

12-ma'ruza: O'zgaruvchan tok stator chulg'ami EYuKlari, magnit yurituvchi kuchlari (MYuK) va magnit maydonlari

6.2. Uch fazali kollektorli motorlar

Uch fazali kollektorli motorlar o'rtasida eng ko'p ommalashishga erishgani bu ikki to'plam cho'tkali parallel uyg'otishdagi uch fazali kollektor motorlardir, masalan Shrage-Rixter motori (6.2-rasm) Bu motor 1910 yilda bir vaqtning o'zida Shrage va Rixterom tomonidan taklif etilgan.

Shrage va Rixter motorlari fazaviy rotorli asinxron motor konstruksiyasi bilan o'xshashdir. Farqi shundaki, rotor tirqishida ikkinchi ko'pfazali chulg'am joylashgan, seksiyalari kollektorga chiqariladi. EYUK $\pm\Delta E$ zanjirga ikkinchi qo'shimcha chulg'amni joriy qilish hisobiga keng chegarada chastota aylanishini roslashga motor imkon beradi[8].

Tarmoqda uch fazali kuchlanish cho'tka va halqa orqali rotorning 1 fazaviy chulg'amiga olib boriladi. Rotor tirqishlarida ikkinchi chulg'am 2 joylashadi, ikki qavatli, ko'p fazali 3 seksiyalar kollektorga chiqarish. Kollektor uch juft cho'tka bo'lib, ularga stator chulg'ami uch fazasi 4 ulangan. Stator chulg'ami odatda ikkiqavatli va birqavatli chulg'amlar tirqishda joylashadi. Mashinalar konstruksiyasi teskari rejimga o'tkazilgan mashina, takroriy chulg'am statorida joylashgan, kuchlanish bo'lsa rotorlar olib boriladi.

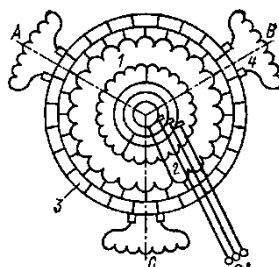
Tor tirqishda rotor chulg'amidan hosil qilingan magnit maydoni rotor aylanayotgan qarama-qarshi tomonga aylanadi va EYUK stator chulg'amiga $f_1=f_{2s}$ sirpanishni olib keladi. 2 rotor chulg'amidan cho'tka orqali chiqarilgan kollektor, xuddi shunday EYuK $f_1=f_{2s}$ olib tashlanadi. Bu EYUK tebranishi cho'tkalar qanchalik surilganidan bog'liq bo'ladi. (6.3-rasm). 6.3 a-rasm cho'tka qachonki rasmda ko'rsatilgan holatni egallasa, E bunda stator chulg'amiga olib kelingan EYuK E_1 dan ayiriladi Qachon cho'tkalar holati (6.3 b-rasm)ga mos kelsa, $\underline{E}=0$ bo'ladi. 6.3v-rasmda ko'rsatilgan cho'tkalar holatida EYuK \underline{E} bo'lsa \underline{E}_1 ga yig'iladi.

Agar \underline{E} ayirilsa, EYuK \underline{E}_1 kamayadi, I_1 tokni kamayishiga va aylanuvchi chastotani pasayishiga olib keladi. Agar $\underline{E}=0$ bo'lsa motor xuddi asinxron motor kabi ishlaydi. 6.3v-rasmga mos keluvchi cho'tkalar holatida \underline{E} bu yerda \underline{E}_1 ga yig'iladi va aylanish chastotasi sinxronidan yuqori bo'ladi. kollektor bo'yicha cho'tkalarni joyini ko'chirish qo'lda aylantiriladigan yoki yuritmal motor yordamida mexanizm orqali amalga oshiriladi.

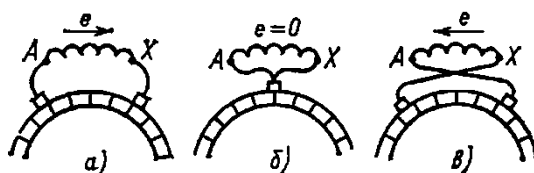
Stator zanjiriga qo'shimcha EYuK ni kiritilishi reaktiv quvvatni roslash imkonini beradi. Buning cho'tkalar (6.4-rasm) nosimmetrik joylashtiriladi. Shu bilan \underline{E} burchak ostiga \underline{E}_1 kirgiziladi, bu reaktivdan iborat bo'lgan tokni o'zgarishiga olib keladi va $\cos\varphi$ motorni ham o'zgartiradi.

Shrage -Rixter motorining ishchi tavsifi- asinxron motor tavsifiga o'xshashdir. Ishga tushirish tarmoqqa to'g'ri ulash bilan amalga oshiriladi.

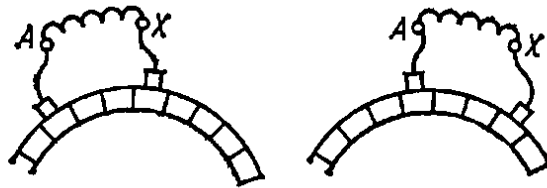
Energiyani elektromexanik o'zgartirishda baravarlashtirishni tuzish uchun bunday motorda asinxron mashinalarning tenglamasidan foydalanilish mumkin. Bunda ikkinchi chulg'amda



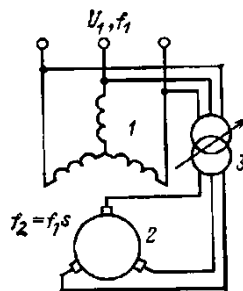
6.2-rasm. Shrage Rixter motori



6.3-rasm. ΔE cho'tka holatini o'zgartirish yo'li bilan roslash



6.4-rasm. $\cos\varphi$ cho'tka holatini o'zgartirish yo'li bilan roslash



6.5-rasm. parallel qo'zg'atishli uch fazali kollektorli motor

ΔE EYuK, chulg'ami hisobiga qarshilikni oshirish (6.2-rasm) va ikkilamchi chulg'amdan oqib o'tuvchi tokdan qo'shimcha MYuK.

O'zgaruvchan tokdagi kollektorli motorlar kommutatsiyasi o'zgarish tokdagi mashinalar kommutatsiyasidan farq qiladi, asosiy oqim o'zgarishi oqibatida kommutatsiyalanayotgan seksiyalarga reaktiv bilan bir qatorda transformatorli EYuKga yo'naltiriladi. Transformatorli EYuK yuklamadan bog'liq bo'ladi va reaktiv EYuKga nisbatan faza bo'yicha siljiriladi.

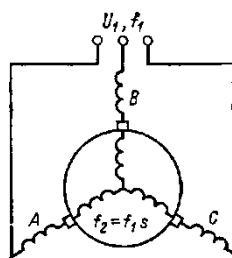
O'zgaruvchan tokdagi kollektorli motorlarning ko'pchilik xilida qo'shimcha qutblar qo'llanilmaydi, chunki kommutatsiya ishchi maydoni zonasida hosil bo'ladi va transformatorli EYuKni kompensatsiya qilib bo'lmaydi.

Rixter-Shrage motorlari 1.5-250 kVt quvvatda aylanish chastotasini roslash chegarasi bilan 2:1 yoki 4:1. Uch juft cho'tka mavjudligi, qiyin kommutatsiya va qo'lda boshqarish bunday motorlarni boshqarishni cheklab qo'yadi. Rossiyada Rixter-Shrage motorlari elektrotexnika sanoati ishlab chiqarilmaydi.

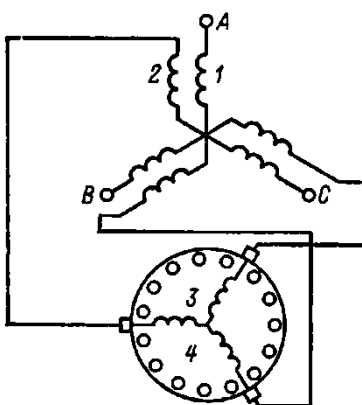
Stator orqali to'yinadigan parallel qo'zg'atiladigan uch fazali kollektorli motorlar. Bunday motorlar ham xuddi o'sha Rixter Shrage motorlari kabi tavsiflarga molik bo'lib, E EYuK rotor zanjiriga roslanadigan ikkilamchi roslanma kuchlanishli transformator yoki induksion roslanma yordamida kiritiladi (6.5-rasm). Stator 1 chulg'ami asinxron mashina statoridan farq qilmaydi, U_1, f_1 ga ulanadi. Rotorda kollektorga chiqarilgan ko'p chulg'amli 2 seksiyali chulg'am mavjud. Rotorga f_1, f_1s chastotali EYuK yurgiziladi. Qo'shimcha EYuK 3 roslash qurilmasi 3 yordamida kiritiladi.

Kommutatsiyani yaxshilash uchun ba'zida uchta cho'tka o'rniga ba'zida oltita o'rnatiladi, ya'ni E EYuK uch fazali roslash sistemasi o'rniga oltifazalik qo'llaniladi. Bu rotor fazalarida tokni kamaytiradi va reaktiv EYuKni kamaytiradi.

Ketma-ketlikda qo'zg'atiladigan uch fazali kollektorli motorlar rotor va stator chulg'amini ketma-ket ulashga ega bo'ladi. (6.6-rasm). Aylanish chastotasini roslash cho'tkani burilish yo'li yoki olib kelinadigan kuchlanishni o'zgarishi orqali amalga oshiriladi. Bunday motorlarning mexanik tavsifi ketma-ket qo'zg'atiladigan motor tavsifiga o'xshashdir.



6.6-rasm. Ketma ket uyg'otishdagi uch fazali kollektorli motor



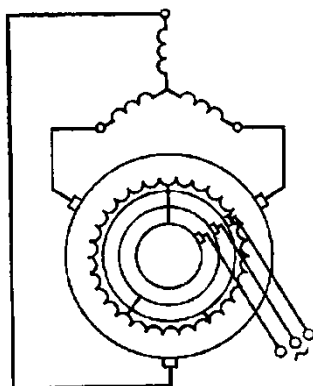
6.7-rasm. Stator tomonidan to'yingan kompensatsiyalangan uch fazali asinxron motor

Cho'tka holatidan qat'iy nazar motor rotori aylanayotgan maydon tomon, xuddi va maydonga qarshi aylanishi mumkin.

Barcha asinxron mashinalardagi kabi o'zgaruvchan tokli kollektorli tarmoqdan olingan motorlar elektr quvvati aylanayotgan maydonda rotorga uzatiladi. Ana quvvat qismi $P_{em}(1-s)$ mexanik quvvatga o'zgaradi. Asinxron mashinalarda quvvat P_{ems} issiqlikka o'zgaradi. O'zgaruvchan tokdagi kollektorli motorlarda quvvatning bu qismi kollektor orqali tarmoq chastotasida sirpanish chastotasini o'zgartiruvchi yana tarmoqqa beriladi. Shunday qilib mashina mexanik o'zgartirish chastotasi konstruksiyasiga kirishda kollektorlar mashinani sirpanishda energiyani tarmoqqa berish hisobiga iqtisodiy ishlashini ta'minlaydi.

Kompensatsiyalangan uch fazali asinxron motorlar. Bunday mashinalarda parallel uyg'otishdagi kollektorli mashinalarning bir turi hisoblangan qo'shimcha E EYUK quchlanish koeffitsientini roslash uchun rotor zanjiriga kiritiladi. Shu bilan kollektorli chulg'am va kollektor uncha katta bo'lmagan quvvatga mo'ljallanadi. Rotor va stator tomonidan to'yingan holda kompensatsiyalangan motor bajariladi.

6.7-rasmda stator tomonidan to'yingan mashina sxemasi taqdim etilgan. Statorda asosiy chulg'am joylashgan 1 va yordamchi 2 kollektorli chulg'amni to'yintirish uchun kam miqdordagi chulg'am 3. Rotorda kollektorli chulg'amdan tashqari,



6.8-rasm. Rotor tomonidan to'yingan kompensatsiyalangan kollektorli motor
Asinxron mashinaning 4 qisqa tutashuvchi chulg'am yoki fazaviy o'sha tirqishlarni o'zida joylashadi.

Cho'tka kollektorda shunday joylash tiriladiki, E_{EYuK} sirpanish sE_2 dan E_{YuK} ilgarilab ketishi kerak. Bunday sharoitlarda dastlabki chulg'am magnitlangan tokni fazalar orasidagi U_1 va U_1 siljishni kompensatsiyalaydi va $\cos\varphi=1$ teng bo'lganda mashina ishlashi mumkin.

K.I.Shenfer profrezirlangan tirqishli massiv rotorni ikkilamchi chulg'am sifatida foydalanishni taklif qilgan, u kollektorli chulg'amda sig'dirilgan bo'ladi.

6.8-rasmda rotor tomonidan to'yingan kompensatsiyalangan kollektorli motor sxemasi ko'rsatilgan. Statorda kollektorga ulangan bitta chulg'am mavjud. Rotorda ikkita chulg'am mavjud asosiy va yordamchi.

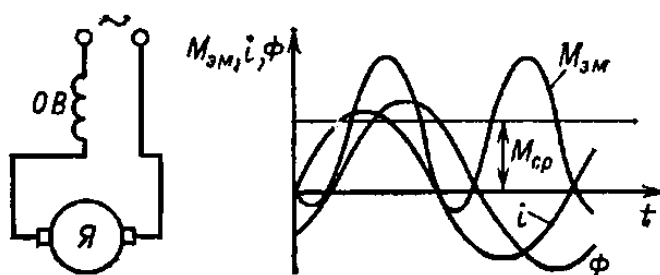
Yuqorida ko'rib chiqilgan mashinalarning sxemasidan ko'rinib turibdiki unga ulangan chulg'am reaktiv quvvat manbasi bo'lishi mumkin. Kompensatsiyalangan asinxron mashinalar $\cos\varphi=1$ da ishlashi mumkin.

Asrning boshida o'nlab o'zgaruvchan tokli kompensatsiyalangan kollektorli motorlar sxemasi taklif etilgan edi. Eng ko'p tarqalgan mashinalardan biri ayonqutbli uchfazali kompensatsiyalangan kollektorli mashina bo'lib, uni A.Sherbus tomonidan, M.P.Kostenko va N.S.Yapolskiy va boshqalar motorlari taklif etilgan [10]

Hozirgi kunda uch fazalik kollektorli mashinalar uncha qo'p qo'llanilsada, ularda ish jarayonlari energiyani elektromexanik o'zgartirishni tushunish uchun muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy elektr simlarda chastotaning yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlar keng qo'llaniladi, u kollektor chastotani mexanik o'zgartirish o'rmini bosadi. Kollektorli mashinani bilish elektrli mashinalarni birgalikda yarim o'tkazgichli o'zgartirgichni ishlashini yaxshi tushunib olish imkonini beradi.

6.3. Bir fazali kollektorli motorlar

Bir fazali kollektorli motorlar maishiy elektr asbob uskunalarda (polpardozagich, pelesos, dastaki asbob, kir yuvish mashinalari va boshq.) keng qo'llaniladi. Odatda ularning quvvati yuz vatt dan oshmaydi, aylanish chastotasi 30000 ob/min gacha boradi. 6.9-rasmda ketma-ket uyg'otilgan bir fazali kollektorli mashinalar.



6.10-rasm. Kollektoli motorlarda elektrmagnitli moment

Aniq ifodalangan qutbda joylashgan va ketma ket bir fazali chulg'amli Ya yakorga ulangan bir fazali kollektorli motorlar (6.9-rasm) OV- qo'zg'atish chulg'amini to'planganlikga ega, uning seksiyalari kollektorga ulangan. Po'latda isroflarni kamaytirish uchun stator va rotor shixtalangan holda bajariladi. Ketma-ket uyg'otilgan o'zgarmas tokdagi motorlar konstruksiyasi bir fazali kollektorli motorlar konstruksiyasi bilan o'xshashdir.

Ketma ket uyg'otilgan bir fazali kollektorli motorlarda uyg'otish oqimi F va i tok deyarli fazaga mos tushadi (6.10-rasm) shuning uchun elektrmagnitli moment oqimi va tok yo'nalishini o'zgarishi uncha katta bo'lmagan manfiy qismga ega, motorda o'rtacha moment esa shuncha ko'p bo'ladi, F va i oralig'idagi fazalari bo'yicha siljish shuncha kam bo'ladi. Shunday qilib uyg'otishning ketma-ket chulg'ami kam chulg'am miqdoriga ega bo'ladi, uning induktiv

qarshiligi uncha ko'p bo'lmaydi. Parallel qo'zg'atishli bir fazali kollektorli motorlar amalda uncha qo'llanmaydi, ko'p chulg'am miqdori chunki qo'zg'atish chulg'ami katta induktiv qarshilikka ega.

Bir fazali kollektorli motorlar uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$U = E + rI + jxI \quad (6.1)$$

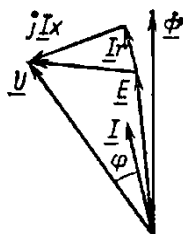
Bu yerda: $x=x_a+x_v$ - yakor induktiv qarshiligi va qo'zg'atish chulg'ami; r -yakor chulg'ami aktiv qarshiligi va qo'zg'atish chulg'ami.

(6.1) tenglama ketma-ket qo'zg'atiladigan o'zgarmas tokdagi motorning kuchlanish

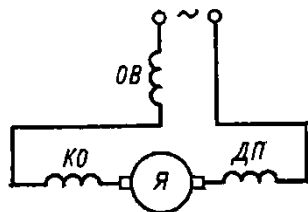
tenglamasidan $i_x I$ a'zosini mavjudligi bilan farqlanadi.

(6.1) uchun vektorli diagramma qurilgan bo'lishi mumkin (6.11-rasm). Bir fazali kollektorli motorlarda $\cos \varphi \approx 0,7$ dan $0,95$. Mexanik tavsiflari ketma-ket qo'zg'atiladigan o'zgarmas tokdagi motorning tavsifi bilan o'xshashdir. Aylanish chastotasini roslash keltirilgan kuchlanish yoki qo'zg'atish chulg'ami, yakorni shuntlashni o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Yakor chulg'amining kommutatsiyalanadigan seksiyasiga reaktiv EYUK kiritiladi e_r va transformatorli EYUK e_t . Reaktiv EYUK aylanish chastotasi va yuklamaga bog'liq bo'ladi. Transformatorli EYUK kommutatsiyalanadigan seksiyaga oqim o'zgarishi hisobiga to'planadi.



6.11-rasm. Bir fazali kollektorli motorning vektorli diagrammasi.



6.12-rasm. Kompensatsiyalangan chulg'am va qo'shimcha qutbli vektorli diagramma.

Transformatorli EYuK va reaktiv EYuK 90^0 gacha siljirilgan. Transformatorli EYuK mavjudligi o'zgaruvchan tokli kollektor motor kommutatsiyasini yomonlaydi.

Uncha katta bo'lmagan quvvatdagi motorlar qo'shimcha qutblarsiz bajariladi. Kollektorli motorlar kommutatsiyasini yaxshilash uchun KCH kompensiyalovchi chulg'am va qo'shimcha qutblarda (6.12-rasm) bajariladi. Kollektorli mashinalarda barcha rejimlarda e_r va e_t ni kompensatsiyalab bo'lmaydi va o'zgarmas tokdagi mashinalarga ko'ra o'zgaruvchan tok kollektorli motorlarida kommutatsiya juda yomon bo'ladi.

Kompensatsiyali chulg'am induktiv qarshilikni kamaytiradi, chunki u yakor reaksiyasi oqimini kompensatsiyalaydi va ilashma oqimni kamaytiradi. Motor induktiv qarshiligini kamaytirish $\cos \varphi$ ni oshishiga olib keladi.

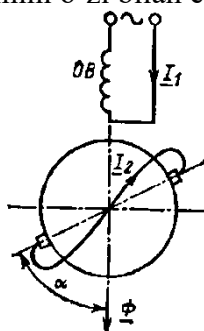
Uncha katta bo'lmagan quvvatdagi motorlarda kompesatsiyalovchi chulg'am bir joyga o'raladi, katta quvvatli motorlarda esa tarqoq o'raladi.

1500 kVt gacha quvvatdagi quadratli kollektorli motorlar ko'pgina g'arbiy Evropa mamlakatlarida yuk tortuvchi sifatida qo'llashadi. O'zgaruvchan tok $16 \frac{2}{3}$ chastotasi yoki 25 Gs bo'ladi. Sobiq ittifoq davrida elektr tortqilarni o'zgarmas va o'zgaruvchan tok amalga oshiriladi. 25-30 kV o'zgaruvchan tokda elektrofikatsiyalangan temir yo'llarda, elektr tashuvchilarda

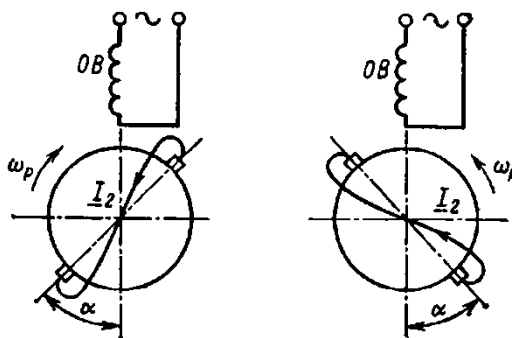
o'zgarmas tokli tortish motorlaridan to'yinadigan pasaytiruvchi transformatorlar, to'g'rilagichlar o'rnatiladi.

Bir fazali kollektorli motorlarda o'zgarmas tokli motorlarda ketma-ket qo'zg'atish bir biriga yaqin. Universal kollektorli motorlar ishlab chiqarilmoqda, ular o'zgarmas va o'zgaruvchan tokda ishlashadi. O'zgarmas va o'zgaruvchan tokda xuddi shunday tavsiflarni olish uchun qo'zg'atish chulg'amida chulg'amdand ajratib chiqarilgan simni almashlab ulash zarur. O'zgaruvchan tokda ishlovchi bir xilda to'yinadigan kuchlanishlarda qo'zg'atish chulg'amida chulg'amlar sonini kamaytirish zarur.

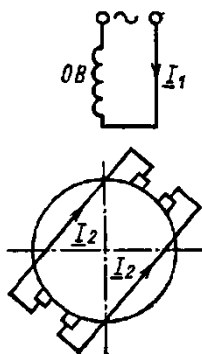
O'zgaruvchan tokdagi kollektorli motorlar o'zgarmas tokdagi motorlar kabi radio shovqinlar manbasi bo'lib hisoblanadi. Radio shovqinlarni kamaytirish uchun qo'zg'atish chulg'amida ikki qismga bo'linadi va kondensatorlar chiqarma oxiri va korpus orasiga ulanadi (5.45.rasmga qarang) Repulsli motorlar. Bu bir faza kollektorli motorlar, ularda yakor qo'zg'atish chulg'ami qo'zg'atish chulg'amini o'zi bilan elektr aloqaga ega bo'lmaydi, rotorga



6.13-rasm. Repulsli motor



6.14-rasm. Cho'tka holatida repulsli motorning aylanish yo'nalishiga aloqasi



6.15-rasm. Qo'sh to'plamli cho'tkali repuls motorli

Energiya transformator yo'li orqali uzatiladi. (6.13-rasm). Aylanish chastotasini rostlash cho'tkani burilishida ijro qilinadi. Repuls motorlar bir necha o'n kilovatt quvvatda tuziladi.

$\alpha = 0$ bo'lganda cho'tka o'qi F oqim yo'nalishi bilan mos kelsa, yakorga maksimal tok I_2 olib kelinadi, ammo moment nolga teng bo'ladi, tor tirqishda teskari va to'g'ri maydon bir xil moment hosil qiladi va $n=0$ bo'ladi. $\alpha = 90^\circ$ yakorda tok $I_2=0$ va moment ham nolga teng bo'ladi. $\alpha \neq 0$ burchakda va

$\alpha \neq 90$ repulsi motor momentni rivojlantiradi. Dvigatelning nominal momenti $\alpha = 15 \dots 25^0$ rivojlanadi. Motorning rotor oqimi cho'tkalarni o'qi siljishidan bog'liq bo'lib soat strelkasi bo'ylab va unga teskari aylanadi. (6.14-rasm)

Repulsi motorlar qo'sh to'plamli cho'tkada bajariladi (6.15-rasm). Qo'sh to'plamli cho'tka uning ostidagi I_2 tokni kamaytiradi, shuningdek aylanish chastotasini yana ham ravon rostlaydi. Cho'tkalar birdaniga buraladi yoki bir juft cho'tka qo'zg'almasdir, boshqasi bo'lsa buriladi. Repuls motorlar qo'sh to'plamli cho'tkalar bar to'plamli cho'tkalarga ko'ra katta quvvatda tayyorlanadi.

Repulsi motorlar kompensatsion chulg'am qo'llaniladi, u ketma-ket qo'zg'atish chulg'amiga ulangan bo'ladi. Repuls motorlarda qo'shimcha qutblar qo'llanilmaydi, chunki o'q cho'tkada aralashib ketadi.

O'zgaruvchan tokli kollektorli motorlarni qisqacha ko'rib chiqish ularni boy imkoniyatlarini qo'llashni namoyish etish va energiyani elektr mexanik o'zgartirish haqida bo'lgan tasavvurni kengaytiradi.