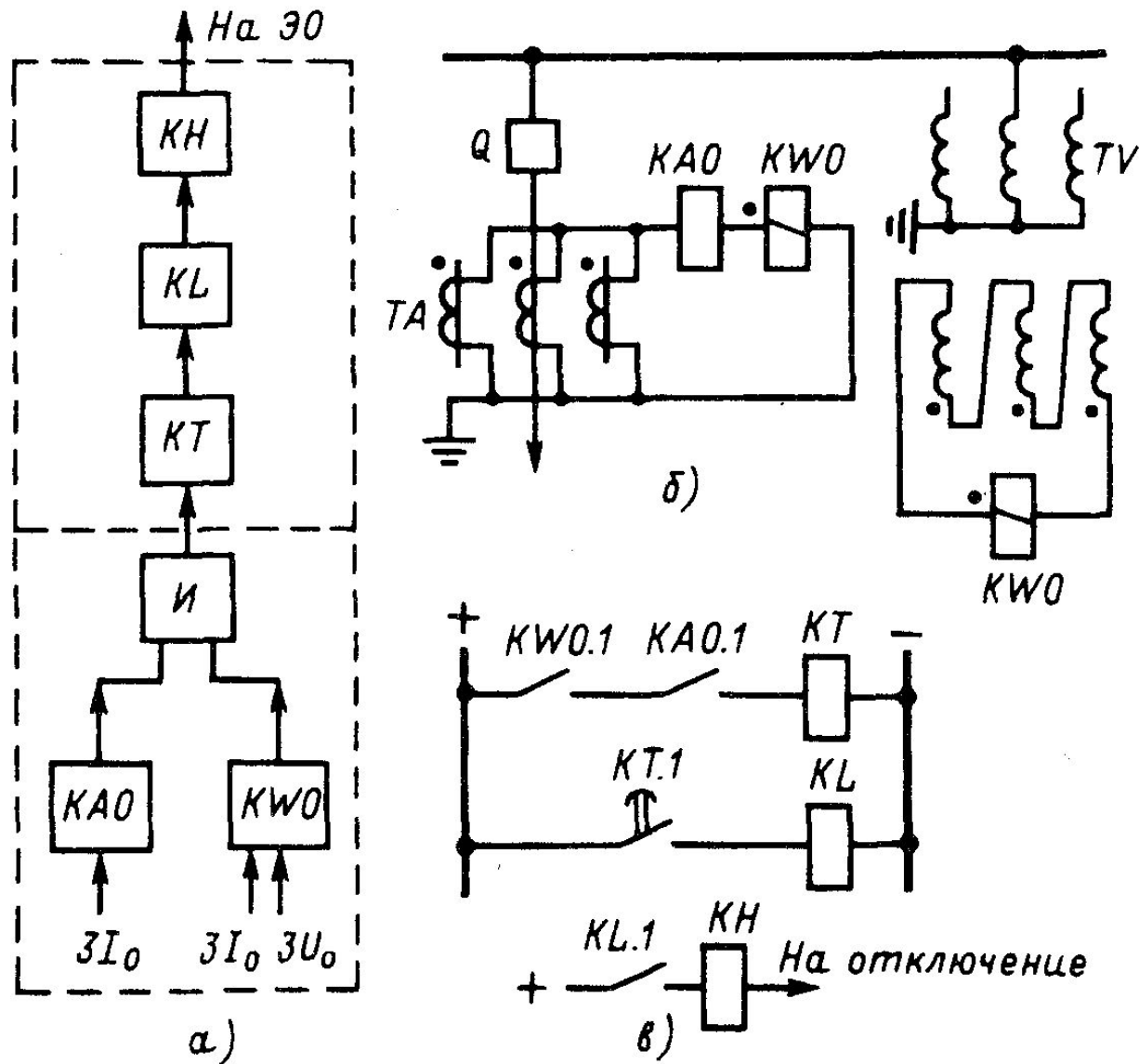


Схема максимальной токовой направленной защиты нулевой последовательности:

а — структурная схема; б — схемы цепей тока и напряжения; в — цепи оперативного тока

KWO реагирует на мощность НП

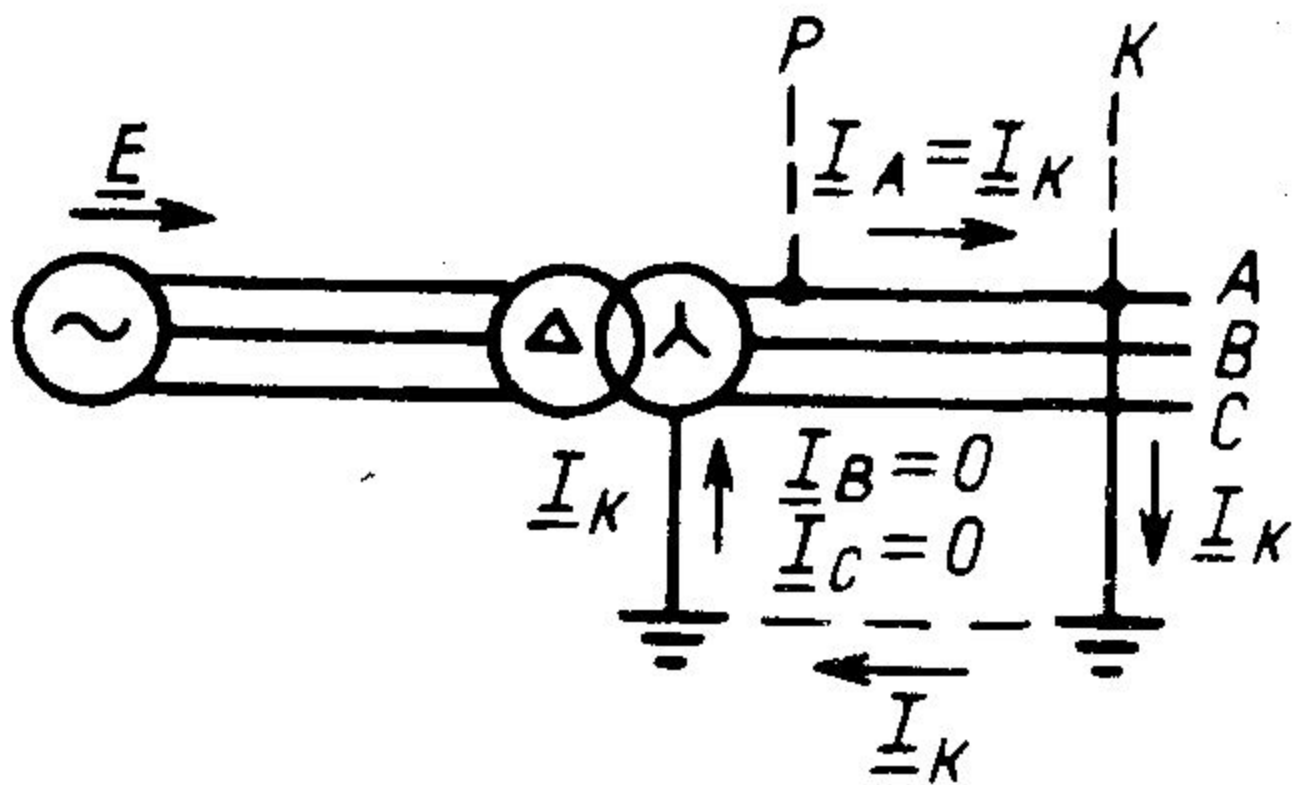
$$S_0 = U_0 I_0$$

$$\widehat{U_0 I_0} \approx 90^\circ$$

$$U_p = 3U_0, \quad I_p = 3I_0$$

$$S_p = U_p I_p \sin(\alpha - \varphi_p) = 9U_0 I_0 \sin(\alpha - \varphi_p)$$

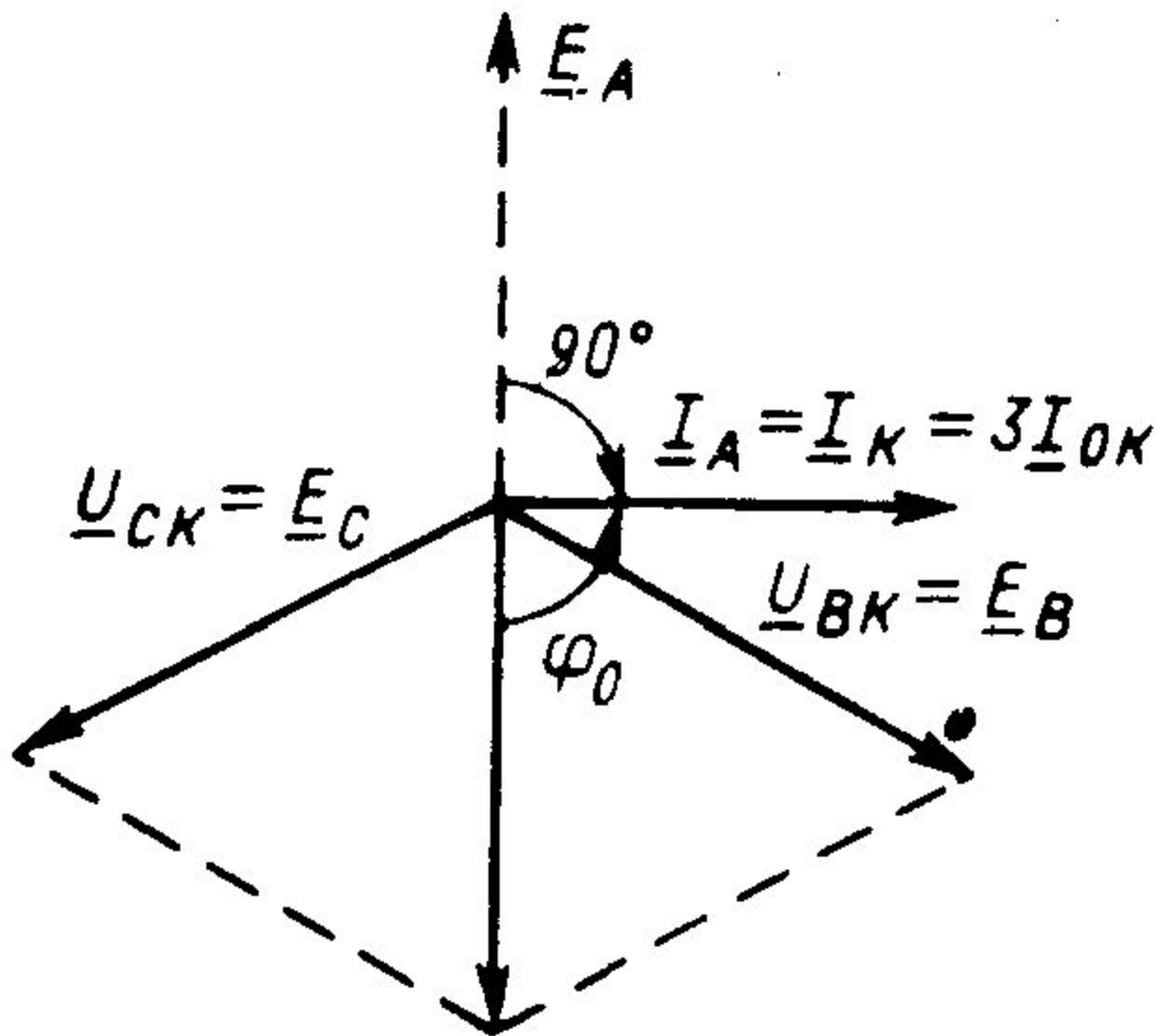
где $\varphi_p = \varphi_0$ – угол сдвига фаз между U_p и I_p или U_0 и I_0 .



Точка K : $\underline{U}_{AK} = 0$; $\underline{U}_{BK} = \underline{E}_B$; $\underline{U}_{CK} = \underline{E}_C$

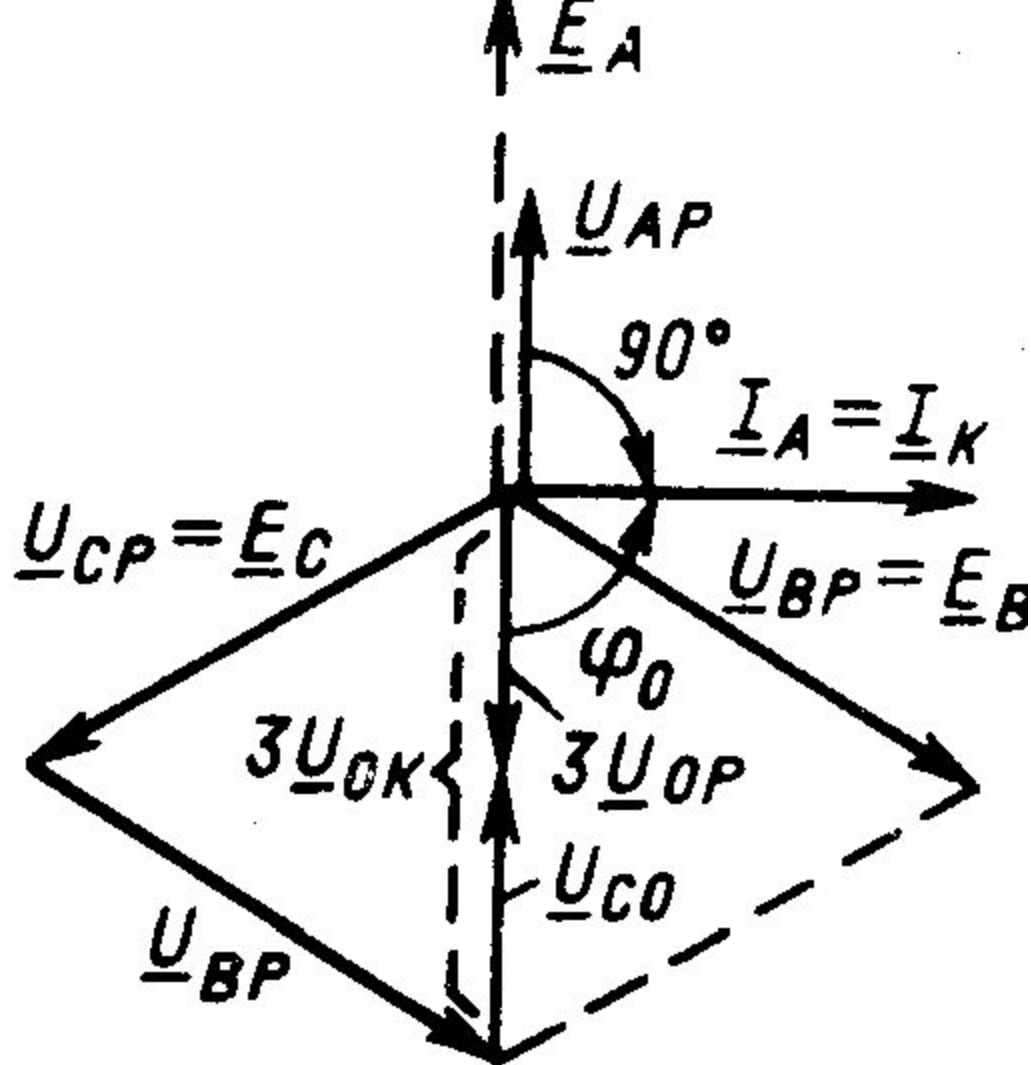
Точка P : $\underline{U}_{AK} = \underline{I}_A x_A$; $\underline{U}_{BP} = \underline{E}_B$; $\underline{U}_{CP} = \underline{E}_C$

а)



$$3\underline{U}_{0K} = \underline{U}_{BK} + \underline{U}_{CK} = -\underline{E}_A$$

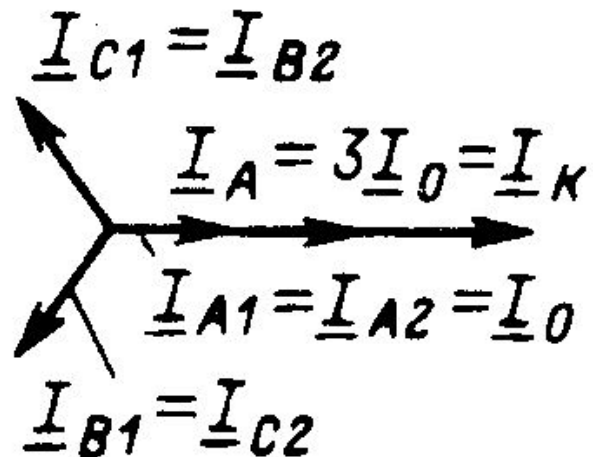
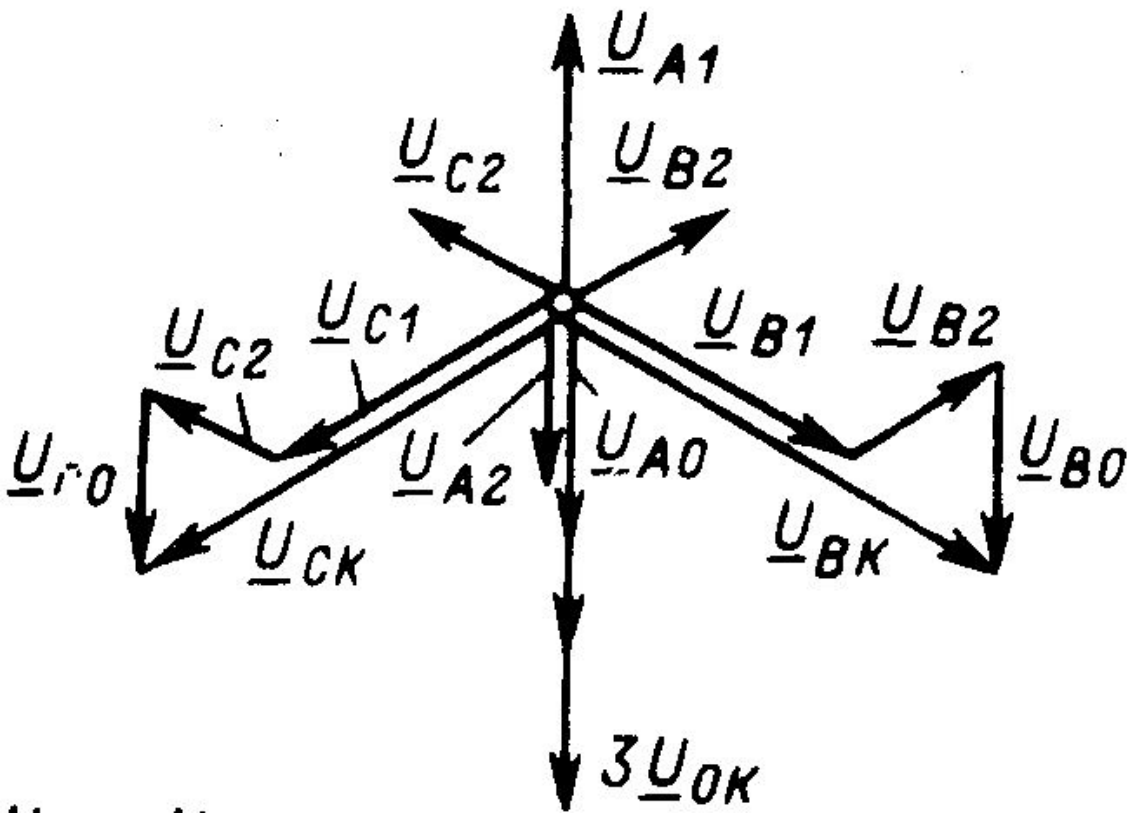
δ)

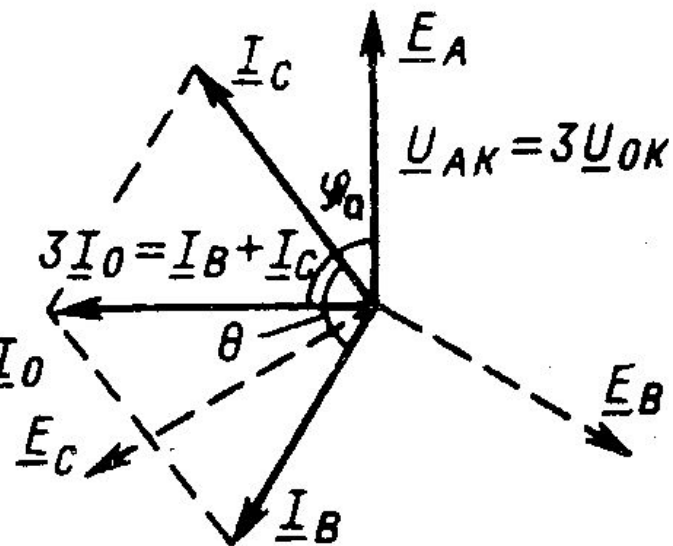
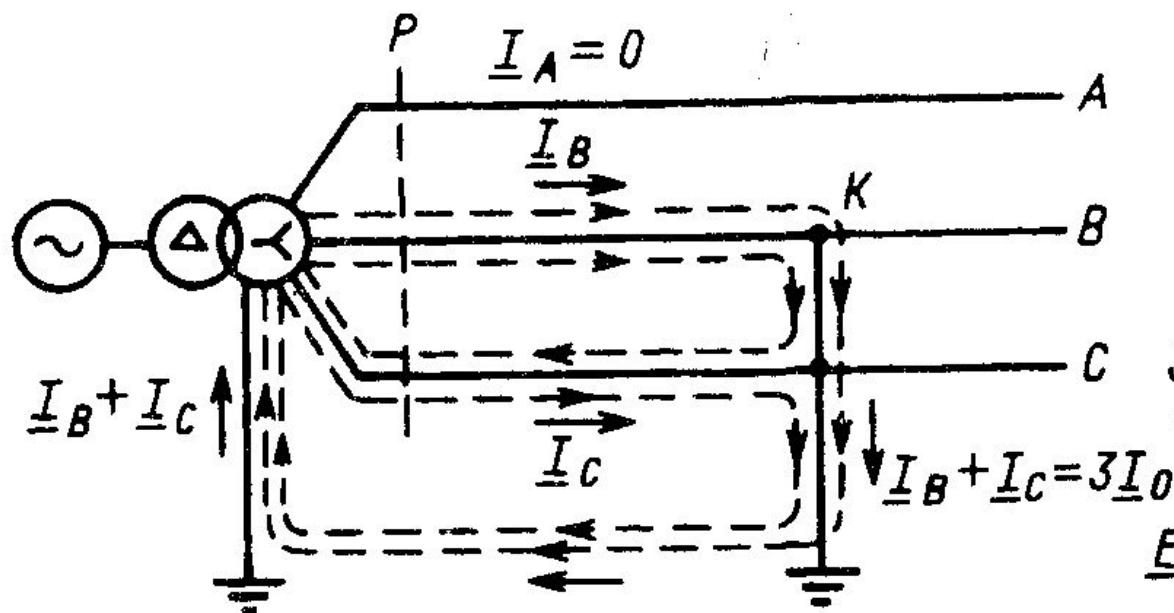


$$3\underline{U}_{OP} = \underline{U}_{AP} + \underline{U}_{BP} + \underline{U}_{CP} = 3\underline{U}_{OK} - \underline{U}_{AP}$$

$$3\underline{U}_{OP} < 3\underline{U}_{OK}$$

в)





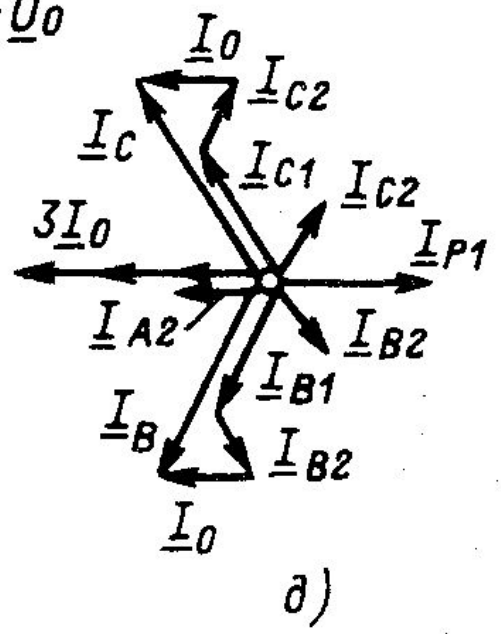
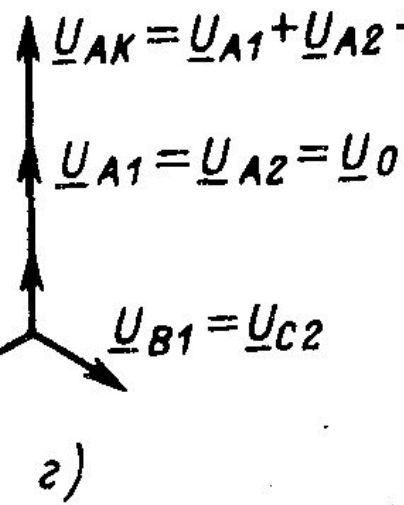
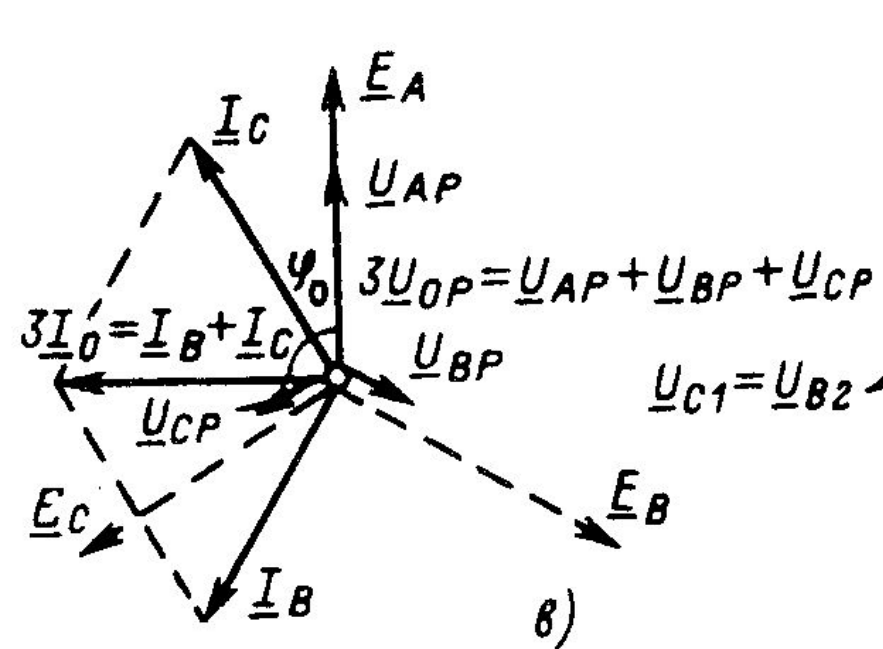
Точка K: $\underline{U}_{BK} = \underline{U}_{CK} = 0$; $\underline{U}_{AK} = \underline{E}_A$

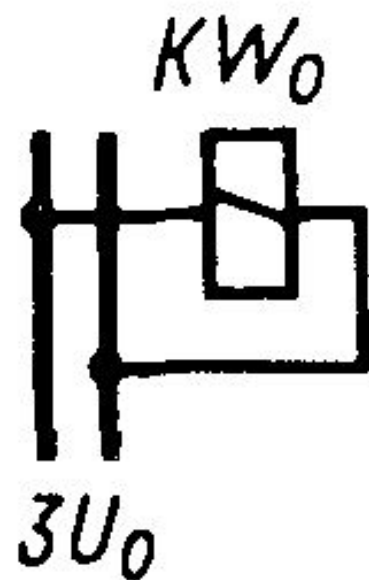
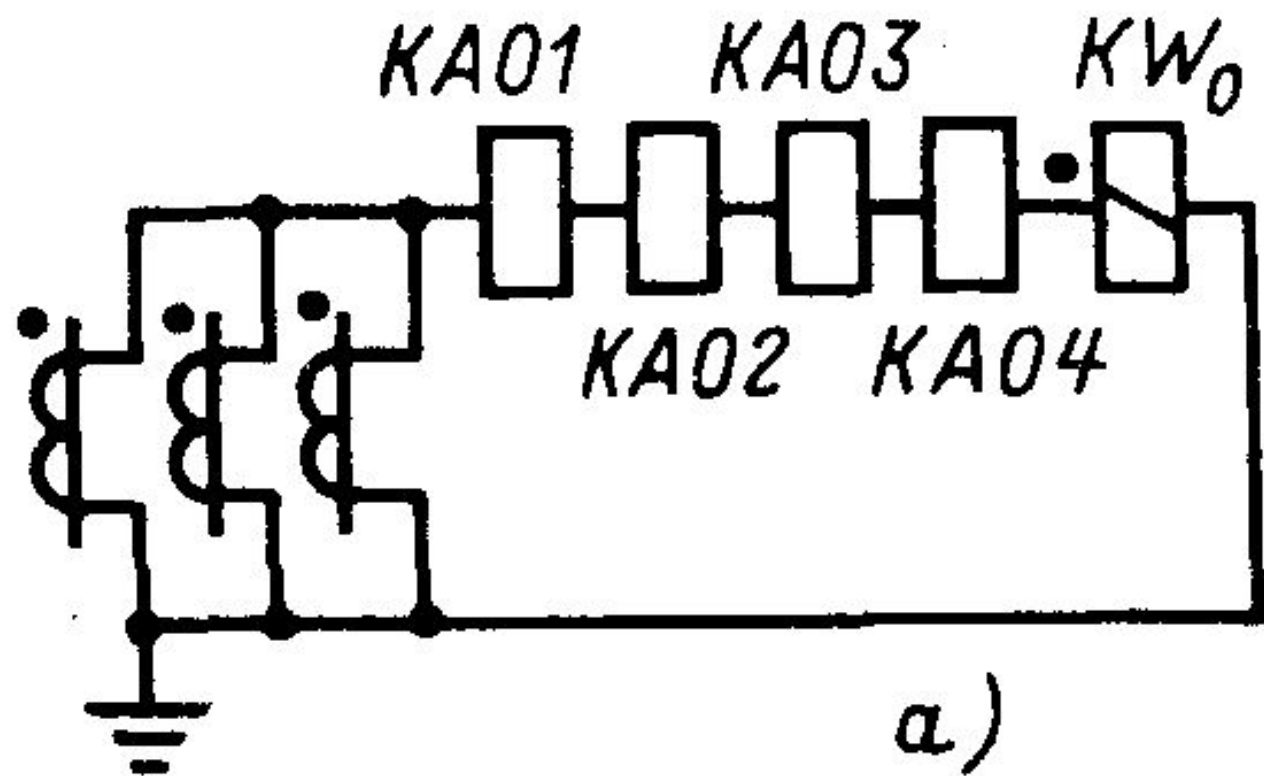
Точка P: $\underline{U}_{BP} = \underline{I}_B \chi_B$; $\underline{U}_{CP} = \underline{I}_C \chi_C$; $\underline{U}_{AP} = \underline{E}_A$

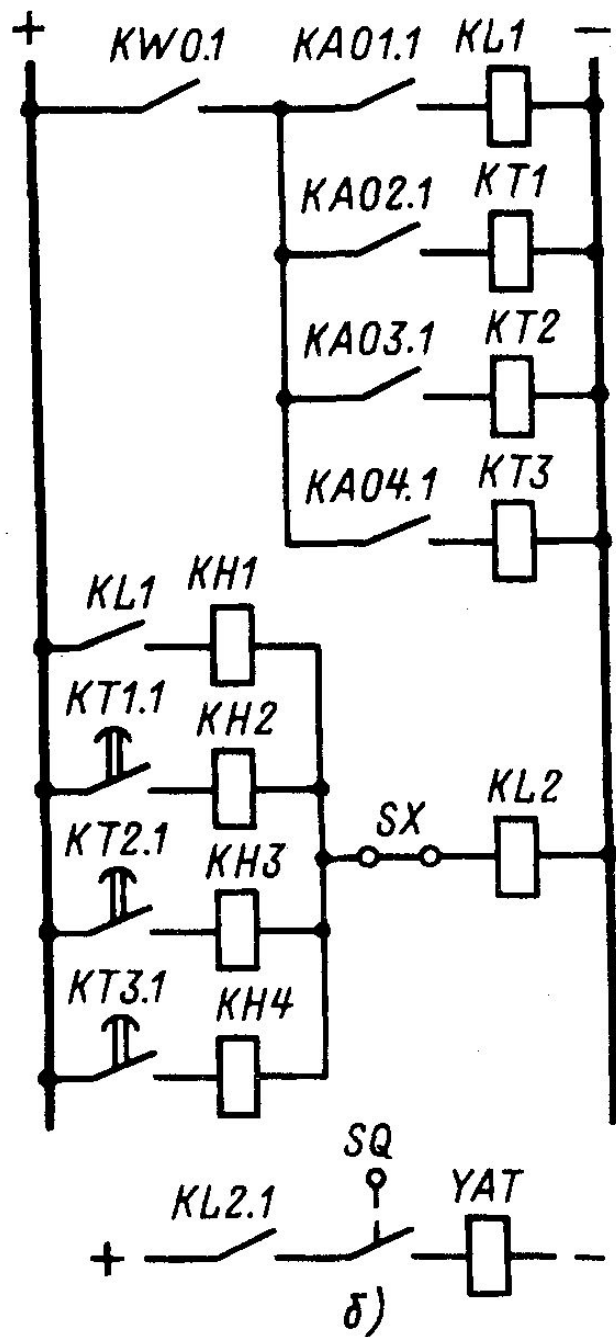
а)

б)

Векторные диаграммы при двухфазном КЗ на землю:



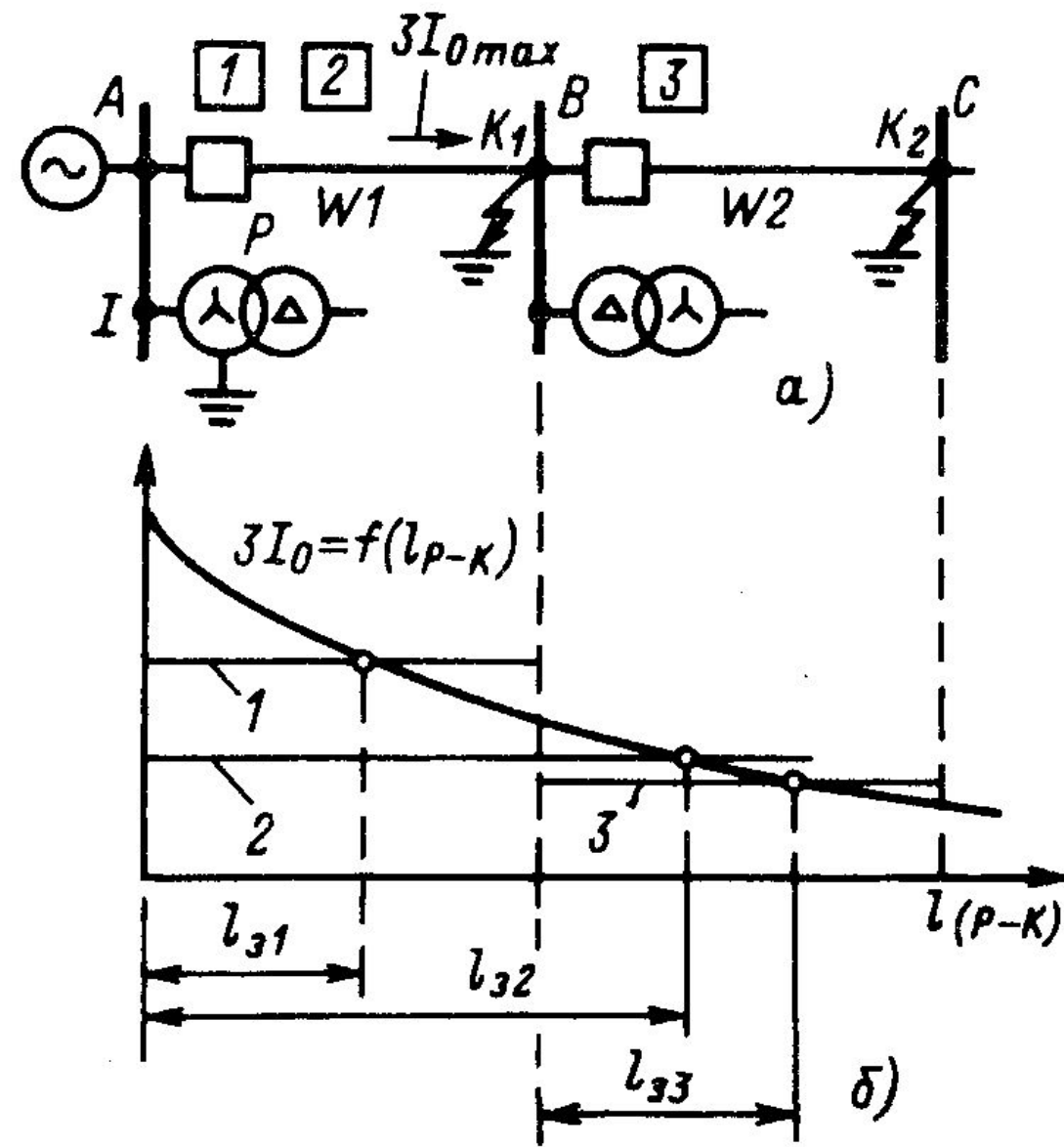




$$I_{c.3} = k_{отс} 3I_{0max}$$

$$I_{c.32} = k_{отс} I_{c.33},$$

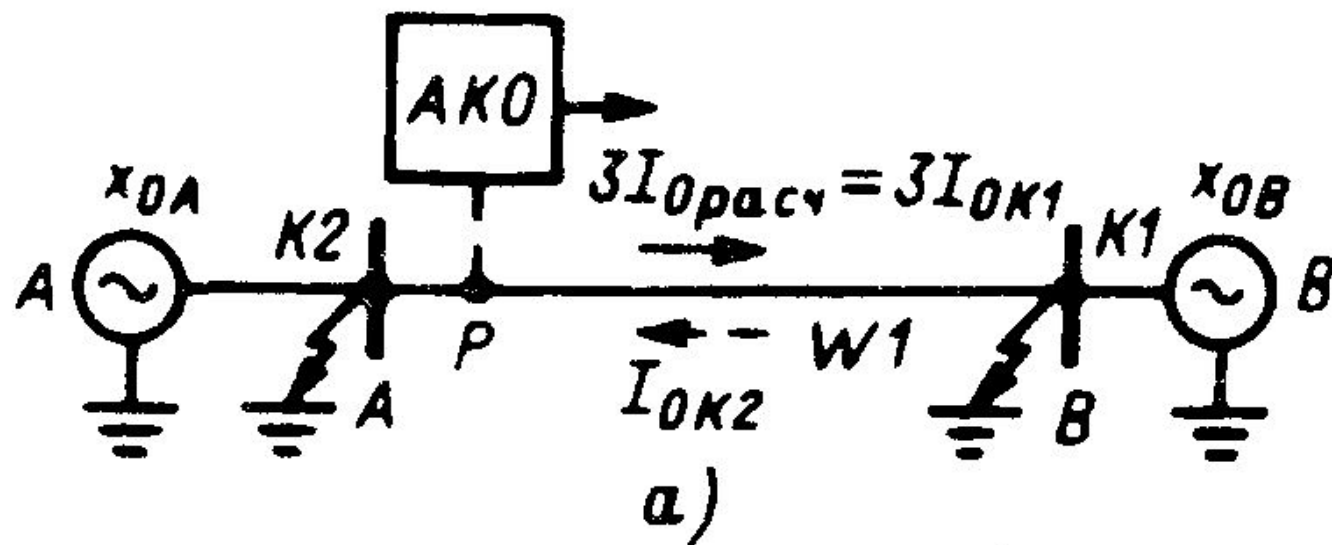
$$t_2 = t_3 + \Delta t.$$



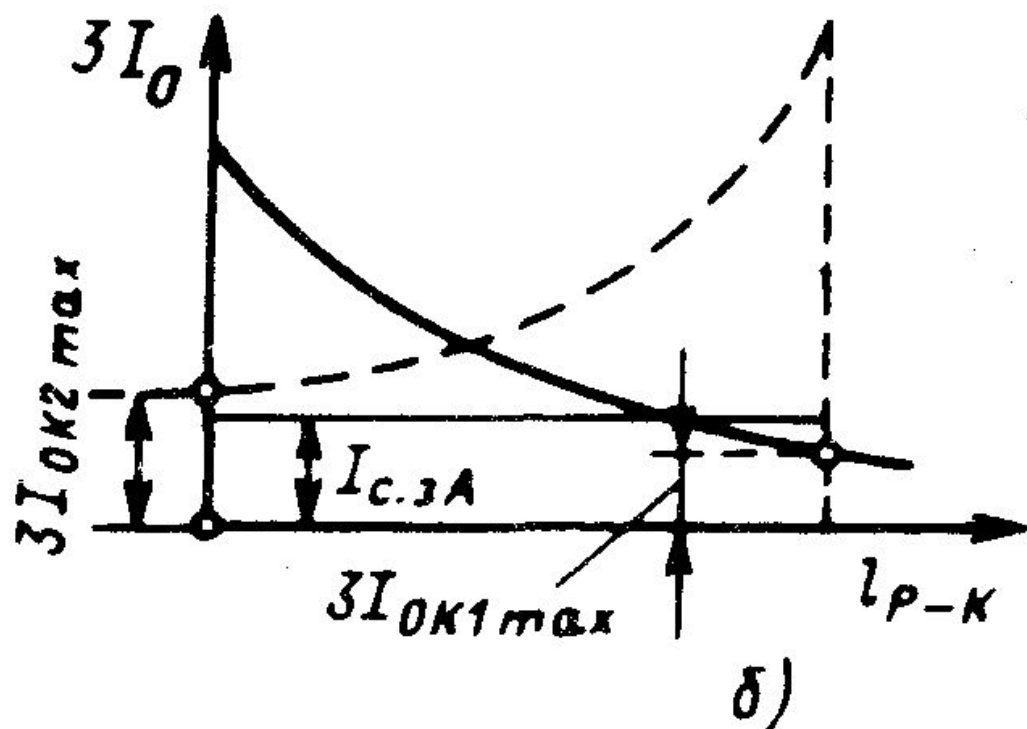
Защита линий с помощью отсечек нулевой последовательности (а); графический расчет и зона действия этих отсечек (б); согласование времени и зон действия РЗ 2 и 3:

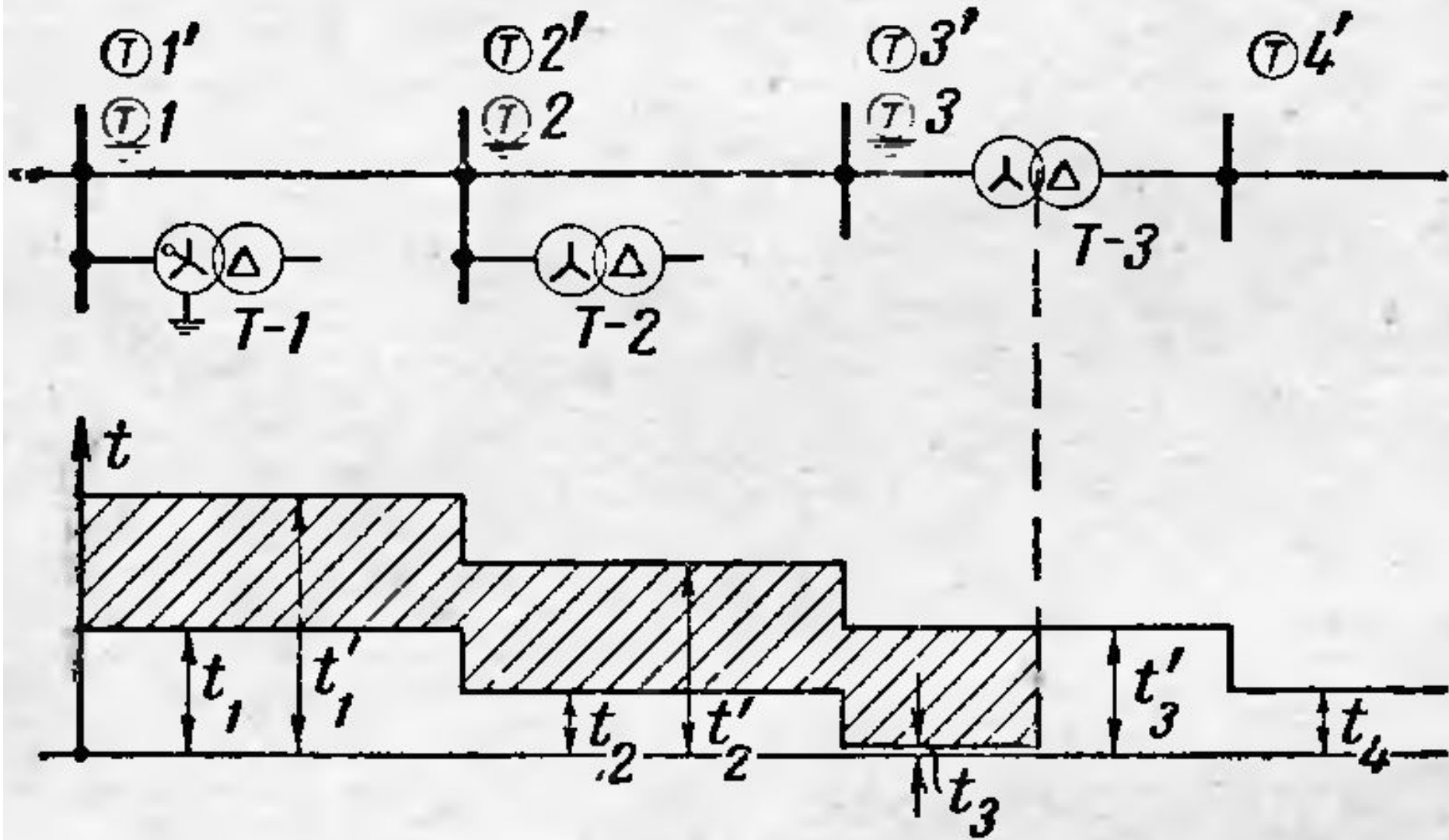
1 - $I_{c.3}$ мгновенной отсечки на $W1$;
 2 - $I_{c.32}$ - отсечки с выдержкой времени на $W1$; 3 - $I_{c.33}$ - отсечки мгновенного действия на $W2$; l_{31} , l_{32} , l_{33} - зоны действия отсечек 1, 2, 3

Направленные отсечки нулевой последовательности



$$I_{с.з} = k_H 3I_{0расч}$$





$$t_3 < t_2 < t_1$$

$$I_{с.з} = k_{зап} I_{нб. макс}$$

$$I_{нб} = k_{одн} f_i I_K^3$$

$$k_{ч} = \frac{3I_{0 мин}}{I_{с.з}}$$

где $k_{зап} = 1,3 \div 1,5$