

SATURA RĀDĪTĀJS

Satura rādītājs	1
7 PRAKTISKO UZDEVUMU ROKASGRĀMATA.....	2
7.1 APRAKSTS.....	2
7.1.1 Ievads.....	2
7.1.2 Iekārtas apraksts.....	4
7.1.3 Papildus moduļi.....	10
7.1.4 Procesa apraksts.....	11
7.1.5 Praktiskās iespējas.....	16
7.1.6 Specifikācijas.....	17
7.1.7 Izmēri un masa.....	19
7.1.8 Nepieciešamie pieslēgumi.....	19
7.2 TEORIJA.....	20
7.2.1 Motoru veidu klasifikācija.....	20
7.2.2 Kas ir līdzstrāvas motors?.....	20
7.2.3 Līdzstrāvas bezkontakta motors.....	24
7.3 DARBĪBA.....	32
7.3.1 N-ALI02. Galvenais barošanas bloks.....	32
7.3.2 N-ALI03. Papildu maiņstrāvas avots.....	34
7.3.3 EMT18. Līdzstrāvas bezkontakta motors.....	35
7.3.4 FLYW. Spararats.....	37
7.3.5 Aprīkojuma iedarbināšana.....	39
7.3.6 Sistēmas izslēgšana.....	39
7.4 GALVENIE NORĀDĪJUMI, BRĪDINĀJUMI UN PIESARDZĪBAS PASĀKUMI.....	40

7 PRAKTISKO UZDEVUMU ROKASGRĀMATA

7.1 APRAKSTS

7.1.1 Ievads

Līdzstrāvas bezkontakta motora sistēma “AEL-DCBRA” ir paredzēta līdzstrāvas bezkontakta motora un tā parametru izpētei.

Šī sistēma sastāv no pamata aprīkojuma, kas veidots no atsevišķiem moduļiem. Pamata aprīkojums sastāv no līdzstrāvas bezkontakta motora un specifiskiem moduļiem.

Izmantojot šo sistēmu, lietotājs var padziļināti apgūt līdzstrāvas bezkontakta motoru darbību un gūt izpratni par to lietojumu rūpniecībā.

Lai sniegtu izpratni par līdzstrāvas bezkontakta motoru darbību, sistēmā ir iekļauts barošanas avots, līdzstrāvas avots (to nodrošina integrēts invertors/pārslēdzams barošanas avots) un multimetrs. Motora spaiļu blokā ir iebūvētas spaiļu ātruma mērīšanai (atsaucei) un kodētājam, kā arī ātruma regulēšanas potenciometrs. Izmantojot šo aprīkojumu, lietotājs var mērīt ātrumu un būtiskākos elektriskos parametrus. Visi šie elementi ir nepieciešami motora parametru izpētei.



1. attēls. AEL-DCBRA sistēma

7.1.2 Iekārtas apraksts

7.1.2.1 N-ALI02. Galvenais barošanas bloks



2. attēls. Modulis N-ALI02

Elektrotīkla strāvas padeves modulis nodrošina pārējo moduļu barošanu. Tā ir vienfāzes sprieguma padeves ierīce rūpnieciska slēdža veidolā ar līnijas (L), neitrālo (N) un zemējuma (GND) spailēm.

Modulis N-ALI02 ietver tālāk norādītos elementus.



3. attēls. N-ALI02 elementi

1. **230 V maiņstrāvas ievades savienotājs:** šim moduļim ir barošanas kabelis, ar kuru moduli var pievienot elektroīklam.



- 2. Diferenciālā aizsardzība:** 2 polu 240 V/30 mA/25 A diferenciālais slēdzis (ar testēšanas funkciju) un 2 polu 230/400 V-16 A/6 kA magnētiski termiskais slēdzis nodrošina iekārtas aizsardzību.
- 3. Pievienotas strāvas padeves indikators:** šī lampiņa norāda, ka modulis ir pievienots elektrotīklam un ir aktivizēta magnētiski termiskā aizsargfunkcija.
- 4. Aktīvas izvades indikators:** šī lampiņa iedegas, ja darbojas visas iekārtas aizsargfunkcijas. Šādā gadījumā barošanas modulis ir gatavs lietošanai.
- 5. Ārkārtas apturēšanas sēnes formas drošības spiedpoga:** sēnes formas drošības spiedpogu izmanto, ja ārkārtas situācijā ir nekavējoties jāatvieno strāvas padeve ķēdei.
- 6. Drošības atslēga:** šai atslēgai ir divas pozīcijas: ieslēgta (ON) un izslēgta (OFF). Laboratorijā atbildīgā persona var izņemt atslēgu, kad iekārta ir izslēgtā pozīcijā, lai neļautu studentiem darbināt iekārtu. Pārbaudiet, vai, kad ir aktivizēts magnētiski termiskais jaudas slēdzis, iedegas aktīvas izvades gaismas diode un vai ir deaktivizēta sēnes formas drošības spiedpoga, un pēc tam pagrieziet drošības atslēgu ieslēgtā pozīcijā.
- 7. Vienfāzes spaiļes:** divas vienfāzes 230 V maiņstrāvas izvades.
- 8. Zemējuma spaiļe:** šai spaiļei ir jābūt pievienotai, jo, ja rodas kāda kļūme ķēdē, to automātiski uztver paliekošās strāvas jaudas slēdzis. Drošības nolūkos zemējuma spaiļe ir savienota ar moduļa korpusu.

7.1.2.2 N-ALI03. Papildu maiņstrāvas avots



5. attēls. Modulis N-ALI03

Šis modulis nodrošina 24 V maiņstrāvu, 24 V līdzstrāvu ar maināmu spriegumu diapazonā no 0 līdz 24 V (līdzstrāvas), kas paredzēts vadības un signālu ķēdēm.

7.1.2.3 MED65. Digitālais multimetrs



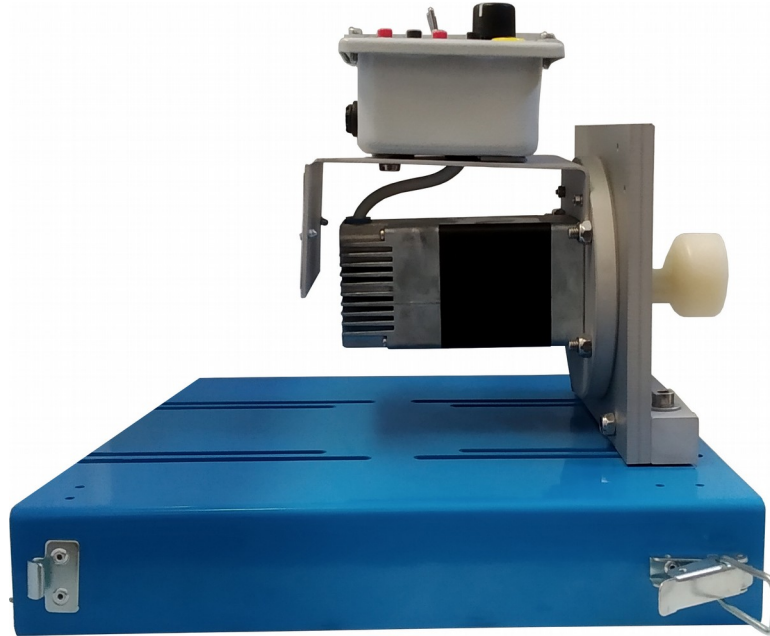
6. attēls. N-MED65

Šis modulis ir aprīkots ar 3 ½ ciparu digitālo multimetru un diviem speciāliem mērīšanas vadiem ar divkāršiem galakontaktiem, kas nodrošina savienojumus.

Ar digitālo multimetru var mērīt šādas vērtības:

- Spriegums
- Strāva
- Pretestība
- Kondensatoru kapacitāte

7.1.2.4 EMT18. Līdzstrāvas bezkontakta motors

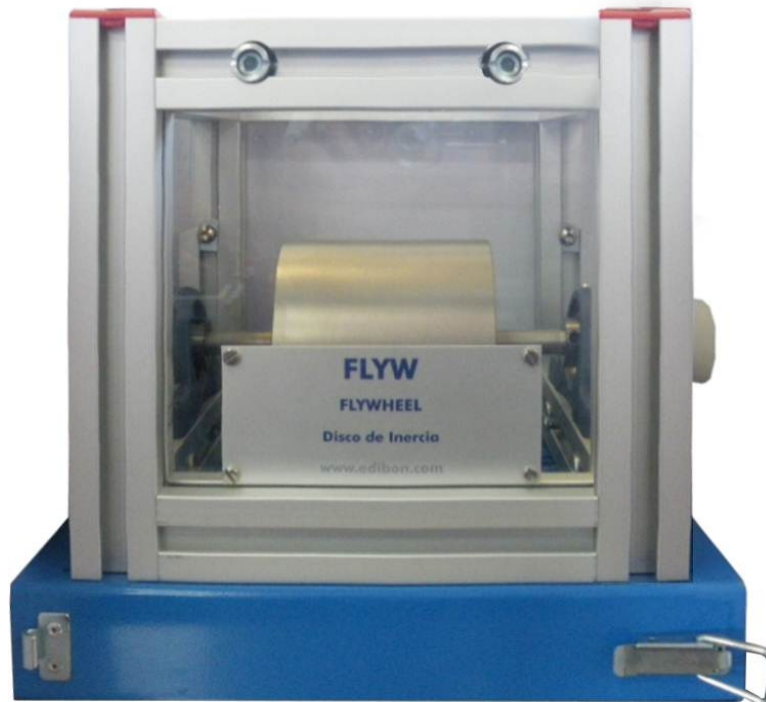


7. attēls. EMT18. Līdzstrāvas bezkontakta motors

Tas sastāv no līdzstrāvas bezkontakta motora, ātruma mērierīces (atsaucei), kodētāja un ātruma kontrolierīces.

7.1.3 Papildus moduļi

7.1.3.1 FLYW. Spararats



11. attēls. Modulis FLYW

Šis modulis sastāv no spararata, kas paredzēts izmantošanai kopā ar sistēmā iekļauto(-ajiem) motoru(-iem). Spararats ir rotējoša mehāniska ierīce, ko izmanto dinamiskās slodzes simulēšanai vai griezes enerģijas uzglabāšanai.

7.1.4 Procesa apraksts

7.1.4.1 Moduļu savienošana

7.1.4.1.1 Vadojums bezkontakta līdzstrāvas motora darbināšanai un mērinstrumentu pieslēgumiem

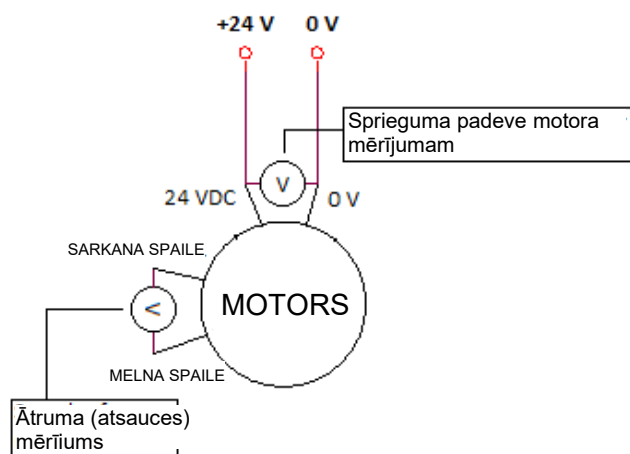
Šajā sadaļā ir aprakstītas vadojuma izveides procedūras dažādiem mērķiem, kā arī multimetra pieslēgums nepieciešamo mērījumu veikšanai.

Lai mērītu spriegumu, multimetram ir jābūt pievienotam paralēli mērāmajām spailēm.

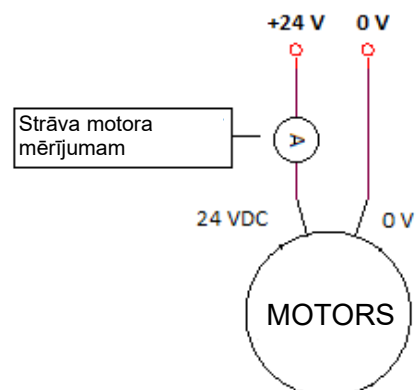
Lai mērītu strāvu, multimetram ir jābūt savienotam virknē ar ķēdi (vietā, kur vēlaties veikt mērījumu).

Tālāk attēlā ir atspoguļota spēka ķēdes vadojuma diagramma.

Spēka ķēde sprieguma mērījumam



Spēka ķēde strāvas mērījumam



7.1.4.1.1.1 **Vadojums bezkontakta līdzstrāvas motora bezslodzes iedarbināšanai.
Padeves sprieguma motoram mērījums**



7.1.4.1.1.2

Vadojums bezkontakta līdzstrāvas motora bezslodzes

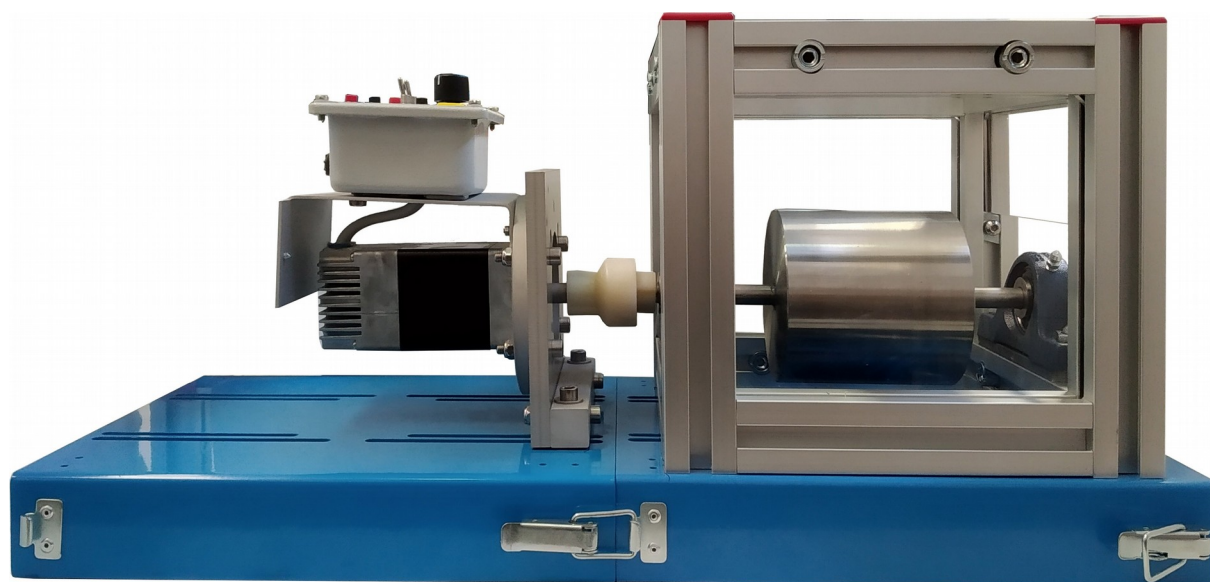
iedarbināšanai. Motora strāvas mērījums.



7.1.4.1.1.3 Vadojums bezkontakta līdzstrāvas motora bezslodzes iedarbināšanai. Ātruma (atsauces) mērījums, izmantojot spriegumu



7.1.4.1.2 Motora un spararata savienojums.



7.1.5 Praktiskās iespējas

1. Bezkontakta līdzstrāvas motora bezslodzes iedarbināšana.
2. Bezkontakta līdzstrāvas motora bezslodzes iedarbināšana un ātruma kontrole.
3. Bezkontakta līdzstrāvas motora bezslodzes iedarbināšana, ātruma kontrole un rotācijas virziena maiņa.
4. Bezkontakta līdzstrāvas motora ar spararatu iedarbināšana.
5. Bezkontakta līdzstrāvas motora ar spararatu iedarbināšana un ātruma kontrole.
6. Bezkontakta līdzstrāvas motora ar spararatu iedarbināšana, ātruma kontrole un rotācijas virziena maiņa.

7.1.6 Specifikācijas

7.1.6.1 N-ALI02. Galvenais barošanas bloks

Padeves spriegums (vienfāzes): 230 V maiņstrāva, PH + N + G.

Izņemama atslēga ieslēgšanai/izslēgšanai.

Izvades sprieguma savienojumi:

Divi, vienfāzes: 230 V maiņstrāva.

Vienfāzes padeves vada savienotājspraudnis.

Diferenciālā magnētiski termiskā funkcija, 2 polu, 25 A, 30 mA, maiņstrāvas, 6 kA.

7.1.6.2 N-ALI03. Papildu maiņstrāvas avots.

Padeves spriegums (vienfāzes): 230 V maiņstrāva, PH + N + G.

Izejas spriegums:

Vienfāzes, 24/12 V maiņstrāva.

24 V līdzstrāva.

0–24 V regulējama līdzstrāva ar potenciometra starpniecību.

7.1.6.3 MED65. Digitālais multimetrs.

Šis modulis ir aprīkots ar 3 ½ ciparu digitālo multimetru un 4 mm divu savienotāju kabeļiem savienojumu nodrošināšanai.

Ar digitālo multimetru var mērīt šādas vērtības:

- Spriegums
- Strāva
- Pretestība
- Kondensatora kapacitāte
- Temperatūra.

7.1.6.4 EMT18. Līdzstrāvas bezkontakta motors

Nominālais spriegums: 24 V līdzstrāva.

Nominālā jauda: 80 W.

Nominālā strāva: 3,3 A.

Apgr./min.: 3250 apgr./min.

GND spaile.

Ass augstums: 71 mm.

7.1.6.5 FLYW. Spararats

Masa: 2 kg.

Maksimālais ieteicamais ātrums: 4000 apgr./min.

Inerces moments: 0,0025 kg*m².

7.1.7 Iekārtas izmēri un masa

- Aptuveni 640 x 320 x 320 mm (aptuveni 25,19 x 12,59 x 12,59 collas).
- Aptuveni 25 kg (aptuveni 55 mārciņas).

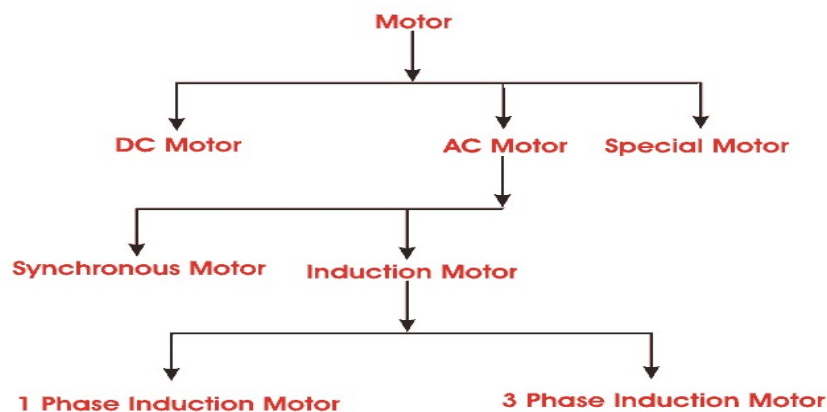
7.1.8 Nepieciešamie pieslēgumi

- Strāvas padeve: trīsfāžu, 380 V/50 Hz vai 208 V/60 Hz, 20 kW.

7.2 TEORIJA

7.2.1 Motoru veidu klasifikācija

Motorus primāri var klasificēt, kā norādīts zemāk.



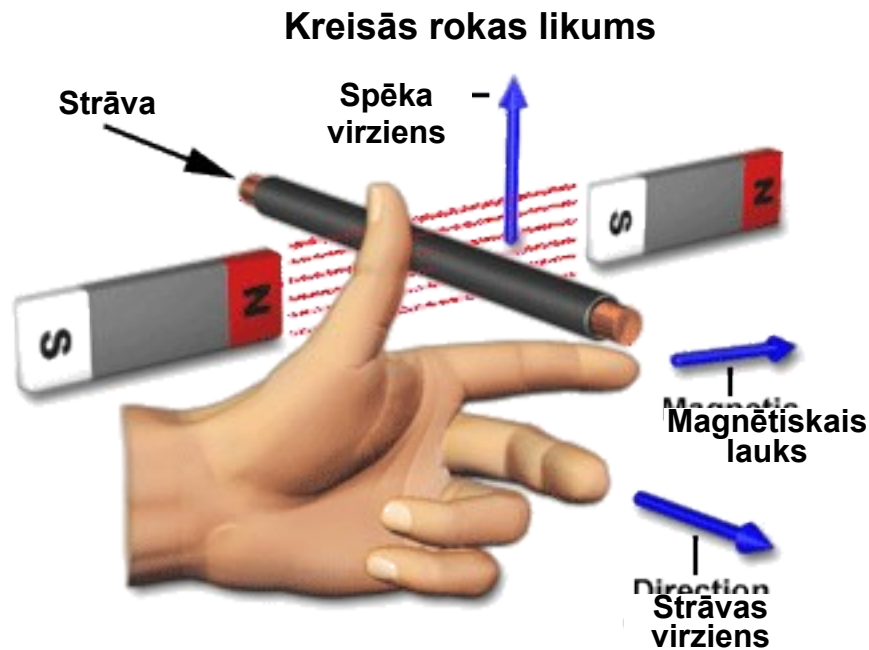
8. attēls. Motoru klasifikācija

7.2.2 Kas ir līdzstrāvas motors?

Elektromotori ir mums visapkārt. Gandrīz jebkuru elektromehānisko kustību nodrošina maiņstrāvas vai līdzstrāvas motors. Šeit mēs sīkāk aplūkojam šos motorus. Elektromotors ir ierīce, kas līdzstrāvas enerģiju pārveido mehāniskā enerģijā.

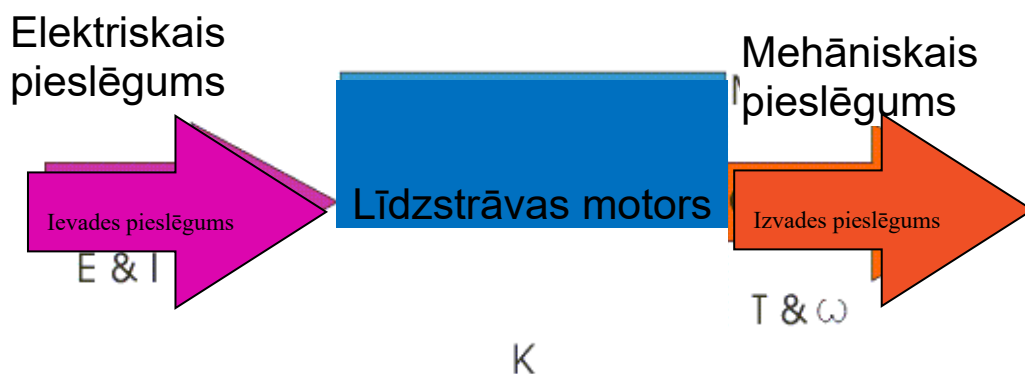
7.2.2.1 Līdzstrāvas motora principi

Līdzstrāvas motors darbojas pēc šāda principa: kad vadītājs, caur kuru plūst strāva, tiek novietots magnētiskā laukā, uz to iedarbojas griezes moments, izraisot tā kustību. To dēvē par motora darbību. Mainoties strāvas virzienam ķēdē, mainās arī rotācijas virziens. Magnētiskajam un elektriskajam laukam mijiedarbojoties, rodas mehānisks spēks, uz kura ir balstīts līdzstrāvas motora darbības princips.



9. attēls. Kreisās rokas likuma atspoguļojums

Motora griešanās virzienu nosaka Fleminga kreisās rokas likums: ja kreisās rokas rādītājpirkstu, vidējo pirkstu un īkšķi izstiep vienu otram perpendikulāri, rādītājpirksts atspoguļo magnētiskā lauka virzienu, vidējais pirksts atspoguļo strāvas virzienu, un īkšķis atspoguļo spēka, kas iedarbojas uz līdzstrāvas motora asi, virzienu. Pēc uzbūves līdzstrāvas motors ir ļoti līdzīgs līdzstrāvas ģeneratoram, taču elektriski tā darbība ir pretēja. Atšķirībā no ģeneratora šajā ierīcē tiek ievadīta elektriskā enerģija un iegūta mehāniskā enerģija. To atspoguļo tālāk redzamā blokshēma.



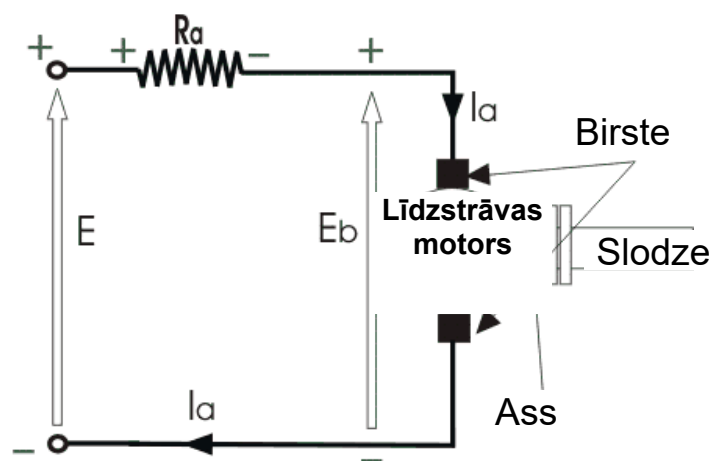
10. attēls. Enerģijas pārveides blokshēma

Līdzstrāvas motora padeves spriegums “E” un strāva “I” tiek pievadīti elektriskajam jeb ievades pieslēgumam, un no mehāniskā jeb izvades pieslēguma tiek iegūta mehāniska izvade, proti, griezes moments “T” un ātrums “ ω ”. Līdzstrāvas motora ievades un izvades pieslēguma mainīgās vērtības ir saistītas ar parametru “K”.

$$T = KI \text{ and } E = K\omega$$

Tādējādi, aplūkojot iepriekšējo attēlu, varam secināt, ka motors ir tiešs pretstats līdzstrāvas ģeneratoram un ka gan motora, gan ģeneratora darbību var panākt no vienas un tās pašas ierīces, vienkārši apvēršot pieslēgumus.

Lai gūtu detalizētāku izpratni par līdzstrāvas motoriem, aplūkosim šo diagrammu:



11. attēls. Līdzstrāvas motora diagramma

Līdzstrāvas motoru atspoguļo centrā esošais aplis. Tam ir piestiprinātas sukas, kas savienotas ar ārējām spailēm, no kurām tiek saņemts barošanas spriegums.

Mehāniskais savienojums ir motora ass, kas savienota ar enkura tinumu, savukārt enkura tinuma un ass kombinācija ir savienota ar mehānisku slodzi. Barošanas spailēm virknē ir pieslēgta enkura pretestība “Ra”. Sukām tiek piemērots ievades spriegums “E”. Caur rotora enkura tinumu (ar suku starpniecību) plūstošā strāva magnētiskā lauka klātbūtnē ģenerē griezes momentu “Tg”. Griezes momenta “Tg” dēļ griežas līdzstrāvas motora enkura tinums. Tā kā arī enkura vadītājos plūst strāva, un enkura tinums griežas statora magnētiskajā laukā, tiek ģenerēts arī elektrodzinējspēks “Eb” (līdzīgi kā ģeneratorā). Ģenerētā elektrodzinējspēka “Eb” virziens ir pretējs padeves sprieguma virzienam, tādēļ to dēvē par pretējo elektrodzinējspēku.

Līdzīgi kā ģenerators gadījumā pretējo elektrodzinējspēku atspoguļo šāds aprēķins:

$$E_b = \frac{P \cdot \varphi \cdot Z \cdot N}{60 \cdot A} \dots \dots \dots (1)$$

kur:

P = polu skaits

φ = plūsma uz polu

Z = vadītāju skaits

A = paralēlo ceļu skaits

N = līdzstrāvas motora ātrums

Pēc šī vienādojuma varam secināt, ka “ E_b ” ir proporcionāls ātrumam “ N ”. Proti, vienmēr, kad līdzstrāvas motors griežas, tiek ģenerēts pretējs elektrodzinējspēks. Tagad attēlosim rotora ātrumu kā “ ω ” (radiānos sekundē). Tātad “ E_b ” ir proporcionāls “ ω ”. Ja motora ātrums tiek samazināts, piemērojot tam slodzi, “ E_b ” samazinās. Tādējādi, palielinoties starpībai starp padeves spriegumu un pretējo elektrodzinējspēku, palielinās arī “ $E - E_b$ ”. Palielinoties sprieguma starpībai, palielinās enkura strāva, tādēļ palielinās griezes moments un līdz ar to arī ātrums. Šādi līdzstrāvas motors spēj nodrošināt vienmērīgu ātrumu pie mainīgas slodzes. Enkura strāvu atspoguļo šāds aprēķins:

$$I_a = \frac{E - E_b}{R_a}$$

Iedarbināšanas brīdī ātrums $\omega = 0$, tādēļ iedarbināšanas $E_b = 0$.

$$I_a = \frac{E}{R_a} \dots\dots\dots (2)$$

Tā kā enkura tinuma elektriskā pretestība “ R_a ” ir neliela, pretējā elektrodzinējspēka neesamības gadījumā motora iedarbināšanas strāva ir ļoti liela. Tādēļ līdzstrāvas motora iedarbināšanai ir jāizmanto starteris. Motoram turpinot griezties, sāk veidoties pretējais elektrodzinējspēks, un, motoram uzņemot ātrumu, strāva pakāpeniski samazinās.

7.2.3 Līdzstrāvas bezkontakta motors

7.2.3.1 Ievads

Bezkontakta līdzstrāvas motors ir līdzstrāvas sinhronzinējs, kas sastāv no rotora pastāvīgā magnēta veidolā un statora vairākfāžu enkura tinumu veidolā. Tas atšķiras no standarta līdzstrāvas motora ar to, ka tam nav suku un ka komutācija notiek elektriski, statora tinumu barošanai izmantojot elektronisku draiveri.

Bezkontakta motora uzbūve ir līdzīga pastāvīgo magnētu sinhronzinējam (PMSM), taču to var izmantot arī kā reaktīvo motoru vai kā indukcijas (asinchronu) motoru.

Galvenā bezkontakta līdzstrāvas motoru (BLDC) priekšrocība ir efektivitāte. Tā kā rotors ir vienīgā magnētu atrašanās vieta, tam nav nepieciešama strāvas padeve, proti, tam nav savienojumu, komutatora un suku. Tā vietā motoram ir vadības shēma. Lai noteiktu rotora pozīciju noteiktā laikā, BLDC motori (līdz ar kontrolleriem) izmanto rotējošus kodētājus vai Holla sensorus.

Bezkontakta motoru priekšrocības (salīdzinot ar motoriem ar sukām) ir liela jauda attiecībā pret masu, liels ātrums un elektroniska vadība.

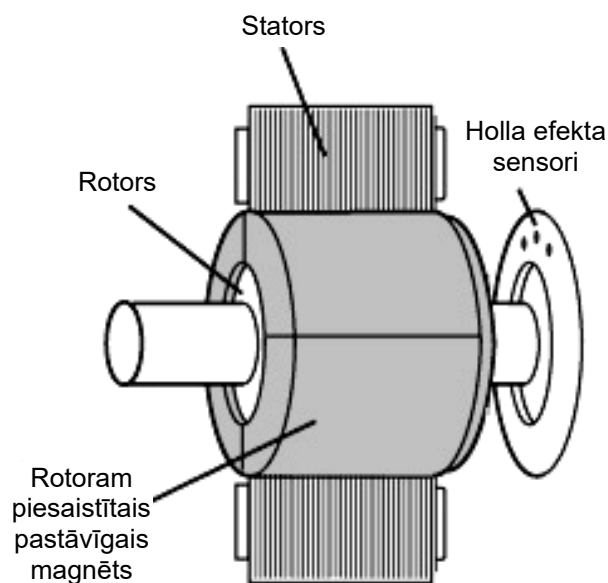
7.2.3.2 Līdzstrāvas bezkontakta motora darbības princips

Līdzstrāvas bezkontakta motoru darbina elektronisks draiveris, kas, rotoram griežoties, pārslēdz barošanas sprieguma padevi starp statora tinumiem. Rotora pozīcijai seko līdzīgi devējs (optisks vai magnētisks; parasti šim mērķim izmanto Holla efekta sensoru), kas elektriskajam kontrollerim nodrošina informāciju par pozīciju. Vadoties pēc šīs pozīcijas, tiek noteikts, kuram statora tinumam ir jāpievada strāva.

Ikreiz, kad rotora magnētiskie poli šķērso Holla sensoru, tiek ģenerēts AUGSTA vai ZEMA līmeņa signāls, ko var izmantot, lai noteiktu ass pozīciju. Apvēršot magnētiskā lauka virzienu, tiek apvērsts arī ģenerētais spriegums.

No kodētāja saņemtie signāli ir taisnstūrviļņi, kas pēc katra apgrieziena atkārtojas noteiktu reižu skaitu (piemēram, 360 vai 720 reizes apgriezienā). Šo signālu frekvence ir tieši proporcionāla rotācijas ātrumam. Tādējādi rotācijas ātrumu var noteikt, izmērot šī signāla frekvenci.

Elektroniskais draiveris sastāv no tranzistoriem (2 katrai fāzei), kurus darbina mikroprocesors.

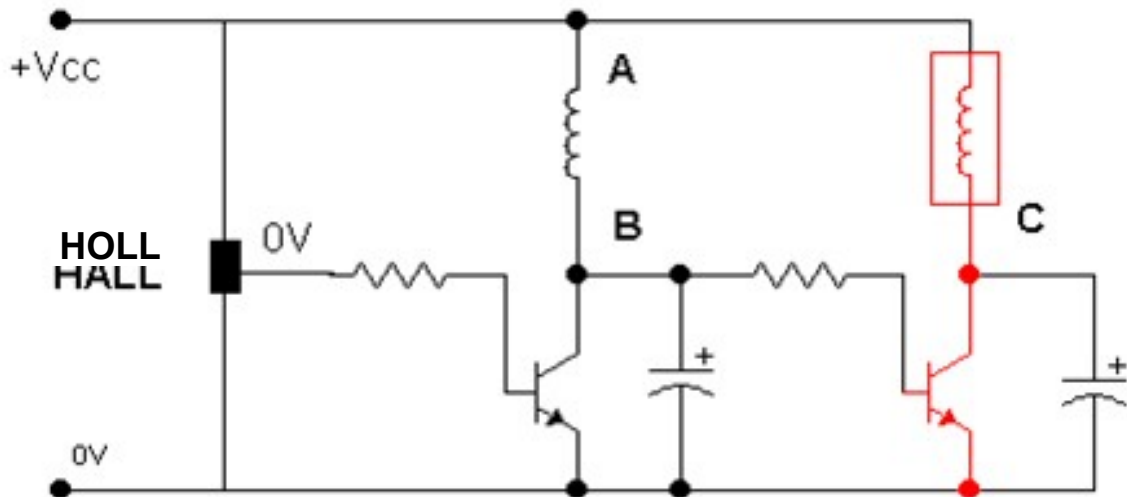


12. attēls. Bezkontakta līdzstrāvas motora konstrukcija

Pastāvīgo magnētu radītais magnētiskais lauks mijiedarbojas ar statora tinumos plūstošās strāvas inducēto lauku, ģenerējot mehānisku griezes momentu. Draivera elektroniskā komutācijas shēma pielāgo strāvas padevi statoram tā, lai pastāvīgi uzturētu 0–90 grādu leņķi starp mijiedarbojošajiem laukiem. Holla sensori parasti ir piestiprināti statoram vai rotoram. Kad rotors šķērso Holla sensoru (attiecībā pret ziemeļpolu vai dienvidpolu), tiek ģenerēts augsta vai zema līmeņa signāls. Vadoties

pēc šo signālu kombinācijas, tiek noteikts, kuram tinumam ir jāpievada strāva.

Lai sekotu līdzi kustīgā rotora laukam un uzturētu motora darbību, tinumu ģenerētajam magnētiskajam laukam ir jāmaina pozīcija.



13. attēls. Bezkontakta līdzstrāvas motora elektroniskā shēma

4 polu un 2 fāžu bezkontakta līdzstrāvas motoram tiek izmantots viens Holla sensors, kas iestrādāts statorā. Rotoram griežoties, Holla sensors uztver pozīciju un ģenerē augsta vai zema līmeņa signālu atkarībā no magnēta pola (ziemeļu vai dienvidu). Holla sensors ir ar rezistora starpniecību pievienots tranzistoriem. Kad sensora izvadē rodas augsta sprieguma signāls, A spolei pievienotais tranzistors sāk vadīt elektrību, ļaujot strāvai pieplūst A spolei. Kondensators sāk uzlādēties līdz pilnam padeves spriegumam. Kad Holla sensors uztver rotora polaritātes maiņu, tas ģenerē zema sprieguma signālu (izvades). 1. tranzistoram netiek pievadīta strāva, tāpēc tas ir atvienotā stāvoklī. Spriegums, kas veidojas ap kondensatoru, ir "Vcc". Tas ir 2. tranzistora barošanas spriegums. Tagad spolei C tiek pievadīta strāva.

BLDC motoriem ir fiksēti pastāvīgie magnēti, kas griežas, un fiksēts enkura tinums, kura dēļ nav jāpievada strāva kustīgajam enkura tinumam. Parasti tiem ir arī vairāk polu uz rotora nekā statora, kā arī vairāk polu nekā reaktīvajiem dzinējiem.

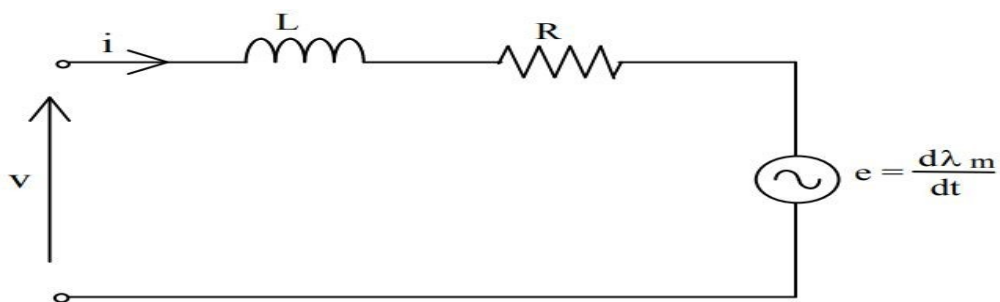
Reaktīvie dzinēji var nebūt aprīkoti ar pastāvīgajiem magnētiem. Tiem var būt tikai poli, kas tiek inducēti rotorā un mijiedarbojas ar laikiestatītiem statora tinumiem. Ar sukām aprīkoto līdzstrāvas motoru sukas/komutatoru aizstāj elektronisks kontroleris, kas pastāvīgi pārslēdz tinumu fāzes, lai nodrošinātu motora darbību. Kontroleris veic laikiestatītu strāvas padeves sadali, suku/komutatora sistēmas vietā izmantojot bezkontakta shēmu.

7.2.3.3 Līdzstrāvas bezkontakta motora vispārīgie vienādojumi un ekvivalentā shēma

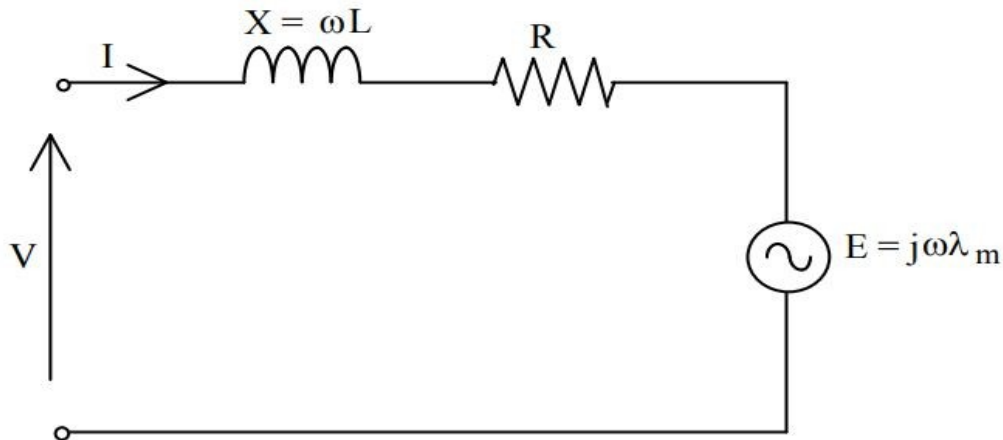
Tālāk attēlā ir redzama fāzes ekvivalentā shēma, kur λ_m ir statora tinuma plūsmas saķēdējums uz fāzi (to nodrošina pastāvīgais magnēts). Par pastāvīgā režīma apstākļiem: pieņemot, ka frekvencē ω v ir sinusoidāls, ekvivalentā shēma kļūst tāda,

kā redzams pastāvīgās ekvivalentās shēmas attēlā, kur $X = \omega L$, V , I , E un λ_m ir vektori ar vidējām kvadrātiskām amplitūdas vērtībām. Pastāvīgās shēmas vienādojumu var izteikt šādi:

$$V = E + (R + j\omega L)I$$



14. attēls. Bezkontakta līdzstrāvas motoru dinamiska fāzes ekvivalentā shēma



15. attēls. Bezkontakta līdzstrāvas motoru pastāvīga fāzes ekvivalentā shēma

Lai panāktu maksimālu mehānisku jaudu noteiktā ātrumā, “I” un “E” ir fāzē. Šādi tiek nodrošināts arī maksimāls griezes moments uz ampēru (minimālā strāva/Nm). Bezkontakta līdzstrāvas motors no rotora saņem pozīcijas atbildes reakciju, izmantojot Holla sensorus, optiskas ierīces, kodētāju utt. Tas ir nepieciešams, lai uzturētu noteiktu leņķi starp V un E, jo E ir fāzē ar rotora pozīciju, un V nosaka padeve no invertora uz motoru. Pieņemot, ka $\omega L \ll R$, kad I ir fāzē ar E, arī V ir fāzē ar E. Tādējādi shēmu var analizēt, izmantojot lielumus E, V un I, līdzīgi kā līdzstrāvas shēmu.

Kad E un I ir fāzē, motora mehāniskā izejas jauda (neņemot vērā berzes, gaisa plūsmu un magnētisko īpatnību izraisītos zudumus, proti, elektromagnētiskā izejas jauda) ir:

$$P_{em} = m|E||I| = m\omega|\lambda_m||I|$$

Kur “m” ir fāžu skaits, |E|, |I| un $|\lambda_m|$ ir vektoru E, I, un λ_m lielumi un elektromagnētiskais griezes moments ir šāds:

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_r} = \frac{m\omega|\lambda_m||I|}{\omega_r}$$

Kur $\omega_r = \frac{2\omega}{p}$ ir rotora ātrums radiānos sekundē un “p” ir polu skaits.

$$T_{em} = \frac{mp|\lambda_m||I|^2}{2}$$

Faktiskais ass izejas griezes moments:

$$T_{load} = T_{em} - T_{losses}$$

Kur T_{losses} ir kopējais griezes moments berzes, gaisa plūsmu un magnētisko īpatnību izraisīto zudumu dēļ.

Atmetot amplitūdas (moduļa) zīmes, iegūstam:

$$T_{em} = \frac{mp\lambda_m I^2}{2}$$

Attiecībā uz rotora ātrumu:

$$E = \frac{p}{2} \omega_r \lambda_m$$

7.2.3.3.1 Līdzstrāvas bezkontakta motora darbība

Ātruma/griezes momenta ($T \sim \omega$) līkne

Joprojām pieņemot, ka $\omega L \ll R$ un pozīcijas atbildes reakcija nodrošina V un E (un tādējādi arī I) atrašanos fāzē, sprieguma vienādojumu var algebriski vienkāršot šādi:

$$V = E + RI$$

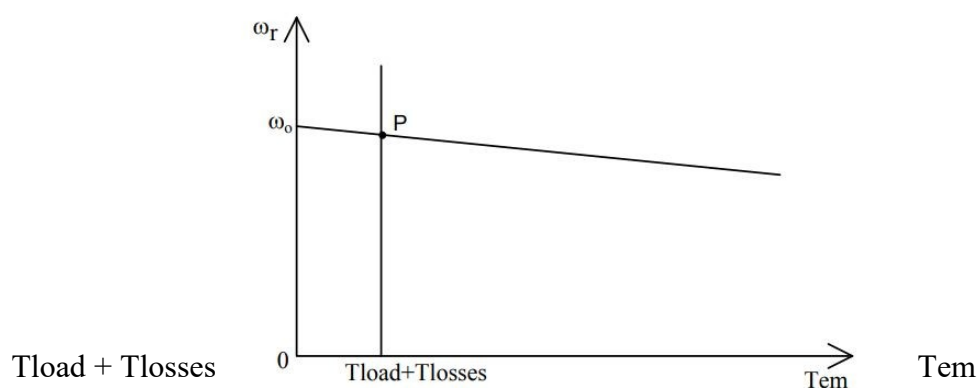
Aizvietojot $E \sim \omega_r$ un $T \sim I$ attiecības, mēs iegūstam:

$$V = \frac{p}{2} \omega_r \lambda_m + \frac{2R}{mp\lambda_m} T_{em}$$

un

$$\omega_r = \frac{V}{p\lambda_m/2} - \frac{R}{m(p\lambda_m/2)^2} T_{em}$$

Zemāk ir norādīta atbilstošā $T \sim \omega$ līkne pastāvīgam spriegumam:



16. attēls. Bezkontakta līdzstrāvas motora $T \sim \omega$ līkne, ar pastāvīgu sprieguma padevi

Efektivitāte

Par efektivitāti dēvē izejas jaudas un ieejas jaudas attiecību, proti:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$\text{Kur } P_{in} = mVI \quad \text{un} \quad P_{out} = T_{load} \omega_r$$

Par enerģijas plūsmu:

$$P_{in} = P_{cu} + P_{Fe} + P_{mec} + P_{out}$$

Kur $P_{cu} = mRI^2$ ir vara īpatnību izraisītie zudumi tinuma pretestības dēļ, P_{Fe} ir

magnētiskie zudumi histerēzes un virpuļstrāvas dēļ un P_{mec} ir mehāniskie zudumi gaisa plūsmu un berzes dēļ.

7.2.3.4 Līdzstrāvas bezkontakta motoru lietojuma veidi un priekšrocības

Kopš bezkontakta līdzstrāvas motoru ieviešanas tie ir kļuvuši lētāki materiālu un izstrādes attīstības dēļ. Samazināto izmaksu, kā arī citu priekšrocību (salīdzinot ar parastiem līdzstrāvas motoriem) dēļ bezkontakta līdzstrāvas motors tiek plaši izmantots vairākās noteiktās jomās.

BLDC motori ir pielāgojamāki nekā parastie līdzstrāvas motori (galvenokārt to ātruma un griezes momenta kontroles iespēju dēļ). Tie ir pieejami arī kompaktā veidolā, tādēļ ir piemēroti dažādām kompaktām sistēmām. Tipiski pielietojuma piemēri: datoru cietie diski, mehāniskas multivides atskaņošanas ierīces, elektronisko

komponentu dzesēšanas ventilatori, bezvadu elektriskie instrumenti, apkures, ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmas, ledusskapji, rūpnieciskās ražošanas iekārtas, elektrofoņi.

Līdzstrāvas bezkontakta motoru galvenās priekšrocības ir šādas:

- labāks ātrums attiecībā pret griezes momentu;
- augsta dinamiskā reakcija;
- augsta efektivitāte;
- ilgs kalpošanas laiks nelielo elektrisko un berzes zudumu dēļ;
- lielāks ātruma diapazons;
- mazāk dzirksteļošanas un elektriskā trokšņa darbības laikā;
- elektromagnēti atrodas statorā, tādēļ tie ir viegli dzesējami;
- statorā ir iespējams izvietot daudz elektromagnētu, lai panāktu precīzāku kontroli.

7.3 DARBĪBA

7.3.1 N-ALI02. Galvenais barošanas bloks



17. attēls. Modulis N-ALI02 un tā vadības elementi

Noņemams divu pozīciju slēdzis (ieslēgts (ON), izslēgts (OFF)), kas darbojas kā drošības atslēga (6), veic galvenā slēdža funkciju.

Sēnes formas drošības spiedpogu (5) izmanto, ja ķēde ir nekavējoties jāpārtrauc ārkārtas gadījumā.

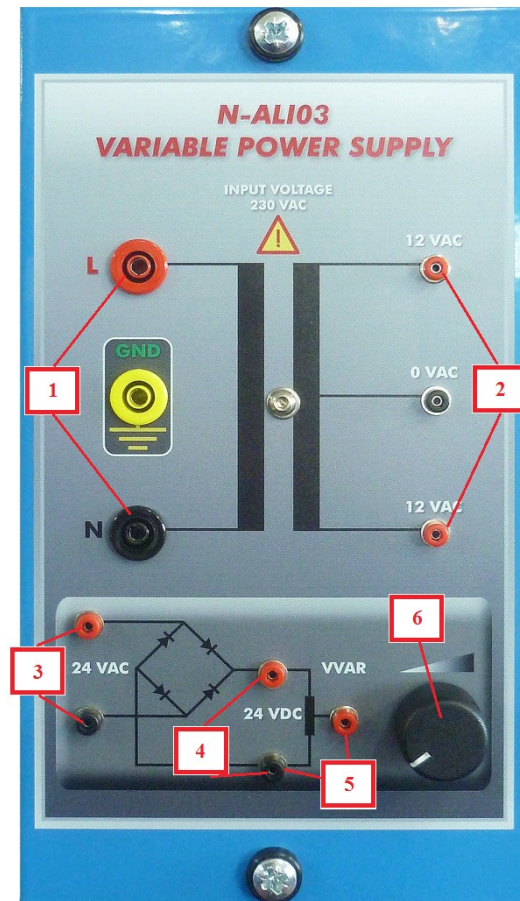
Moduļa spaiļes (sarkanā un melnā) (7) ir L un N spaiļes, kas nodrošina 230 V maiņstrāvu, kad tām ir pievienots modulis. Dzeltēnā spaiļe (8) ir GND spaiļe, kas nepieciešama, lai novērstu lietotājam bīstamu noplūdes strāvu. Drošības nolūkos tā ir jāsavieno ar moduļa rāmi.

Kad modulis ir pievienots tīklam (1) un magnētiski termiskais slēdzis ir aktivizēts, neatkarīgi no atslēgas un ārkārtas izslēgšanas slēdža (3) pozīcijas iedegas sarkanā lampiņa pie ārkārtas izslēgšanas slēdža.

Otra sarkanā lampiņa (4), kas atrodas blakus drošības atslēgai, iedegas tikai tad, ja izvades spailēs (7) ir spriegums (proti, aizsargfunkcijas ir pilnībā aktivizētas, un ārkārtas slēdzis ir izslēgts).

Iekārtas aizsardzību nodrošina automātiska divpolu diferenciālā aizsardzība (2) (240 V/30 mA/25 A (testēts)) un automātisks divpolu magnētiski termiskais slēdzis (2) (230/400 V, 16 A/6 kA).

7.3.2 N-ALI03. Papildu maiņstrāvas avots



18. attēls. Modulis N-ALI03 un tā vadības elementi

Ievade notiek caur 230 V maiņstrāvas spailēm (1), kurām tiek pievienots strāvas padeves modulis. Spriegums tiek pārveidots uz 24 V maiņstrāvu ((2) un (3)), kas ar diožu tilta shēmas starpniecību tiek pārveidota uz 24 V līdzstrāvu (4). Izmantojot potenciometru (6), ar 0–24 V līdzstrāvas spaiļu (5) starpniecību tiek panākts maināms 0–24 V līdzstrāvas spriegums.

Lai vienkāršības un drošības nolūkos iegūtu 24 V maiņstrāvas un 24 V līdzstrāvas spriegumu un varētu izveidot zemsprieguma vadības ķēdes (24 V maiņstrāvas vai 24 V līdzstrāvas, nevis 230 V maiņstrāvas), ir nepieciešams šis modulis. Transformēšanas attiecība:

$$R_t = V_1/V_2$$

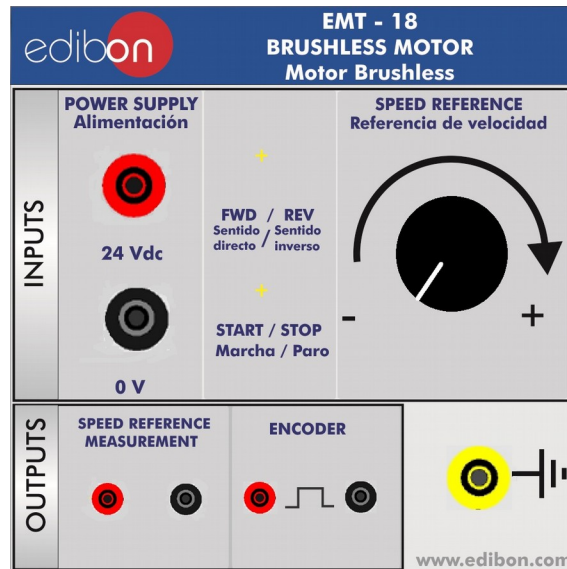
7.3.3 EMT18. Līdzstrāvas bezkontakta motors



19. attēls. EMT18. Līdzstrāvas bezkontakta motors

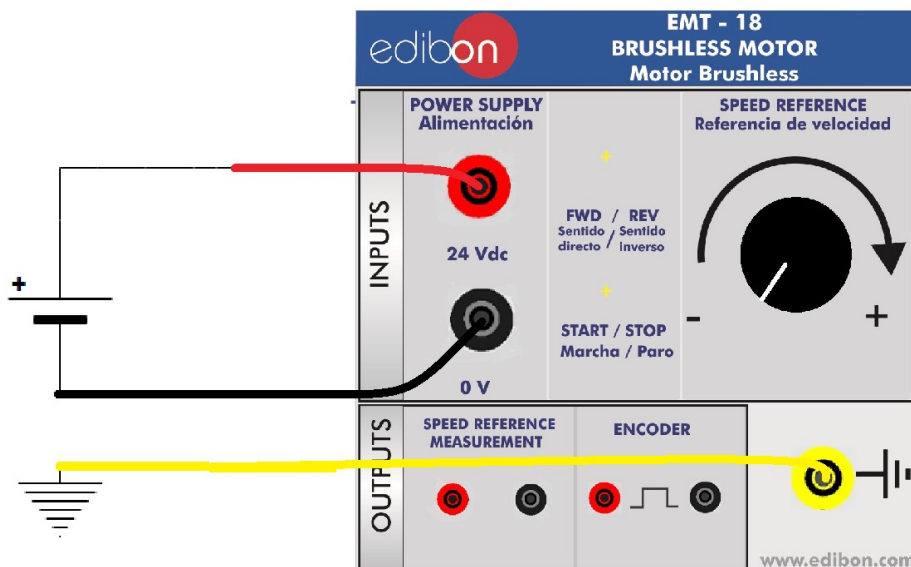
Tas sastāv no līdzstrāvas bezkontakta motora, ātruma mērierīces (atsaucei), kodētāja un ātruma kontrolierīces. Līdzstrāvas bezkontakta motors atšķiras no standarta līdzstrāvas motora ar to, ka tam nav suku un ka komutācija notiek elektriski, statora tinumu barošanai izmantojot elektronisku draiveri.

Spaiļu bloks



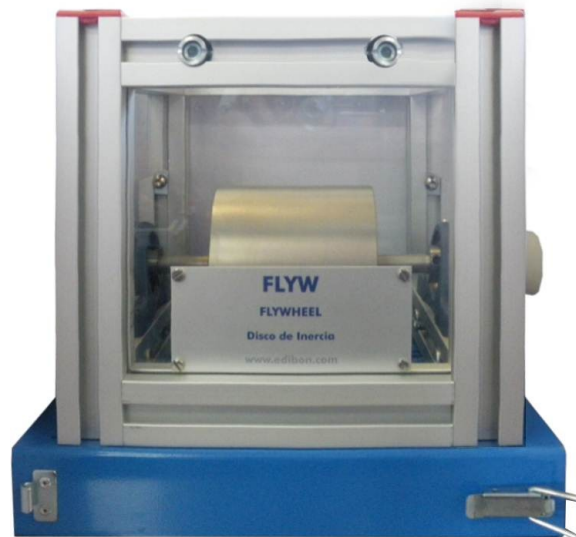
20. attēls. EMT18 spaiļu bloks

Savienojumi



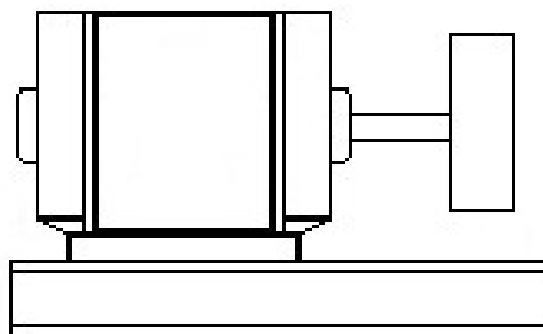
21. attēls. EMT18 savienojums

7.3.4. FLYW. Spararats



22. attēls. Modulis FLYW

Tas sastāv no spararata, kas nodrošina dinamisku slodzi vai uzglabā griezes enerģiju. To izmanto kopā ar sistēmā iekļauto(-ajiem) motoru(-iem).



23. attēls. Motora ar pievienotu spararatu attēlojums

Tas ir rotējošai asij pievienots smags rats, kas izlīdzina jaudas pānesi no motora uz iekārtu. Spararata inerces kompensē un izlīdzina dzinēja ātruma svārstības un “uzglabā” enerģijas pārpalikumus, nodrošinot nepārtrauktu darbību.

Varat savienot motoru ar spararatu un novērot, kā motors darbojas ar slodzi un kā mainās strāva motora iedarbināšanas laikā.

7.3.5. Aprīkojuma iedarbināšana

Izpildiet tālāk aprakstītās darbības, lai izveidotu sistēmas moduļu vadojumu, aktivizētu aizsarglīdzekļus un ieslēgtu sistēmu.

1. Pārbaudiet moduļa N-ALI02 priekšpusē esošā magnētiski termiskā slēdža pozīciju (ja modulis ir iekļauts sistēmā).
2. Pārbaudiet, vai nav nospiesta ārkārtas apturēšanas poga.
3. Aktivizējiet slēdžus, lai pieslēgtu visu sistēmas moduļu barošanu.
4. Pēc tam pagrieziet izņemamo atslēgu ieslēgtā pozīcijā (ON).

7.3.6. Sistēmas izslēgšana

Lai izslēgtu iekārtu, izpildiet tālāk aprakstītās darbības.

1. Deaktivizējiet slēdžus, lai atslēgtu visu sistēmas moduļu barošanu.
2. Pagrieziet moduļa N-ALI02 izņemamo atslēgu izslēgtā pozīcijā (OFF).
3. Pārlicinieties, vai nedeg sarkanā diode pie atslēgas.

7.4 GALVENIE NORĀDĪJUMI, BRĪDINĀJUMI UN PIESARDZĪBAS PASĀKUMI

Pirms jebkādas sistēmas konfigurācijas maiņas ir jāatslēdz barošana, nospiežot strāvas padeves moduļa sēnes formas ārkārtas apturēšanas spiedpogu. Strāvas padevi var atvienot arī, pagriežot strāvas padeves moduļa atslēgu izslēgtā pozīcijā (OFF). Šo metodi var izmantot tikai instruktors. Kad aprīkojums netiek izmantots, šī persona uzglabā atslēgu pie sevis, lai nepieļautu nepilnvarotu sistēmas lietošanu. Pārlicinieties, vai moduļa barošana ir aktīva, pārbaudot, vai strāvas padeves moduļa magnētiski termiskais diferenciālais slēdzis ir ieslēgts.

Ja praktiskā uzdevuma vajadzībām ir jāizmanto dažādi statīvos samontēti moduļi, ir jāizveido arī statīvu zemējuma savienojumi. Šādi visi moduļi tiek savienoti ar zemi.

Vienmēr ir jāpievērš uzmanība sistēmas sprieguma līmenim. Ņemiet vērā, ka mazās spaiļes izmanto zēmam spriegumam (24 vai 12 V) un lielās spaiļes — augstam spriegumam (230 vai 400 V).

Savienojot moduļus, kam nepieciešama polarizēta strāvas padeve, ievērojiet polaritāti.

Pirms praktisko uzdevumu ar motoriem veikšanas ir ieteicams pārbaudīt, vai (saskaņā ar motora parametru plāksnītē norādīto informāciju) moduļi spēj izturēt sistēmas izraisīto slodzi.

Pirms praktisko uzdevumu ar spararatu veikšanas ir ieteicams pārbaudīt, vai tas ir pareizi pievienots nepieciešamajam sistēmas elementam. Tas nepieciešams, lai praktisko uzdevumu veiktu droši un izvairītos no rotējošo elementu sabojāšanas un traumām. Neuzstādiē spararatu, kamēr motors griežas.