

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

“Электротехника ва мехатроника” кафедраси

“Электротехника ва электроника асослари” фанидан

ТАҚДИМОТ

Мавзу: ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

Маърузачи

Б.Эркинов

Тошкент -2019

МАВЗУ РЕЖАСИ:

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 *қўтариш 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:

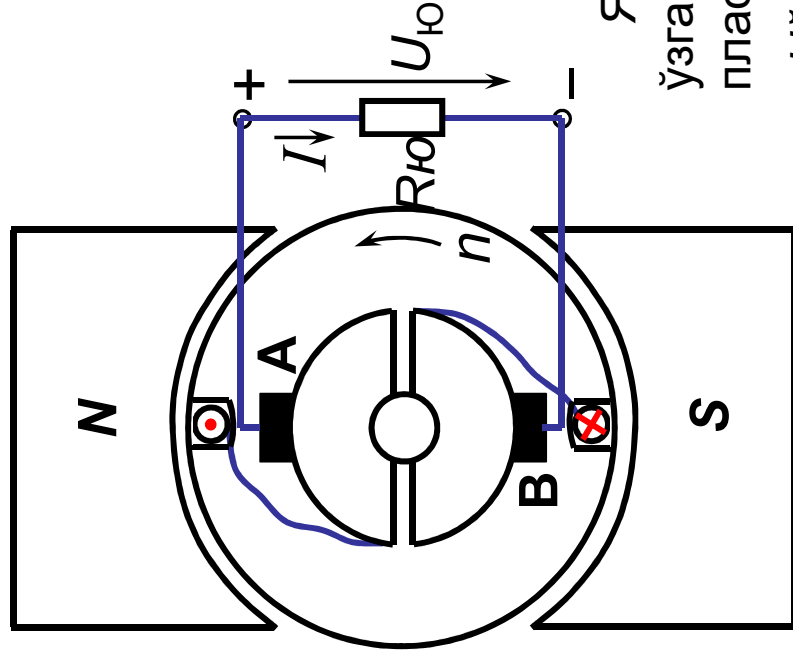
- нисбатан юқори нарх;
- тайёрлаш қийинчилиги;
- паст ишончлилиқ;
- радиопомех ва ёнғин ҳавфи мавжудлиги.

ЎТМ ларни барча камчиликлари обусловлены [коллектор-чўтка узеллариға эға бўлишиға боғлиқдир](#). Бу эса фойдаланиш чегараланишини кўрсатади.

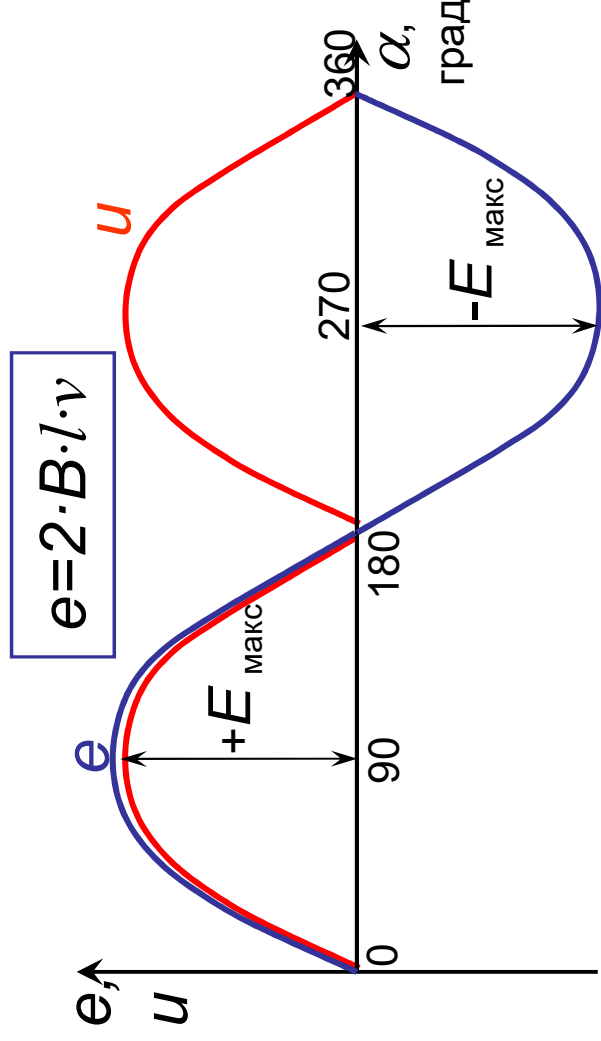
ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИНИ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

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.

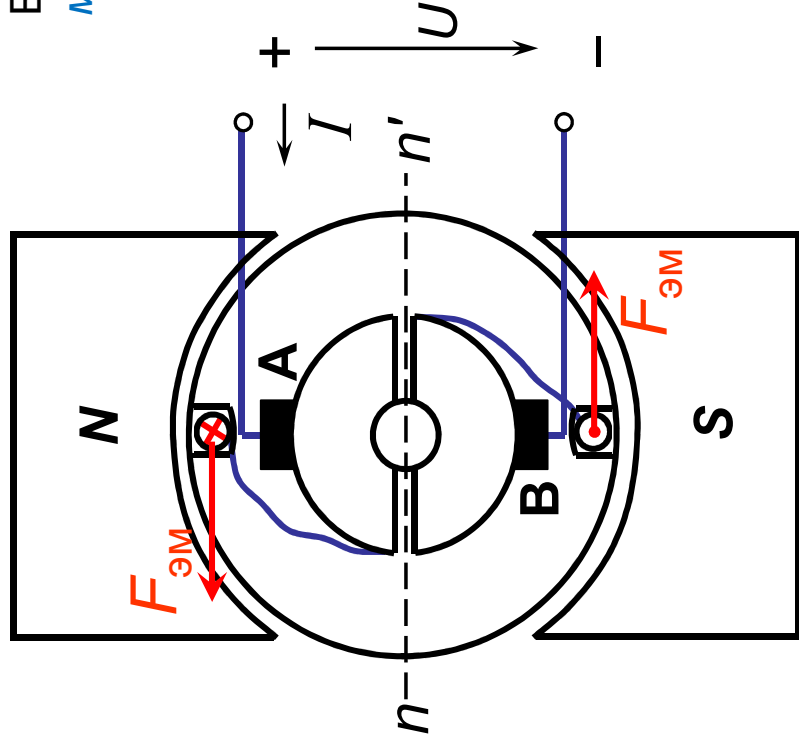


Якорь чулғамида ЭЮК ўзининг йўналишини ўзгартирса чўтка остидаги коллектор пластинкаларни алмашиши содир бўлади.

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 $M_{\text{эм}}$ электромагнит момент ҳосил қилувчи электро-магнит кучлар $F_{\text{эм}}$ 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.

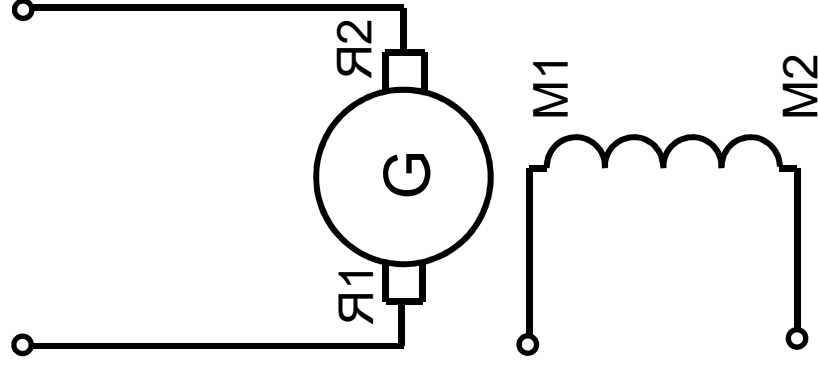
Якорь чулғам ўтказгичларининг геометрик нейтралдан n дан ўтганда электромагнит кучлар $F_{\text{эм}} = 0$ га тенг бўлади.

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

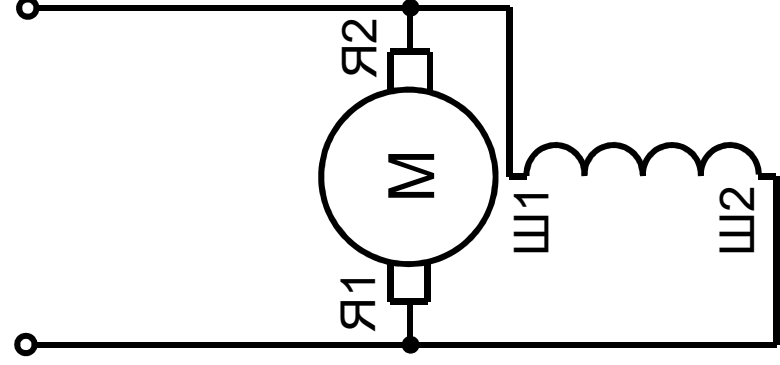
Ўзгармас ток электр машинасининг қўзғатиш

усуллари

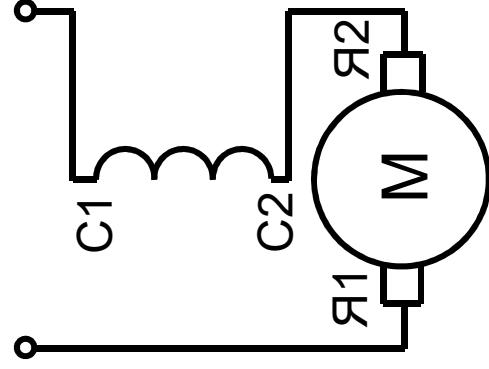
Ўзгармас ток машинасининг хусусияти асосан қўзғатиш чулғамларини уланиш усуллари ([қўзғатиш усуллари](#)) билан аниқланади.



Мустақил
қўзғатиладиган

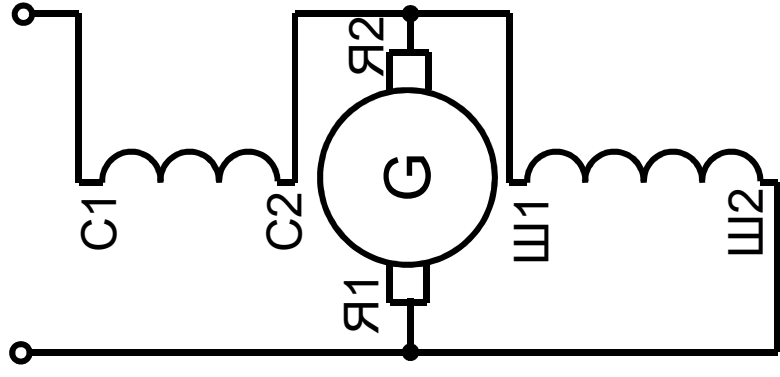


Параллел
қўзғатиладиган

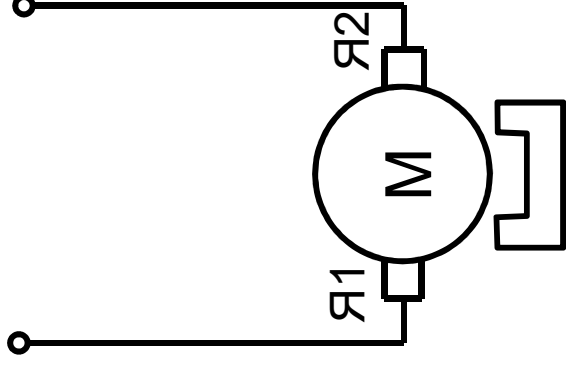


Кетма-кет
қўзғатиладиган

Ўзгармас ток электр машинасининг қўзғатиш усуллари

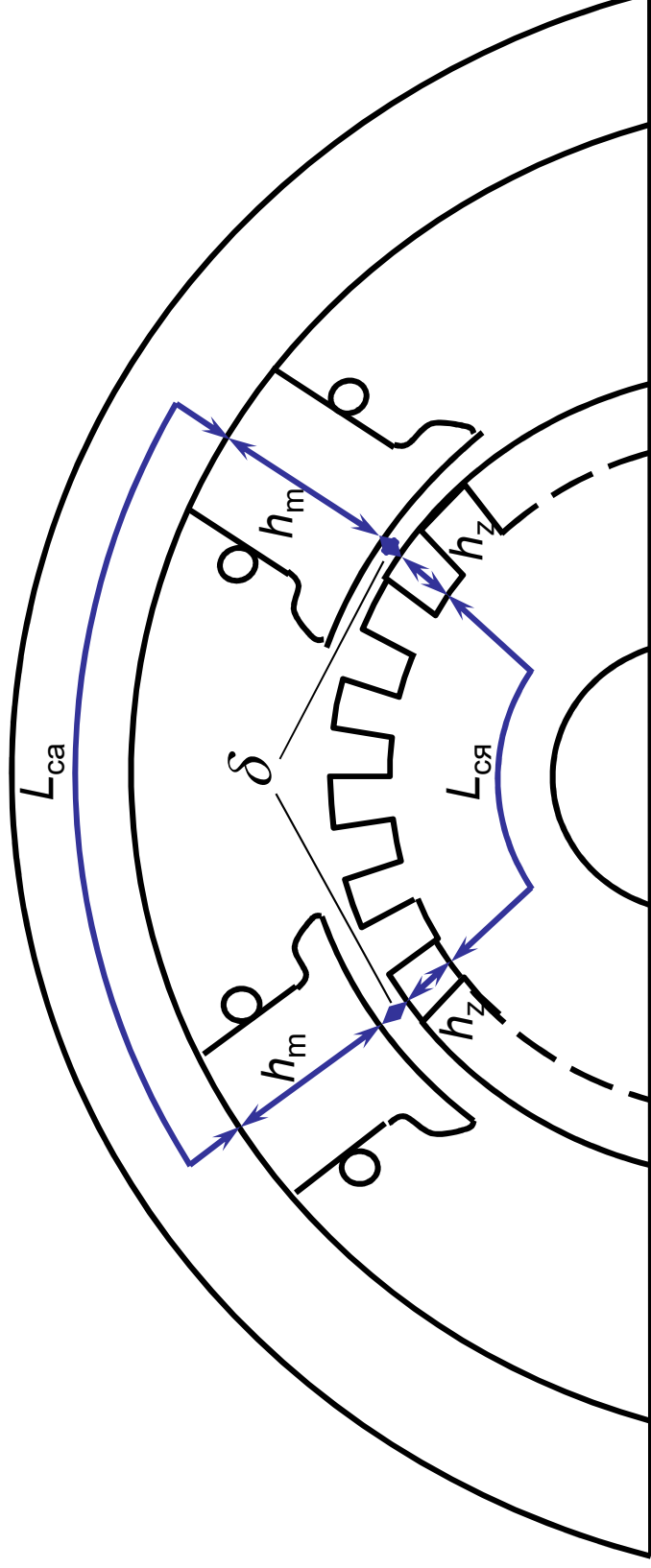


Аралаш
қўзғатиладиган



Доимий магнитли
қўзғатиладиган

Ўзгармас ток машинасининг магнит занжири



Салт юриш режимида кўзгатиш чулғамини МЮК:

$$F_{\text{қч}} = 2F_{\delta} + 2F_z + 2F_m + F_a + F_y$$

L_{ca} – статор (яромо)

h_m – асосий қутб

δ – ҳаво бўшлиғи

h_z – паз тиш қатлами

L_{cj} – спинка якоря

F_{δ} – ҳаво оралиғининг магнит кучланиши

F_z – якорь тиш қатламини магнит кучланиши

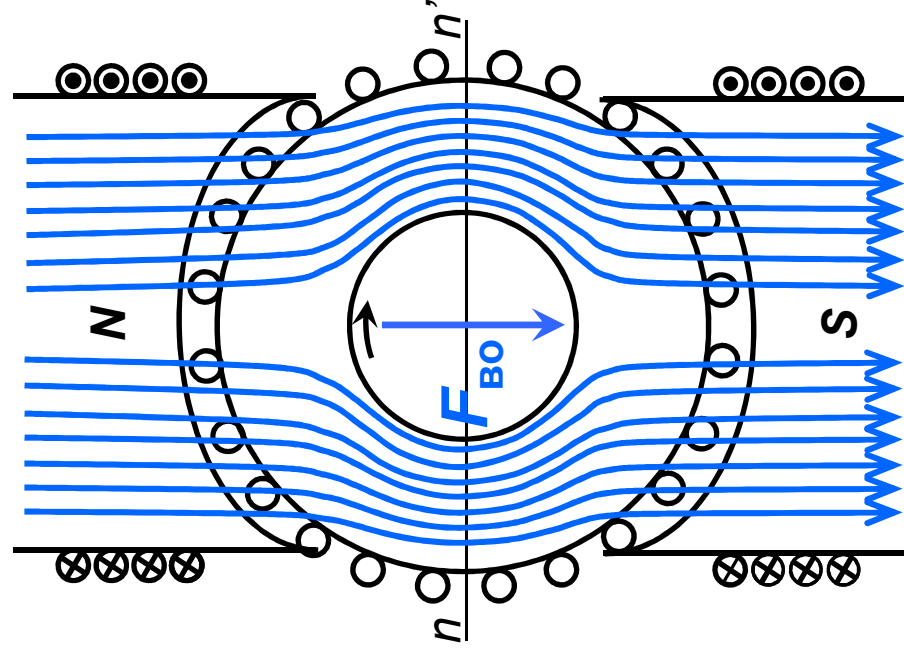
F_m – асосий қутб магнит кучланиши

F_a – станина (яромо) магнит кучланиши

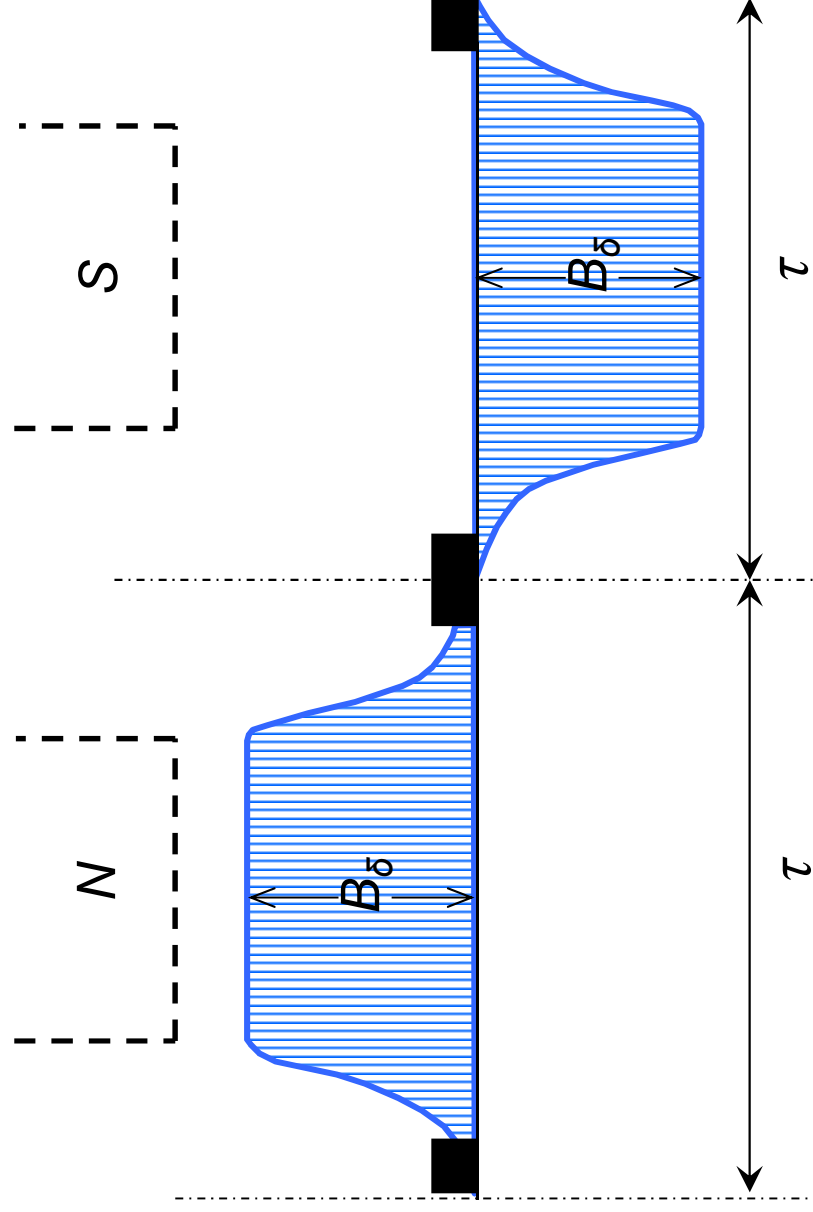
F_y – жуфт қутбларига тўғри келадиган магнит кучланиши
Энг катта магнит қаршилик ҳаво оралиғида δ эга бўлади, шунинг учун магнит кучланиш F_{δ} , $F_{\text{қч}}$ нинг бошқа қўшилувчиларга нисбатан анча каттадир.

Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси

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



$$I_{я}=0$$

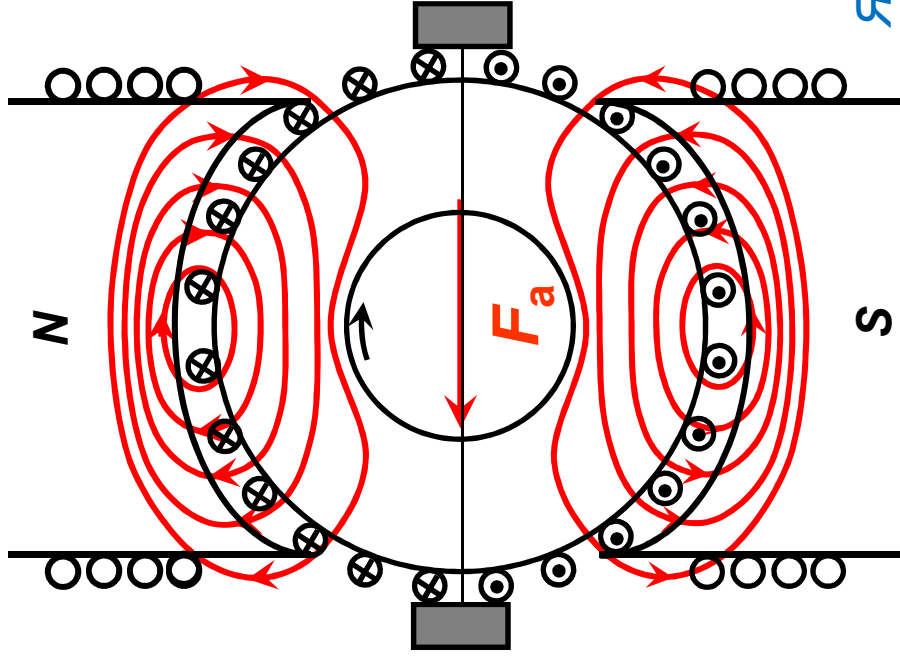


Бу ҳолатда магнит майдон [қутблар ўқиға ўқиға симметрикдир.](#)

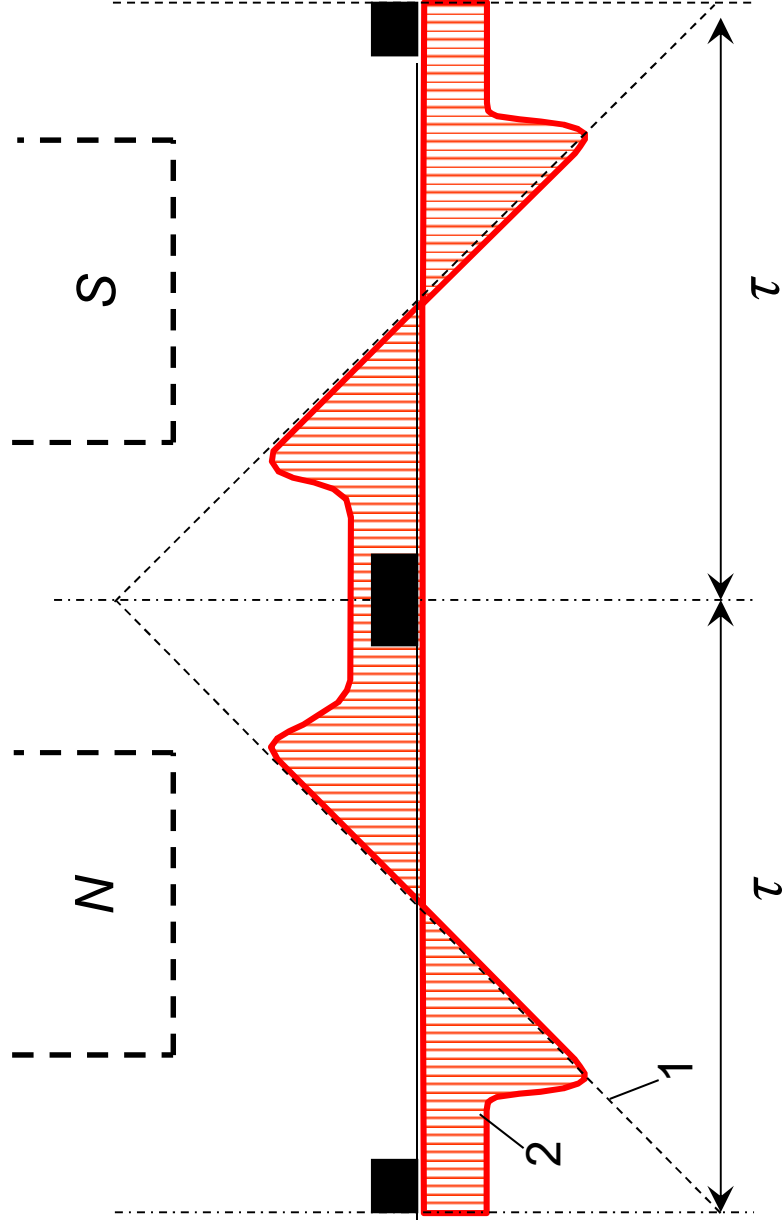
Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси

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 $F_{қч}=0$ деб тасавур қилсак, унда якорь МЮК F_a сини магнит майдони қўйидаги кўринишга эга бўлади:



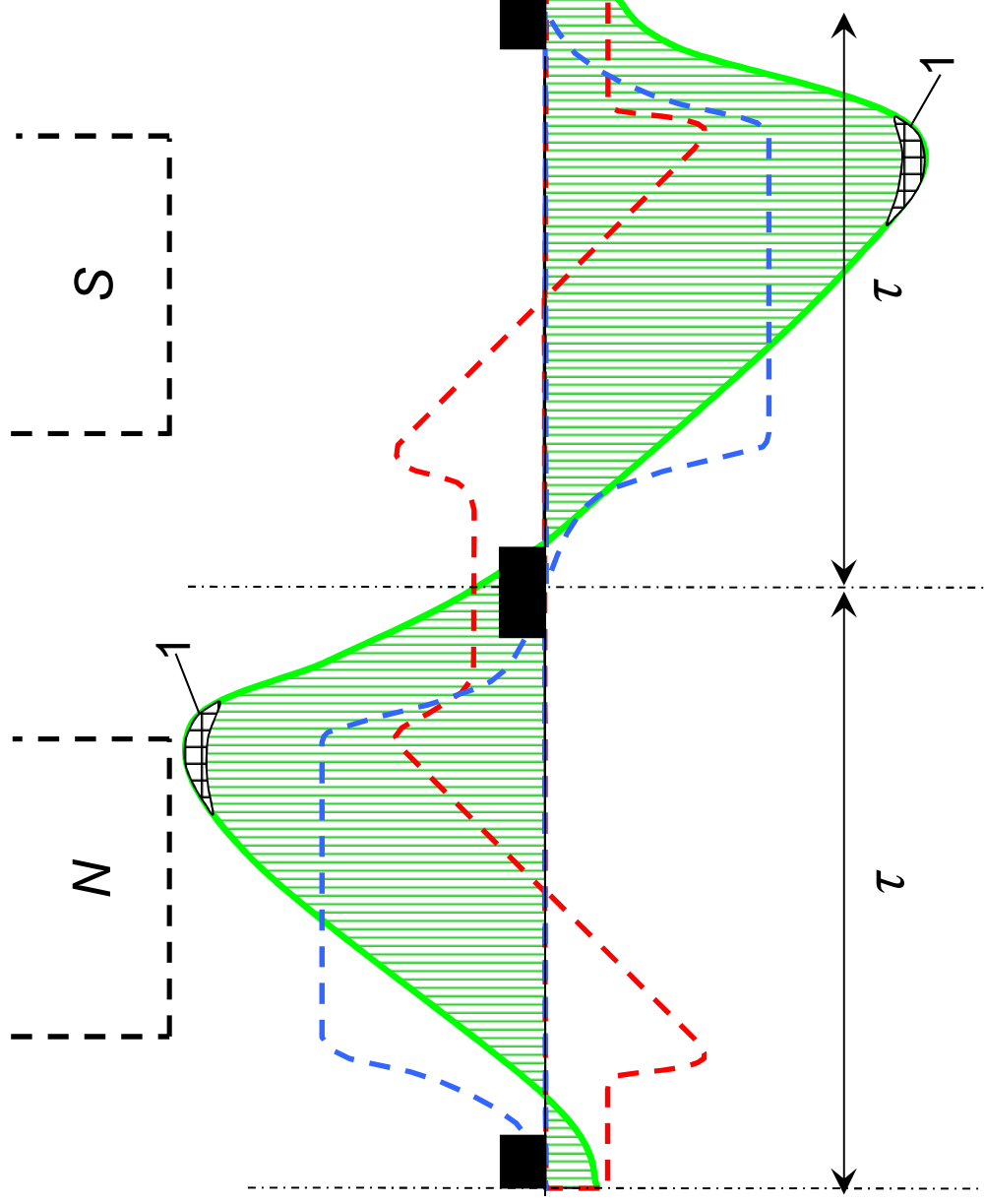
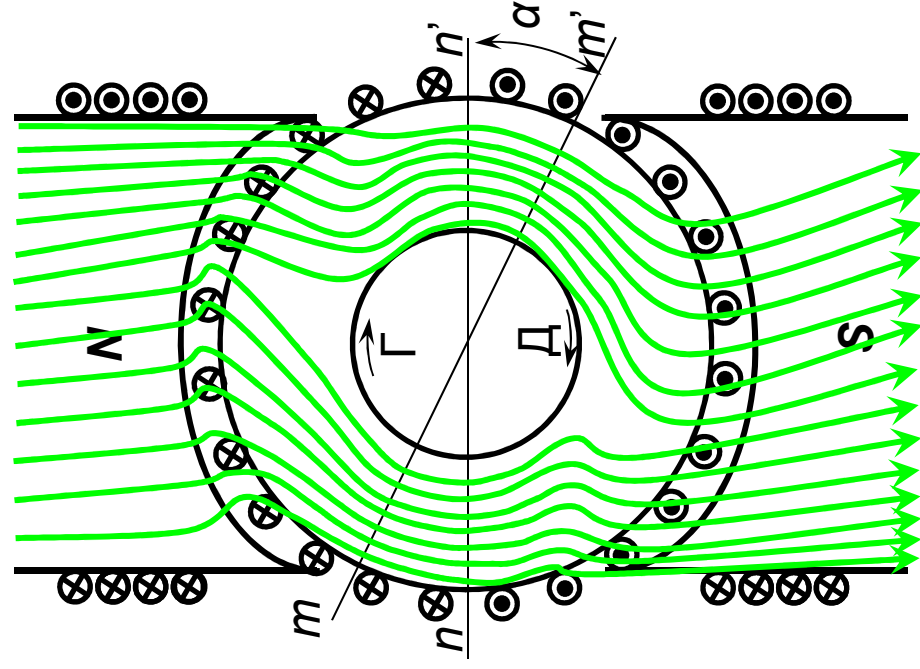
$$I_{қч}=0$$



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

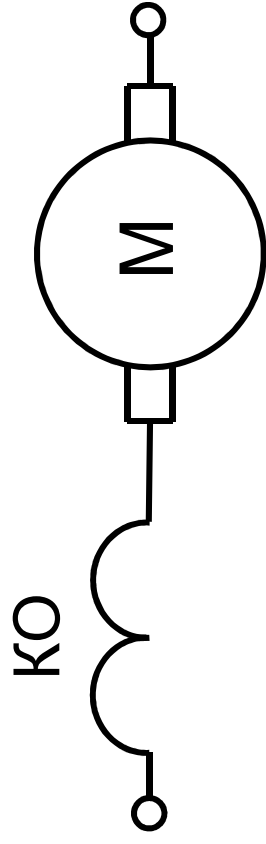
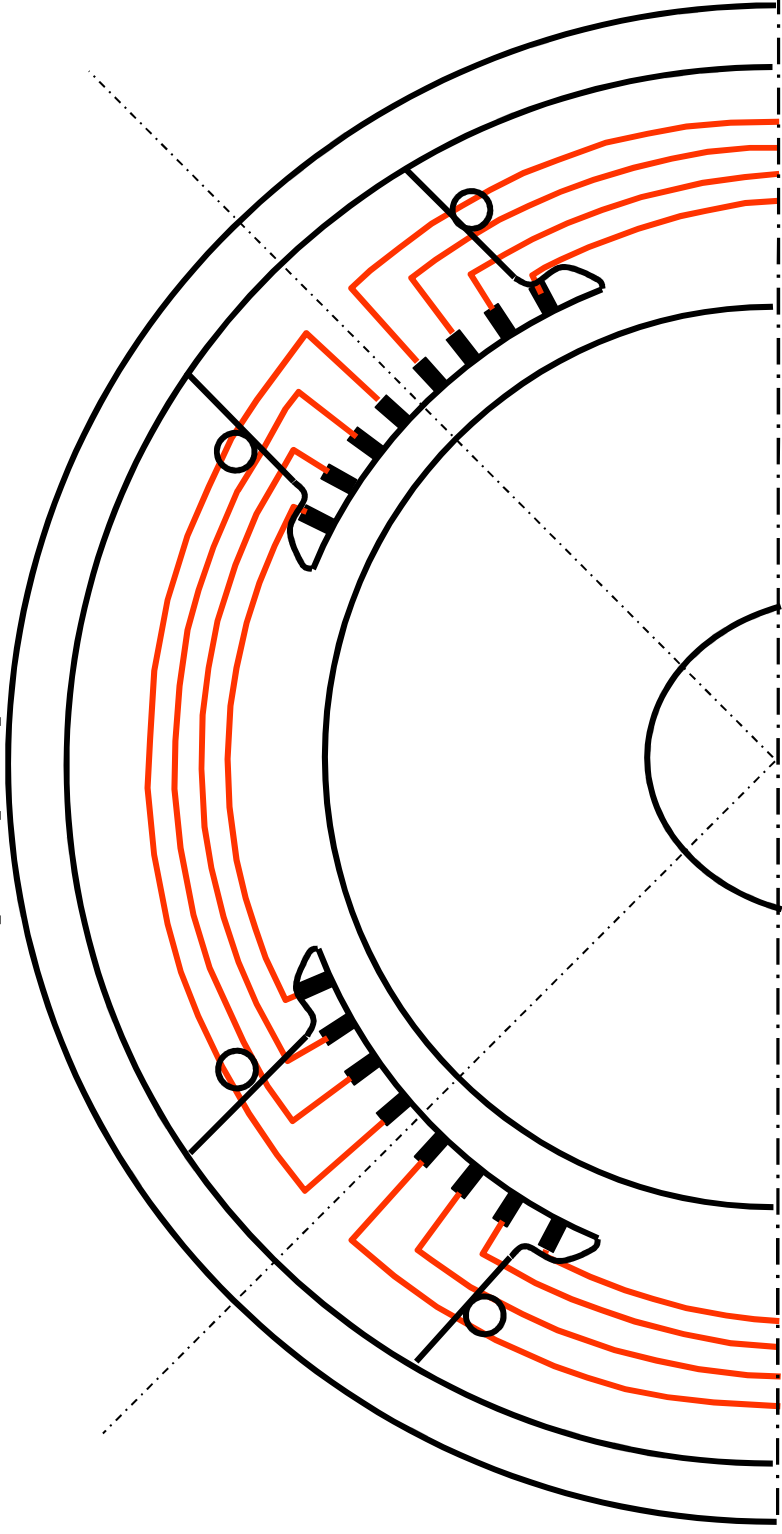
Ўзгармас ток машинасининг якорь реакцияси

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



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

Якорь реакциясининг зарарли таъсирини бартараф этиш



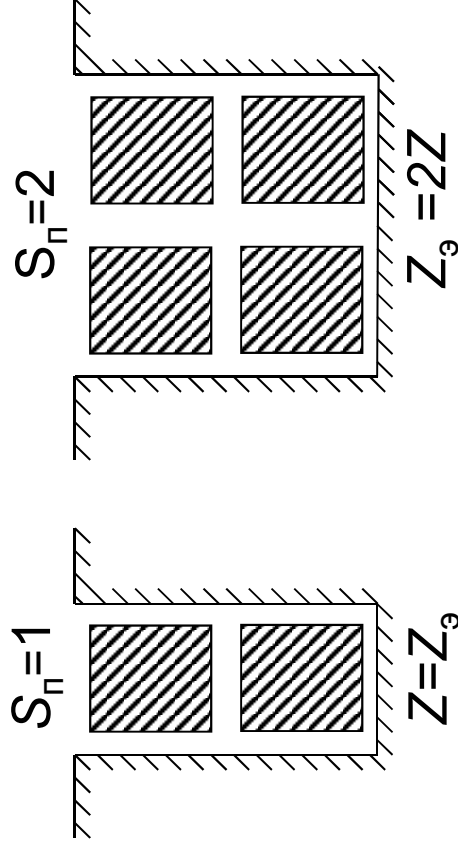
Ўзгармас ток машинасини якорь чулғами

Асосий тушунчалар

Қутб бўлиниши

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

ЎТМда **икки қатламли якорь чулғамидан** фойдаланилади.



Параметры обмотки якоря:

S – секциялар сони;

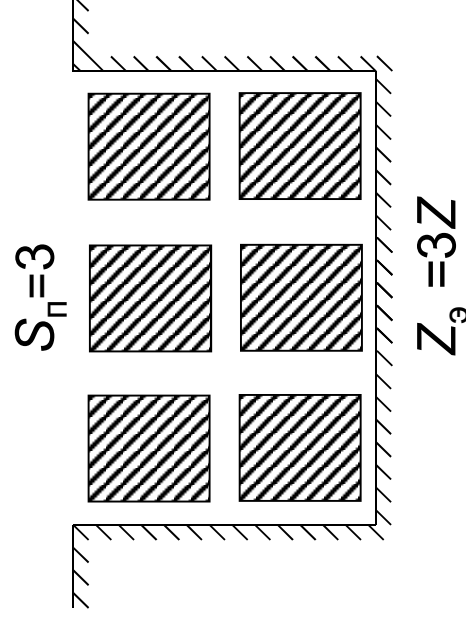
Z –пазлар сони (реал);

$S_{\text{п}}=S/Z$ – битта пазга тўғри келувчи секциялар сони;

$$S=Z_{\text{э}}=K$$

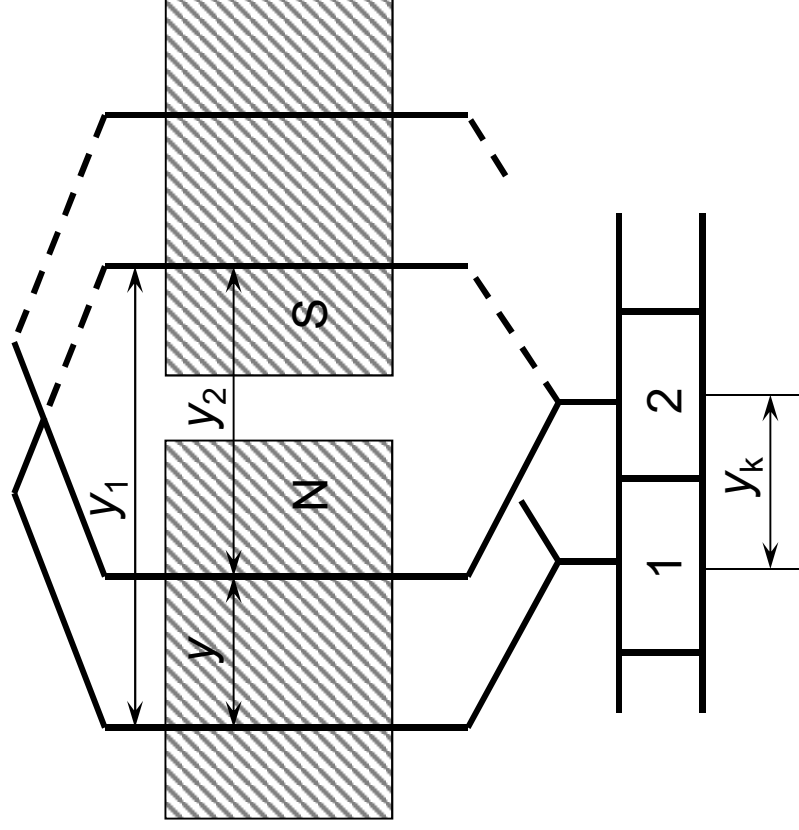
бунда $Z_{\text{э}}$ –элементар пазлар сони;

K – коллектор пластинкалар сони.



Якорнинг сиртмоқли чулғами

Ўнғ томон юришшли



y_1 – якорь бўйича биринчи қисмий қадами;

y_2 – якорь бўйича иккинчи қисмий қадами;

y – якорь бўйича натижавий қадами;

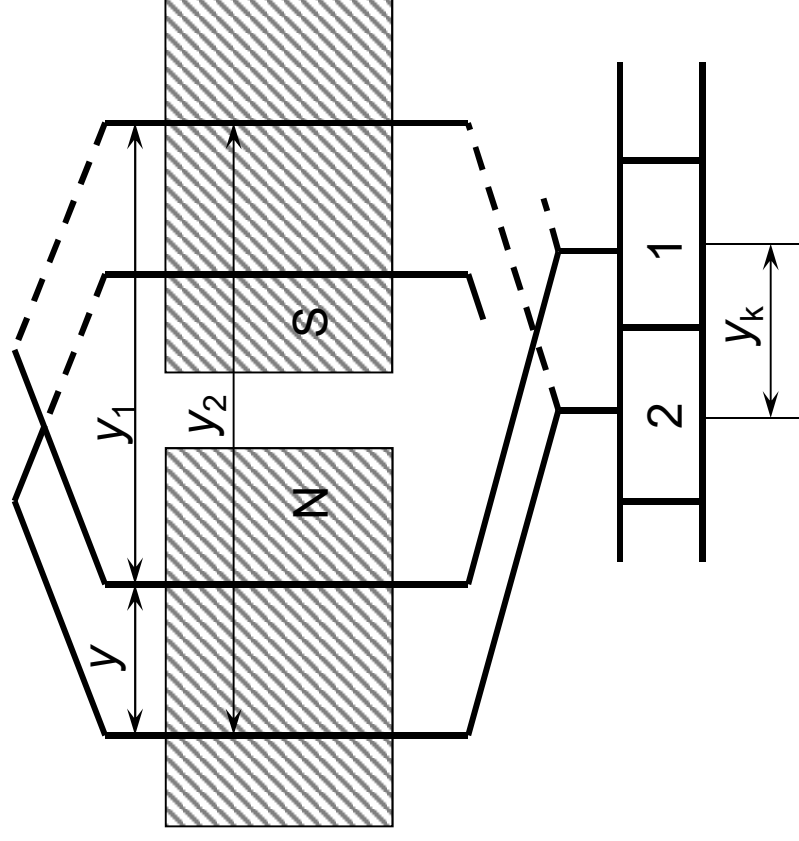
y_k – коллектор бўйича чулғам қадами;

$$y = y_1 - y_2$$

$$y_1 = [Z_3 / (2p)] \pm \epsilon$$

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

Чап томон юришшли



$$y = y_2 - y_1$$

$$y = y_k = \pm 1$$

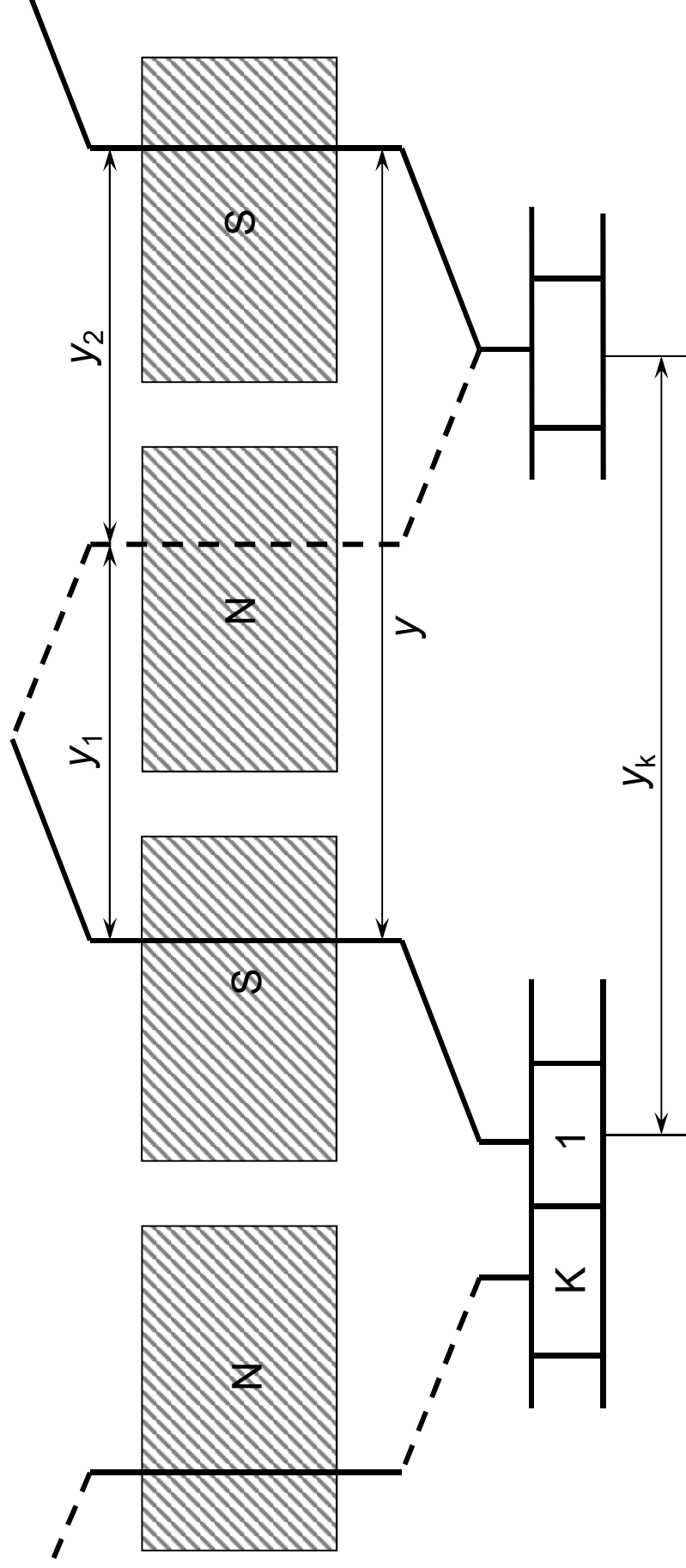
бунда «+» - чулғамни ўнғ томон

юришшли;

«-» - чулғамни чап томон юришшли

Якорнинг тўлқинли чулғамли

Чап юришшли



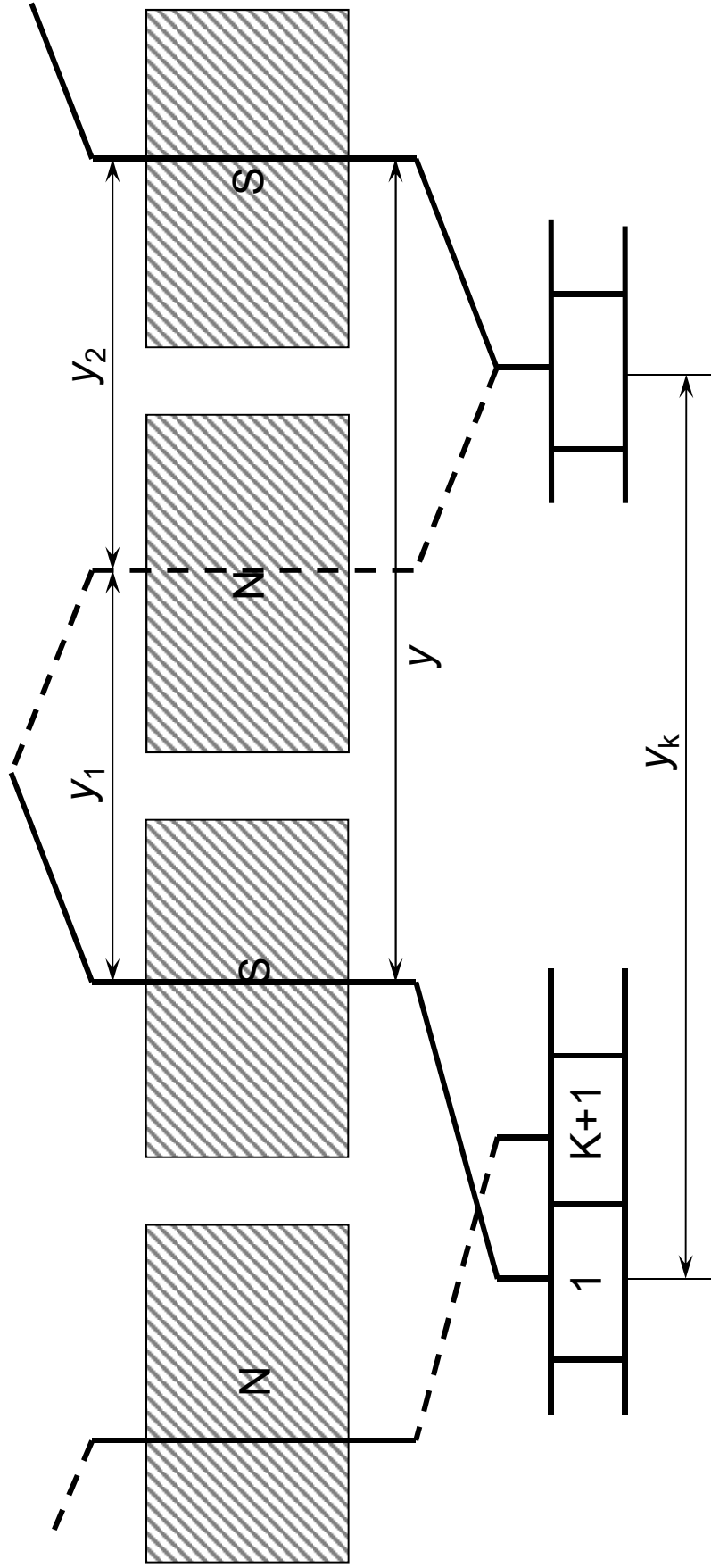
$y_2 = y - y_1$ – чулғамни биринчи қисмий қадами

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

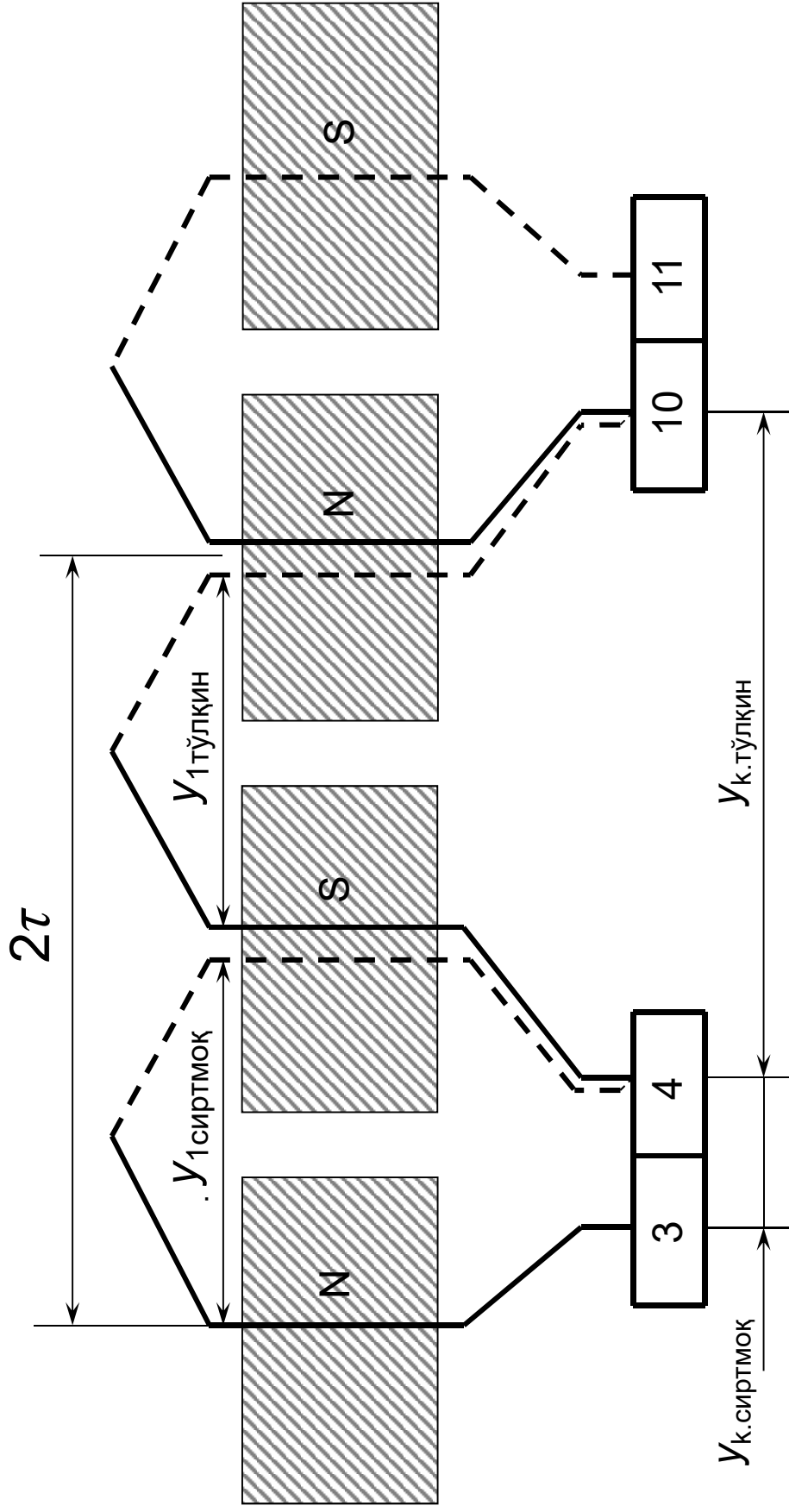
«-» - чап юришшли чулғам.

Якорнинг тўлқинли чулғами

Ўнг юришли



Яқорни комбинацияланган чулғами



$$U_1 = U_{1\text{тўлқин}} + U_{1\text{сиртмоқ}}$$

Ўзгармас ток машинасининг электр юритувчи токи

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

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

$$E_{\text{пр}} = B_{\delta} \cdot l_i \cdot \nu$$

- актив узунлиги l_i бўлган битта паз ўтказгичнинг ЭЮК

$$\nu = \pi D_a n / 60 = 2\pi n / 60 \quad \text{бунда } \pi D_a = 2\pi r$$

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

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

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

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

Ўзгармас ток машинасининг электромагнит momenti

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

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

бунда $D_a/2$ – якорь ўзагининг радиуси

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

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

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

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

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

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

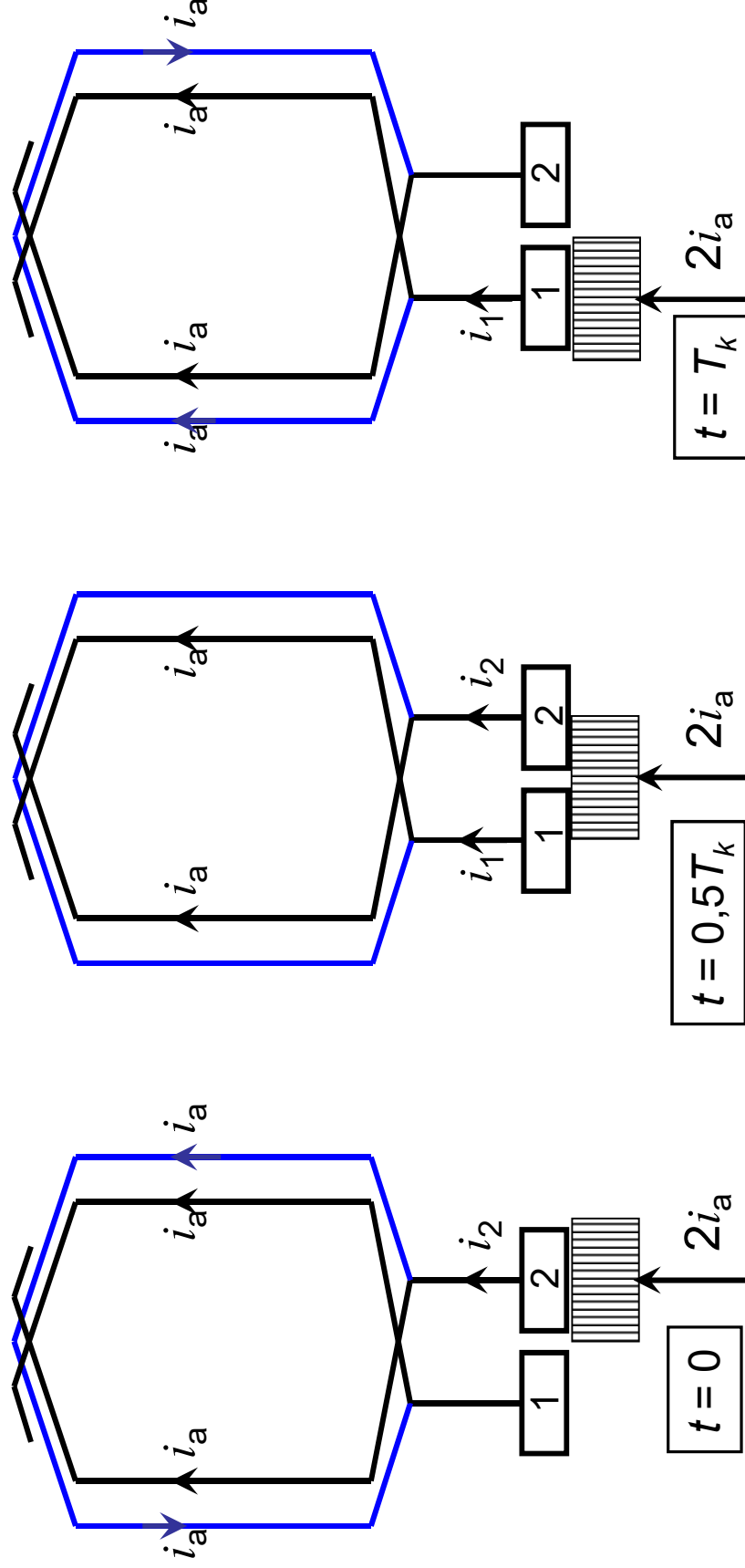
$P_{\text{ЭМ}} = E_a I_a$ - ўзгармас ток машинасининг электромагнит қуввати

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

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

ЎТМашинасининг ишлашида якорь чулғами қўзғалмас 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 алмашиши 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 жараёндир. Шунинг учун бу ходисанинг 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

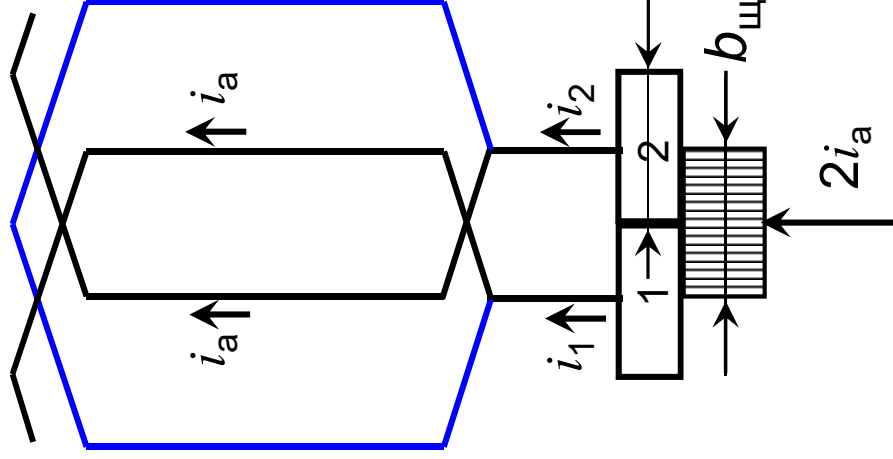
Унинг асосида қуйидагилар қўйилган:

- 1) Турли айланиш тезликларида тўла коллектор чўтка қурилмасини механик мукаммалиги;
- 2) Чўткалар ва коллекторларнинг орасидаги контактни солиштирма қаршиллигини 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 ЭЮК лар 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 қаршилиғи 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 қаршилиғи.

Қисқа туташган контур учун Кирхгоффнинг қонунлари бўйича:

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

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

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

(2) ни (1) га қўйсак

эга бўламиз.

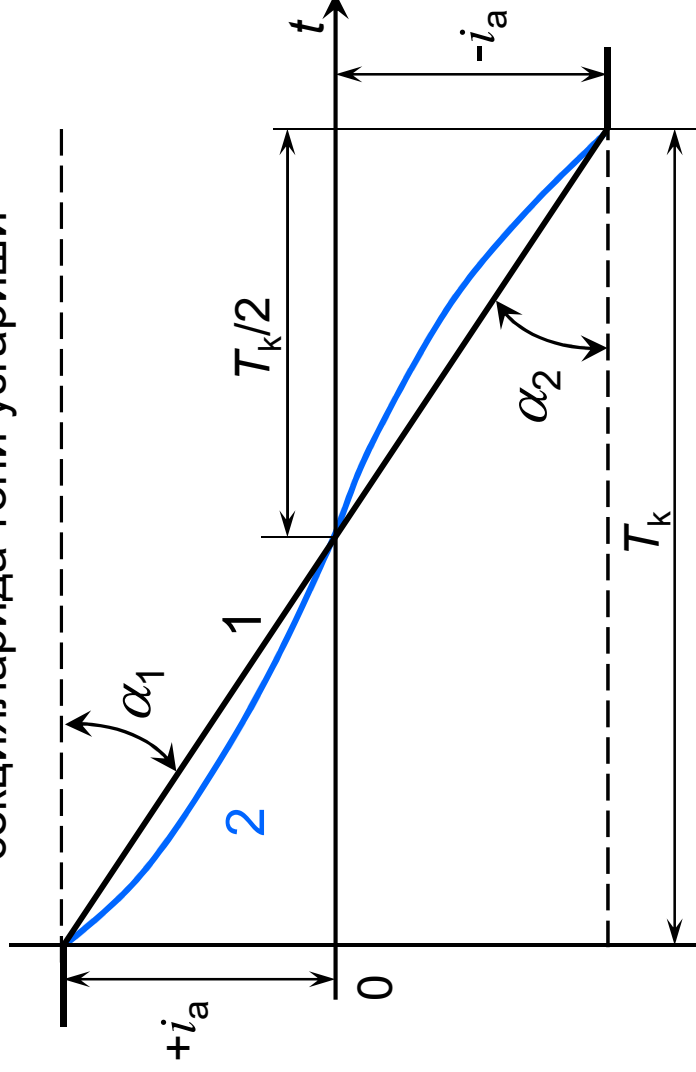
Қисқа туташган секциядаги ток t га нисбатан чизикли боғлиқ равишда ўзгаради.

Бундай коммутация тўғричизикли 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:

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

Узоқлашаётган чети остида ток зичлиги:

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

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

Тўғри чизикли коммутация бўлганда:

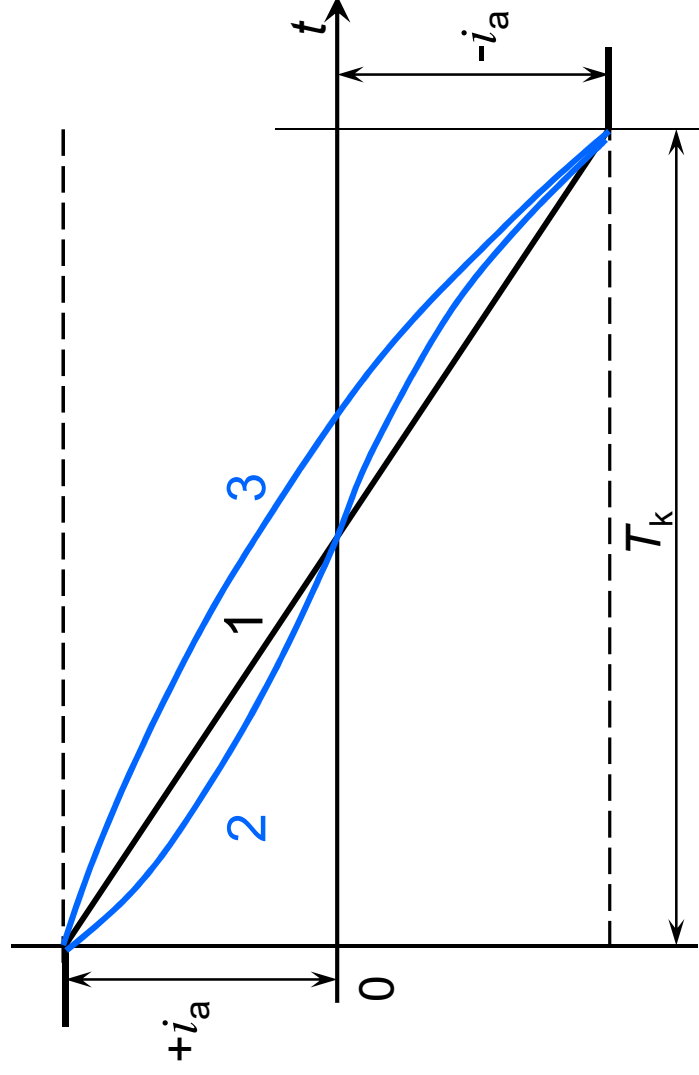
$$i_c = i_a \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2 + R} = i_a \frac{1 - 2 \frac{t}{T}}{1 + \frac{R}{R_{\text{щ}}} \frac{t}{T}} \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

(2 эгри чизик)

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 қаршилиқ кўрсатади.



Натижада секинлашган коммутация рўй беради (3 эгри чизиқ) – 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.

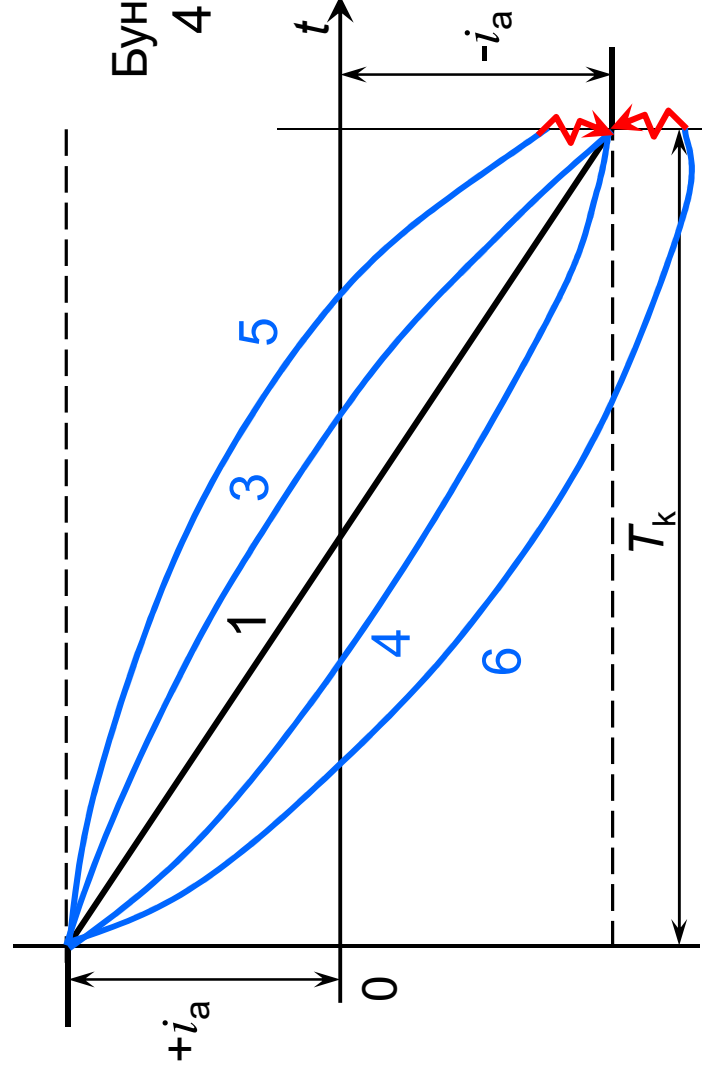
- 3) Қисқа туташтирилган секцияда якорнинг айланиш пайтида ЭЮК e_k индукцияланади, секция ўтказгичлари ташқи магнит майдонда кесишганда, ҳам якорь реакцияси ва ҳам қўшимча қутблар ҳисобига коммутация зонасини ҳосил қилади.

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

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

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

Коммутация бўлган секциядаги ток:



Бунда қуйидагича амалга оширилади:

4 – тезлаштирилган коммутация

$e_k > e_L$ (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 контурниге учкунсиз узилишни таъминлайди. Бунда j_1 оширилган қийматга эришади, аммо у маълум чегарада ҳавф кўрсатмайди, чунки контурнинг учкунсиз уланиши узилишдан кўра енгилроқ амалга оширилади.

Ўзгармас ток машиналарида коммутация

Оптимал коммутация назарияси

Бу назарияга мувофиқ учқунсиз ишлаш учун токсизлантирилган яқинлашувчи контактни узилиш моментиغا эга бўлиши керак, яъни

$$i_c \rightarrow 0 \quad \text{ва}$$

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

Бунда чўтканинг яқинлашувчи чети катта ток зичлигида ишлайди ва $\Delta U = \text{const}$, га яқин (ВАХ) характеристикага эга бўлади, жуда кичик ток зичлигида ишлайдиган узоқлашувчи чети эса $R_c = \text{const}$. га яқин ВАХ га эга бўлади. Оптимал 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 $L i_c^2 / 2$ 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 .

Коммутация в машинах постоянного тока

Причины искрения:

2) Потенциального характера – при *неравномерном распределении индукции* в зазоре между некоторыми соседними коллекторными пластинами возможно появление большого напряжения, которое определяется ЭДС, наводимой в секциях, присоединенных к этим пластинам

$$e = 2B_x l v_a$$

Предельные значения $U_{к\ max}$: 25 ÷ 28 В – в ЭМ большой мощности;
30 ÷ 35 В – в ЭМ средней мощности;
50 ÷ 60 В – в ЭМ малой мощности.

3) Механического характера –

а) коллектор:

- эксцентрическое расположение коллектора на валу;
- плохая балансировка вращающихся частей;
- неровности поверхности коллектора;
- выступающие края изолирующих прокладок между пластинами.

б) щеточный аппарат:

- недостаточно точное закрепление щеткодержателя на щеточном пальце;
- неравномерное распределение пальцев по окружности коллектора;
- недостаточно жесткое крепление щеточной траверсы;
- неправильный выбор марки щетки.

Коммутация в машинах постоянного тока

Способы улучшения коммутации

1). Уменьшение ЭДС e_L – достигается уменьшением числа витков секции (стремятся к $W_c = 1$), снижением магнитной проводимости паза (пазы выполняют меньшими по высоте и большими по ширине)

2). Создание в зоне коммутации коммутирующего поля:

а) сдвигом щеток с геометрической нейтрали – в МПТ небольшой мощности, не имеющих ДП.

В генераторах щетки сдвигают по направлению вращения, в двигателях – против направления вращения.

Недостаток: требуемый угол сдвига изменяется в зависимости от нагрузки.

б) применением ДП:

Обмотка ДП соединяется последовательно с обмоткой якоря; при этом магнитная цепь ДП должна быть не насыщена.

Для этого: 1) увеличивают зазор под ДП по сравнению с зазором под ГП;

2) индукцию в сердечнике ДП выбирают не более $0,8 - 1,0$ Тл при номинальной нагрузке.

в) применением компенсационной обмотки:

Компенсационная обмотка позволяет устранить искажение основного магнитного поля, вызванное реакцией якоря.

Проверка коммутации МПТ

В соответствии с ГОСТ 183-74 - [визуальная оценка](#).

Шкала из [пяти степеней](#): $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 2 и 3 балла.

Степень искрения 1 : [Полное отсутствие искрения](#) – «темная» коммутация.

Степень искрения $1\frac{1}{4}$: [Слабое точечное искрение под небольшой частью щетки](#). Почернение коллектора не происходит, следы нагара на щетках отсутствуют.

Степень искрения $1\frac{1}{2}$: [Слабое искрение под большей частью щетки](#). Могут появляться следы нагара на щетках и почернение коллектора, легко устранимые протиранием его поверхности.

Степень искрения 2 : [Искрение под всем краем щетки](#). Появление нагара на щетках и почернения коллектора, не устраняемого протиранием поверхности.

Степень искрения 3 : [Значительное искрение под всем краем щетки](#) с крупными вылетающими искрами. Почернение коллектора, не устраняемое протиранием, подгар и разрушение щеток.

Оценку степени искрения осуществляют [по сбегающему краю щетки](#).

Проверка коммутации МПТ

Допускаемая степень искрения зависит от условий работы машины, и указывается в стандартах или ТУ на конкретные типы ЭМ.

Если степень искрения не оговорена, то считается, что в нормальном режиме она не должна быть выше $1\frac{1}{2}$ балла.

Недостаток визуального метода – [субъективность](#).

Инструментальные методы исследования коммутации

В качестве [диагностических сигналов](#) используются:

- [видимое искрение](#) (фотоэлектрические приборы);
- [уровень ионизации](#) околощеточного пространства;
- [импульсы коммутационной реакции якоря](#) (измерительная обмотка на главном полюсе);
- [высокочастотные пульсации тока в цепи якоря](#) или между бракетами одной полярности;
- [высокочастотная составляющая напряжения на выводах якоря](#);
- [измерение импульсов падения напряжения на сбегающем крае щетки](#).

Инструментальные методы исследования коммутации

Наибольшее применение получили следующие методы:

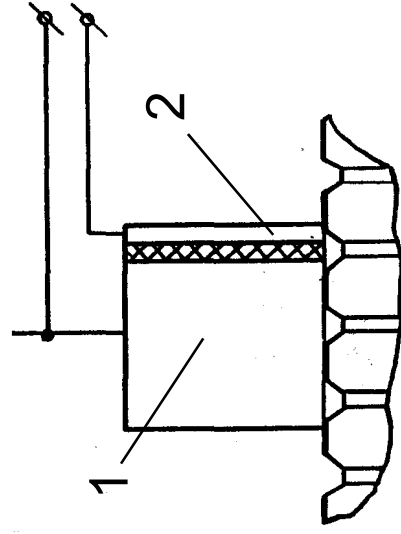
1) Регистрация видимого искрения с помощью фотоэлементов.

Преимущества – идентичность исследуемого сигнала стандарта, относительная простота построения устройства.

Недостатки – несоответствие интенсивности светового излучения износу, влияние атмосферных условий, зависимость от материалов контакта и зависимость от показаний приборов от спектральной характеристики фотоприборов.

2) Измерение падения напряжения на сбегающем крае щетки

осуществляется с помощью - потенциальной щетки-датчика,
- бесконтактного емкостного датчика.



Контактная щетка-датчик (2) устанавливается на сбегающем крае щетки (1).

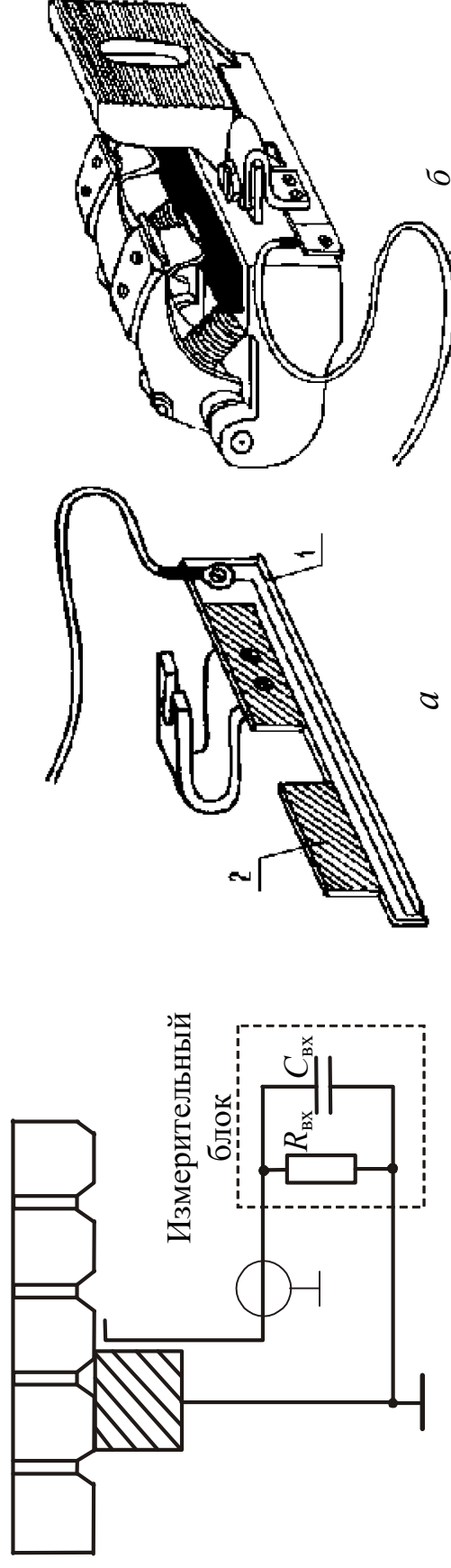
Щетка-датчик должна иметь ширину контактной поверхности не более промежутка между коллекторными пластинами.

Импульсы падения напряжения со щетки-датчика содержат наиболее достоверную информацию о процессе коммутации.

Недостаток: установка щетки-датчика и периодическая ее настройка требуют значительного времени и определенных навыков испытателя.

Инструментальные методы исследования коммутации

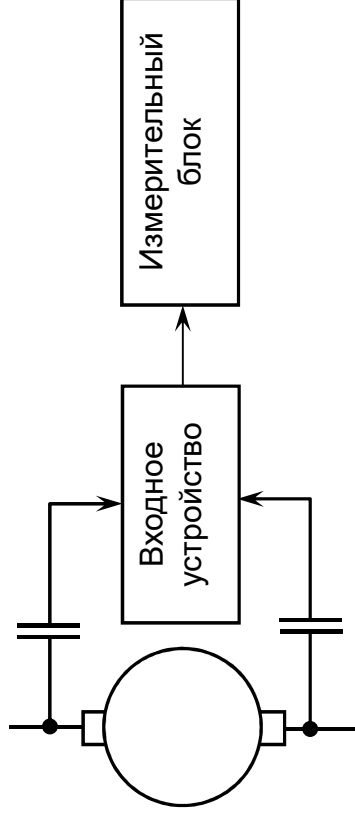
Бесконтактный емкостный преобразователь – металлическая пластина, устанавливаемая на сбегающем крае щетки.



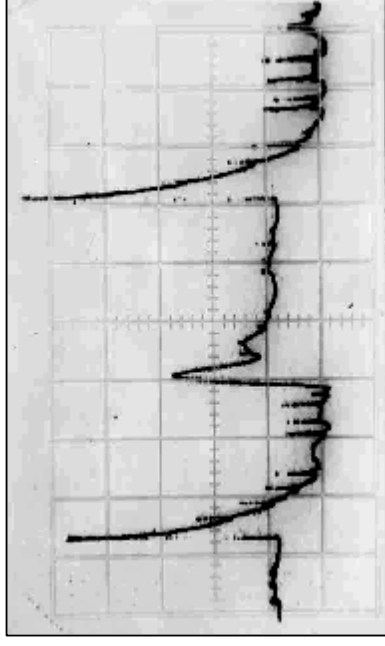
Обеспечивает значительное сокращение времени на подготовку ЭМ к испытаниям. Однако для оценки степени искрения всей машины в целом необходимо устанавливать датчики на всех бракетах ЭМ, что является достаточно трудоемкой операцией.

3) Для оценки интенсивности искрения при прямосдаточных испытаниях однотипных ЭМ наиболее целесообразно использовать сигнал с разнополярных щеток, содержащий информацию об искрении всей ЭМ в целом и не требующий установки каких-либо первичных преобразователей.

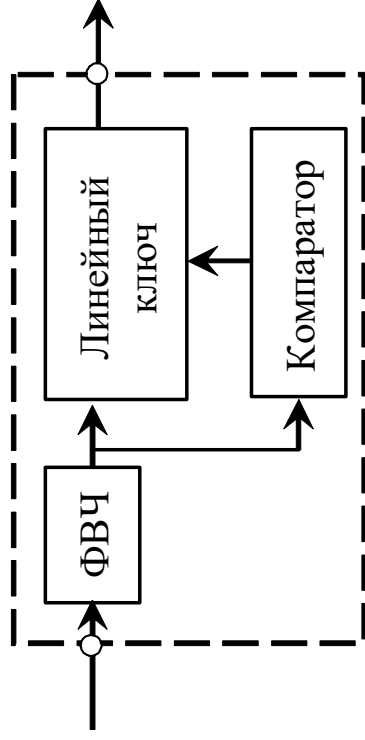
Использование сигнала с разнополярных щеток для оценки интенсивности искрения щеток



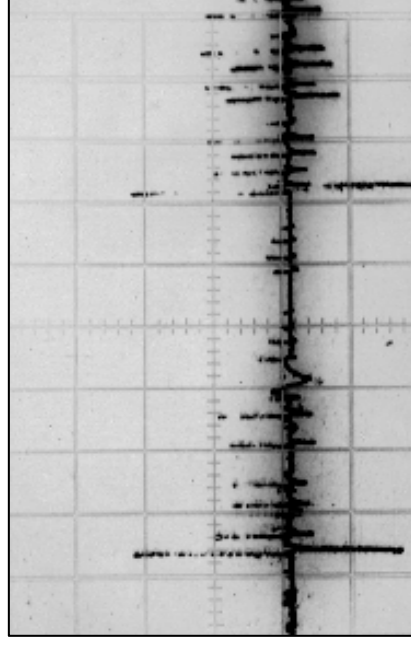
Функциональная схема приборов контроля коммутации



Осциллограммы напряжения на разнополярных щетках при уровне искрения 1 ½ балла



Входное устройство прибора ИИ-РП

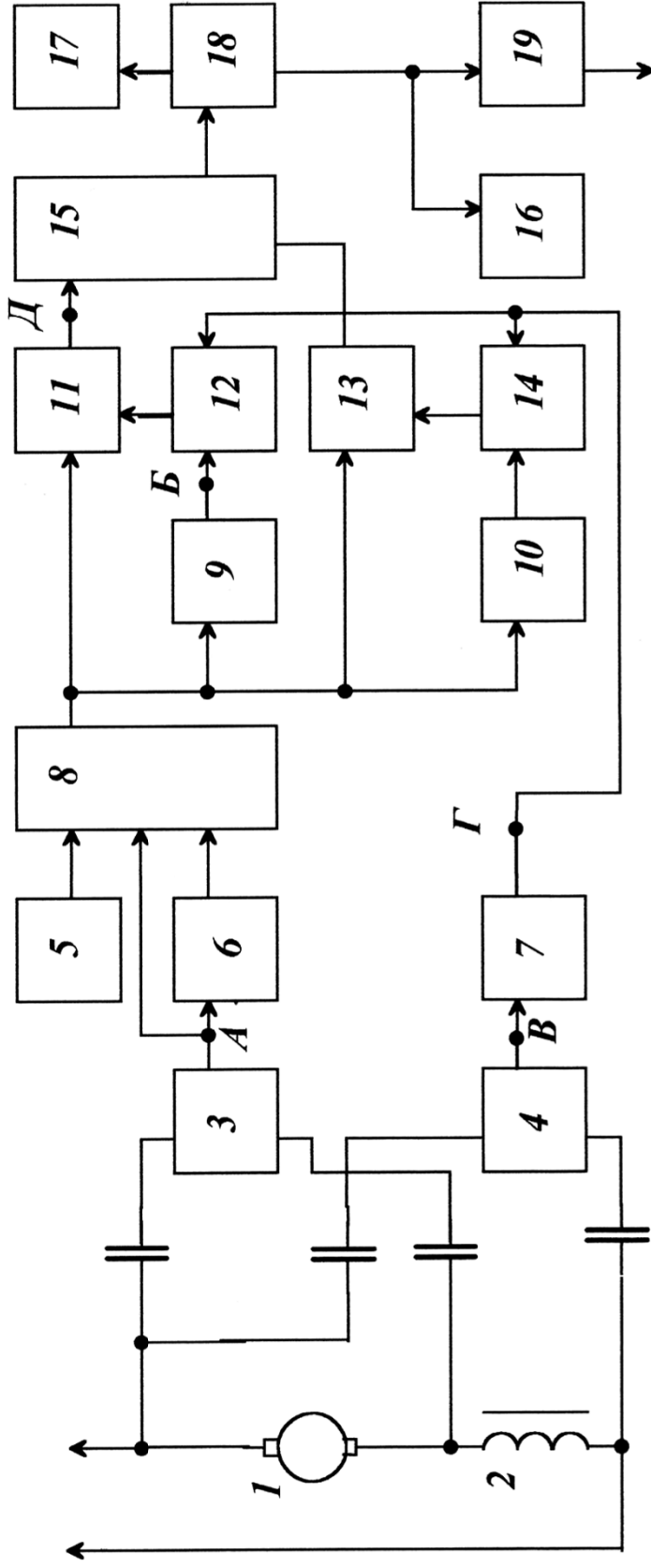


Осциллограммы напряжения на выходе ФВЧ при уровне искрения 1 ½ балла



Прибор контроля качества коммутации по сигналу с разнополярных щеток ПКК-5

Функциональная схема прибора ПКК-5



к ЭВМ

Двигатели постоянного тока

Уравнение напряжения для якорной цепи двигателя, работающего с постоянной частотой вращения

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

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

UI_a - мощность в цепи обмотки якоря

$I_a^2 \sum r_a$ - мощность электрических потерь в цепи якоря

$E_a I_a = P_{\text{эм}} = M\omega$ - электромагнитная мощность двигателя

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

Подставим в уравнение напряжений $E_a = C_E \Phi n$ и выразим n

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

Пуск двигателя постоянного тока

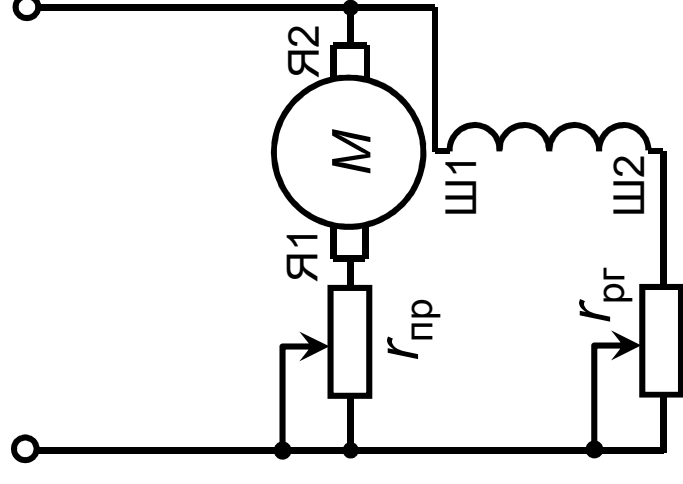
Из уравнения напряжений $I_a = \frac{U - E_a}{\sum r_a}$

В начальный момент пуска $n = 0 \Rightarrow E_a = 0$ и $I_{\text{пуск}} = \frac{U}{\sum r_a}$

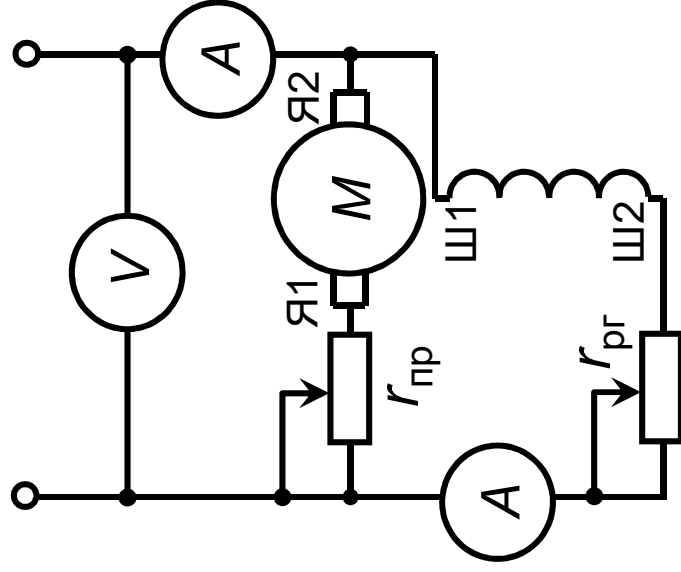
$$I_{\text{пуск}} = (10 \div 20) I_{a_{\text{НОМ}}}$$

В цепь якоря включают *пусковой реостат* $r_{\text{пр}}$

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



Двигатель параллельного возбуждения



Характерная особенность этого двигателя:

ток в обмотке возбуждения не зависит от нагрузки.

Рабочие характеристики:

ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛЕЗНОЙ МОЩНОСТИ

- частоты вращения $n_2 = f(P_2)$,

- полезного момента $M_2 = f(P_2)$,

- вращающего момента $M = f(P_2)$,

- тока якоря $I_a = f(P_2)$

при $U = const$

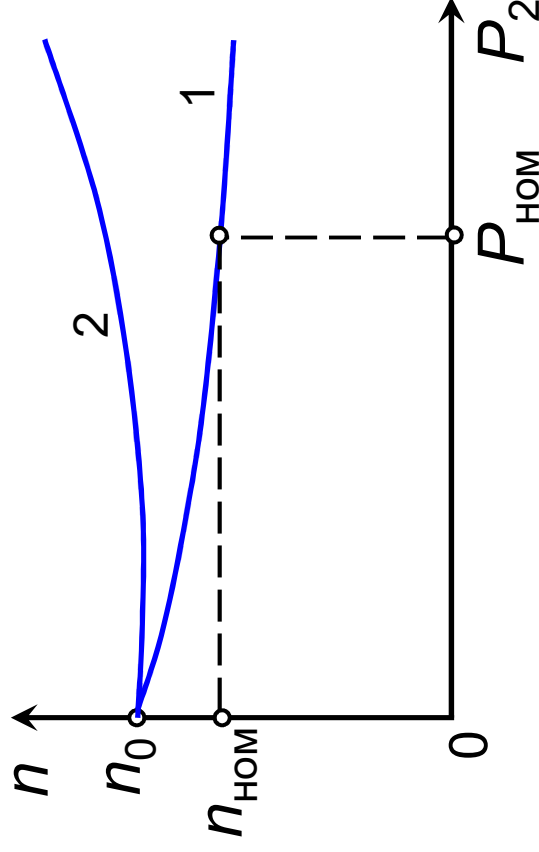
и $I_B = const$

Скоростная

характеристика $n = f(P_2)$,

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

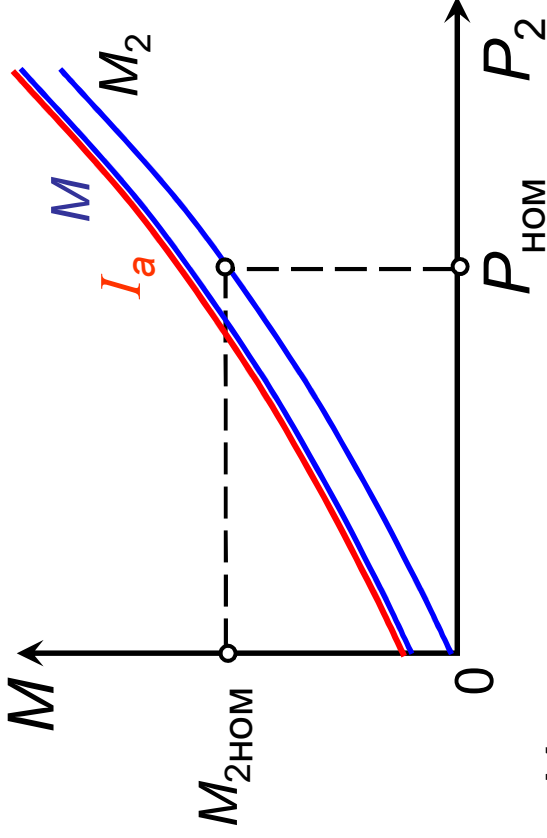
$$\Delta n_{\text{НОМ}} = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} \cdot 100\%$$



Двигатель параллельного возбуждения

Зависимость полезного момента от полезной мощности $M_2 = f(P_2)$

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



Вращающий момент $M = f(P_2)$

$$M = M_0 + M_2$$

Ток якоря $I_a = f(P_2)$

При $\Phi = \text{const}$ график $I_a = f(P_2)$ совпадает с графиком $M = f(P_2)$,

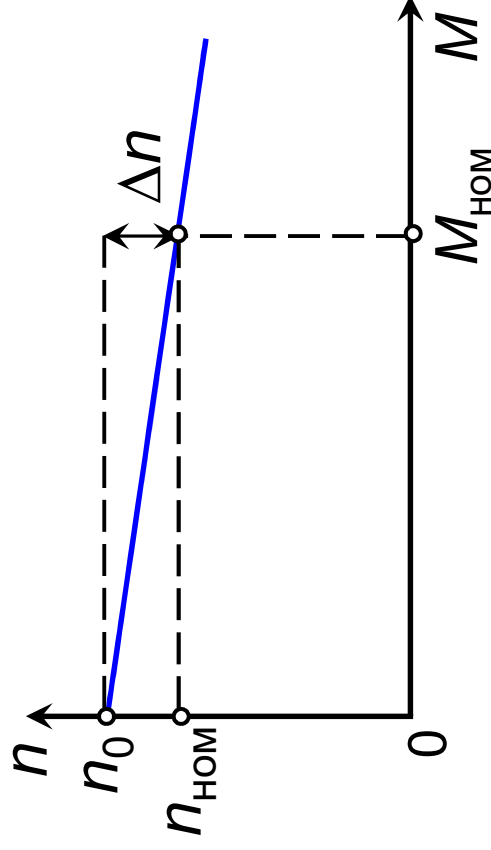
т. к. $M = C_M \Phi I_a$

Механическая характеристика $n = f(M)$,

$$n = \frac{U - I_a \sum r_a}{C_E \Phi} = \frac{U - I_a \sum r_a}{C_E \Phi} \cdot \frac{C_E \Phi}{C_M \Phi}$$

подставим $I_a = M / C_M \Phi$

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



Регулирование частоты вращения двигателя параллельного возбуждения

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

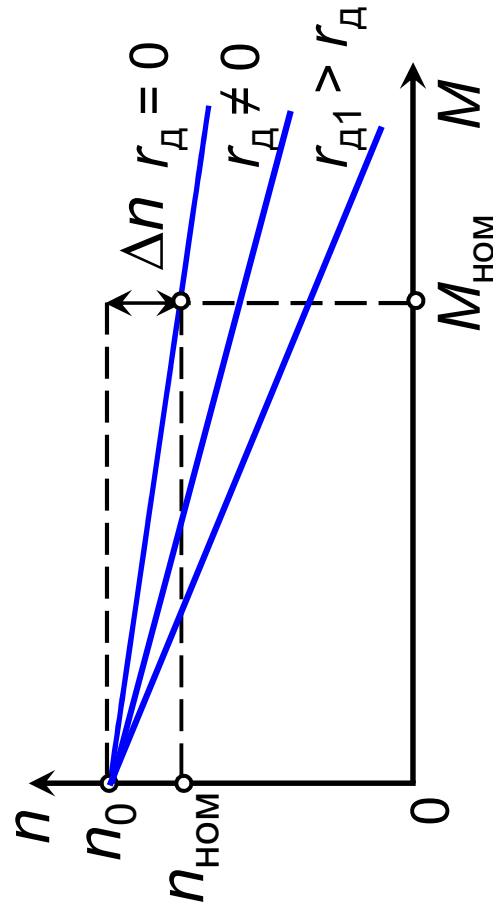
Регулировать частоту вращения можно:

- 1) изменением сопротивления в цепи якоря;
- 2) изменением основного магнитного потока Φ ;
- 3) изменением напряжения в цепи якоря.

1) Введение дополнительного сопротивления в цепь якоря

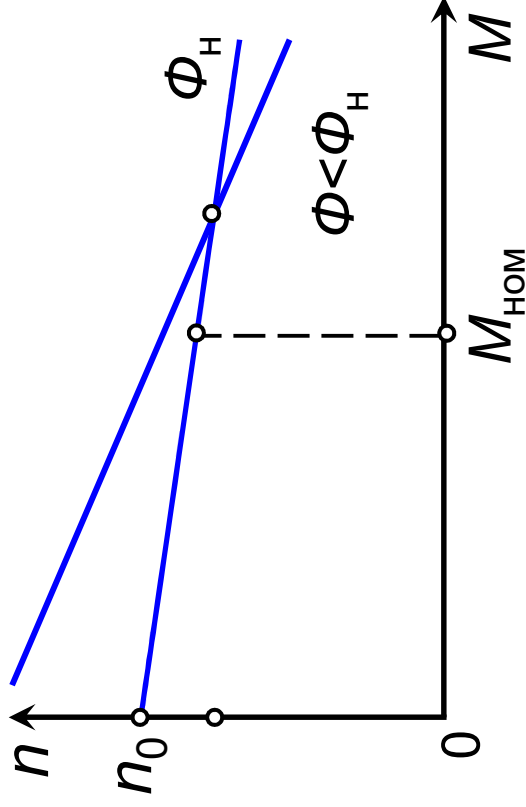
$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{M \sum r_a}{C_E C_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n$$

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



Регулирование частоты вращения двигателя параллельного возбуждения

2) Изменение основного магнитного потока Φ



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

При ослаблении Φ
 $n_0 \uparrow, \Delta n \uparrow$

3) Изменение напряжения в цепи якоря U

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

При снижении U
 $n_0 \downarrow, \Delta n = const$

