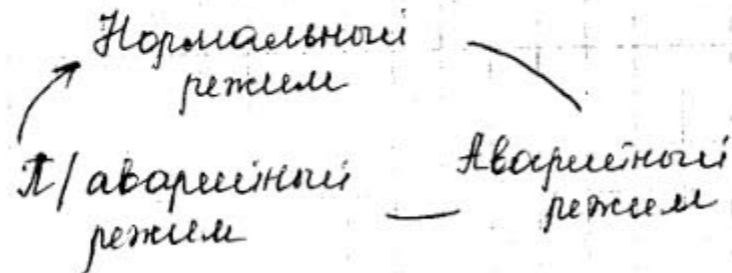


Фейная защита и
автоматизация
(лекции)

Криванков Владимир Владимирович

Временная классификация

1. Ручное управление
2. Полусредное управление
3. Диспетчерское управление
4. Автоматическое управление



Автоматика норм. режима

- АРУНМ;
- АРНРМ.

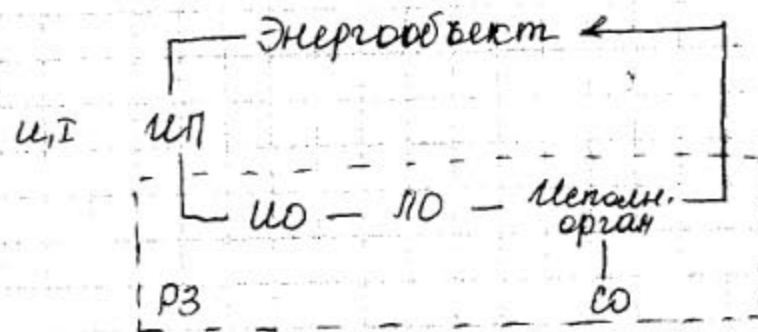
Автоматика авар. режима - РЗ

Авт.-ка пр. авар. режима (противоавар. авт.-ка)

- АПКУ
- АЛАР (автоматика ликвидации асинхр. режима)
- АОСЧ (авт.-ка ограничения снижения частоты)
- АОРЧ
- АОСК
- АОПН

Автоматика восстановления питания потребителей

- АПВ
- АВР

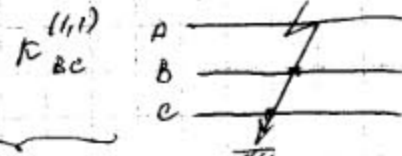
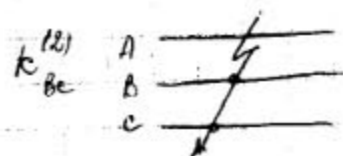
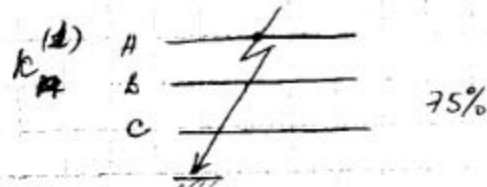
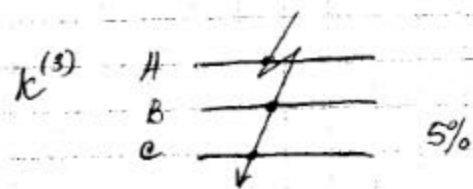
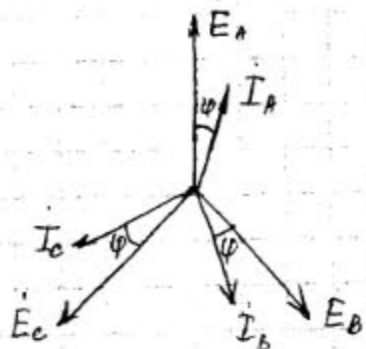


ИП - измерит. преобраз. (ТТ, ТК)

ИО - измерит. орган

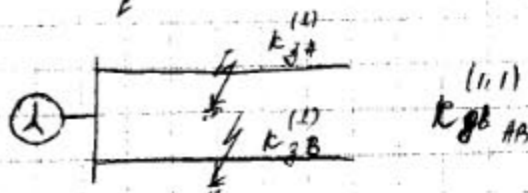
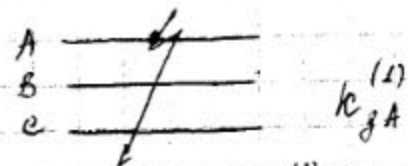
ЛО - логич. орган

СО - системный орган

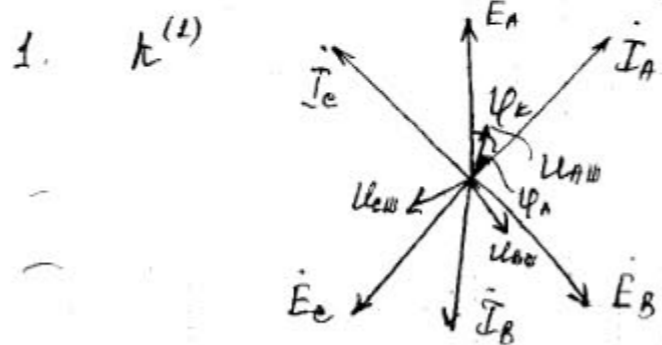
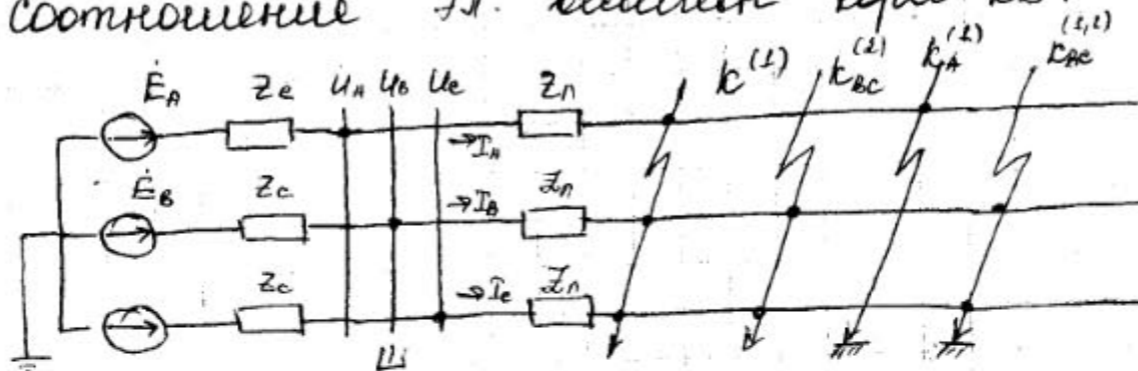


20%

Для системы с изолированной нейтралью:



Соотношение фл. величин при КЗ.



$$I_k = \frac{E_\phi}{Z_c + Z_n}$$

$$U_k = 0, \quad U_{AШ} = I_A Z_n$$

$$U_{BШ} = I_B Z_n$$

$$U_{CШ} = I_C Z_n$$

2. $k^{(2)}$: $I_A = 0$

$$I_B = -I_C$$

$$U_{AШ} = E_A; \quad U_{BCk} = 0; \quad U_{Bk} = U_{Ck}$$

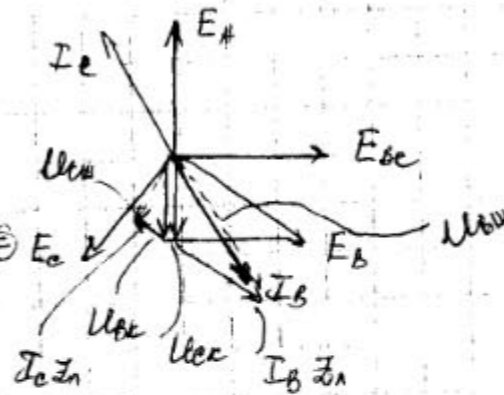
$$I_B = \frac{E_{KB}}{2(Z_c + Z_n)}$$

$$U_{Bk} = U_{Ck} = E_B - I_B(Z_c + Z_n) \ominus E_C$$

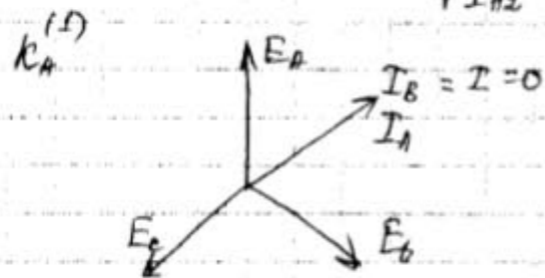
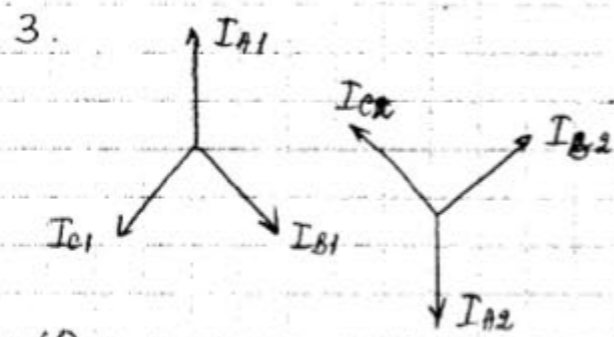
$$\ominus E_B = \frac{1}{2} E_{BC}$$

$$U_{BШ} = U_{Bk} + I_B Z_n$$

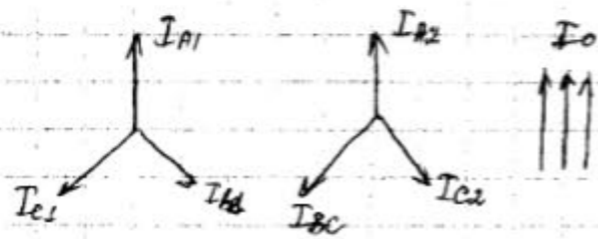
$$U_{CШ} = U_{Ck} + I_C Z_n$$



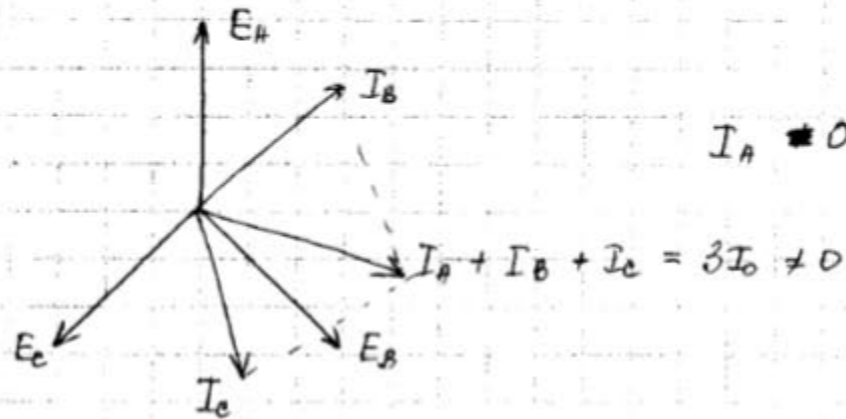
$$I_k^{(2)} = \frac{E_{\Delta\phi}}{2(Z_c + Z_n)} = \frac{\sqrt{3} E_\phi}{2(Z_c + Z_n)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k^{(3)}$$



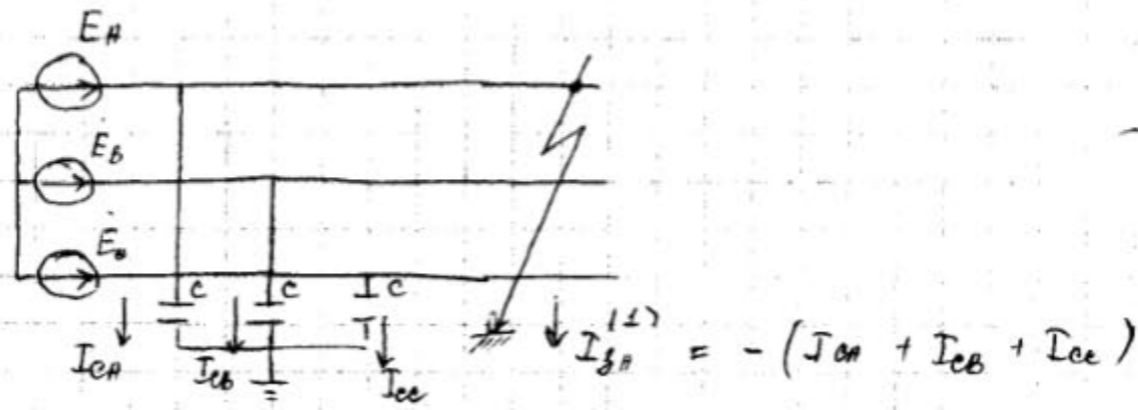
$$3I_0 = I_A = \frac{3E_\phi}{(\bar{Z}_{1c} + \bar{Z}_{1a}) + (\bar{Z}_{2c} + \bar{Z}_{2a}) + (\bar{Z}_{3c} + \bar{Z}_{3a})}$$



H, R_{bc}^(1,2)



(1)
K_B



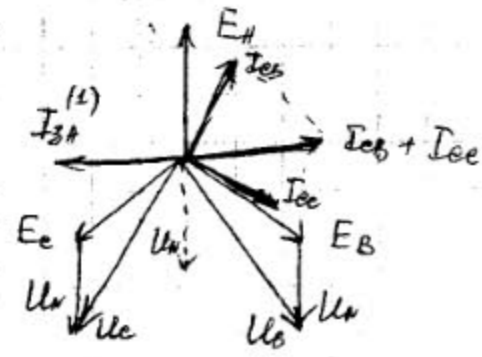
$$U_A = 0$$

$$U_N = -E_A$$

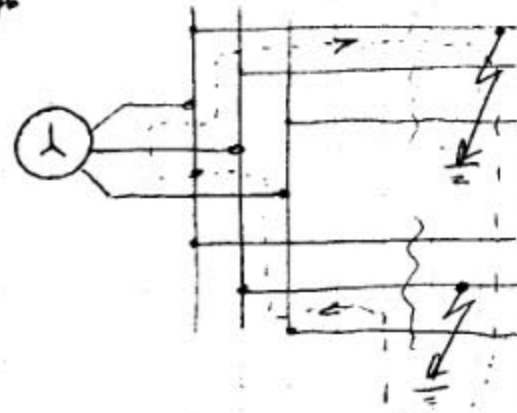
$$U_B = U_N + E_B$$

$$U_C = U_N + E_C$$

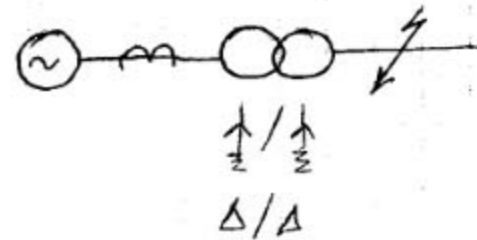
$$I_{EB} = I_{EC} = \omega C \sqrt{3} E_{\varphi}$$



$k_{gf}^{(1,1)}$

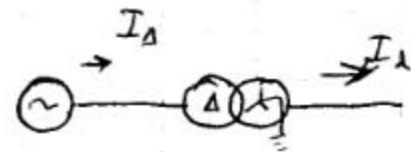


ВВ ток в кЗ при кЗ за тр-ли

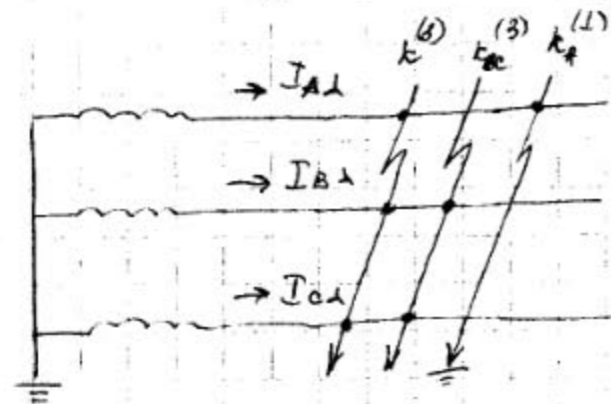
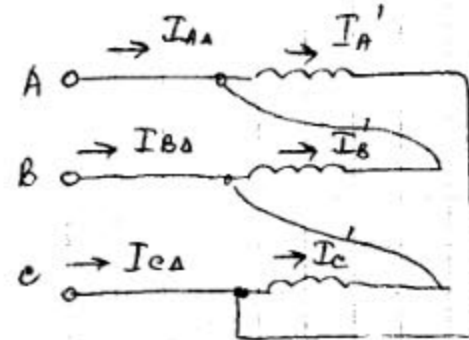


\uparrow/Δ - понижает - и

Δ/\uparrow - повышает - и



$\Delta/\lambda-11$



n_T - коэффициент трансформации = 1.

$$I_A' = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{A\lambda}$$

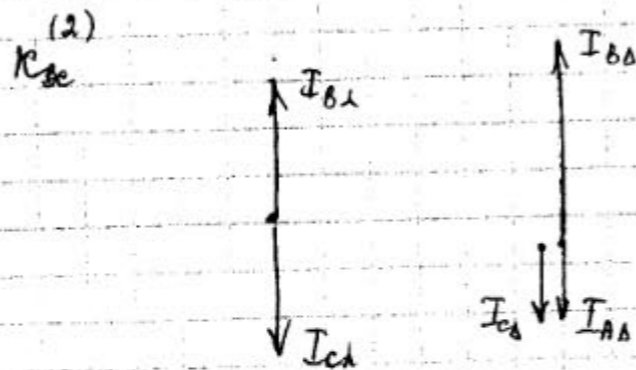
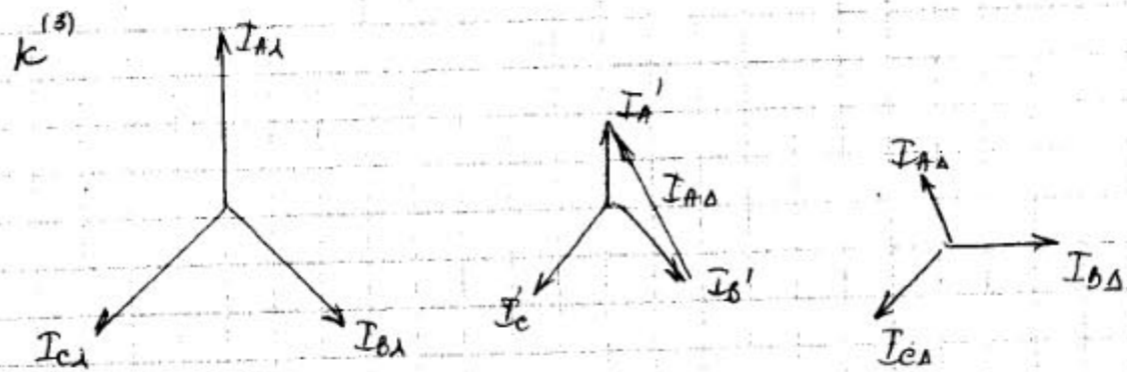
$$I_B' = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{B\lambda}$$

$$I_C' = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{C\lambda}$$

$$I_{A\Delta} = I_A' - I_B' = \frac{1}{\sqrt{3}} (I_{A\lambda} - I_{B\lambda})$$

$$I_{B\Delta} = I_B' - I_C' = \frac{1}{\sqrt{3}} (I_{B\lambda} - I_{C\lambda})$$

$$I_{C\Delta} = I_C' - I_A' = \frac{1}{\sqrt{3}} (I_{C\lambda} - I_{A\lambda})$$



$$I_{A\Delta} = -I_B' = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{B\lambda}$$

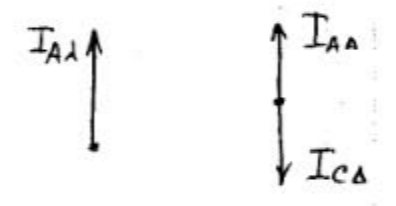
$$I_{B\Delta} = I_{K'}^{(3)}$$

$$I_{A\Delta} = I_{\Delta} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{K'}^{(3)}$$

$$K_A^{(1)} \quad I_{A\Delta} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{AA}$$

$$I_{B\Delta} = 0$$

$$I_{C\Delta} = -\frac{1}{\sqrt{3}} I_{AA}$$



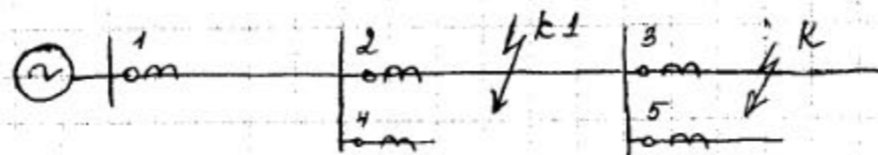
Отличие ретивов кз от норм. ретива

1. Повышенные значения токов.
2. Сниженные значения напр-я
3. Появление несимметрии (наличие I_2, I_0)
4. Угол ($\hat{U} \perp \hat{I}$) другие (как правило, повышенные)

Требования к устройству релейной защиты:

1. Селективности (защита выдает повреждение и устраняет именно его)
2. Быстродействие
3. Чувствительность защиты к повреждению.
4. Надежность

Максимальная токовая защита



$$t_{epi} > t_{pabab_{i+1}}$$

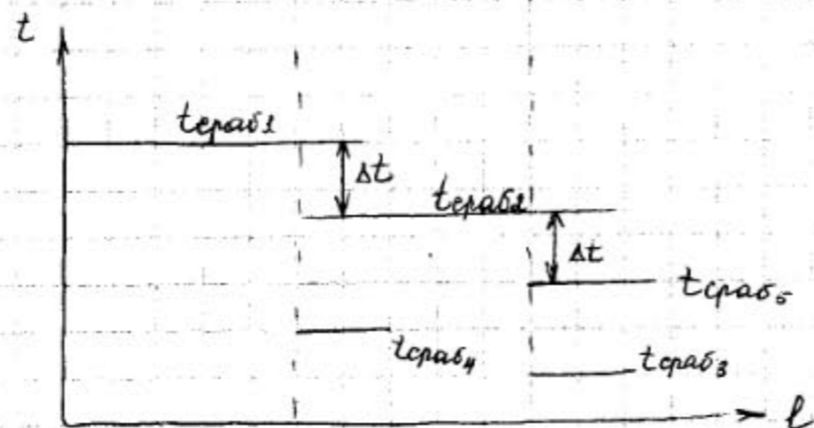
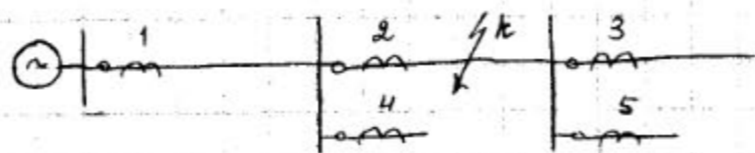
$$t_{pab_1} > \max(t_{pab_2}, t_{pab_4})$$

$$t_{pab_2} > \max(t_{pab_3}, t_{pab_5})$$

Δt - ступень селективности.

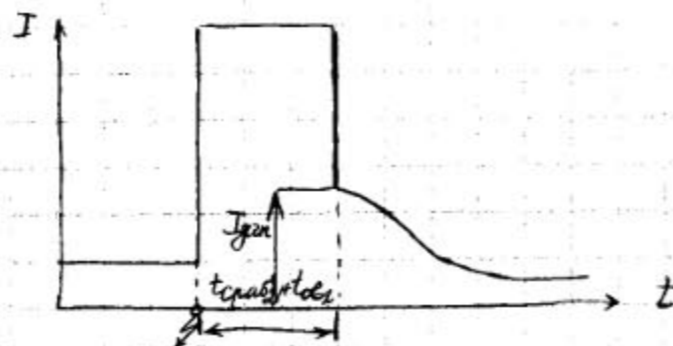
$$t_{pab_i} = t_{pab_{i+1}} + \Delta t$$

$$\Delta t = t_{o.v. (i+1)} + t_{пореш i (-)} + t_{пореш (+)} + t_{перезем i} + t_{ам} \quad t_{o.v.} - \text{возврата}$$



Условие:

1. Возврат защиты в тех состоянии после отключения внем. КЗ



$I_{гk}$ - ток запуска

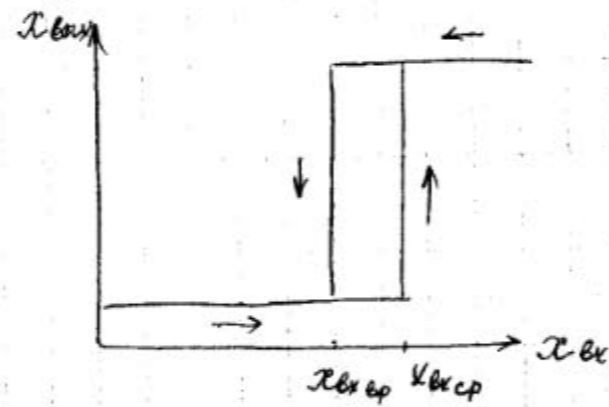
$I_{вз}$ - ток возврата

$$I_{вз} = k_{ме} \cdot I_{гk}$$

$K_{отс} > 1$ (отстройка)

$$I_{зан} = K_z \cdot I_{раб\ max}$$

$$I_{вз} = K_{отс} \cdot K_{зан} \cdot I_{раб\ max}$$

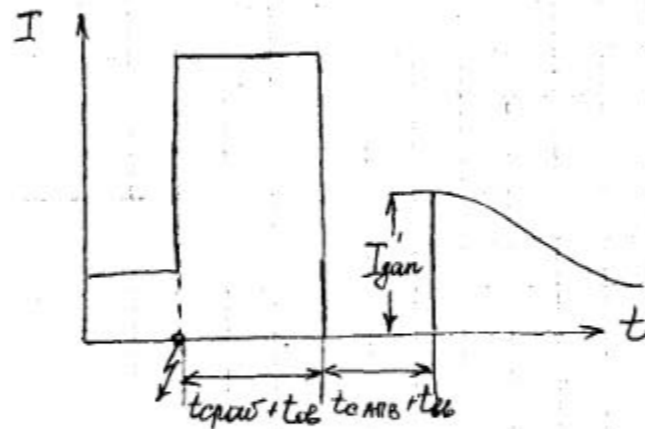


$I_{сз}$ - ток срабатывания защиты.

$$I_{сз} = \frac{I_{вз}}{K_{в}}$$

$$I_{ср\ сз} = \frac{K_{отс} \cdot K_{зан}}{K_{в}} \cdot I_{раб\ max}$$

2. Несрабатывание защиты после успешного АПВ (автоматическое повторное включение)



$$I_{зан}' > I_{зан}$$

$$I_{зан}' = K_z' \cdot I_{раб\ max}, \quad K_{зан}' > K_{зан}$$

K_z - коэф. самозапуска

$$I_{сраб} = k_{отс} \cdot k_{зан} \cdot I_{раб\ max}$$

3. Согласование $I_{сраб}$ защиты последовательно расположенных элементов сети.

$$I_{сраб1} > I_{сраб2} > I_{сраб3}$$

Кэф. чувствительности:

$$k_2 = \frac{I_{реле\ k} (min)}{I_{сраб\ реле}}$$

$I_{рк} (min)$ - мин ток в реле тока защиты

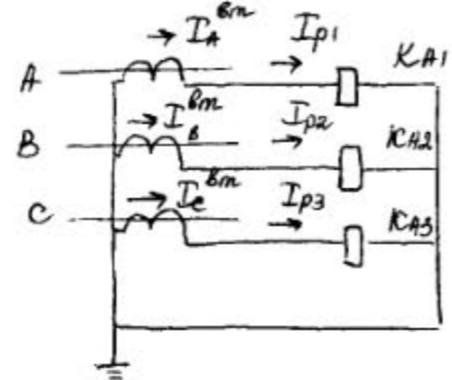
$I_{ср}$ - ток срабатывания реле защиты

$$I_{ср} = \frac{k_{отс}}{k_2} \cdot I_{сраб}, \quad k_2 \geq 1,5$$

Схема подключения реле тока защиты к тр-м тока.



1. Схема полной звезды

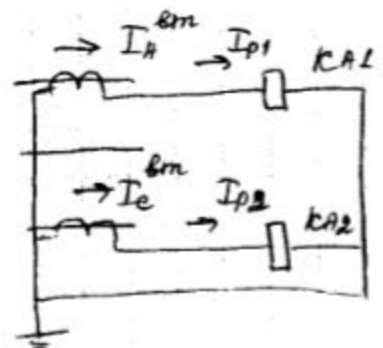


$I_A^{вн}$ - вторичный

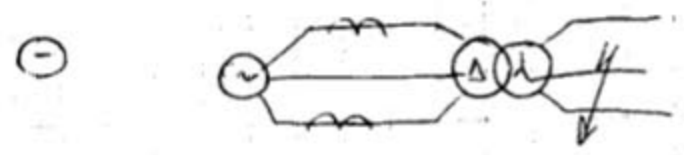
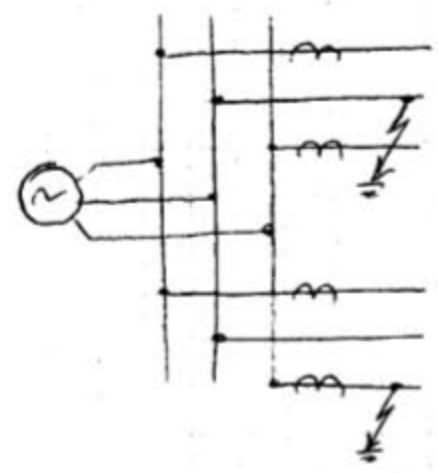
$$k_{сх} = \frac{I_p}{I^{вн}} - \text{коэф. схемы}$$

$$k_{сх} = 1.$$

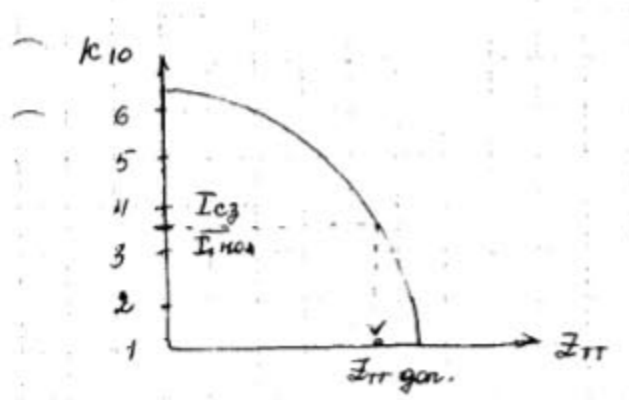
2. Схема неполной звезды



$$K_{ex} = 1.$$



Чувств-ти в 2 раза меньше при $k^{(2)}$ за тр-ли Δ/Y , чем у первой схемы



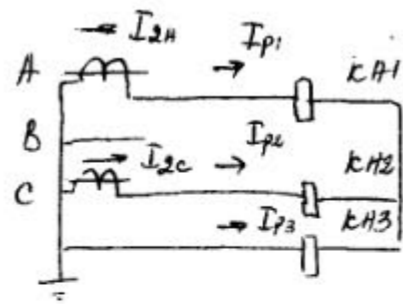
k_{10} - коэффициент кратности

$$\frac{I_1}{I_{1ном}} = k$$

$$Z_p = Z_{ТТ} = \frac{U_2}{I_1} - \text{сопр-е тр-ра тока}$$

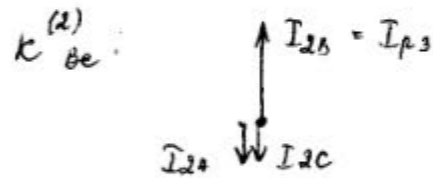
$$U_2 = I_2 Z_p, \quad K_{ex} = \frac{I_p}{I_2} = 1.$$

3. Схема неполюной звезды с реде в обратном проводе.



Чувствительность как и в схеме полной звезды.

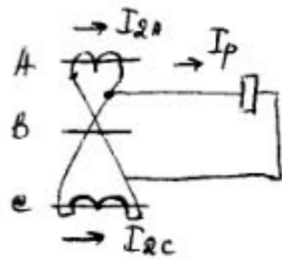
$$I_{p3} = - (I_{2A} + I_{2C}) = I_{2B}$$



$K_{AB}^{(2)}$: $U_2 = 2 I_2 Z_p$

$$Z_{T1} = 2 Z_p$$

4. Схема неполного Δ -ка.



$$I_p = I_{2A} \cdot I_{2C}$$

$$I_p = \sqrt{3} I_2$$

$$K_{ex} = \frac{I_p}{I_2} = \sqrt{3}$$

⊕ самая дешёвая схема.

⊖ - $K_x = \frac{I_{p \text{ min}}}{I_{cp}}$

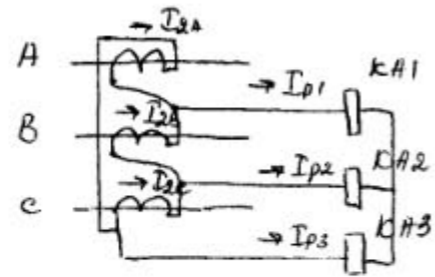
$$I_{cp} = \frac{K_{ome} \cdot K_B \cdot K_{ex}}{K_B K_I} \cdot I_{p \text{ max}}$$

- Нельзя использовать, если есть тр-р Δ/Y .

$$U_2 = \sqrt{3} I_2 Z_p$$

$$Z_{T1} = \frac{U_2}{I_2} = \sqrt{3} Z_p$$

5. Схема поочного Δ -кл.



$$I_{p1} = I_{2A} - I_{2B}$$

$$I_{p2} = I_{2B} - I_{2C}$$

$$I_{p3} = I_{2C} - I_{2A}$$

$$I_p = \sqrt{3} I_2$$

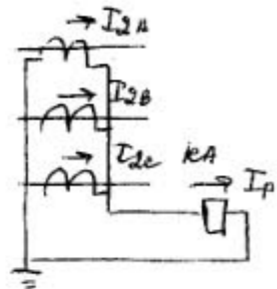
$$K_{ex} = \sqrt{3}$$

$$U_2 = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} I_2 Z_p$$

Нагр-ка на тр-р тока: $K_{TT} = 3 Z_p$.

Эта схема используется очень редко.


6. Фильтр тока нулевой послед-ти.





$$I_{2A} + I_{2B} + I_{2C} = 3I_0$$


$$Z_{TT} = Z_p$$

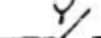
Схема так токовой защиты.


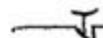
 - реле, соленоид откл (вкл) выкл(откл).


 - замыкающий контакт

 - размыкающий контакт

 - замок. контакт с выдержкой времени на замыкание

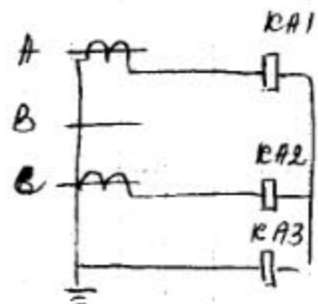
 - " - на размыкание

  - размык. конт. с выд. вр. на зам. (размы.)

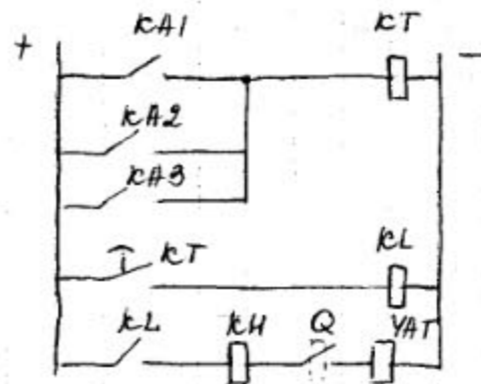
 - контакт не возвр. в мех. положе. после срабатывания.

- К - символ реле
- КЛ - промежуточное реле
- КТ - реле времени
- КА - реле тока
- КИ - реле напр.-е
- КН - сигнальное реле
- УАТ - соленоид откл. вошки-ле
- УАС - соленоид вкл. вошки-ле

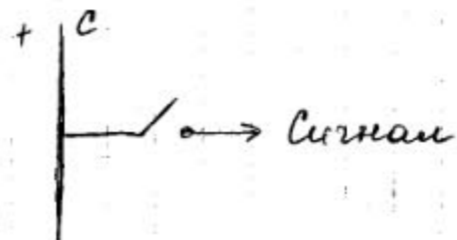
а). Схема цепи тр-ра тока.



б). Схема цепи оперативного тока.

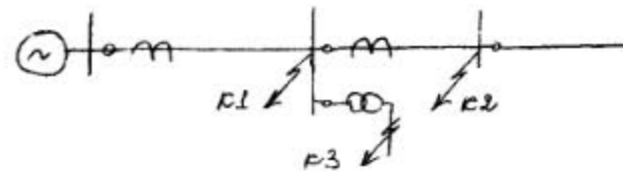


в). Схема цепи сигнализации.



Оценка макс. токовой защиты:

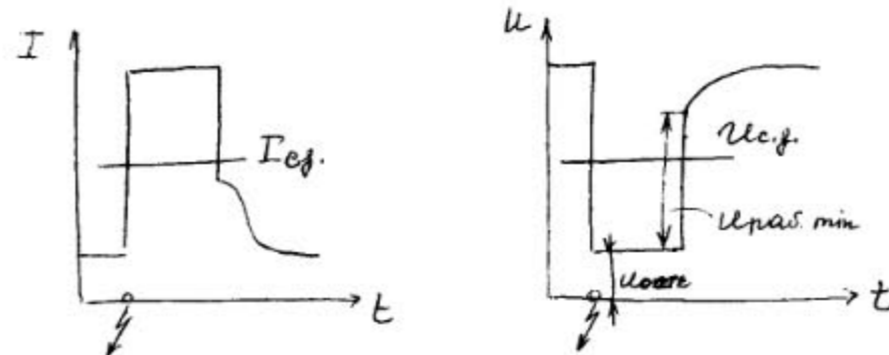
- простая \Rightarrow надежная;
- селективная;
- небыстродействие;
- как правило, обладает достаточной чувствительностью.



$$K1: K_2 \geq d$$

$$K2, K3: K_2 \geq 1, d$$

Мак. токовая защита с пуском
min напр-е.



$$I_{с.з.} = \frac{K_{отс}}{K_0} \cdot I_{раб. max}$$

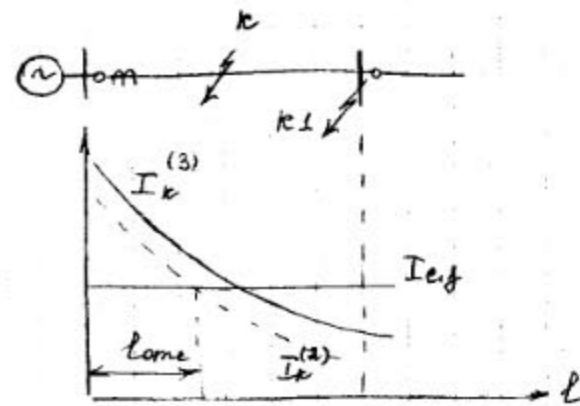
$$U_{с.з.} = \frac{U_{раб. min}}{K_{отс} \cdot K_0}, \quad K_{отс} > 1, \quad K_0 > 1$$

$$K_2^T = \frac{I_{раб. min}}{I_{ср}}$$

$$K_2^H = \frac{U_{с.з.}}{U_{ном. с}}$$

\ominus медленное действие

Токвая отсечка



$$I_{сз} = K_{ome} \cdot I_{кз \text{ внешн max}}$$

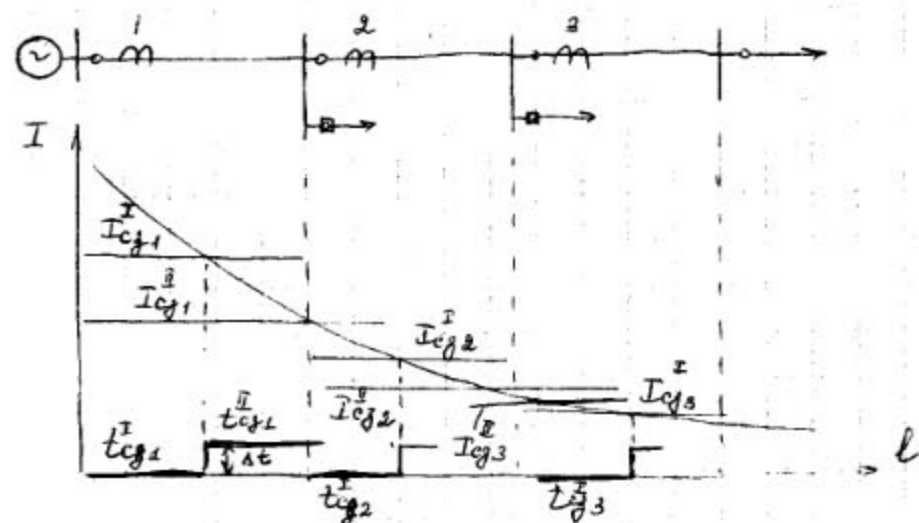
$$K_{ome} > 1$$

$$t_{сз} \approx 0 \text{ с}$$

⊕ бездействие

⊖ не защищает всю сеть, а только часть.

Трёхступенчатая токовая защита



I ступень - токовая отсечка без выдержки времени.

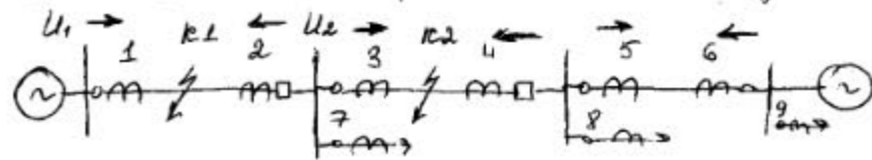
$$I_{сз1}^I = K_{ome} I_{кз \text{ внешн max}}$$

$$t_{сз}^I \approx 0$$

II ступень - $I_{сзi}^{II} = K_{ome} \cdot I_{сз(i+1)}^I$, $K_{ome}^I \approx 1,2$

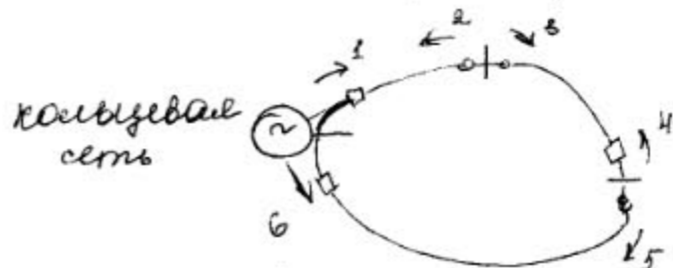
$$t_{сз}^{II} = t_{сз(i+1)}^I + \Delta t$$

Трёхфазная направленная защита

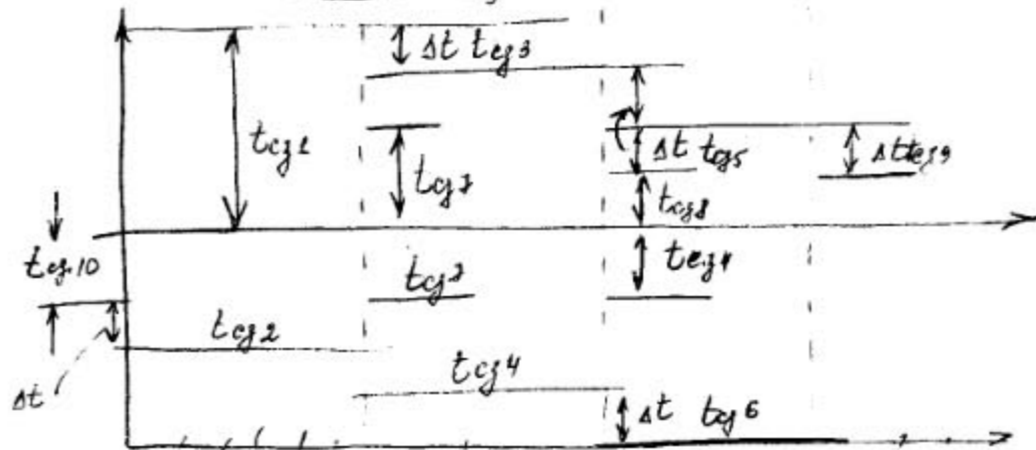


$k1: t_{cz3} > t_{cz2}$

$k2: t_{cz3} < t_{cz2}$

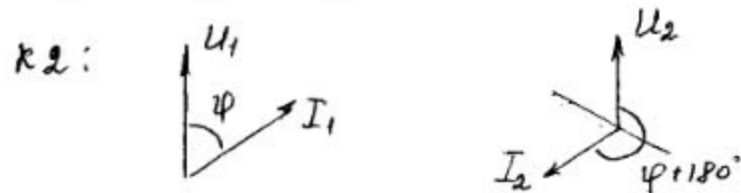


контурная сеть



$t_{cz1} > t_{cz3} > t_{cz5}$

$t_{cz6} > t_{cz4} > t_{cz2}$



Если времена срабатывания защит на обоих концах защищаемой линии равны, то органы управления мощностью можно не устанавливать.

С той стороны участка линии, где время срабатывания больше, устройство направленной мощности можно не устанавливать.

Выбор тока срабатывание защиты.

Условия:

1. Несрабатывание защиты при КЗ на внешнем участке

$$I_{зе} = \frac{K_{отс} \cdot K_t}{K_0} \cdot I_{раб\ max} \quad (\text{ток раб. ток, проходящий в направлении действия защиты}).$$

2. Несрабатывание защиты после успешного АПВ.

$$I_{ез} = K_{отс} \cdot K'_z \cdot I_{раб\ max}$$

3. Ток срабатывание защиты отстранивателя прямо от раб. тока (кот. проходит в норм. режиме работа линии в направлении, противоположном направлению действия защиты).

$$I_{сз} = K_{отс} \cdot I_{раб}$$

$$4. \begin{cases} I_{сз1} > I_{сз3} > I_{сз5} \\ I_{сз6} > I_{сз4} > I_{сз2} \end{cases}$$

Органы направления мощности.

Требования:

1. Четкое срабатывание при заданном направлении мощности и четкое несрабатывание при противоположном направлении мощности.

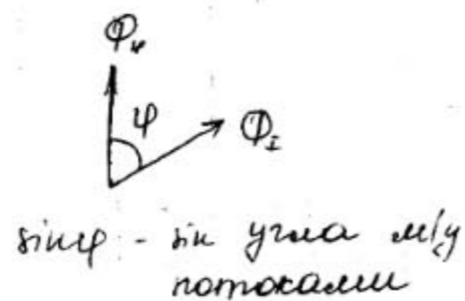
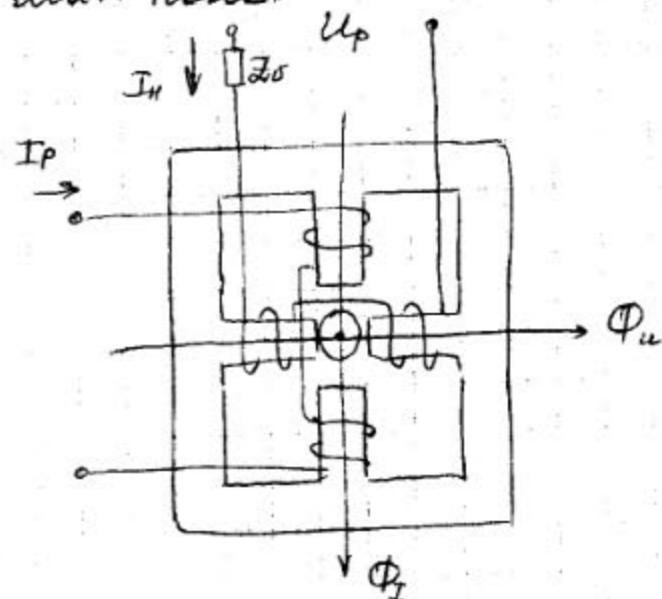
2. Отсутствие самозода, т.е. срабатывание органа при исчезновении одной из фаз проводимых шин ($I_{фz}$ или $I_{хх}$).

3. Чувствительность

4. Надежность.

Эл. мех. реле направл-я мощ-ти (РНМ)

- это индукционная с-ма, т.е. д.б. либо вращ. маг. поток, либо безвращ. маг. поток.



Вращ-ий момент, действующий на якорь:

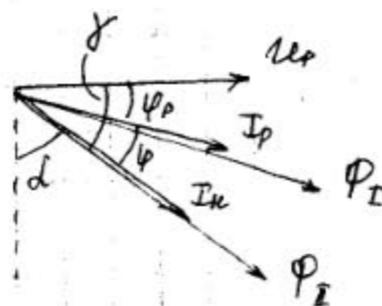
$$M_{вр} = k_1 \Phi_u \cdot \Phi_I \cdot \sin \varphi = k_2 I_n I_p \sin \varphi =$$

$$= k \cdot U_p \cdot I_p \sin \varphi$$

$$\varphi = (\psi_p - \psi_r)$$

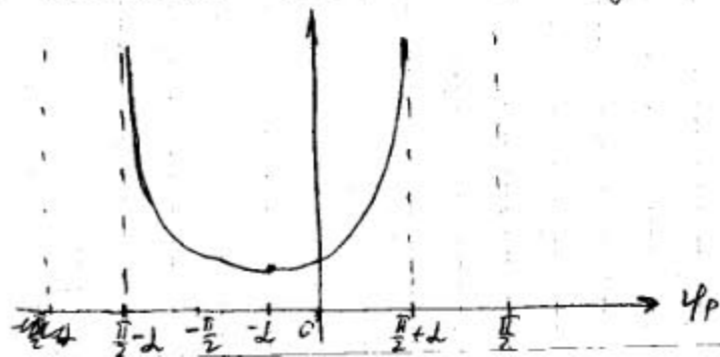
$$\alpha = 90^\circ - (\psi_p + \varphi)$$

$$\varphi = 90^\circ - (\psi_p + \alpha)$$



$$M_{вр} = k U_p I_p \cos(\psi_p + \alpha)$$

α можно менять, изменяя Z_0 (балласт, $\cos \varphi$)



"Мёртвая" зона: $U_p < U_{cr}$

Зона каскадного действия - часть линии защищаемой линией, при КЗ в кот. защита срабатывает только после откл. др. конца.

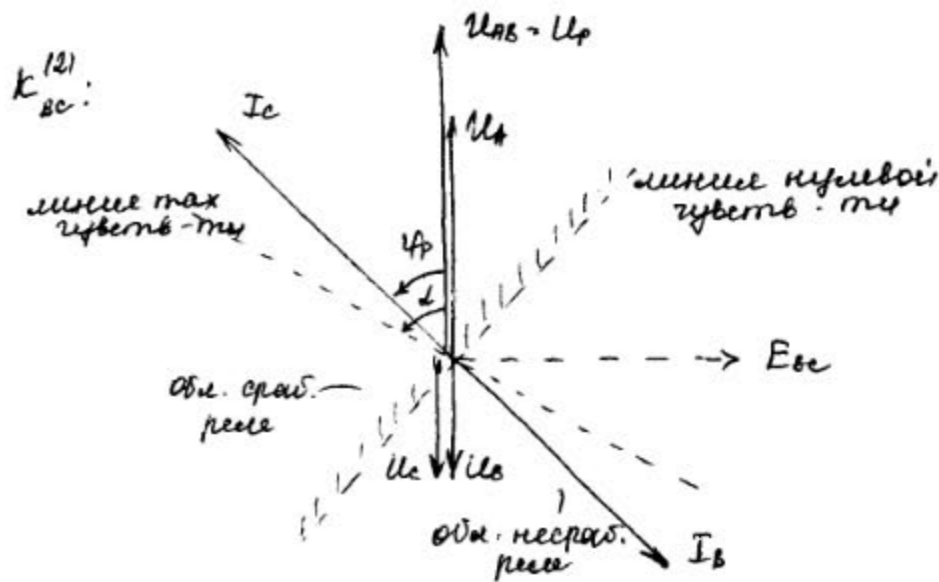
90-градусная схема включения реле напр-я мощности (РНМ).



I_p	U_p
I_A	U_{BC}
I_B	U_{CA}
I_C	U_{AB}

⊖ При ТР КЗ близки каскадная зона остаётся

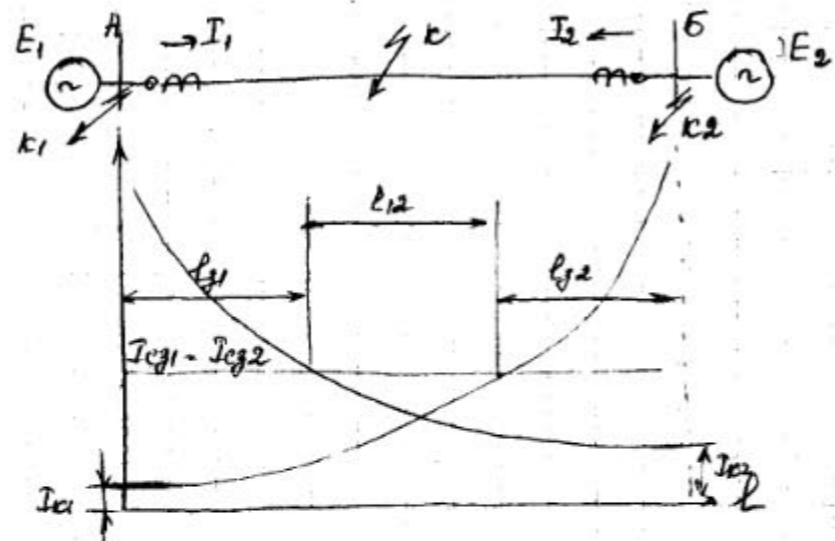
⊕ При 2-х разном КЗ "мёртвая" зона нет



$$I_p = I_c$$

$$\alpha = 30 \div 40^\circ$$

Трёхфазная отсечка линией с 2-х сторонним питанием.



I_{cs} - Котм K_{cs} внеш. ток
 для ненаправл.
 действие отсечки

Всегда стремится в качестве I-й ступени
 использовать ненаправленную сме. му отсечки.

$I_{cs} = K_{отс} \cdot I_{cs}$ внеш. ток - в направл. дейст. защита

3-х ступенчатая токовая направл.
 защита.

I ступень - ток отсечки I_{cs} выдержки времени.
 (направл. или ненаправл.)

$$I_{отс}^I = K_{отс} \cdot I_{cs} \text{ внеш. ток}$$

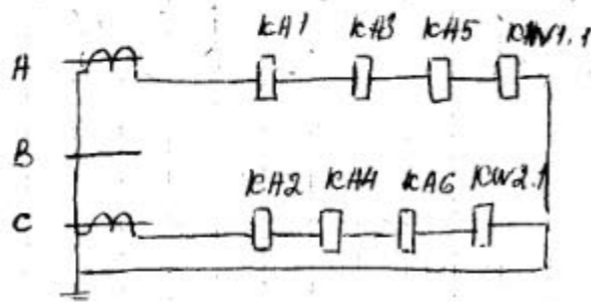
$$t_{cs}^I \approx 0$$

II ступень - ток отсечки с выдержкой времени.

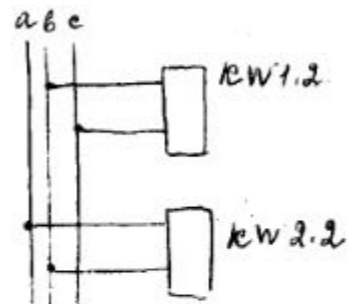
$$I_{cs}^{II} = K_{отс} \cdot I_{cs}^{I} \text{ сме. му, напр.}, \quad I_{отс}^{II} = K_{отс} \cdot I_{cs}^{II}$$

III ступень - ток токовая направл. защита.

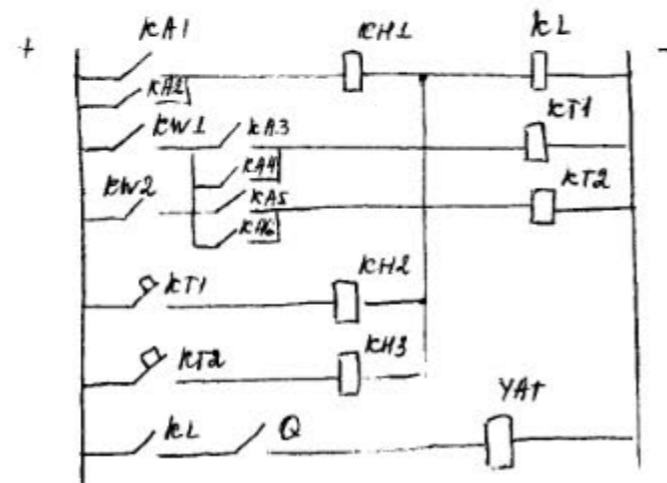
а) Схема цепи тр ра тока



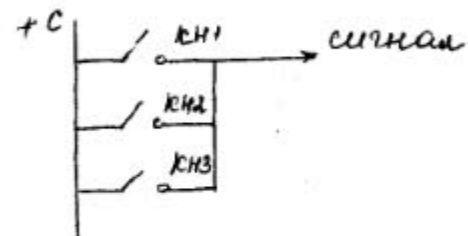
б). Схема цепи тр-ра напр-е



в). Схема цепи операт-во тока



г). Схема цепи сигнализации



Дистанционная защита.

тип защита сопр-е.

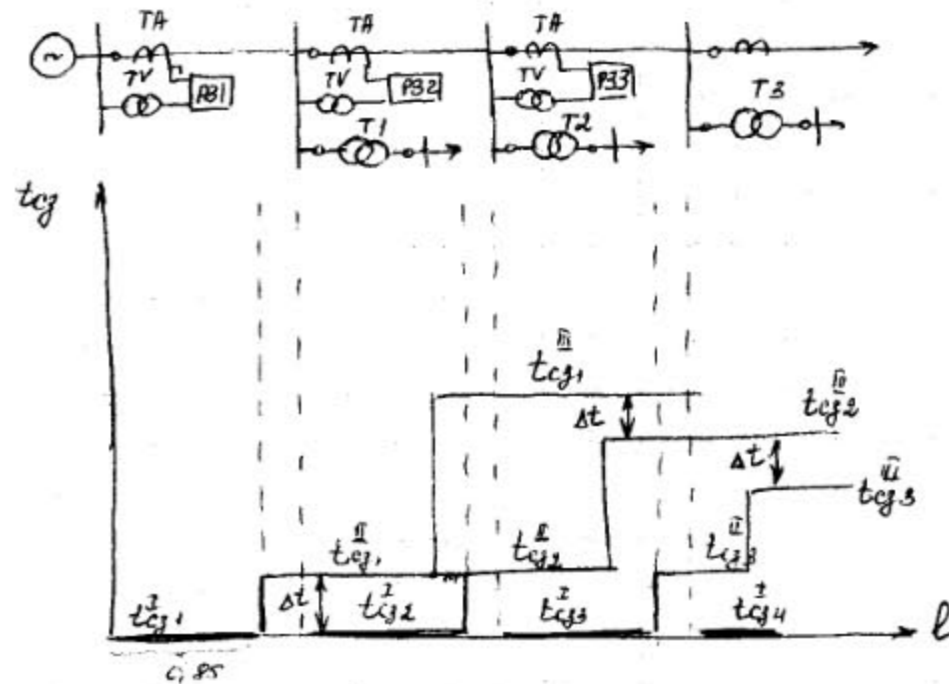
$$I = \frac{U_p}{I_p}$$

I_p	U_p
$I_A - I_B$	$U_A - U_B$
$I_B - I_C$	$U_B - U_C$
$I_C - I_A$	$U_C - U_A$

- ⊕ стабильная защ-та
- ⊖ ложное сраб. в сетях КН

Параметры срабатывающего защит: время срабатывания и сопр. срабатывания.

$$Z = \frac{U_p}{I_p} = Z_{сз} = Z_{лг} \cdot L_{сз}, \quad Z_{сз} - \text{сопр. до КЗ}$$



I ст: $Z_{сз}^I = 0,85 Z_n, \quad t_{сз}^I \approx 0$

II ст: $Z_{сз}^{II} = 0,85 (Z_{n1} + Z_{сз}^I(i+1)), \quad t_{сз}^{II} = t_{сз}^I(i+1) + \Delta t$

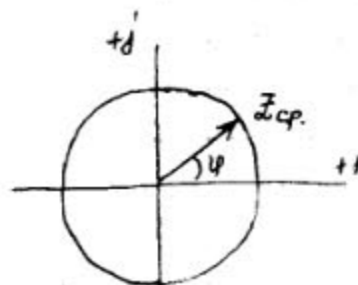
III ст: резервная ступень

1) $Z_{сз}^{III} \geq K_{отс} (Z_{n1} + Z_{сз}^I(i+1))$

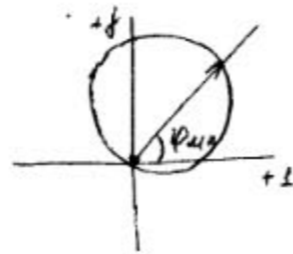
2) $Z_{сз}^{III} \geq K_{отс} (Z_{n1} + Z_{сз}^{II}(i+1))$

3) $Z_{сз}^{III} \leq Z_{рас\ min} = \frac{U_{рас\ min}}{I_{рас\ max}}$

Пар-сы реле сопротивления.

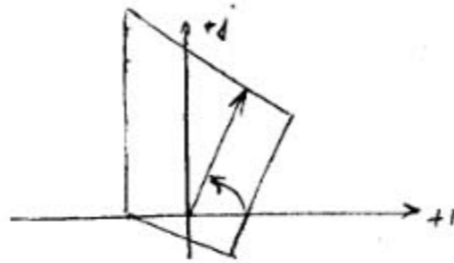


I ступень:

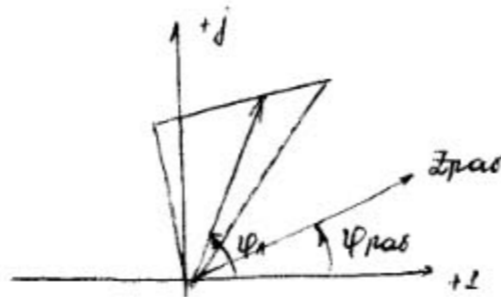


м.г. - max зубчат. п.

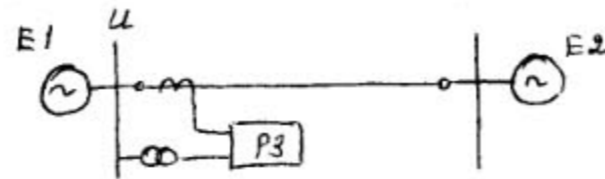
II ступень:



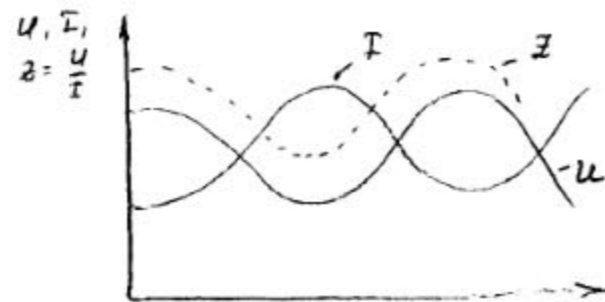
III ступень:



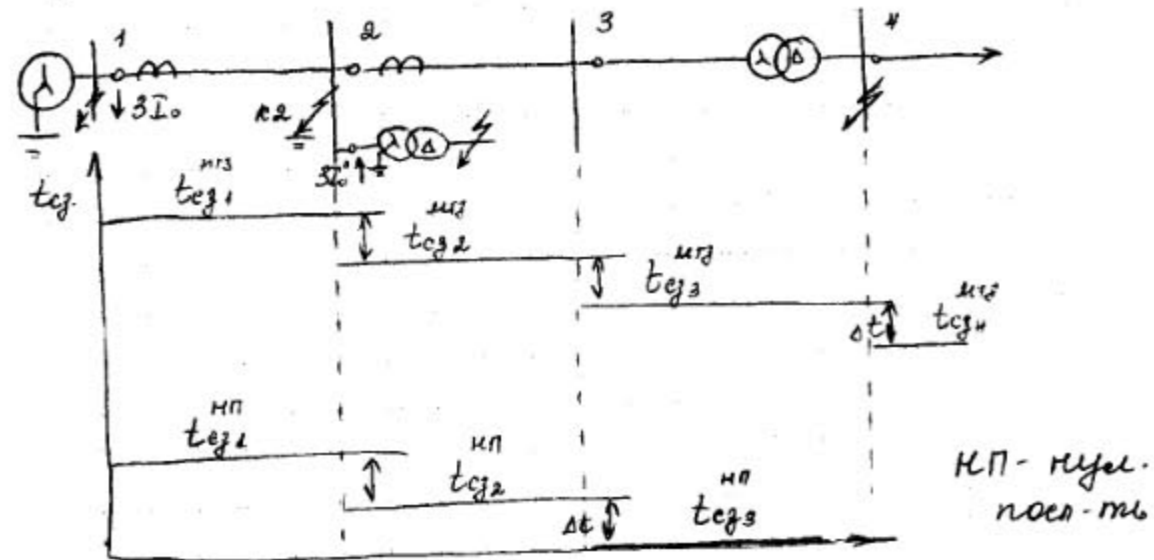
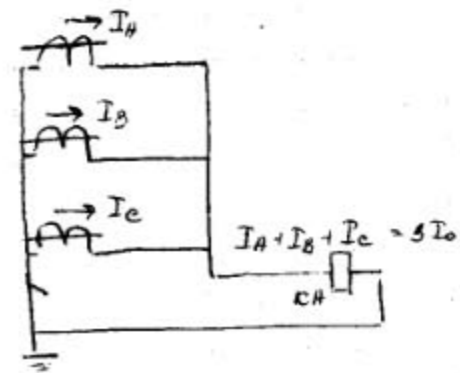
Блокировка неисправности в цепях
напр-2 (БНН)



БК - блокировка от
качания



Блоковая защита нулевой
последовательности



1). $I_{cз} = K_{отс} \cdot I_{нб}$, $I_{нб}$ - ток небаланса

$I_{нб} = K_{одн} \cdot K_a \cdot \epsilon \cdot I$, $K_{одн}$ - коэф. однородности

$K_{одн} = 0,5$ - тр-ра т. одного типа.

$K_{одн} = 1$ - тр-ра т. разного типа.

K_a - коэф. асимметрии

$t_{cз} \cong 0$, $K_a = 2$

$t_{cз} > 0,5e$, $K_a = 1$

ϵ - наим. доп. погреш-ть тр-ра тока в условиях сраб. защиты

$\epsilon = 0,1$.

2). $I_{cз} = K_{отс} \cdot 3I_0''$

3-я ступенчатая токовая защита нулевой послед. тн.

I ступень: $I_{сз}^I = K_{отс} \cdot 3 I_0(сз)$ кд см. рис выше
 $t_{сз}^I \cong 0$

II ступень: $I_{сз}^{II} = K_{отс} \cdot K_T \cdot I_{сз}^I(i+1)$

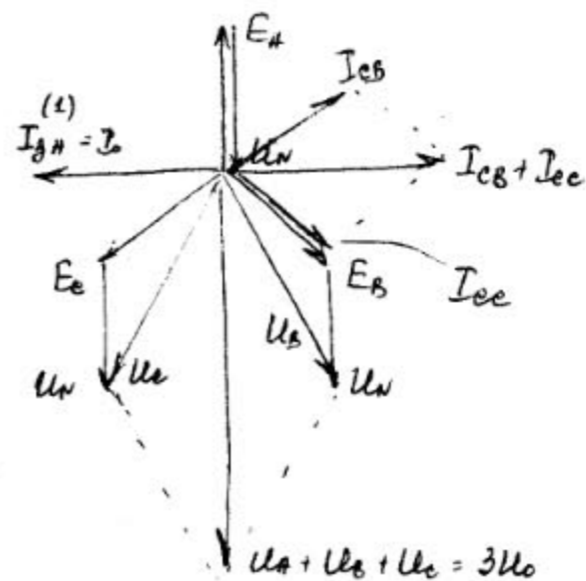
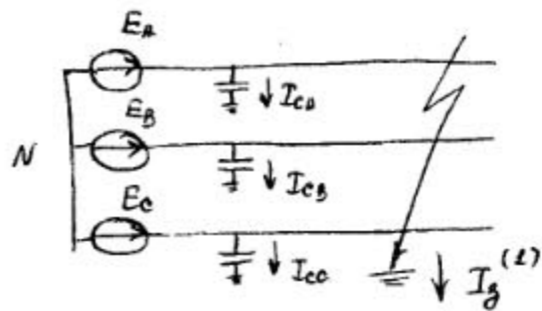
K_T - коэф. токораспределения

$$K_T = \frac{3 I_{взл. i}}{3 I_{0 в зл. (i+1)}} \leq 1.$$

$$t_{сз}^{II} = t_{сз}^I(i+1) + \Delta t$$

Эта защита с относит. селективностью.

РЗ от замыканий на землю в сети с изолир. нейтрально. ($K_0^{(1)}$)

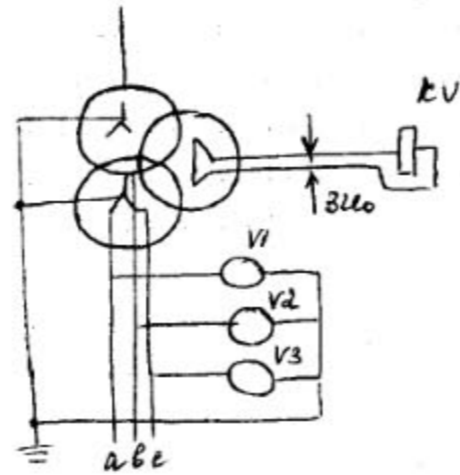


$$U_N = -E_A$$

$$U_A = 0$$

$$U_A + U_B + U_C = 3U_0$$

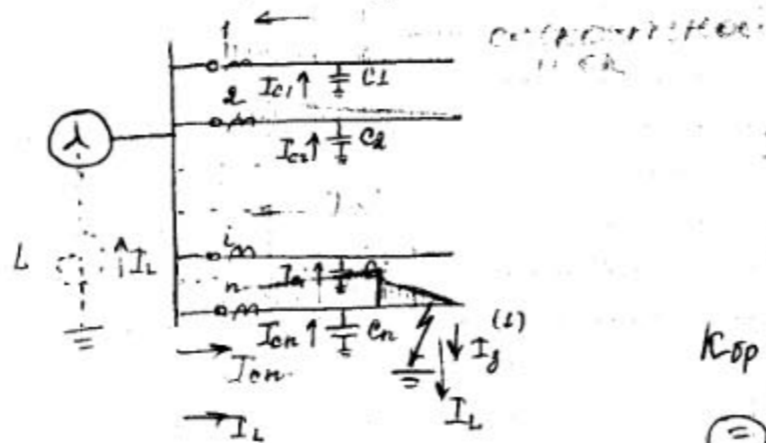
Общая сигнализация о замыкании на землю.



$$U_{0z} = 0,1 - 0,15 \text{ УФН}$$

Скользящая нагрузка нулевой послед-ти.

Распределение при замыкании на землю.



$$I_{gz} = K_{ome} \cdot K_{op} \cdot I_{ci} \text{ (с)}$$

$$K_{ome} = 1,2 \div 1,3$$

K_{op} - коэффициент броска

$$\text{(с)} K_{ome} \cdot K_{op} \cdot 3 \omega U_0 C_i$$

$$K_{op} = 4 \div 5, \text{ при } t_{gz} = 0$$

$$K_{op} = 1,5 \div 2 \text{ при } t_{gz} \approx (1 \div 3) \tau$$

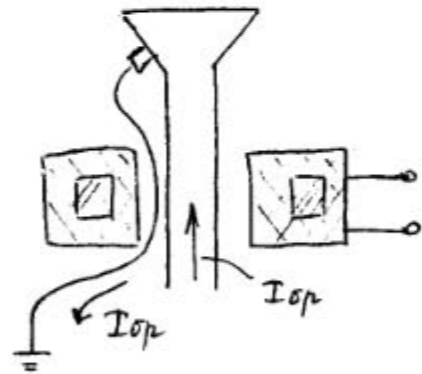
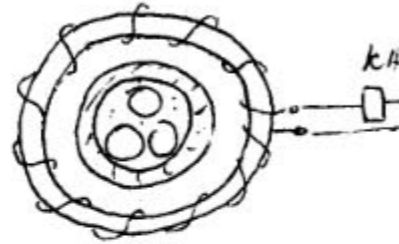
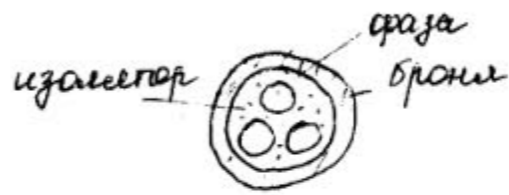
Смещенная ток, проходящий из тр-р тока повороту и линии:

$$I_{cnz}^{(2)} = 3 \omega U_0 \sum_{i=1}^{n-1} C_i$$

$$K_c = \frac{I_{cnz}^{(2)}}{I_{cn}} \geq 1,2$$

Фильтр тока нуль-послед. ти.

кабель:

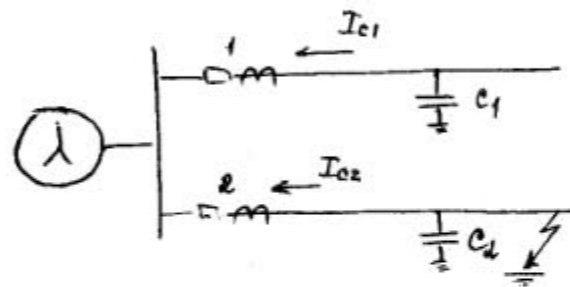


1. Отстройка от емкостного тока.
2. Отстройка от тока небаланса.

$$I_{сз} = K_{отс} \cdot I_{нбк}$$

нбк - небал. коротк.

$$I_{нбк} = I_{нб\text{рав}} \cdot \frac{I_{н\text{max}}}{I_{рав}}$$



$$C_1 \approx C_2$$

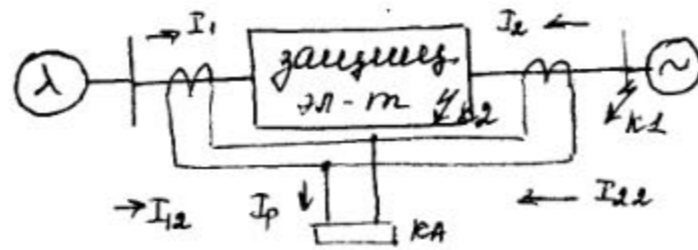
$$I_{c1} \approx I_{c2}$$

$$I_{сз} < I_{д}^{(1)}$$

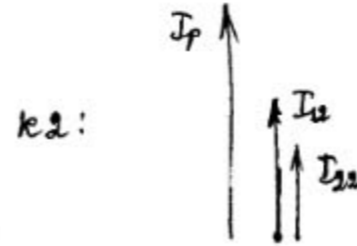
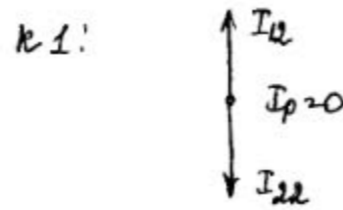
$$K_{сз} < 1$$

В этом случае н.б. используется направл-я защита нуль-послед. ти.

Традиционная дир. токовая защита



$$I_p = I_{12} + I_{22}$$



$$I_{сз} = K_{отн} \cdot I_{нв}$$

$$I_{нв} = K_{огн} \cdot K_a \cdot \varepsilon \cdot I_{сз \text{ внеш макс}}$$

$$K_a = 2 \text{ при } t_{сз} \approx 0.$$

$$\varepsilon = 0,1$$

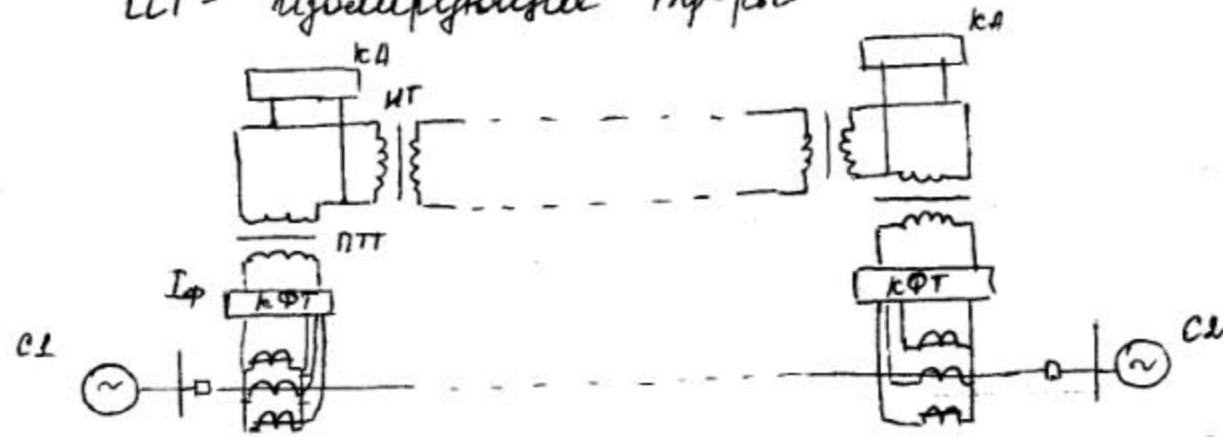
Городская диор. токовая защита
линии.

КФТ - комбинированный фильтр тока

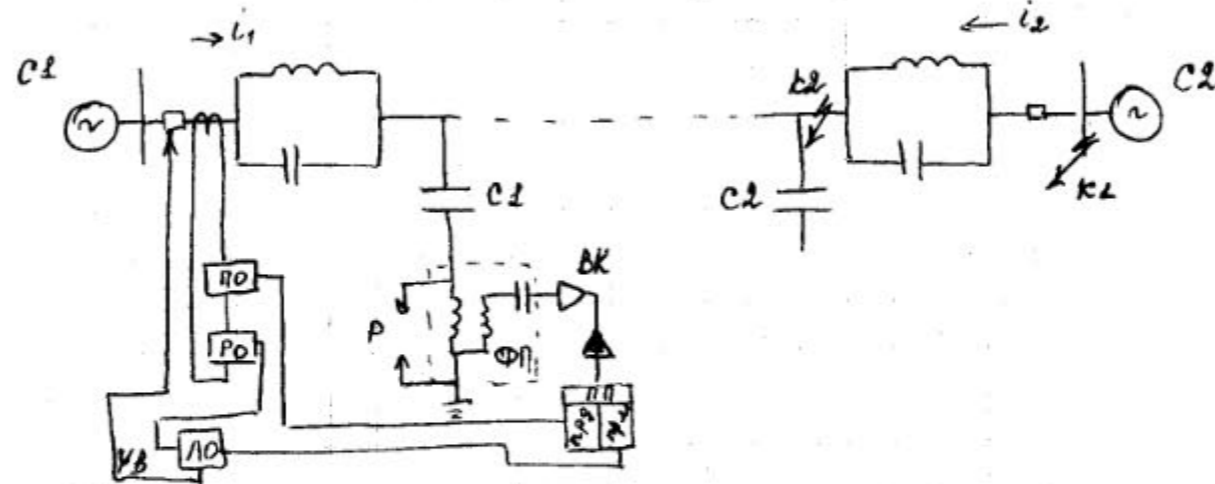
$$I_{ф} = K_1 I_1 + K_2 I_2 + K_0 I_0$$

ПТТ - протект-й тр-р тока

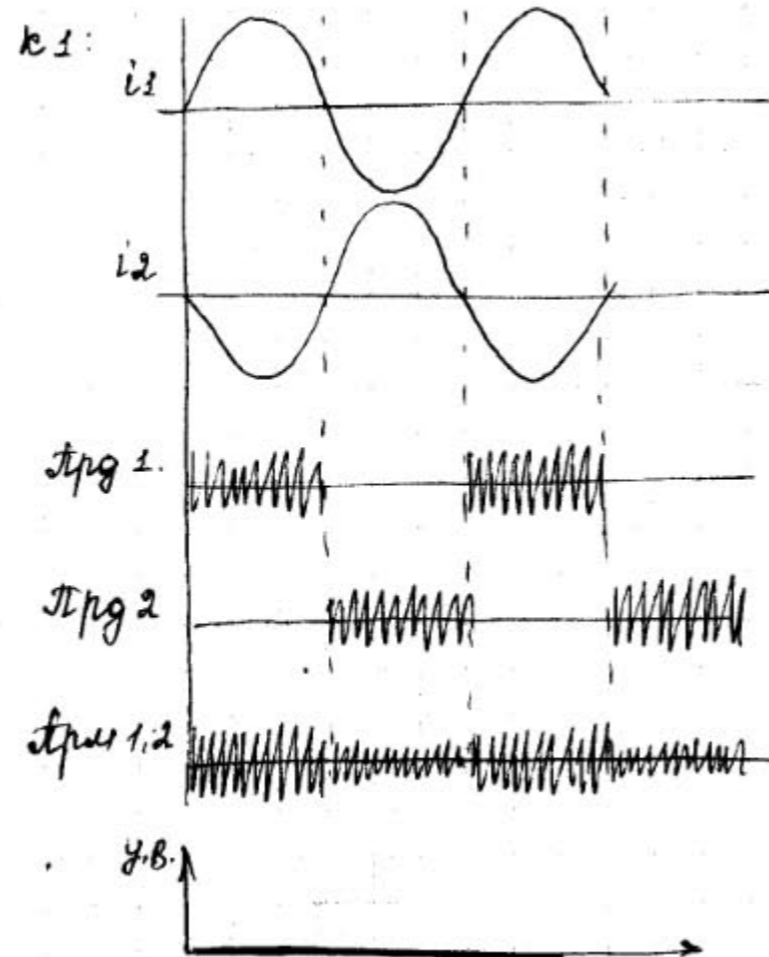
ЛТ - трансформаторы тока

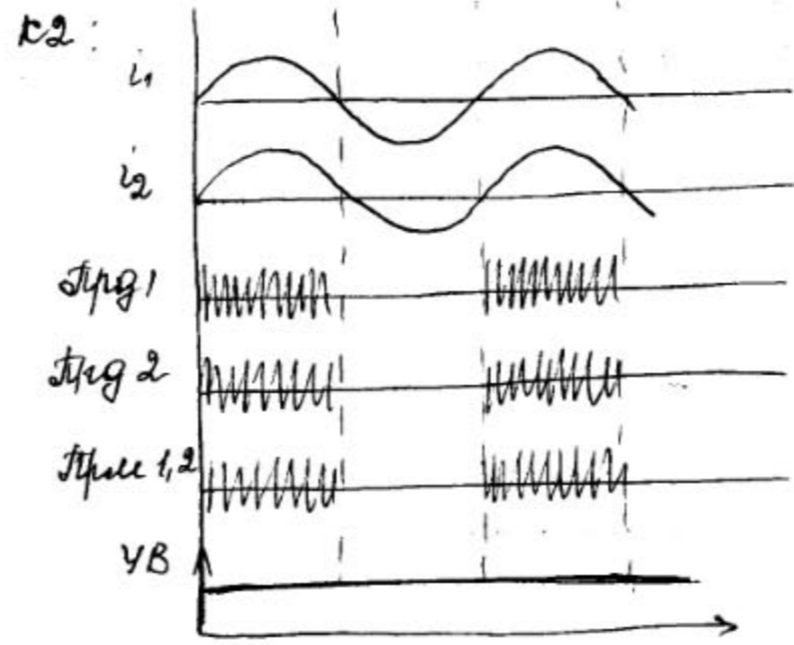


Диф - но сразная загрузка линии.

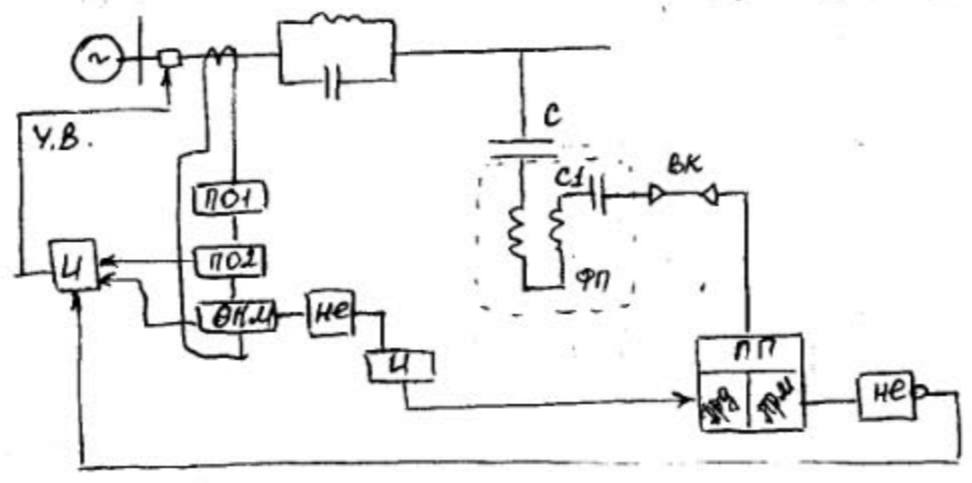
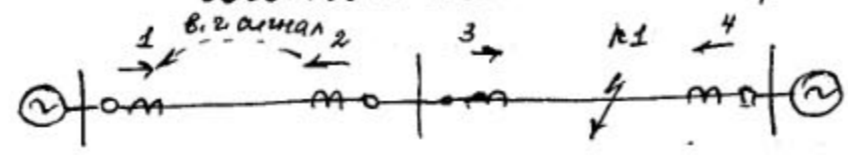


- ФП - фильтр приёмод-ника
- ВК - высокочастотный кабель
- ПП - приёмопередатчик вол. гас.
- Р - разрядник
- прд - передатчик
- прие - приёмник
- ЛО - стоп. орган
- ПО - пусковой орган
- РО - рабочий орган.





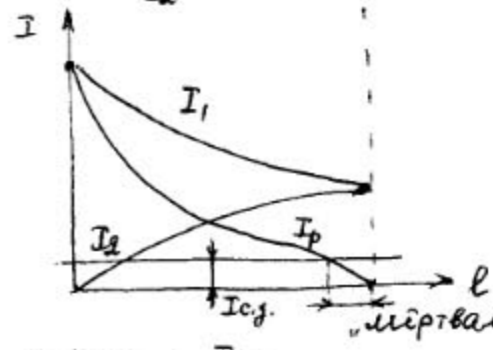
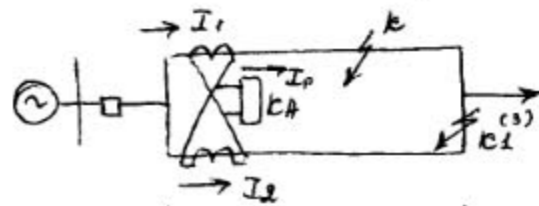
Направленная защита с высокочастотной блокировкой.



Один орган направления мощности

двухсторонняя диф. и токовая защита.

1) сдвоенной линией:



$$I_p = I_1 - I_2$$

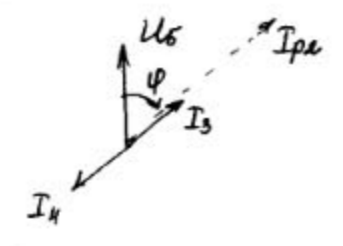
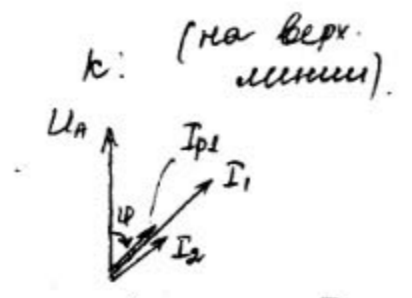
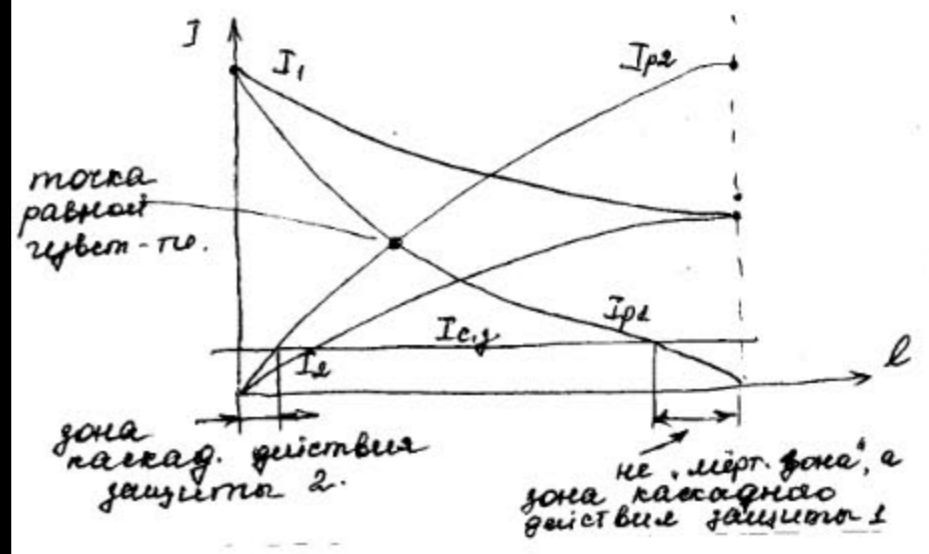
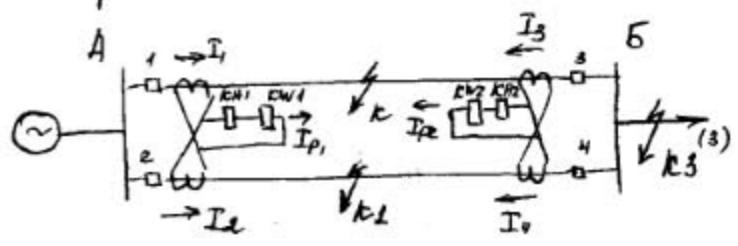
$$I_{cz} = K_{отн} \cdot I_{нб}$$

$$I_{нб} = K_{одн} \cdot K_a \cdot E \cdot I_{кз \text{ вн тах}}$$

$$I_{кз \text{ вн тах}} = \frac{1}{2} I_{к1}^{(3)}$$

- ⊖ - не показывает, какая из 2-х линий повреждена
- "мертвая зона".
- в таком виде нельзя использовать в 11-х линиях.

2) параллельных линий.

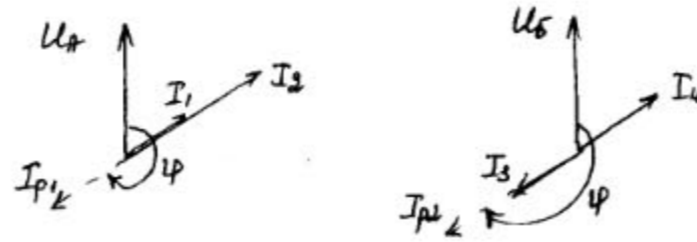


к: (на верх. линии).

$$I_{p1} = I_1 - I_2$$

$$I_{p2} = I_3 - I_4$$

k_1 : (на нижней линии)



$$1). I_{сз} = k_{оме} \cdot I_{нб}$$

$$I_{нб} = k_{одн} \cdot k_a \cdot \varepsilon \cdot I_{кз \text{ внеш max}}$$

$$I_{кз \text{ внеш max}} = \frac{1}{2} I_{кз}^{(3)}$$

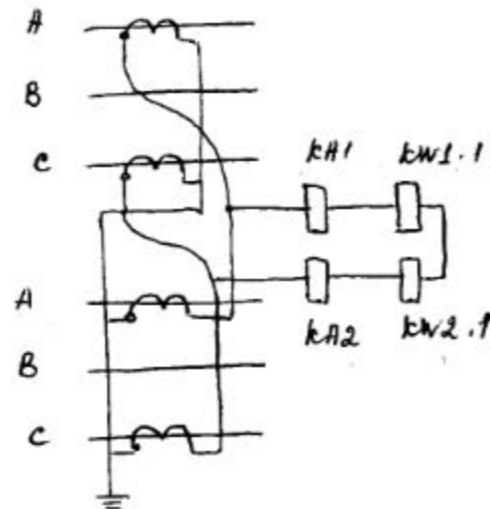
$$2). I_{сз} = \frac{k_{оме}}{k_b} \cdot I_{раб \text{ max}}$$

k_k опр-ся:

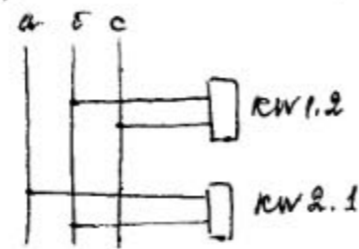
- 1) при k_3 в зоне каскадного действия
- 2) при k_3 в точке равной чувств-ти.

$$k_k \geq 2$$

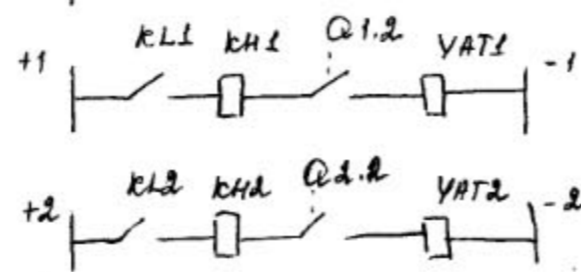
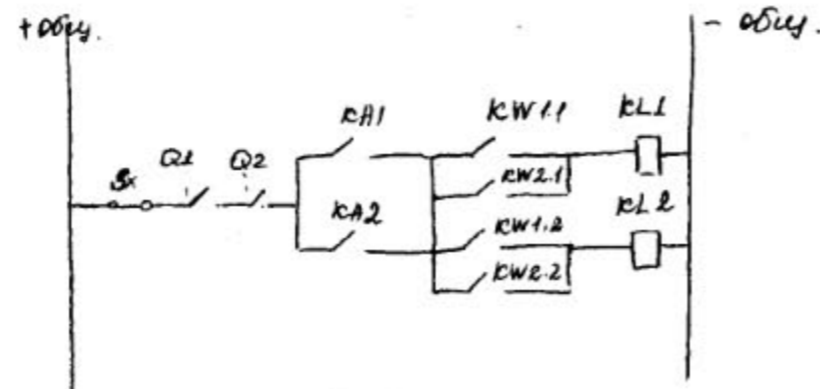
a). Схема цепи тр-ра тока.



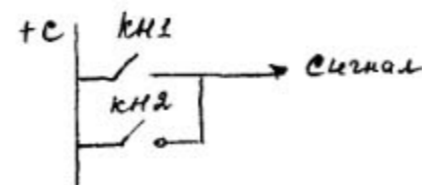
б). Схема цепи тр-ра напр: 2



в). Схема цепи оперативного тока



г). Схема цепи сигнализации



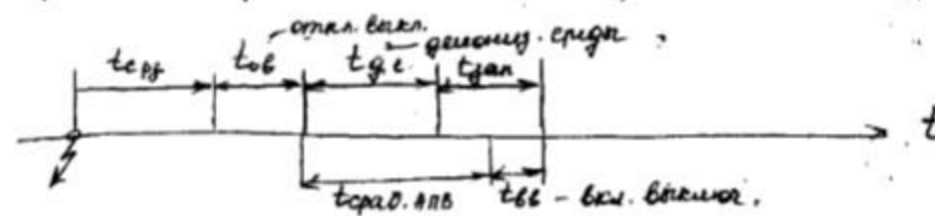
Автоматическое повторное включение (АПВ).

Назначение: восстановление норм. работы линии после её авар. ретивла

Требования:

1. Срабатывание только при авар. отключении.
2. Несрабатывание при оперативном выкл.
3. Несраб-е при авар. откл., если непосредственно перед этим линия была выкл. оперативно.
4. Заданная кратность действия.
5. Блокдействие.
6. Возврат схемы АПВ в иск. состояние после успешного повторного включения.

Время срабатывания АПВ.



Способы пуска устройства АПВ:

1. С момента откл. выключателя
2. С момента сраб. РЗ

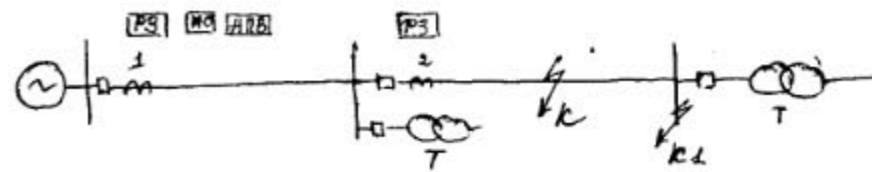
$$1). t_{ср. АПВ} = t_{де} + t_{зан} - t_{об}$$

$$2). t_{ср. АПВ} = t_{пр} + t_{зан}$$

\downarrow \downarrow
 готовности привода запаса

Возможности ускорения действия защиты при наличии АПВ.

1. Ускорение действия защиты до АПВ:

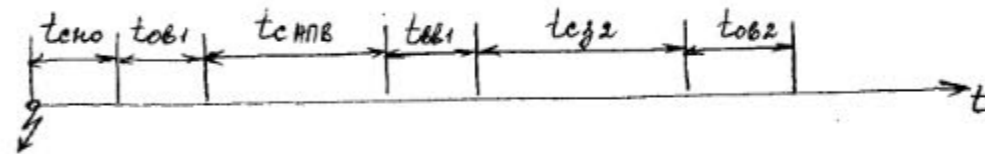


НО - не селективная отсечка

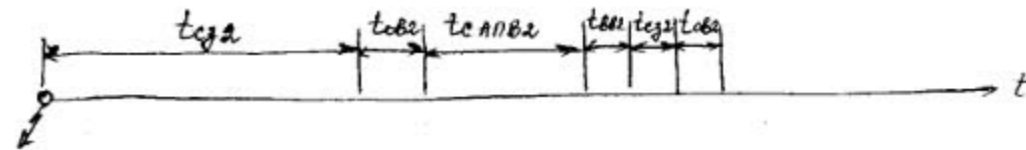
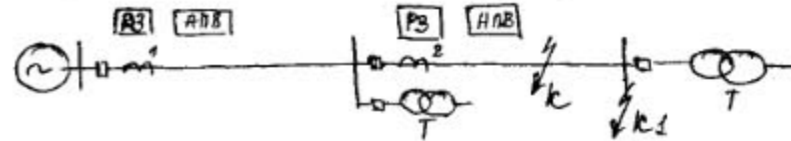
$$I_{ср\text{но}} = K_{отс} \cdot I_{ср\text{за тр-м max}}$$

$$K_{отс}(K_1) \geq 1,3$$

$$t_{сн\text{но}} \approx 0$$



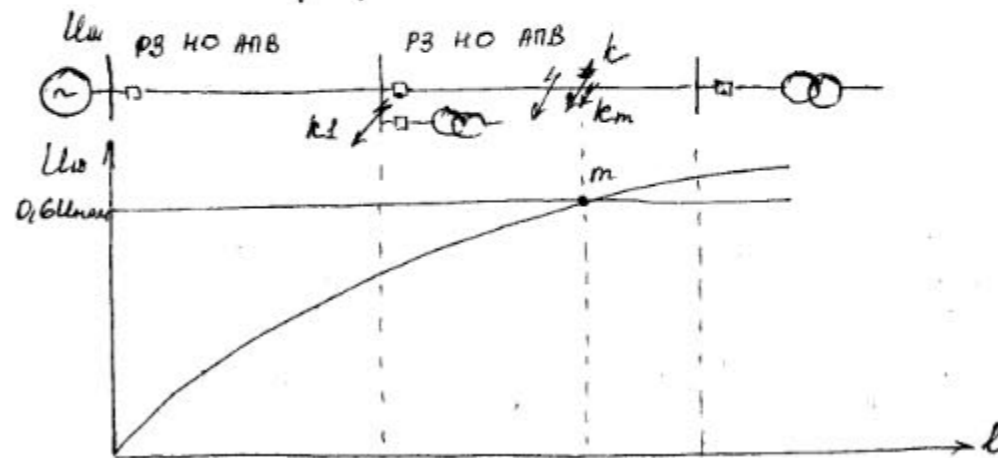
2. Ускорение действия защитой после АПВ:



⊕ Устойчивые КЗ отключат быстрее (в 2 раза)

⊖ нет.

Последнее АПВ.

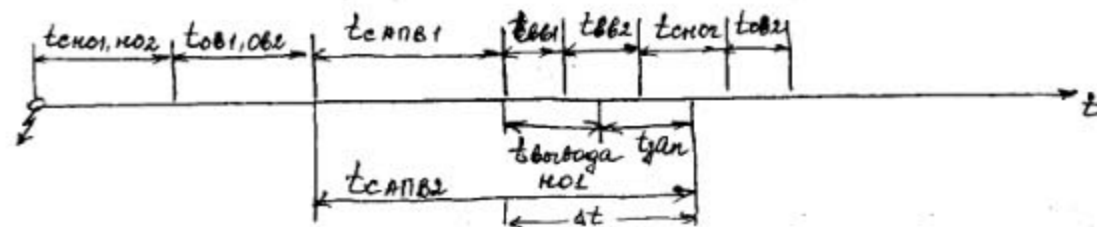


$$I_{\text{снор}} = \frac{I_{\text{к1}}^{(3)}}{K_{\text{снор}}}, \quad K_{\text{снор}} \approx 1,3$$

$$I_{\text{снор}} = \frac{I_{\text{сст}}^{(3)}}{K_{\text{снор}}}, \quad K_{\text{снор}} \approx 1,3$$

$$t_{\text{снор1}} = t_{\text{снор2}} \approx 0$$

КВ в точке К - устаревшее

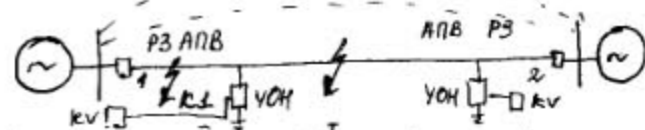


$$t_{\text{взв}} = t_{\text{об1}} + t_{\text{снор}} + t_{\text{об1}} + t_{\text{гас}} \approx 0,3 \text{ с}$$

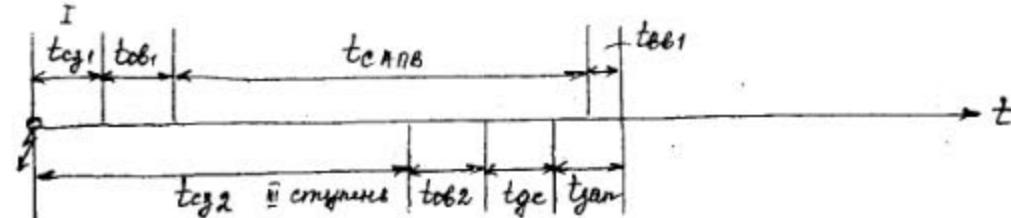
$$t_{\text{сАПВ}(n+1)} = t_{\text{сАПВ}n} + \Delta t$$

$$\Delta t \approx 0,5 \text{ с}$$

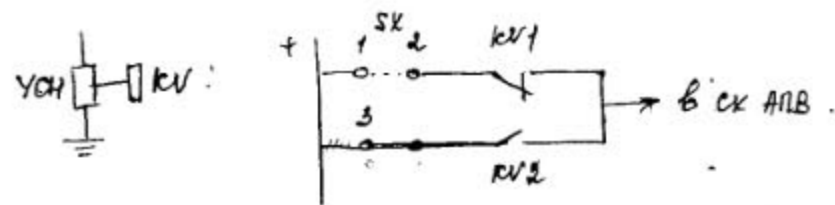
АПВ линии с двухсторонним питанием.



$$t_{\text{сАПВ}} = t_{\text{сг2}} - t_{\text{сг1}} - t_{\text{об1}} + t_{\text{об2}} + t_{\text{гс}} + t_{\text{гас}} - t_{\text{об1}}$$



УОН - устр-во отбора напр-я.



1. Несинхронное АПВ (НАПВ):

$$I_{орект} \leq 3 I_{ект ном}$$

2. АПВ с ожиданием синхронизма (АПВос) —

3. АПВ с улавливанием синхронизма (АПВУС)

4. Быстродействующее АПВ (БАВП)

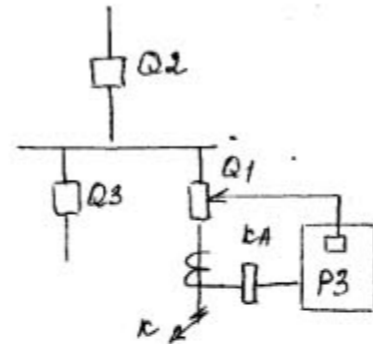
5. Однофазное АПВ (ОАПВ)

Резервирование отказа РЗ и выключателей.

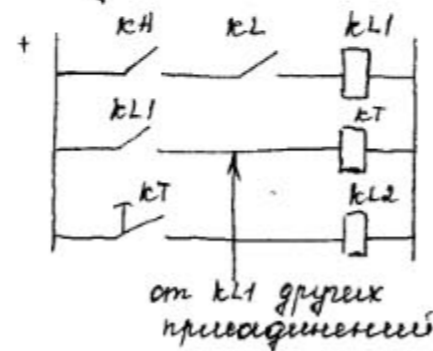
1. Замычное резервирование.

2. Выключатель резервирование.

Применяется ЧРПВ (центр-во резерв-е отказа выключателя).

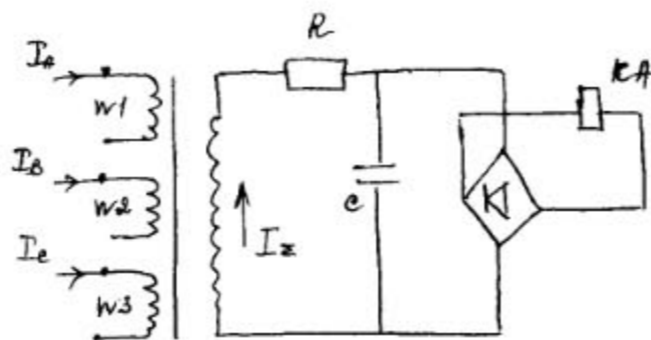
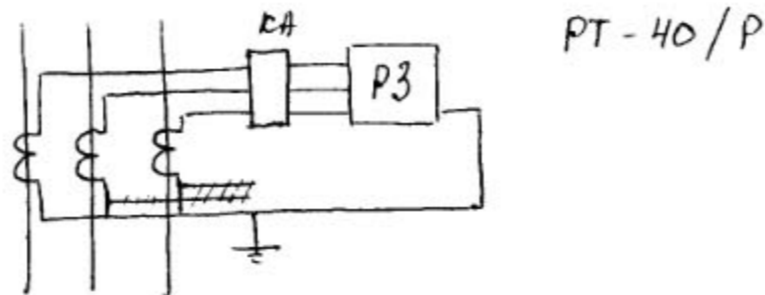
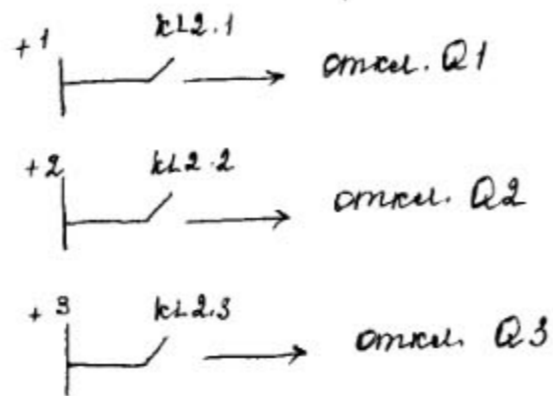


Назначение ЧРПВ - отключить всех выключателей присоединения к данной шине при отказе одной.

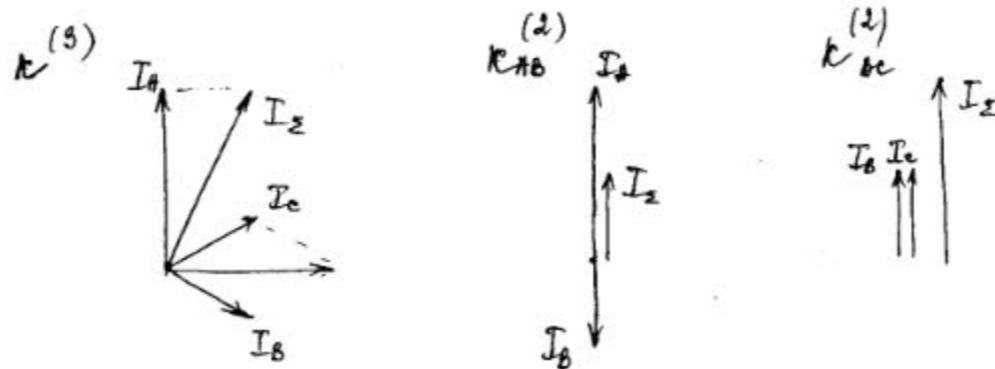


$$t_{\text{ЧРПВ}} = t_{\text{об}} + t_{\text{выбр РЗ}} + t_{\text{зан}}$$

$$t_{\text{ЧРПВ}} \approx 0,3 - 0,5 \text{ с}$$



$$W_2 = W_3 = \frac{1}{2} W_1$$



ФЗ и А трансформаторов.

добреждане:

1. М/уфазные кз в обм-а тр-ра или на его выводах.
2. Фазовые кз

3. Однофазное КЗ.

4. "Ложар" стали

Ненормальные режимы работы тр-ра:

{ требования к РЗ - откл. тр-ра с $t_{сз} \approx 0,1с$ }

1. Перегрузка:

- внешнее КЗ; \rightarrow треб. к РЗ: откл. тр-ра с возг-и в_т
- перегрузка раб. токов; \rightarrow треб. к РЗ:
 - а) откл. с возг. времени;
 - б) разгрузка тр-ра;
 - в) сигнализация.

2. Повышение уровня масла.

3. Повышенное напр-е (ув. индукция в стали тр-ра) \rightarrow перегрев тр-ра

РЗ действует на сигнал.

Двухступенчатая токовая защита.

Токовая отсечка + МТЗ.

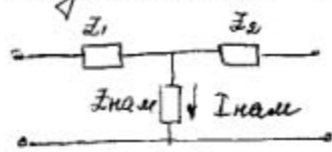


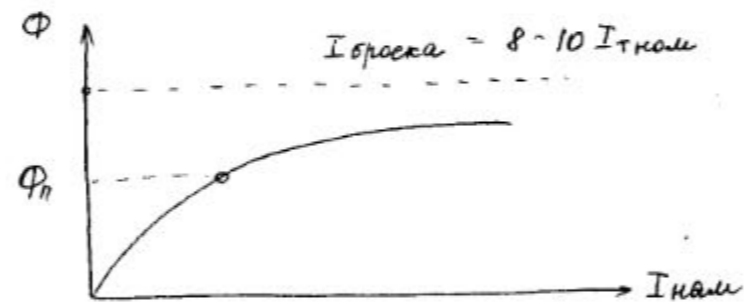
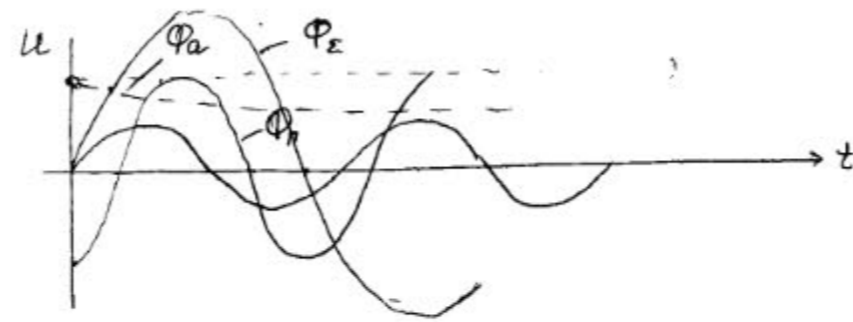
1) $I_{сз}^I = K_{отс} \cdot I_{нвнш\max}$

2) бросок тока намагничивания \ominus

Отсечка от броска тока намаг-я

\ominus возникает, когда на тр-р подается напр-е.

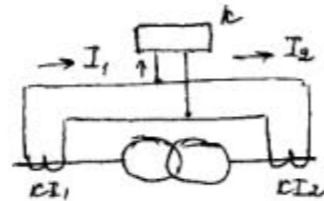




$$I_{\text{сз}}^{\text{н}} = \frac{k_{\text{оме}} \cdot k_z}{k_b} \cdot I_{\text{раб max}}$$

$$t_{\text{сз}} = t_{\text{вн}} \text{ на сети} + \Delta t$$

Продольная диф-я токовая защита тр-ра.



$$I_p = I_1 - I_2$$

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{оме}} \cdot I_{\text{нб}} \text{ перв. раи.}$$

Факторы, влияющие на величину $I_{\text{нб}}$ в продольной диф. токовой защите тр-ра:

1. Бросок тока намагнич-я.
2. Погрешность тр-в тока защиты

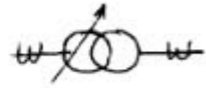
$I_{\text{нб}}'$ - первая составляющая $I_{\text{нб}}$

$$I_{\text{нб}}' = k_{\text{одн}} \cdot k_a \cdot \varepsilon \cdot I_{\text{сз}} \text{ внеш. max}$$

$$k_{\text{одн}} = 1; \quad \varepsilon = 0,1$$

$$k_a = 2;$$

3. Формирование коэф. трансформации под нагрузкой замыкаемого тр-ра



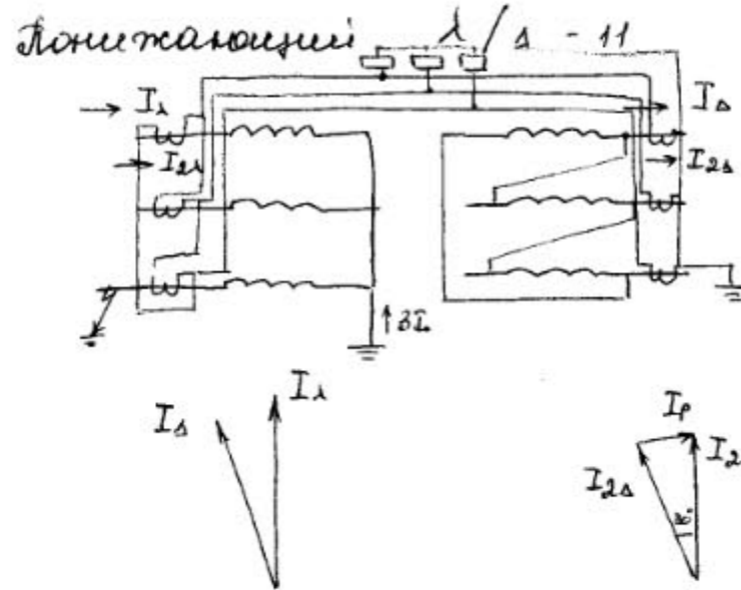
$$\pm 1,6\% \times 10, \Delta u = 0,16$$

$$I_{нб}'' = \Delta u \cdot I_{сз \text{ внеш. ток}}$$

4. Отличие факт. значений коэф. трансформации тр-в тока зависит от расчетных величин

$$I_{нб}''' = \frac{I_{втор.1} - I_{втор.2}}{I_{втор.1}} \cdot I_{сз \text{ внеш. ток}}$$

5. Схема вед. обмоток замыкаемого тр-ра



Диф. ток в отсечке

- реле замыкает - реле тока

1. Отстройка от $I_{ор \text{ ном}}$, $I_{сз} \approx 4,5 I_{г \text{ ном}}$

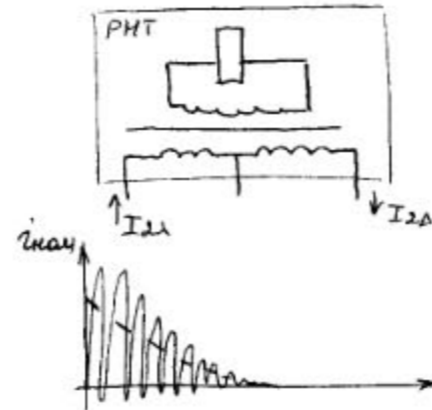
2. Отстр от $I_{нб}$ перв. рас.

$$I_{сз} = k_{отс} (I_{нб}' + I_{нб}'' + \underbrace{I_{нб}'''}_{\text{не учитываем}})$$

$$k_{отс} \geq 1,5$$

Диск. токовая защита: тр-ра с
реле РНТ.

РНТ - реле со встроенной промежуточной
намагничиваемой тр-м тока с нескольки-
ми первич. обмотками.



$$I_{2\lambda} \cdot W_1 = I_{2\Delta} \cdot W_2$$

$$I_{сз} \approx 1,3 I_{Тном}$$

$$I_{нб}' = K_{огн} \cdot K_a \cdot \varepsilon \cdot I_{сз \text{ внеш. max}}$$

$$K_a = 1$$

$$I_{нб}'' = \Delta U \cdot I_{сз \text{ внеш. max}}$$

$$I_{нб}''' \approx 0$$

Порядок расчета защиты:

1. Выбор коэф. трансформации со стороны λ
защитного тр-ра

$$K_{\Sigma\lambda}^{\text{расч}} = \frac{I_{\lambda \text{ ном}}}{5\sqrt{3}}$$

$$K_{\Sigma\Delta}^{\text{расч}} = \frac{I_{\Delta \text{ ном}}}{5}$$

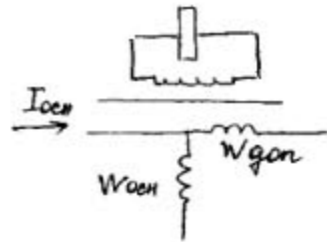
2. Выбираем факт. значения коэф. тр-н:
 K_{Σ} , K_{Δ}

3. Опред. ток, кот. течет со стороны
 λ и Δ в реле.

$$I_{2\lambda \text{ ном}} = \frac{I_{\lambda \text{ ном}}}{K_{\Sigma\lambda}} \sqrt{3}$$

$$I_{2\Delta \text{ ном}} = \frac{I_{\Delta \text{ ном}}}{K_{\Sigma\Delta}}$$

В качестве основной стороны тр-ра принимаем сторону тр-ра, с кот. к реле, течёт больший ток.



$$I_{2осн} \cdot W = I_2^{норм} (W_{осн} + W_{гор})$$

$$4. W_{осн}^{расс} = \frac{F_{р}}{I_2^{осн}}$$

5. Факт. число витков с основной стороны.

$W_{осн}^{факт}$ (числ. меньше число витков целое)

$$6. W_{нормосн}^{расс} = \frac{I_2^{осн} \cdot W_{осн}}{I_2^{нормосн}}$$

7. $W_{нормосн}^{факт}$ (числ. целое число витков)

$$8. I_{нб}''' = \frac{W_{нормосн}^{расс} - W_{нормосн}^{факт}}{W_{нормосн}^{факт}} \cdot I_{кз}^{внеш} \max$$

9. Оп-м ток сраб. защиты:

$$I_{сз} = K_{отс} \cdot I_{нб} (I_{нб}' + I_{нб}'' + I_{нб}''')$$

$$10. K_{отс} = \frac{I_{сз}}{I_{нб}^{перв.расс}} \Rightarrow \begin{cases} K_{отс} \geq 1,2 - \text{раб.т. окончен} \\ K_{отс} < 1,2 - \text{н.т.} \end{cases}$$

$$11. I_{сз} = K_{отс} \cdot I_{нб}^{перв.расс.} \quad (\rightarrow \text{п. 5})$$

$I_{сз}$ берём

1) $I_{сз}$ отстраиваем от $I_{орном}$

2) $I_{сз}$ от $I_{нб}$

$$I_{нб} = I_{нб}' + I_{нб}'' + I_{нб}'''$$

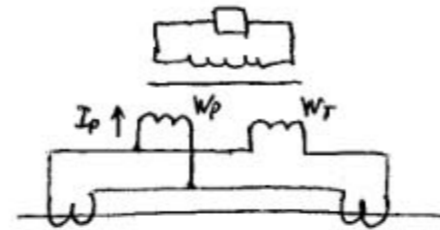
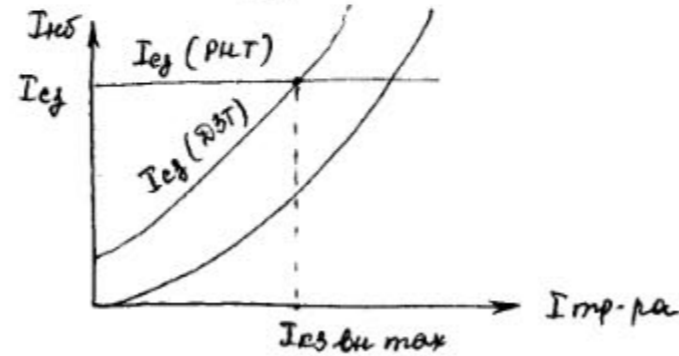
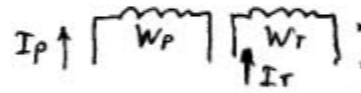
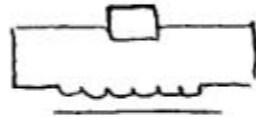
Диф. и токовая защита с токовыми трансформаторами.

ДЗТ - 11

$$W_p = \frac{F_{cp}}{I_{cp}}$$

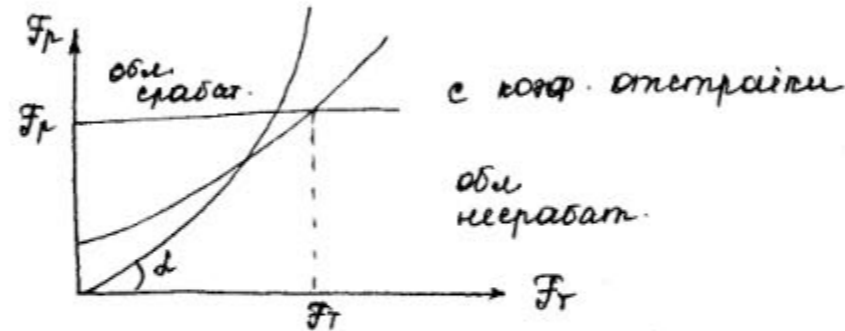
W_p - рабочее число витков

W_r - тормозное число витков



$$I_{cs} \approx 1,5 I_{ном}$$

$$E_{cp} = 100 \text{ В} \cdot \text{виток}$$



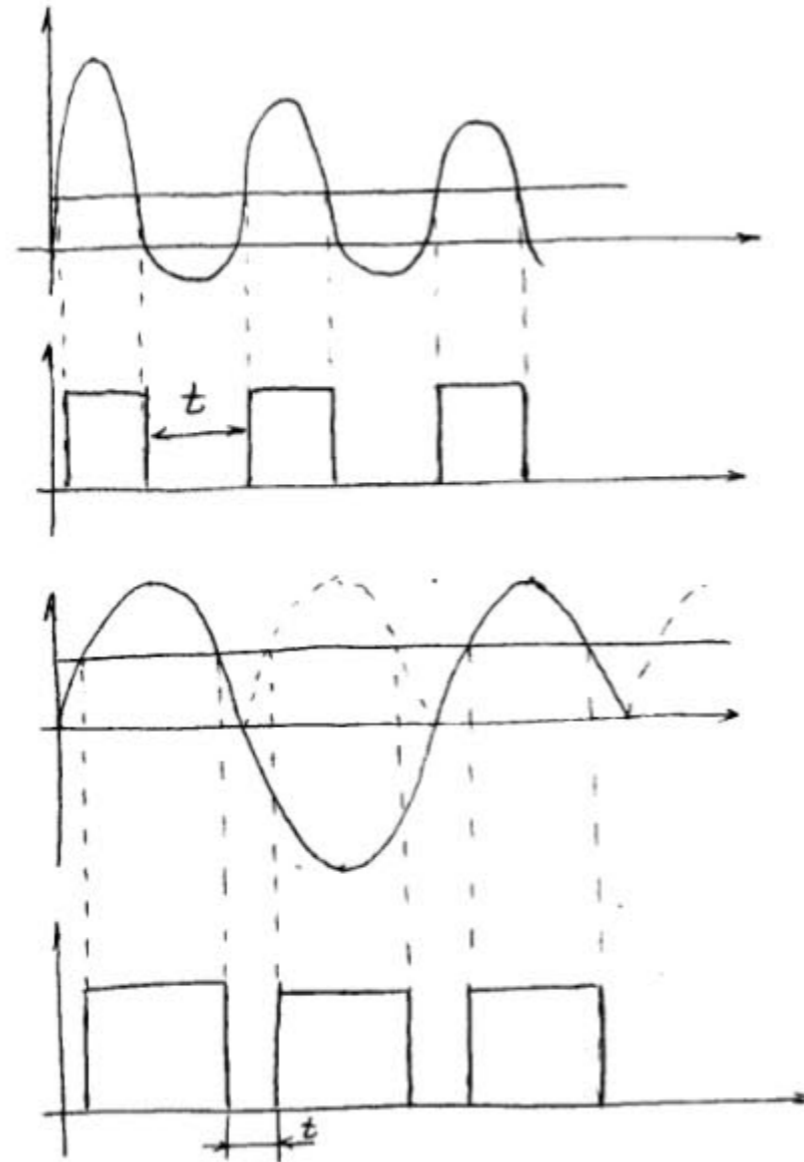
$$F_p = F_m \cdot \operatorname{tg} d = I_r \cdot W_r \cdot \operatorname{tg} d$$

$$F_p = I_{cs} \cdot W_p$$

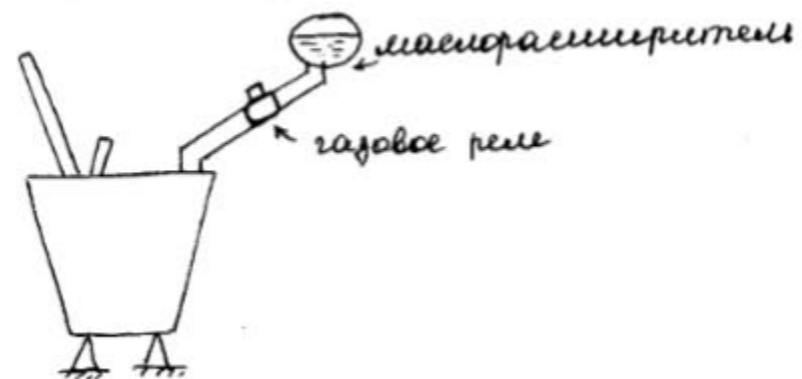
$$W_r = k_{ome} \cdot \frac{I_{cs} \cdot W_p}{I_r \cdot \operatorname{tg} d}$$

-Фиг. токовая защита тр-ра с
токовой выдержкой на время - импульсной
принципе

ДЗТ - 21



$$I_{сз} = (0,3 \div 0,6) I_{ном}$$



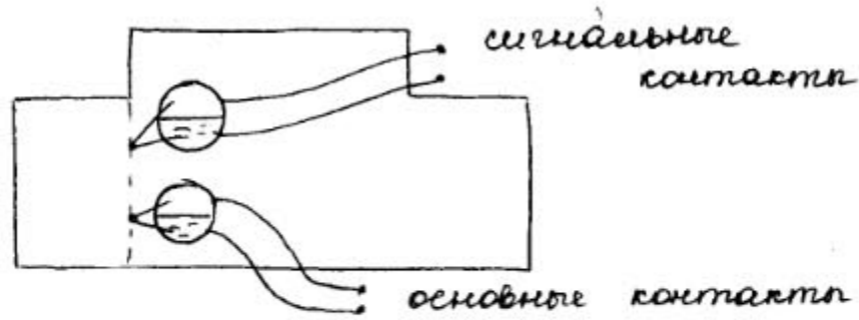
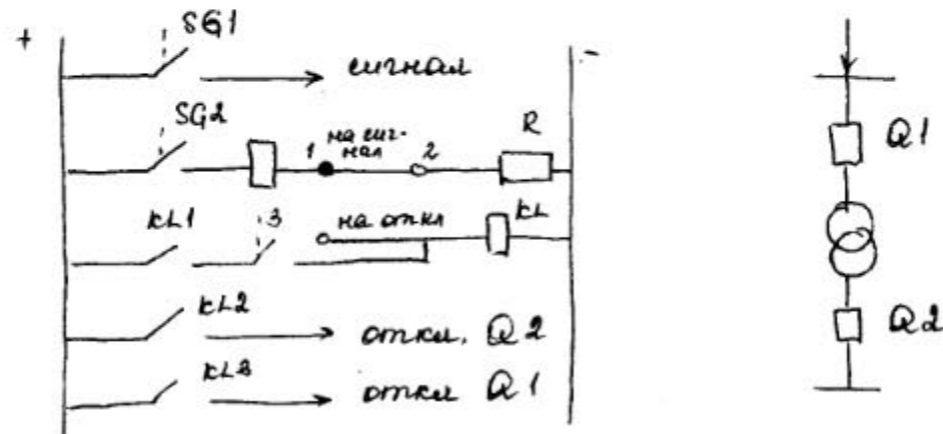


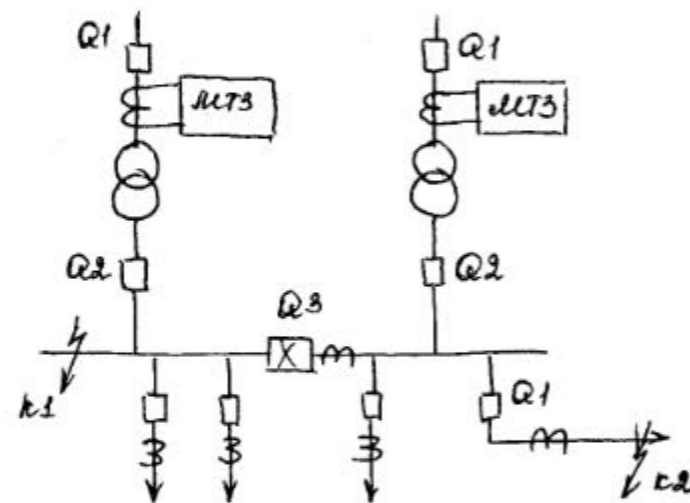
Схема газовой защиты:



Резервная защита тр-ра.

Защита тр-ра от внешне. к.з.

- МТЗ.



$$k_2 (k_1) \geq 1,5$$

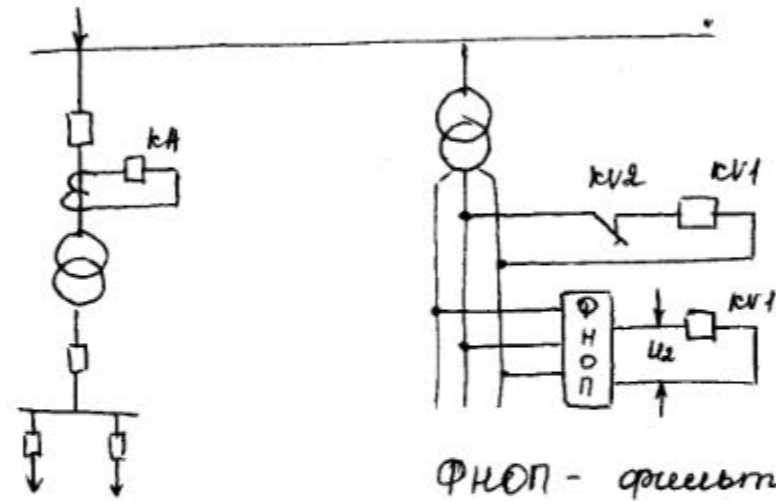
$$k_2 (k_2) \geq 1,2$$

$$I_{eg} = \frac{k_{ome} \cdot k_3}{k_0} \cdot I_{рас max}$$

$$t_{eg}^I = t_{eg}(Q_3) + \Delta t \rightarrow \text{откл. } Q_2$$

$$t_{eg}^{\bar{I}} = t_{eg}^I + \Delta t \rightarrow \text{откл. } Q_1$$

Трёхфазная защита с комбинированным пуском по напряжению.



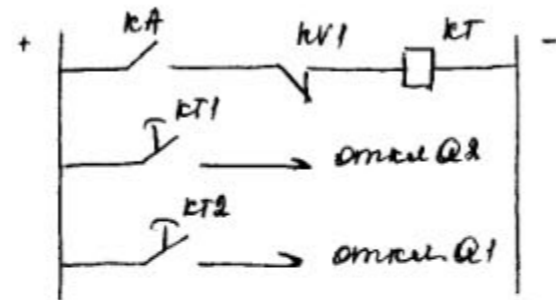
ФНОП - трансформатор напря-я обр. послед-ти.

$$I_{ez} = \frac{K_{отс}}{K_B} \cdot I_{ном}$$

$$U_{ez} (KV1) = \frac{U_{рас min}}{K_{отс} \cdot K_B}$$

$$K_{отс} = 1,2, \quad K_B = 1,1 \div 1,2.$$

$$U_{ez} (KV2) = 0,06 \cdot U_{ном}$$



$$K_{z}^{т} \geq 1,5$$

$$K_{z} (KV1) \geq 1,2$$

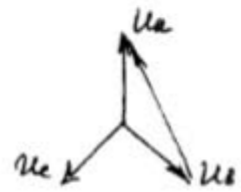
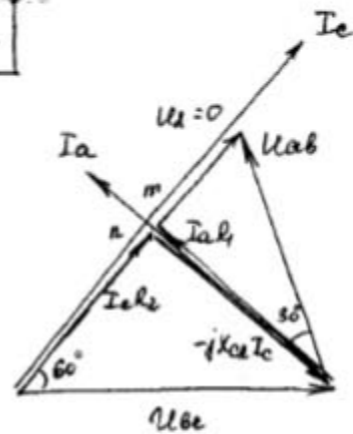
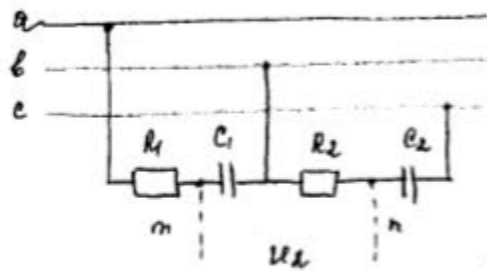
$$K_{z}^{н} (KV1) = \frac{U_{возвр} (KV1)}{U_{ez}^{н}}$$

(3) $U_{ост}$ - остат. напря-е трёхфаз. м кв

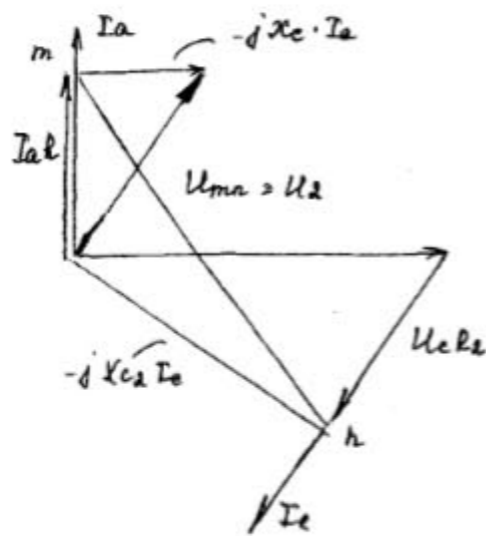
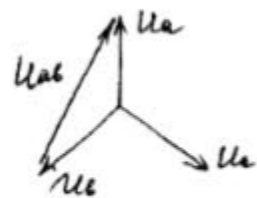
$U_{z} (KV3)$ - напря-е обр. послед-ти

$$K_{z}^{н} (KV2) = \frac{U_{z} (KV3)}{U_{ez} (KV2)}$$

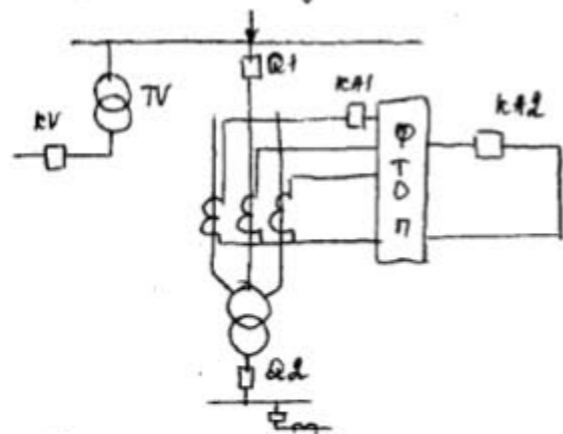
ФНОП:



обр. посыл:

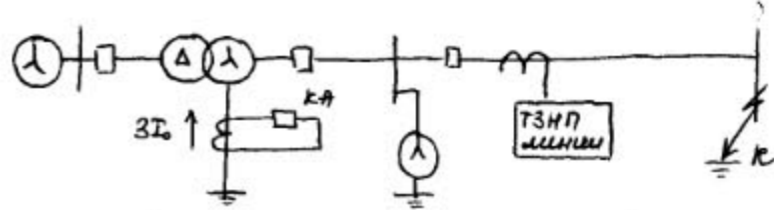


Изобразите записку обр. посыл-те.



$$I_{03}(CAB) \approx 0,6 I_{TKAV}$$

Трехфазная защита цепи. пост-тп.

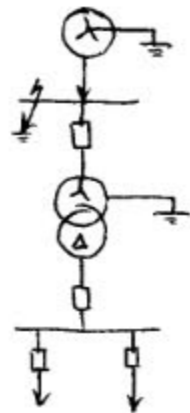


$$I_{сз\ тр-ра}^{(0)} = K_{отс} \cdot K_T \cdot I_{сз\ миним}^{(0)}$$

$$K_T = \frac{3I_0\ тр-ра}{3I_0\ миним}$$

При кз на землю в точке кз

$$t_{сз\ тр}^{(0)} = t_{сз\ миним}^{(0)} + \Delta t$$



Защита тр-ра от перегрузки рабочими токами.

$$\begin{aligned} \text{МТЗ} \quad I_{сз} &= \frac{K_{отс}}{K_{в}} \cdot I_{ном} \\ t_{сз} &= t_{сз\ от\ вн.\ кз\ max} + \Delta t \end{aligned}$$

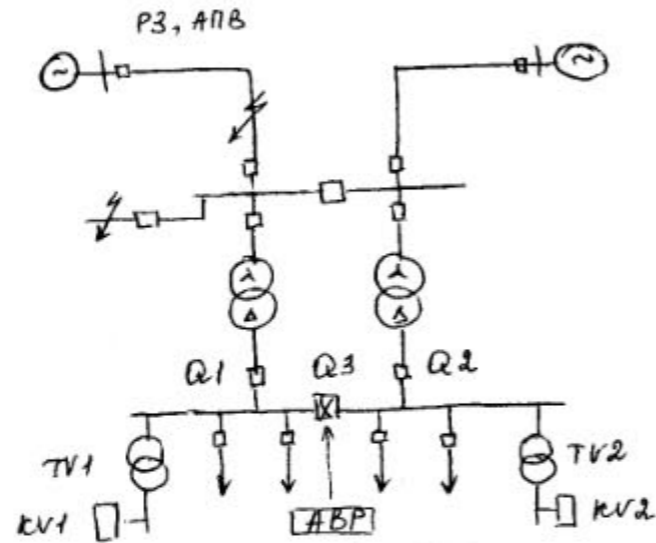
На пост без обм. переключателя защита действует с тремя выдержками времени.

$t_{сз}^I \rightarrow$ сигнал по устр-ли ТЛ с перегрузки

$t_{сз}^{II} < t_{перер\ гон} \rightarrow$ защита действует на разгрузку (откл. часть потребителей).

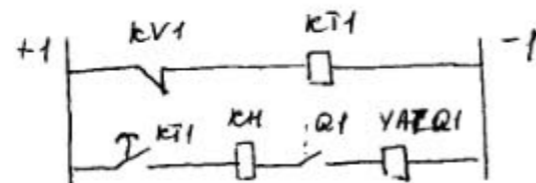
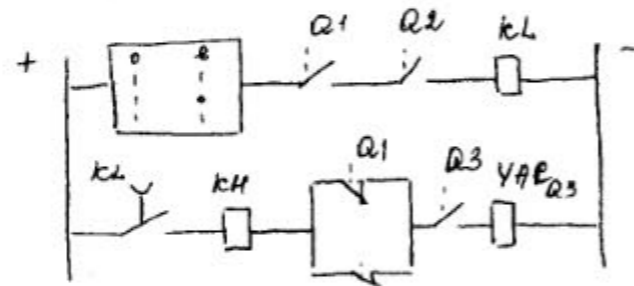
$t_{сз}^{III} > t_{сз}^{II}$, $t_{сз}^{III} < t_{перер\ гон} \rightarrow$ откл. тр-ра.

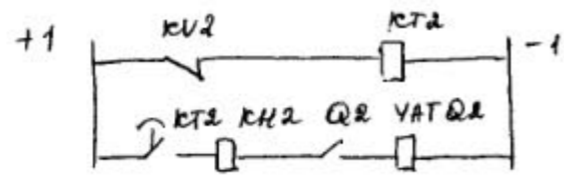
Автомат. включение резервного источника питания (АВР)



Требования к АВР:

1. Срабатывание при устойчивом исчезновении напр. л.
2. Однократность действия.
3. Повтородействие.
4. Включение резервного ИП только после отключения рабочего ИП.
5. Ускорение действия защиты после АВР.





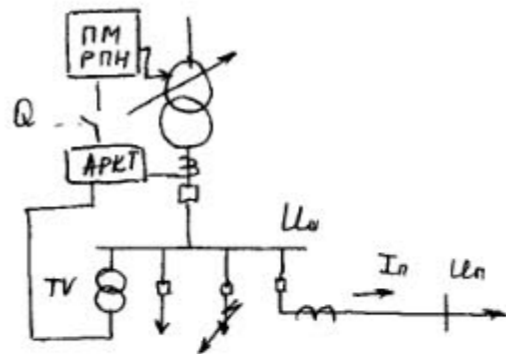
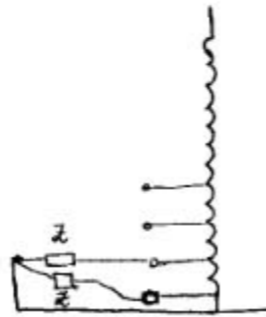
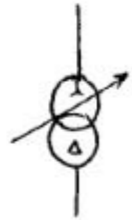
$$t_{св} \kappa_{T1}, \kappa_{T2} = t_{св \max} + \Delta t$$

$$t_{св} \kappa_{T1}, \kappa_{T2} = t_{св \Delta} + t_{св \text{ ABB}_n} + \Delta t$$

$$\text{Упас. пуск. органа напр.} = \frac{U_{рас \min}}{K_{оме} \cdot K_{св}} \quad , \quad K_{оме} \approx 1,2$$

$$K_{св} \approx 1,1 \div 1,2$$

Автоматиз. регулирование
коэф. трансформации (АРКТ).

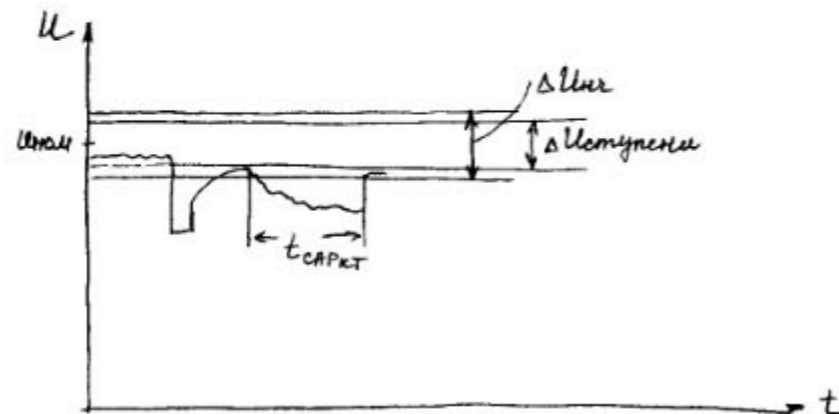


$$U_p = U_{ш} - I_n Z_n = U_n \approx \text{const}$$

I_n - потребитель
 U_p - регулируемое

$$U_p = U_{ш} - \sigma \cdot I_z$$

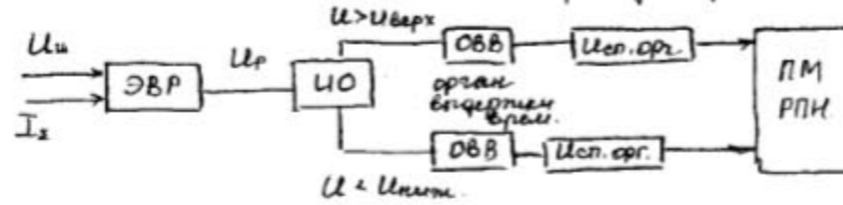
ПМ - приводной механизм РПН.



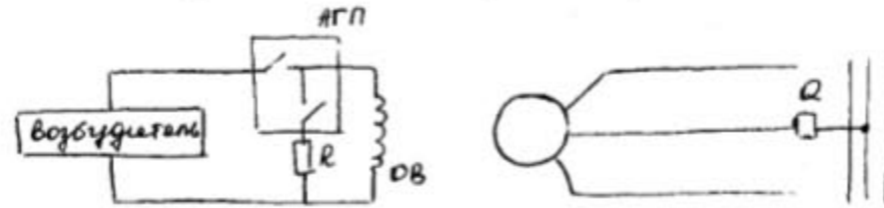
$K_{нш}$ - коэффициент
 $\Delta U_{нш} = (1,2 - 1,5) U_{нш}$

$$U_p = U_{ш} - \sigma I_z$$

ЭВР - з.т ветвления регулирования



ФЗ и # генератора.



Повреждения:

1. Междупаз. КЗ (треб. к РЗ - откл. без возд. врем. R и АГП)
2. Витковое КЗ (треб. к РЗ - -" -)
3. Однофаз. КЗ на землю (треб. к РЗ - откл. R и АГП, можно без (с) возд. вр)
4. Замыкание обм. возб. на землю в одной точке (треб. к РЗ - сигнализация)
5. -" - в двух точках (треб. к РЗ - откл. R и АГП без возд. времени).

Ненормальные режимы работы ген-ра:

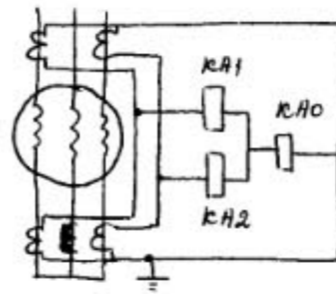
1. Перегрузка статора генератора током внеш. КЗ (треб. к РЗ - откл. с возд. врем.)
2. Перегрузка статора генератора раб. токами (... сигнализация)
3. Перегрузка обм. возб. (... откл. генер. с возд. врем.)

4. Падение напря-ка генератора (откл. генер. с внд. времени).
5. Недопустимое повышение напр-я на выводах генератора (откл. генератора с внд. врем.)
6. Изменение тока возбуждения \Rightarrow генератор станет АГ (откл. генер. с внд. времени).

Защита генератора от междуфазных коротких замыканий.

- продольная диф-я таковая защита.

1. $P_{ген} < 30 \text{ мВт}$

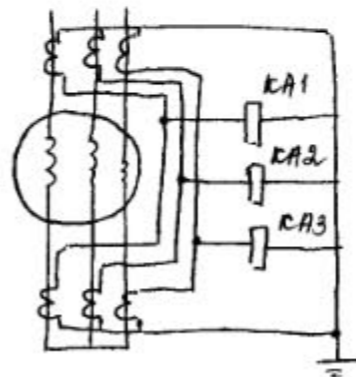


$$I_{сз\ KA1, KA2} = 1,2 \div 1,3 I_{н\ ном}$$

$$I_{сз\ KA3} = 0,2 \div 0,3 I_{ген\ ном}$$

KA1, KA2 \rightarrow РНЦ

2. $30 \text{ мВт} \leq P_r < 160 \text{ мВт}$

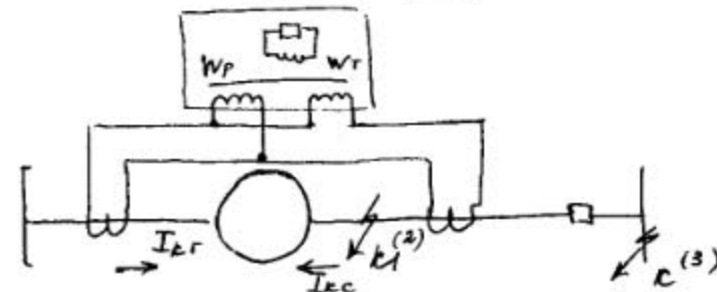
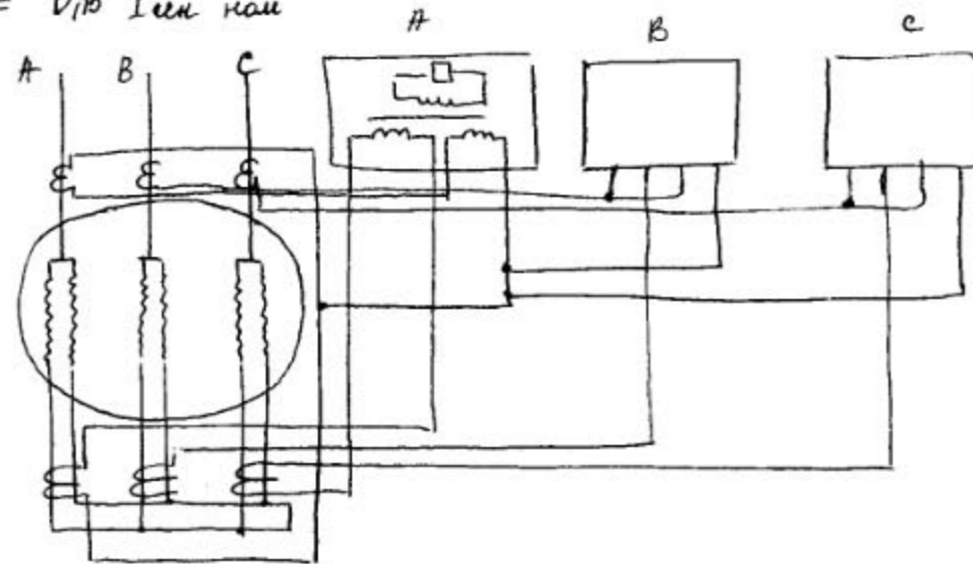


$$I_{сз} = 0,6 \div 0,7 I_{ген\ ном}$$

3. Рлен ≈ 160 мВт

Диср. токовая защита с торможением

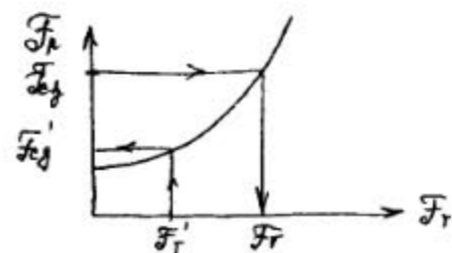
$$I_{сз} \approx 0,15 I_{нлн}$$



$$W_p^{max} = 144 \text{ витка}$$

$$I_{ср} = \frac{F_{ср}}{W_p^{max}} = \frac{100}{144} \approx 0,7 \text{ А}$$

$$F_{ср} = 100 \text{ АВ (ампер. витки)}$$



$$I_{сз} = k_{отс} \cdot I_{нлн} = k_{отс} \cdot k_{огн} \cdot k_a \cdot E \cdot I_k^{(3)}$$

$$F_{сз} = \frac{I_{сз} \cdot W_p}{k_z}$$

$$W_r = \frac{F_r}{I_k^{(3)}} \cdot k_z$$

1) $I_{сз} = 0$ (max кз все-мо)

$$k_2 = \frac{I_{k1r}^{(2)} \cdot W_p}{k_2 \cdot 100}, \quad F_{cp} = 100 \text{ А.В.}$$

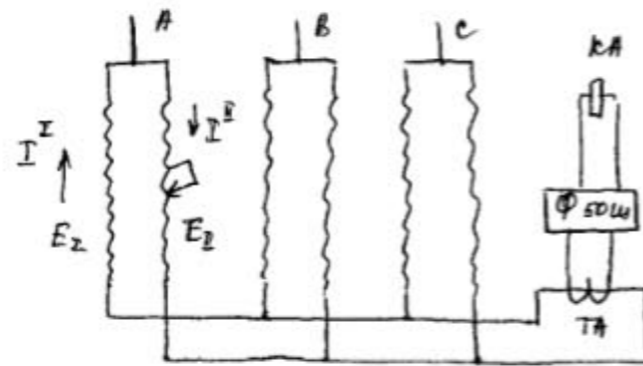
2) $I_{sc} \neq 0$ (max кЗ сис-мощ).

$$F_T' = \frac{I_{sc}^{(2)} \cdot W_T}{k_T}$$

$$k_2 = \frac{(I_{k1r}^{(2)} + I_{sc}^{(2)}) W_p}{k_T \cdot F_{Tj}'}$$

$$I_{c3} = 0,15 I_{rном}$$

Защита от вытравки кЗ.



Φ - флюсметр

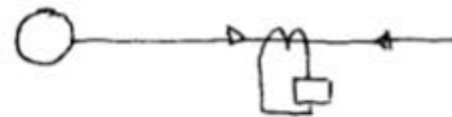
$$E_2 \neq E_{II}$$

$$I_I \neq I_{II}$$

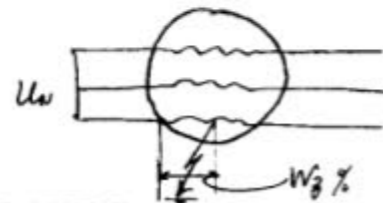
$$t_{c3} \approx 0 \text{ с}$$

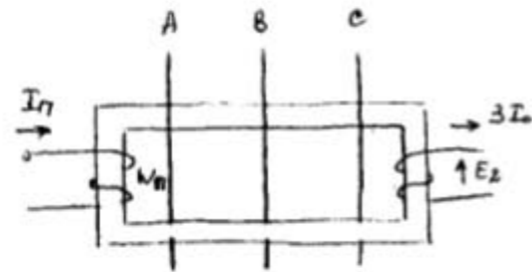
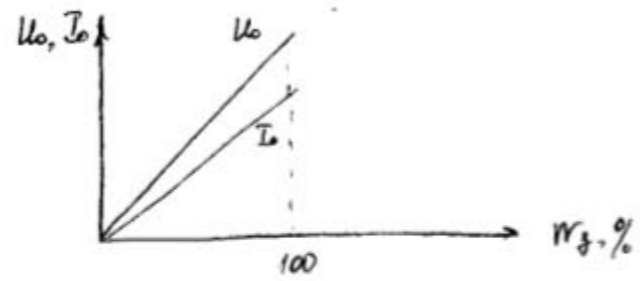
$$I_{c3} = (0,2 \div 0,3) I_{rном}$$

Защита генератора от кЗ⁽¹⁾.

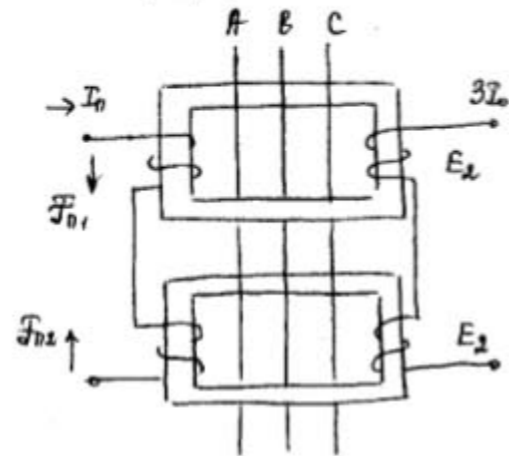
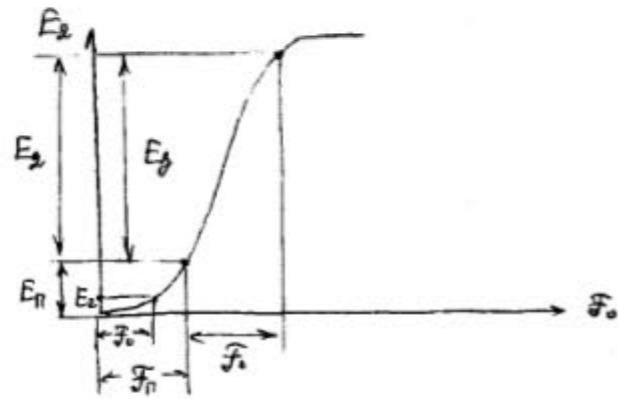


$$I_{c3} = K_{ome} \cdot K_{op} \cdot I_{cr}$$

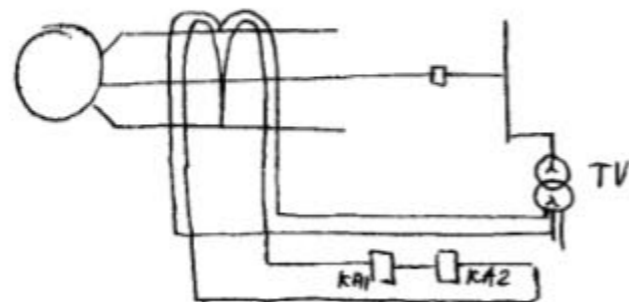




I_n - подмагничивание



ТНПШ



$$I_{ог} (кАУ) = \frac{1,05}{k_b} \cdot I_{ном}$$

$$k_b = 0,9 - 0,95$$

$$k_r^I = \frac{I_{ог \text{ min}}}{I_{ог}}$$

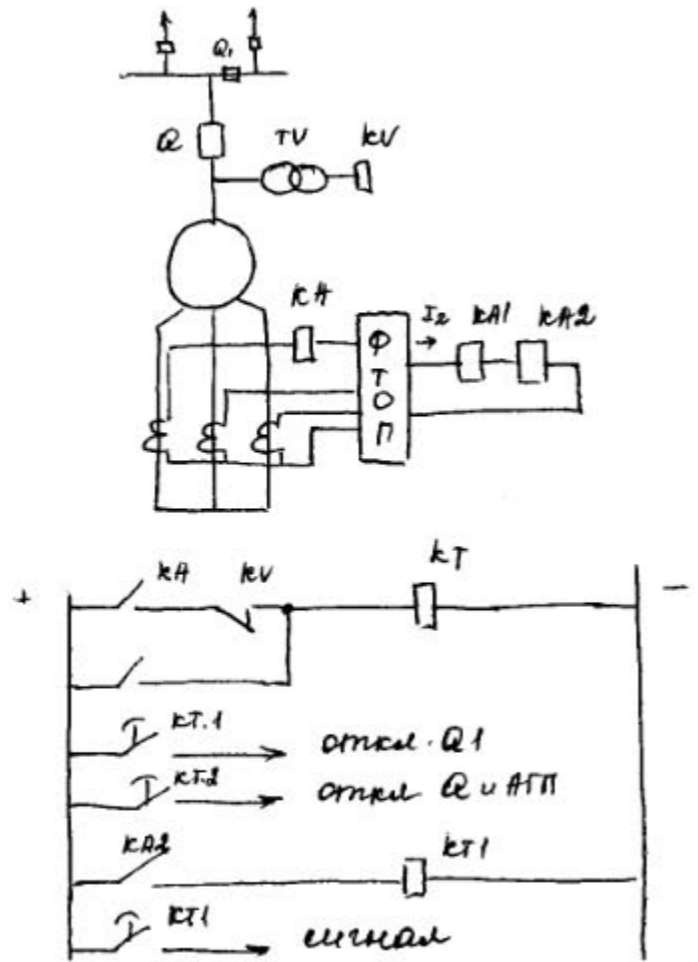
$$k_r^I > 1,2 ; 1,5$$

$$t_{ог} = t_{ог}^{II} + \Delta t$$

$$k_r^H (кВ1) = \frac{U_{ог} (кВ1)}{U_{ном \kappa}}$$

$$k_r^{(A)} (кВ2) = \frac{U_{д \text{ min } \kappa}}{U_{ог} (кВ2)}$$

Флюсовая защита обр. поем-те.



$$I_{сг} (кА) = \frac{K_{оме}}{K_B} \cdot I_{гном}$$

$$I_{сг} = 0,6 \div 0,65 I_{ном}$$

$$I_{сг} (кА1) = \sqrt{\frac{A}{t_{гон}}}, \text{ где } t_{гон} = 2 \text{ мин}$$

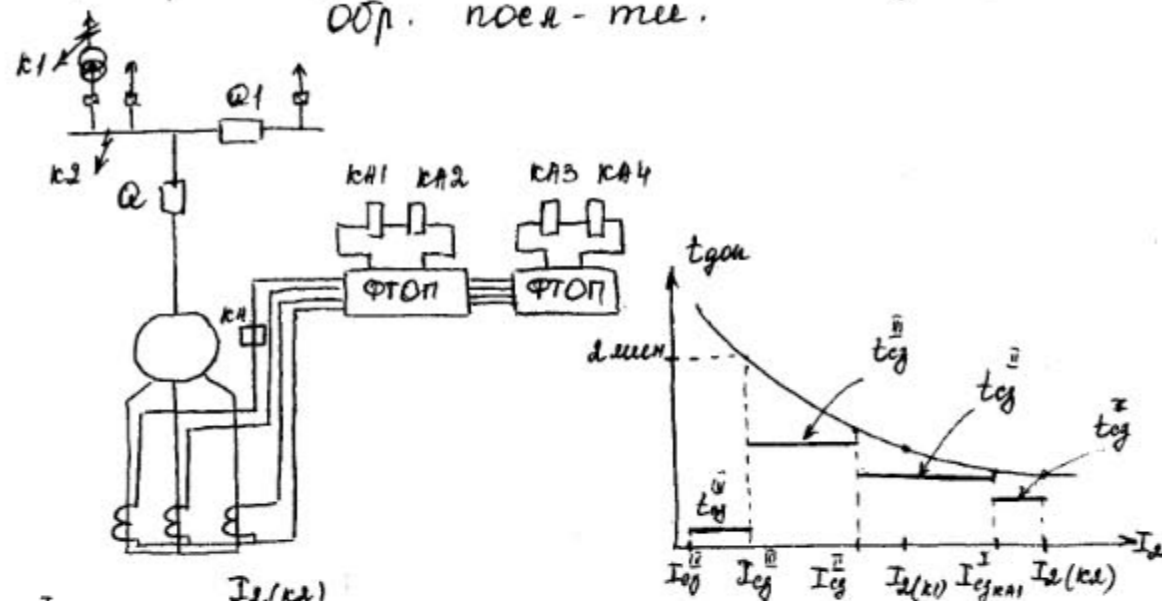
$$I_{сг} (кА1) \approx 0,3 \div 0,4 I_{ном}$$

$$t_{сг}^2 = t_{сг \text{ сш макс}} + \Delta t$$

$$I_{сг} (кА2) = 0,05 \div 0,1 I_{ном}$$

$$t_{сг} (с1) = 8 \div 10 \text{ с}$$

Четырехступенчатая токовая защита
ООП. пояс-тие.



$$I_{сг}^{\text{I}} (кА1) = \frac{I_{д(к2)}}{K_2}$$

$$K_2 = 1,2 \div 1,3$$

$$t_{сг \text{ сш макс}} < t_{сг}^{\text{I}} < t_{гон}$$

$$I_{сг}^{\text{II}} = \frac{I_{д(к1)}}{K_2}$$

$$I_{сг}^{\text{II}} = I_{дгон \text{ в макс. } \Delta \text{ мин}} \approx 0,25 I_{ном}$$

$$I_{сг}^{\text{IV}} = 0,05 - 0,1 I_{ном}, \quad t_{сг}^{\text{IV}} \approx 1,8 - 10 \text{ с}$$

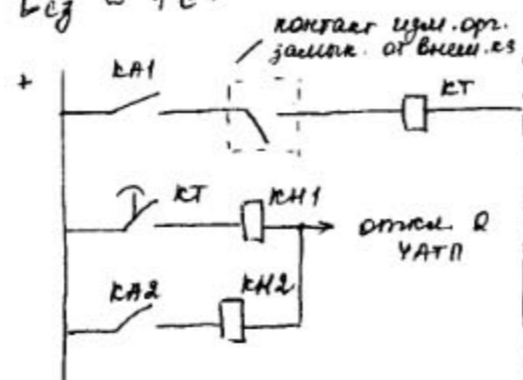
$$I_{сз} (сА1) \approx 5 А$$

$$I_{сз} (сА1) = K_{оме}^I \cdot I_{сг} + K_{оме}^{II} \cdot I_{нв}$$

$$K_{оме}^I = 2,0, \quad K_{оме}^{II} = 1,5$$

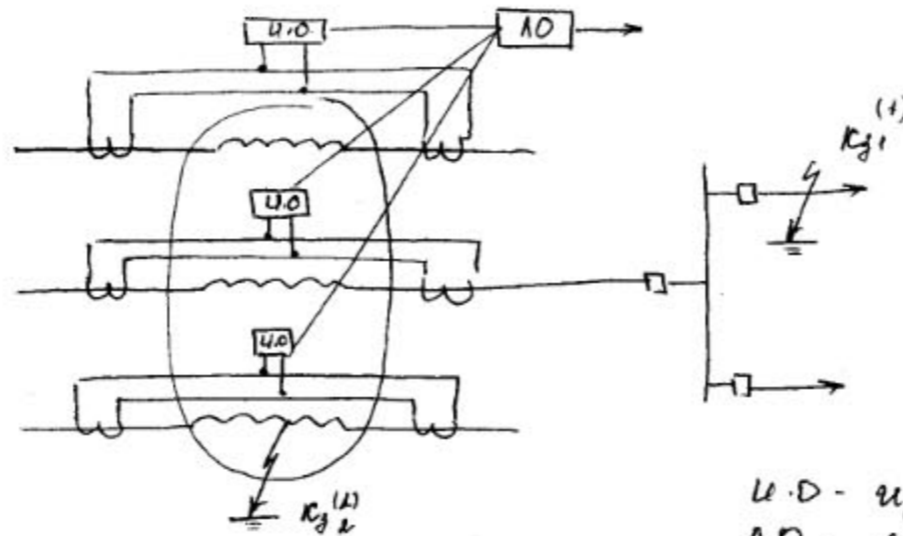
$$I_{нв} = I_{нв\text{ перв}} + I_{нв\text{ подм}}$$

$$t_{сз} = 1 с$$



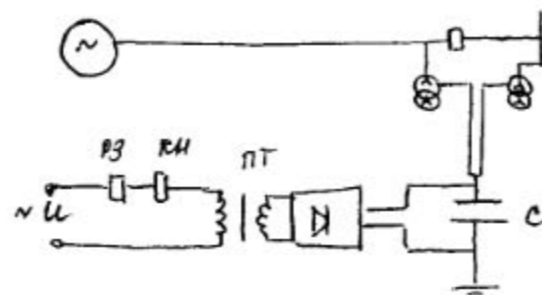
$$I_{сз} (сА2) = 200 - 300 А$$

Защита твпа 33 ГШ.



U.O - измерит. орган
Л.О - молн.-ч орган

Защита с наложением пост. напр.-я



$$R3 \approx 5 - 10 \text{ кОм}$$

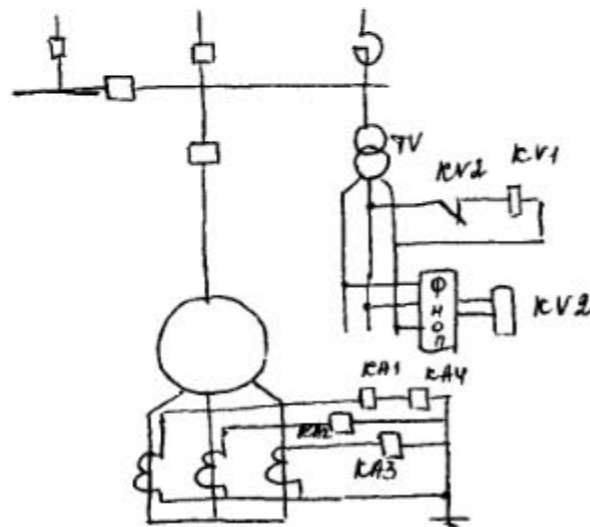
$$KH \approx 500 - 1000 \text{ кОм}$$

(генер. с газ. асиметр.)

$k_{и} \approx 50 - 200$ кАм (генер. с водородом или-и).

Защита генератора от внеш. кз
и перегрузки раб. током.

Цеп-ие токовая защита с комбиниров-м
пуском по напр-ю.



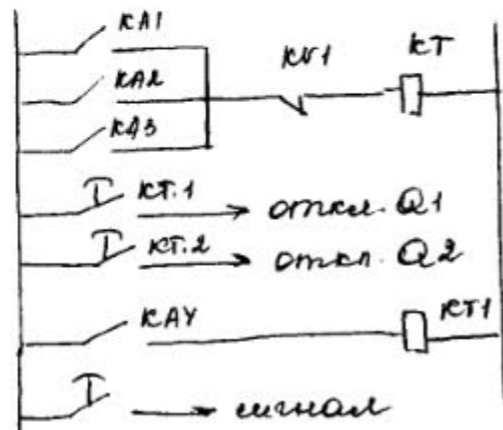
$$I_{сз} (KV1) = \frac{I_{раб\ min}}{K_{омс} \cdot K_{с}}$$

$$t_{сз}^I = t_{сз\ с\ и\ м\ max} + \Delta t$$

$$K_{омс} = 1,2 \quad K_{с} = 1,1 - 1,2$$

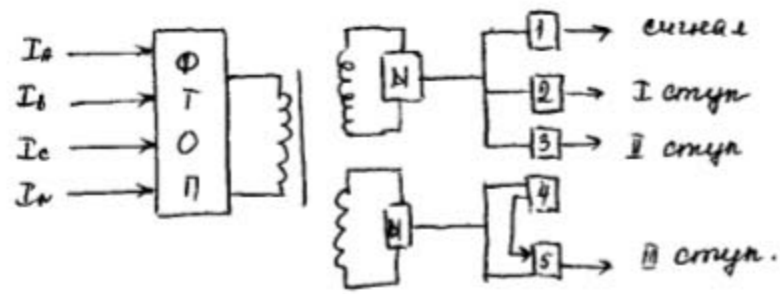
$$t_{сз}^{II} = t_{сз}^I + \Delta t$$

$$I_{сз} (KV2) = (0,06 - 0,1) I_{ном}$$

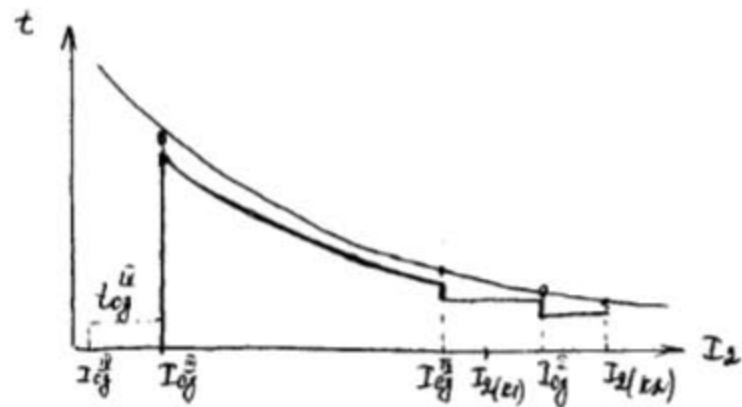


Дожавая зашита обр поел, ти е
завишмай хар-и водерткее време.

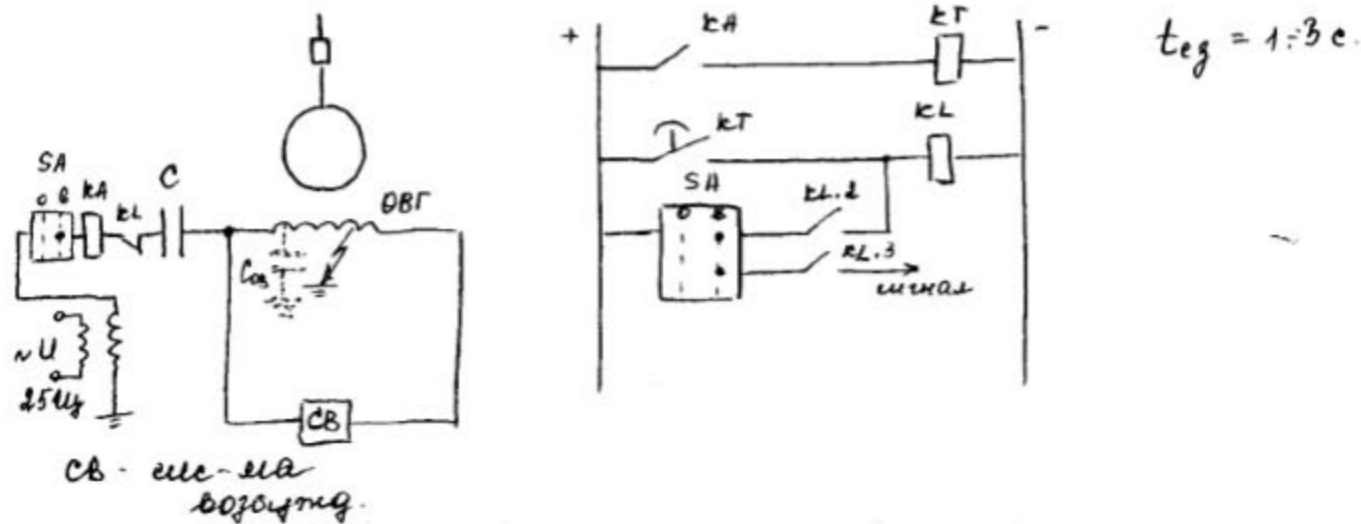
РТФ-6И



- 1 - измерит. орган сигнал. ступ.
- 2 - измер. орган I ст.
- 3 - " " " II ст.
- 4 - " " " III ст.
- 5 - орган возд. врем.



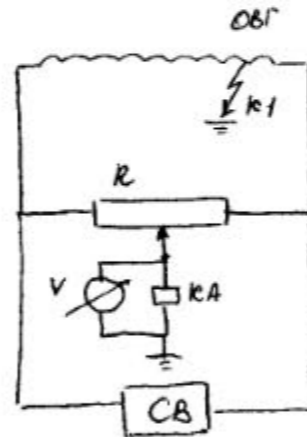
Зашита от замык. на землю обм.
возб. генератора в одной точке.



КЗР - 3 - комплект защиты ротора

Защита от замыкания обм. возб. генер. на землю в 2^х точках.

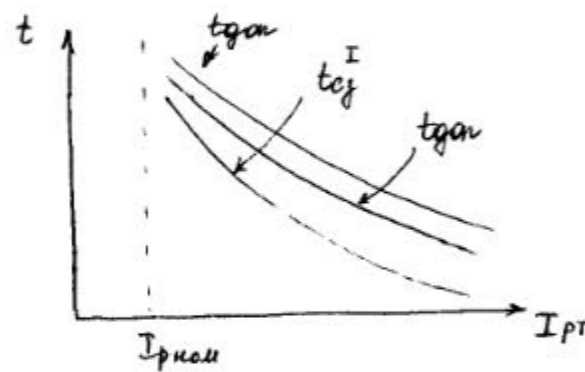
КЗР - 2



- ⊖ - защита имеет "мертвую зону"
- защита не работает, если к1 не на обмотке возбуждения.

Защита ротора (обм. возб.) генератора от перегрузки.

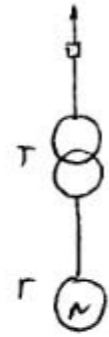
РЗР - 1.



$$t_{ср}^I < t_{ср}$$

$$t_{ср}^I < t_{ср}^{II} < t_{ср}$$

РЗ блока генер.-тр-р.

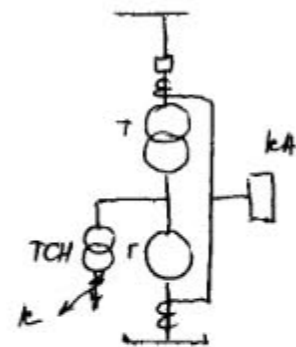


Особенности РЗ блока:

1. Использование общей защиты ген. и тр-ра
2. Облегчается выполнение селективной защиты от замык. на землю в обл. статора генератора.
3. Повышенные требования надежности РЗ.

Разновидности продольной диф-и токовой защиты.

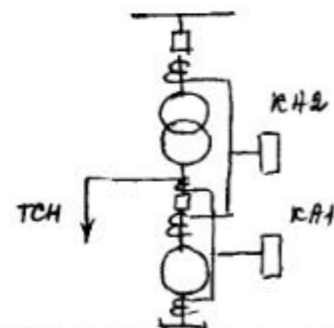
1. Отсутствие выключ. м/у генер. и тр-м. (общая защита)



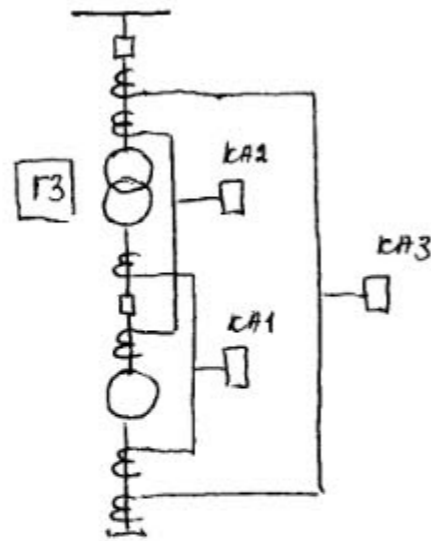
Появляется условие отстр.

$$I_{сз} - K_{отс} \cdot I_{кз\text{ген.}}$$

2. Наличие выкл. м/у генератором и тр-м



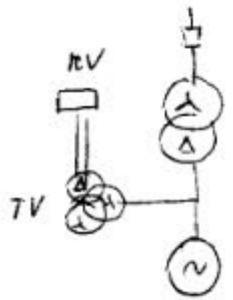
3. На блоках большой мощ-ти.



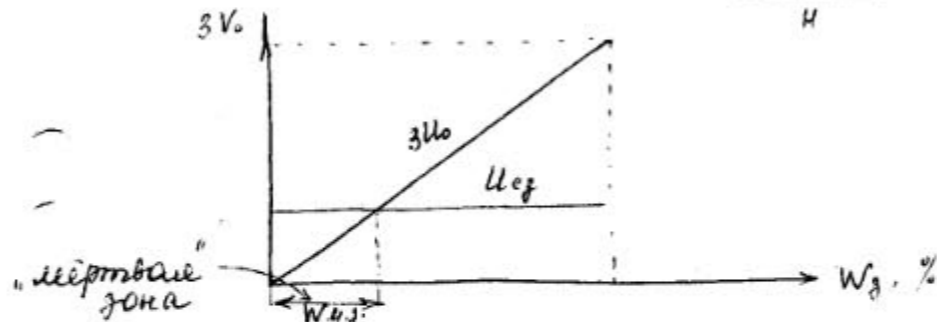
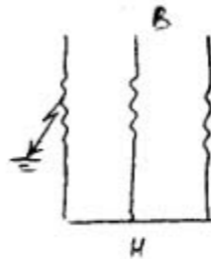
$t_{сз}(\text{резервн. КАЗ}) \approx 0,3 \text{ с.}$

ГЗ - газовая защита.

Защита от замык. на землю.



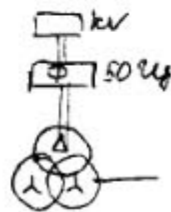
1. Защита напр-е нулевой посыл-ти.



$U_{сз} = K_{снм} \cdot U_{н0}$

$U_{н0} = U_{н0 \text{ TV}} + U_3$, U_3 - напр-е 3-й фазы.

$W_{мерт.з.} \approx 40\%$



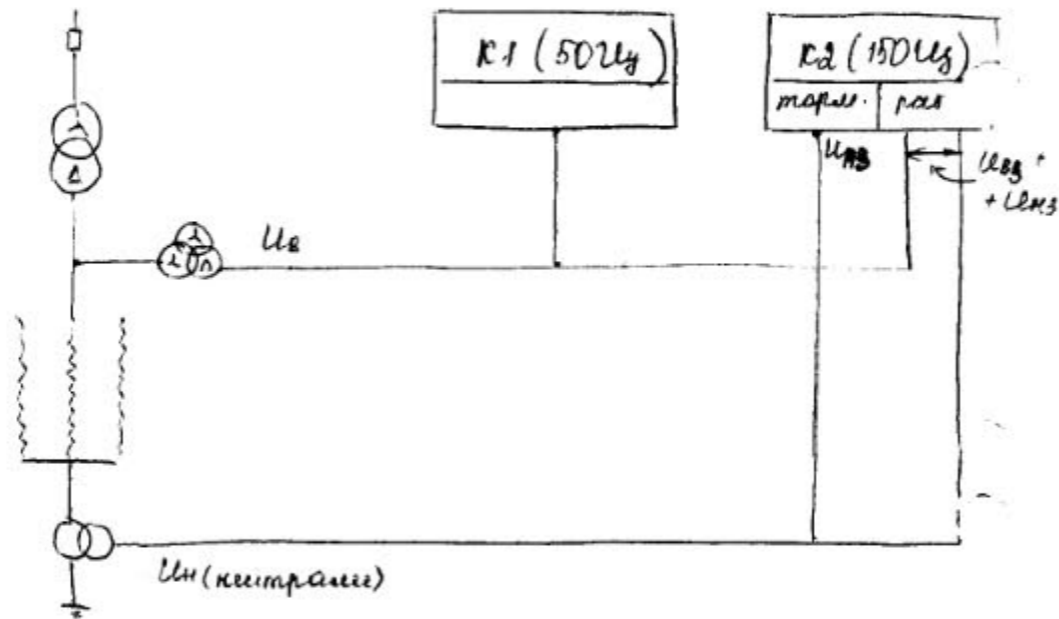
С фильтром:

$W_{м.з.} \approx 6-10\%$

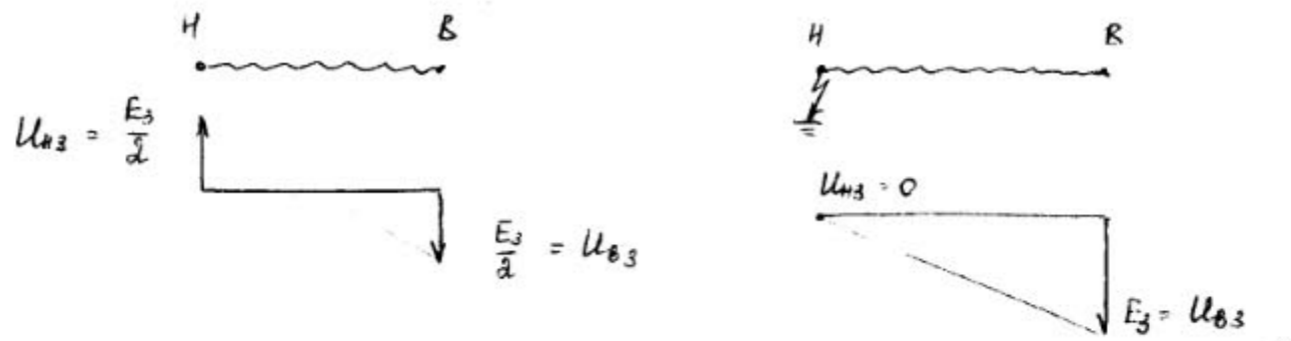
$t_{сз} \approx 0,15 \text{ с.}$

100% - я защита от замык. на землю.

РТФ - 6М



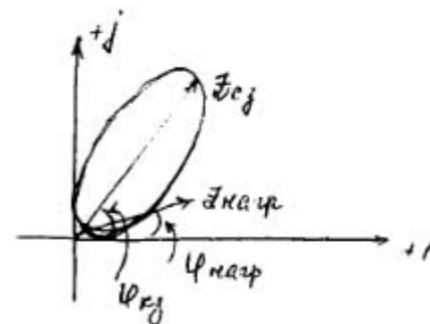
K1 замыкает ~ 90% обмотки статора со стороны вводов.



K2 замы. ~ 40% витков обм. статора со стороны нейтрали.

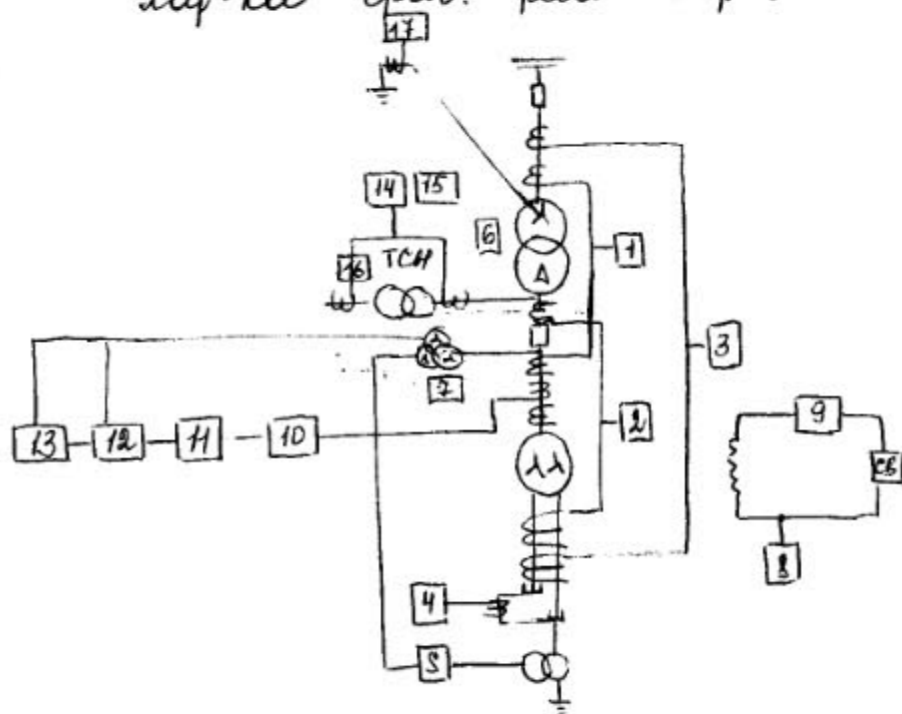
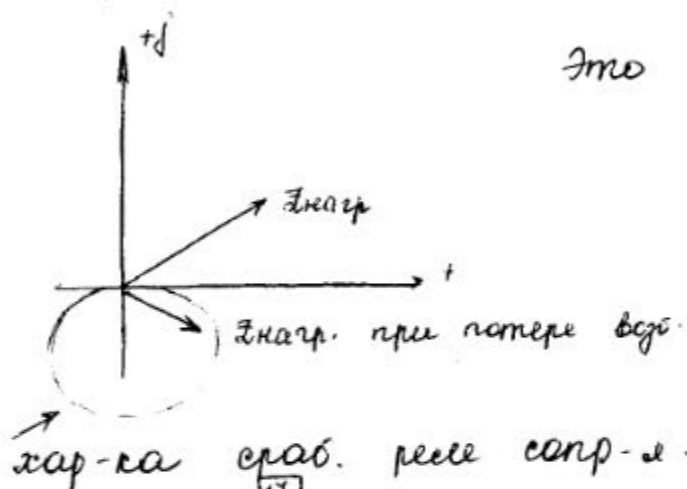
Защита от внеш. сев. а кз (дистанционная защита).

Пар. кр. рел. сопр-я:



Защита от потери возбуждения.

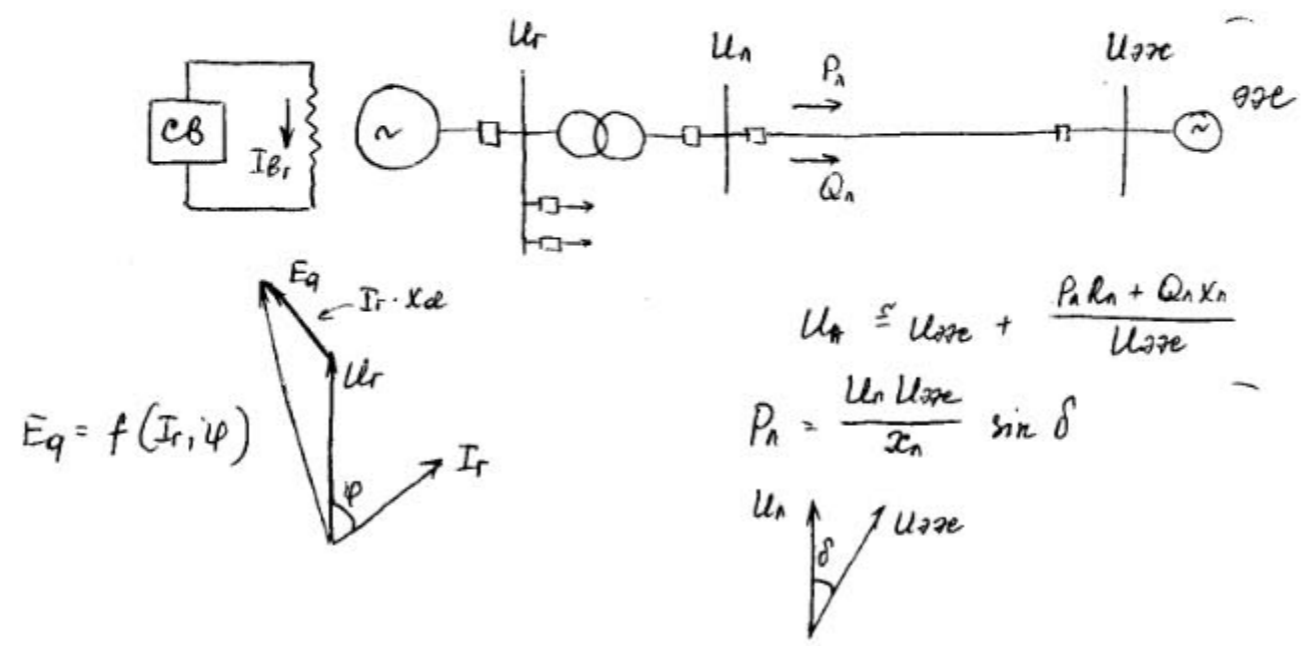
Это дистанц. защита

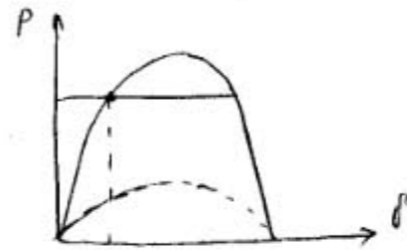


1. Дист. токовая защита тр-ра.
2. ДТЗ генератора.
3. Дист. ток. защита блока.
4. Защита от витковых КЗ.
5. Защита генератора от $K_{\partial}^{(1)}$.
6. Газовая защита тр-ра блока.
7. Защита от повыш. напр-е на генераторе.

8. Защита от замык. обл. воз. на землю в одной точке.
9. Защита обл. воз. от перегрузки
10. Защита генератора от перегрузки сим-ч. токами.
11. Защита от несим-х внеш. КЗ и несим-ч. перегрузки.
12. Дистанц. защита от внеш. сим-х КЗ.
13. Защита от потери возб. и от асиммкр. режима
14. Зtz тр-ра сн блока
15. Газовая защита ТЕН.
16. Защита ТЕН от перегрузки.
17. Защита от внеш. КЗ на землю.

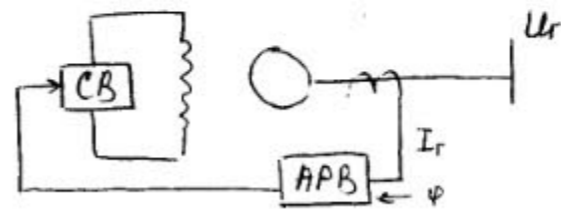
Автомат. регулирование возбуждения генератора (АРВ)



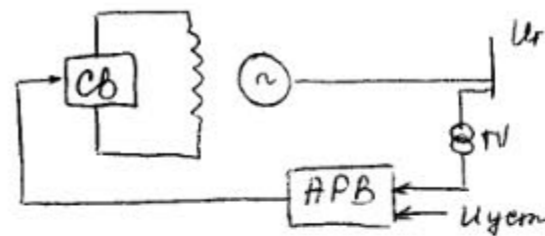


Сме-ла возб. электромашии. АРВ
пропорц действие

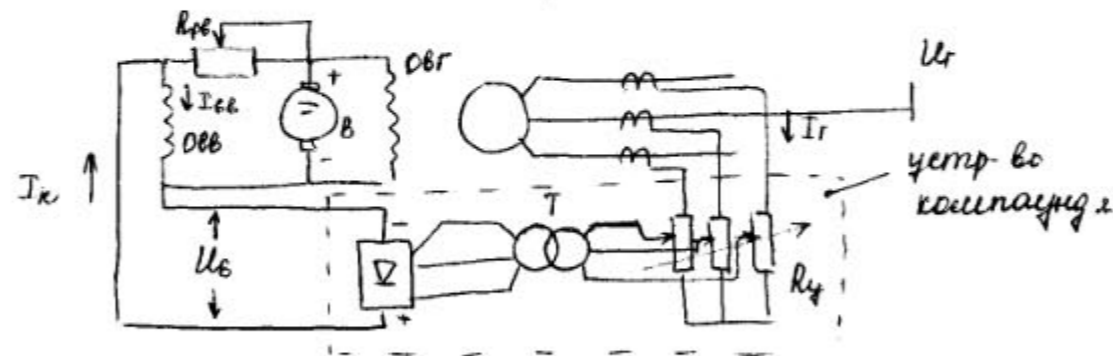
1. Формирование по разомкнутой схеме (по формуле му воздействию).



2. Форму-е по замкнутой схеме (по отклонению регулируемого пар-ра).

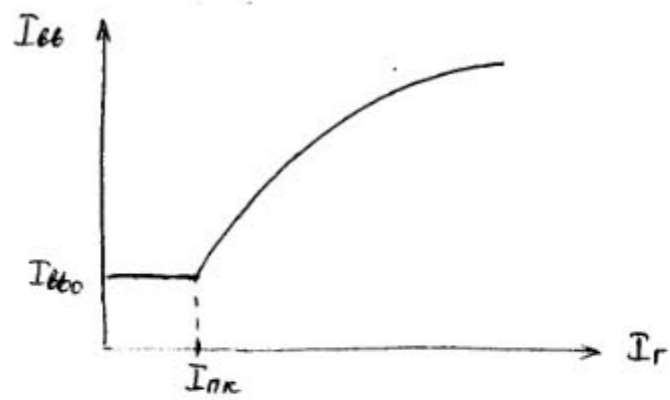


Блокное компендирование генератора

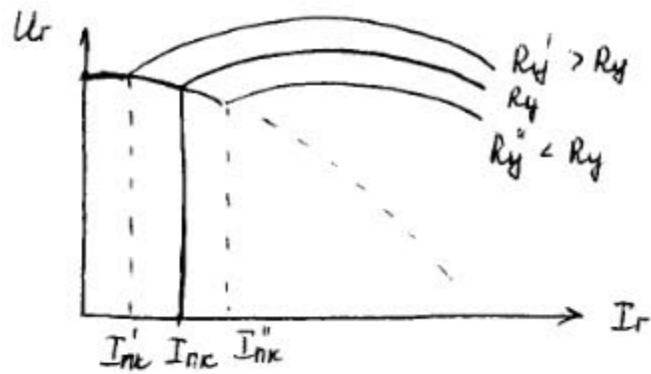
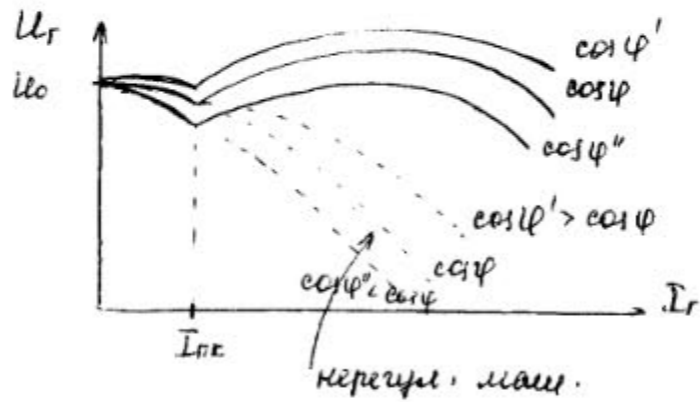


$$I_k = \frac{I_r \cdot R_r \cdot n_1 \beta_B}{R_I}$$

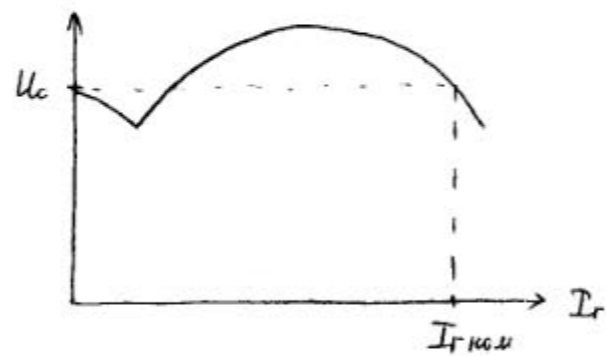
$$\beta_B = \frac{U_0}{U_r}$$



$I_{пк}$ - ток порога
компендир-я



Нормальное компендирование



$$\cos \varphi = \cos \varphi_{ном}$$