**Mavzu: O’zgarmas to’k dvigatellari va turlari ishlash prinsplari.**

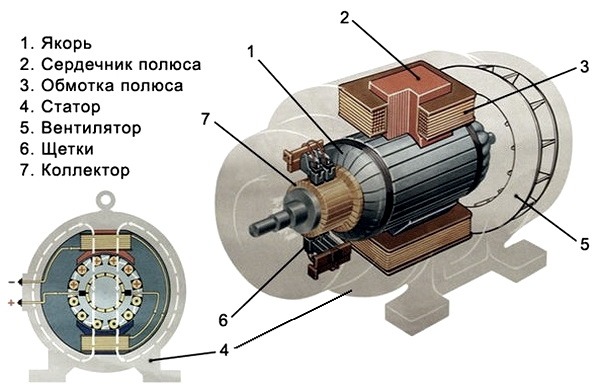
To'g'ridan-to'g'ri oqim bilan ishlaydigan elektr motorlar, o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan motorlarga qaraganda kamroq qo'llaniladi. Uy sharoitida doimiy motorlar odatdagi doimiy batareyalar bilan ishlaydigan bolalar o'yinchoqlarida qo'llaniladi. Ishlab chiqarishda doimiy dvigatellar turli xil jihozlar va uskunalarni boshqaradi. Ular kuchli batareyalar to'plamlari bilan ishlaydi.

**Qurilma va ishlash prinsipi**

Doimiy motorlar konstruktsiyasi bo'yicha o'zgaruvchan tok sinxron motorlariga o'xshaydi, tokning turiga farq qiladi. Oddiy demo motor modellarida bitta magnit va u orqali oqim oqadigan ramka ishlatilgan. Bunday qurilma oddiy misol sifatida ko'rib chiqildi. Zamonaviy dvigatellar - bu yuqori quvvatni rivojlantirishga qodir bo'lgan murakkab va murakkab qurilmalar.

Dvigatelning asosiy sargısı kollektor va cho'tka mexanizmi orqali quvvat bilan ta'minlangan armatura. U stator (dvigatel korpusi) qutblari tomonidan hosil bo'lgan magnit maydonda aylanadi. Armatura bir nechta sariqlardan yasalgan, uning teshiklariga yotqizilgan va u erda maxsus epoksi birikmasi bilan mahkamlangan.

Stator dala sargısı yoki doimiy magnitdan iborat bo'lishi mumkin. Kam quvvatli dvigatellarda doimiy magnitlanganlar ishlatiladi va kuchi ortgan dvigatellarda stator maydon o'rashlari bilan jihozlangan. Stator armatura o'qini aylantirishga xizmat qiladigan o'rnatilgan podshipniklar bilan qopqoqlari bilan uchidan yopiladi. Ushbu o'qning bir uchiga sovutish foniy biriktirilgan bo'lib, u havo bosimini hosil qiladi va ish paytida uni dvigatelning ichki qismidan o'tkazadi.



Bunday dvigatelning ishlash printsipi Amper qonuniga asoslanadi. Tel ramkasini magnit maydonga qo'yishda u aylanadi. U orqali o'tadigan oqim o'z atrofida magnit maydon hosil qiladi, tashqi magnit maydon bilan ta'sir o'tkazadi, bu esa ramkaning aylanishiga olib keladi. Dvigatelning zamonaviy dizaynida sarg'ish armatura ramka rolini o'ynaydi. Ularga oqim beriladi, natijada armatura atrofida magnit maydon hosil bo'ladi va bu uning aylanishiga olib keladi. Armatura sariqlariga o'zgaruvchan tok etkazib berish uchun grafit va mis qotishmasidan tayyorlangan maxsus cho'tkalar ishlatiladi.

O’ramlarning sarg'ishlarining xulosalari armatura o'qiga mahkamlangan lamellar halqasi shaklida yasalgan kollektor deb nomlangan bir birlikka birlashtiriladi. Cho'tkasi o'qi aylanganda, kollektor lamellari orqali navbat bilan armatura sariqlariga quvvat beriladi. Natijada, dvigatel o'qi bir xil tezlikda aylanadi. Armatura qancha sariq bo'lsa, vosita shunchalik teng ishlaydi.

Cho'tkasi yig'ilishi vosita dizaynidagi eng zaif mexanizmdir. Ish paytida mis-grafit cho'tkalari kollektorga ishqalanadi, uning shaklini takrorlaydi va doimiy kuch bilan unga qarshi bosadi. Ish paytida cho'tkalar eskiradi va ushbu aşınma mahsuloti bo'lgan Supero'tkazuvchilar chang vosita qismlariga joylashadi. Ushbu changni vaqti-vaqti bilan olib tashlash kerak. Odatda, changni tozalash yuqori bosimli havo bilan amalga oshiriladi.

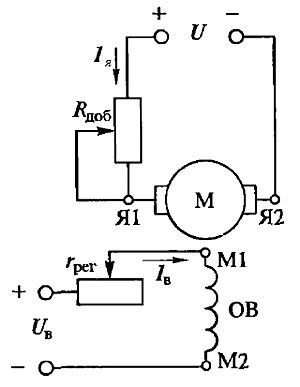
Cho'tkalar ularning vaqti-vaqti bilan oluklarda harakatlanishini va havo bilan puflanishini talab qiladi, chunki ular to'plangan changdan hidoyat oluklariga tiqilib qolishi mumkin. Bu cho'tkalarning kollektor ustiga osilishiga va dvigatelning ishlashini buzishiga olib keladi. Cho'tkalarni eskirishi sababli vaqti-vaqti bilan almashtirish kerak. Kollektorning cho'tkalar bilan aloqa qiladigan joyida kollektor ham eskirgan. Shuning uchun, kiyganda, langar olib tashlanadi va kollektor tornada buriladi.

Kollektorning yividan keyin kollektorning lamellari orasidagi izolyatsiya cho'tkalarni yo'q qilmasligi uchun kichik chuqurlikda silliqlanadi, chunki uning kuchi cho'tkalarning kuchidan sezilarli darajada oshadi.

**Doimiy motorlar qo'zg'alish xarakteriga ko'ra bo'linadi:**

**Mustaqil hayajon**

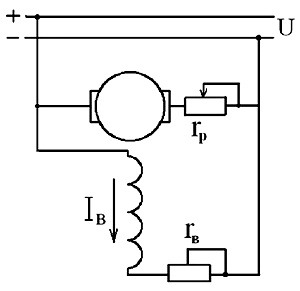
Ushbu turdagi qo'zg'alish bilan sariq tashqi quvvat manbaiga ulanadi. Bunday holda, dvigatelning parametrlari doimiy magnitlangan dvigatelga o'xshaydi. Inqiloblar armatura sariqlarining qarshiligi bilan o'rnatiladi. Tezlik maydonni o'rash davriga kiritilgan maxsus tartibga soluvchi reostat tomonidan boshqariladi. Qarshilikning sezilarli pasayishi yoki ochiq elektron bilan armatura oqimi xavfli qiymatlarga ko'tariladi.



Mustaqil ravishda qo'zg'aladigan motorlarni yuklamasdan yoki engil yuk bilan ishga tushirish kerak emas, chunki uning tezligi keskin oshadi va vosita ishlamay qoladi.

*Parallel qo'zg'alish*

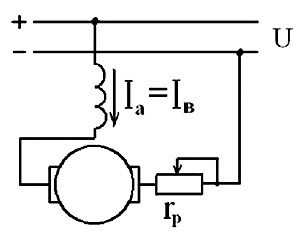
Dala va rotor sariqlari bitta oqim manbai bilan parallel ravishda bog'langan. Ushbu tartibga solish bilan, dala sarg'ish oqimi rotor oqimidan sezilarli darajada pastroq. Dvigatel parametrlari juda qattiqlashadi va fanatlar va dastgoh asboblarini boshqarish uchun ishlatilishi mumkin.



Dvigatelning tezligini boshqarish maydon o'rashlari bilan yoki rotor pallasida ketma-ketlikdagi reostat tomonidan ta'minlanadi

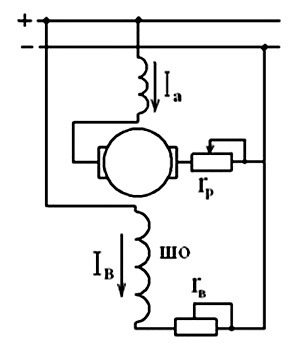
Ketma-ket hayajon

Bunday holda, hayajonli sarg'ish armatura bilan ketma-ket ulanadi, natijada ushbu sariqlardan bir xil oqim oqadi. Bunday dvigatelning aylanish tezligi uning yuklanishiga bog'liq. Dvigatel yuklamasdan ishlamasligi kerak. Biroq, bunday dvigatel yaxshi boshlang'ich parametrlariga ega, shuning uchun shunga o'xshash sxema og'ir elektr transport vositalarining ishlashida qo'llaniladi.



Aralash hayajon

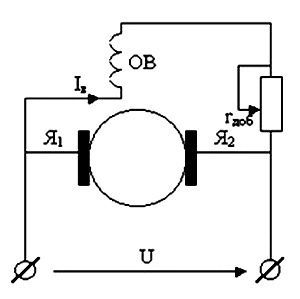
Ushbu sxema har bir dvigatel ustunida ikkita dala sarg'ishidan juft bo'lib foydalanishni nazarda tutadi. Ushbu sariqlarni ikki yo'l bilan bog'lash mumkin: oqimlarni qo'shish yoki ularni ayirish bilan. Natijada, elektr motor parallel yoki ketma-ket qo'zg'aladigan motorlar bilan bir xil xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin.



Dvigatelni teskari yo'nalishda aylantirishga majbur qilish uchun sariqlarning birida kutupluluk teskari yo'naltiriladi. Dvigatelning aylanish tezligini va uni ishga tushirishni boshqarish uchun turli rezistorlarni bosqichma-bosqich almashtirish qo'llaniladi.

Faoliyat xususiyatlari

Shahar motorlari ekologik toza va ishonchli. Ularning o'zgaruvchan tok motorlaridan asosiy farqi aylanish tezligini keng diapazonda sozlash qobiliyatidir.



Bunday doimiy motorlar generator sifatida ham foydalanishlari mumkin. Dala sarg'ishidagi yoki armaturadagi oqim yo'nalishini o'zgartirib, siz dvigatelning aylanish yo'nalishini o'zgartirishingiz mumkin. Dvigatel milining tezligini boshqarish o'zgaruvchan qarshilik yordamida amalga oshiriladi. Ketma-ket qo'zg'alish davri bo'lgan dvigatellarda bu qarshilik armatura pallasida joylashgan va aylanish tezligini 2-3 baravar kamaytirishga imkon beradi. Ushbu parametr uzoq vaqt ishlamaydigan mexanizmlar uchun javob beradi, chunki reostat ish paytida juda qiziydi. Tezlikni oshirish qo'zg'atuvchi sarg'ish pallasida reostatni kiritish orqali hosil bo'ladi.

Armatura pallasida parallel qo'zg'alish davri bo'lgan motorlar uchun reostatlar ham tezlikni yarimga kamaytirish uchun ishlatiladi. Agar qarshilik maydonni o'rash zanjiriga ulangan bo'lsa, bu tezlikni 4 barobarga oshiradi. Reostatni ishlatish issiqlikni chiqarish bilan bog'liq. Shuning uchun zamonaviy dvigatel konstruktsiyalarida reostatlar tezlikni juda qizdirmasdan boshqaradigan elektron elementlar bilan almashtiriladi. Shahar motorining samaradorligiga uning kuchi ta'sir qiladi. Zaif shahar dvigatellari kam samaradorlikka ega va ularning samaradorligi taxminan 40% ni tashkil qiladi, 1 MVt quvvatga ega elektr motorlar esa 96% gacha ishlaydi.

Shahar motorlarining afzalliklari

Kichik umumiy o'lchamlar.

Oson boshqarish.

Oddiy qurilish.

Hozirgi generatorlar sifatida foydalanish imkoniyati.

Tezkor ishga tushirish, ayniqsa seriyali qo'zg'atuvchi motorlar uchun odatiy.

Milning aylanish tezligini silliq sozlash imkoniyati.

Kamchiliklar

Ulanish va ishlash uchun siz maxsus shahar quvvat manbaini sotib olishingiz kerak.

Yuqori narx.

Mis grafitli yuqori aşınma cho'tkalar shaklida sarflanadigan narsalarning mavjudligi, eskirgan kollektor, bu xizmat muddatini sezilarli darajada qisqartiradi va vaqti-vaqti bilan ta'mirlashni talab qiladi.

Foydalanish doirasi

DC motorlar elektr transport vositalarida keng ommalashgan. Bunday dvigatellar odatda dizaynlarga kiritilgan:

* Elektr transport vositalari.
* Elektrovozlar.
* Tramvaylar.
* Elektr poyezdi.
* Trolleybuslar.
* Yuk ko'tarish va tashish mexanizmlari.
* Bolalar o'yinchoqlari.

Aylanish tezligini keng doirada boshqarish zarurati bilan sanoat uskunalari.

# Sinxron motor - Synchronous motor

**[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:Single_phase_low_power_synchronous_clock_motor_with_removed_cover.jpg)**

**Analog soatlarda ishlatiladigan miniatyura sinxron motor. Rotor doimiy magnitlangan.**

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:Synchronmot.jpg)

**Mikroto'lqinli pechdan ajraladigan pastga tushirish moslamasi bo'lgan kichik sinxron motor**

Asinxron elektr motor bu [AC vosita](https://uz.wiki2.wiki/wiki/AC_motor) unda, da [barqaror holat](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Steady_state),[[1]](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Synchronous_motor#cite_note-Fitzgerald1971b-1) milning aylanishi bilan sinxronlashtiriladi [besleme oqimining chastotasi](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Utility_frequency); aylanish davri to'liq integral soniga teng [AC](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Alternating_current) tsikllar. Sinxron motorlar ko'p fazali o'zgaruvchan tokni o'z ichiga oladi [elektromagnitlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Electromagnet) ustida [stator](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Stator) hosil qiluvchi dvigatelning [magnit maydon](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Magnetic_field) chiziq oqimining tebranishlari bilan o'z vaqtida aylanadigan. Rotor doimiy magnitlar yoki elektromagnitlar bilan stator maydoni bilan bir xil tezlikda aylanadi va natijada har qanday o'zgaruvchan o'zgaruvchan dvigatelning ikkinchi sinxronlangan aylanadigan magnit maydonini ta'minlaydi. Sinxron vosita deb nomlanadi [*ikki marta oziqlangan*](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Brushless_wound-rotor_doubly_fed_electric_machine) agar u rotorda ham, statorda ham mustaqil ravishda qo'zg'aladigan ko'p fazali o'zgaruvchan tok elektromagnitlari bilan ta'minlangan bo'lsa.

Sinxron motor va [asinxron motor](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Induction_motor) AC motorining eng ko'p ishlatiladigan turlari. Ikkala turdagi farq shundan iboratki, sinxron dvigatel rotor magnit maydonini hosil qilish uchun oqim induksiyasiga tayanmagani uchun chiziq chastotasiga qulflangan tezlikda aylanadi. Aksincha, asenkron motor talab qiladi [*siljish*](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Slip_(motors)): rotorning o'rashida oqim hosil qilish uchun rotor o'zgaruvchan o'zgaruvchilardan biroz sekinroq aylanishi kerak. Kabi sinxron motorlar vaqtni aniqlashda qo'llaniladi [sinxron soatlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Electric_clock#Synchronous_clock), [taymerlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Timer) qurilmalarda, [magnitafonlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Tape_recorder) va aniqlik [servomekanizmlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Servomechanism) unda vosita aniq tezlikda ishlashi kerak; tezlikning aniqligi [elektr uzatish liniyasining chastotasi](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Utility_frequency), bu katta o'zaro bog'liq bo'lgan panjara tizimlarida ehtiyotkorlik bilan boshqariladi.

Sinxron motorlar mavjud o'z-o'zidan hayajonlangan ot kuchining kichik qismlari yuqori quvvatli sanoat o'lchamlariga. Fraksiyonel ot kuchi oralig'ida sinxron motorlarning ko'pi aniq doimiy tezlikni talab qiladigan joylarda ishlatiladi. Ushbu mashinalar odatda analog elektr soatlarda, taymerlarda va to'g'ri vaqt talab etiladigan boshqa qurilmalarda qo'llaniladi, yuqori quvvatli sanoat o'lchamlarida sinxron motor ikkita muhim funktsiyani ta'minlaydi. Birinchidan, bu o'zgaruvchan tok energiyasini ishlashga aylantirishning yuqori samarali vositasi. Ikkinchidan, u etakchilik yoki birlikda ishlashi mumkin [quvvat omili](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Power_factor) va shu bilan quvvat omillarini tuzatishni ta'minlaydi.

Sinxron motorlar umumiy toifaga kiradi *sinxron mashinalar* shuningdek, sinxron generatorni o'z ichiga oladi. [Generator](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Electric_generator) maydon qutblari "hosil bo'ladigan havo bo'shliqlari oqimidan oldinroq [asosiy harakat](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Prime_mover_(engine))". [Dvigatel](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Electric_motor) maydon qutblari "sustkashlik natijasida hosil bo'lgan havo-bo'shliq oqimi orqasiga tortilsa, harakat kuzatiladi [moment](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Torque) milning [yuk](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Electrical_load)".

Rotorning magnitlanishiga qarab sinxron motorlarning ikkita asosiy turi mavjud: *hayajonlanmagan* va *to'g'ridan-to'g'ri oqim hayajonlanadi*.

### Hayajonlanmaydigan motorlar

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:Synchronous_motor_from_Teletype_machine.jpg)

**Bir fazali 60 Hz 1800**[**RPM**](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Revolutions_per_minute)**sinxron vosita**[**Teletayp**](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Teleprinter)**1930 yildan 1955 yilgacha ishlab chiqarilgan hayajonlanmagan rotorli mashina.**

Hayajonlanmagan motorlarda rotor po'latdan yasalgan. Sinxron tezlikda u statorning aylanadigan magnit maydoni bilan bir qatorda aylanadi, shuning uchun u orqali deyarli doimiy magnit maydon mavjud. Tashqi stator maydoni rotorni magnitlaydi, uni burish uchun zarur bo'lgan magnit qutblarni chaqiradi. Rotor yuqori[retensivlik](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Retentivity) kabi po'latdir [kobalt](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Cobalt) po'lat. Ular doimiy ravishda ishlab chiqariladi [magnit](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Magnet), [istamaslik](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Reluctance_motor) va [histerez](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Hysteresis) dizaynlar:[[4]](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Synchronous_motor#cite_note-HSEM-4)

#### Ishtiyoqsiz motorlar

Ular proektsiyali (ko'zga ko'ringan) tishli qutbli qattiq po'lat quyishdan iborat rotorga ega. Odatda minimallashtirish uchun stator ustunlariga qaraganda kamroq rotor mavjud [burilish momenti](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Torque_ripple) va qutblarning bir vaqtning o'zida tekislanishiga yo'l qo'ymaslik - bu momentni hosil qila olmaydigan holat.

Magnit zanjirdagi havo bo'shlig'ining kattaligi va shunday qilib [istamaslik](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Reluctance) qutblar statorning (aylanadigan) magnit maydoniga to'g'ri kelganda minimal bo'ladi va ular orasidagi burchak bilan ortadi. Bu rotorni stator maydonining eng yaqin qutbiga to'g'ri keladigan tortish momentini hosil qiladi. Shunday qilib sinxron tezlikda rotor aylanadigan stator maydoniga "qulflanadi". Bu dvigatelni ishga tushira olmaydi, shuning uchun rotor qutblarida odatda bo'ladi [sincap qafas](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Squirrel-cage_rotor) sinxron tezlikdan pastroq momentni ta'minlash uchun ularga o'rnatilgan sariqchalar. Mashina sinxron tezlikka yaqinlashguncha, induksion dvigatel sifatida rotor "tortib" va aylanadigan stator maydoniga qulflangunga qadar boshlanadi

Ishtiyoqli dvigatellarning konstruktsiyalari fraksiyonel ot kuchidan (bir necha vatt) taxminan o'zgaruvchan ko'rsatkichlarga ega 22 kVt. Juda kichik noilojlik motorlari kam [moment](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Torque)va odatda asbobsozlik dasturlari uchun ishlatiladi. O'rtacha moment, ko'p ot kuchiga ega dvigatellarda tishli rotorli sincap kafesi konstruktsiyasi qo'llaniladi. Sozlanishi chastotali quvvat manbai bilan foydalanilganda, qo'zg'aysan tizimidagi barcha motorlar aynan bir xil tezlikda boshqarilishi mumkin. Elektr ta'minotining chastotasi vosita ish tezligini aniqlaydi.

#### Hysteresis motorlari

Ular qattiq silliq silindrsimon rotorga ega bo'lib, balandlikda quyilgan [majburlash](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Coercivity) magnitlangan "qattiq" kobalt po'latdir. Ushbu material keng [histerez tsikli](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Hysteresis_loop) (yuqori [majburlash](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Coercivity)), ya'ni ma'lum bir yo'nalishda magnitlanganidan so'ng, magnitlanishni qaytarish uchun katta teskari magnit maydon talab qilinadi. Aylanadigan stator maydoni rotorning har bir kichik hajmida teskari magnit maydonni boshdan kechirishga olib keladi. Histerez tufayli magnitlanish fazasi qo'llaniladigan maydon fazasidan orqada qoladi. Buning natijasi shundan iboratki, rotorda induktsiya qilingan magnit maydon o'qi stator maydonining o'qi orqasida doimiy by burchak bilan orqada qoladi va rotor stator maydoniga "yetib olishga" harakat qilganda aylanma moment hosil qiladi. Rotor sinxron tezligidan pastroq bo'lsa, rotorning har bir zarrasi "sirpanish" chastotasida teskari magnit maydonni boshdan kechiradi, bu esa uni gisterez tsikli atrofida aylantirib, rotor maydonining orqada qolishiga va momentni hosil bo'lishiga olib keladi. Rotorda 2 kutupli past istamaslik bar tuzilishi mavjud. Rotor sinxron tezlikka yaqinlashganda va siljish nolga tushganda, bu magnitlanadi va stator maydoniga to'g'ri keladi, bu esa rotorning aylanadigan stator maydoniga "qulflanishiga" olib keladi.

Gisterez dvigatelining asosiy afzalligi shundaki, kechikish burchagi g tezlikka bog'liq emas, chunki u ishga tushirishdan sinxron tezlikka qadar doimiy momentni rivojlantiradi. Shuning uchun, u o'z-o'zidan ishga tushiriladi va uni ishga tushirish uchun indüksiyon sargısı kerak emas, garchi ko'plab dizaynlarda rotorga o'rnatilgan sincap kafesli Supero'tkazuvchilar sarg'ish tuzilishi mavjud bo'lsa, ishga tushirish vaqtida qo'shimcha momentni ta'minlaydi.

[Hysteresis motorlari](https://uz.wiki2.wiki/wiki/AC_motor#Hysteresis_synchronous_motor) sub-fraksiyonel ot kuchi reytinglarida, birinchi navbatda servomotorlar va vaqt motorlari sifatida ishlab chiqariladi. Ishtiyoq turiga qaraganda qimmatroq, aniq doimiy tezlik talab qilinadigan joyda histerez motorlari qo'llaniladi.[

#### Doimiy magnitlangan motorlar

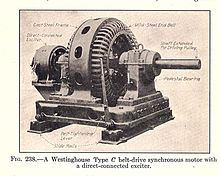
A doimiy magnitlangan sinxron motor (PMSM) foydalanadi [doimiy magnitlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Permanent_magnet) doimiy magnit maydon hosil qilish uchun po'lat rotorga o'rnatilgan. Stator aylanadigan magnit maydon hosil qilish uchun o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan sarg'ishlarni olib boradi (masalan [asenkron motor](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Asynchronous_motor)). Sinxron tezlikda rotor qutblari aylanadigan magnit maydonga qulflanadi. Doimiy magnitlangan sinxron motorlar o'xshashdir [cho'tkasi bo'lmagan doimiy shahar motorlari](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Brushless_DC_motors). [Neodimiy magnitlari](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Neodymium_magnets) ushbu motorlarda eng ko'p ishlatiladigan magnitlardir.

Doimiy magnitlangan motorlar 2000 yildan beri reduksiz liftli dvigatel sifatida ishlatilgan

Ko'pgina PMSM-lar a talab qiladi [o'zgaruvchan chastotali haydovchi](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Variable-frequency_drive) boshlamoq. Biroq, ba'zilari rotorda boshlash uchun sincap kafesini o'z ichiga oladi - bu start-start yoki o'z-o'zidan boshlanadigan PMSMlar deb nomlanadi. Ular odatda asenkron motorlar uchun yuqori samaradorlikni almashtirishlar sifatida ishlatiladi (siljish yo'qligi sababli), lekin sinxron tezlikka erishish va tizim ishga tushirish vaqtida momentning to'lqinlanishiga bardosh berishini ta'minlash uchun dastur uchun ehtiyotkorlik bilan ko'rsatilishi kerak.

Doimiy magnitlangan sinxron motorlar asosan boshqariladi [momentni to'g'ridan-to'g'ri boshqarish](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Direct_torque_control) va [maydonga yo'naltirilgan boshqarish](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Field_oriented_control). Biroq, ushbu usullar nisbatan yuqori moment va stator oqimining to'lqinlaridan aziyat chekmoqda. [Bashoratli nazorat](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Predictive_control_of_switching_power_converters) Yaqinda ushbu nashrlarni engish uchun neyron tarmoq tekshirgichlari ishlab chiqildi.

### DC bilan qo'zg'aladigan motorlar

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:Electrical_Machinery_1917_-_Westinghouse_motor.jpg)

**DC bilan qo'zg'atilgan dvigatel, 1917. qo'zg'atuvchi mashinaning orqa qismida aniq ko'rinadi.**

Odatda kattaroq o'lchamlarda (taxminan 1 ot kuchi yoki 1 kilovattdan kattaroq) ishlab chiqarilgan ushbu motorlar qo'zg'alish uchun rotorga etkazib beriladigan to'g'ridan-to'g'ri oqimni (doimiy oqim) talab qiladi. Bu to'g'ridan-to'g'ri etkazib berilmoqda [toymasin halqalar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Slip_ring), lekin a [cho'tkasiz](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Brushless_DC_electric_motor) Shuningdek, o'zgaruvchan tok induktsiyasi va rektifikator tartibidan foydalanish mumkin.[[18]](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Synchronous_motor#cite_note-18) To'g'ridan to'g'ri oqim alohida shahar manbaidan yoki to'g'ridan-to'g'ri vosita miliga ulangan doimiy generatordan ta'minlanishi mumkin.

## Boshqarish texnikasi

Doimiy magnitlangan sinxron motor va istamaslik dvigateli ishlash uchun boshqaruv tizimini talab qiladi ([VFD](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Variable-frequency_drive) yoki [servo haydovchi](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Servo_drive)).

Elektr dvigatelining konstruktsiyasi va ko'lamiga qarab tanlangan PMSM uchun juda ko'p sonli boshqarish usullari mavjud.

Boshqarish usullarini quyidagilarga bo'lish mumkin:[[19]](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Synchronous_motor#cite_note-19)

**Sinusoidal**

* Skalar
* [Vektor](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Vector_control_(motor)) ([Fok](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Field_oriented_control), [DTC](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Direct_torque_control))

Trapezoidal

* Ochiq pastadir
* Yopiq tsikl (bilan va holda [Zal sensori](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Hall_sensor))

## Sinxron tezlik

 bo'ladi [chastota](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Frequency) o'zgaruvchan tok oqimining [Hz](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Hertz),

* magnit soni [qutblar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Magnet).
* qutb juftlarining soni (kamdan-kam hollarda, *kommutatsiya samolyotlari*), .

### Misollar

A [bir fazali](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Single-phase_electric_power), 4 kutupli (2 kutupli juftlik) sinxron vosita o'zgaruvchan tok chastotasida 50 Hz ishlaydi. Qutb juftlarining soni 2 ga teng, sinxron tezlik:

A [uch fazali](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Three-phase_electric_power), 12 kutupli (6 kutupli juftlik) sinxron dvigatel 60 gts o'zgaruvchan tok chastotasida ishlaydi. Kutup juftlari soni 6 ta, shuning uchun sinxron tezlik:

Magnit qutblar soni,  fazadagi sarguzashtlar guruhlari soniga teng.

3 fazali dvigatelning bir fazadagi sarguzashtlar sonini aniqlash uchun sarg'ish sonini hisoblang, fazalar soniga bo'ling, bu 3 ga teng. Bobinlar stator yadrosidagi bir nechta teshiklarni qamrab olishi mumkin, bu ularni hisoblash zerikarli . 3 fazali dvigatel uchun, agar siz jami 12 ta sariq guruhni hisoblasangiz, unda 4 ta magnit qutb mavjud. 12 kutupli 3 fazali mashina uchun 36 ta sariq bo'ladi. Rotordagi magnit qutblar soni statordagi magnit qutblar soniga teng.

## Qurilish

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:Rotor_of_an_electric_water_pump.jpg)

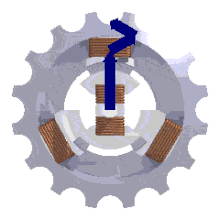
**Katta suv nasosining rotori. Slip halqalarini rotor barabanining pastki qismida ko'rish mumkin.**

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:Stator_of_an_electric_water_pump.jpg)

**Katta suv nasosining stator sargisi**

Sinxron motorning asosiy tarkibiy qismlari stator va rotordir. Sinxron dvigatelning statori va asenkron dvigatelning statori qurilishda o'xshash.  Bilan [yarali-rotorli sinxron ikki marta ishlaydigan elektr mashinasi](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Brushless_wound-rotor_doubly_fed_electric_machine) istisno sifatida, stator ramkasi mavjud *o'ralgan plastinka*. *Dumaloq qovurg'alar* va *klaviatura* o'rash plitasiga biriktirilgan. Mashinaning og'irligini ko'tarish uchun, *ramka o'rnatgichlari* va *tagliklar* talab qilinadi. Dala sargisi hayajonlanganda [DC qo'zg'alishi](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Direct_current), qo'zg'alish manbaiga ulanish uchun cho'tkalar va toymasin halqalar talab qilinadi. Dala sargisi cho'tkasiz qo'zg'atuvchi tomonidan ham hayajonlanishi mumkin. Silindrsimon, dumaloq rotorlar (shuningdek, ustun bo'lmagan rotor deb ham ataladi) oltita qutb uchun ishlatiladi. Ba'zi bir mashinalarda yoki ko'p sonli qutblar kerak bo'lganda, ko'zga tashlanadigan qutb rotoridan foydalaniladi. Sinxron motorning konstruktsiyasi sinxronikiga o'xshaydi [alternator](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Alternator). Sinxron dvigatellar qurilishining aksariyati statsionar armatura va aylanadigan maydon o'rashidan foydalaniladi. Ushbu turdagi qurilish ustunlik sifatida [doimiy vosita](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Dc_motor) ishlatiladigan armatura aylanadigan turdagi.

## Ishlash

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:3phase-rmf-180f-airopt.gif)

Aylanadigan magnit maydon stator sariqlarining uch fazasining magnit maydon vektorlari yig'indisidan hosil bo'ladi.

Sinxron dvigatelning ishlashi stator va rotor magnit maydonlarining o'zaro ta'siriga bog'liq. Uning 3 fazali o'rashdan iborat stator sargisi 3 fazali, rotor esa doimiy oqim manbai bilan ta'minlanadi. 3 fazali oqimlarni o'tkazadigan 3 fazali stator sargisi 3 fazali aylanadigan magnit oqim hosil qiladi (va shuning uchun aylanadigan magnit maydon). Rotor aylanadigan magnit maydon bilan qulflanadi va u bilan birga aylanadi. Rotor maydoni aylanadigan magnit maydon bilan qulflangandan so'ng, vosita sinxronlashda deb aytiladi. Bir fazali (yoki bitta fazadan olingan ikki fazali) statorni o'rash mumkin, ammo bu holda aylanish yo'nalishi aniqlanmagan va dastlabki kelishuvlar bunga to'sqinlik qilmasa, mashina har ikki yo'nalishda ham ishga tushishi mumkin.

Dvigatel ishlagandan so'ng, dvigatelning tezligi faqat besleme chastotasiga bog'liq. Dvigatelning yuki buzilish yukidan oshib ketganda, vosita sinxronizatsiyadan tashqariga chiqadi va maydon sargisi endi aylanadigan magnit maydonni ta'qib qilmaydi. Dvigatel sinxronizatsiyadan tushib qolsa (sinxron) momentni ishlab chiqara olmasligi sababli, amaliy sinxron motorlar ishini barqarorlashtirish va ishga tushirishni engillashtirish uchun qisman yoki to'liq sincap kafesli amortizator (amortisseur) sariqiga ega. Ushbu o'rash ekvivalent asenkron dvigatelnikidan kichikroq bo'lganligi va uzoq vaqt davomida qizib ketishi mumkinligi va rotor qo'zg'alish sarg'ishida katta sirpanish chastotali kuchlanishlar paydo bo'lganligi sababli, sinxron motorni himoya qilish moslamalari bu holatni sezadi va elektr ta'minotini to'xtatadi himoya qilish).

## Boshlash usullari

Sinxronlash dvigatellari ma'lum bir kattalikdan yuqori o'z-o'zidan ishlaydigan dvigatellar emas. Ushbu xususiyat rotorning harakatsizligi bilan bog'liq; stator magnit maydonining aylanishini bir zumda kuzatib bo'lmaydi. Sinxron dvigatel to'xtab turganda o'ziga xos o'rtacha momentni hosil qilmagani uchun, qo'shimcha mexanizmisiz sinxron tezlikka tezlasha olmaydi.

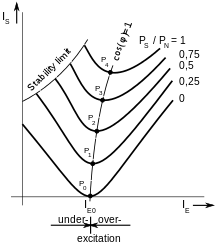
Tijorat quvvat chastotasida ishlaydigan yirik dvigatellarga tezlashish uchun etarli momentni ta'minlaydigan va ishlayotganda vosita tezligidagi nam tebranishlarga xizmat qiladigan sincap kafesli asenkron sariq kiradi. Rotor sinxron tezlikka yaqinlashgandan so'ng, maydon sargısı hayajonlanadi va vosita sinxronizatsiyaga o'tadi. Juda katta dvigatel tizimlarida yuklamadan oldin yuklanmagan sinxron mashinani tezlashtiradigan "pony" dvigatel bo'lishi mumkin. Elektron boshqariladigan motorlar stator tokining chastotasini o'zgartirib, nol tezligidan tezlashtirilishi mumkin.

Juda kichik sinxronlash motorlar odatda tishli mexanizmni to'g'ri tezlikda ishlatish uchun elektr uzatish chastotasidan foydalanadigan chiziqli elektr mexanik soatlarda yoki taymerlarda ishlatiladi. Bunday kichik sinxron motorlar yordamisiz ishga tushirishga qodir [harakatsizlik momenti](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Moment_of_inertia) rotorning va uning mexanik yukining etarlicha kichikligi [chunki dvigatel] noilojlik momentining yarim tsikli davomida sirpanish tezligidan sinxron tezlikka qadar tezlashadi.

[Bir fazali](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Single-phase_electric_power) elektr devor soatlari singari sinxron motorlar soyali qutb turidan farqli o'laroq har qanday yo'nalishda erkin aylanishi mumkin. Qarang [Soyali qutbli sinxron motor](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Shaded-pole_synchronous_motor) boshlang'ich yo'nalishi qanchalik izchil olinishi uchun.

Operatsion iqtisodiyot turli xil motorlarni ishga tushirish usullarini hal qilish uchun muhim parametrdir. Shunga ko'ra, rotorning qo'zg'alishi motorni ishga tushirish masalasini hal qilishning mumkin bo'lgan usuli hisoblanadi. Bunga qo'shimcha ravishda, katta sinxron mashinalar uchun zamonaviy taklif etilayotgan boshlang'ich usullari rotor qutblarini ishga tushirish paytida takrorlanadigan qutblanish inversiyasini o'z ichiga oladi.

## Maxsus xususiyatlar va afzalliklar

[](https://uz.wiki2.wiki/wiki/File:V_curve_synchronous_motor.svg)

**Sinxron mashinaning V egri chizig'i**

Sinxron dvigatelning qo'zg'alishini o'zgartirib, uni kuch, etakchi va birlik kuchi bilan ishlashga erishish mumkin. Quvvat omili birlik bo'lgan qo'zg'alish deyiladi *normal qo'zg'alish kuchlanishi*. Ushbu qo'zg'alishdagi oqim kattaligi minimaldir. Oddiy qo'zg'alishdan yuqori qo'zg'alish kuchlanishi qo'zg'alish kuchlanishi, qo'zg'alish kuchi normal qo'zg'alishdan kamroq deb ataladi. Dvigatel haddan tashqari hayajonlanganda, orqa emf vosita terminali kuchlanishidan kattaroq bo'ladi. Bu armatura reaktsiyasi tufayli demagnetizatsiya ta'sirini keltirib chiqaradi.

Sinxron mashinaning V egri chizig'I armatura tokini maydon tokining funktsiyasi sifatida ko'rsatadi. Dala oqimi ortishi bilan armatura oqimi dastlab pasayadi, so'ngra minimal darajaga etadi, keyin ortadi. Minimal nuqta, shuningdek, kuch omili birlik bo'lgan nuqtadir.

Quvvat omilini tanlab boshqarish qobiliyatidan foydalanish mumkin [quvvat omilini tuzatish](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Power_factor_correction) vosita ulangan quvvat tizimining. Har qanday sezilarli o'lchamdagi energiya tizimlarining aksariyati aniq kuchga ega bo'lgan omilga ega bo'lganligi sababli, haddan tashqari qo'zg'atilgan sinxron motorlar tizimning aniq quvvat omilini birlikka yaqinlashtiradi va samaradorlikni oshiradi. Bunday kuch-faktorli tuzatish odatda mexanik ishlarni ta'minlash uchun tizimda mavjud bo'lgan dvigatellarning yon ta'siridir, ammo dvigatellarni shunchaki kuch-faktorli tuzatish uchun mexanik yuklamasdan ishlash mumkin. Zavodlar kabi yirik sanoat korxonalarida sinxron dvigatellar va boshqa sustkashlik bilan ishlaydigan yuklarning o'zaro ta'siri elektr energiyasini loyihalashda aniq ko'rib chiqilishi mumkin.

### Barqarorlik chegarasi

Yuk ko'tarilganda, moment burchagi ortadi. Qachon  = 90 ° moment maksimal bo'ladi. Agar yuk ko'proq qo'llanilsa, vosita sinxronizatsiyasini yo'qotadi, chunki vosita momenti yuk momentidan kamroq bo'ladi. Sinxronizmni yo'qotmasdan dvigatelga tatbiq etilishi mumkin bo'lgan maksimal yuk momenti sinxron motorning barqaror barqarorlik chegarasi deb ataladi.

Sinxron motorlar aniq tezlik yoki pozitsiyani boshqarishni talab qiladigan dasturlarda ayniqsa foydalidir.

* Tezlik dvigatelning ishlash doirasidagi yukga bog'liq emas.
* Ochiq pastadir nazorati yordamida tezlik va pozitsiyani aniq boshqarish mumkin; masalan, [step motorlar](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Stepper_motors).
* Kam quvvatli dasturlarga joylashishni aniqlash mashinalari kiradi, bu erda yuqori aniqlik talab etiladi va [robot](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Robot) aktuatorlar.
* Ikkala statorga va rotor sariqlariga doimiy oqim tushganda ular o'z pozitsiyalarini ushlab turadilar.
* Sinxron dvigatel bilan boshqariladigan soat printsipial jihatdan uning quvvat manbaining chastotasi kabi aniqdir. (Kichik chastotali drayvlar bir necha soat ichida sodir bo'lishiga qaramay, tarmoq operatorlari keyingi davrlarda chiziq chastotasini kompensatsiya qilish uchun faol ravishda sozlaydilar va shu bilan motorni boshqaradigan soatlarni aniq tutadilar;
* Past tezlikda ishlaydigan dasturlarda samaradorlikni oshirish (masalan, [shar tegirmonlari](https://uz.wiki2.wiki/wiki/Ball_mill)).