

1. Ko der zināt par elektriskajām mašīnām

1.1. Vispārīgi par elektriskajām mašīnām

Lai saprastu elektrisko mašīnu darbību ir labi jāorientējas magnētismā, elektrotehnikā, jābūt labām zināšanām par stacionāriem un kustīgiem vadītājiem magnētiskajā laukā.

Visi ģeneratori un elektromotori ir apvienoti vienā kategorijā – rotējošās elektriskās mašīnas. To darbība balstās uz elektromagnētismu – ģeneratori pārveido mehānisko enerģiju elektriskajā, bet elektromotori elektroenerģiju pārveido mehāniskajā. Enerģijas pārveidošanas virziens ir maināms atkarībā no tā kā mašīna tiek lietota.

Elektriskās mašīnas iedala pēc to darbības principiem: līdzstrāvas mašīnas, sinhronās mašīnas, asinhronās mašīnas utt. Transformatori ir stacionāras elektriskās mašīnas, kas pazemina vai paaugstina spriegumu un strāvu.

1.2. Standarta konstrukcijas

Elektrisko mašīnu stiprinājumu konstrukcijas ir standartizētas. Burtciparu apzīmējums norāda uz gultņu, stiprinājumu, novietojumu un vārpstas konstruktīvajām īpašībām. Dažu konstrukciju piemēri un to apzīmējumi ir doti 1.1. att. Vienas konstrukcijas elektriskajām mašīnām būs vienādi izmēri neatkarīgi no ražotāja. Sīkāka informācija par elektrisko mašīnu standartiem ir pieejama DIN un IEC reglamentos.

1.3. Dzesēšana un ventilācija

Darbinot elektriskās mašīnas, rodas jaudas zudumi, kas izdalās siltuma veidā. Šis siltums ir jānovada apkārtējā vidē, lai nodrošinātu termisko balansu un mašīna varētu droši darboties. Mašīnas pārkaršana var bojāt tinumu izolāciju un neatgriezeniski sabojāt mašīnu.

Elektriskās mašīnas parasti tiek aprīkotas ar dzesēšanas ventilatoru, kas novietots uz mašīnas vārpstas un nodrošina gaisa plūsmu, tādā veidā dzesējot mašīnas korpusu. Jo labāka ir motora dzesēšana, jo tādas pašas jaudas dzinējs var uzbūvēt mazāku.

Atsevišķos gadījumos ir nepieciešams izveidot mašīnas ar piespiedu dzesēšanu. To panāk ar atsevišķu ventilatoru vai šķidrās dzesēšanas sistēmu, kas tieši dzesē elektriskās mašīnas detaļas.

1.4. Izolācijas materiālu klases

Elektrisko mašīnu tinumi ir izgatavoti no lakotiem vadiem. 1. tabulā ir norādīti dažādi izolācijas laku klases un to maksimālā pieļaujamā ilglaicīgā temperatūra.

1. tabula

Izolācijas klase	Maksimālā pieļaujamā ilglaicīgā temperatūra °C
Y	90
E	120
F	155
H	180

1.5. Aizsardzības klase

Aizsardzības klase norāda uz iekārtas konstruktīvajām īpatnībām, kas aizsargā cilvēku no iespējas pieskarties strāvu vadošām vai kustīgām daļām un mašīnu pret svešķermeņu un ūdens iekļūšanu.

Apzīmējuma IP (International Protection) pirmais cipars norāda uz kontakta un svešķermeņu iekļūšanas aizsardzības klasi, otrais cipars norāda uz iekārtas aizsardzību pret ūdens iekļūšanu.

Kontakta un svešķermeņu aizsardzība:

IP0X – nav aizsardzības

IP1X – aizsardzība pret svešķermeņu iekļūšanu, kas lielāki par 50mm

IP2X – aizsardzība pret svešķermeņu iekļūšanu, kas lielāki par 12mm

IP3X – aizsardzība pret svešķermeņu iekļūšanu, kas lielāki par 2,5mm

IP4X – aizsardzība pret svešķermeņu un instrumentu iekļūšanu, kas lielāki par 1mm

IP5X – aizsardzība pret putekļu uzkrāšanos iekārtas iekšpusē

IP6X – pilnīga putekļu aizsardzība

Ūdens aizsardzība:

IPX0 – nav aizsardzības pret ūdens iekļūšanu

IPX1 – aizsardzība pret vertikāliem ūdens pilieniem

IPX2 – aizsardzība pret ūdens pilieniem, kas pil 15o leņķī

IPX3 – aizsardzība pret ūdens pilieniem, kas pil 30o leņķī

IPX4 – aizsardzība pret ūdens šļakatām no visām pusēm

IPX5 – aizsardzība pret ūdens strūklu

IPX6 – aizsardzība pret tiešu ūdens plūsmu

IPX7 – aizsardzība pret īslaicīgu iegremdēšanu ūdenī

IPX8 – aizsardzība pret ilglaicīgu iegremdēšanu ūdenī

HPS standu mašīnām ir IP20 vai IP54 aizsardzības klase.

1.6. Pases datu plāksnīte

Svarīgākie dati par elektriskajām mašīnām, kas nepieciešami izvēloties mašīnu, tiek norādīti uz pases datu plāksnītes.

2. att. parādīta pases datu plāksnīte ar numurētiem laukumiem. Laukumu atšifrējumi doti 2. tabulā.

2. tabula

Nr.	Parametrs
1	Ražotāja nosaukums
2	Tips
3	Strāvas veids
4	Funkcija
5	Ražotāja Nr.
6	Statora tinumu veids
7	Nominālais spriegums
8	Nominālā strāva
9	Nominālā jauda
10	Jaudas mērvienības [W, kW vai MW]
11	Darba režīms
12	Nominālais jaudas koeficients
13	Rotācijas virziens
14	Nominālie apgriezieni
15	Nominālā frekvence
16	Ierosmes specifikācija
17	Rotora tinumu vieds
18	Nominālais ierosmes spriegums
19	Nominālā ierosmes strāva
20	Izolācijas materiālu klase
21	Aizsardzības klase
22	Svars (parasti lielām mašīnām)
23	Papildus informācija

1.7. Savienojumu apzīmējumi

Savienojumu apzīmējumi ir standartizēti un sastāv no burtciparu apzīmējuma, kur cipari (1) norāda uz tinuma sākumu un (2) uz tinuma beigām. Tinumu atzari tiek apzīmēti ar cipariem 3 vai 4.

3. un 4. tabulā norādīti līdzstrāvas un maiņstrāvas mašīnu savienojumi, kas izmantoti HPS stendos.

3. tabula

Līdzstrāvas maiņas	
Enkura tinums	A1 – A2
Komutējamā pola tinums	B1 – B2
Kompensācijas tinums	C1 – C2
Virknes ierosmes tinums	D1 – D2

Paralēlas ierosmes tinums	E1 – E2
Ārējas ierosmes tinums	F1 – F2

4. tabula

Maiņstrāvas mašīnas	
Statora tinumi (zvaigznes slēgumā)	U1 – U2, V1 – V2, W1 – W2
Statora tinumi (trijstūra slēgumā)	U, V, W
Viduspunkts	N
Rotora tinumi	K, L, M
Zemējums	PE

1.8. Efektivitāte un jaudas zudumi

Elektriskās mašīnas efektivitāte η ir mašīnas izdalītās jaudas attiecība pret pievadīto jaudu:

$$\mu = \frac{P_{iz}}{P_{ie}} \quad (1)$$

Rotējošās mašīnās vienmēr ir mehāniskie zudumi, kas rodas gultņos berzes dēļ, elektriskie zudumi, kas rodas tinumu aktīvās pretestības dēļ, un magnētiskie zudumi, kas rodas statora un rotora serdēs virpuļstrāvu dēļ. Tāpēc P_{iz} vienmēr ir mazāks par P_{ie} .

Mašīnas izejas jaudu var izteikt no momenta un apgriezieniem:

$$P_{iz} = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot n, \quad (2)$$

Kur M – moments [Nm]
 n – apgriezieni [apgr/min].

Trīsfāzu mašīnai pievadīto jaudu aprēķina:

$$P_{ie} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (3)$$

kur U – spriegums [V],
 I – strāva [A],
 $\cos \varphi$ – jaudas koeficients.

Dzinēja efektivitāte ir maksimālā, ja tas darbojas nominālajā režīmā.

2. Instrukcija sistēmas palaišanai

2.1. Drošības instrukcija darbam ar HPS sistēmu

1. Nekad nepadot spriegumu uz vadības moduļa vai universālā barošanas bloka izejas spailēm.
2. Izejas spaiļes nedrīkst savstarpēji savienot.
3. Pirms montēt elektrisko mašīnu uz bremzēšanas stenda, tai jāuzmontē atbilstoši balsti.
4. Drīkst lietot iekārtas tikai ar nostiprinātu aizsargvāku un atbilstošiem fiksācijas balstiem.
5. Eksperimentālām mašīnām ar divām vārpstām, brīvajai vārpstai jāuzmontē aizsargs (2719.1).
6. Pirms sākt darbu, ir jāpievieno eksperimentālās mašīnas termoaizsardzības kontakti. Ja mašīnai nav termiskās aizsardzības, ieteicams lietot motora strāvas automātslēdzi (skat. 2.2.).
7. Vadības moduļa, universālā barošanas bloka un bremzēšanas moduļa PE zemējuma kontaktiem vienmēr jābūt savienotiem. Vadības un bremzēšanas moduljus var darbināt kopā tikai tad, ja ir savienoti to P1 un P2 kontakti. Tas nodrošina bremzēšanas moduļa zemējuma PE elektrisku savienojumu ar vadības moduli.
8. Pārkaršanas gadījumā vadības moduļa frekvences pārveidotājs atslēdzas. Ja pētāmā mašīna ir ar virknes ierosmi, tad atslēdzoties slodzei, mašīnas apgriezieni pieaug neierobežoti un ir jāveic manuāla universālā barošanas bloka atslēgšana.
9. Vadības modulis ir jāieslēdz pirmais un tikai pēc tam var ieslēgt universālo barošanas bloku.
10. Bremzēšanas moduļa vārpstas sajūgs ir nostiprināts un nobalansēts. To drīkst noņemt tikai remontdarbu laikā.
11. Eksperimenta sagatavošanas darbus drīkst veikt tikai ar izslēgtiem moduļiem.
12. Eksperimentos drīkst izmantot tikai vadus, kas ir HPS komplektācijā vai tik pat drošus.
13. Vienmēr sekot momenta rādījumiem (skat. 2.4.).
14. Ja līdzstrāvas un universālo mašīnu darbībā ir novērojamas lielas novirzes no to nominālajiem datiem, var manīt to rotācijas virzienu, jo sukas piedilstot vienam virzienam rada papildus pretestību pretējam.

2.2. Motoru strāvas automātslēdžu lietošana

Motora strāvas automātslēdzis pasargā trīsfāzu mašīnas no tīkla sprieguma samazināšanās un ārējo vadošo elementu bojājumiem pārslodzes gadījumā. Automātslēdzis pārtrauc strāvas ķēdi, ja notiek kāda no augstākminētām avārijām.

Motora strāvas automātslēdzi lieto tikai tad, ja eksperimentālā mašīna nav aprīkota ar termokontaktiem.

2.3. Momenta slāpēšana vadības modulī

2730 vadības modulis ir aprīkots ar papildus slēdzi un potenciometru, kas ļauj samazināt slogojošās mašīnas momentu. Momenta samazināšana tiek panākta, samazinot slogojošās mašīnas spriegumu. Šo metodi pielieto motoriem ar cietu ātruma/momenta raksturlīkni, piemēram, sinhroniem vai paralēlas ierosmes motoriem. Ja bremzēšanas modulis 2719 tiek lietots kopā ar vadības moduli kā slodze vadāmai piedziņai, slodzi var ieslēgt un atslēgt ar slēdzi.

Ja netiek izmantots ārējais vadības signāls, slēdzim ir jābūt ieslēgtam uz „int”.

Slēdža „Interface” stāvoklis ļauj atslēgt slogojošo mašīnu darba laikā. Potenciometrs neietekmē slogojošās mašīnas momentu galējā labā stāvoklī. Pagriežot potenciometru pa kreisi, var samazināt momentu pēc nepieciešamības līdz nullei.

Ja ir pieslēgts ārējais vadības signāls no datora, tad slodze tiek uzdots no tā automātiski.

3. Trīsfāzu asinhronā mašīna ar īsslēgtu rotoru

Trīsfāzu asinhronās mašīnas ar īsslēgtu rotoru ir vienas no populārākajām elektriskajām mašīnām dažādās tautsaimniecības nozarēs. Tās ir vienkāršas un lētas, tām ir augsta drošuma pakāpe un zemas apkalpošanas izmaksas.

3.1. Motora uzbūve

Mašīnas stacionārā daļa, jeb stators, sastāv no metāla apvalka un laminētas serdes ar rievām, kurās ir ievietoti statora tinumi. Tinumi veido trīs spoles, kas savstarpēji nobīdītas par 120° . Tinumu gali ir izvadīti uz savienošanas paneļa, kas atrodas savienošanas kārbā.

Asinhronās mašīnas rotors sastāv no metāla ietvara ar rievām, kurās izvietoti vara vai alumīnija stieņi, kas galos ir savstarpēji savienoti ar savienojošiem gredzeniem, tādā veidā veidojot rotora tinumu. Tinumu slīps novietojums nodrošina rotora vienmērīgu rotāciju.

Bieži uz savienojošiem gredzeniem tiek izvietotas dzesēšanas lāpstiņas, kas nodrošina gaisa cirkulāciju mašīnā.

Palaišanas momentu un strāvu ietekmē rotora rievu un rotora tinumu forma.

Apaļi rotora stieņi (a) nodrošina zemu palaišanas momentu, taču lielāku momentu pie nomināliem apgriezieniem nekā citas formas stieņi.

Pilienvēda stieņi (b) tiek biežāk pielietoti mašīnās līdz 1kW. Tām raksturīgs vidējs palaišanas moments un salīdzinoši neliela palaišanas strāva.

Taisnstūrveida stieņi (c) tiek pielietoti mašīnās virs 50kW, jo tām piemīt augsts palaišanas moments pie pilnas slodzes.

Dubultais stienis (d) nodrošina lielu palaišanas momentu un pieļaujamu palaišanas un nominālās strāvas attiecību.

3.2. Rotējošā lauka ātrums

Kad motora tinumi tiek pieslēgti trīsfāzu tīklam, statorā sāk plūst trīsfāzu strāva un rodas rotējošs magnētiskais lauks, kas rotē ar **sinhrono ātrumu** n_0 :

$$n_0 = \frac{f_1}{p},$$

kur f_1 – barojošā tīkla pamatharmonikas frekvence, p – mašīnas statora polu pāru skaits.

3.3. Moments un slīde

1. LABORATORIJAS DARBS

Eksperimenti ar trīsfāzu asinhrono dzinēju ar īsslēgtu rotoru

1. Eksperiments: Trīsfāzu asinhronā dzinēja pieslēgšana un palaišana

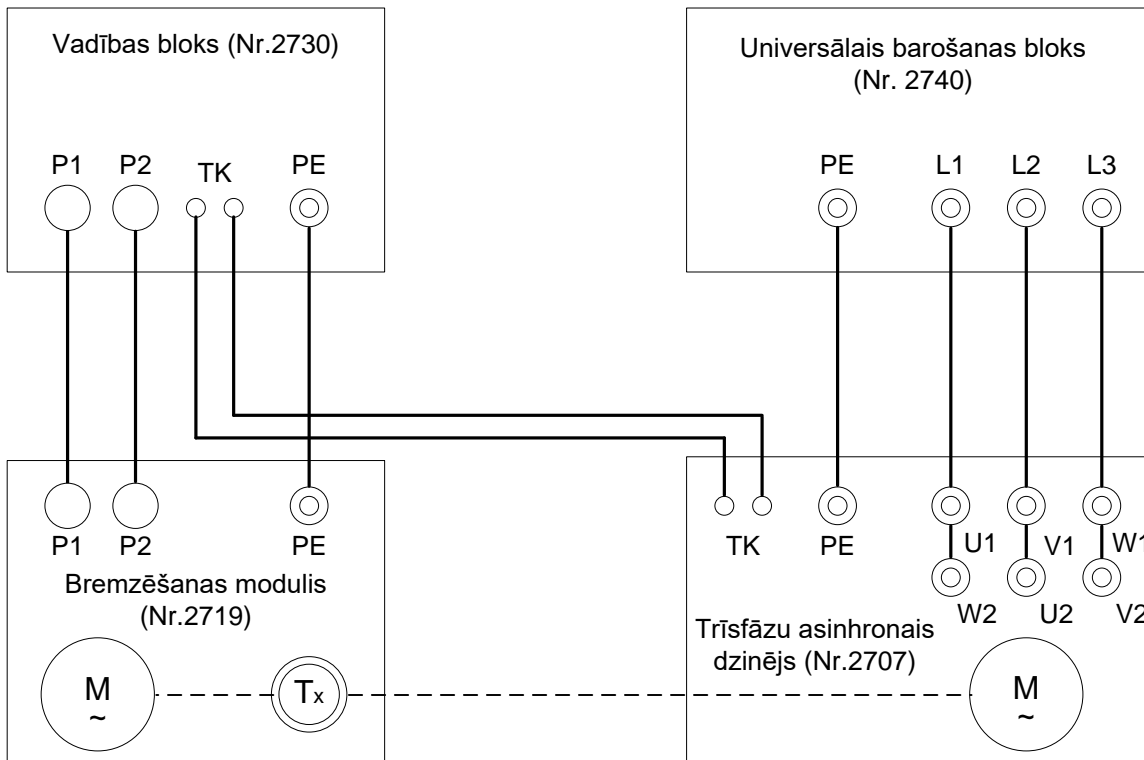
Eksperimenta mērķis:

Palaist asinhrono dzinēju bez slodzes.

Nepieciešamais aprīkojums:

- Trīsfāzu asinhronais dzinējs (Nr. 2707)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)

Eksperimenta shēma:



Attēls 1.1. Asinhronā dzinēja pieslēgšana trīsstūra slēgumā

Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Novietojiet dzinēju uz bremzēšanas moduļa un savienojiet to ar bremzējošo dzinēju.
- Pavilkt sviru bremzējošā dzinēja virzienā, lai nostiprinātu pārbaudāmo dzinēju.
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 1.1.

- Pieslēgt pie sprieguma universālo barošanas bloku (sadālē)
- Pieslēgt motoru pie 400V trīsfāzu tīkla.
- Ieslēgt vadības bloku.
- Ieslēgt universālo barošanas bloku: tiek indicēta griešanās frekvence, moments un griešanās virziens.
- Pierakstīt tukšgaitas griešanās frekvenci un virzienu.
 $N_0 = \dots\dots\dots$ apgr/min
virziens: $\dots\dots\dots$
- Izslēgt universālo barošanas bloku.
- Iestatīt sekojošus parametrus uz vadības bloka:
 - pāriet uz manuālo darba režīmu
 - iestatīt maksimālo momenta uzdevumu
 - pārslēgt griešanās frekvenci atbilstoši iepriekš nolasītajiem lielumiem (1800 vai 3600)
 - pārslēgt pārslēdži INT/EXT uz stāvokli "INT" (iekšējais)
 - griešanās virziena pārslēdži pārslēgt atbilstoši iepriekš pierakstītajam virzienam
- Ieslēgt bremzējošo dzinēju ar START/STOP pogas palīdzību
- Salīdziniet griešanās frekvenci ar iepriekš pierakstīto un pieregulējiet, ja nepieciešams
- Ieslēgt universālo barošanas bloku. Griezes momentam ir jābūt nulle. Ja nepieciešams, koriģējiet griešanās frekvenci.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.

2. Eksperiments: Trīsfāzu asinhronā dzinēja raksturlīknes trīsstūra un zvaigznes slēgumos

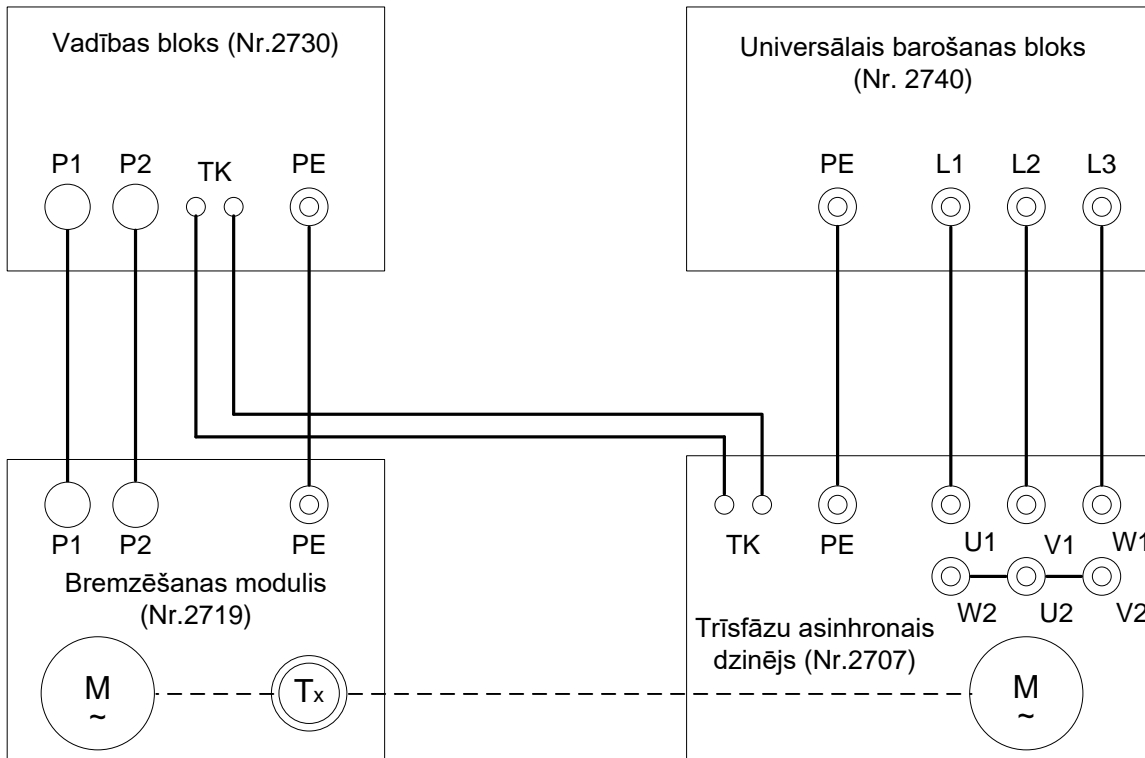
Eksperimenta mērķis:

Uzņemt asinhronā dzinēja mehānisko raksturlīkni pieslēdzot to zvaigznes un trīsstūra slēgumā.

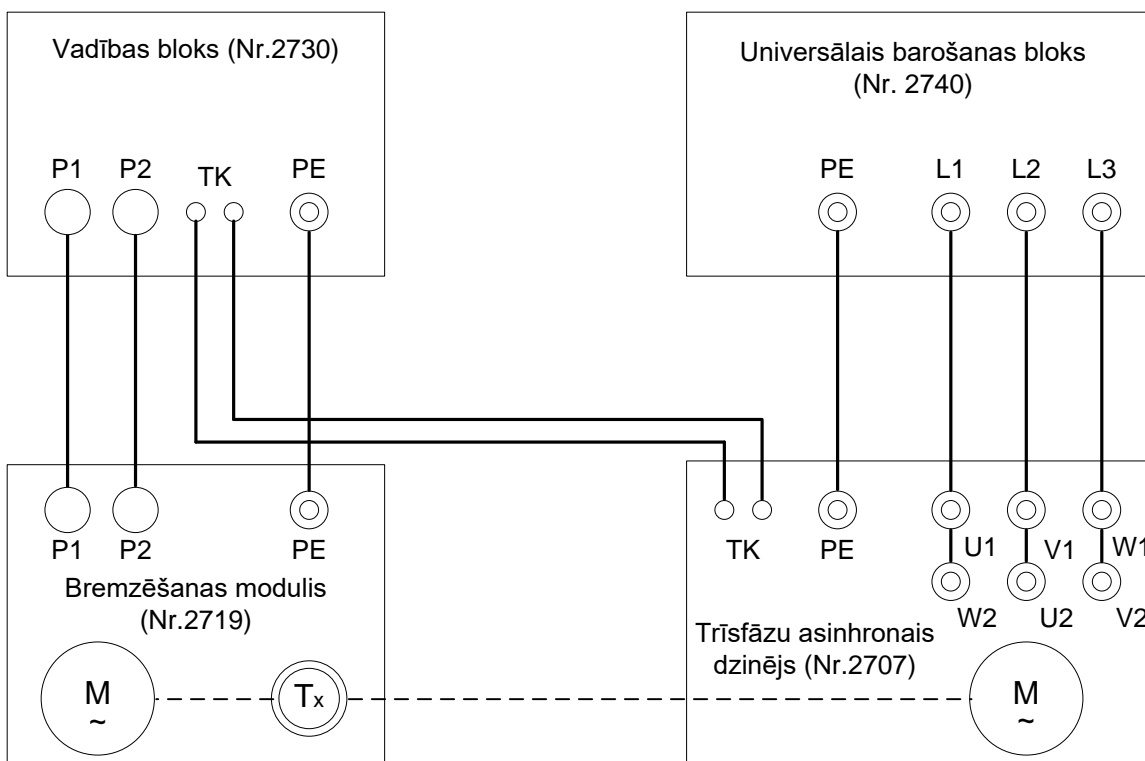
Nepieciešamais aprīkojums:

- Trīsfāzu asinhronais dzinējs (Nr. 2707)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)

Eksperimenta shēma:



Attēls 1.2. Asinhronā dzinēja pieslēgšana zvaigznes slēgumā



Attēls 1.3. Asinhronā dzinēja pieslēgšana trīsstūra slēgumā

Eksperimenta apraksts:

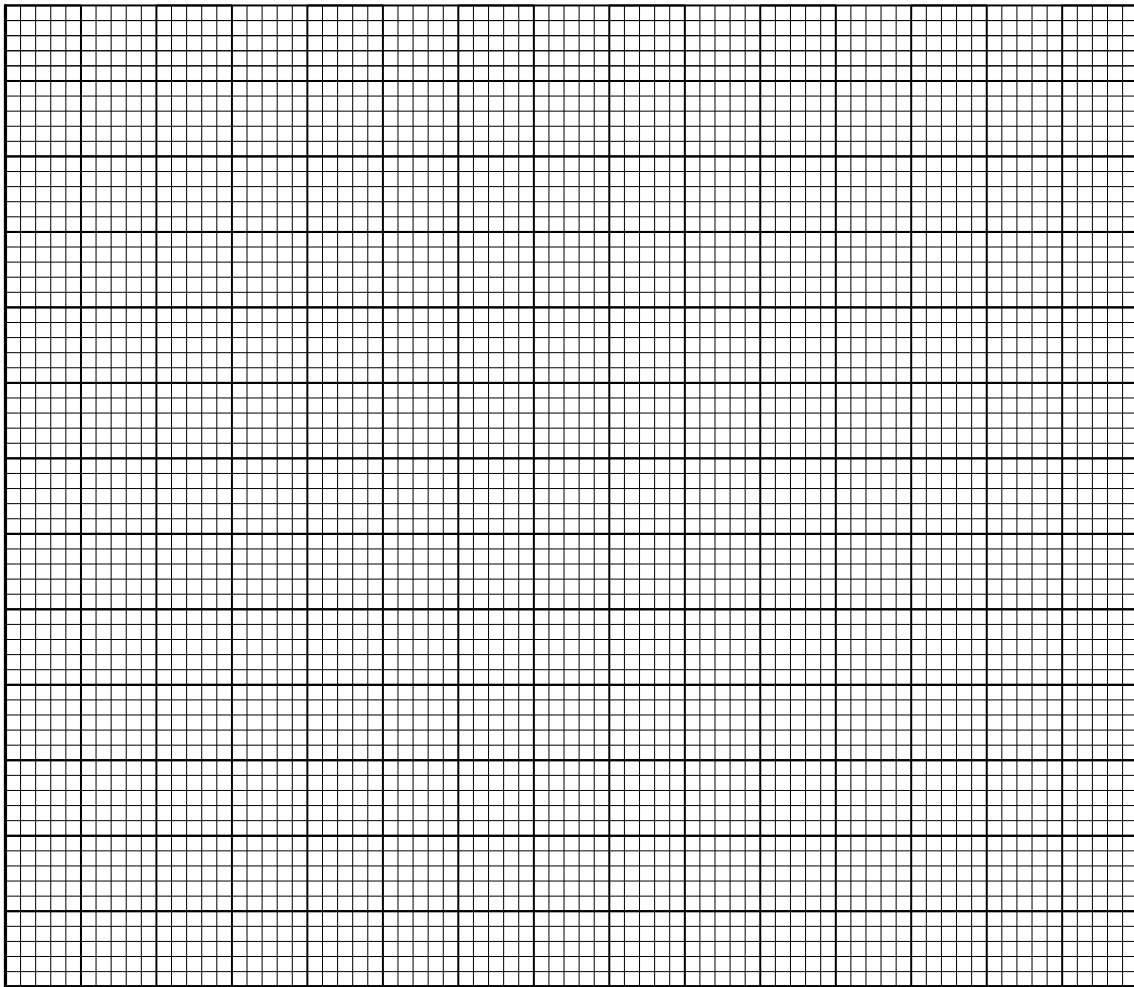
- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 1.2.
- Palaist stendu kā aprakstīts pirmajā eksperimentā, tikai asinhronais dzinējs ir saslēgts zvaigznes slēgumā
- Pierakstīt mehāniskās raksturlīknes punktus tabulā 1.1.
- **Ieteikumi eksperimenta veikšanai:**
 - Nolasīt mērījumus maksimāli ātri,
Ja motors ir uzkarsis, tad rezultāti atšķiras un motors ir jāatdzesē.
 - Vispirms nolasīt mērījumus pie maksimālās griešanās frekvences, tad tukšgaitas režīmā, nominālajā režīmā, tad pie kritiskā momenta un visbeidzot pie minimālajiem apgriezieniem.
 - Nolasiet starpvērtības patstāvīgi un pārlicināties par mērījumu pareizību.
- Izslēgt universālo barošanas bloku un tad vadības bloku
- Saslēgt attēlā 1.3. redzamo shēmu.
- Ieslēgt vadības bloku, palaist bremzējošo dzinēju un ieslēgt universālo barošanas bloku.
- Uzņemt mehānisko raksturlīkni un pierakstīt tās punktus 1.2. tabulā.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.
- Uzzīmēt mehānisko raksturlīkni.

Raksturlīknes punkti	M [Nm]	N [apg/min]
max ātrums		
tukšgaitas režīms		
nominālais režīms		
starppunkts		
kritiskais moments		
starppunkts		
starppunkts		
min ātrums		

Tabula 1.1. Zvaigznes slēgums.

Raksturlīknes punkti	M [Nm]	N [apg/min]
max ātrums		
tukšgaitas režīms		
nominālais režīms		
starppunkts		
kritiskais moments		
starppunkts		
starppunkts		
min ātrums		

Tabula 1.2. Trīsstūra slēgums.



Attēls 1.4. Asinhronā dzinēja mehāniskā raksturlīkne

Jautājumi/Secinājumi:

Kā atšķiras dzinēja mehāniskās raksturlīknes zvaigznes un trīsstūra slēgumā?

Dzinēja nominālie dati ir Δ/Y 230/400V. Raksturojiet dzinēja uzvedību, ja tas tiks pieslēgts pie 400V trīsfāzu sprieguma trīsstūra slēgumā?

Kad tiek izmatota zvaigznes/ trīsstūra palaišana. Aprakstiet šāda pārslēguma fizikālo būtību.

3. Eksperiments: Trīsfāzu asinhronā dzinēja lietderības koeficients, strāva un jaudas koeficients

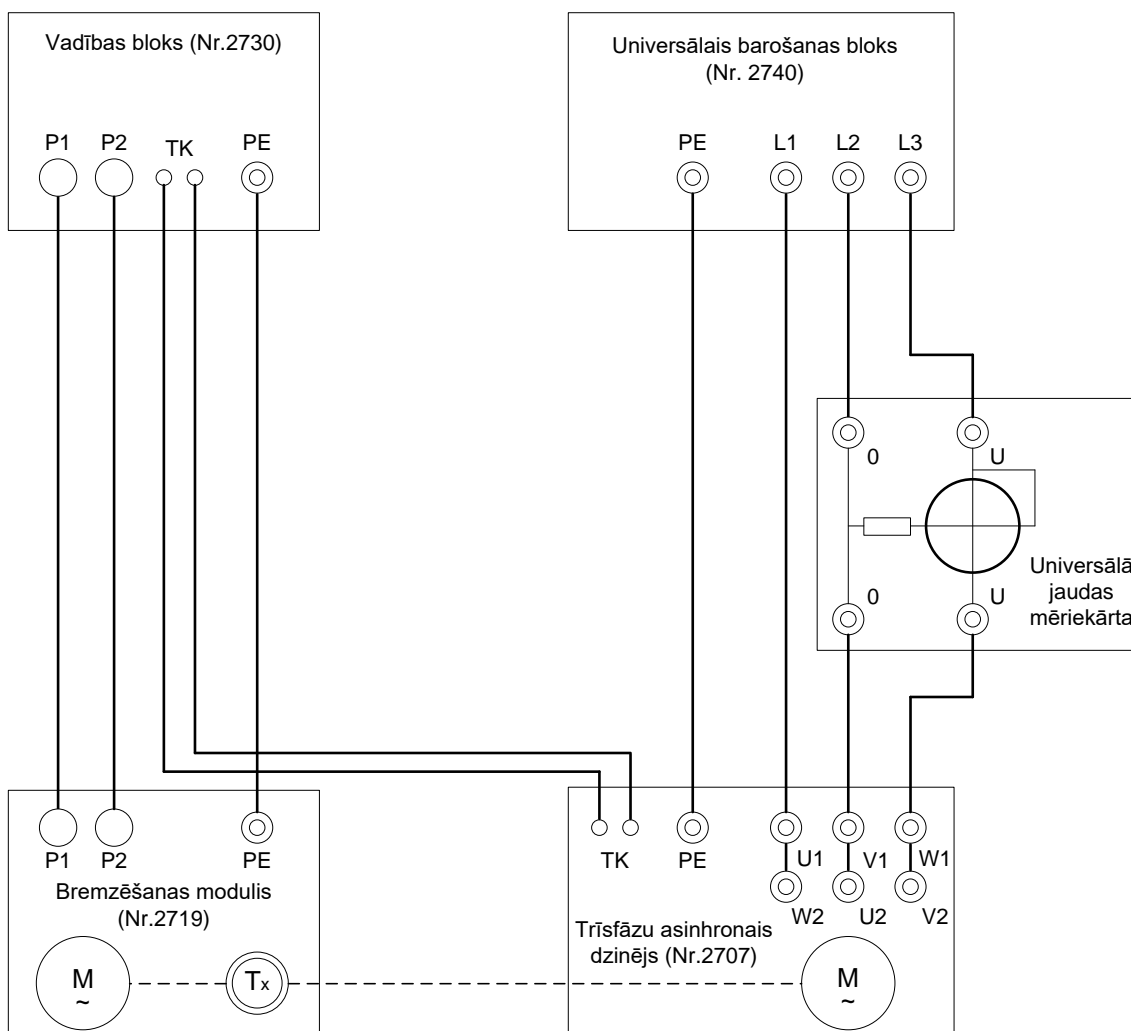
Eksperimenta mērķis:

Uzņemt asinhronā dzinēja lietderības koeficienta, strāvas un jaudas koeficienta raksturlīknes.

Nepieciešamais aprīkojums:

- Trīsfāzu asinhronais dzinējs (Nr. 2707)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)
- universālā jaudas mēriekārta

Eksperimenta shēma:



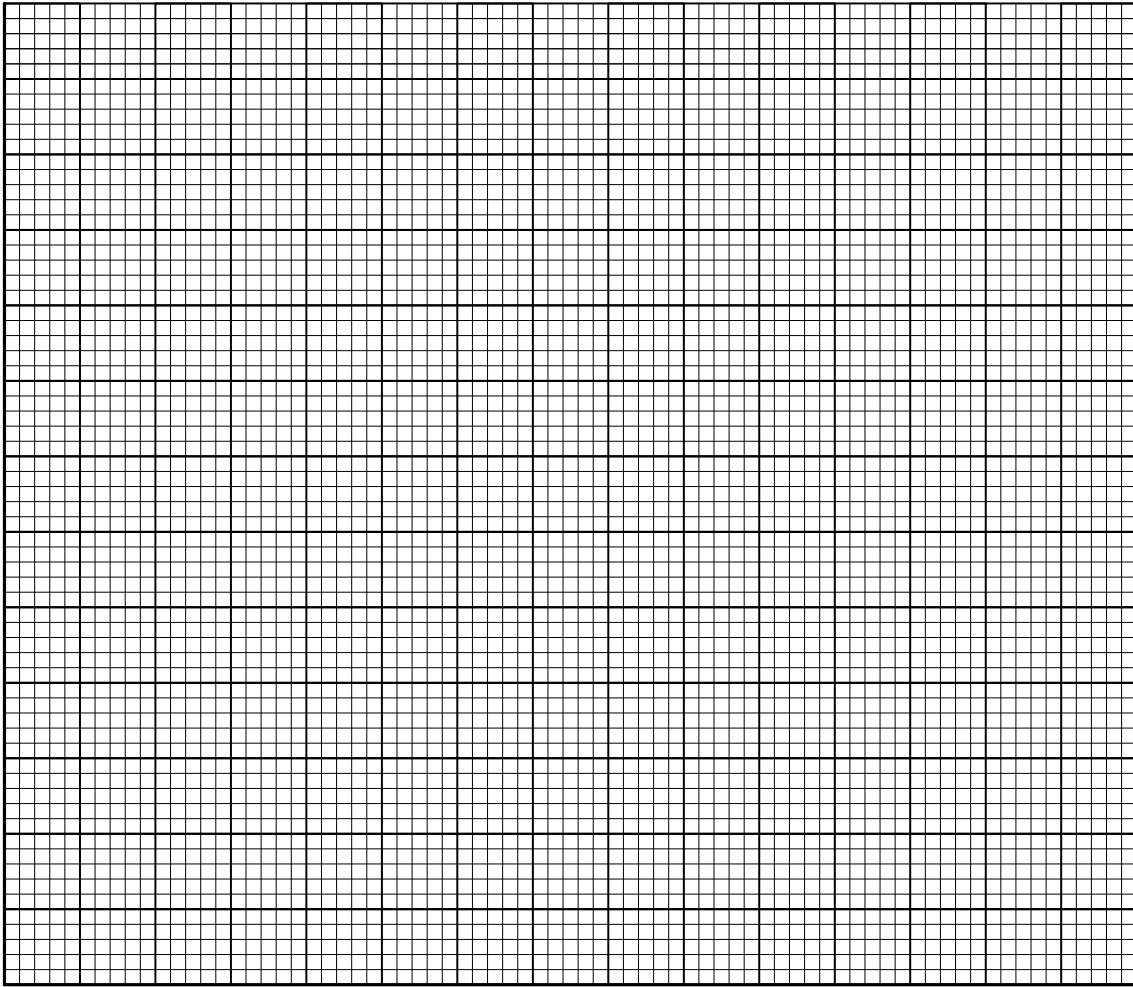
Attēls 1.5. Asinhronā dzinēja un jaudas mērīšanas iekārtas pieslēgšanas shēma

Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 1.5.
- Palaist stendu kā aprakstīts pirmajā eksperimentā, tikai asinhronais dzinējs ir saslēgts trīsstūra slēgumā.
- Pierakstīt mehāniskās raksturlīknes punktus tabulā 1.3.
- **Ieteikumi eksperimenta veikšanai:**
 - Nolasīt mērījumus maksimāli ātri,
 - Ja motors ir uzkarsis, tad rezultāti atšķiras un motors ir jāatdzesē.
 - Vispirms nolasīt mērījumus pie maksimālās griešanās frekvences, tad tukšgaitas režīmā, nominālajā režīmā, tad pie kritiskā momenta un visbeidzot pie minimālajiem apgriezieniem.
 - Nolasiet starpvērtības patstāvīgi un pārlicināties par mērījumu pareizību.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.
- Uzzīmēt lietderības koeficienta, strāvas un jaudas koeficienta raksturlīknes attēlā 1.6.
- Dzinēja mehāniskā jauda:
$$P_{out} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M \cdot n}{60}$$
- Dzinēja patērētā aktīvā jauda:
$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$
- Lietderības koeficients
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Raksturlīknes punkti	n [apgr/min]	M [Nm]	P _{out} [kW]	U [V]	I [A]	cosφ	P _{in} [kW]	η
	nomērīt		aprēķināt	nomērīt			aprēķināt	
tukšgaitas režīms								
nominālais režīms								
starppunkts								
kritiskais moments								
starppunkts								
starppunkts								
min ātrums								

Tabula 1.3. Lietderības koeficients, strāva un jaudas koeficients



Attēls 1.6. Lietderības koeficients, strāvas un jauda koeficienta raksturlīknes.

Secinājumi:

1. Kādus galvenos secinājumus varat izdarīt no iegūtajām raksturlīknēm?

2. LABORATORIJAS DARBS

Eksperimenti ar kondensatora dzinēju

1. Eksperiments: Kondensatora dzinēja pieslēgšana un palaišana

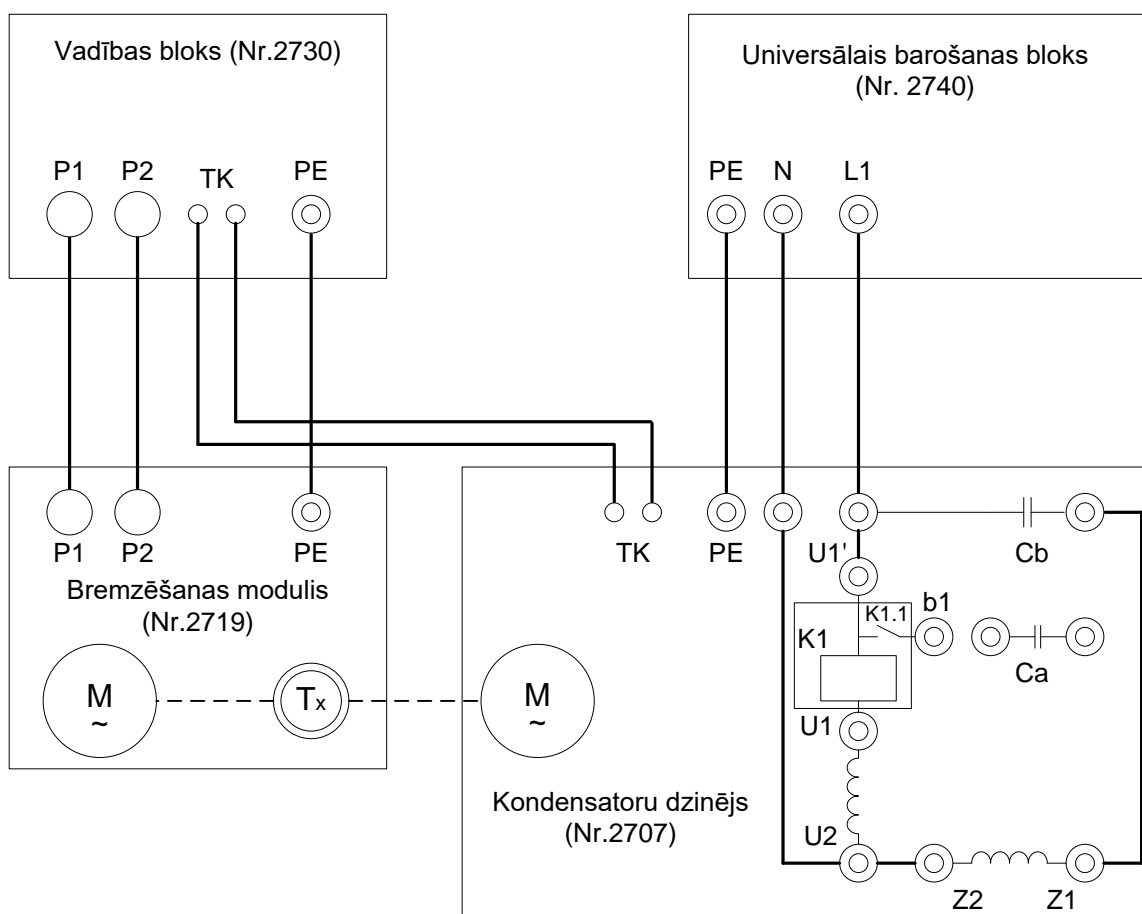
Eksperimenta mērķis:

Palaist dzinēju ar fāzes nobīdes kondensatoru bez slodzes.

Nepieciešamais aprīkojums:

- Kondensatora dzinējs (Nr. 2715)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)

Eksperimenta shēma:



Attēls 2.1. Kondensatora dzinēja pieslēgšanas shēma

Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Novietojiet dzinēju uz bremsēšanas moduļa un savienojiet to ar bremsējošo dzinēju.
- Pavilkt sviru bremsējošā dzinēja virzienā, lai nostiprinātu pārbaudāmo dzinēju.
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 2.1.
- Pieslēgt pie sprieguma universālo barošanas bloku (sadalē).
- Pieslēgt motoru pie 230V.
- Ieslēgt vadības bloku.
- Ieslēgt universālo barošanas bloku: tiek indicēta griešanās frekvence, moments un griešanās virziens.
- Pierakstīt tukšgaitas griešanās frekvenci un virzienu.
 $N_o = \dots\dots\dots$ apgr/min
virziens: $\dots\dots\dots$
- Izslēgt universālo barošanas bloku.
- Iestatīt sekojošus parametrus uz vadības bloka:
 - pāriet uz manuālo darba režīmu
 - iestatīt maksimālo momenta uzdevumu
 - pārslēgt griešanās frekvenci atbilstoši iepriekš nolasītajiem lielumiem (1800 vai 3600)
 - pārslēgt pārslēdzi INT/EXT uz stāvokli "INT" (iekšējais)
 - griešanās virziena pārslēdzi pārslēgt atbilstoši iepriekš pierakstītajam virzienam
- Ieslēgt bremsējošo dzinēju ar START/STOP pogas palīdzību
- Salīdziniet griešanās frekvenci ar iepriekš pierakstīto un pierēgulējiet, ja nepieciešams
- Ieslēgt universālo barošanas bloku. Griezes momentam ir jābūt nulle. Ja nepieciešams, koriģējiet griešanās frekvenci.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.

2. Eksperiments: Kondensatora dzinēja raksturliknes bez un ar palaišanas kondensatoru

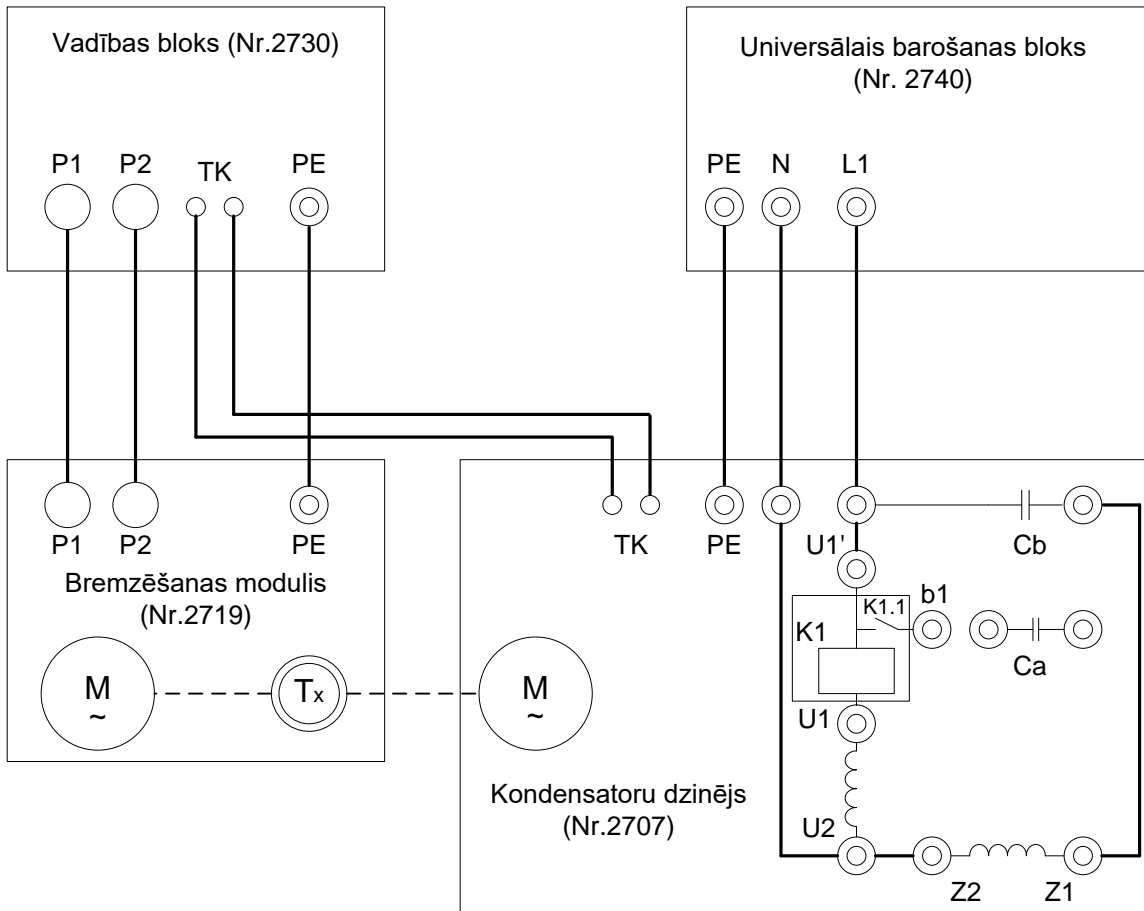
Eksperimenta mērķis:

Uzņemt kondensatora dzinēja mehānisko raksturlikni pieslēdzot to bez un ar palaišanas kondensatoru.

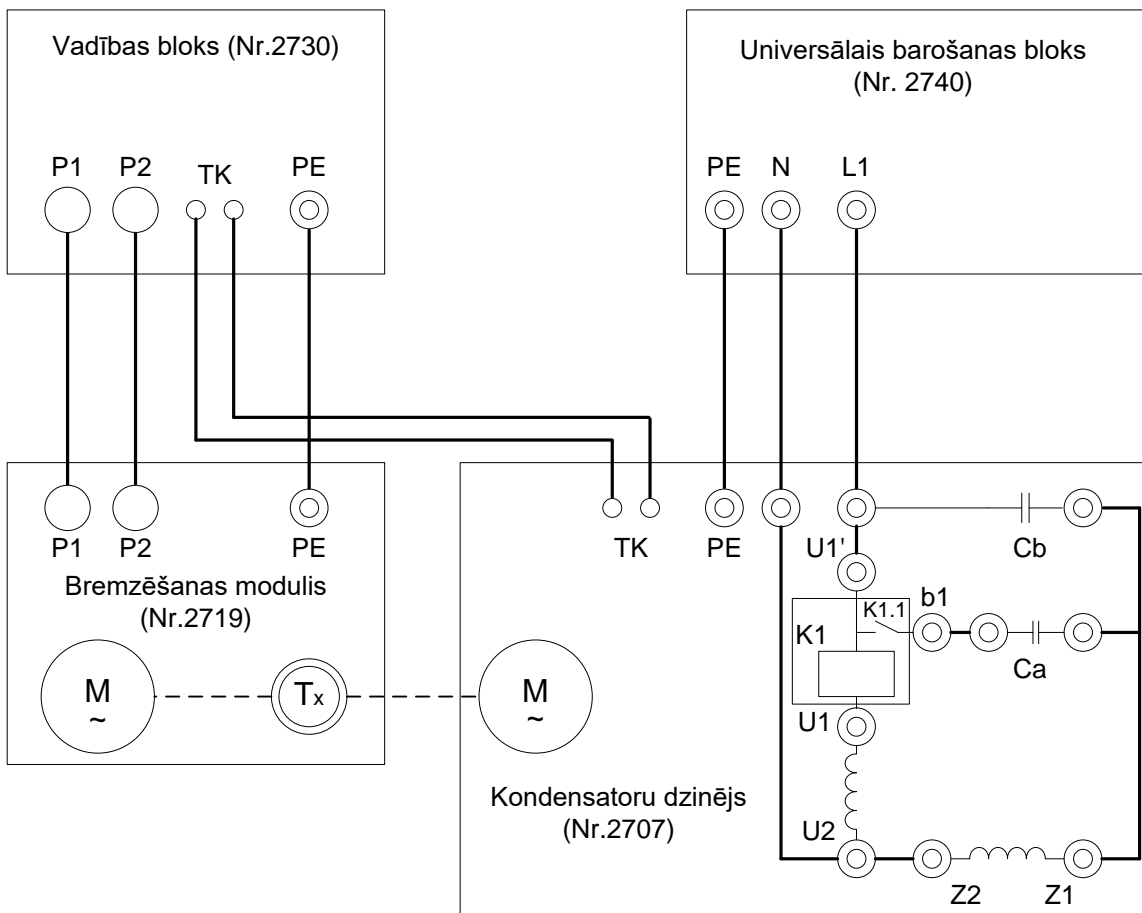
Nepieciešamais aprīkojums:

- Kondensatora dzinējs (Nr. 2715)
- Bremsēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)

Eksperimenta shēma:



Attēls 2.2. Kondensatora dzinēja pieslēgšana bez palaišanas kondensatora



Attēls 2.3. Kondensatora dzinēja pieslēgšana ar palaišanas kondensatoru

Eksperimenta apraksts:

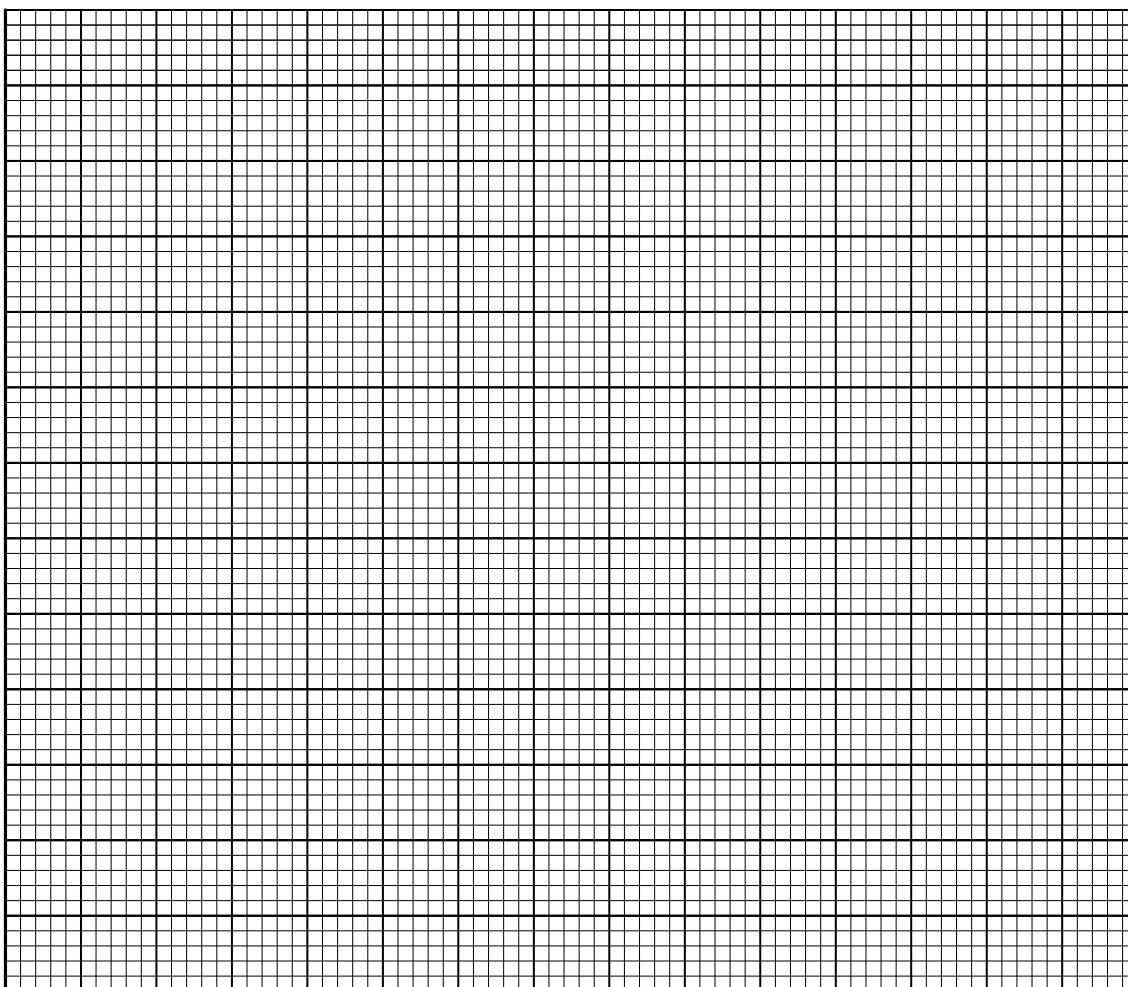
- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 2.2.
- Palaist stendu kā aprakstīts pirmajā eksperimentā.
- Pierakstīt mehāniskās raksturlīknes punktus tabulā 2.1.
- **Ieteikumi eksperimenta veikšanai:**
 - Nolasīt mērījumus maksimāli ātri,
Ja motors ir uzkaisis, tad rezultāti atšķiras un motors ir jāatdzesē.
 - Vispirms nolasīt mērījumus pie maksimālās griešanās frekvences, tad tukšgaitas režīmā, nominālajā režīmā, tad pie kritiskā momenta un visbeidzot pie minimālajiem apgriezieniem.
 - Nolasiet starpvērtības patstāvīgi un pārlicināties par mērījumu pareizību.
- Izslēgt universālo barošanas bloku un tad vadības bloku
- Saslēgt attēlā 2.3. redzamo shēmu.
- Ieslēgt vadības bloku, palaist bremzējošo dzinēju un ieslēgt universālo barošanas bloku.
- Uzņemt mehānisko raksturlīkni un pierakstīt tās punktus 2.2. tabulā.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.
- Uzzīmēt mehānisko raksturlīkni.

Raksturlīknes punkti	M [Nm]	N [apg/min]
max ātrums		
tukšgaitas režīms		
nominālais režīms		
starppunkts		
kritiskais moments		
starppunkts		
starppunkts		
min ātrums		

Tabula 2.1. Ar pap. kondensatoru

Raksturlīknes punkti	M [Nm]	N [apg/min]
max ātrums		
tukšgaitas režīms		
nominālais režīms		
starppunkts		
kritiskais moments		
starppunkts		
starppunkts		
min ātrums		

Tabula 2.2 Bez pap. kondensatora



Attēls 2.4. Kondensatora dzinēja mehāniskā raksturlīkne

Secinājumi:

1. Ko nodrošina strāvas relejs kondensatora dzinējā?

2. Kādas atšķirības kondensatora dzinēja mehāniskajā raksturlīknē ir novērojamas ar palaišanas kondensatoru un bez tā?

3. Eksperiments: Kondensatora dzinēja lietderības koeficients, strāva un jaudas koeficients

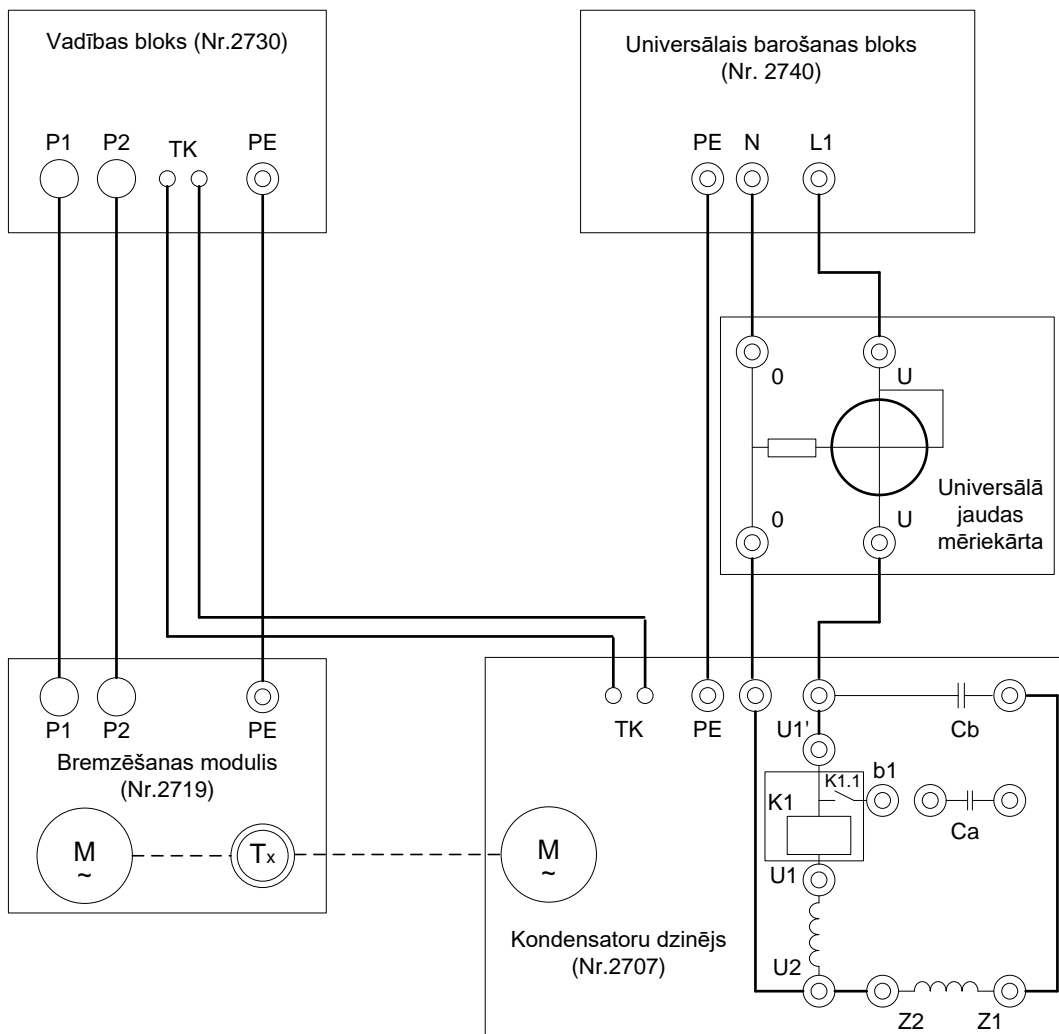
Eksperimenta mērķis:

Uzņemt kondensatora dzinēja lietderības koeficienta, strāvas un jaudas koeficienta raksturlīknes.

Nepieciešamais aprīkojums:

- Kondensatora dzinējs (Nr. 2715)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)
- universālā jaudas mēriekārta

Eksperimenta shēma:



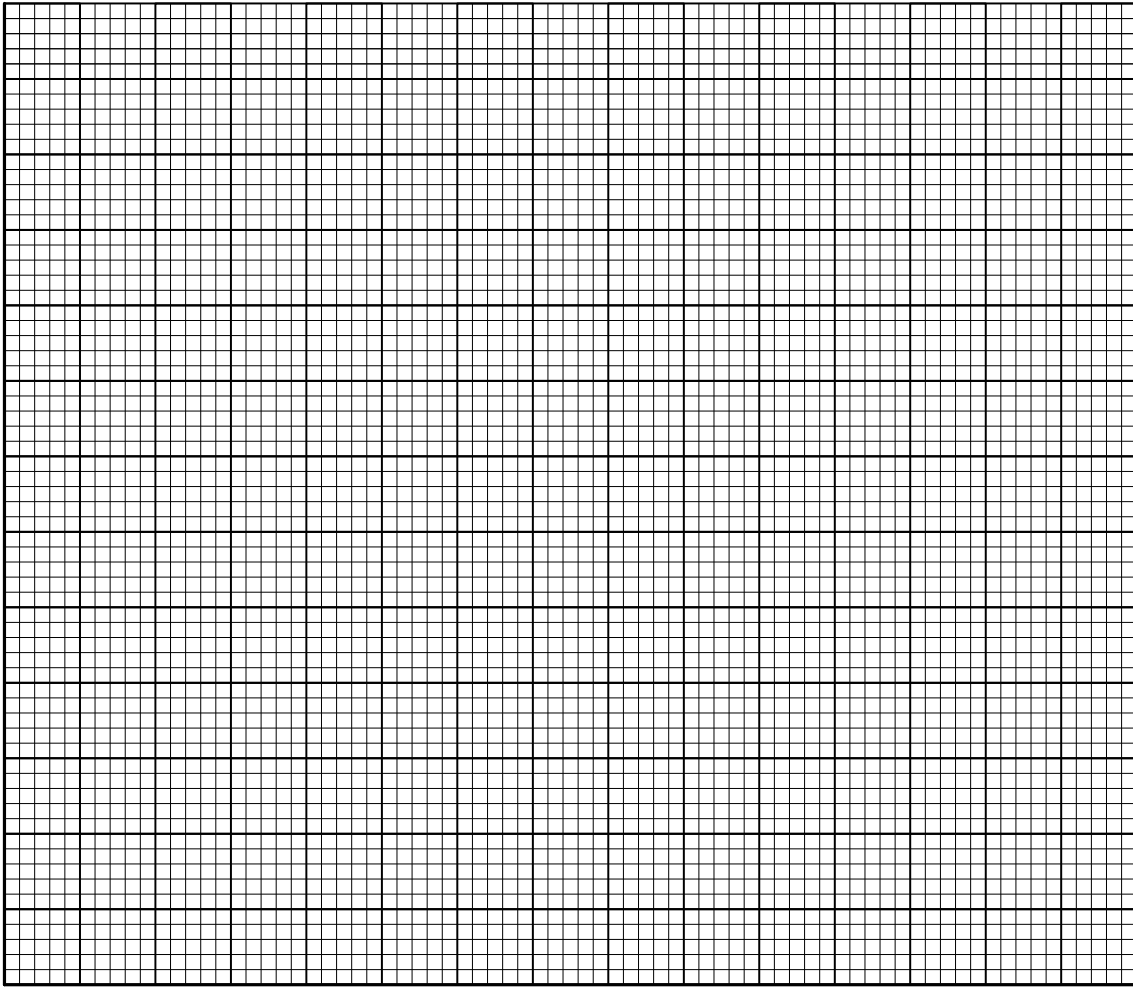
Attēls 2.5. Kondensatora dzinēja un jaudas mērīšanas iekārtas pieslēgšanas shēma

Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 2.5.
- Palaist stendu kā aprakstīts pirmajā eksperimentā, tikai asinhronais dzinējs ir saslēgts trīsstūra slēgumā.
- Pierakstīt mehāniskās raksturlīknes punktus tabulā 2.3.
- **Ieteikumi eksperimenta veikšanai:**
 - Nolasīt mērījumus maksimāli ātri,
 - Ja motors ir uzkarsis, tad rezultāti atšķiras un motors ir jāatdzesē.
 - Vispirms nolasīt mērījumus pie maksimālās griešanās frekvences, tad tukšgaitas režīmā, nominālajā režīmā, tad pie kritiskā momenta un visbeidzot pie minimālajiem apgriezieniem.
 - Nolasiet starpvērtības patstāvīgi un pārliecināties par mērījumu pareizību.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.
- Uzzīmēt lietderības koeficienta, strāvas un jaudas koeficienta raksturlīknes attēlā 2.6.
- Dzinēja mehāniskā jauda:
$$P_{out} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M \cdot n}{60}$$
- Dzinēja patērētā aktīvā jauda:
$$P_{in} = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$
- Lietderības koeficients
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Raksturlīknes punkti	n [apgr/min]	M [Nm]	P _{out} [kW]	U [V]	I [A]	cosφ	P _{in} [kW]	η
	nomērīt		aprēķināt	nomērīt			aprēķināt	
tukšgaitas režīms								
nominālais režīms								
starppunkts								
kritiskais moments								
starppunkts								
starppunkts								
min ātrums								

Tabula 2.3. Lietderības koeficients, strāva un jaudas koeficients



Attēls 2.6. Lietderības koeficients, strāvas un jauda koeficienta raksturlīknes.

Secinājumi:

1. Kādus galvenos secinājumus varat izdarīt no iegūtajām raksturlīknēm?

3. LABORATORIJAS DARBS

Eksperimenti ar jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinēju

1. Eksperiments: Līdzstrāvas dzinēja pieslēgšana un palaišana

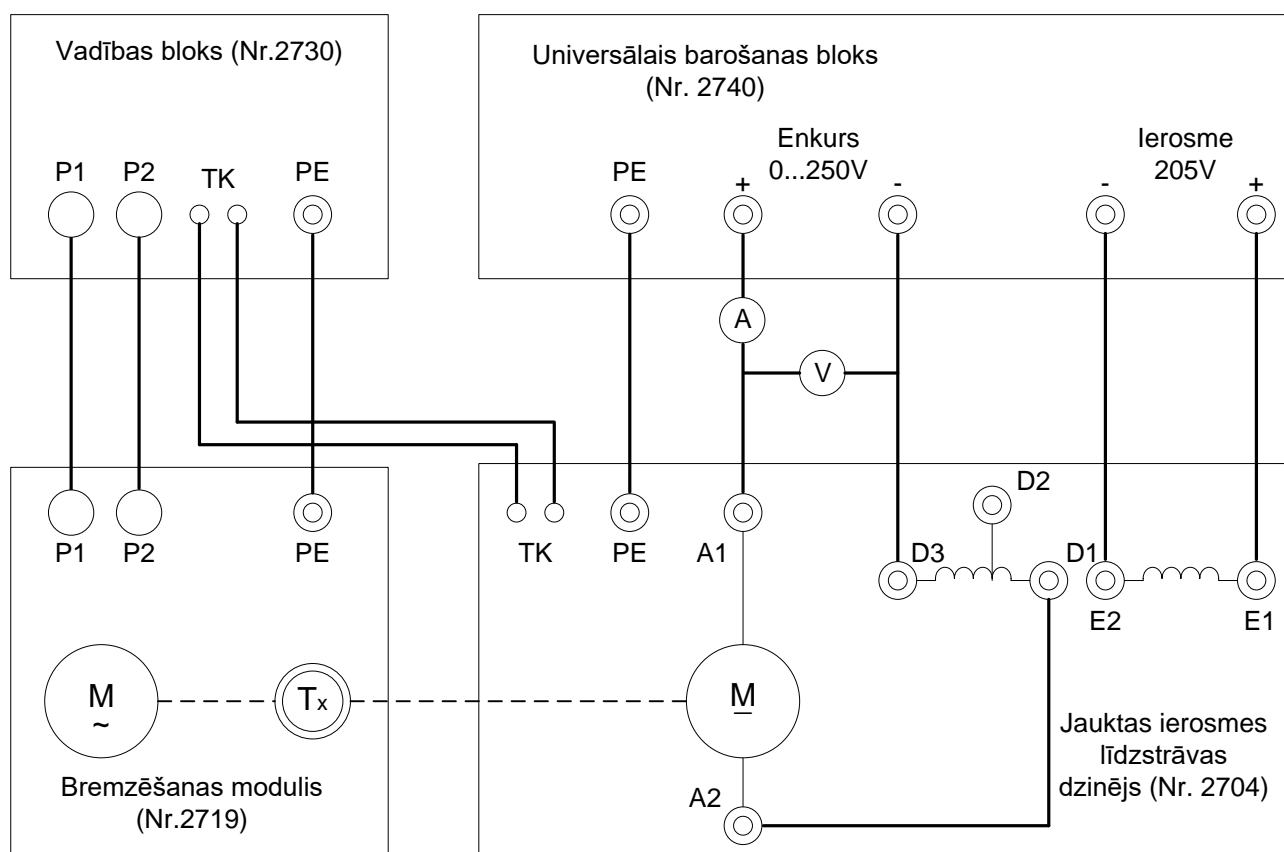
Eksperimenta mērķis:

Palaist jauktas ierosmes dzinēju ar 100% virknes un neatkarīgo ierosmi.

Nepieciešamais aprīkojums:

- Jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinējs (Nr. 2704)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)
- divi multimetri

Eksperimenta shēma:



Attēls 3.1. Jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinēja pieslēgšanas shēma

Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!

- Novietojiet dzinēju uz bremsēšanas moduļa un savienojiet to ar bremsējošo dzinēju.
- Pavilkt sviru bremsējošā dzinēja virzienā, lai nostiprinātu pārbaudāmo dzinēju.
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 3.1.
- Pieslēgt pie sprieguma universālo barošanas bloku (sadalē).
- Pārslēgt pārslēdzi INT/EXT uz stāvokli "INT" (iekšējais) uz vadības bloka paneļa.
- Ieslēgt vadības bloku.
- Enkura spriegumu ar potenciometra palīdzību nogriezt uz nulli (universālais barošanas bloks).
- Ieslēgt universālo barošanas bloku un pārbaudīt vai tiek padots spriegums uz ierosmes tinumu (iedegas zaļa gaismas diode).
- Palielināt enkura spriegumu līdz dzinējs sasniedz 2000 apgr/min.
- Pierakstīt dzinēja griešanās virzienu.
Virziens.
- Izslēgt universālo barošanas bloku.
- Iestatīt sekojošus parametrus uz vadības bloka:
 - pāriet uz manuālo darba režīmu
 - iestatīt maksimālo momenta uzdevumu
 - pārslēgt griešanās frekvenci atbilstoši iepriekš nolasītajiem lielumiem (3600)
 - griešanās virziena pārslēdzi pārslēgt atbilstoši iepriekš pierakstītajam virzienam
- Ieslēgt bremsējošo dzinēju ar START/STOP pogas palīdzību
- Salīdziniet griešanās frekvenci ar iepriekš pierakstīto un pieregulējiet, ja nepieciešams
- Ieslēgt universālo barošanas bloku. Griezes momentam ir jābūt tuvu nulle. Ja nepieciešams, koriģējiet griešanās frekvenci.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.

2. Eksperiments: Jauktas ierosmes dzinēja ierosmes slēgumi

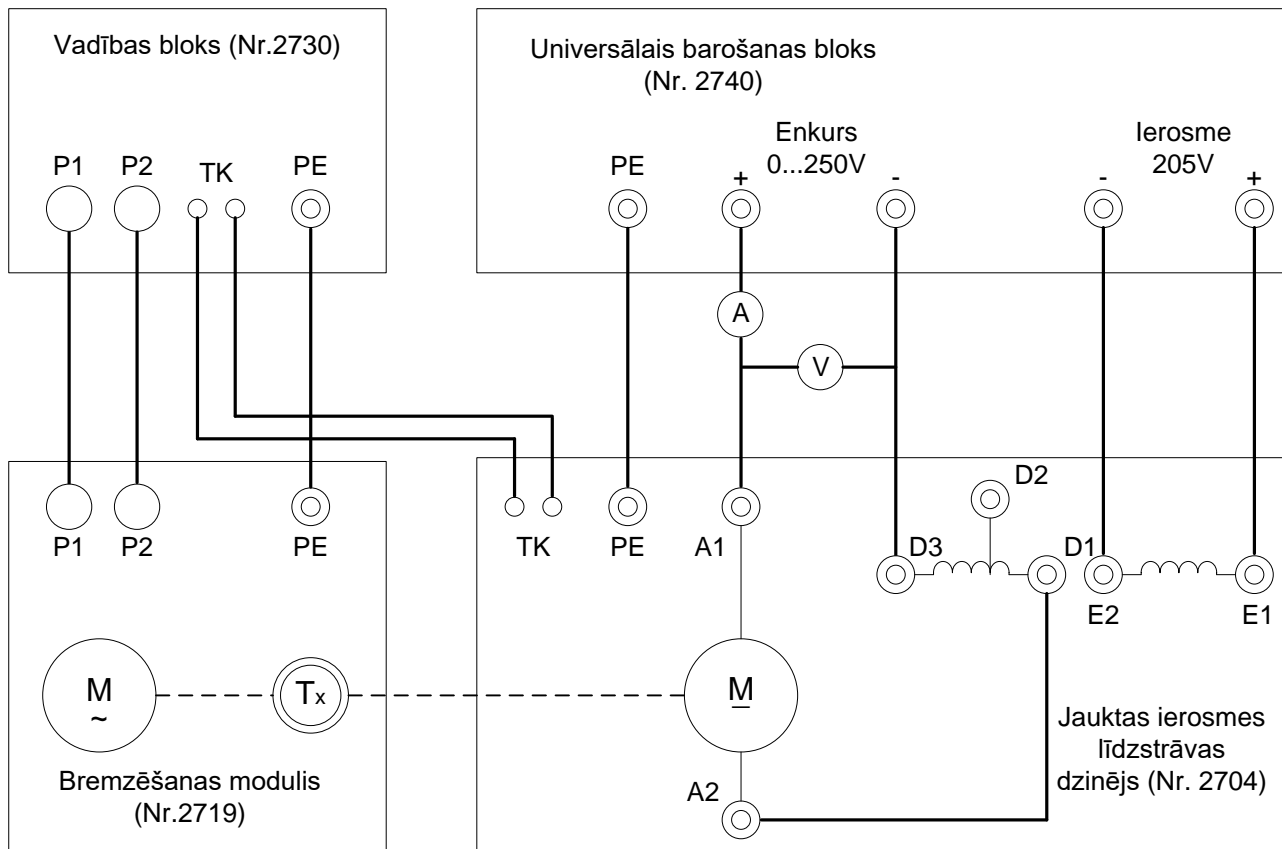
Eksperimenta mērķis:

Uzņemt jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinēja mehāniskās raksturlīknes pie dažādiem ierosmes veidiem.

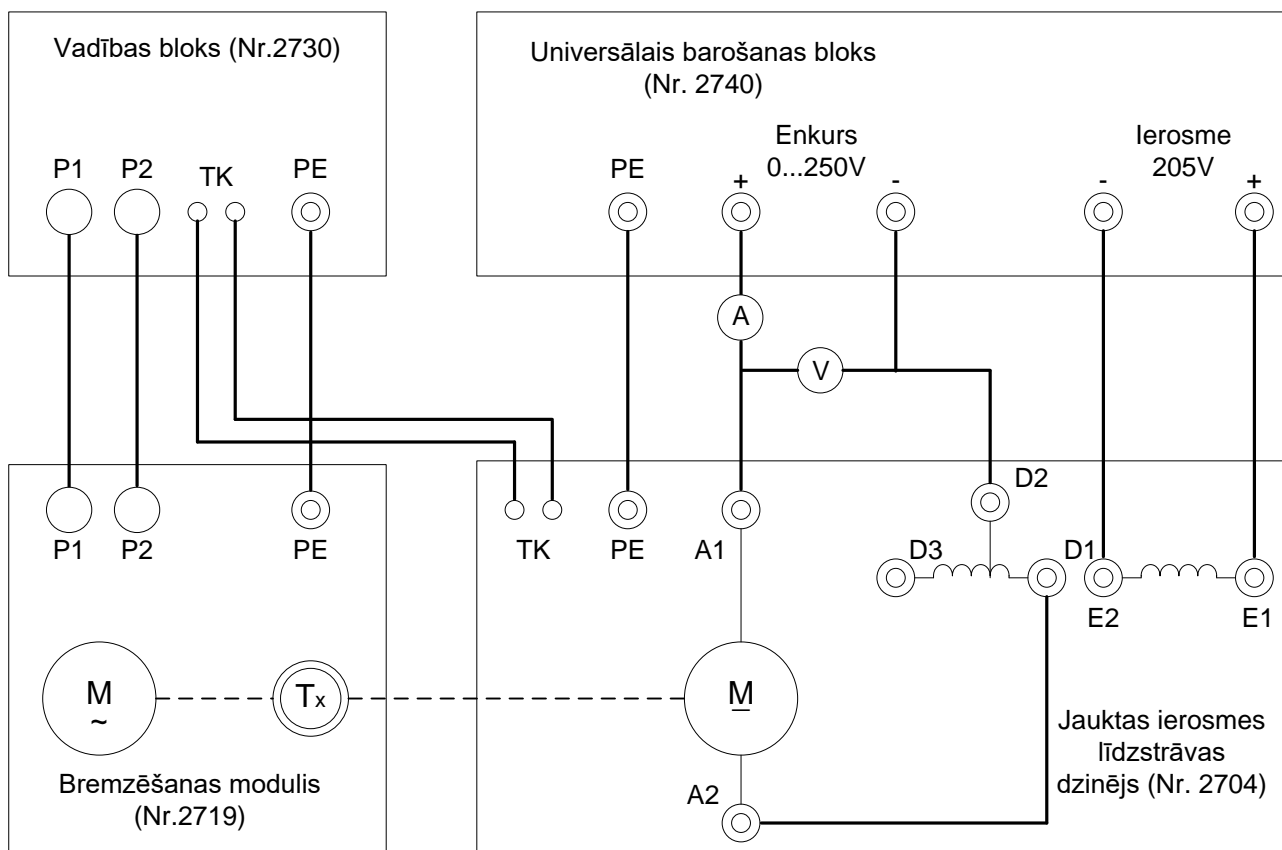
Nepieciešamais aprīkojums:

- Jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinējs (Nr. 2704)
- Bremsēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)
- divi multimetri

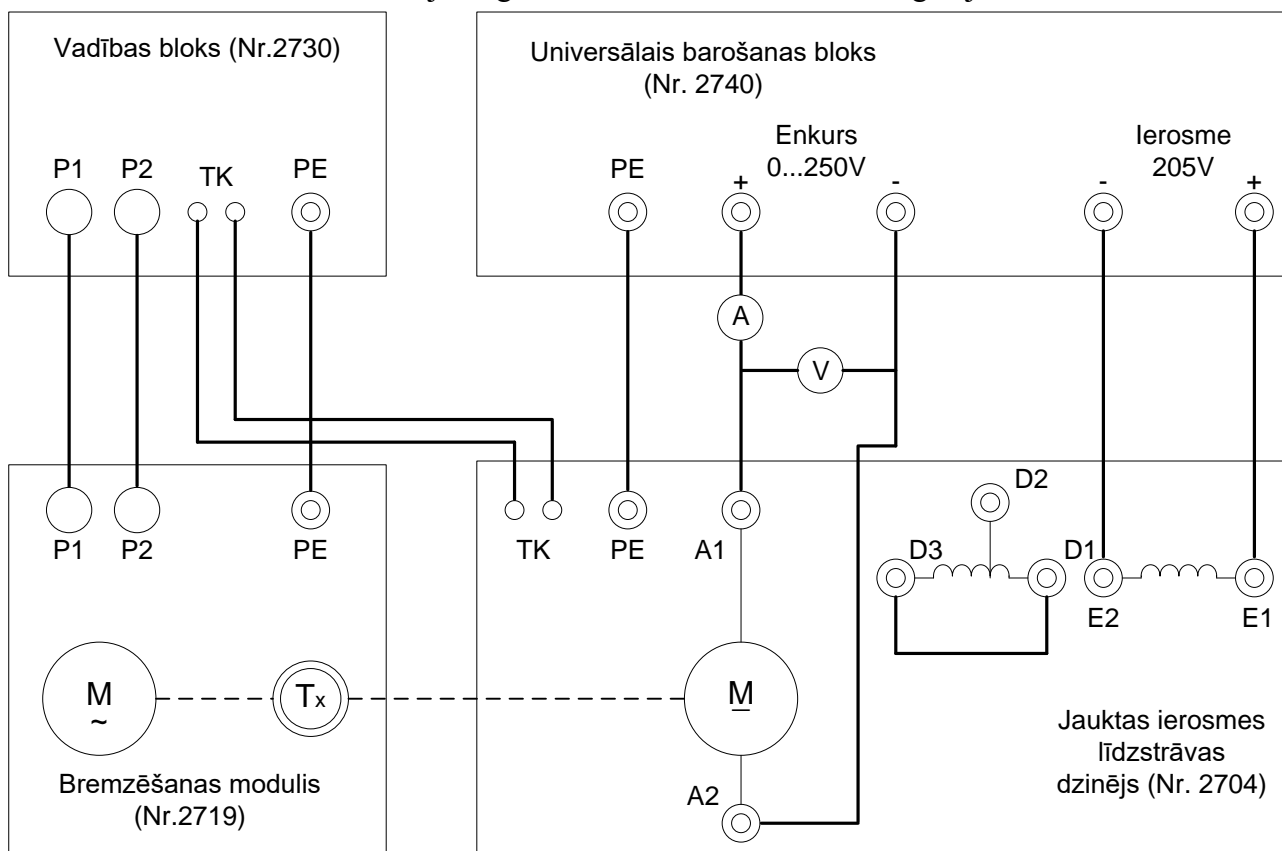
Eksperimenta shēma:



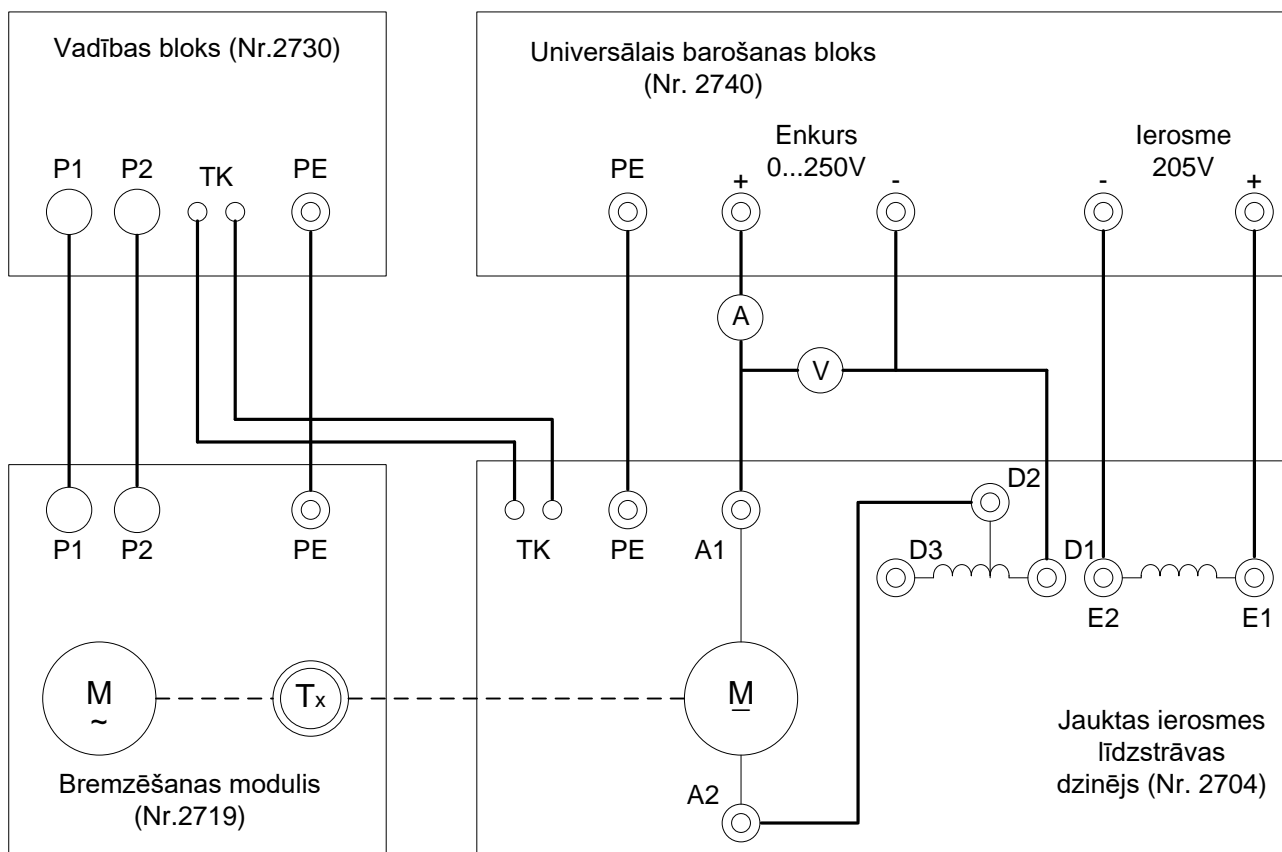
Attēls 3.2. Jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinēja slēguma shēma.



Attēls 3.3. Jauktas ierosmes dzinēja slēguma shēma normālas ierosmes gadījumā.



Attēls 3.4. Jauktas ierosmes dzinēja slēguma shēma neatkarīgas ierosmes gadījumā.



Attēls 3.5. Jauktas ierosmes dzinēja slēguma shēma ar 20% virknes ierosmes atmagnetizējošo slēgumu.

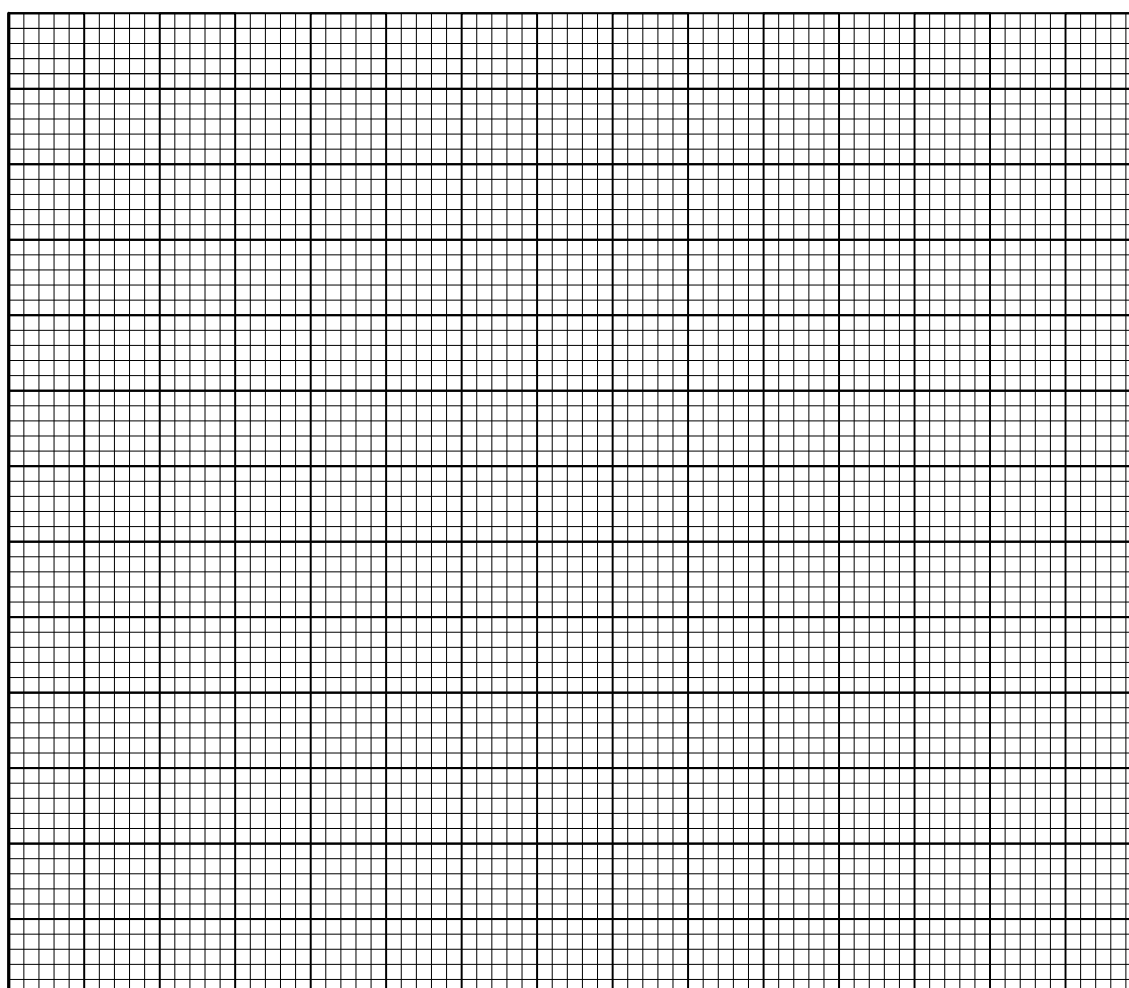
Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 3.2.
- Pieslēgt pie sprieguma universālo barošanas bloku (sadālē).
- Pārslēgt pārslēdzi INT/EXT uz stāvokli "INT" (iekšējais) uz vadības bloka paneļa.
- Ieslēgt vadības bloku.
- Enkura spriegumu ar potenciometra palīdzību nogriezt uz nulli (universālais barošanas bloks).
- Ieslēgt universālo barošanas bloku un pārbaudīt vai tiek padots spriegums uz ierosmes tinumu (iedegas zaļa gaismas diode).
- Uz ierosmes tinumu padot $U_F = 205V$ spriegumu.
- Iestatīt enkura spriegumu $U_e = 205V$. Šo spriegumu eksperimenta laikā nemainīt.
- Slogot dzinēju ar bremsējošo dzinēju. Iestatīt griezes tabulā 3.1. dotos griezes momentus. Pierakstiet atbilstošās griešanās frekvences.
- **Eksperimenta vadlīnijas:**
 - Mainot griezes momentu, mainīsies arī enkura spriegums. Pieregulēt secīgi abus lielumus, lai tie būtu atbilstoši.
 - Mērījumus veikt cik ātri vien iespējams. Motoram uzkarstot mainās tā parametri un raksturlīknes. Pēc motora pārkarsēšanas tas jāatdzesē.

- Samaziniet enkura spriegumu līdz nullei.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.
- Saslēgt attēlā 3.3 redzamo shēmu un atkārtojiet iepriekš aprakstīto eksperimentu.
- Eksperiments jāatkārto arī ar 3.4, 3.5 attēlā redzamajām shēmām.
- Uzzīmēt raksturlīknes 3.6 attēlā.

Tabula 3.1

Ierosmes veids	M [Nm]	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0 (1,9)	2.4
Pārierosināts	n [apgr/min]							
Normāla								
Neatkarīga								
Atmagnetizējoša								neuzņem



Attēls 3.6. Jauktas ierosmes dzinēju mehāniskās raksturlīknes pie dažādiem ierosmes slēgumiem

Secinājumi:

1. Kādas ir būtiskākās atšķirības jauktas ierosmes dzinēja mehāniskajās raksturlīknēs ar dažādiem ierosmes tinumu slēgumiem?

3. Eksperiments: Jauktas ierosmes dzinēja ar virknes ierosmi raksturlīknes.

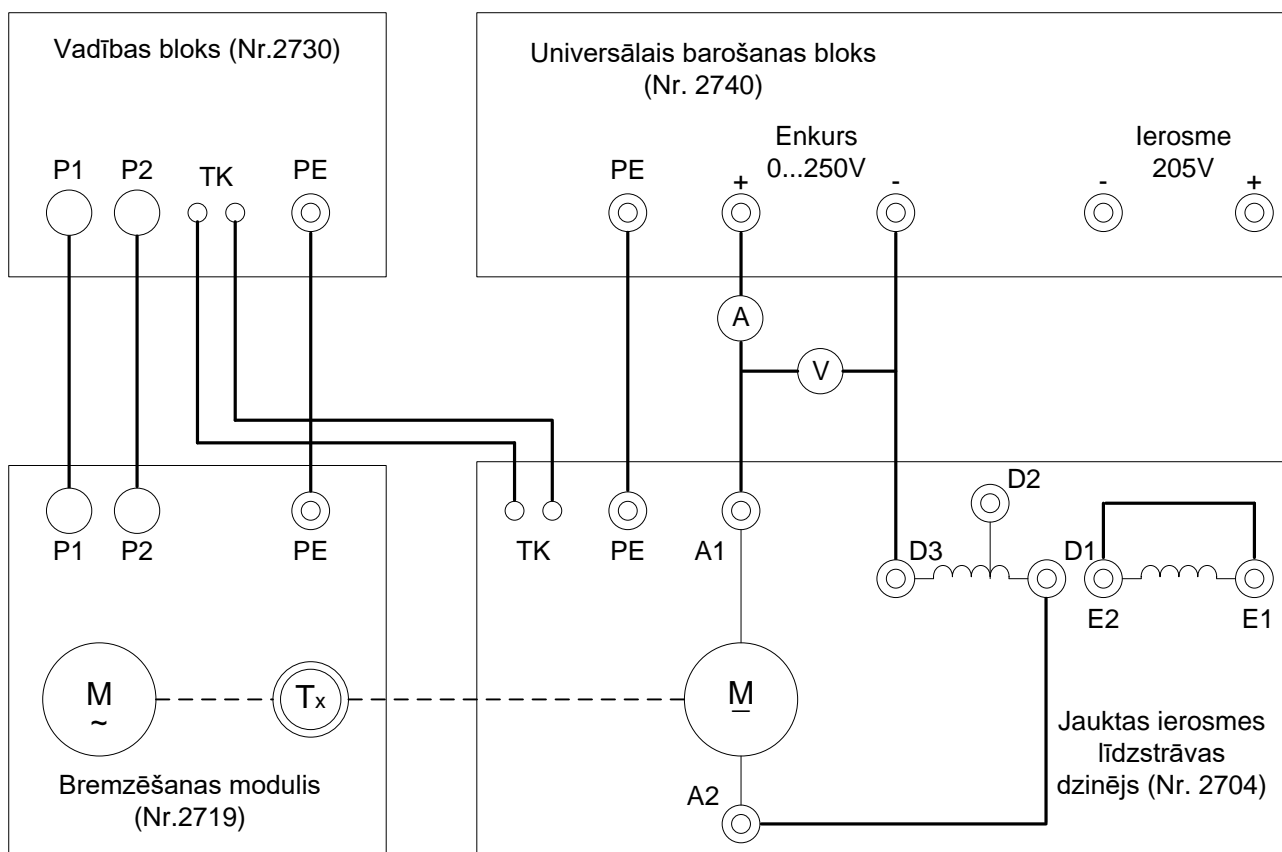
Eksperimenta mērķis:

Uzņemt jauktas ierosmes dzinēja ar virknes ierosmi mehānisko un elektromehānisko raksturlīkni.

Nepieciešamais aprīkojums:

- Jauktas ierosmes dzinējs (Nr. 2704)
- Bremzēšanas iekārta (Nr. 2719)
- Vadības bloks (Nr. 2730)
- Universālais barošanas bloks (Nr. 2740)
- divi multimetri

Eksperimenta shēma:



Attēls 3.7. Jauktas ierosmes dzinēja ar virknes ierosmi pieslēgšanas shēma

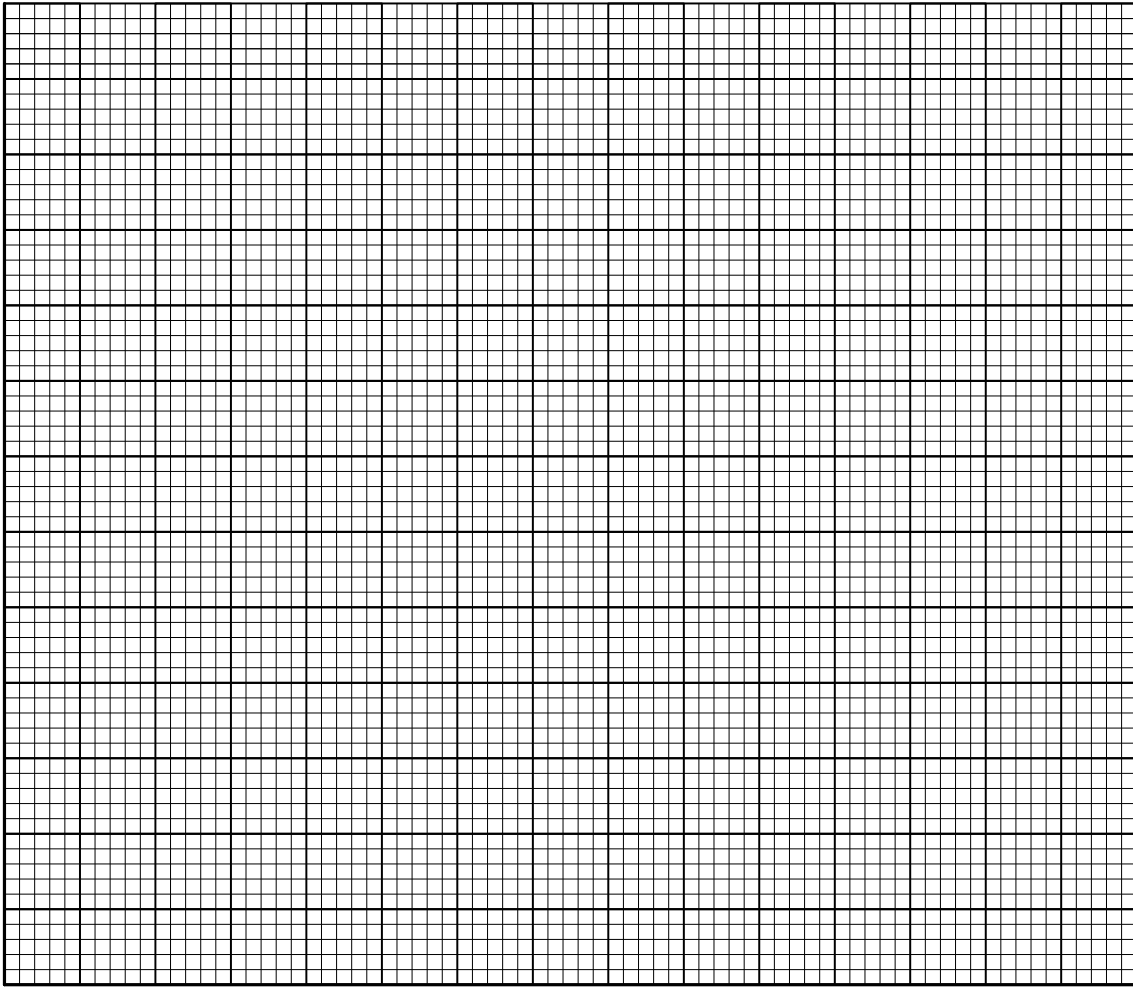
Eksperimenta apraksts:

- Ievērot 2.1 nodaļā dotos drošības tehnikas noteikumus!
- **Uzmanību!**

- Jauktas ierosmes līdzstrāvas dzinēja ar virknes ierosmi, darbība ir pastāvīgi jāuzrauga, jo iespējama „joņošana”.
- Gadījumā, ja pārkarst bremzējošā mašīna vai universālais vadības bloks, tā atslēgsies un dzinējs paliks bez slodzes, kas izraisīs „joņošana” . Šajā gadījumā dzinējs jāatslēdz manuāli!
- Universālo vadības bloku nedrīkst atslēgt eksperimenta laikā!
- Izveidot eksperimentam nepieciešamos savienojumus, kā parādīts attēlā 13.6.7.
- Enkura spriegumu samazināt līdz nullei.
- Palaist sistēmu, kā aprakstīts pirmajā eksperimentā.
- Palielināt enkura spriegumu līdz 205V. Spriegumu uzturēt konstantu visā eksperimenta gaitā.
- Noslogot dzinēju ar bremzējošo dzinēju, uzstādot tabulā 3.2. dotos momentus. Nomērīt enkura strāvu I_e un griešanās frekvenci n . Rezultātus pierakstīt tabulā 3.2.
- **Ieteikumi eksperimenta veikšanai:**
- **Eksperimenta vadlīnijas:**
 - Mainot griezes momentu, mainīsies arī enkura spriegums. Piergulēt secīgi abus lielumus, lai tie būtu atbilstoši.
 - Mērījumus veikt cik ātri vien iespējams. Motoram uzkarstot mainās tā parametri un raksturlīknes. Pēc motora pārkaršanās tas jāatdzesē.
- Beidzot eksperimentu, vispirms ir jāizslēdz universālais barošanas bloks un tad vadības bloks.

Tabula 3.2. Griešanās frekvence un enkura strāva

M [Nm]	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4
n [apgr/min]							
I_e [A]							



Attēls 3.8. Jauktas ierosmes dzinēja mehāniskā un elektromehāniskā raksturlīkne

Secinājumi:

1. Kādus galvenos secinājumus varat izdarīt no iegūtajām raksturlīknēm?

2. Aprēķiniet motora nominālo jaudu!

4. LABORATORIJAS DARBS

Asinhronā dzinēja mehāniskās raksturlīknes

Darba uzdevums

1. Noteikt eksperimentāli mehāniskās raksturlīknes dzinēja, ģenerators (rekuperatīvās bremsēšanas) un pretstrāvas (pretslēguma) bremsēšanas režīmos ar dažādām pretestībām rotora ķēdē.
2. Uzņemt mehānisko raksturlīkni vienfāzes bremsēšanas režīmā.
3. Uzņemt mehāniskās raksturlīknes dinamiskās bremsēšanas režīmā pie diviem dažādiem līdzspriegumiem.
4. Aprēķināt un konstruēt teorētiskās un eksperimentālās mehāniskās raksturlīknes dzinēja, rekuperatīvās bremsēšanas, pretstrāvas bremsēšanas un dinamiskās bremsēšanas režīmiem. Dot rezultātu analīzi.

Paskaidrojumi

Slēguma shēma ir parādīta 4.1 zīmējumā. Eksperimentālās raksturlīknes visos kvadrantos uzņem ar ģenerators-dzinējs sistēmas palīdzību. Režīmus ieteicams regulēt, mainot līdzstrāvas mašīnas M2 ierosmes strāvu, bet M3 ierosmi uzturēt nemainīgu. Tas ļauj vienkāršāk noteikt asinhronā dzinēja elektromagnētisko momentu.

Līdzstrāvas mašīnas M3 elektromagnētiskais moments

$$M_{\text{eksp}} = c_M \Phi I_a, \quad (4.1)$$

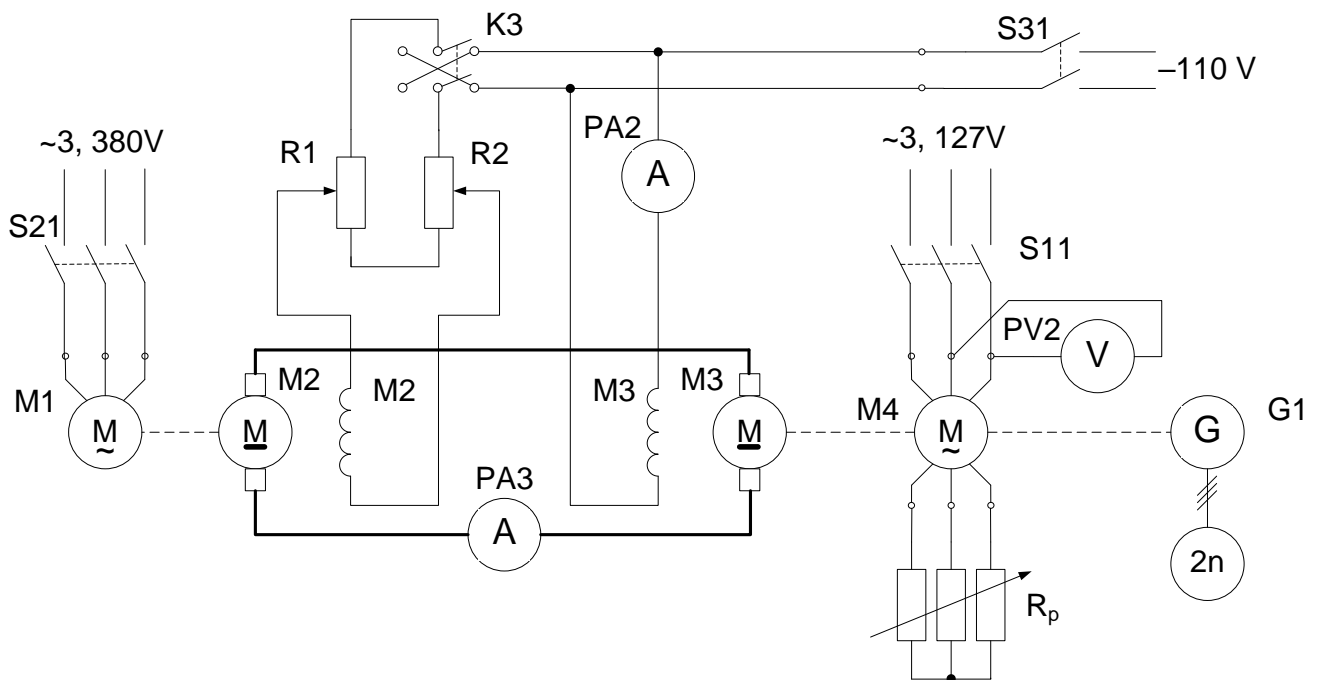
kur c_M - mašīnas konstante;

Φ - viena pola magnētiskā plūsma, Wb;

I_a - enkura strāva. A.

Ja saglabā mašīnas M3 plūsmu konstantu, tad elektromagnētiskais moments ir proporcionāls enkura strāvai I_a . Pēc ampērmetra rādījumiem var noteikt asinhronā dzinēja slodzi.

4.3 zīmējumā ir dota līdzstrāvas mašīnas M3 magnetizēšanas raksturlīkne $c_E \Phi = f_1(I_2)$, bet $c_E = 0,1045 c_M$.



4.1 zīm. Asinhronā dzinēja ar fāžu rotoru eksperimenta slēguma shēma.

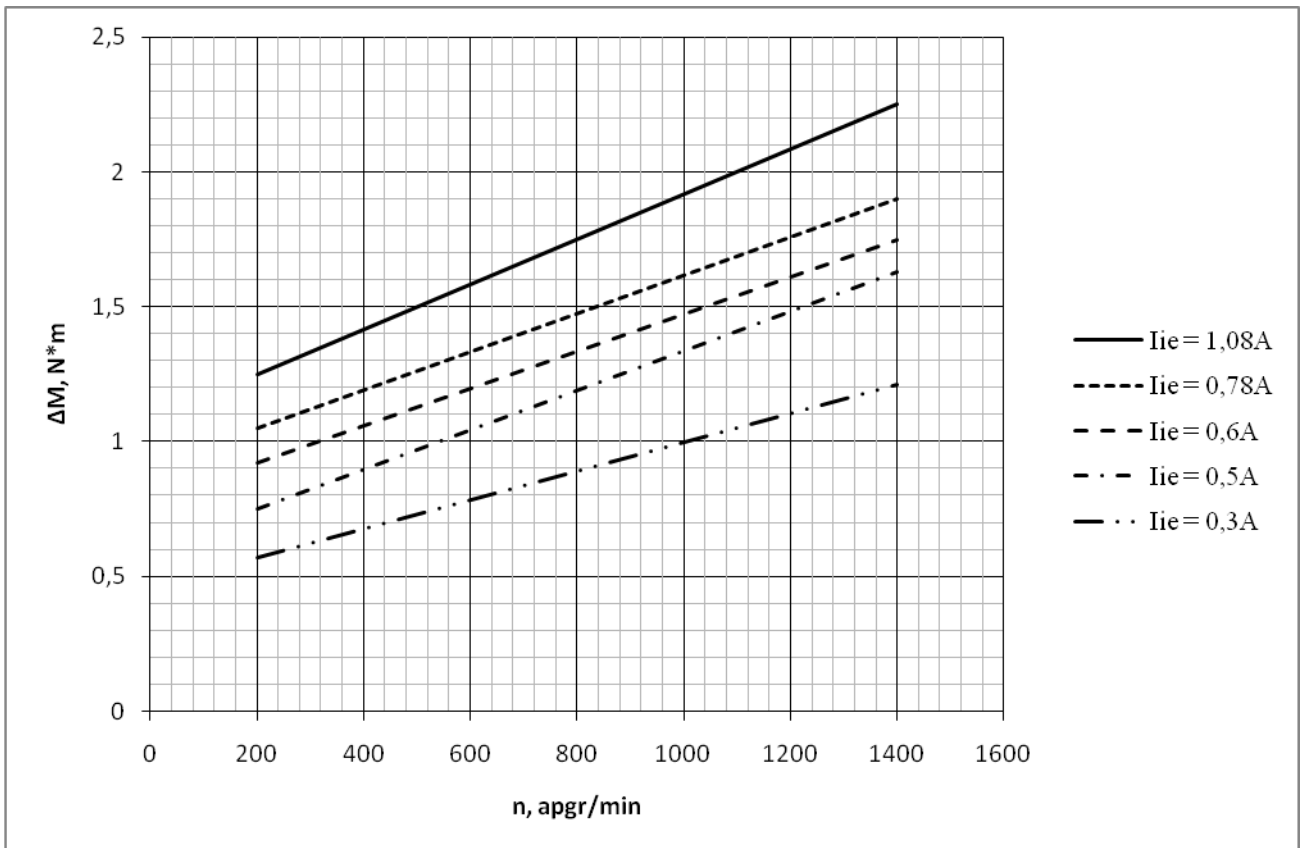
Moments uz asinhronā dzinēja M4 vārpstas

$$M_V = -(M \pm \Delta M). \quad (4.2)$$

4.2 zīmējumā ir dota sakarība $M = f_1(I_2, n)$, no kuras nosaka zuduma momentu ΔM atbilstoši ātrumam n .

Zīme „-” atbilst gadījumam, kad līdzstrāvas mašīna M3 strādā ģenerators un pretslēguma režīmā, bet „+” zīme – dzinēja režīmā (par strāvas I_a pozitīvo virzienu pieņem virzienu, kad mašīna M3 strādā dzinēja režīmā).

Lai samazinātu dzinēja silšanu, sevišķi uzņemot raksturlīkņu punktus lielu strāvu rajonā, tad eksperimentu ir nepieciešams veikt organizēti un ātri. Tāpat ir vēlams strādāt ar pazeminātu spriegumu. Momentu pārrēķina atbilstošam nominālam spriegumam un izteiksmes



4.2 zīm. Dzinēja M3 raksturlīknes $\Delta M = F(n)$ dažādām $I_{ie} = const.$

$$M = M_{eksp} \left(\frac{U_n}{U_{eksp}} \right)^2, \quad (4.4)$$

kur M , M_{eksp} - asinhronās mašīnas elektromagnētiskais moments, kurš atbilst nominālajam fāzes spriegumam U_n un spriegumam U_{eksp} , pie kura izdarīts eksperiments.

Asinhronā dzinēja mehānisko raksturlīkni dzinēja, ģeneratora un pretstrāvas bremzēšanas režīmā var aprēķināt ar precizēto Klosa formulu

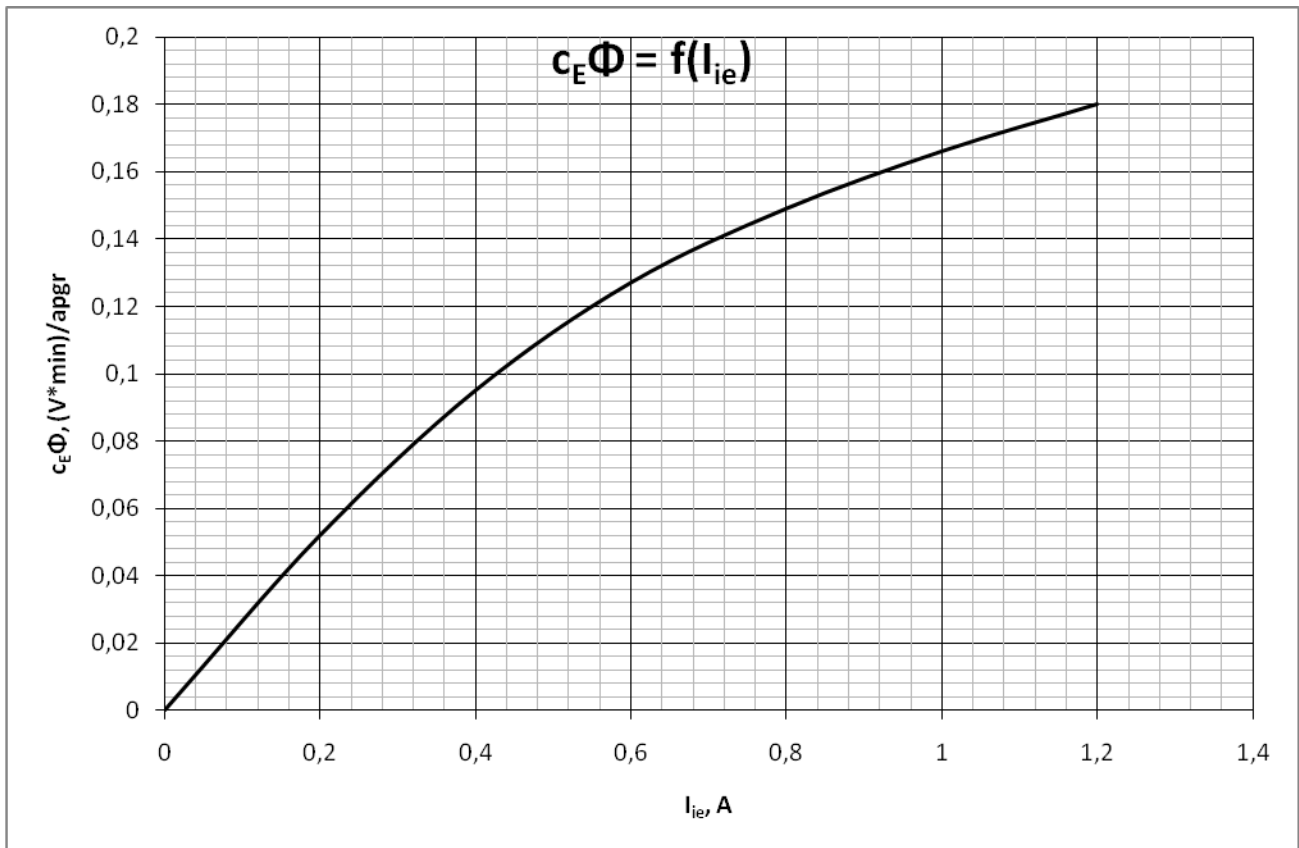
$$M = \frac{2M_k \left(1 + S_k \frac{R_1}{R'_2}\right)}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S} + 2S_k \frac{R_1}{R'_2}}, \text{ N*m}, \quad (4.5)$$

kur M_k - kritiskais moments, $N \cdot m$;

S_k - kritiskā slīde;

S - slīde, $S = \frac{n_0 - n}{n_0}$;

R_1, R'_2 - statora un reducētā rotora fāzes aktīvā pretestība, Ω .



4.3 zīm. Dzinēja M3 magnetizēšanās raksturlīkne

$$C_E \Phi = f(I_2).$$

Kritiskais moments

$$M_k = 9,55 \frac{mU_f^2}{2n_0 [R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + x_k^2}]}, \text{ N*m}, \quad (4.6)$$

kur, U_f - fāzes spriegums, V;

n_0 - sinhronais (magnētiskā lauka) griešanās ātrums, apgr/min;

$x_k = x_1 + x_2$ - mašīnas īsslēguma reaktīvā pretestība, Ω .

Zīme „+” attiecas uz dzinēja režīmu, bet zīme „-” uz ģeneratora režīmu.

Kritisko slīdi aprēķina

$$S_k = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + x_k^2}}. \quad (4.7)$$

Ja rotora ķēdē ieslēgta papildus pretestība R_p , tad

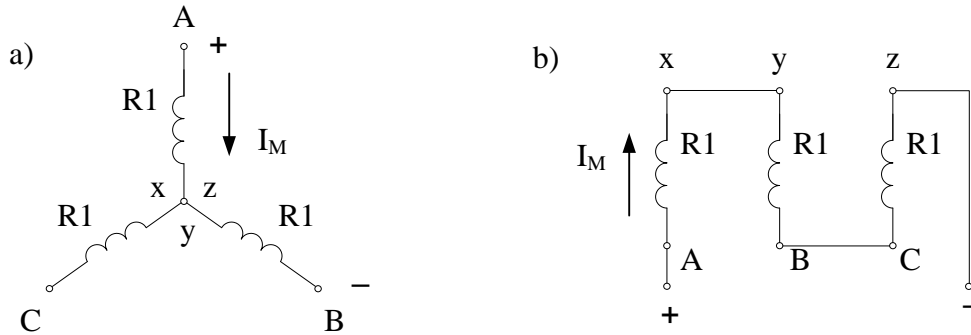
$$S_K = \pm \frac{R'_2 + R'_p}{\sqrt{R_1^2 + x_k^2}}, \quad (4.7.a)$$

$$R'_p = k_E^2 R_p,$$

kur, k_E - reducēšanas koeficients, $k_E \approx \frac{U_N}{E_{2N}}$.

Dinamiskās bremsēšanas režīms.

Dinamiskās bremsēšanas režīmu veic ar dažādām statora tinuma slēguma shēmām. Līdzsprieguma lielumu izvēlās atkarībā no tinuma aktīvās pretestības un nepieciešamās līdzstrāvas lieluma. Darbā rekomendējamās statora tinuma slēguma shēmas ir parādītas 4.4 zīm.



4.4 zīm. Statora tinumu slēgumu shēmas dinamiskās bremsēšanas režīmā.

Aprēķinos reālo līdzstrāvu aizstāj ar ekvivalentu trīsfāžu maiņstrāvu, kura dod to pašu magnētisko lauku

$$F_{\underline{}} = F_{\sim} .$$

4.1 tabulā ir doti attiecīgie lielumi 4.4 zīm. attēlotajām shēmām.

4.1 tabula
Dinamisko bremsēšanu raksturojošie lielumi

Parametru nosaukumi	Shēma a	Shēma b
Statora tinuma MDS	$F = \sqrt{3}I_{\underline{}}w_1$	$F = 2I - W_1$
Līdzstrāvai atbilstošā maiņstrāva	$I_{E_{kv}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}I_{\underline{}}$	$I_{E_{kv}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}I_{\underline{}}$
Statora tinuma pretestība līdzstrāvai	$2R_1$	$3R_1$
Nepieciešamais līdzspriegums	$U_{\underline{}} = 2,45I_{E_{kv}}R_1$	$3,18I_{E_{kv}}R_1$

Dinamiskās bremsēšanas režīma elektromagnētiskais moments

$$M = 9,55 \frac{mI_{E_{kv}}^2 \frac{x_{\mu}^2}{s}}{n_0 \left[\left(\frac{R'_2}{s} \right)^2 + (x_{\mu} + x'_2)^2 \right]}, \text{ N*m.} \quad (4.8)$$

Slīde pie maksimālā momenta

$$S_{\max} = \frac{R'_2}{x_\mu + x'_2}, \text{ (ja } R_p = 0), \quad (4.9)$$

$$S_{\max} = -\frac{R'_2 + R'_p}{x_\mu + x'_2}, \text{ (ja } (R_p \neq 0))$$

un maksimālais moments

$$M_{\max} = 9,55 \frac{mI_{Ekv}^2 x^2 \mu}{2n_0(x_\mu + x'_2)}, \text{ N*m}, \quad (4.10)$$

kur x_μ - magnetizēšanas ķēdes induktīvā pretestība,

$$x_\mu \approx \frac{E_1}{I_\mu}.$$

kur E_1 - statora fāzes tinumā inducētais EDS;

I_μ - asinhronās mašīnas fāzes magnetizēšanas strāva.

Aptuveni $I_\mu \approx I_0$, bet $E_1 \approx 0,95U_1$.

Mehānisko raksturlīkni dinamiskās bremsēšanas režīmā var aprēķināt pēc izteiksmes

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{S_{\max}}{S} + \frac{S}{S_{\max}}} \quad (4.11)$$

Slīdi dinamiskās bremsēšanas režīmā aprēķina

$$S = \frac{n}{n_0} \quad (4.12)$$

Asinhronā dzinēja ar fāzu rotoru M4 pases dati:

$$\begin{aligned} P_n &= 5,5 \text{ kW}, & R_{1\ 40^0c} &= 0,313\Omega, & E_{2n} &= 160 \text{ V}, \\ n_n &= 1440 \text{ apgr/min}, & (R_1 + R'_2)_{75^0c} &= 0,64\Omega, & GD^2 &= 8 \text{ N*m}^2. \\ U_n &= 210 / 130 \text{ V}, & x_k &= x_1 + x'_2 = 1,2\Omega, \\ I_n &= 21,5 / 37,5 \text{ A}, & x_\mu + x_1 &= 10,6\Omega \\ \text{Slēgums } &Y/\Delta & x_1 &= x'_2. \end{aligned}$$

Eksperimentālo un teorētisko aprēķinu rezultātus apkopot 4.2 tabulā.

4.2 tabula. Eksperimentālo mērījumu aprēķinātie lielumi

Nr.p.k.	n	M_{eksp}	M	ΔM	M_V	M_{teor}	R_p	$I_ =$	Piezīmes
	$\frac{apgr}{min}$	N*m	N*m	N*m	N*m	N*m	Ω	A	

5. LABORATORIJAS DARBS

Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja mehāniskās raksturlieknes

Darba uzdevums

1. Uzņemt eksperimentāli elektromehāniskās raksturlieknes dzinēja, rekuperatīvās bremzēšanas, dinamiskās bremzēšanas un pretstrāvas bremzēšanas režīmos ar dažādām papildus pretestībām enkura ķēdē.
2. Pēc eksperimenta datiem konstruēt raksturlieknes $n = f_1(I_a)$, $n = f_2(M)$ visiem režīmiem.
3. Pēc dzinēja pases datiem aprēķināt un konstruēt teorētiskās raksturlieknes visiem režīmiem.
4. Salīdzināt eksperimentā uzņemtās un teorētiski aprēķinātās raksturlieknes. Analizēt rezultātus.

Paskaidrojumi

Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja mehānisko un elektromehānisko raksturliekņu vienādojumi ir

$$n = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{M(R_a + R_p)}{c_E c_M \Phi^2}, \quad (5.1)$$

$$n = \frac{U}{c_E \Phi} - \frac{I_a(R_a + R_p)}{c_E \Phi} \quad (5.2)$$

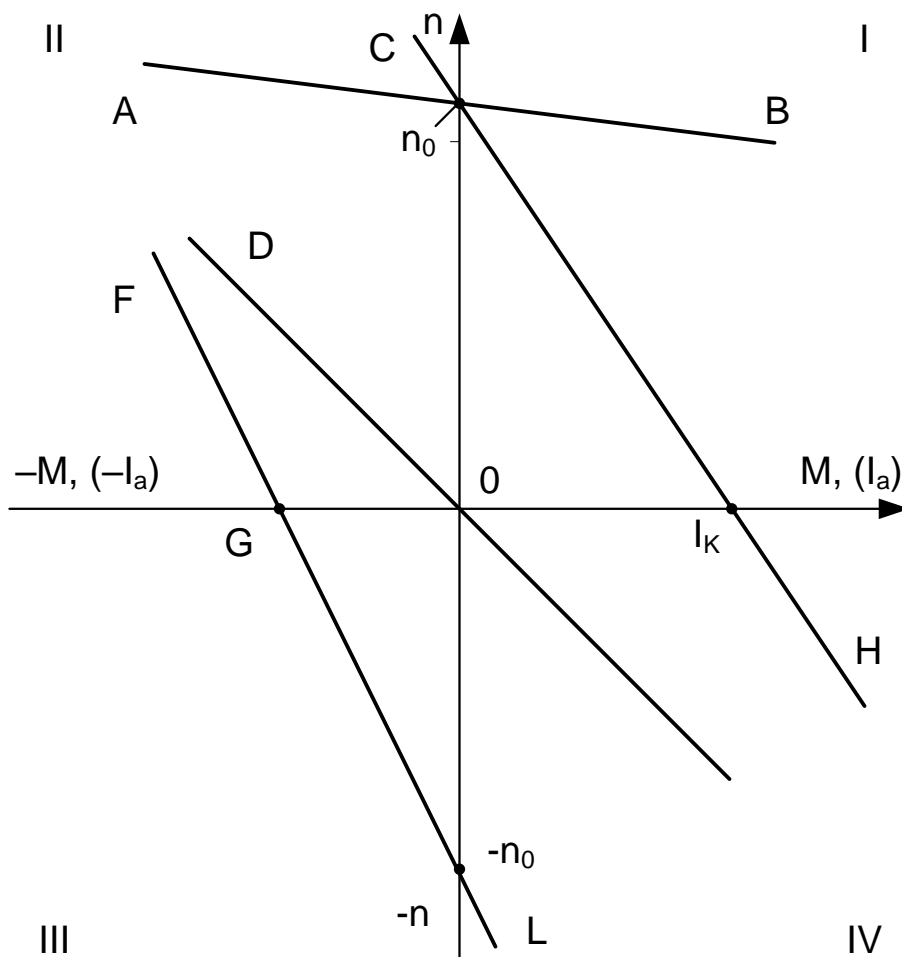
kur n - dzinēja griešanās ātrums, apgr/min;
 U - dzinēja enkura spailēm pieslēgtais spriegums, V;
 c_E, c_M - dzinēja konstruktīvie koeficienti,
 $c_E = \frac{pN}{60a}$; $c_M = \frac{pN}{2\pi a}$; $c_M = 9,55c_E$;
 Φ - dzinēja viena pola magnētiskā plūsma, Wb;
 M - dzinēja elektromagnētiskais moments, Nm;
 R_a - dzinēja enkura ķēdes pretestība, Ω ;
 R_p - ieslēgtā papildus pretestība, Ω .

Atkarībā no enkura griešanās virziena (sprieguma polaritātes), kā arī no strāvas virziena (5.1) un (5.2) vienādojumu atsevišķu locekļu zīmes var būt pretējas. Dinamiskajā bremsēšanā $U = 0$ un raksturlīkņu vienādojumi ir

$$n = -\frac{M(R_a + R_p)}{c_E c_M \Phi^2}, \quad (5.3)$$

$$n = -\frac{I_a(R_a + R_p)}{c_E \Phi}. \quad (5.4)$$

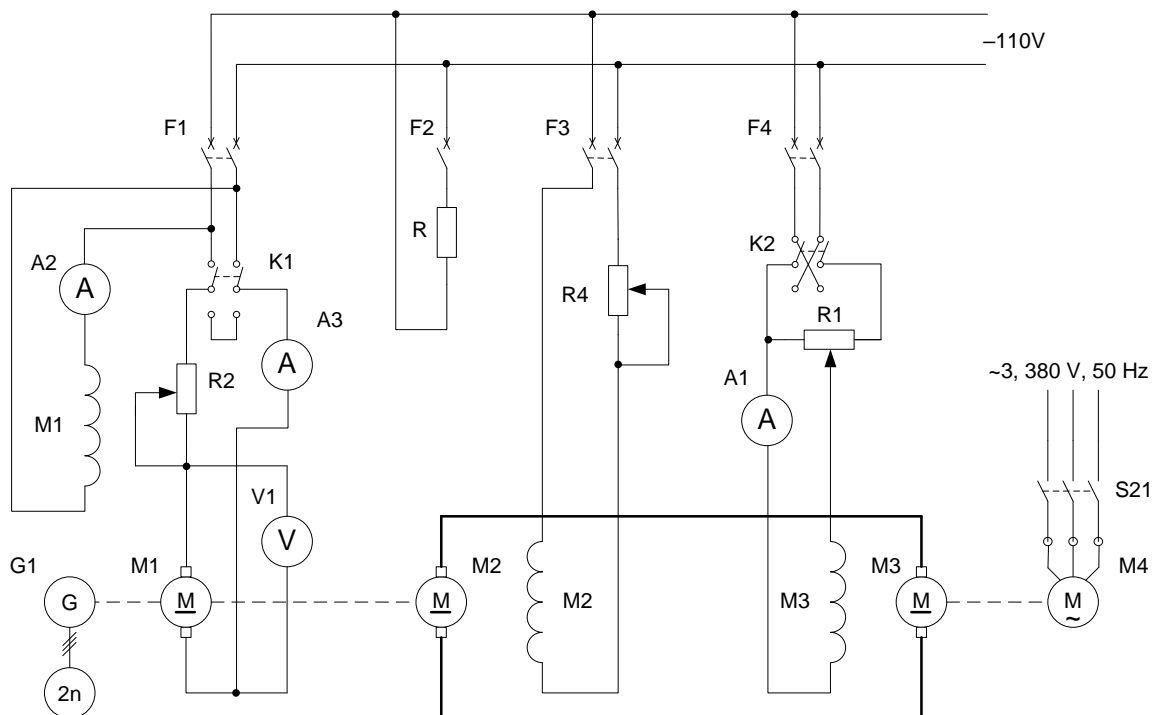
Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja raksturlīknes ir taisnes un to grafiskais attēls dažādos režīmos ir dots 5.1. zīmējumā. Dzinēja režīmu attēlo I un III kvadrantā nogriežņi $n_0 B$, $n_0 I_k$, $-n_0 G$. Rekuperatīvās bremsēšanas režīmu attēlo AO , CO , $-n_0 L$. Dinamiskās bremsēšanas režīmu attēlo DO , OE , bet pretstrāvas bremsēšanas režīmu FG un $I_k H$.



5.1. zīm. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja raksturlīknes.

Eksperimentā uzņemtās raksturlīknes nedaudz atšķiras no teorētiskajām, jo enkura reakcijas ietekmē nedaudz izmainās magnētiskā plūsma, kā arī neievērojam suku pārejas kontaktu pretestību.

Darba principiālā slēguma shēma ir parādīta 5.2. zīmējumā. Lai ērtāk varētu ieregulēt visus nepieciešamos režīmus, standā izmanto ģenerators – dzinējs (G-D) sistēmu.



5.2. zīm. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja pārbaudes shēma.

Dzinēja elektromagnētiskais moments

$$M = c_M \Phi I_a, \quad (5.5)$$

un mehāniskais moments uz vārpstas

$$M_{meh} = M \pm \Delta M, \quad (5.6)$$

kur ΔM - zudumu moments, „+” zīme ģenerators un bremzēšanas režīmos, bet „-” zīme dzinēja režīmā.

Tātad dzinēja režīmā mehāniskais moments M_{meh} ir par ΔM mazāks nekā elektromagnētiskais moments M .

Zudumu momentu var noteikt ar divām metodēm:

1. Atsevišķo zudumu metode.

Mehāniskā jauda uz vārpstas ir

$$P_2 = P_{meh} = P_1 \pm \Delta P, \text{ W}, \quad (5.7)$$

kur P_1 - no tīkla uzņemtā jauda, W;

ΔP - kopējie dzinēja jaudas zudumi, W.

Enkura ķēdes elektriskie jaudas zudumi

$$\Delta P_{cu} = I_a^2 * R_a \quad (5.8)$$

un jaudas zudumi suku pārejas pretestībā

$$\Delta P_s = I_a \Delta U_s, \quad (5.9)$$

kur ΔU_s - sprieguma kritums uz suku pārejas pretestību, V.

Vienas polaritātes suku komplektam

$$\Delta U_s \approx 0,75 \dots 1,0 \text{ V}.$$

Mehāniskie un magnētiskie jaudas zudumi

$$\Delta P_{gr} = P_0 - I_0^2 R_a - \Delta P_s - \Delta P_p, \quad (5.10)$$

kur P_0 - dzinēja uzņemtā tukšgaitas jauda, W;

I_0 - dzinēja tukšgaitas enkura strāva, A;

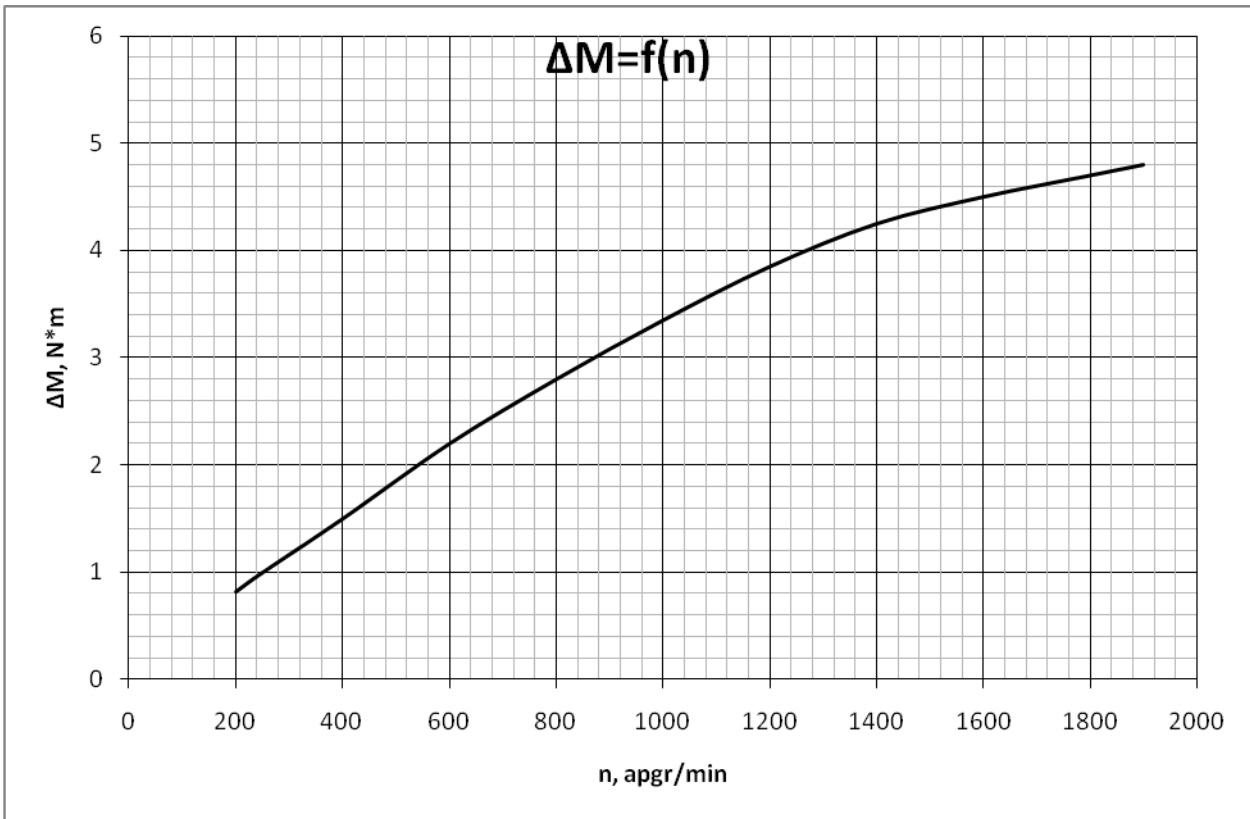
$\Delta P_p \approx 0,01 U_a I_a$ - papildus zudumi.

Jāpiebilst, ka pēdējie trīs locekļi (5.10) tukšgaitā ir daudz mazāki par P_0 , tāpēc dažreiz aptuveni var pieņemt $P_{gr} \approx P_0$.

Lielums ΔP_{gr} ir atkarīgs no griešanās ātruma un ierosmes strāvas. Lai noteiktu zuduma momentu ΔM jebkuram režīmam, tad jāuzņem $\Delta P_{gr} = f_1(n)$ pie attiecīgām ierosmes strāvas vērtībām.

2. Momenta zudumu noteikšana pēc eksperimentālās raksturlīknes

Dotā stenda dzinējam ir noteikti momenta zudumi atkarībā no vārpstas griešanās ātruma. 5.3 zīmējumā dots $\Delta M(n)$ grafiskais attēls.



5.3 zīm. Dzinēja M1 raksturlīkne $\Delta M = f(n)$.

Mehānisko griezes momentu uz asinhronā dzinēja vārpstas pie noteiktas n vērtības var aprēķināt pēc izteiksmes

$$M_{meh} = c_M \Phi I_a \pm \Delta M, \text{ N*m.}$$

Veicot laboratorijas darbu, var ieteikt sakārtot eksperimenta un teorētisko aprēķinu datus kā 5.1 tabulā.

5.1. tabula. Eksperimentālo mērījumu aprēķinātie lielumi

Nr.p.k.	M	ΔM	M_{meh}	n	R_p	I_a	I_2	Piez.
	N*m	N*m	N*m	apgr/min	Ω	A	A	

Režīmus ieregulē ar G-D sistēmas mašīnu ierosmes strāvu maiņām. Pretstrāvas bremsēšanas režīma pētāmā dzinēja vārpstai ir jāgriežas pretējā virzienā nekā tā griežas dzinēja režīmā.

Jānorāda, ka visas rakturlīknes ir jāuzņem pie konstanta barošanas sprieguma. Ja spriegums izmainās, tad jāveic atbilstošs pārrēķins.

Līdzstrāvas dzinēja M1 pases dati:

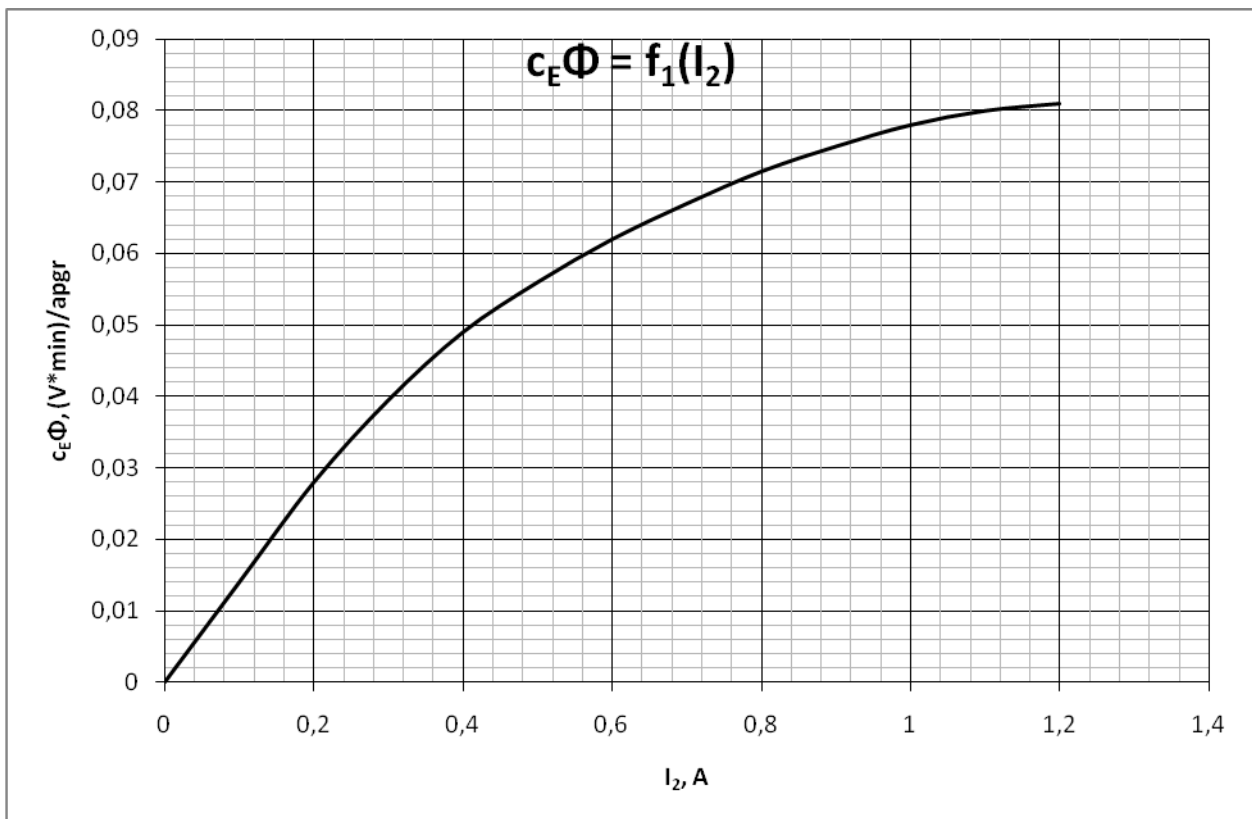
$$P_N = 3,7 \text{ Kw,}$$

$$U_N = 110 \text{ V,}$$

$$I_N = 41 \text{ A,}$$

$$n_n = 1370 \text{ apgr/min,}$$

$$R_{a40^\circ C} = 0,35\Omega.$$



5.4. zīm. Dzinēja M1 raksturlīkne $c_E\Phi = f_1(I_2)$.