

**VIEŠOJI ĮSTAIGA ELEKTRĖNŲ PROFESINIO MOKYMO  
CENTRAS**

# **ELEKTROS ĮRENGINIŲ EKSPLOATAVIMAS**

**MODULIO MOKYMO(si) MEDŽIAGA**

**Elektros įrangos vyr. mokytojas  
Bronislavas Čižas**

**Elektrėnai, 2019**

## 1. ĮVADAS

**Elektros pavarą** – elektromechaninė sistema, verčianti judėti darbo mašinos įtaisus, atliekančius vykdomąsias operacijas. Elektrinėse pavarose elektros energija paverčiama mechanine ir atvirkščiai, todėl ši savybė plačiai taikoma gamyboje. Šiuolaikinėje pramonėje vis dažniau taikomos automatizuotos elektros pavaros, sugebančios savarankiškai paleisti ir sustabdyti variklį, pasirinkti sukimo kryptį, reguliuoti ir pasirinkti reikiamą sukimo greitį, kontroliuoti sukimo momentą bei apsaugoti sistemą nuo perkrovų ir gedimų.

Šioje mokymo(si) medžiagoje mokiniai susipažins su vienfazių ir kolektorinių elektros variklių, nuolatinės srovės elektros mašinų konstrukcija, parinkimu, montavimu ir eksploatavimu. Supras transformatorių sandarą, veikimą, įrengimą ir eksploatavimą. Susipažins su neautomatizuotu ir automatizuotu elektros mašinų valdymu ir apsauga.

Ši medžiaga skirta elektriko modulinės pirminio profesinio mokymo programos (M44071304) ir elektriko modulinės tęstinio profesinio mokymo programos (T43071304) modulių mokymui(si).

### Tikslai:

Modulio tikslas – parengti kvalifikuotą elektriką, kuris gebės įrengti ir eksploatuoti elektros mašinas.

### Uždaviniai:

Šioje mokymo(si) medžiagoje susipažins su:

- vienfazių elektros variklių tipais, konstrukcija, veikimo principu, pagrindinėmis jungimo schemomis;
- nuolatinės srovės mašinų konstrukcija, veikimo principu, naudojimu, žadinimo, greičio reguliavimo būdais;
- transformatorių sandara, veikimo principu, įrengimu ir eksploatacija;
- neautomatizuotų ir automatizuotų elektros mašinų valdymu ir apsaugomis;

### Informacijos šaltiniai:

<http://www.pmdtkt.upc.smm.lt/dokumentai/Medziaga/energetika/mm1/energetika-1medziaga.pdf>

<http://www.esparama.lt/documents/10157/490675/Pastovios+sroves+masinos.pdf/a54d73e4-305a-4fc7-870f-98beaa8e1c9a>

[www.esparama.lt/documents/10157/...pdf/3ab457cb-ac1e-4f6d-8245-dddc765bc0b0](http://www.esparama.lt/documents/10157/...pdf/3ab457cb-ac1e-4f6d-8245-dddc765bc0b0)

[http://varzazaliam.blogas.lt/files/2013/04/elektrot\\_ir\\_elektron\\_konspektas\\_m\\_saunoris.pdf](http://varzazaliam.blogas.lt/files/2013/04/elektrot_ir_elektron_konspektas_m_saunoris.pdf)

[http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/1434/1/1383-S\\_Zaveckas\\_Elektrotechnika\\_WEB.pdf](http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/1434/1/1383-S_Zaveckas_Elektrotechnika_WEB.pdf)

[http://216.239.59.104/search?q=cache:em17Qr7IIeMJ:www.fauga.lt/index.php%3Fshow\\_content\\_id%3D39+Elektrin%C4%97s+pavaros+valdymas&hl=lt&lr=lang\\_lt](http://216.239.59.104/search?q=cache:em17Qr7IIeMJ:www.fauga.lt/index.php%3Fshow_content_id%3D39+Elektrin%C4%97s+pavaros+valdymas&hl=lt&lr=lang_lt)

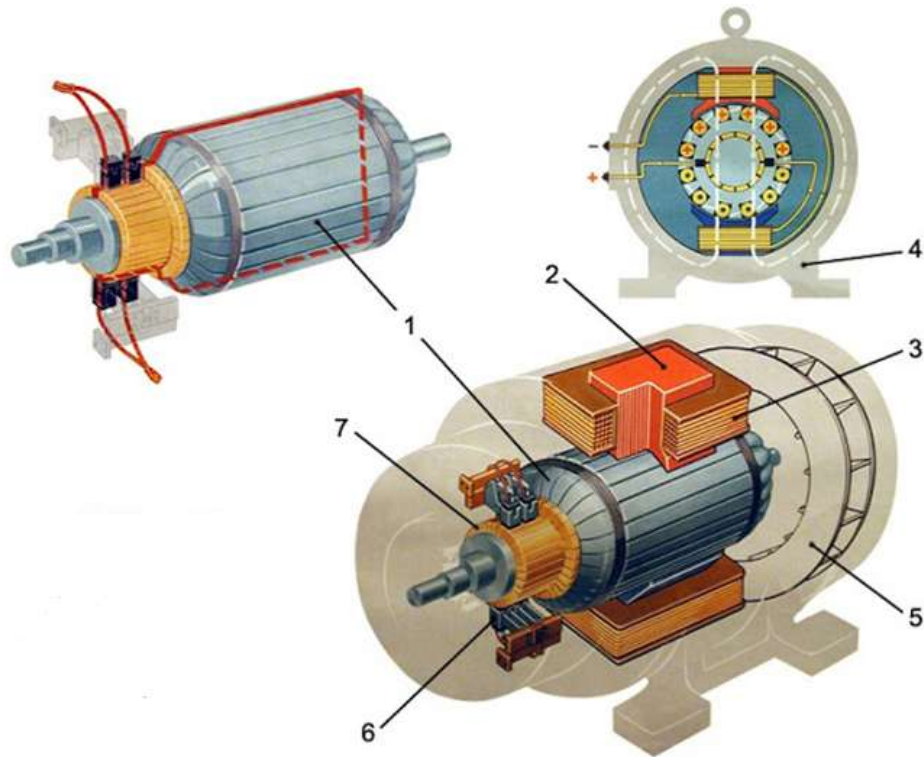
[http://energinisefektyvumas.lt/wp-content/uploads/2016/02/3\\_Low\\_voltage-electrical-equipment-installation.pdf](http://energinisefektyvumas.lt/wp-content/uploads/2016/02/3_Low_voltage-electrical-equipment-installation.pdf)

[http://praktikos.neta.lt/uploads/2011\\_elektros\\_ir\\_automatikos\\_irenginiu\\_studiju\\_programa.pdf](http://praktikos.neta.lt/uploads/2011_elektros_ir_automatikos_irenginiu_studiju_programa.pdf)

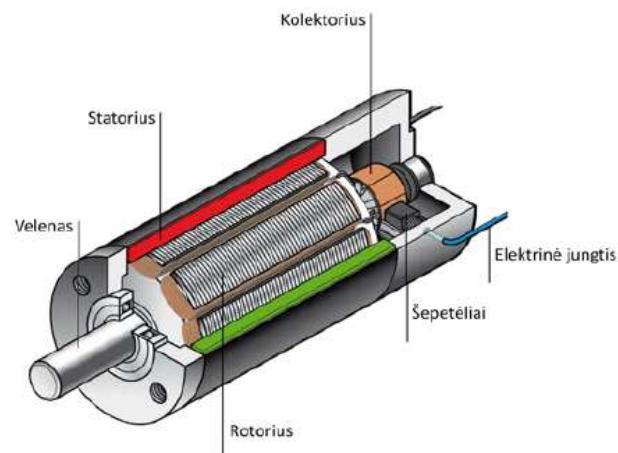
[http://www.vekada.lt/lt/elektros\\_instaliacija/vidaus\\_elektros\\_tinklai](http://www.vekada.lt/lt/elektros_instaliacija/vidaus_elektros_tinklai)

### 3.2. NUOLATINĖS SROVĖS VARIKLIAI

3 pav. Nuolatinės srovės elektros variklis

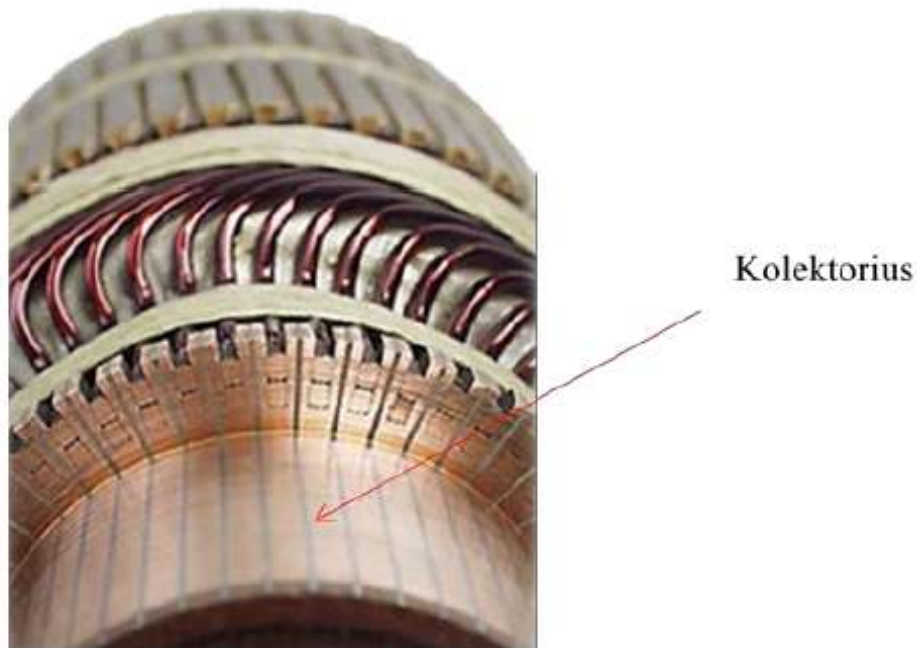


1 – rotorius (inkaras), 2 – polius, 3 – poliaus apvija, 4 – statorius, 5 – ventiliatorius, 6 – šepetėliai, 7 – kolektorius



Nuolatinės srovės variklius sudaro trys pagrindiniai elementai: nejudamas statorius, kuriame yra žadinimo apvija (kai kuriose konstrukcijose pakeičiama nuolatiniais magnetais) bei besisukantis rotorius, ant kurio yra įrengtos apvijos. Dėl to, kad šiose apvijose indukuojama elektrovaros jėga, nuolatinės srovės mašinose rotorius vadinamas inkaru.

Trečiasis nuolatinės srovės mašinos elementas yra kolektorius. Jis sudarytas iš daug tarpusavyje izoliuotų varinių plokštelių, kurios sudaro apskritimą ir yra pritvirtintos ant rotoriaus veleno. Kiekviena kolektoriaus plokštelė yra sujungta su inkaro apvija. Besisukanti inkaro apvija yra nejudamai šepetėliais sujungta su vidine elektros grandine.



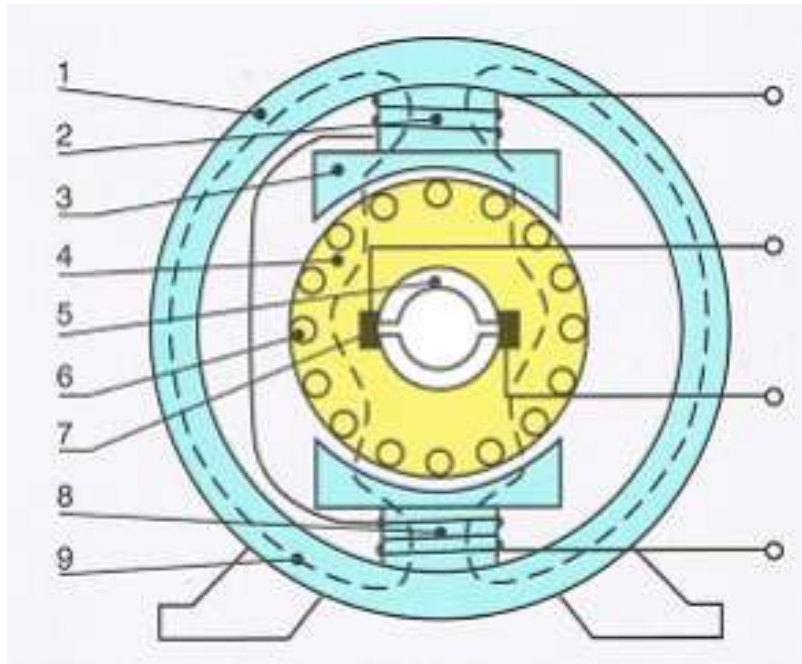
4 pav. Kolektoriaus bendras vaizdas

Kolektorius yra pagrindinis nuolatinės srovės mašinų trūkumas: šepetėlių slydimo kontaktas lemia tai, kad greitai susidėvi šie elementai, kas sutrumpina mašinos ilgaamžiškumą ir naudingumo koeficientą. Be to, šepetėlių kontaktuose susidaro kibirkštys, kurios yra gedimų priežastis ir gali sukelti gaisrą.

Nuolatinės srovės mašinų privalumais visų pirma galima laikyti: didelis paleidimo momentas ir galimybė patogiai reguliuoti sūkius dideliame intervale, dėl ko – tai privalumai, lyginant su indukciniais varikliais.

Elektronikos elementų technologijos vystymasis leido rasti naujus nuolatinės srovės mašinų sprendimus. Kaip pagrindiniai varikliai yra naudojami varikliai su nuolatiniais magnetais. Didelės galios tiristorių ir simistorių naudojimas leido sukurti nuolatinės srovės variklius su elektroniniais puslaidininkiniais kolektorais.

Nuolatinės srovės variklio konstrukcijos brėžinys parodytas 5 pav.



5 pav. Nuolatinės srovės mašinos konstrukcija:

1 – statoriaus jungtis, 2 – poliūs, 3 – polinis antgalis, 4 – inkaro šerdis, 5 – kolektorius, 6 – rotorius apvija, 7 – šepečėlis, 8 – žadinimo apvija, 9 – žadinimo srautas

Statoriaus jungtis yra korpusas. Per šią jungtį tekantis magnetinis srautas turi (atitinkamai pagal konstrukciją) pastovią vertę, taip pat dažniausiai yra surinktas ne iš plokštelių, bet išlieto ketaus arba plieno lydinio. Prie vidinio korpuso paviršiaus yra pritvirtinti nuolatiniai magnetai arba polių šerdys su apvijomis iš izoliuotos apvijų vielos.

Nuo rotorius pusės ant polių yra platūs poliniai antgaliai, kurie sukuria pastovios vertės indukciją didelėje griovelio dalyje. Antgaliai pagaminti iš plokštelių paketo, siekiant sumažinti dėl indukcinio pulsavimo juose atsirandančius nuostolius, kai sukasi rotorius. Magnetinio srovė, tekanti per statoriaus apviją, sukuria magnetinį srautą. Šio srauto linijos užsidaro prieš polių šerdis ir jų antgalius, statoriaus jungtis, oro tarpus ir inkaro šerdis. Paveiksle parodytas labai mažos nuolatinės srovės mašinos, kuri turi du poliūs, brėžinys. Dažniau sutinkamos keturis arba šešis poliūs ir tiek pat šepečių turinčios mašinos.

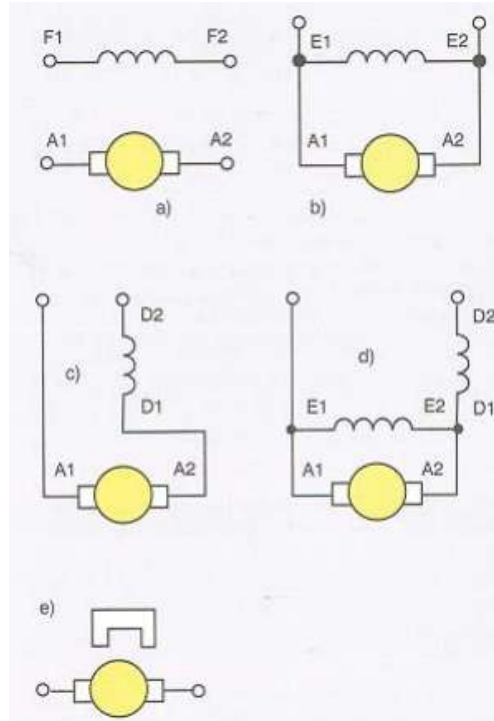
Inkaras yra uždėtas ant veleno su guoliais ir sukasi nuolatiniam statoriaus magnetiniame lauke. Jo šerdis sudaryta iš tarpusavyje izoliuotų plokštelių, statmenai pritvirtintų prie veleno ašies, tai sumažinant nuostolius dėl sukurinių srovių.

Vidinėje inkaro šerdies pusėje yra grioveliai, į kuriuos įdėtos apvijos. Bendrai jie sudaro taip vadinamas rites, kurių šonai yra apvijos darbinė dalis, judanti magnetiniame sužadino lauke. Kiekvienų gretimų ričių galai yra prijungti prie kolektoriaus plokštelės, todėl visos ritės tarpusavyje sujungtos nuosekliai.

Jei inkaro apvija srovė neteka, magnetinis laukas susidaro išskirtinai nuo elektromagnetinio žadinimo. Srovės tekėjimas inkaro apvija sukuria inkaro magnetinį srautą, sutampantį su magnetiniu žadinimo srautu.

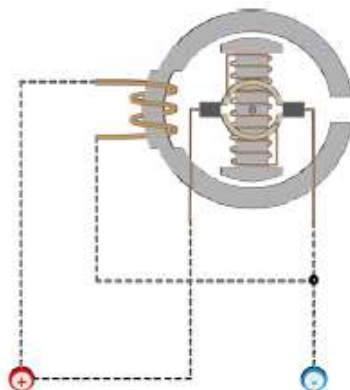
6 pav. Nuolatinės srovės mašinų grandinių sujungimai ir žymėjimai:

- a) išorinio žadinimo; b) lygiagreto žadinimo; c) nuoseklaus žadinimo; d) mišraus žadinimo;  
e) su nuolatiniais magnetais

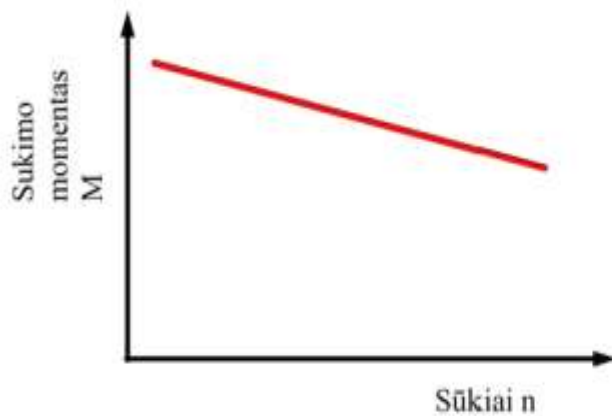


Galima išskirti dvi svarbias variklių charakteristikas – variklio kuriamo momento priklausomybę nuo inkaro grandine tekančios srovės ir variklio greičio priklausomybę nuo maitinimo įtampos ir apkrovimo momento.

Pagal žadinimo sistemos tipą, nuolatinės srovės varikliai skirstomi į **lygiagreto** (nepriklausomo) žadinimo variklius, **nuoseklaus** žadinimo variklius ir **mišraus** žadinimo variklius



7 pav. Nuolatinės srovės lygiagreto (nepriklausomo) žadinimo elektros variklis



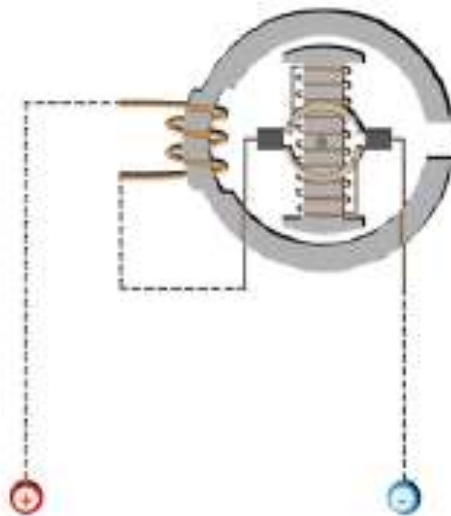
### Nuolatinės srovės lygiagreto žadinimo elektros variklio charakteristika

Nuolatinės srovės lygiagreto žadinimo elektros variklio charakteristika yra tiesė. Didėjant variklio apkrovai, jo sūklių dažnis nežymiai mažėja. Tokia charakteristika vadinama kieta. Kadangi žadinimo ir inkaro grandinės srovės viena nuo kitos nepriklauso, lygiagreto žadinimo elektros variklio greitį labai patogiu reguliuoti.

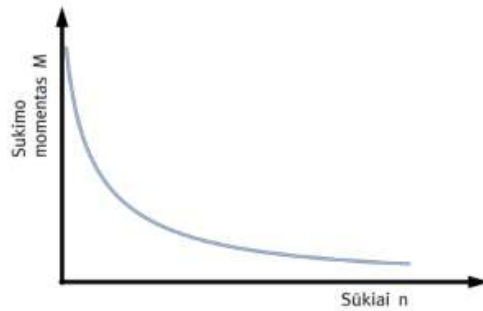
Nuolatinės srovės lygiagreto žadinimo elektros varikliai daugiausia naudojami pramonėje, transporterių, keliamųjų kranų ir kitokių mechanizmų pavarose, t.y. ten, kur reikia dideliame intervale tiksliai keisti apsisukimų dažnį.

Lygiagreto žadinimo varikliai labiausiai paplitę mechatroninėse sistemose.

Nuolatinės srovės lygiagreto žadinimo variklių privalumas – jų geras valdomumas jau nebeatperka jų trūkumų – didelio svorio galios vienetui, mažo priimamumo, sudėtingų eksploataavimo sąlygų, todėl pastaruoju metu šiuos variklius vis labiau išstumia kiti varikliai – asinchroniniai ir sinchroniniai kintamosios srovės elektros varikliai.



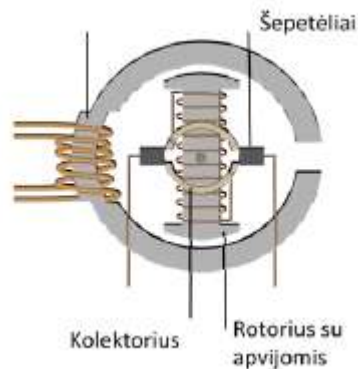
8 pav. Nuolatinės srovės nuoseklaus žadinimo elektros variklis



Nuolatinės srovės nuoseklaus žadinimo elektros variklio charakteristika

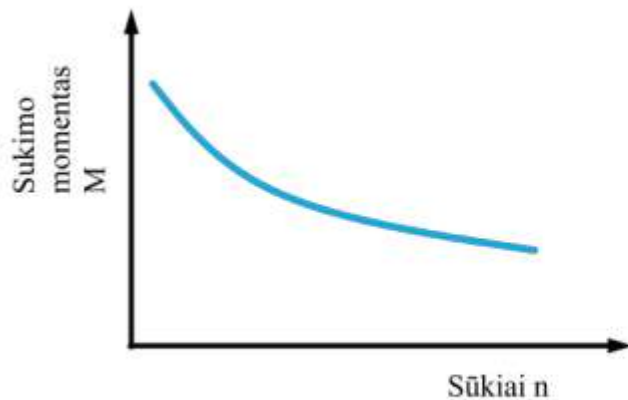
Nuoseklaus žadinimo elektros variklio charakteristika hiperbolinė. Tokia charakteristika vadinama minkšta, nes sūkių dažnis labai priklauso nuo variklio apkrovos; didėjant variklio apkrovai, jo sūkių dažnis mažėja. Nuoseklaus žadinimo elektros variklis negali veikti neapkrautas, bet jam nepavojingi dideli apkrovos momento pokyčiai.

Dėl to nuoseklaus žadinimo elektros varikliai plačiai naudojami elektriniame transporte, kėlimo mašinose, automobilių starteriuose ir kt.



9 pav. Nuolatinės srovės mišraus žadinimo elektros variklis





Nuolatinės srovės mišraus žadinimo elektros variklio charakteristika

Nuolatinės srovės mišraus žadinimo elektros variklio charakteristika yra tarpinė tarp nuoseklaus ir lygiagreto žadinimo variklių charakteristikų.

### 3.3. Nuolatinės srovės variklių tipai

#### Nuolatinės srovės varikliai MGFRK

##### Nuolatinės srovės varikliai, galios diapazonas: 0.33 iki 27 kW

Nuolatinės srovės varikliai su standartiniu IP54 apsaugos klasės korpusu buvo dešimtmečiais eksploatuojami sunkiomis pramoninės aplinkos sąlygomis. Jie gali būti įvairių išpildymų ir sumontuoti įvairiose montavimo padėtyse. Taip pat jie lengvai sujungiami su reduktoriais, gali turėti stabdžius ir įvairias grįžtamo ryšio sistemas. Ašinis priverstinio aušinimo ventiliatorius leidžia pasiekti didelį apsisukimų reguliavimo diapazoną, išlaikant pilną sukimo momentą.

Varikliai turi kompensacines apvijas. Tai garantuoja teisingą momento/srovės santykį. Kai kuriuose varikliuose srovė gali būti viršyta daugiau nei tris kartus. O tai, savo ruožtu, leidžia šiuos variklius naudoti dinamiško pozicionavimo ar didelio startinio momento reikalaujančiuose pritaikymuose. Varikliai turi nuo 90 iki 160 dydžio korpusus pagal IEC. Galingumas nuo 0.33 iki 27 kW priklauso nuo inkaro įtampos ir variklio apsisukimų.



## Nuolatinės srovės varikliai MGFQ

### Nuolatinės srovės varikliai, galios diapazonas: 0.33 iki 90.8 kW

Dėka kvadratinės formos, šie varikliai turi didelį santykinį galingumą ir labai kompaktiškus matmenis. Šie faktoriai nulemia išskirtinį ekonomiškumą pavarų, kurios gali būti lengvai ir tiksliai reguliuojamos naudojant vieno ar daugiau kvadrantų nuolatinės srovės reguliatorius. Saugus bei tylus variklio aušinimas ir atitinkama komutacija sudaro idealias sąlygas dideliems galingumo rezervams reikalingiems, pavyzdžiui, dinamiškuose pozicionavimo pritaikymuose.

MGFQU serijos varikliai dirba be kompensacijos. MGFQK serijos varikliuose kompensacinės apvijos leidžia gauti teisingą momento/srovės santykį ir išvengti žadinimo lauko nestabilumo. Nuolatinės srovės elektros varikliai iki 90 kW ir daugiau yra tiekiami kaip modulinė sistema ir gali turėti įvairias apsaugos klases. Priklausomai nuo pritaikymo, šie varikliai gali būti jungiami su reduktoriais, turėti stabdžius ir grįžtamo ryšio sistemas.



## Pastovių magnetų varikliai 13.120

### Pastovių magnetų varikliai, galios diapazonas: 55 iki 600 W

Dėka apgalvotų apsaugos klasių, apvijų versijų ir kitų naudingų priedų pasirinkimo, pastovių magnetų Lenze varikliai yra universalūs ir ypatingai lengvai pritaikomi įvairioms mašinų užduotims.

Turėdami lygius ir apvalius korpusus, 13.120 serijos varikliai pasiekia didelį santykinį galingumą visame 55 iki 600 W diapazone. Šie varikliai turi savaiminį aušinimą ir IP54 apsaugos klasę.

Standartiniai variklių matmenys leidžia juos lanksčiai suderinti su reduktoriais ar įvairiais moduliniais priedais.



### BLDC varikliai

## ***Orientalmotor***

Bešepetėliniai pastovios srovės varikliai yra kompaktiški, turi daug valdymo galimybių ir išlaiko didelį sukimo momentą visame apsisukimų diapazone. BLDC varikliai yra ilgaamžiai, nes jie neturi besitrinančių dalių. Mes siūlome Japonijos gamintojo „Oriental motor“ variklius. Jie apima galios diapazoną nuo 10w iki 800w ir yra lengvai montuojami bei programuojami. Visi siūlomi varikliai yra komplektuojami su BLDC varikliams būtinu valdymo bloku. Taip pat galima rinktis variantus su reduktoriumi.

### BMU serija



- Maitinimo įtampa 240V;
- Esant poreikiui, galima IP66 apsaugos klasė;
- Kompaktiškas valdymo blokas;
- Aukštas stabilumas;
- Varikliai, taupantys energiją;
- Labai paprastas valdymas naudojant ratuką-rankenėlę;
- Paprastas prijungimas, greitas variklio paleidimas;
- Nuėmus valdymo bloko priekinį dangtelį, galima rasti daugiau valdymo funkcijų;
- Galia - 30W, 60W, 120W, 200W ir 300W;
- Greitis nuo 0,45 aps/min iki 4000 aps/min;
- Sukimo momentas - iki 70Nm.

## BLE 2 serija



Maitinimo įtampa - 230V AC, puikios techninės savybės ir funkcijos

- Reguliuojamo greičio diapazonas 80-4000 aps/min;
- Tikslumas +/-0,2%;
- Galimybė riboti sukimo momentą;
- Iki 16 iš anksto nustatomų greičių;
- Sustabdyto variklio veleno laikymas;
- IP66 apsaugos klasė;
- Nerūdijančio plieno velenas;
- Testavimo ir parametrų stebėjimo funkcijos.

Paprastas naudojimas už tesingą kainą:

- Valdymo bloką galima programuoti ir valdyti variklį iš valdymo panelės;
- Kompaktiškas ir siauras valdymo blokas, galima suglausti vieną bloką su kitu;
- Greičio nustatymas iš kompiuterio ir per išorinius jėjimimus;
- Kabelis su pasirinktina jungties kryptimi;
- Iki 20m atsumas tarp variklio ir valdymo bloko;
- Variantai nuo 30W iki 200W.

## BXII serija



BXII serijos varikliai gali būti naudojami įvairiausiose situacijose. Šių BLDC variklių charakteristikos atitinka servo variklių charakteristikas. Prie stabilaus greičio reguliavimo funkcijos yra pridėta pozicijos valdymo ir sukimo momento ribojimo funkcijos. Tikslus greičio ir pozicijos valdymas nereikalauja jokių papildomų derinimo veiksmų.

- Galimi greičiai nuo 2-4000 aps/min;
- Tikslus pozicionavimas;
- Sukimo momento ribojimas;
- Maitinimo įtampa - 220VAC;
- Galia nuo 30 iki 400W;
- Reduktoriaus perdavimo skaičius nuo 5 iki 200;
- Sukimo momentas iki 80Nm.