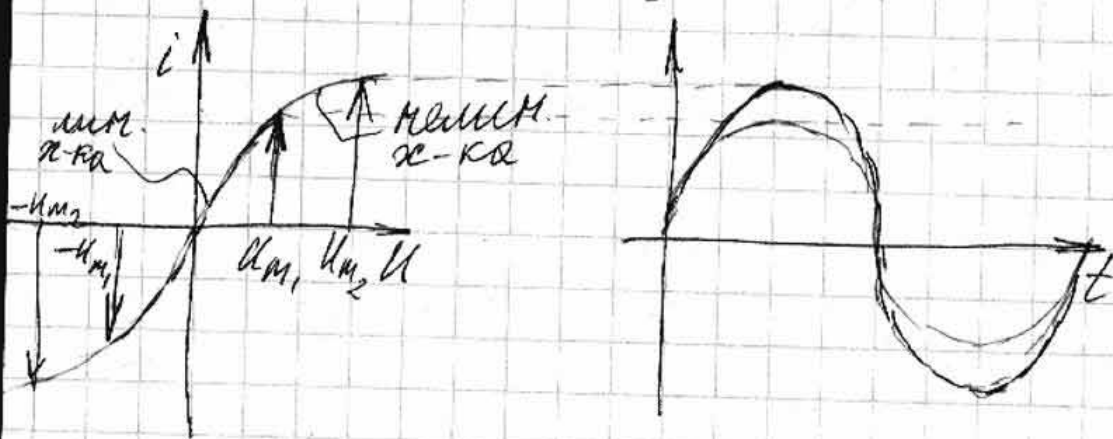


Итерационные соотношения. В миним. цепи перемен. тока



-) В миним. цепи перемен. тока итерационно вычисляются уменьши, смади мощные макс-а и тока

Методы расчета и анализа миним. цепей перемен. тока.

1. Анализ.
2. Графо-анал.
3. Графич.
4. Численные

Порядок расчета.

- 1) Опре. схемы воздейств. и реакц.
- 2) Опре. воздейств. замыканий и зем. воздейств.
- 3) Расчет реакц. и реакц.
- 4) Сравн. анализу реакц.
- 5) Коррекция реф-ов

Аналитич. методы расчета миним. цепей перемен. тока.

- Аналит. анализ:
- а) сим. мощн.
 - б) а эквив. мощн.
 - в) нулевой мощн.
 - г) нулевой мощн.

$$u = U_m \sin \omega t \rightarrow i = \alpha_0 + \alpha_1 U_m \sin \omega t + \alpha_2 U_m^2 \times \sin^2 \omega t; \sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}$$

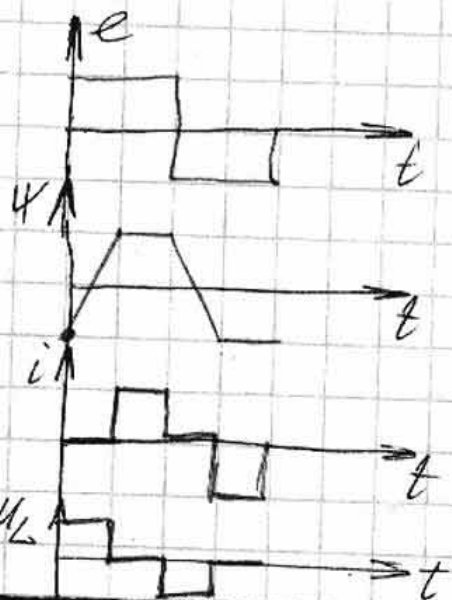
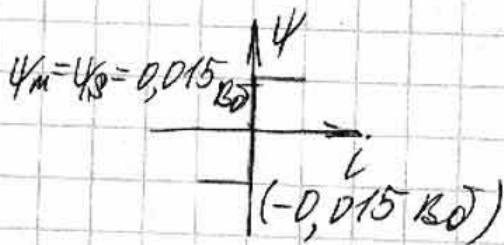
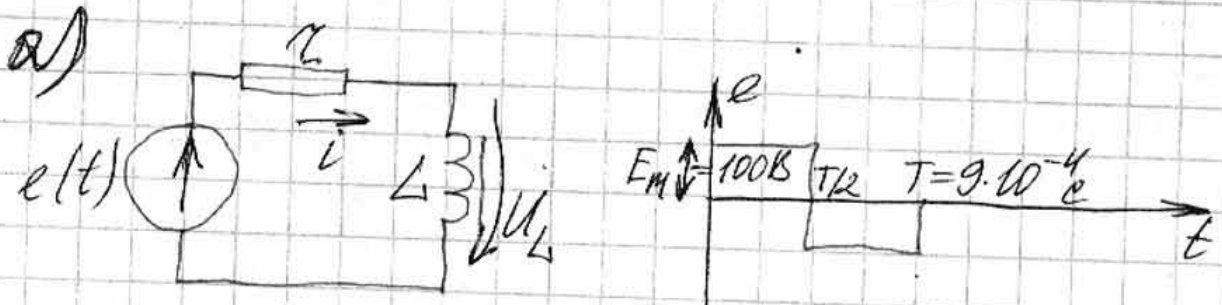
$$\sin^3 \omega t = \frac{3}{4} \sin \omega t - \frac{1}{4} \sin 3\omega t$$

Пр. 2: $H = d \operatorname{sh}(\beta B)$ - кривые намагнич.
 $B = B_m \sin \omega t$

$$H = d \operatorname{sh}(\beta B_m \sin \omega t) = d (\beta B_m \sin \omega t + \frac{(\beta B_m)^3}{3!} \sin^3 \omega t + \frac{(\beta B_m)^5}{5!} \sin^5 \omega t + \dots)$$

Графиком магн. потерь

- кусоч. - анал. аппрокс. метод Берна
- метод последов. приращений
- метод улов. отсечек



Внешн. цепем.
 ток магн. поток
 скачком, т.к. L
 магн. скачком

Векторная диаграмма.
P.T. схема. Вектор.

$$\text{II з.к.: } i r + U_L = e(t); U_L = \frac{d\psi}{dt}; i r + \frac{d\psi}{dt} = e(t)$$

$$i=0 \rightarrow \frac{d\psi}{dt} = e(t) = E_m = 100$$

$$\psi = E_m t + C$$

$$t=0; \psi = -\psi_m = -\psi_m^* \rightarrow -\psi_m = C$$

$$\boxed{\psi = 100t - 0,015}$$

$$\psi = \psi_m = 0,015 \text{ Вб}; 0,015 = 100t; -0,015 \Rightarrow t_1 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ с}$$

$$2) t_1 \leq t \leq T/2; \psi = \psi_m = 0,015 = \text{const}$$

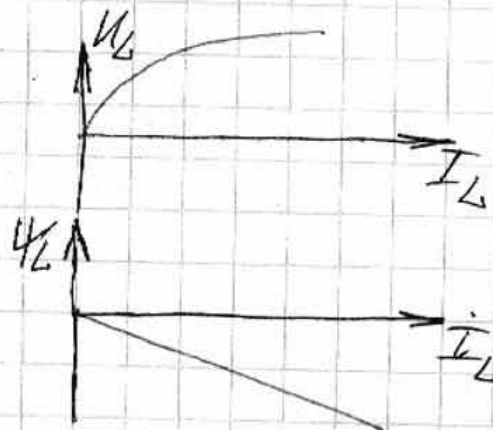
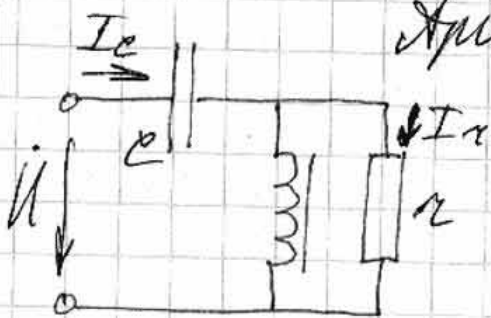
$$i r = e(t) = 100$$

$$i = \frac{100}{r} = 0,1 \text{ А}; r = 1000 \text{ Ом}$$

$$U_L = 0 = \frac{d\psi}{dt}$$

3) $t > T/2$; ток течет в обрат. направлении

Пример 2.



$$1) \text{ Выбран нулевой р.т.}; \dot{U}'_L = U'_L e^{j\omega t}; \dot{I}'_L = I'_L e^{j0}$$

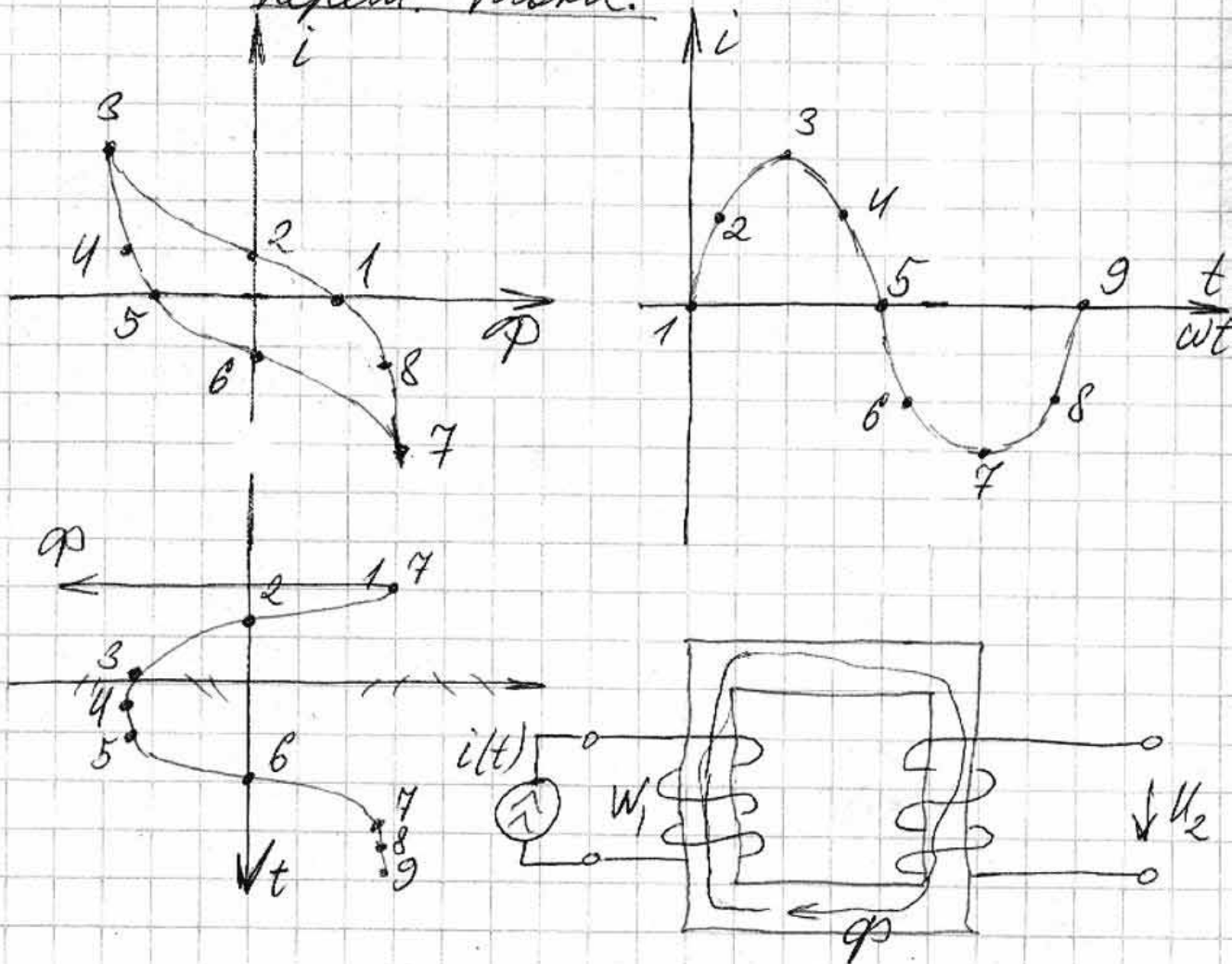
$$2) I_r = \frac{U'_L}{r}$$

$$3) \dot{I}'_e = I'_r + \dot{I}'_L$$

$$4) \dot{U}'_e = \dot{I}'_e (-jX_L)$$

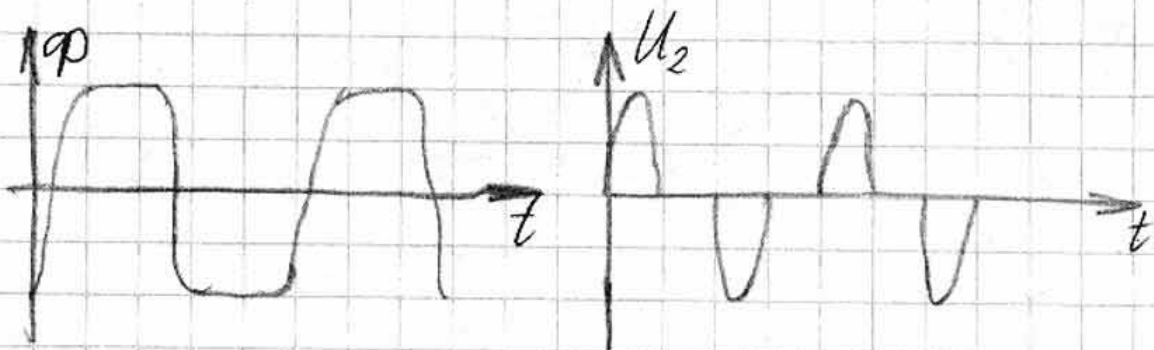
5) $i' = i_c' + i_d'$ - сравн. с заг. i и пересчётом.

Графич. методы расчёта миним. потерь перем. тока.



$i = I_{max} \sin \omega t$

27.10.04г



Аналитический расчёт индуктивного МР-РА.

1) Амплитуда вынужденных ВЛХ: $H = d \operatorname{sh} \beta B$
 $i W_1 = H l$, $H = \frac{i W_1}{l} = \frac{W_1 I_m}{l} \sin \omega t = d \operatorname{sh} \beta B$

$$B = \frac{1}{\beta} \operatorname{arcsinh} \left(\frac{I_m W_1}{l d} \sin \omega t \right); \varphi = B \cdot S,$$

где S - площ. магнитопровода

$$i = I_m \sin \omega t; u_2 = W_2 \frac{d\varphi}{dt} = \frac{W_2 S}{\beta} = \frac{I_m W_1}{l d} \times$$

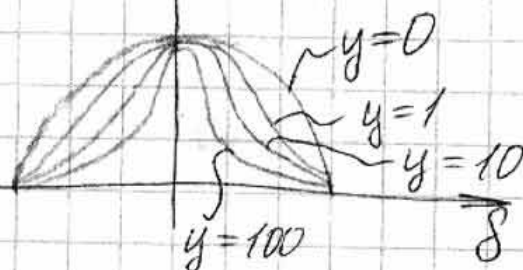
$$\cos \omega t$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{I_m W_1}{l d} \right)^2} \sin^2 \omega t$$

$$I_{U_{2m}} = \frac{W_2 S}{\beta} \frac{I_m W_1}{l d}; I_0 = \frac{l d}{W_1}; x$$

$$x = \frac{U_2}{U_{2m}}; y = \frac{I_m}{I_0}; \omega t = \delta \Rightarrow$$

$$x = \frac{\cos \delta}{\sqrt{1 + y^2 \sin^2 \delta}}$$



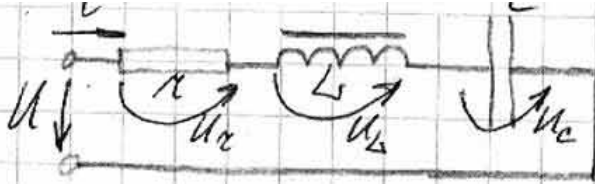
$$y = \sqrt{\frac{4 \cos^2 \delta - 1}{\sin^2 \delta}} = \sqrt{\frac{3 \cos^2 \delta - 1}{\sin^2 \delta}}$$

$$\delta \xrightarrow{\text{измеряемая}} y \xrightarrow{\text{измеряемая}} I_0 = \frac{I_m}{y} \Rightarrow W_1 = \frac{d l}{I_0} = \frac{d l y}{I_m}$$

$$\Rightarrow W_2 = \frac{U_{2m} \beta d l}{S I_m W_1}$$

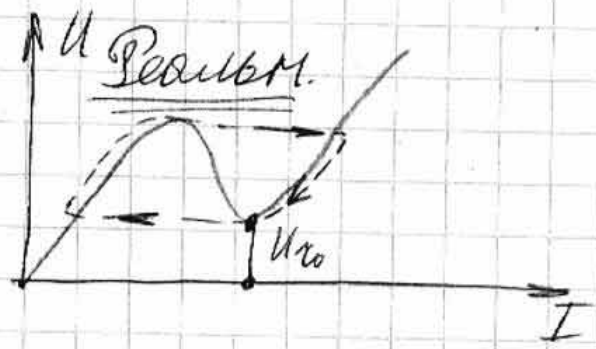
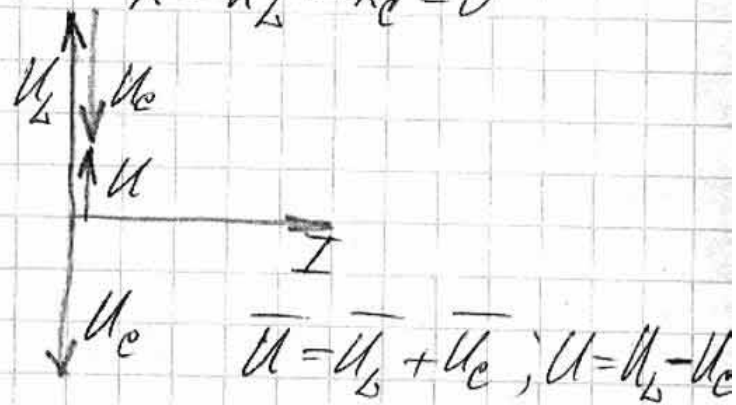
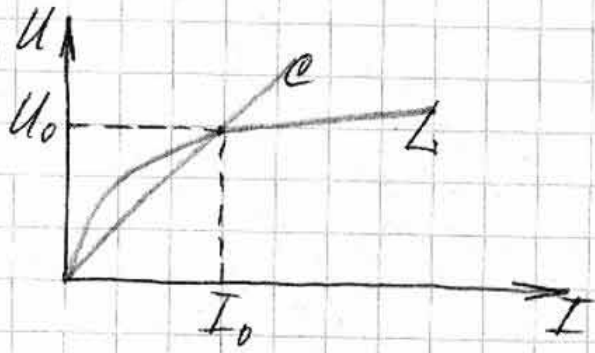
Репрезентативные кривые в
 эт. измерк. метод эквивал.
 синусов.

Репрез. магнетизм



Идеальн. феррорез. цепь $r=0$

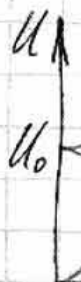
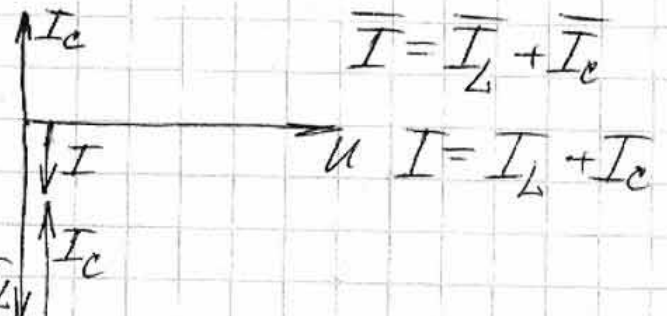
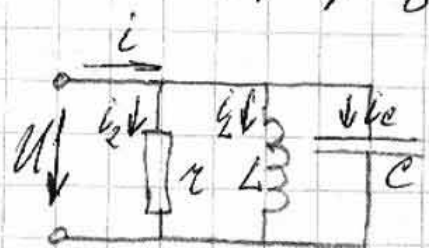
$$X = X_L - X_C = 0$$



Отлич феррорез. от рез. магнет.:

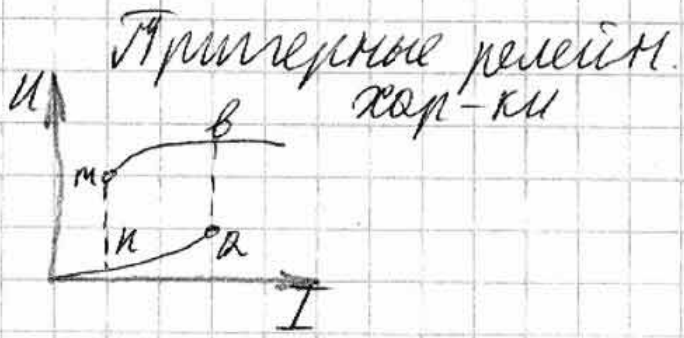
- 1) велич. хар-ки
- 2) способы достиже. резон-са
 Учим. ω, L и C - рез. магн.
 U и I - при феррорез.
- 3) резонанс только на основ. гармон.
- 4) пример. эор, величине ток и магн.

Феррорезонанс токов.



S-образ. невозможн. хар-ка невозможн. для тока идеальн.

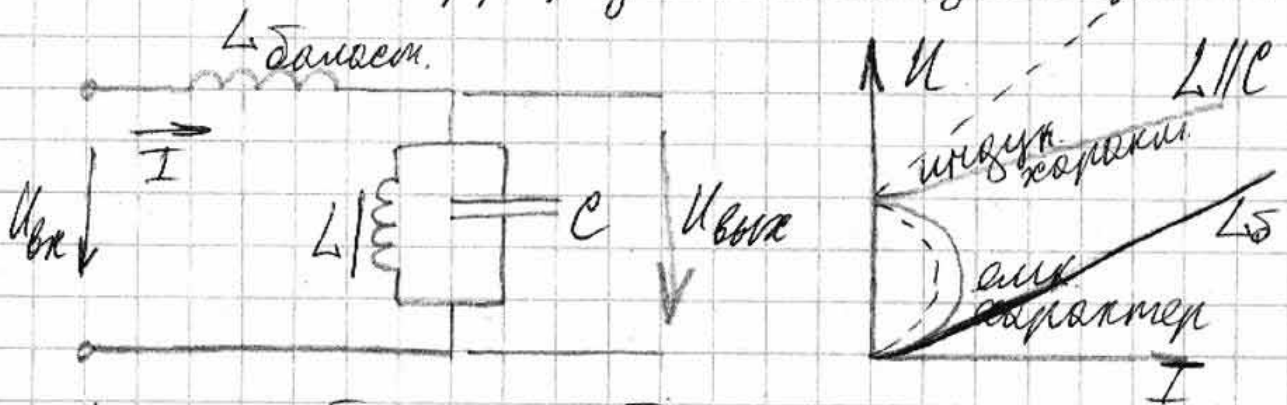
Реальная цепь $g \neq 0, r \neq \infty$



Отлич. от резонанса

- 1) миним. хар-ки
- 2) способы возраст. рез-а ω, L, C - уменьш. I или I
- 3) резон. на осн. гармонике
- 4) перм. эффекты, несимм. ток и напр.

Критерий стабильности

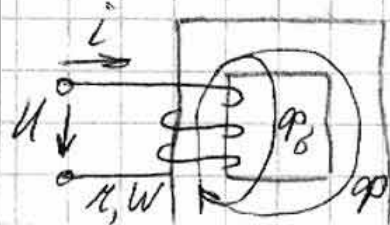


$L_{\text{вх}}$ задан на входе цепи

$\Delta U_{\text{вх}} > \Delta U_{\text{вых}}$ - эррект стабильн.

$$K_{\text{стаб}} = \frac{\Delta U_{\text{вх}} / U_{\text{вх.ср.}}}{\Delta U_{\text{вых}} / U_{\text{вых.ср.}}} \approx \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}} > 1, \text{ чем больше, тем лучше.}$$

Катушка со стальным сердечником в цепи перем. тока $\sim \varphi_{\text{об}}$ - поток рассеяние



$\sim U \rightarrow \sim i \rightarrow \varphi$ - поток основной (основ. работ. поток)

$$e = -\frac{d\psi}{dt} = -W \frac{d\varphi}{dt}; \psi = \varphi W - \text{ЭДС самоиндукции}$$

$$e_0 = -\frac{d\psi_0}{dt} = -W \frac{d\varphi_0}{dt}; \psi_0 = \varphi_0 W - \text{ЭДС рассеяния}$$

$$\psi_0 = L_0 i; \psi \neq L i; e_0 = -L_0 \frac{di}{dt} \rightarrow E_0 = I X_0,$$

$$X_0 = \omega L_0 - \text{импеданс реакт. комп. рассеян.}$$

$$\text{II з. к. л.} : U = i r - e - e_0 = i r + L_0 \frac{di}{dt} - e$$

Используем канонич. соотн.

$$U = -e = \frac{d\psi}{dt} = W \frac{d\varphi}{dt} \quad r = 0; \varphi_0 = 0$$

Если $\varphi = \varphi_m \sin \omega t$, то $e = -W \frac{d\varphi}{dt} = -W \varphi_m \omega \cos \omega t = -W \varphi_m \omega \sin(\omega t + 90^\circ)$

Выб. 1: $E_m = W \varphi_m \omega$, $E = E_m \sqrt{2}$. $W \varphi_m \omega \sin(\omega t - 90^\circ)$
 $= 4,44 \sqrt{2} W \varphi_m$ - ф-ла напря. ЭДС

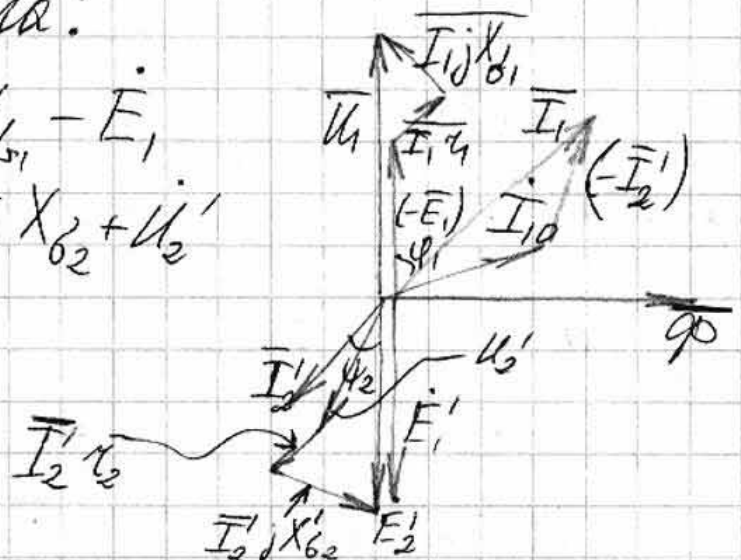
Выб. 2: ЭДС смещ. от магн. пот. на 90°

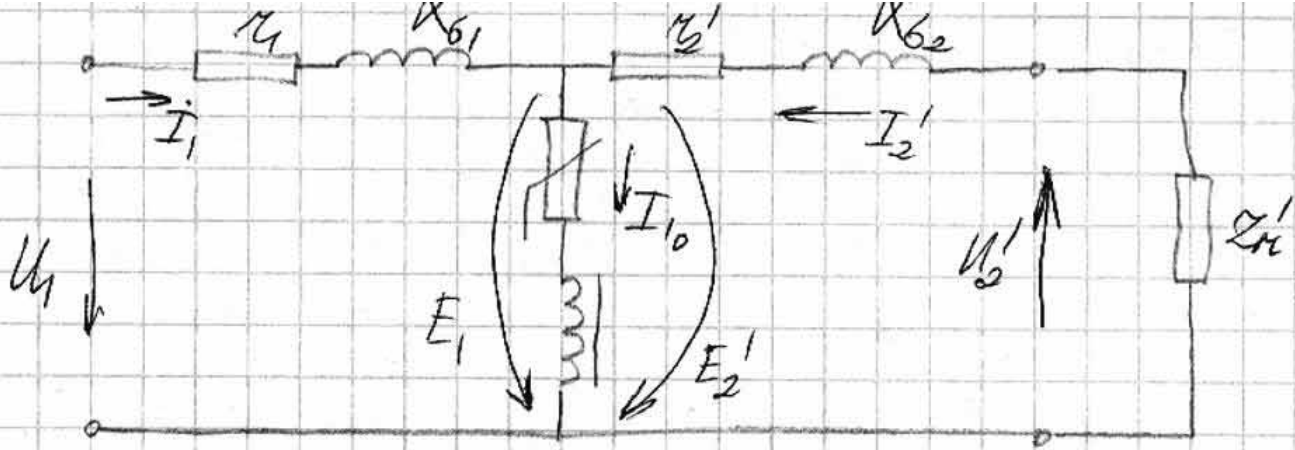
10. 11.04г

Трансформаторн.

Уп-е привез. мр-ра:

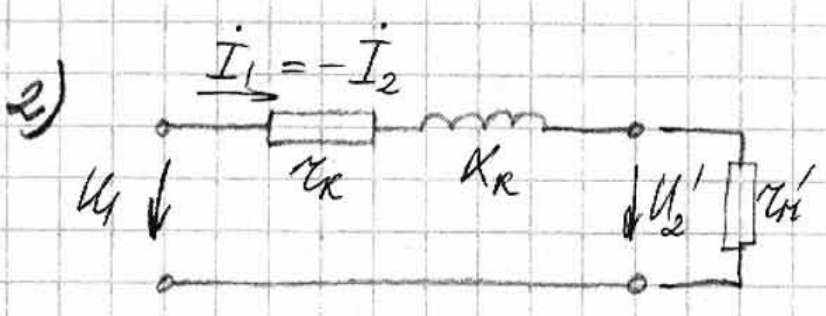
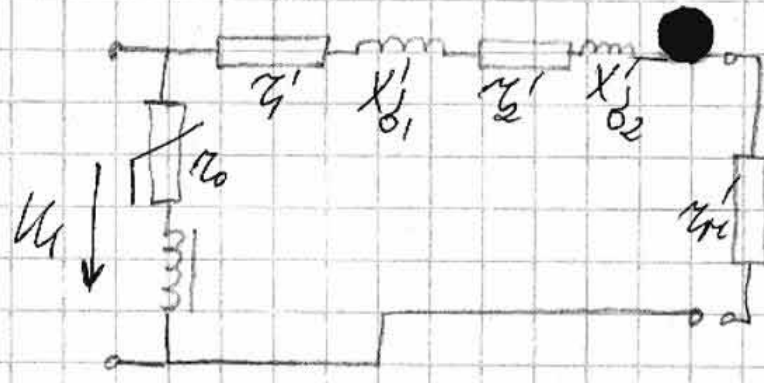
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{I}_1 r_1 + \dot{I}_1 j X_{L1} - \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2' = \dot{I}_2' r_2' + \dot{I}_2' j X_{L2}' + \dot{U}_2' \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2' \end{cases}$$





Упрощенные схемы за-
мещения тр - па.

1) $I_{10} = (5 \div 7\%) I_{1н}$



$r_K = r_1 + r_2', r_1 \approx r_2'$
 $X_K = X_{l1} + X_{l2}', X_{l1} \approx X_{l2}'$

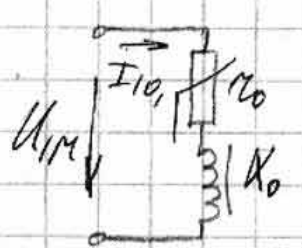
Опыт ХХ:

$U_1 = U_{1н}, I_2 = 0, Z_L = \infty; I_{10} = (5 \div 7)\% I_{1н}$

$P_{эм ХХ} = P_m$ - потери стали; $U_{20} = E_2, U_{10} \approx E_1$

$K = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_{10}}{U_{20}}$, т.к. $r_0 \gg r_1, X_0 \gg X_{l1}$

ск. замещ.

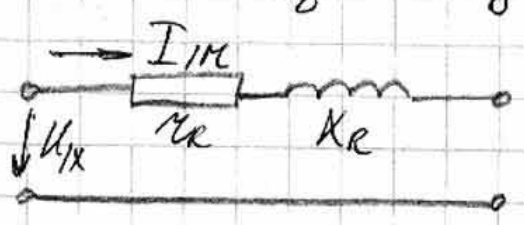


Из опыта КХ опред.: 1) $P_{ем} = P_0$; 2) $k = \frac{U_{10}}{U_{20}}$;
 3) $Z_0 = \frac{U_{10}}{I_{10}}$; ~~$r_0 = \frac{P}{I_{10}^2}$~~ ; $R_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}$

Даным КЗ: $U_{кк} = (3 \div 5) U_{1н}$ * эквив. м.м.м.
 макс, чм. $I_1 = I_{1н}$, $I_2 = I_{2н}$

R_k = потери в меди (такие же как в ном.
 м.м. режиме)
 $P_k = I_{1н}^2 r_1 + I_{2н}^2 r_2$

Из опыта КЗ опред.: 1) $P_{медн} = P_k$
 2) Хар. эк. замыц.



$$r_k = \frac{U_{1к}}{I_{1н}}, \quad X_k =$$

$$= \frac{P_k}{I_{1н}^2}; \quad X_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}$$

$$r_1 = r_2' = \frac{r_k}{2}; \quad X_{\delta 1} = X_{\delta 2}' = \frac{X_k}{2}$$

Изменение вторичного
 тпр-ра под нагруз.

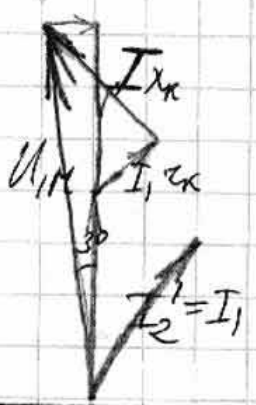
$$\Delta U_2 = U_{20} - U_2; \quad \Delta U_2 \% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \parallel \left| \frac{R}{X} \right| \Rightarrow \parallel$$

$$\left| \frac{R}{X} \right| = \frac{U_{1н} - U_2'}{U_{1н}}; \quad U_{20} \cdot k = U_{1н}; \quad U_2 \cdot k = U_2'$$

Для упрощ. эк. замыщения:

$$m_{кк} = (U_{1н} - U_2') m_{кк} = r_{кк} + r_{кк} =$$

$$= (I_1 r_k \cos \varphi_2 + I_1 X_k \sin \varphi_2) m_{кк} \ominus$$



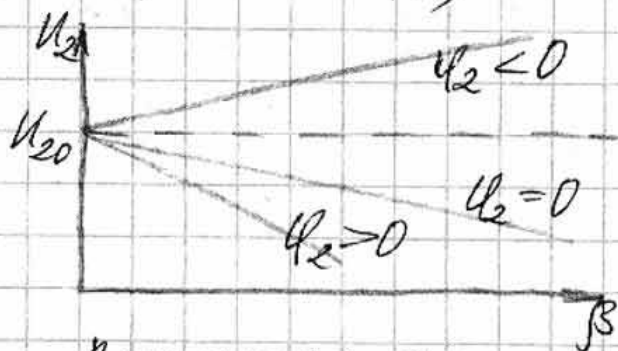
$$\textcircled{5} \frac{I_{1M}}{I_M} (I_1 r_k \cos \varphi_2 + I_1 x_k \sin \varphi_2) m_4$$

$$\frac{I_1}{I_{1M}} = \beta - \kappa - \text{м магнитизи мр-ра}$$

$$I_{1M} r_k = U_{k\alpha}, \quad I_{1M} x_k = U_{k\beta}$$

$$U_{1M} - U_2' = (U_{k\alpha} \cos \varphi_2 + U_{k\beta} \sin \varphi_2) \beta$$

$$\Delta U_2 \% = \beta (U_{k\alpha} \% \cos \varphi_2 + U_{k\beta} \% \sin \varphi_2)$$



Внешний кр-ка
мр-ра $U_2 = U_{20} - \Delta U_2$
Нагрузка к-ка мр-ра

КПД мр-ра.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} - \text{акт. м. магн.}$$

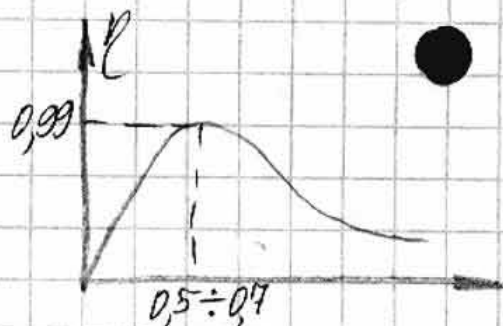
$$P_1 - \text{акт. м. м. сети}$$

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 = \frac{I_{2M}}{I_{2M}} U_2 I_2 \cos \varphi_2 = \beta S_{2M} \cos \varphi_2$$

$$P_1 = P_2 + P_{cm} + P_M; \quad P_{cm} = P_0, \quad P_M = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 = \beta^2 P_k \text{ з ном.}$$

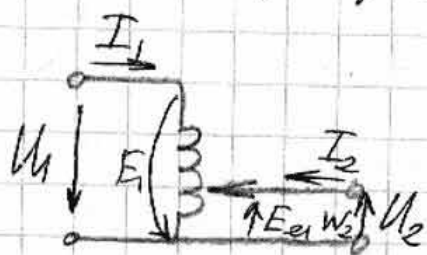
$$P_1 = \beta \cdot S_{2M} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k$$

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{2M} \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{2M} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k}$$



Специальный тпр-р.

1. Шунтовый тпр-р.
2. Автотпр-р* - однообмоточн. тпр-р



$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

тпр-е магн. соедин.

$$I_1 (W_1 - W_2) + I_2 W_2 = I_{10} W_1$$

$I_{10} \approx 0$, поэтому: $I_1 (W_1 + W_2) = I_2 W_2$

$$I_2 = I_1 \left(\frac{W_1}{W_2} - 1 \right) = I_1 (k - 1)$$

Если $k \rightarrow 1$, то I_2 - мал

$$S = U_1 \cdot I_1 = E_1 \cdot I_1; S_{\text{отм}} = S_{\text{акт}} = (E_1 - E_2) I_1 = E_1 I_1 \left(1 - \frac{W_2}{W_1} \right) - \text{передан. акт. мощность}$$

$S_{\text{акт}} = E_2 \cdot I_2$ - принимаемая мощность.

$$E_2 \cdot I_2 = E_1 \frac{W_2}{W_1} \cdot I_1 \left(\frac{W_1}{W_2} - 1 \right) = E_1 I_1 \left(1 - \frac{W_2}{W_1} \right) -$$

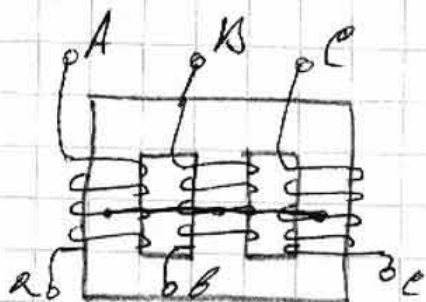
- принимаем. мощность.

Мощн. акт в $\left(1 - \frac{W_2}{W_1} \right)$ раз меньше полной

Аппрокс. автотпр-р при $k \approx 1$:

- 1) меньше вес обмоток и сердечн.
- 2) меньше потерь
- 3) больше КПД

3. Трёхфазный тпр-р.



	λ/λ	Δ/Δ	Δ/Δ	Δ/λ
K	W_1/W_2	$\frac{\sqrt{3}W_1}{W_2}$	W_1/W_2	$W_1/\sqrt{3}W_2$

$$\lambda \quad U_1 = \sqrt{3}U_{op}$$

$$\Delta \quad U_1 = U_{op}$$

$$K = \frac{U_{N1}}{U_{N2}}$$

и. Измерительные вып-ры. Тр-ры тока
 (I₂ = 5A)

Тр-ры напряжения. (U₂ = 100V)

Генераторы переменного тока.

1) Генераторы с мех. обм. возд.

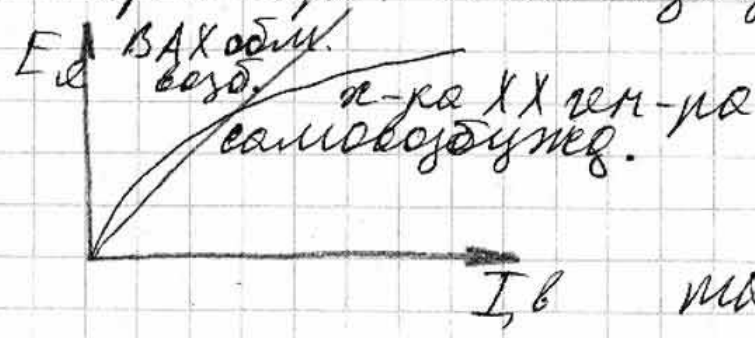
Вкат. обм. энт. = $B \cdot l \cdot v$

↑ индук. актив. дт. пр-ка — мин. скор. $\frac{D \cdot n}{30}$, где

$E_{ак} = \sum e_{пт.} = K_e \Phi \cdot n$
 ↑ кометр. к-т ↑ скор. вращ. [об/мин]

D-диам. ротора.

2) Генераторы самовозбуждения.



Условия самовозбужд.:

- 1) Наличие ос-там. магнетизма
 - 2) Самая же включение поле
- рематочного магнетизма и поле машины.

3) Сопр. возд.

< μ возд. * критич.

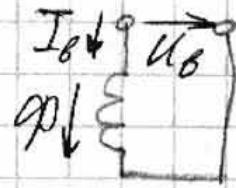
Физич. действие дви-жущей силы перемен. тока.

$F_{эм} = B I_e l$ — сила Ампера по прави-лу левой руки.
 ↑ сила

$M = K_M \Phi I_e$, K_M — кометр. к-т, I_e — ток якоря (текущ. по прав. дт.)
 $M = \beta I_e$ — момент мин. с I_e при $\Phi = \text{const}$

Способы возбуждения машин переменного тока.

Механ. Двиг. Возбужд.



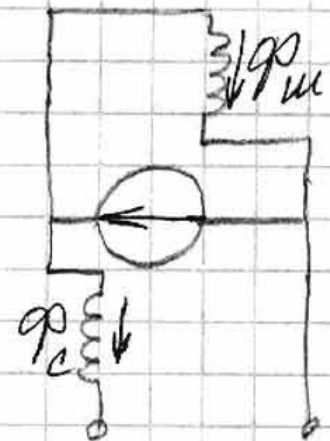
Шунтовая Двиг. Возб.



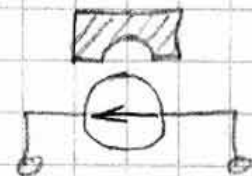
Средняя Двиг. Возб.



Компаунд. Двиг. Возб.:
самая и встречное вкл.
двиг. возб - е.



Возбуждение перемен. ток.



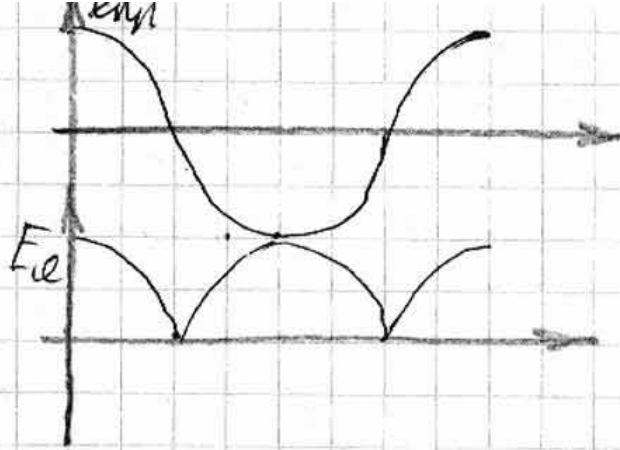
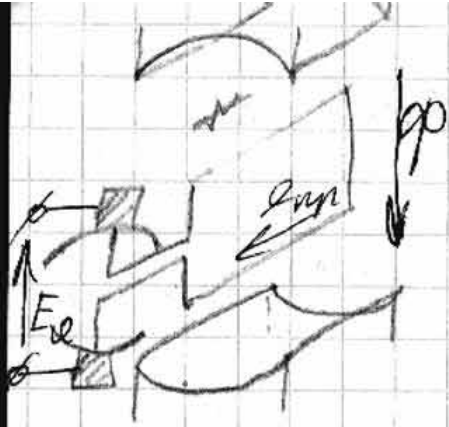
Работа щеточно-коллек. узла.



$$d = 0 \\ E_{\text{с}} = 2 E_{\text{инд.}}$$

$$d = \frac{\pi}{2} \\ E_{\text{инд.}} = 0$$



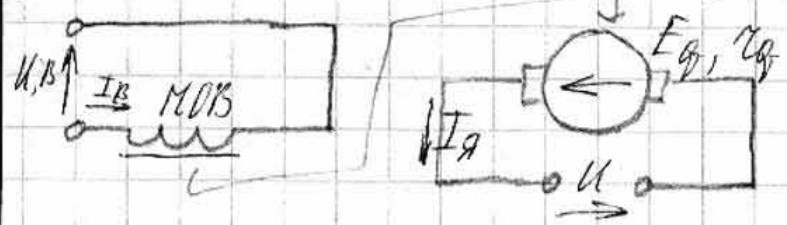


24.11.04

Генераторы постоянного тока.

Требуем макс. эмер. в эквипот.

А. С нулевой адмем. возбуждением.



Пз. к. Д (цель эквив.):

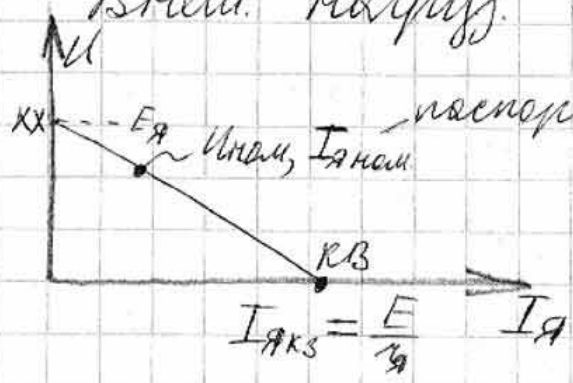
$$U + I_{\text{я}} r_{\text{я}} = E_{\text{вн}}$$

$$U = E_{\text{вн}} - I_{\text{я}} r_{\text{я}}$$

Макс.

$$E_{\text{вн}} = k_e \omega = \alpha \omega ; \omega = \frac{\pi n}{30}$$

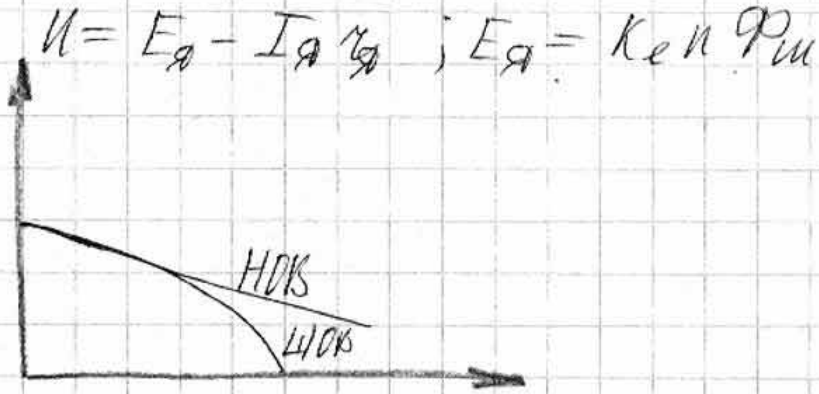
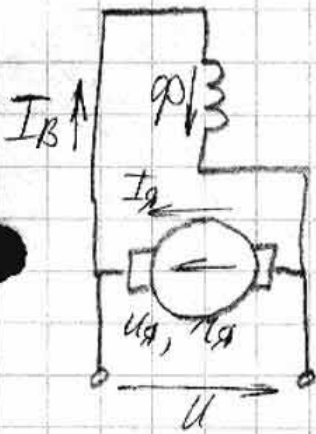
Внешн. характ. \$\alpha\$-ка генератора: \$U(I_{\text{я}})\$



⊕: регулировка макс. в широк пред.

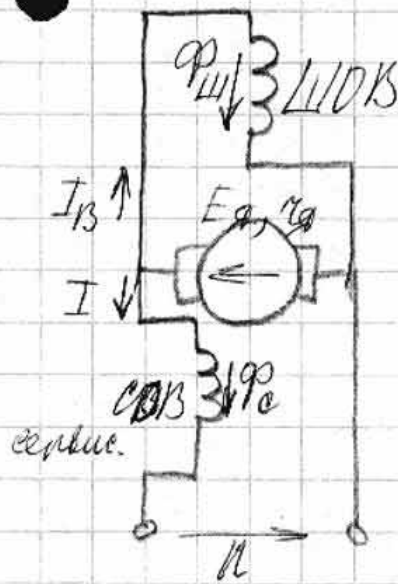
Б. С шумовой адмем. возб. (с самовозбужд.)

Возб. за счёт остатк. магнетизма.

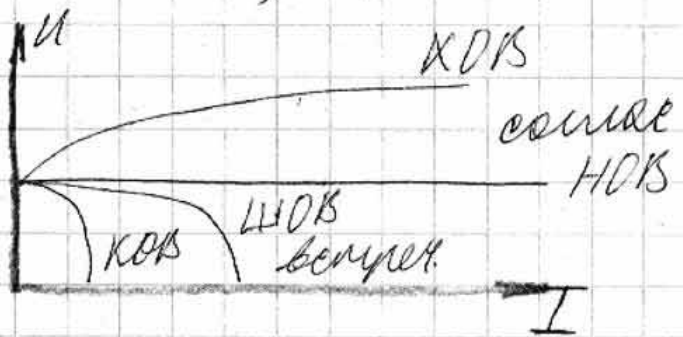


B. с коммутацией обмоток возбужд. (еммш.)

$\Phi_{\omega} + \Phi_e$ - еммш. вкл. вкл.
 $\Phi_{\omega} - \Phi_e$ - вентр. вкл. вкл.



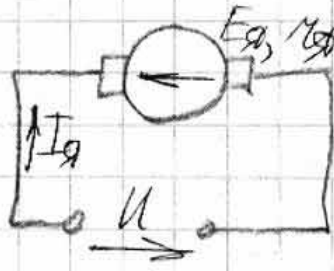
ПЗ.К: $E_a = U + I_a (r_a + r_e)$
 $I_a \approx I, E_a = k_e \omega (\Phi_{\omega} \pm \Phi_e)$



Двигатели поем
меха



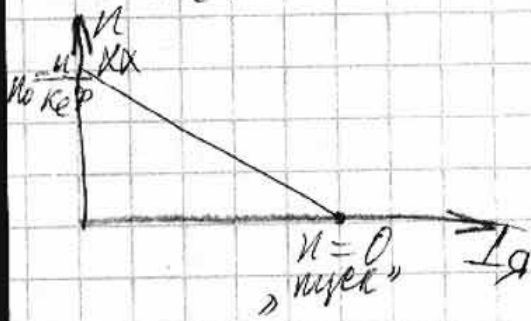
A. Резистор от обм. возб.



$U - I_a r_a = E_a = k_e \omega \Phi = d \cdot \omega$
 Скоростная хар-ка

$$U = \frac{U - I_a r_a}{k_e \Phi} = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{I_a r_a}{k_e \Phi}$$

$$n_0 = \frac{U}{K_e \varphi} - \text{скор. вращ. при } X \text{.$$



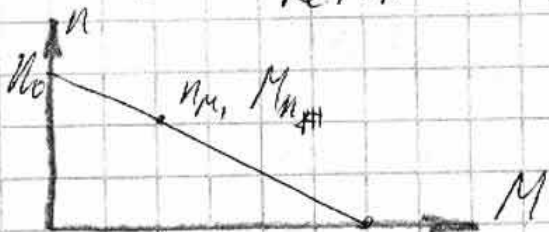
$$I_a = \frac{U - E_a}{r_a} = \frac{U - K_e n \varphi}{r_a}$$

Для вращения в направлении вводим в сопротивление.

Мех. экв. двигателя.

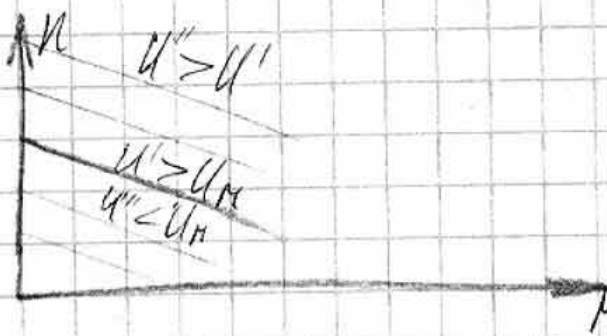
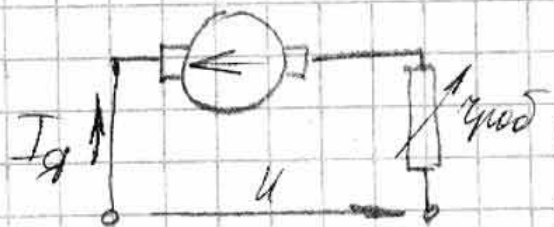
$$M = K_M \varphi I_a ; I_a = \frac{M}{K_M \varphi}$$

$$n = \frac{U}{K_e \varphi} - \frac{M r_a}{K_e \varphi K_M \varphi} ; \omega = \frac{U}{2} - \frac{M r_a}{2 \beta} ; M = \beta I_a$$



Регульр. скор.-ни вращ. двигателя.

$$n = \frac{U}{K_e \varphi} = \frac{U (r_a + r_g)}{K_e \varphi K_M \varphi}$$



⊕ Регульр. вверх и вниз вращ. предмета.

⊖ Мелуч. регульр. болоч. ходок болоч. регульр. немож.

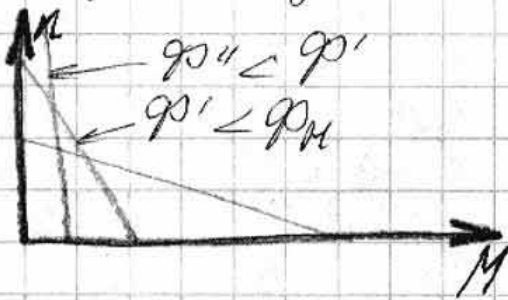
2) Измен. магн. потока. (регульр. редом R_{ext}) функцион.

$$n_0 = \frac{U}{K_e \varphi} \text{ увелич.; } \frac{U (r_a)}{K_e \varphi K_M \varphi} \text{ увелич (крупн. эк-ва)}$$

скор. вращ. пот. увелич.

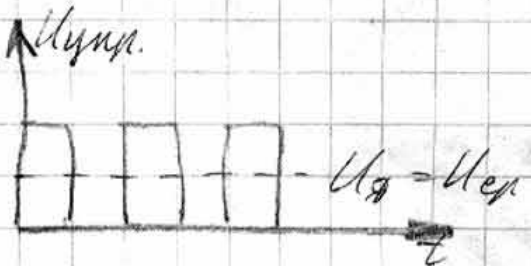
$$E_d = K_e \Phi n - \text{уменьши} \Rightarrow I_d \text{ увелич}$$

3) Умень. добав. сопротивл. $r_{доб}$.



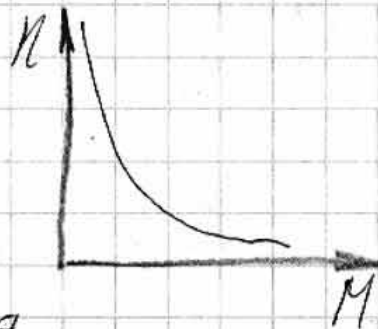
Потери на реулир.
 $P = I_d^2 r_{доб}$

4) Шунтируемое реулир.



Формулы решим
группами.

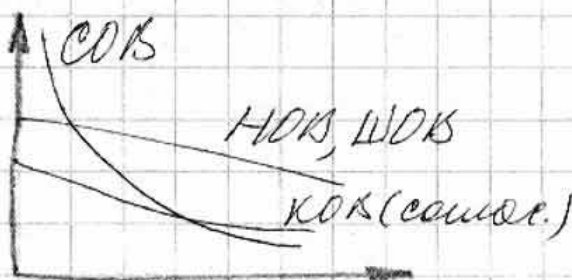
- A. ДТТ с ШОБ
- Б. ДТТ с СОБ



$$\eta = \frac{U}{K_e \Phi} - \frac{M r_d}{K_e \Phi K_M \Phi}$$

$$M = K_M \Phi I_d ; M=0, I_d=0, \Phi=0, \text{ но } \uparrow$$

В ДТТ с КОБ



Формулы решим.

1) Генераторное (рекуперативное)



Маш. ускорен. ^{только макс. ман.}

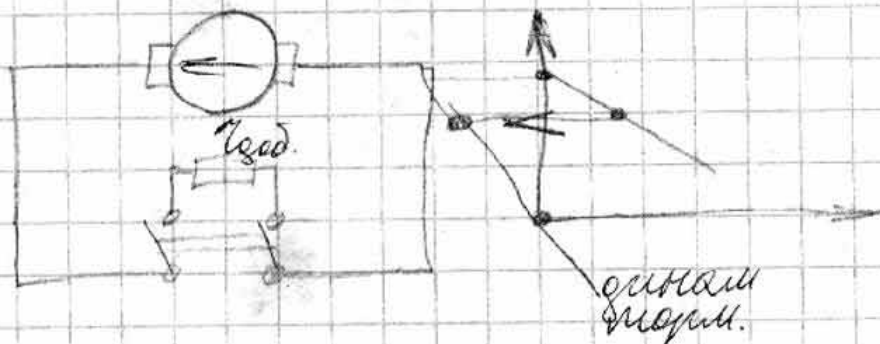
$$E_d > U, I_d = \frac{U - E_d}{r_d} < 0$$

Два стабов генерат.

2) Режим торможения противостоит

$$M_{эм} = M_e \rightarrow n = 0, M_e > M_n \rightarrow n < 0$$

3) Динамич. торможение (двухстабово вкл-м, вращ. по инерции)



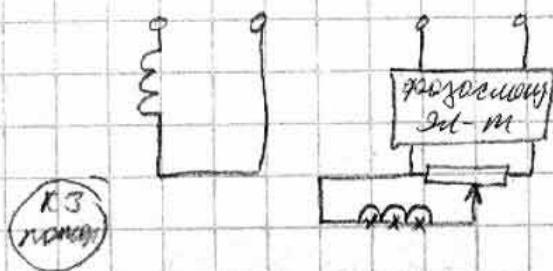
$$n = \frac{I}{k_e \Phi} - \frac{M r_g}{k_e \Phi k_m \Phi}$$

15.12.04

Двухстабовый исполнительный асинхронный двигатель с полым ротором.

Левым. безпродейств.

{ Что такое обмот. управление ? }

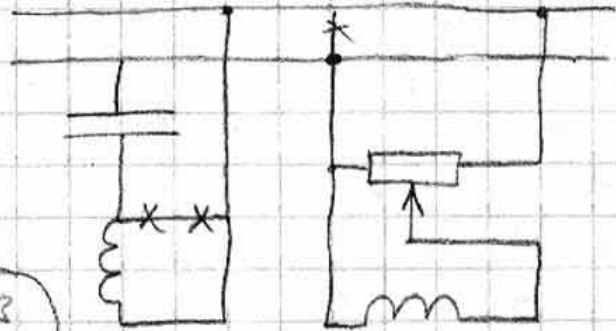
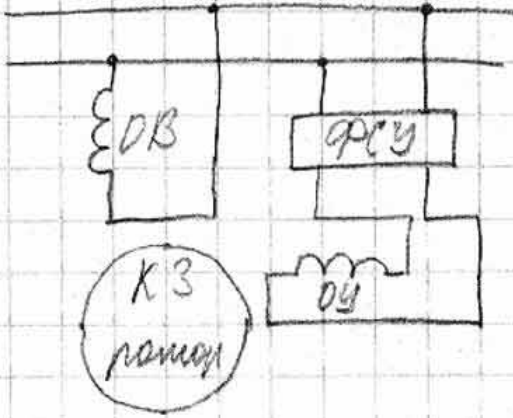
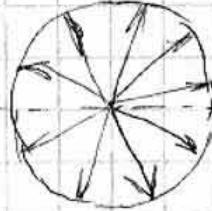


$0 \leq U_y \leq U_{ум}$ - амплитудное управ-е АД

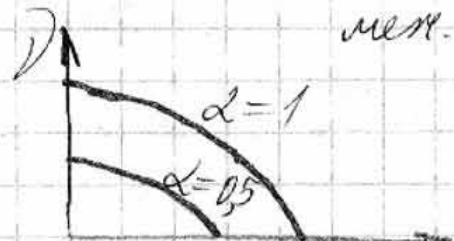
$U_y = 0 \rightarrow$ ПМП - нулевая малым поле

$U_y = U_{ум} \rightarrow$ КВМП - крутов вращ. мал. поле

ПМТ — ЭВМТ — КВМТ

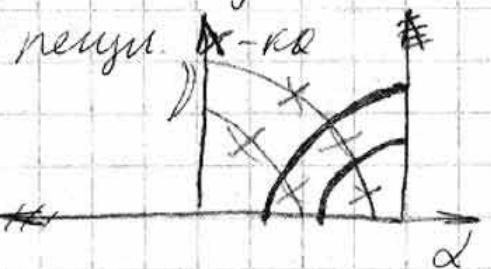


Амплитудно фазовое управление
мет. к-ка

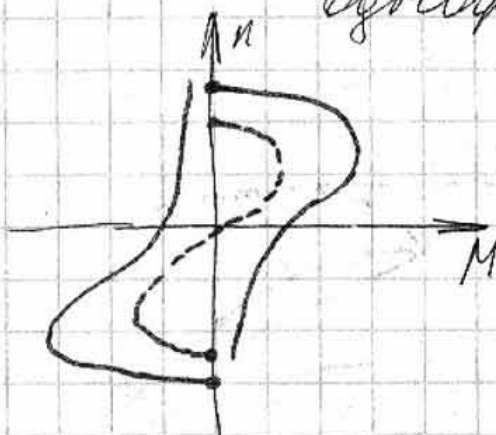


$$\lambda = \frac{n}{n_0}; \quad m = \frac{M}{M_{ПТ}}$$

$$\alpha = \frac{U_y}{U_{yM}}$$



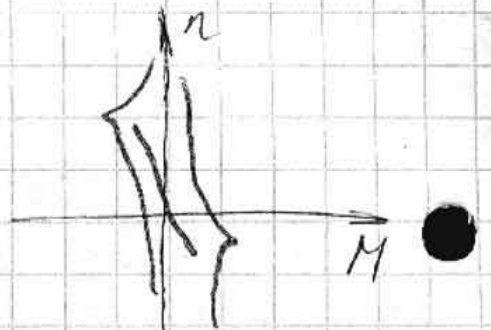
Одноконтурный АД.



Сам замкнутый не может

Дви. разбив полого пологий момент.

Ари болыш сымр. ромора:



Асимметрич. токкер-меромор.



Симметрич. машины.

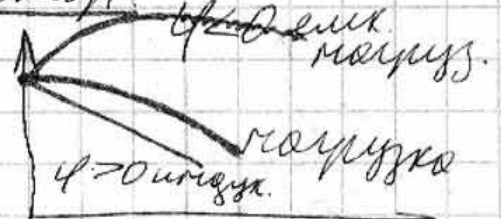
Уотр - во:

Обмотка - трик фазная
 Ботер - индуктор с обмот. приемлет.
 лова (имеет коммачн. кольца со
 щетк.
 Ботер с нель рьч. ^{то} ~~полн~~ ~~на~~ ~~п~~ ~~а~~ ~~т~~ ~~р~~ ~~е~~.

Статор. ~~пре~~ ~~т~~ ~~р~~ ~~е~~ ~~р~~ ~~е~~ ~~р~~ ~~е~~

Симмр. генератор

Генерир. 3-х фаз. ток.

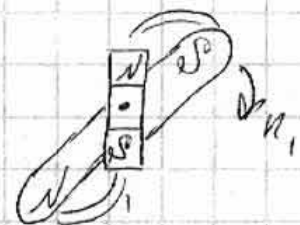


Принцип действия АД.

К ротору - поем. магн.
 К статору - пережар. магн.

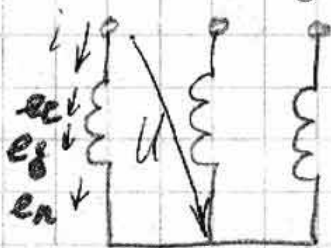
В момент ссз. К В МП
 Это ускор. магн. поле ротора

Если $\theta = 0$, то $M = 0$



θ - угол рассогласования

Выведем уравнение р-ку:



$$U = i r - e_c - e_b - e_n$$

$$-\frac{d\psi_c}{dt} = e_c - \text{ЭДС от потока статора}$$

$$\psi_c = \Phi_0 \cdot W = L_c \cdot i$$

$$e_c = -L_c \frac{di}{dt}; \quad e_b = -\frac{d\psi_b}{dt} - \text{ЭДС рассеяния от потока ротора}$$

e_n - ЭДС от потока индуктора

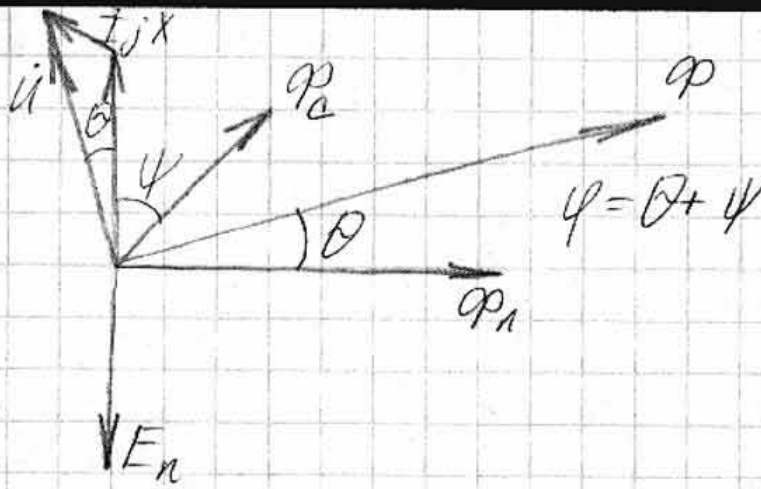
В компл. обл - ми:

$$\dot{U} = I r + I j \omega L_c + I j \omega L_b - E_n$$

$$r \approx 0; \quad \omega L_c = X_c, \quad \omega L_b = X_b; \quad X_c + X_b = X - \text{ре-$$

актив. суммар. сопр. среды статора

В Д магн.



$$I_d = I \sin \psi$$

$$I_q = I \cos \psi$$

$$I_q X_q = U \sin \theta$$

$$I_q = \frac{U \sin \theta}{X_q}$$

$$I_d X_d = U \cos \theta - E_n, \quad I_d = \frac{U \cos \theta - E_n}{X_d}$$

$$P = 3UI \cos \varphi = M \omega_1, \quad M = \frac{3UI \cos \varphi}{\omega_1} = \frac{3U}{\omega_1} I \cos(\psi + \theta) =$$

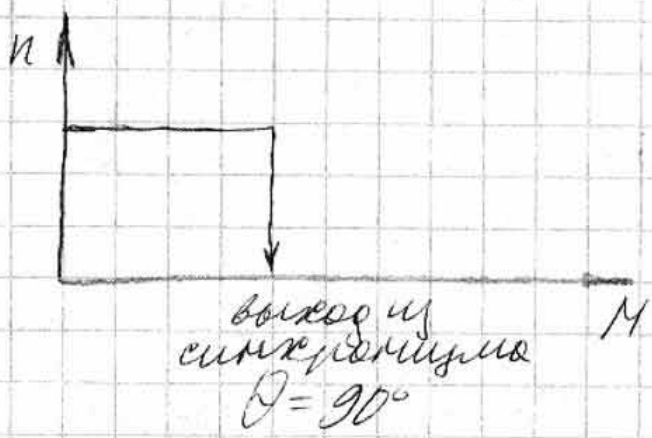
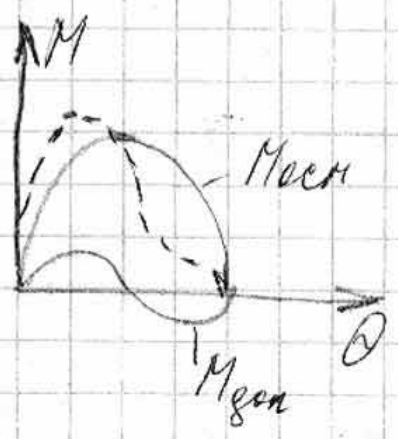
$$= \frac{3U}{\omega_1} I (\cos \psi \cos \theta + \sin \psi \sin \theta) = \frac{3U}{\omega_1} I \cos \psi \cos \theta + \frac{3U}{\omega_1} I \sin \psi \sin \theta$$

$$\times \left(\frac{U \sin \theta}{X_q} \cos \theta - \frac{U \cos \theta - E_n \sin \theta}{X_d} \right) =$$

$$= \frac{3U}{\omega_1} \left(\frac{U \sin 2\theta}{2X_q} - \frac{U \sin 2\theta}{2X_d} + \frac{E_n \sin \theta}{X_d} \right)$$

$$M = \frac{3UE_n}{\omega_1 X_d} \sin \theta + 3 \frac{U^2}{2} \sin 2\theta \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right)$$

$$X_q < X_d$$



Агрегат работает в режиме самовозбуждения. Максимальная мощность достигается при $\theta = 90^\circ$. В этом режиме ток возбуждения должен быть равен нулю, т.к. синхронизм достигается за счет реактивной мощности.