

ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

“Электротехника ва мехатроника” кафедраси

“Электротехника ва электроника асослари” фанидан

ТАҚДИМОТ

Мавзу: ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

Тошкент -2020

МАВЗУ РЕЖАСИ:

1. Ўзгармас ток машиналарини ишлаш принципи.
2. Ўзгармас ток электр машинасининг қўзғатиш усуллари.
3. Ўзгармас ток машинасининг магнит занжири.
4. Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси.
5. Ўзгармас ток машинасининг электр юритувчи токи.
6. Ўзгармас ток машиналарида коммутация.
7. Ўзгармас ток мотори ва уни ишга тушириш.
8. Параллел қўзғатиладиган ўзгармас ток мотори.

ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

Ўзгармас ток машиналари (ЎТМ) генератор ва электр мотор сифатида ҳам фойдаланилади.

Ўзгармас ток моторлари (ЎТМ) кўпроқ қуйида қўлланилади:

- Ватт ларнинг улушидан (автоматика ва ҳисоблаш қурилмаларида) бир неча киловатт гача (прокат станлар электр юритмасида, шахта кўтаргичлар ва ҳокозо);
- Ўзгармас ток мотори *кўтариш воситалари* (кран моторлари) ва *транспорт воситаларида* (тортувчи моторлар) кенг фойдаланилади

ЎТМ нинг ўзгарувчан ток коллекторсиз моторлар билан солиштирилганда афзалликлари :

- яхши ишга тушириш ва ростлаш хусусиятлари;
- 3000 айл/мин дан ортиқ айланиш тезлигига эга бўлиш имконияти.

ЎТМ нинг асосий камчиликлари:

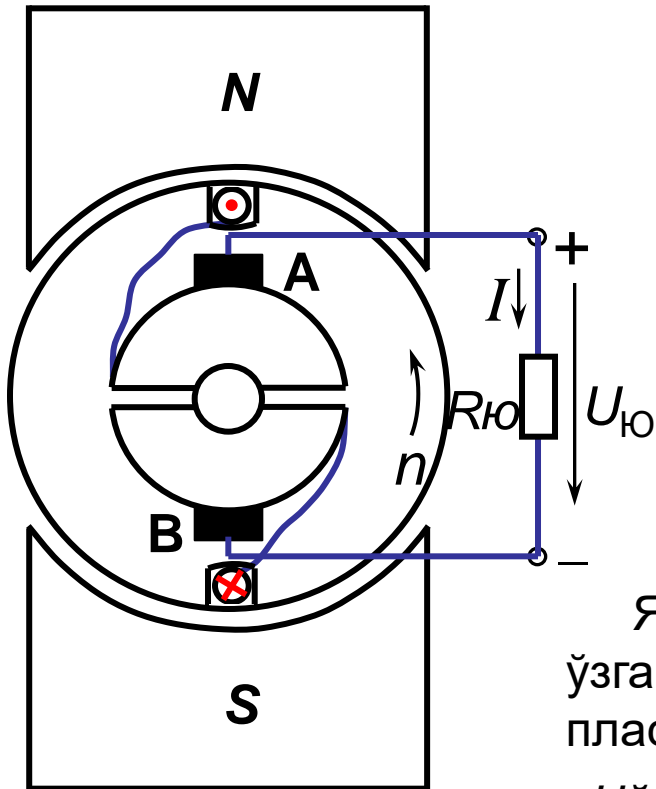
- нисбатан юқори нарҳ;
- тайёрлаш қийинчилиги;
- паст ишончлилиқ;
- радиопомех ва ёнғин ҳавфи мавжудлиги.

ЎТМ ларни барча камчиликлари обусловлены коллектор-чўтка узелларига эга бўлишига боғлиқдир. Бу эса фойдаланиш чегараланишини кўрсатади.

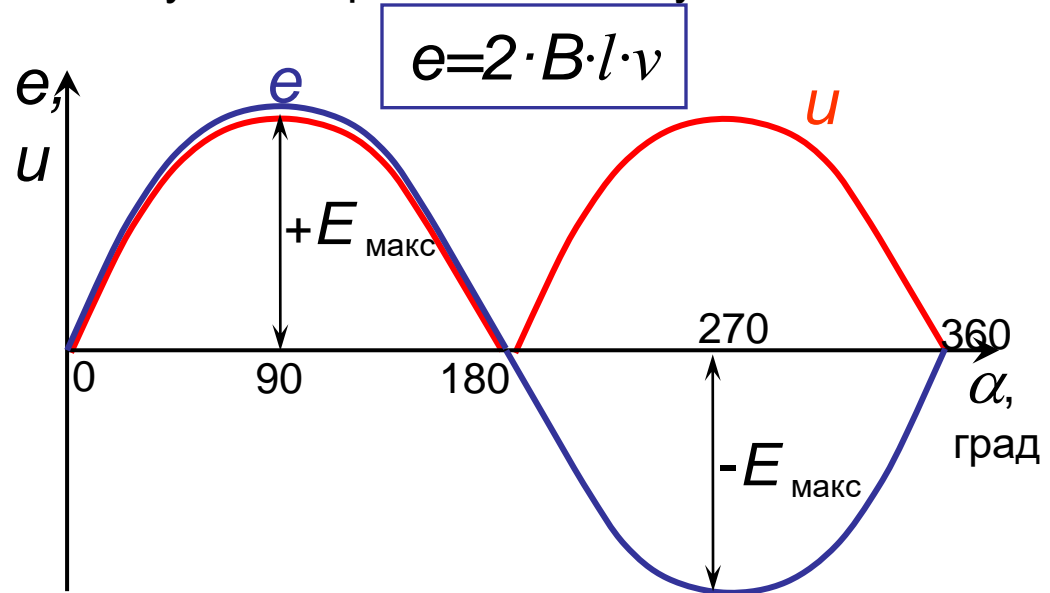
ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИНИ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Коллекторли ўТМашинасини характерли белгиси *коллектор-чўтка узели – ўзгарувчан токни ўзгармасга ёки аксинча механик ўзгарткичга эга бўлиши* ҳисобланади.

Ўзгармас ток генераторининг ишлаш принципи



Якорь айланганда якорь чулғамларида ЭЮК индукцияланади.

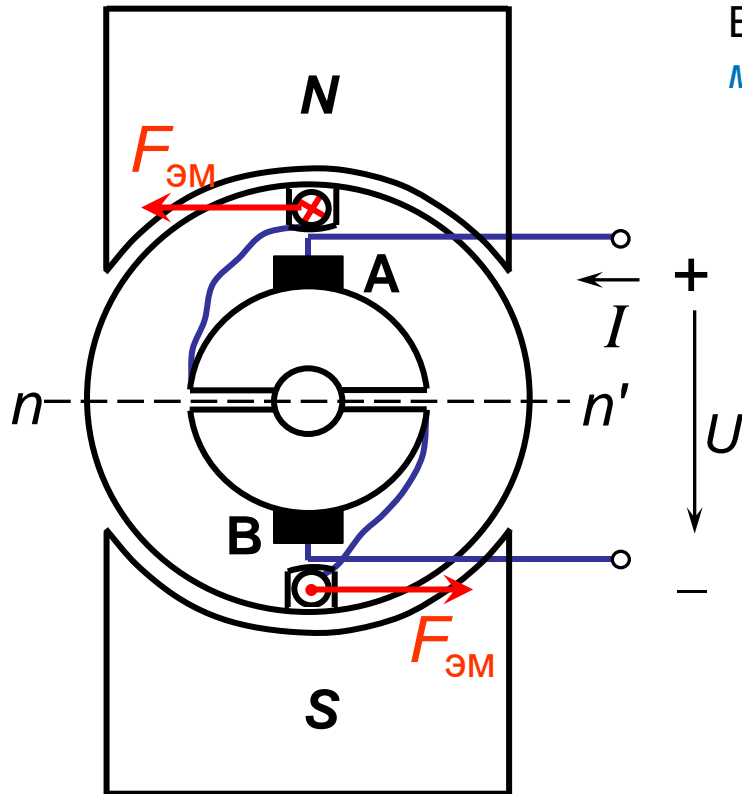


Якорь чулғамида ЭЮК ўзининг йўналишини ўзгартирса чўтка остидаги коллектор пластинкаларни алмашиши содир бўлади.

Чўтканинг қутби доим якорь чулғамининг ўрамини ҳолатидан қаятий назар ўзгармасдан қолади.

Ўзгармас ток моторининг ишлаш принципи

Ўзгармас ток машинанинг кўриб чиқилган соддалаштирилган моделини ўзгармас ток мотори сифатида ҳам фойдаланишимиз мумкин.



Бунинг учун R юкламани узиб ўзгармас ток манбасидан чўткага кучланиш берамиз.

I токни магнит майдон билан ўзаро таъсири натижасида $M_{эм}$ электромагнит момент ҳосил қилувчи электро-магнит кучлар $F_{эм}$ пайдо бўлади.

Бир вақтда ҳар бир ўтказгичнинг бошқа қутб зонасига ўтишида бу ўтказгичларида токнинг йўналиши ўзгаради.

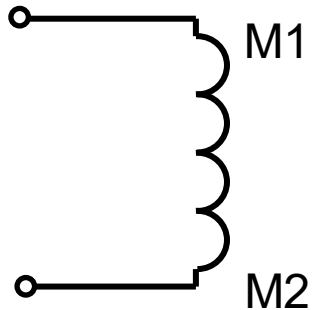
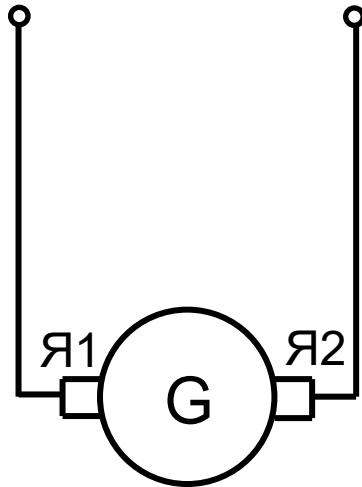
ЎТМоторида коллекторининг вазифаси – бир қутбдан бошқа қутб зонасига ўтганда якорь чулғами ўтказгичларида токнинг йўналишини алмаштиришдан иборат.

Якорь чулғам ўтказгичларининг геометрик нейтралдан n n' дан ўтганда электромагнит кучлар $F_{эм} = 0$ га тенг бўлади.

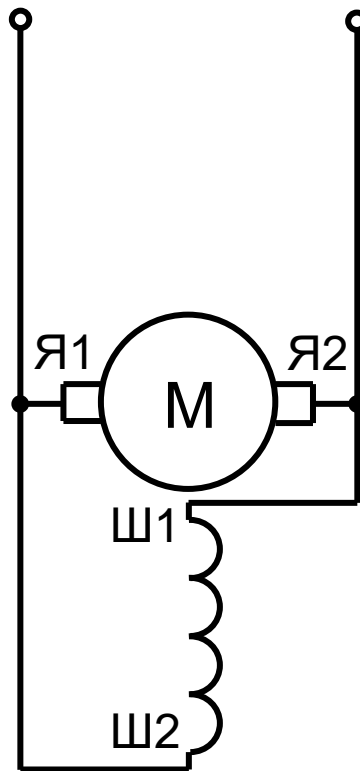
Якорь чулғамларида ўтказгичлар ва коллектор пластинкалар сонининг ошиши якорнинг айланиши барқарор ва текис бўлади.

Ўзгармас ток электр машинасининг қўзғатиш усуллари

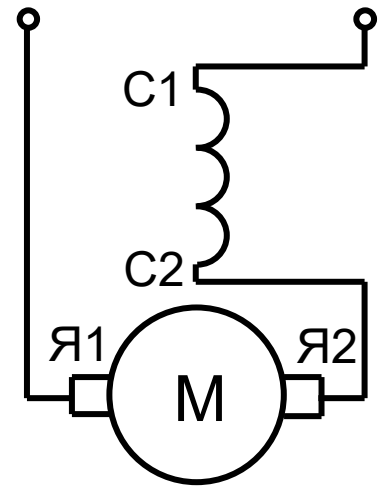
Ўзгармас ток машинасининг хусусияти асосан қўзғатиш чулғамларини уланиш усуллари ([қўзғатиш усуллари](#)) билан аниқланади.



Мустақил
қўзғатиладиган

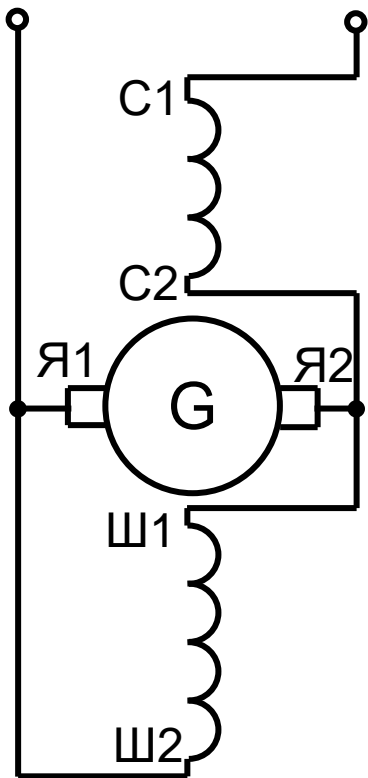


Параллел
қўзғатиладиган

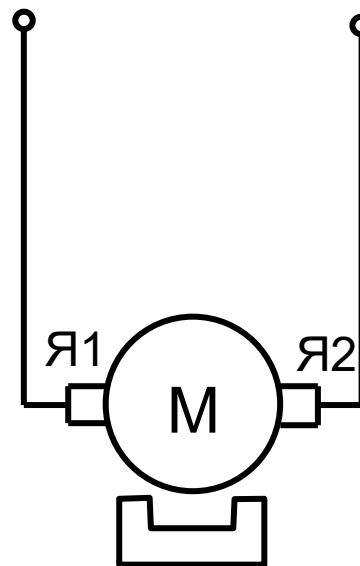


Кетма-кет
қўзғатиладиган

Ўзгармас ток электр машинасининг қўзғатиш усуллари

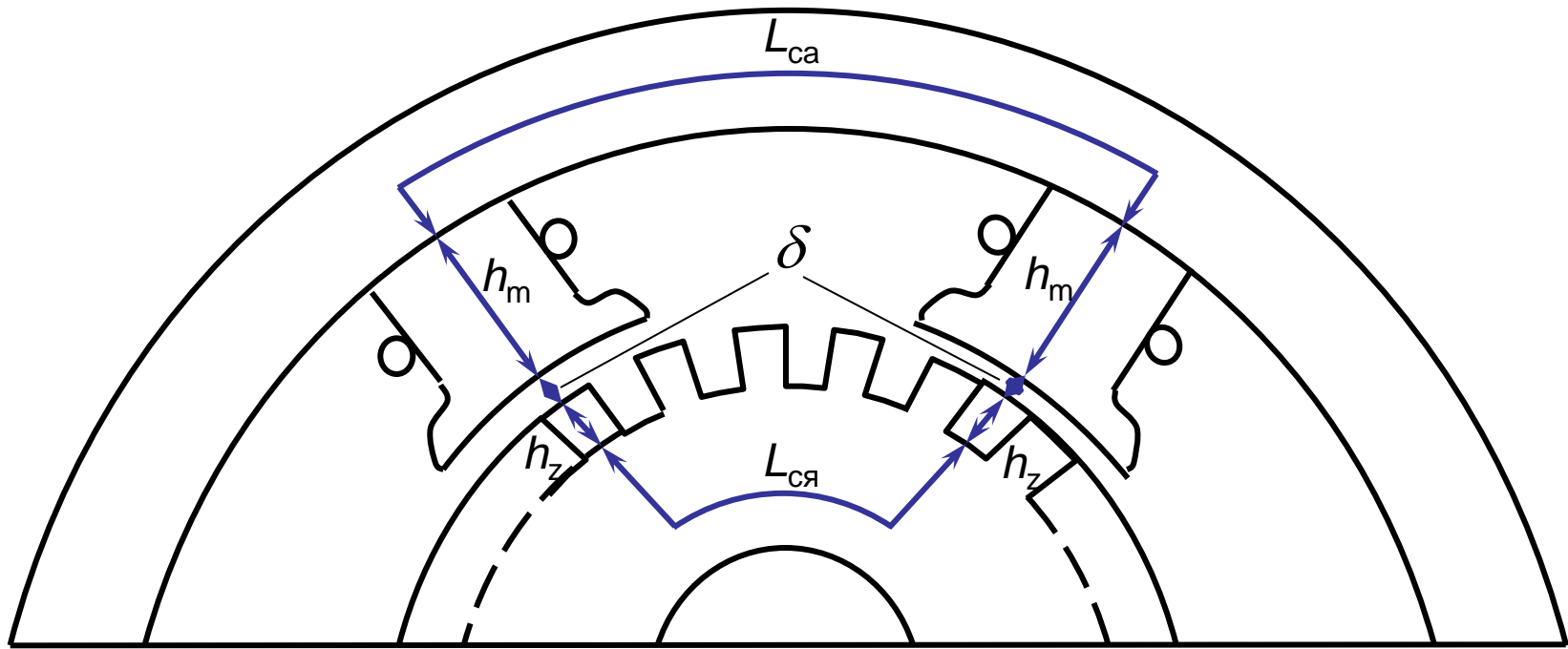


Аралаш
қўзғатиладиган



Доимий магнитли
қўзғатиладиган

Ўзгармас ток машинасининг магнит занжири



Салт юриш режимида қўзғатиш чулғамини МҮОК:

L_{ca} – статор (ярмо)

h_m – асосий қутб

δ – ҳаво бўшлиғи

h_z – паз тиш қатлами

L_{cj} – спинка якоря

$$F_{\text{ҚЧ}} = 2F_{\delta} + 2F_z + 2F_m + F_a + F_{\text{я}}$$

F_{δ} – ҳаво оралиғининг магнит кучланиши

F_z – якорь тиш қатламини магнит кучланиши

F_m – асосий қутб магнит кучланиши

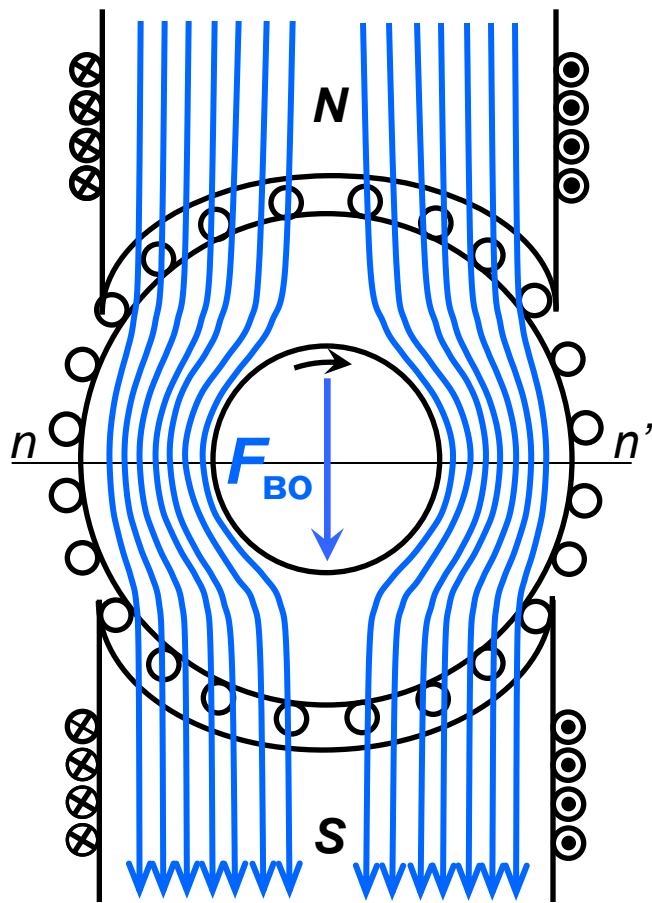
F_a – станина (ярмо) магнит кучланиши

$F_{\text{я}}$ – жуфт қутбларига тўғри келадиган магнит кучланиши

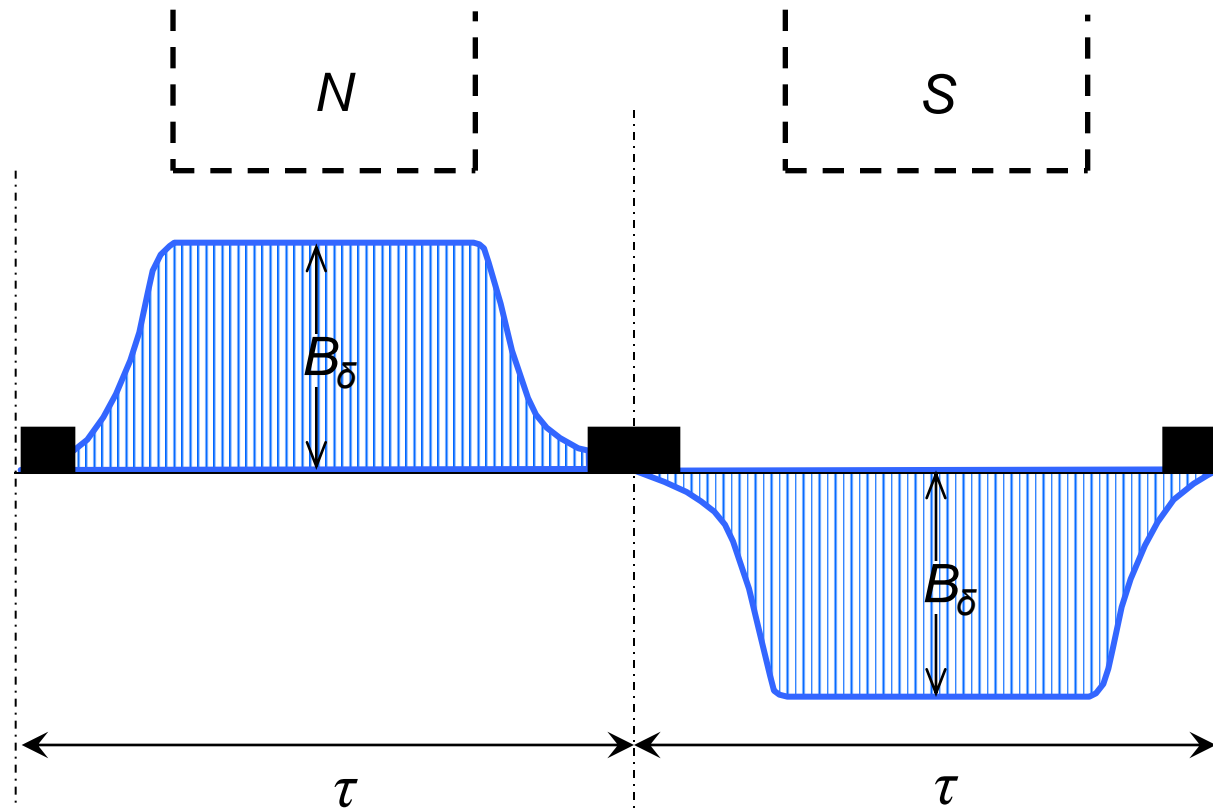
Энг катта магнит қаршилик ҳаво оралиғида δ эга бўлади, шунинг учун магнит кучланиш F_{δ} , $F_{\text{ҚЧ}}$ нинг бошқа қўшилувчиларга нисбатан анча каттадир.

Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси

Салт ишлаш режимида $I_{я}=0$ ва машинада ҳеч бўлмаса қўзғатиш чулғами $F_{қч}$ МЮК ишлайди.



$$I_{я}=0$$

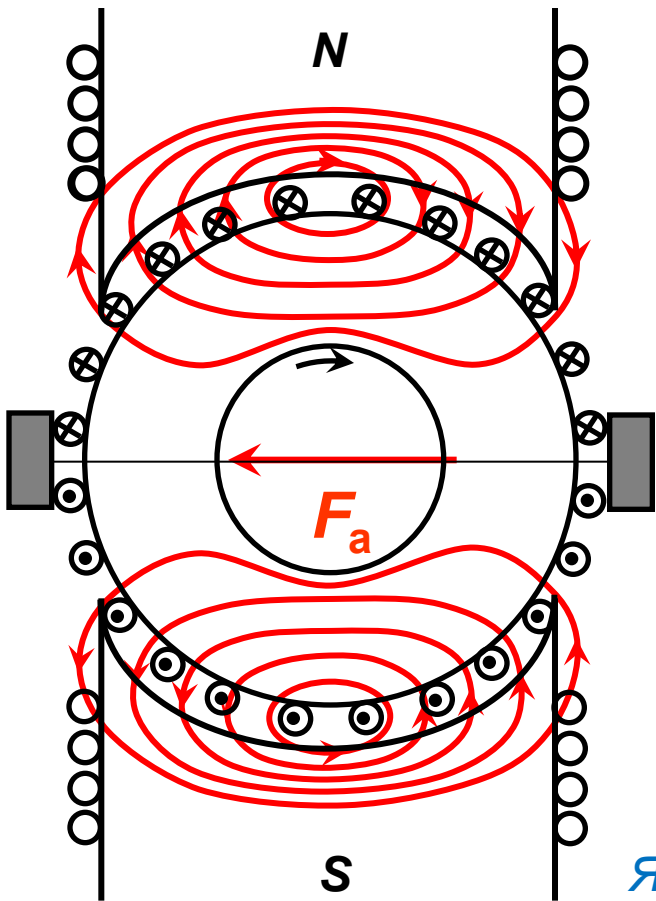


Бу ҳолатда магнит майдон қутблар ўқиға ўқиға симметрикдир.

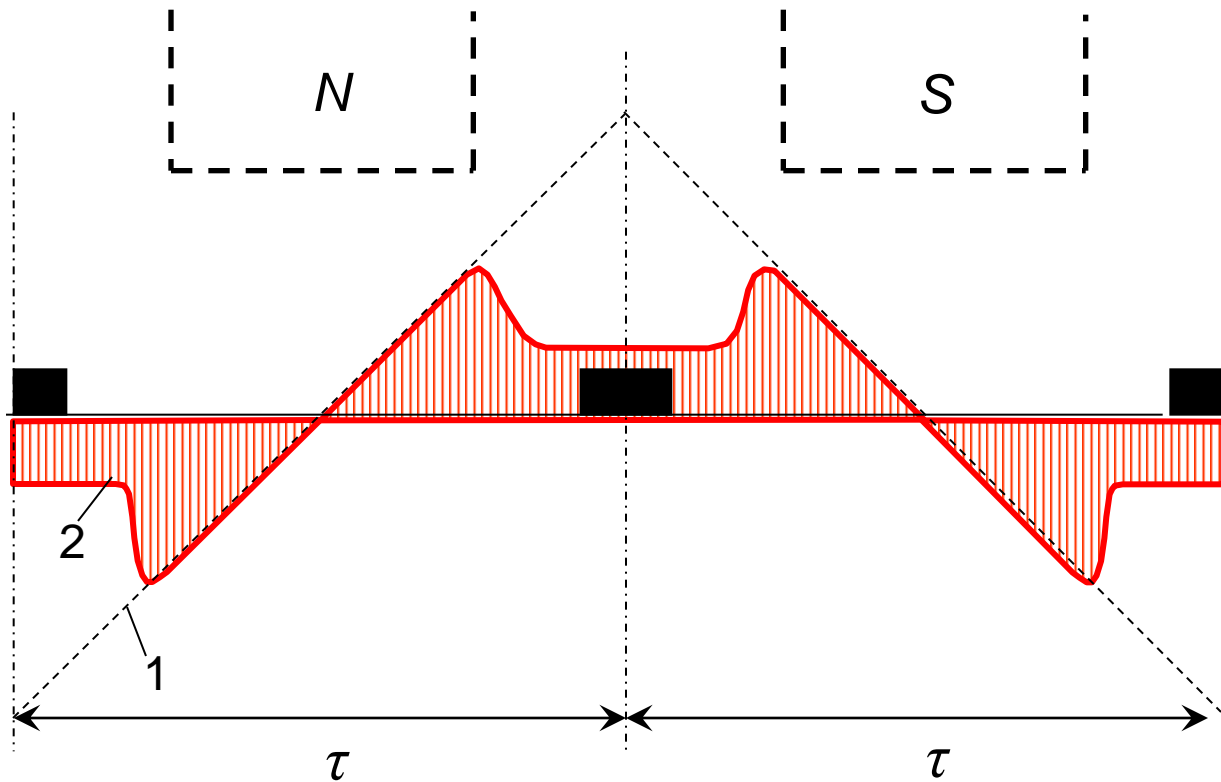
Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси

Агар машина юкланса, унда якорь чулғамида ток $I_{я}$ пайдо бўлади ва ток якорь МЮК си F_a ни ҳосил қилади.

Қўзғатиш чулғами МЮК си $F_{кч}=0$ деб тассавур қилсак, унда якорь МЮК F_a сини магнит майдони қуйидаги кўринишга эга бўлади:



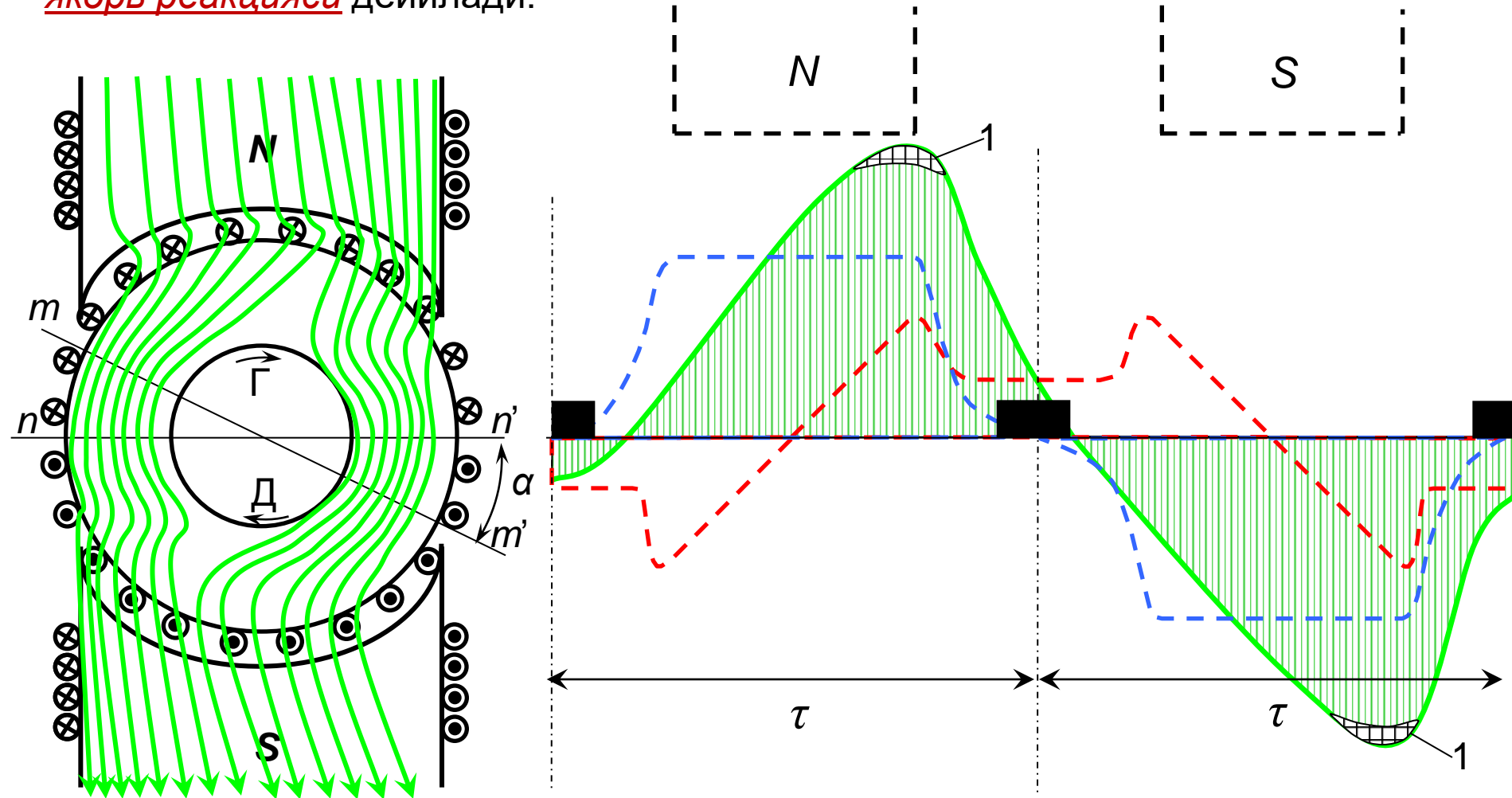
$$I_{кч}=0$$



Якорь МЮК сини фазовий ҳолати F_a чўтканинг ҳолати билан аниқланади ва якорнинг айланишида ўзгармасдан қолади.

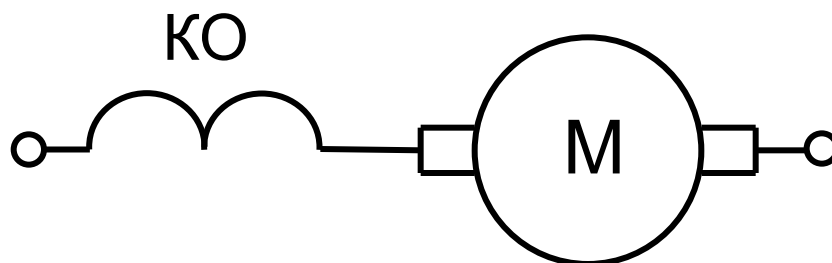
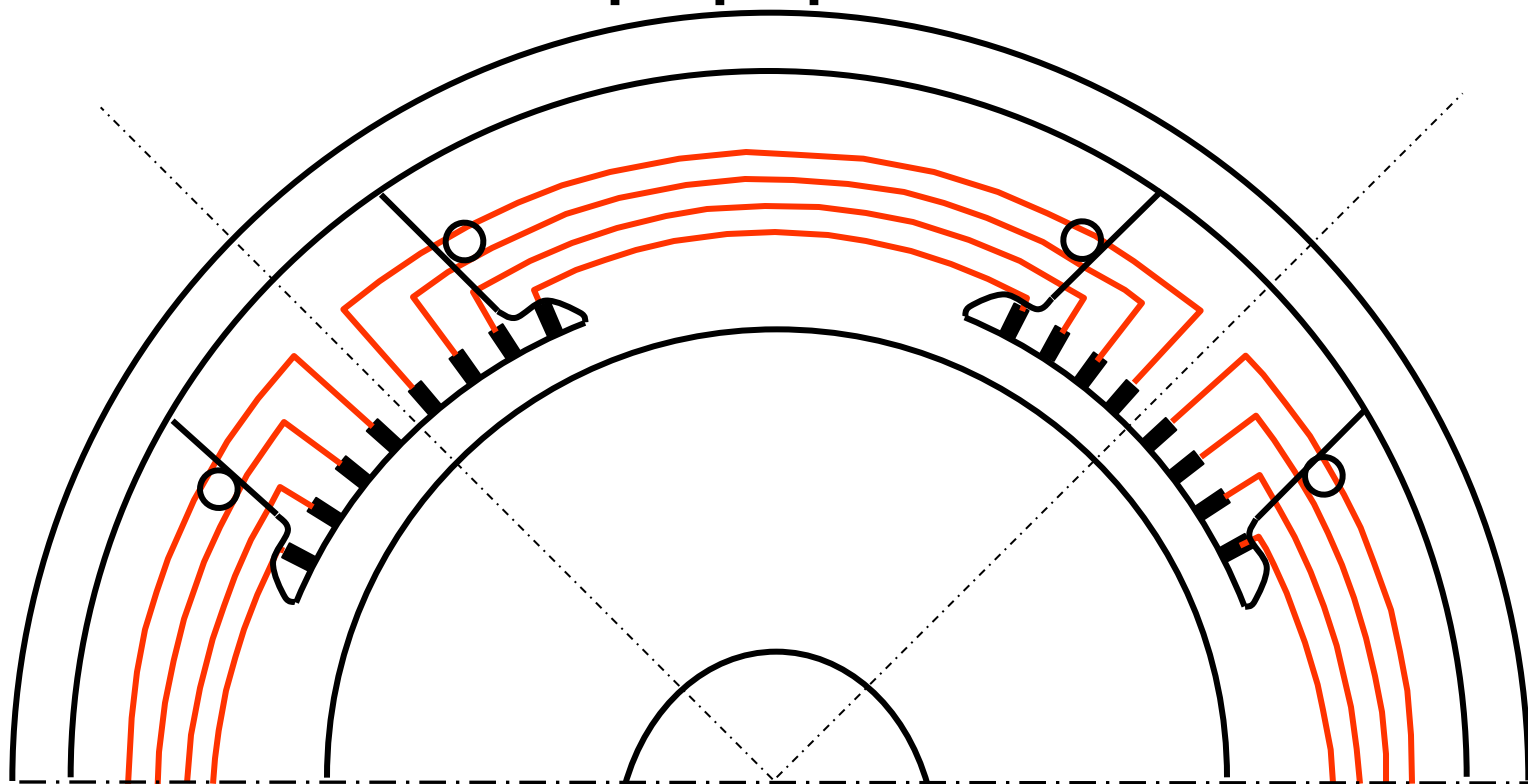
Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси

Машинанинг магнит майдонига якорь чулғамининг МЮК сини таъсири якорь реакцияси дейилади.



Якорь реакцияси машинанинг магнит майдонини бузади, қутблар ўқиға нисбатан носимметрик қилиб қўяди.

Якорь реакциясининг зарарли таъсирини бартараф этиш



Ўзгармас ток машинасини якорь чулғами

Асосий тушунчалар

Қутб бўлиниши

$$\tau = \frac{\pi D_a}{2p}$$

Параметры обмотки якоря:

S – секциялар сони;

Z – пазлар сони (реал);

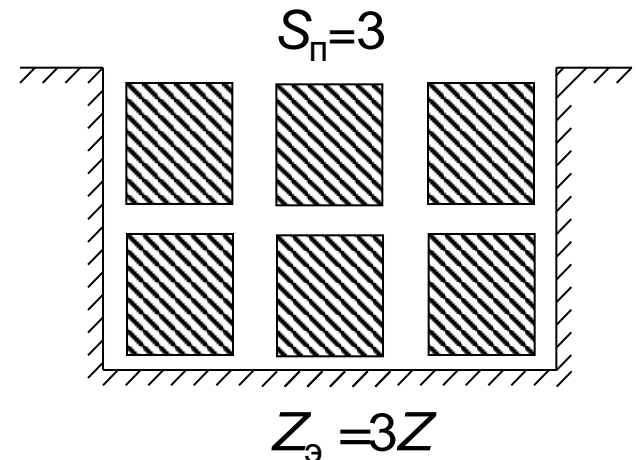
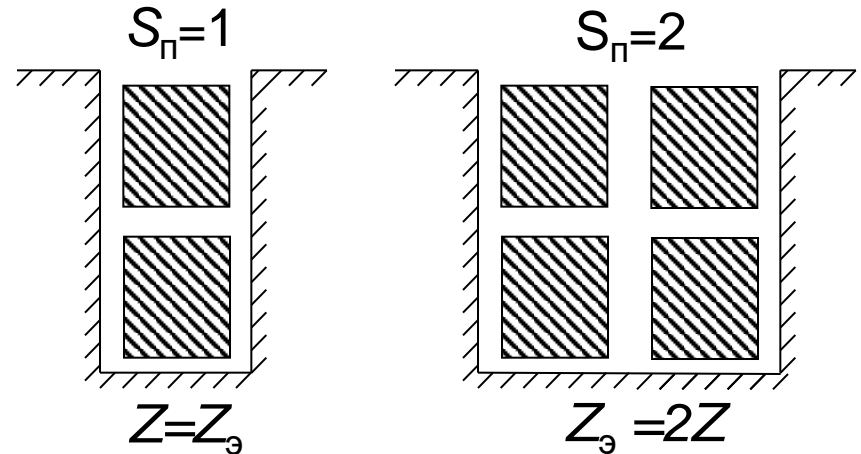
$S_p = S/Z$ – битта пазга тўғри келувчи секциялар сони;

$$S = Z_p = K$$

бунда Z_p – элементар пазлар сони;

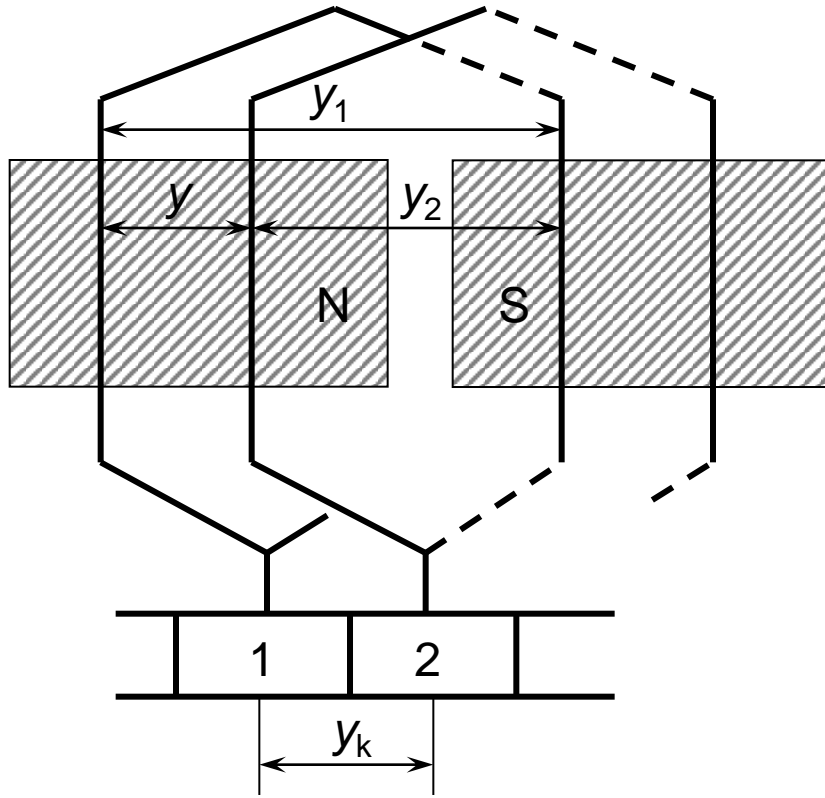
K – коллектор пластинкалар сони.

ЎТМда *икки қатламли якорь чулғами* дан фойдаланилади.



Якорнинг сиртмоқли чулғами

Ўнг томон юришли



y_1 – якорь бўйича биринчи қисмий қадами;

y_2 – якорь бўйича иккинчи қисмий қадами;

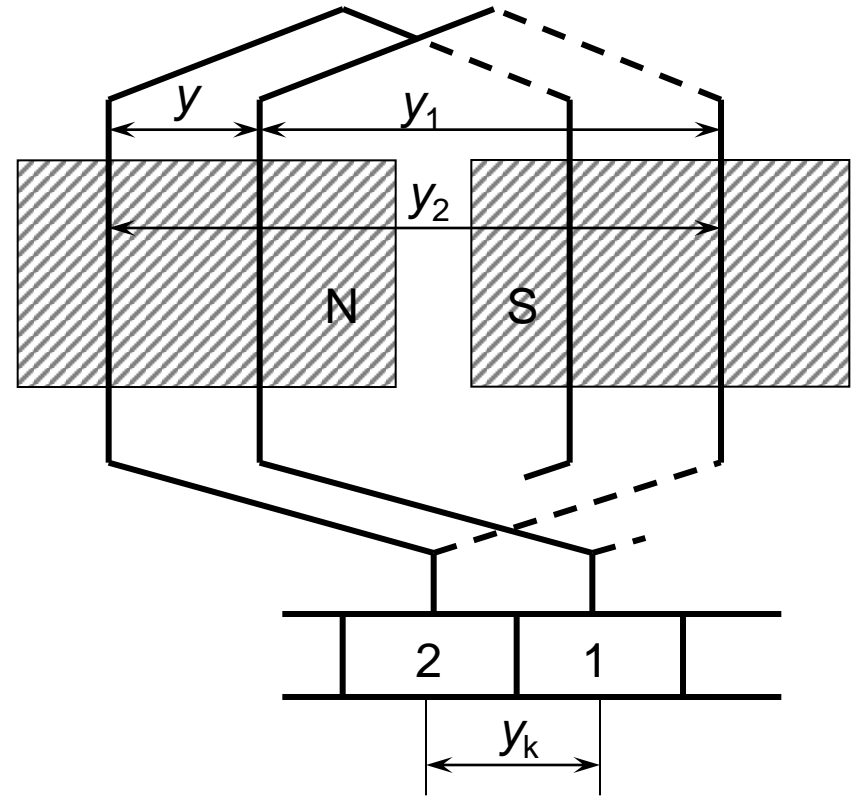
y – якорь бўйича натижавий қадами;

y_k – коллектор бўйича чулғам қадами;

$$y = y_1 - y_2$$

$$y_1 = [Z_p / (2p)] \pm \varepsilon$$

Чап томон юришли



$$y = y_2 - y_1$$

$$y = y_k = \pm 1$$

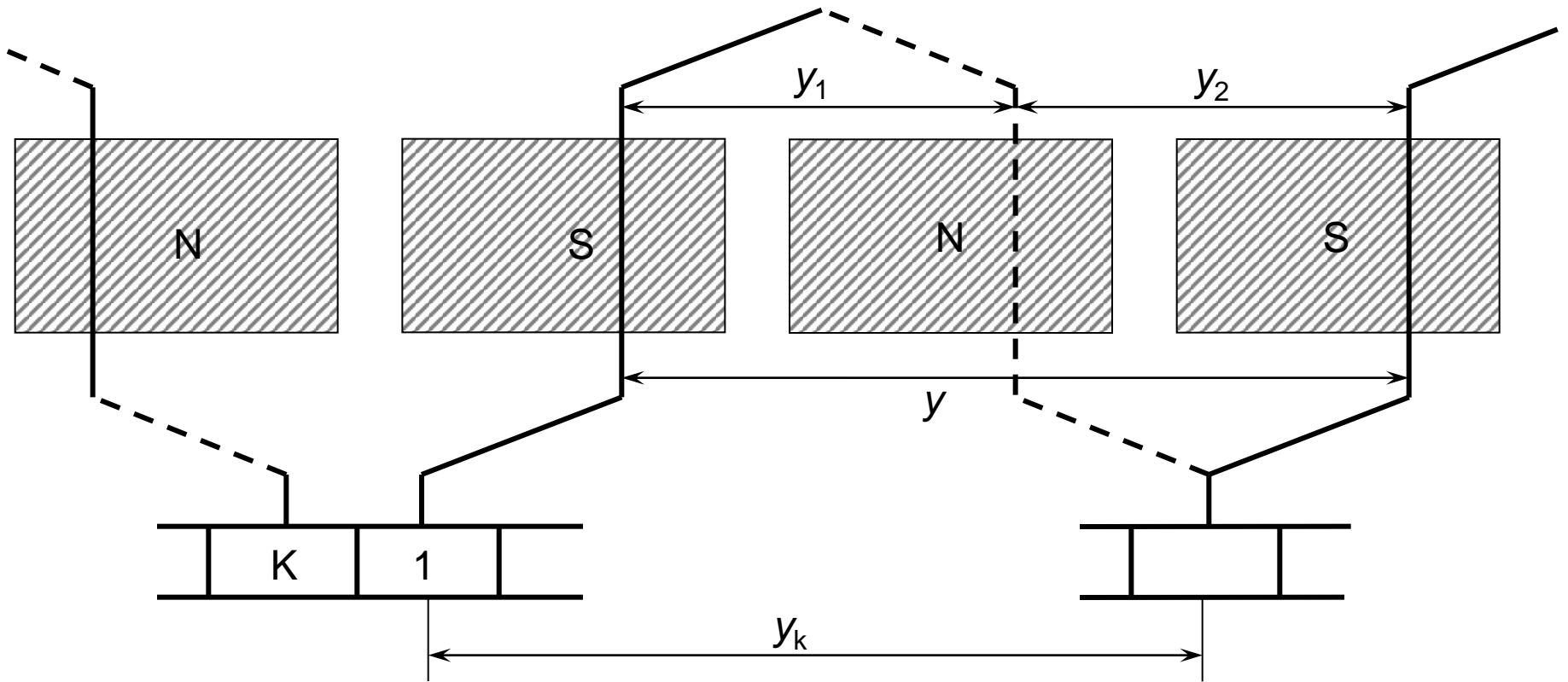
бунда «+» - чулғамни ўнг томон юришли;

«-» - чулғамни чап томон юришли

$$y_2 = y_1 \pm y = y_1 \pm 1$$

Якорнинг тўлқинли чулғамли

Чап юришли

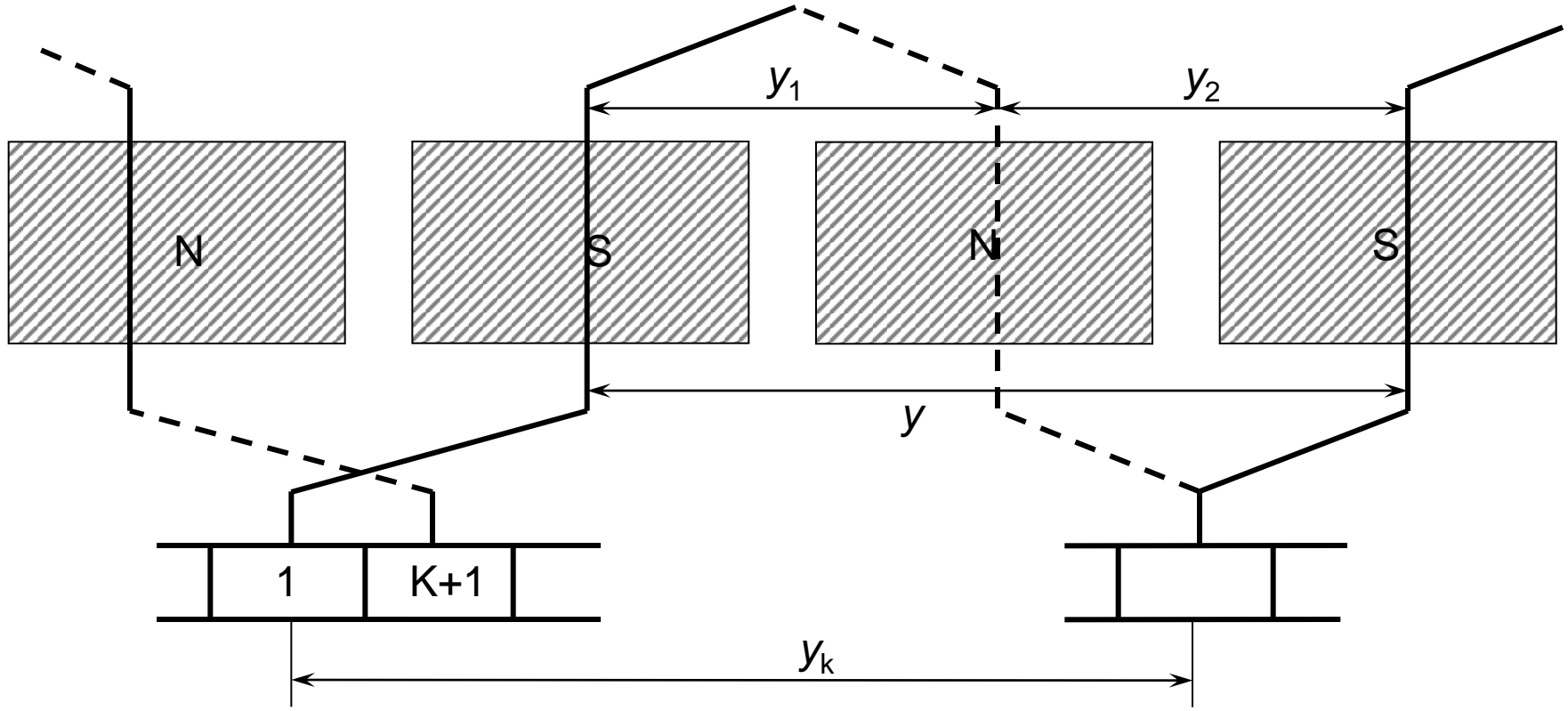


$y_2 = y - y_1$ – чулғамни биринчи қисмий қадами

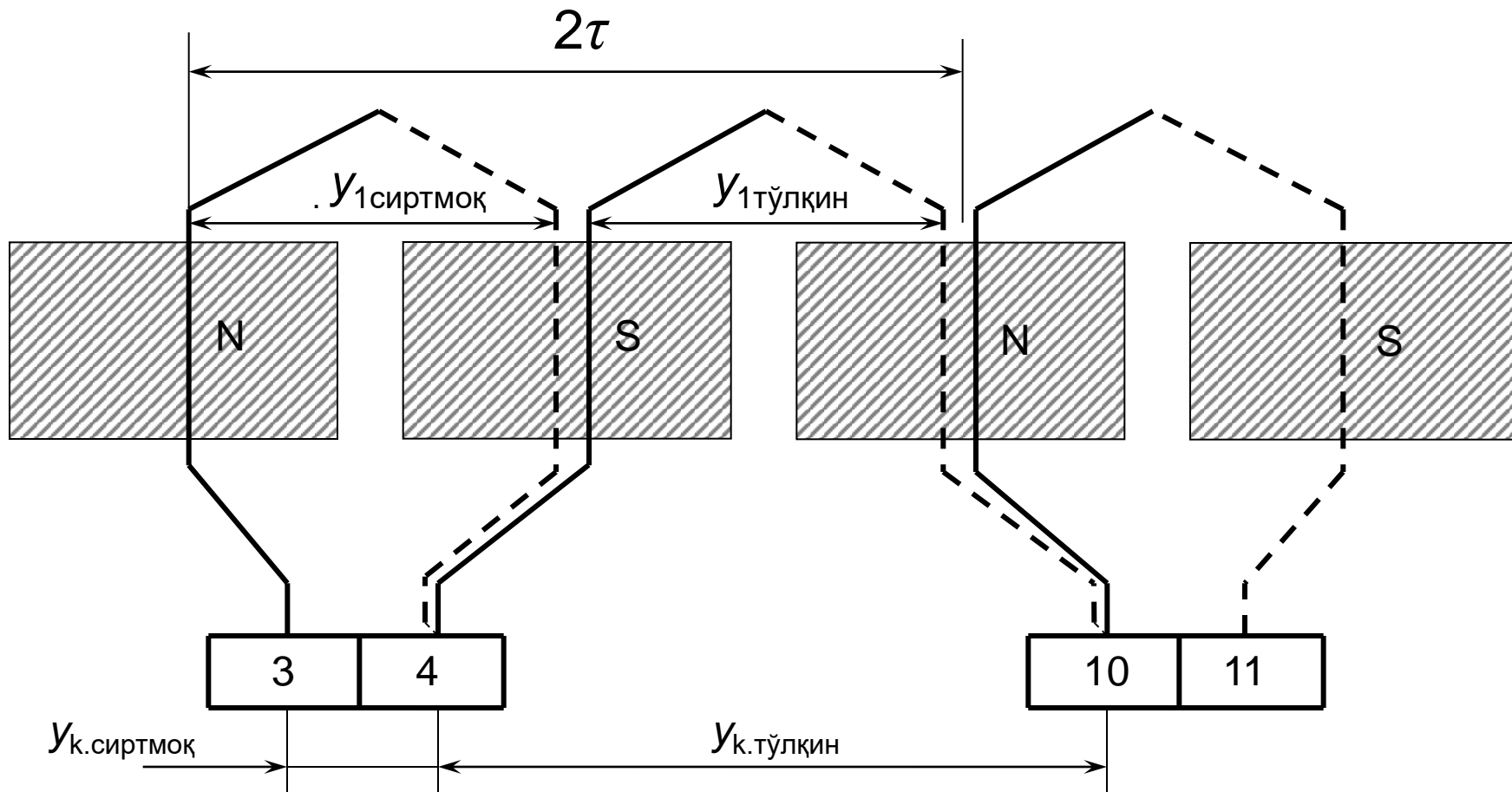
$y = y_k = (K \pm 1) / p$, - коллектор бўйича чулғам қадами
бунда «+» - ўнг юришли чулғам;
«-» - чап юришли чулғам.

Якорнинг тўлқинли чулғами

Ўнг юришли



Якорни комбинацияланган чулғами



$$y_1 = y_{1\text{тұлқин}} + y_{1\text{сиртмоқ}}$$

Ўзгармас ток машинасининг электр юритувчи токи

$$E_a = E_{\text{пр}} \cdot [N / 2a] ,$$

бунда N – паз ўтказгичлар сони; $2a$ –параллел тармоқлар сони.

$$E_{\text{пр}} = B_{\delta} \cdot l_i \cdot v \quad \text{- актив узунлиги } l_i \text{ бўлган битта паз ўтказгичнинг ЭЮК}$$

$$v = \pi D_a n / 60 = 2p\tau n / 60 \quad \text{бунда } \pi D_a = 2p\tau$$

$$E_a = B_{\delta} l_i \tau (2pn / 60) [N / 2a]$$

$$\text{ёки ҳисобга олиб} \quad B_{\delta} l_i \tau a_i = \Phi$$

$$E_a = [pN / (60a)] \Phi n = C_e \Phi n,$$

бунда $C_e = pN / (60a)$ - берилган машина учун доимий

Ўзгармас ток машинасининг электромагнит моменти

$$F_{\text{ЭМ}} = B_{\delta} l_i i_a \quad \text{- Электромагнит кучи}$$

$$M = F_{\text{ЭМ}} N (D_a / 2) \quad \text{- электромагнит моменти}$$

бунда $D_a/2$ – якорь ўзагининг радиуси

$$M = B_{\delta} l_i [I_a / 2a] N (D_a / 2)$$

бунда $I_a/2a = i_a$ – параллел тармоқлар токи

$$M = \left[pN / (2\pi a) \right] \Phi I_a = C_M \Phi I_a$$

бунда $C_M = \left[pN / (2\pi a) \right]$ - ЎТМ учун доимийлик

$$M = \left[60 / (2\pi n) \right] E_a I_a = 9.55 P_{\text{ЭМ}} / n = P_{\text{ЭМ}} / \omega$$

бунда $\omega = 2\pi n / 60$ - бурчак айланиш тезлиги

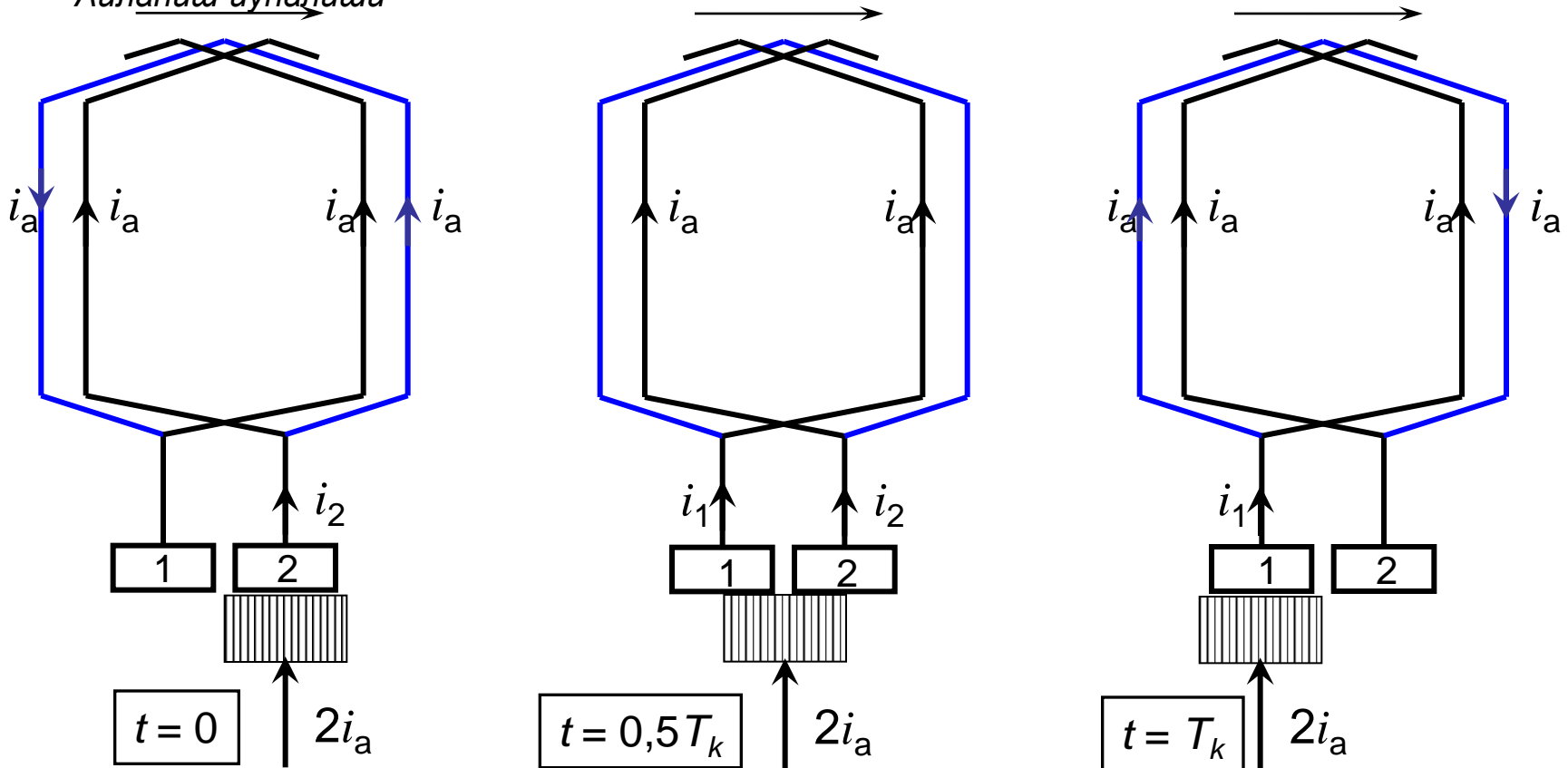
$P_{\text{ЭМ}} = E_a I_a$ - ўзгармас ток машинасининг электромагнит қуввати

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

ЎТМ якорь чулғами чўткалари билан иккига (тўлқин чулғамлари) ёки бир неча жуфт параллел чулғамларга бўлинади.

ЎТМ машинисининг ишлашида якорь чулғами кўзғалмас чўткаларга нисбатан айланади, шунинг учун якорь чулғами секциялари узлуксиз битта параллел тармоқлардан бошқасига ўтади.

Айланиш йўналиши



Секцияларни алмашининг жараёнида чўткалар қисқа туташади, **секция токи ўзининг йўналишини қарама қарши томонга ўзгартиради.**

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Битта параллел тармоқдан бошқасига якорь чулғамлар секциясининг алмашилиши ва қисқа туташган секциялардаги ходисасаларга уларни боғлиқ жараёни ўзгармас ток машинасининг коммутацияси дейилади.

Якорь чулғами секциясини чўтка билан қисқа туташган давомидаги вақт *коммутация даври T* дейилади.

Коммутация – бу кўп факторларга боғлиқ бўлган мураккаб жараён дур. Шунинг учун бу ҳодисанинг аниқ ва қаътий таҳлили жуда қийиндир.

Коммутациянинг бир нечта назариялари бир қатор тахминлар асосида соддалаштирилган таҳлиллар келтирилган:

- 1) Арнольдни коммутациянинг классик назарияси;
- 2) О.Г. Вегнерни кичик ток даражасини назарияси;
- 3) А.С. Курбасовни энергетик назарияси;
- 4) М.Ф. Карасевни оптимал коммутация назарияси.

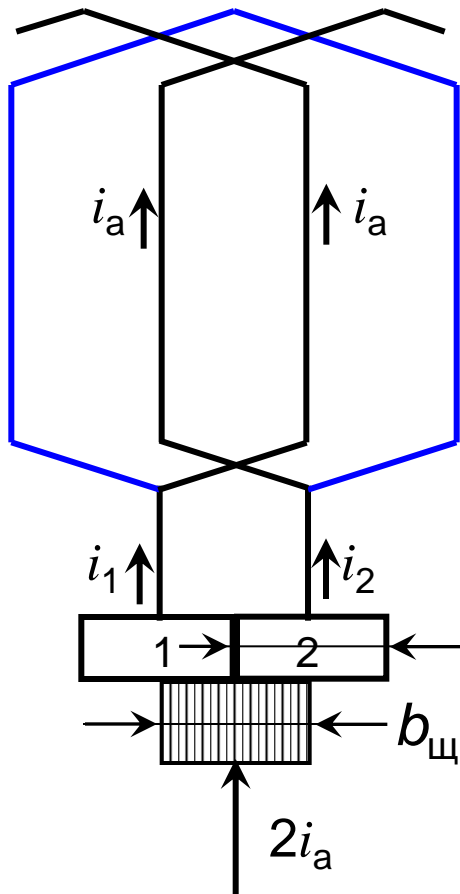
Коммутацияни классик назарияси

Унинг асосида қуйидагилар қўйилган:

- 1) Турли айланиш тезликларида тўла коллектор чўтка қурилмасини механик мукаммалиги;
- 2) Чўткалар ва коллекторларнинг орасидаги контактни солиштирма қаршилигини доимийлиги ва ва уни контактдаги ток зичлигига боғлиқлиги;
- 3) Коллектор пластинкалар орасидаги изоляциян прокладкаларни қалинлигини ҳисобга олинмайди.

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Тасаввур қиламиз: а) чўтка кенглиги $b_{\text{ч}}$ коллектор пластинкалар кенглигига $b_{\text{к}}$ тенг.



$$b_{\text{ч}} = b_{\text{к}};$$

б) қисқа туташган секцияларда индукцияланган ЭЮКлар йиғиндиси нолга тенг $\sum e = 0$.

Бунда қисқа туташган секцияда *токни ўзгариши* чўткалар ва коллектор пластинкалар орасидаги фақат *контакт қаршиликлари* билан аниқланади. Бундай ҳолат *коммутация қаршиликлари* ни номини кўрсатади.

Тасаввур қиламиз, секция коммутацияси $t = 0$ вақт онда бошланади, $t = T$ бўлганда тугайди.

Унда чўтканинг t вақт онда коллектор пластинкаларини қуйидаги уасткаларини кенглиги бўйлаб эгаллайди:

$$b_1 = v_{\text{к}} t; \quad b_2 = v_{\text{к}} (T - t).$$

бунда $v_{\text{к}}$ – коллекторнинг айланма тезлиги.

1 ва 2 чўтка билан ламелни тегиш майдони:

$$S_1 = b_1 l_{\text{ч}}; \quad S_2 = b_2 l_{\text{ч}}$$

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Чўтканинг узунлигини ҳисобга олиб $l_{\text{ч}} = S_{\text{ч}} / b_{\text{ч}}$ ва унинг кенглиги $b_{\text{ч}} = v_{\text{к}} T$ га эга бўламиз.

$$S_1 = S_{\text{щ}} t / T; \quad S_2 = S_{\text{щ}} (T - t) / T.$$

Контактнинг ўтиш қаршилиги контакт майдонига тескари пропорционалдир

$$r_1 = R_{\text{щ}} S_{\text{щ}} / S_1 = R_{\text{щ}} T / t,$$

$$r_2 = R_{\text{щ}} S_{\text{щ}} / S_2 = R_{\text{щ}} T / (T - t),$$

бунда $R_{\text{ч}}$ – чўтканинг ўтиш қатлами қаршилиги.

Қисқа туташган контур учун Кирхгофнинг қонунлари бўйича:

$$\sum e = i_2 r_2 - i_1 r_1 = 0, \quad (1)$$

$$\text{Тугунлар учун } i_1 = i_a - i_c, \quad i_2 = i_a + i_c. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсак

$$i_c = i_a \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2} = i_a \left(1 - \frac{2t}{T}\right).$$

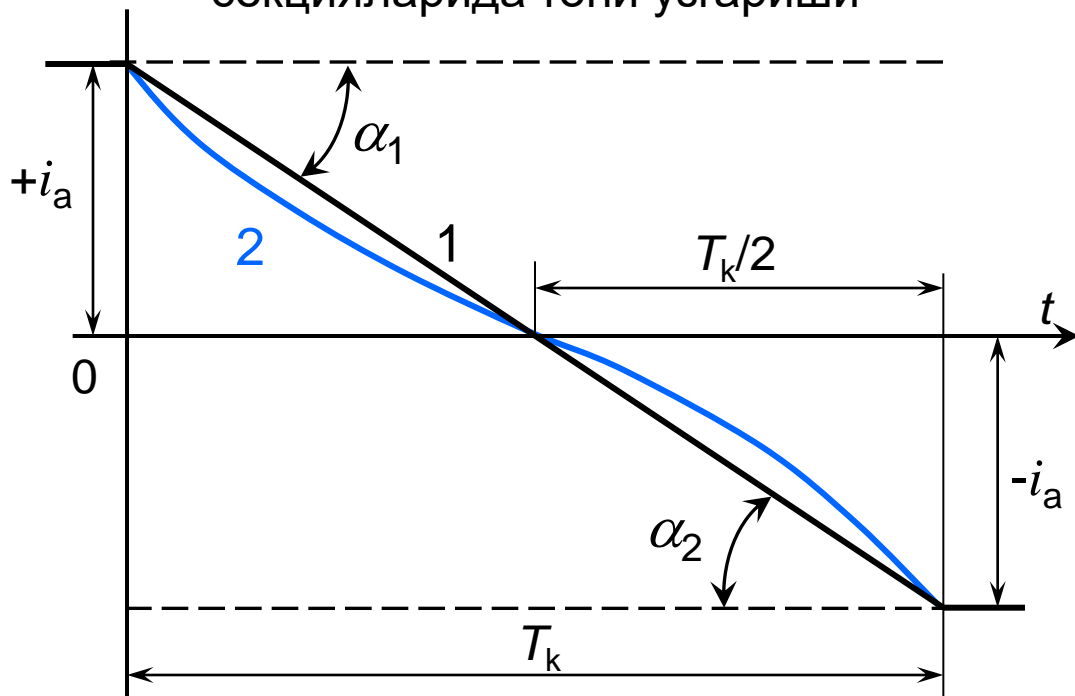
эга бўламиз.

Қисқа туташган секциядаги ток t га нисбатан чизиқли боғлиқ равишда ўзгаради.

Бундай коммутация тўғричизиқли дейилади.

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Коммутация жараёнида қисқа туташган секцияларида тони ўзгариши



Бунда чўтка остидаги ўртача ток зичлиги

$$j_{\text{ср}} = \frac{2i_a}{S_{\text{щ}}}$$

Чўтканинг *яқинлашаётган чети остида* ток зичлиги:

$$j_1 = \frac{2i_a}{S_{\text{щ}}} \text{tg} \alpha_1 = j_{\text{ср}} \text{tg} \alpha_1$$

Узоқлашаётган чети остида ток зичлиги:

$$j_2 = \frac{2i_a}{S_{\text{щ}}} \text{tg} \alpha_2 = j_{\text{ср}} \text{tg} \alpha_2$$

Тўғри чизикли коммутация бўлганда:

$$j_1 = j_2 = j_{\text{ср}} = \text{const}$$

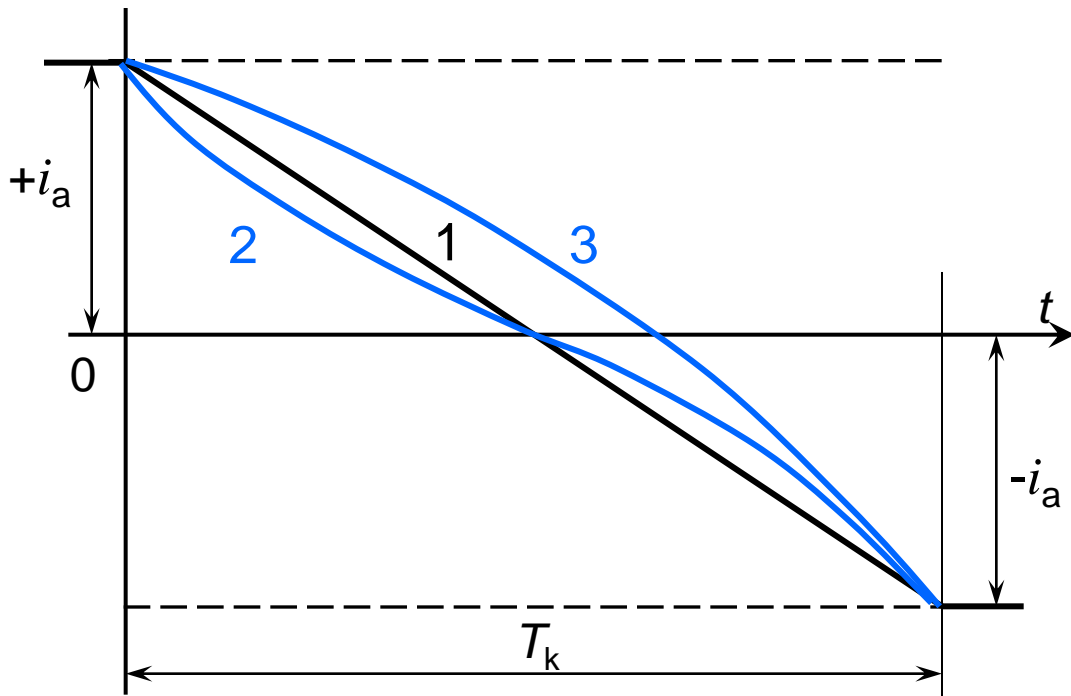
Уларгичлар ва секцияларнинг қаршиликларини ҳисобга олсак (2 эгри чизик)

$$i_c = i_a \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2 + R} = i_a \frac{1 - 2 \frac{t}{T}}{1 + \frac{R}{R_{\text{щ}}} \frac{t}{T} \left(1 - \frac{t}{T}\right)}$$

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Бундан ташқари:

1) Қисқа туташтирилган секцияларида коммутация жараёни ўзиндукция ЭЮК индукцияланади: $e_L = -L \frac{di}{dt}$ қайсики токни ўзгаришига тўсқинлик қилишига қаршилик кўрсатади.



Натижада секинлашган коммутация рўй беради (3 эгри чизик) – чўтканинг яқинлашаётган четидан ок зичлиги j_1 – камаяди, узоқлашаётган четидан эса j_2 – ошади.

2) Агар чўтка бир неча коллектор пластинкаларини эгаллаб олса, унда кўрилаётган секцияда умумий e_L ни кучайтирадиган ўзароиндукция ЭЮК e_M пайдо қилади.

3) Қисқа туташтирилган секцияда якорнинг айланиш пайтида ЭЮК e_k индукцияланади, секция ўтказгичлари ташқи магнит майдонда кесишганда, ҳам якорь реакцияси ва ҳам қўшимча қутблар ҳисобига коммутация зонасини ҳосил қилади.

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Айланувчи ЭЮК e_k Коммутация зонасида майдонни йўналишига боғлиқ равишда ўзининг ишорасини ўзгартириш мумкин.

Коммутация бўлган секциядаги ток:

$$i_c = i_a \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2} + \frac{e_L \pm e_k}{r_1 + r_2}$$

Бунда қуйидагича амалга оширилади:

4 – тезлаштирилган коммутация

$$e_k > e_L \quad (\text{турли ишоралар})$$

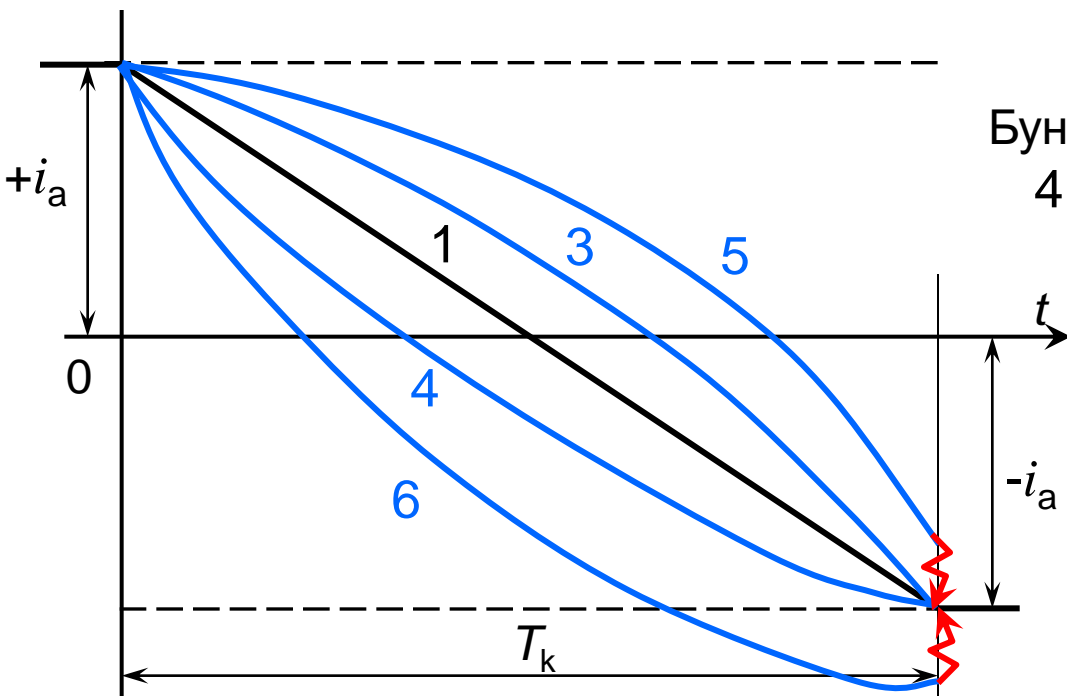
$$e_L - e_k < 0$$

5 – жуда секинлаштирилган коммутация

$$e_L + e_k \gg 0$$

6 – жуда тезлаштирилган коммутация

$$e_L - e_k \ll 0$$



Чўтканинг яқинлашаётган четидаги коммутация $j_2 = 0$ да қисқа туташтирилган секцияни контурнинг учқунсиз узилишини таъминлайди. Бунда j_1 оширилган қийматга эришади, аммо у маълум чегарада ҳавф кўрсатмайди, чунки контурнинг учқунсиз уланиши узилишдан кўра енгилроқ амалга оширилади.

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Оптимальная коммутация назарияси

Бу назарияга мувофиқ учқунсиз ишлаш учун *токсизлантирилган яқинлашувчи контакт*ни узилиш моментига эга бўлиши керак, яъни

$$i_c \rightarrow 0$$

ва

$$\frac{di_c}{dt} \rightarrow 0$$

Бунда чўтканинг яқинлашувчи чети катта ток зичлигида ишлайди ва $\Delta U = const$, га яқин (ВАХ) характеристикага эга бўлади, жуда кичик ток зичлигида ишлайдиган узоклашувчи чети эса $R_c = const$. га яқин ВАХ га эга бўлади. Оптимальная коммутация – бу нормал тезлаштирилган коммутациядир.

Учқун чиқиш сабаблари:

1) Электромагнит характерда – учқун агар қисқа туташтирилган секцияда узилиш онда e_L ва e_k таъсири натижасида электромагнит энергиянинг етарлича захирасига $Li_c^2 / 2$ эга бўлганда пайдо бўлади.

Бу энергиянинг разряди натижасида чўтканинг яқинлашаётган четида учқунланиш пайдо бўлади.

Чўтканинг яқинлашаётган четида учқунланиши Искрение на набегающем крае щетки возникает при резко ускоренной коммутации, при значительном преобладании e_k и больших плотностях тока j_1 .

Ўзгармас ток мотори

Доимий тезлик билан айланадиган электр моторнинг якорь занжири учун
кучланиш тенгламаси

$$U = E_a + I_a \sum r_a.$$

$$UI_a = E_a I_a + I_a^2 \sum r_a.$$

UI_a - якорь чулғам занжиридаги қуввати

$I_a^2 \sum r_a$ - якорь занжиридаги электр қувват исрофи

$E_a I_a = P_{эм} = M\omega$ - моторнинг электромагнит қуввати

$$UI_a = M\omega + I_a^2 \sum r_a. \quad \text{- қувватлар тенгламаси}$$

Кучланиш тенгламасига қўйиб

$$E_a = c_E \Phi n \quad \text{ва } n \text{ ни}$$

c_E – якорь чулғами конструкциясига боғлиқ
бўлган коэффициент $c_E = p n / 60 a$

$$n = \frac{U - I_a \sum r_a}{c_E \Phi}$$

Ўзгармас ток моторини ишга тушириш

Кучланиш тенгламасидан
$$I_a = \frac{U - E_a}{\sum r_a}$$

Ишга тушишини

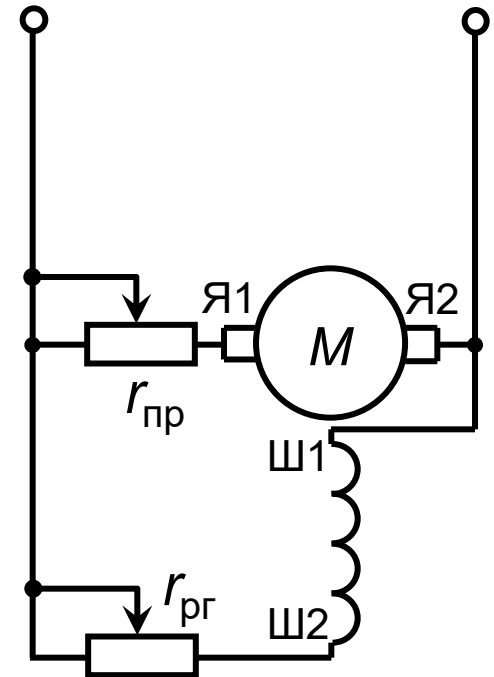
бошланғич momenti $n = 0 \Rightarrow E_a = 0$ и

$$I_{\text{пуск}} = (10 \div 20) I_{a_{\text{ном}}}$$

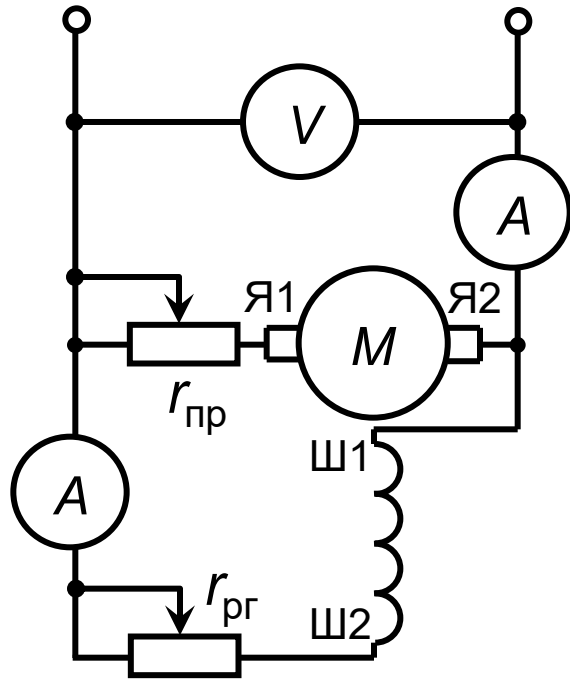
$$I_{\text{пуск}} = \frac{U}{\sum r_a}$$

Якорь занжирига *ишга тушириш реостати*
 $r_{\text{пр}}$ қўшилади.

$$I_{\text{пуск}} = \frac{U}{\sum r_a + r_{\text{пр}}} \approx (2 \div 3) I_{a_{\text{ном}}}$$



Параллел қўзғатиладиган ўзгармас ток мотори



Бу моторни характерли томони:

Қўзғатув чулғамидаги ток юклагага боғлиқ эмас..

Ишчи характеристикалари:

Фойдали қувватга боғлиқлиги

при $U = const$

и $I_B = const$

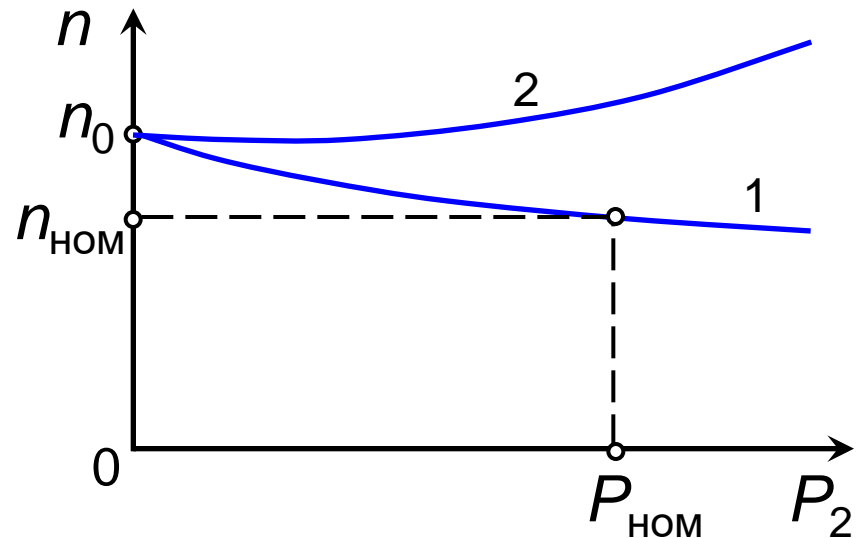
- Айланишлар сони $n_2 = f(P_2)$,
- фойдали момент $M_2 = f(P_2)$,
- айлантйрувчи момент $M = f(P_2)$,
- Якорь токи $I_a = f(P_2)$

Тезлик

характеристикаси $n = f(P_2)$,

$$n = \frac{U - I_a \sum r_a}{c_E \Phi}$$

$$\Delta n_{\text{НОМ}} = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} \cdot 100\%$$



Параллел қўзғатиладиган ўзгармас ток мотори

Фойдали моментни фойдали қувватга боғлиқлиги

$$M_2 = f(P_2)$$

$$M_2 = 9,55 P_2 / n$$

Айлантирувчи момент $M = f(P_2)$

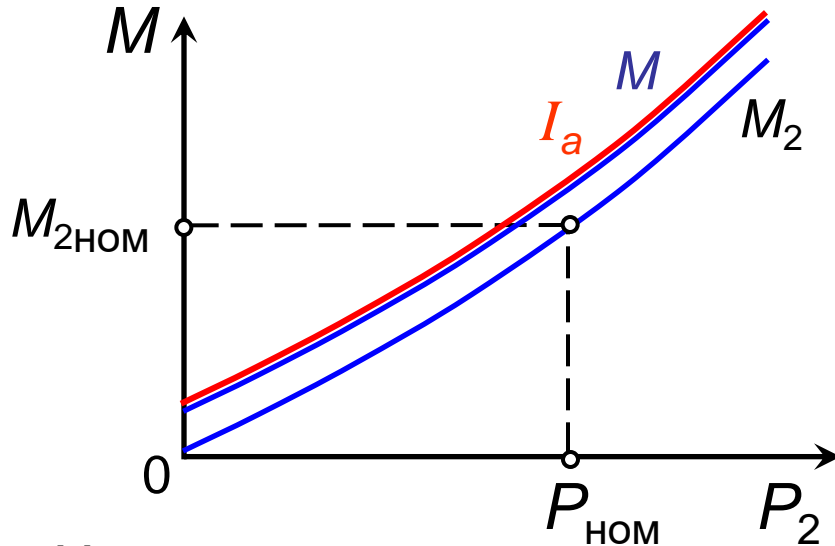
$$M = M_0 + M_2$$

Якорь токи $I_a = f(P_2)$

$\Phi = const$ да график $I_a = f(P_2)$

График билан мос келади $M = f(P_2)$,

яъни $M = c_M \Phi I_a$



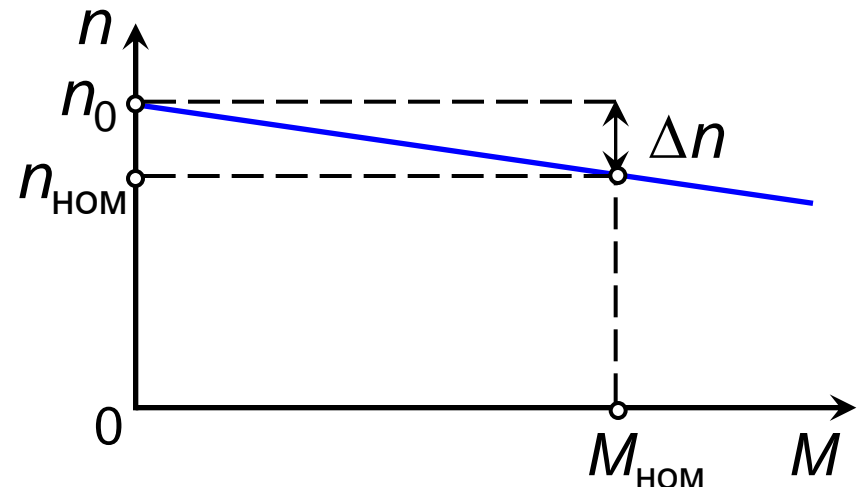
Механик

характеристика $n = f(M)$,

$$n = \frac{U - I_a \sum r_a}{c_E \Phi} = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{I_a \sum r_a}{c_E \Phi}$$

қўйсак $I_a = M / c_M \Phi$

$$n = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{M \sum r_a}{c_E c_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n$$



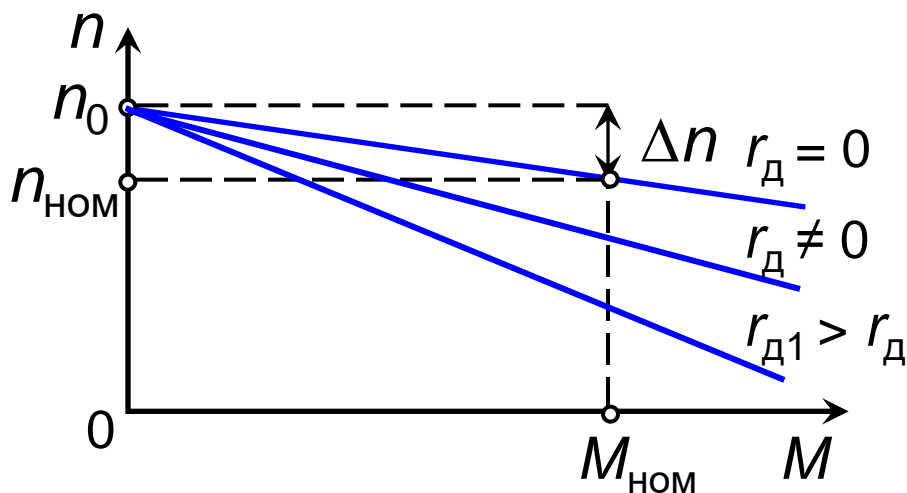
Параллел қўзғатиладиган ўзгармас ток мотори частотасини ростлаш

$$n = \frac{U - I_a \sum r_a}{c_E \Phi}$$

Айланиш частотасини ростлаш мумкин:

- 1) Якорь занжиридаги қаршиликни ўзгартириб;
- 2) Асосий магнит оқимини ўзгартириб Φ ;
- 3) Якорь занжиридаги кучланишни ўзгартириб.

1) Якорь занжирига қўшимча қаршилик киритиш.

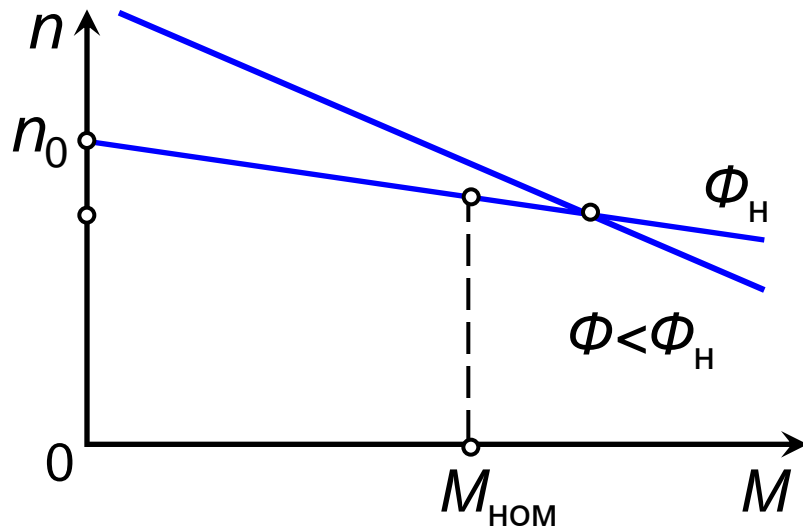


$$n = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{M \sum r_a}{c_E c_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n$$

$n_0 = \text{const}, \quad \Delta n \uparrow$

Параллел қўзғатиладиган ўзгармас ток мотори частотасини ростлаш

2) Асосий магнит оқимини ўзгартириш Φ



$$n = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{M \sum r_a}{c_E c_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n$$

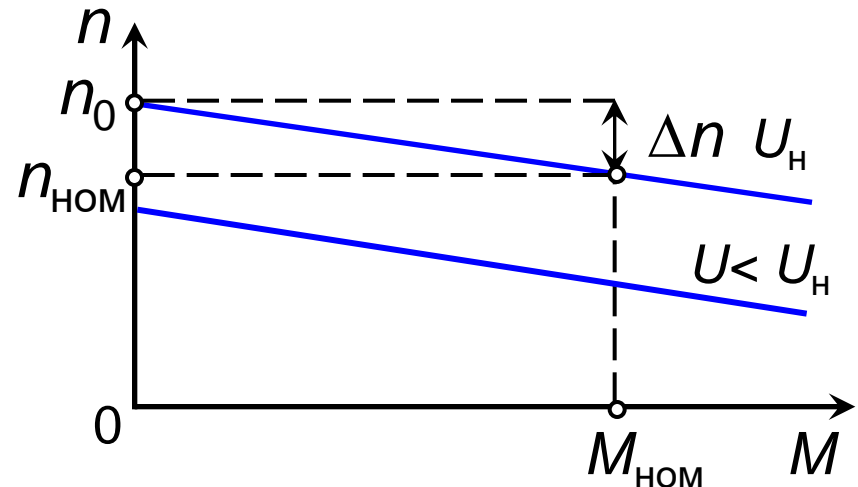
Сустлашганда Φ
 $n_0 \uparrow$, $\Delta n \uparrow$

3) U якорь занжиридаги кучланишни ўзгартиши

$$n = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{M \sum r_a}{c_E c_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n$$

U пасайишида

$n_0 \downarrow$, $\Delta n = const$



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Clayton R.Paul.** Fundamentals of Electric Circuit Analysis. John Wiley & Sons. Inc., New York, 2001. – 519 pages.
 2. **Mahmood Nahvi, Joseph Edminister.** Electric Circuits. Schaum's outlines series. McGRAW – HILL, USA, 2003 – 461 pages.
 3. **Касаткин А.С.** Электротехника асослари. – Т.:, 1989.- 256 б.
 4. **Каримов А.С.** Электротехника ва электроника асослари. - Т.: Ўқитувчи, 1995. – 464 б.
 5. **Хонбобоев А, Халилов Н.** Умумий электротехника ва электроника асослари. – Т.:, 1989.- 448 б.
 6. **Мажидов С.** Электротехника.- Тошкент.: Ўқитувчи, 2002.- 262 б.
 7. **Справочное пособие по основам электротехники и электроники** /под. ред. А.В. Нетушила.-М.: Энергоатомиздат, 1995.
 8. **Новожилов О. П.** Электротехника и электроника: учебник / О. П. Новожилов. – М.: Гардарики, 2008. – 653 с.
 9. <https://www.scopus.com/sourceid/17900156715>
-

**ЭЪТИБОРЛАРИНГИЗ УЧУН
РАХМАТ!**