

Rīgas Tehniskā universitāte
Enerģētikas institūts
Elektrisko mašīnu un aparātu katedra

AUGSTSPRIEGUMA ELEKTRISKIE DZINĒJI UN ĢENERATORI

RTU Izdevniecība
Rīga 2019

A. Podgornovs, R. Geidarovs. Augstsprieguma elektriskie dzinēji un ģeneratori. Rīga, RTU Izdevniecība, 2019. 29 lpp.

Šajā darbā apkopota informācija par augstsprieguma dzinējiem un ģeneratoriem, to pases datiem un montāžas prasībām. Dots ieskats dzinēju un ģeneratoru bojājumos un defektos un to novēršanas ieteikumi. Mācību līdzekli var lietot kvalifikācijas celšanas kursos elektrisko mašīnu sadaļas apgūvē.

Sastādīja: asoc. prof. *Dr. sc. ing.* A. Podgornovs
asist. *Mg. sc. ing.* R. Geidarovs
Recenzents: doc. *Dr. sc. ing.* A. Kanbergs

Literārā redaktore: Irēna Skārda
Tehniskā redaktore: Irēna Skārda
Dizains: Baiba Puriņa
Vāka dizains: Paula Lore

Vāka attēls no shutterstock.com

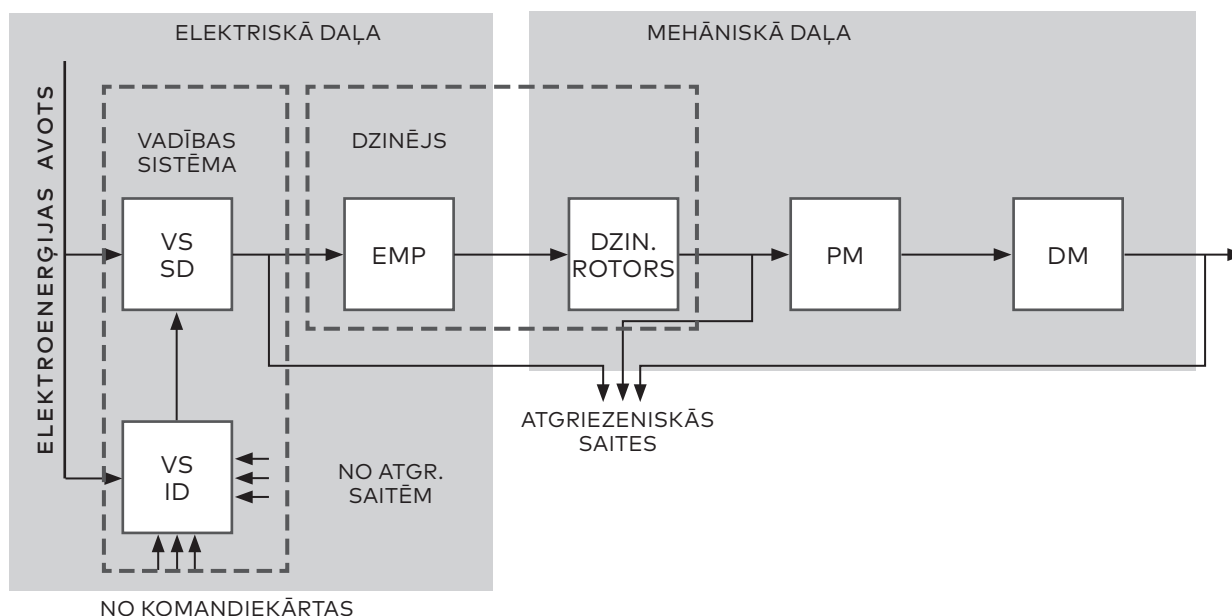
© Rīgas Tehniskā universitāte, 2019
ISBN 978-9934-22-150-7 (pdf)
978-9934-22-149-1 (print)

SATURS

1. Elektriskā mašīna piedziņas sistēmā	5
2. Dzinēju pases dati	6
2.1. AS asinhronā dzinēja pases dati	6
2.2. Pases datu pielāgošana	7
2.3. Slodzes	8
2.4. Termālās slodzes.....	8
2.5. Apkārtējās vides slodzes	9
2.6. Elektriskās slodzes.....	10
2.6.1. Daļējās izlādes process	10
2.6.2. Kabeļu apvalku strāvas.....	10
2.6.3. Jaudas kvalitāte	10
2.6.4. Strāvas raksturlīkņu analīze (SRA).....	10
2.7. Mehāniskās slodzes.....	11
3. Augstsprieguma elektrisko mašīnu montāža	12
3.1. Drošības instruktāža	12
3.2. Izpakošana.....	12
3.3. Uzglabāšana	12
3.3.1. Gultņi.....	13
3.3.2. Izolācijas pretestība.....	13
3.4. Uzstādīšana un tās mehāniskie aspekti	13
3.4.1. Grīdas.....	14
3.4.2. Balansēšana un līmeņošana	15
3.4.3. Savienojumi	16
4. Elektrisko mašīnu apkope	17
4.1. Tinumu pārbaudes.....	17
4.2. Tinumu tīrīšana	17
4.3. Dzesēšanas sistēmas apkope	17
4.4. Radiatora apkope	17
4.5. Citas apkopes	17
5. Elektrisko mašīnu atteices un to iemesli.....	19
Literatūra.....	25
Pielikums 1.....	26
Pielikums 2	28

1. Elektriskā mašīna piedziņas sistēmā

Ražošanas un transporta elektroiekārtas sastāv no dažādiem elementiem. Daļa no tiem veido elektrisko piedziņu – elektromehānisko ietaisi, kas uztur kustību un vada darba mašīnas nepieciešamajā tehnoloģiskajā procesā. Elektriskā piedziņa pārveido elektrisko enerģiju mehāniskajā un nodrošina ražošanas iekārtas vadību ar elektrību. To pārveides būtiska sastāvdaļa ir elektriskais dzinējs. Un pretēji: mehāniskās enerģijas pārveidošana elektriskajā notiek ar ģeneratora starpniecību.



1.1. att. Piedziņas struktūrskāme.

1.1. attēlā parādīta elektriskās piedziņas struktūrskāme, kas sastāv no elektriskās un mehāniskās daļas. **Elektriskā daļa** ietver dzinēja elektromehānisko pārveidotāju (EMP), vadības sistēmas (VS) spēka un informācijas daļu. Vadības sistēma no elektroenerģijas avota pievadīto neregulējamo enerģiju, kuras parametri ir U_a , I_a un f_a , pārveido regulējamā enerģijā, kuras parametri ir U , I un f , un pievada dzinējam, kas veic elektromehānisku enerģijas pārveidošanu.

Mehāniskā daļa ietver dzinēja rotora pārvades mehānismu (PM) un darba mašīnu (DM). Dzinēja radītais moments M iedarbojas uz rotoru un rada attiecīgu leņķisko ātrumu $\omega = 2\pi f$. Mehāniskā enerģija no rotora caur pārvades mehānismu tiek padota uz darba mašīnu. Elektriskās un mehāniskās daļas parametrus var kontrolēt. Šo signālu lielumus saskaņo ar vadības sistēmai atbilstošajiem lielumiem, tādā veidā izveidojot atgriezeniskās saites, kas ļauj veidot automātisku elektrisko piedziņu. Vadības sistēmas informācijas daļa veic automātiskās elektriskās piedziņas „smadzeņu” funkcijas.

Piedziņas pamatprasības:

- drošums;
- darba efektivitāte.

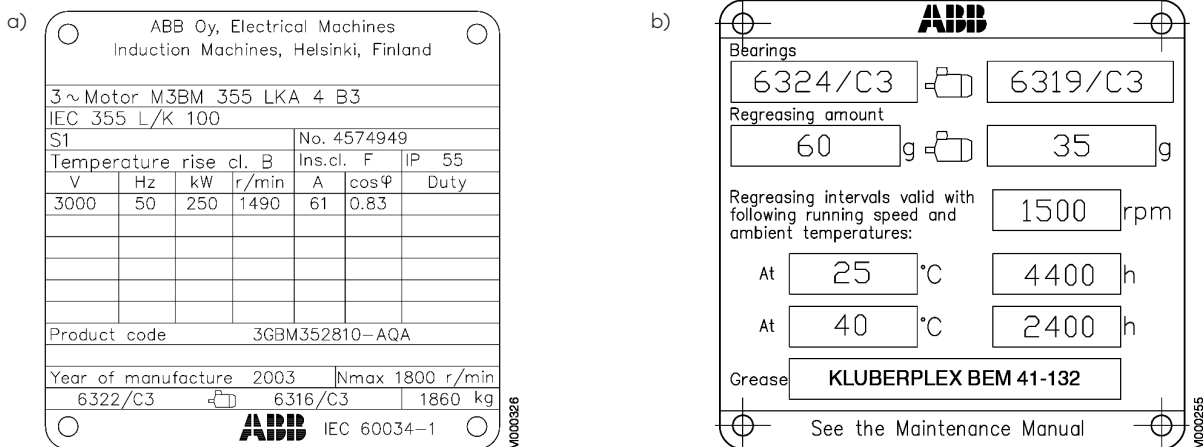
2. Dzinēju pases dati

Ļoti daudz informācijas par elektrisko mašīnu ir dots uz pašas elektriskās mašīnas, proti, uz informatīvās metāla plāksnītes jeb pases, kas piestiprināta pie elektriskās mašīnas statnes. Šādā plāksnītē ir parādīti galvenie nominālie parametri: nominālā jauda, nominālā(s) strāva(s), nominālais(ie) spriegums(i), jaudas koeficients $\cos\phi$, lietderības koeficients η un apgriezīnu skaits minūtē.

Augstsprieguma (AS) elektriskās mašīnas pasē tiek uzrādīti arī ar silšanu un darba režīmu, kā arī ar darba apstākļiem saistītie parametri. Tiek uzrādīti arī ar izgatavošanu saistītie parametri, piemēram, izgatavošanas gads un vieta. Var būt piestiprināta atsevišķa informatīvā plāksnīte, kurā uzrādīta informācija par gultņiem un to eļļošanu (smērvielas daudzums, periodiskums pie noteiktas temperatūras, smērvielas marka).

2.1. AS asinhronā dzinēja pases dati

2.1. attēlā ir parādītas AS asinhronā dzinēja *M3BM 355 LKA 4 B3*, ko ražo korporācija *ABB*, informatīvās plāksnītes: a – dzinēja pase, b – dzinēja gultņu eļļošanas informatīvā plāksnīte.



2.1. att. AS asinhronā dzinēja informatīvās plāksnītes: a – dzinēja pase; b – eļļošanas plāksnīte [1].

Dzinēja pasē ir norādītie dati (no augšas uz leju): ražotājuzņēmums un ražošanas vieta; dzinēja veids un modelis; darba režīms; numurs; temperatūras paaugstināšanās klase; izolācijas klase; *IP (International Protection)* klase; nominālais spriegums; nominālā frekvence; nominālā jauda, apgriezīni minūtē; statora strāva, $\cos\phi$, vieta informācijai par slodzi; produkta kods; ražošanas gads, maksimālais apgriezīnu skaits; gultņi (to numuri): pa kreisi slodzes pusē, pa labi ventilatora pusē (dzinēja piktogramma norāda gultņu atrašanās vietas); svars; atbilstība standartam.

Uz dzinēja eļļošanas plāksnītes ir doti dati par gultņu tipu slodzes un ventilatora pusē (dzinēja piktogrammas norāda gultņu atrašanās vietas), kā arī par nepieciešamo nomaiņāmās eļļas daudzumu katrā no šiem gultņiem (gramos). Uz šīs plāksnītes norādīti arī eļļošanas intervāli (stundās) attiecīgi, ja temperatūra ir 25 °C un 40 °C, pie nosacījuma, ka tiek ievērots plāksnītē uzdots rotācijas ātrums (š. g. 1500 apgriezīni minūtē). Norādīta arī eļļošanai paredzētā smērviela (š. g. *KLUBERPLEX BEM 41-132*).

2.1. tabulā ir parādīti visbiežāk izplatītie parametri, ko uzrāda elektrisko mašīnu pasēs. Tiek arī norādīts, kuram mašīnu tipam atbilst konkrētais parametrs.

2.1. tabula

Elektrisko mašīnu pasēs biežāk uzdotie lielumi

Parametrs	DC	Sinhr.	Asinhr.	Transf.	Piezīmes
Ražotāja nosaukums	✓	✓	✓	✓	
Nominālais spriegums	✓	✓	✓	✓	
Nominālā strāva	✓	✓	✓	✓	Daudzātrumu mašīnām nominālā strāva katram ātrumam, izņemot dzinējus ar ekranētiem poliem un kondensatordzinējus
Nominālā frekvence		✓	✓		
Fāžu skaits		✓	✓	✓	
Rotācijas ātrums pie nominālās slodzes	✓	✓	✓	✓	
Normētais temperatūras pieaugums vai izolācijas klase, normētā apkārtējās vides temperatūra	✓	✓	✓	✓	
Darba režīms	✓	✓	✓	✓	5 min, 15 min, 30 min, 60 min vai ilgstošs
Nominālā jauda	✓	✓	✓	✓	
Dizaina kods	✓	✓	✓	✓	
Sekundārais spriegums			✓	✓	Asinhronajiem dzinējiem ar fāžu rotoru
Sekundārā strāva			✓	✓	Asinhronajiem dzinējiem ar fāžu rotoru
Ierosmes strāva un ierosmes spriegums	✓	✓			Sinhronajām mašīnām ar DC ierosmi
Ierosmes veids	✓				

2.2. Pases datu pielāgošana

Elektrisko mašīnu pases datus ir iespējams pielāgot (pasūtot jaunu informatīvo pases plāksnīti) individuālām vajadzībām, iepriekš sazinoties ar ražotāju. Tas var būt noderīgi situācijās, kad elektriskajām mašīnām jādarbojas paaugstinātas temperatūras vai palielināta augstuma virs jūras līmeņa gadījumā. Sīkāka informācija pieejama literatūras avotā [3]. Šajā gadījumā ir iespējama dzinēja jaudas izmaiņa, bet tikai tās samazināšanās virzienā. Sprieguma izmaiņas gadījumā to var samazināt par 10 % no nominālā sprieguma. Nosacījums šo pielāgojumu veikšanai ir nepasliktināt mašīnas silšanas/dzesēšanas apstākļus.

2.3. Slodzes

Bojājumiem pārejas procesu iespaidā izolācijas sistēmās un pastiprinātiem novecošanās mehānismiem var būt kaitīga ietekme uz ģeneratora vai dzinēja statora un rotora tinumiem. Mehāniskās slodzes, kas var izraisīt un veicināt šādas iedarbes uz izolācijas sistēmu, var tikt apkopotas zem akronīma *TEAM* (no angļu valodas: *Thermal* – termisks, *Electric* – elektrisks, *Ambient* – apkārtējās vides un *Mechanical* – mehānisks). Turpmāk tiks sīkāk iztirzāts katrs no šiem četriem iedarbju veidiem. Informācija šai apakšnodaļai ņemta no literatūras avota [2].

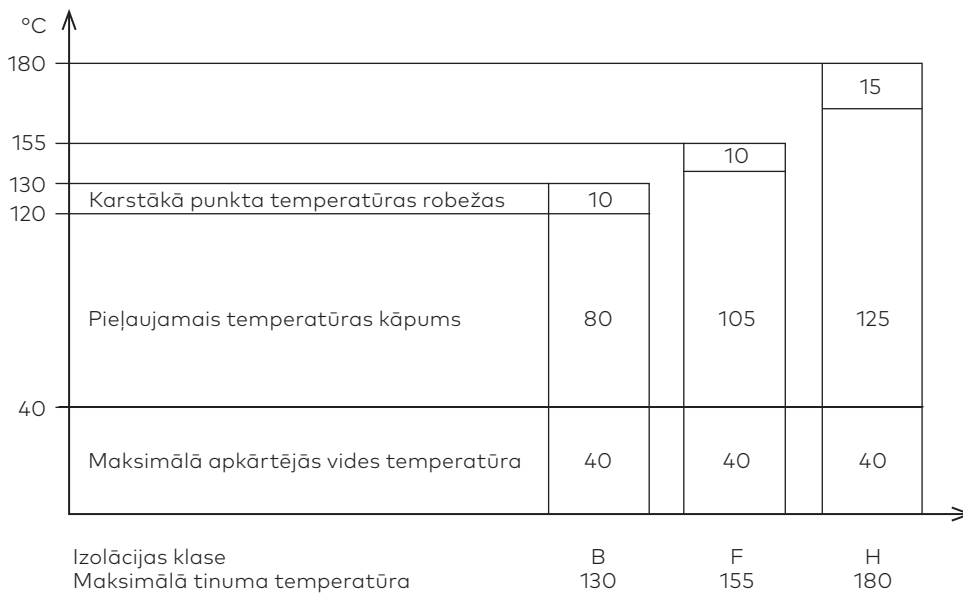
2.2. tabula

Darba režīmu raksturojumi

S1	Nepārtraukts režīms	Dzinējs darbojas konstantas slodzes apstākļos pietiekami ilgu laiku, lai sasniegtu temperatūru līdzsvaru
S2	Īslaicīgs režīms	Dzinējs darbojas konstantas slodzes apstākļos, taču ne pietiekami ilgu laiku, lai sasniegtu temperatūru līdzsvaru. Pauzes ilgums ir pietiekami ilgs, lai sasniegtu apkārtējās vides temperatūru
S3	Pārtraukumaini ciklisks režīms	Secīgi, identiski darbības un pauzes cikli konstantas slodzes apstākļos. Temperatūru līdzsvars nekad netiek sasniegts. Palaišanas strāvai ir neliela ietekme uz temperatūras palielinājumu
S4	Pārtraukumaini ciklisks režīms ar palaidi	Secīgi, identiski palaišanas, darba un pauzes cikli konstantas slodzes apstākļos. Temperatūru līdzsvars netiek sasniegts, taču palaišanas strāvas ietekme temperatūras pieaugumu
S5	Pārtraukumaini ciklisks režīms ar elektrisko bremsēšanu	Secīgi, identiski palaišanas un darba cikli konstantas slodzes apstākļos un darbojoties bez slodzes (tukšgaitā). Bez pauzēm
S6	Ilgstoša darbība ar intermitējošu slodzi	Secīgi, identiski darbības cikli tukšgaitas un slodzes režīmos. Bez pauzēm
S7	Nepārtraukts ciklisks režīms ar elektrisko bremsēšanu	Secīgi, identiski palaišanas, nemainīgas slodzes un elektriskās bremsēšanas cikli. Bez pauzēm
S8	Nepārtraukts ciklisks režīms ar periodiskām slodzes un ātruma izmaiņām	Secīgi, identiski darba cikli, darbojoties nemainīgas slodzes un uzdota ātruma apstākļos, pēc tam darbojoties pie citām nemainīgām slodzēm un ātrumiem. Bez pauzēm

2.4. Termālās slodzes

Fāžu strāvas, kas plūst statora tinumu vadītāju spolēs, izraisa sasilumu tinumā, citkārt zināmus kā I^2R zudumus (jeb Džoula zudumus). Kombinācijā ar siltumu, kas ģenerēts berzes, gultņu un virpuļstrāvu zudumu dēļ, tās var pamazām izraisīt termālo izolācijas sistēmas pasliktināšanos. Ir arī zināms, ka mašīnas slodzei ir tieša saistība ar temperatūras izmaiņām, kas īpaši attiecas uz statora tinumu izolāciju. Termālā nolietojumā var novest pie vadītāju delaminācijas un citām problēmām. Vadītāja delaminācijas uz tinuma gadījumā vairāki izolāciju veidojošās lentes, kas aptīta tinumam, slāņi atdalās viens no otra, iespējams, saistvielas pārkaršanas dēļ, ļaujot atdalīties dažādiem elektrotehniskā papīra slāņiem.



2.3. att. Izolācijas klases un to pieļaujamās temperatūras.

2.5. Apkārtējās vides slodzes

Apkārtējās vides, kurā darbojas rotējošā elektriskā mašīna, iespaidā rodas slodzes. Var būt dažādas apkārtējās vides ietekmes: augsts mitruma līmenis, smilšu, dubļu un grūžu esamība, bīstamu gāzu esamība (parasti attiecas uz *Ex* – eksplozīvajām gāzēm vai *ATEX* – eksplozīvām atmosfērām) vai, attiecībā uz atrašanās vietu, tādas, kurās ir ļoti iespējami apgrūtināši apstākļi, piemēram, piekrastes zonas, kurās var tikt sūknēts vai apstrādāts sāļš ūdens vai konkrētas zonas kodolspēkstacijās. Kaut arī nav vienmēr iespējams vai nepieciešams kontrolēt apkārtējās vides temperatūru un mitrumu, šiem faktoriem, kā zināms, ir ietekme uz daļējās izlādes (DI) aktivitāti statora tinumos un var tikt īstenota kopā ar jaudas kvalitātes novērtējuma (JKN) un DI mērījumu datiem.

2.3. tabula

Dzinēju energoefektivitātes klases (IE) Motor technologies and their energy efficiency potential

Motora tips		IE1	IE2	IE3	IE4	IE5
Trīsfāžu īsslēgta rotora asinhronie dzinēji	Neregulārā kārtojuma tinumi (visa veida korpusi un jaudas)	Atbilst	Atbilst	Atbilst	Daļēji	Neatbilst
	Regulārā kārtojuma tinumi IP2x (atvērta izpildījuma)	Atbilst	Atbilst	Daļēji	Neatbilst	Neatbilst
	Regulārā kārtojuma tinumi IP4x un augstāki	Atbilst	Atbilst	Atbilst	Daļēji	Neatbilst
Trīsfāžu asinhronie dzinēji ar fāžu rotoru		Atbilst	Atbilst	Atbilst	Daļēji	Neatbilst
Vienfāzes asinhronie dzinēji	Ar palaišanas kondensatoru	Daļēji	Neatbilst	Neatbilst	Neatbilst	Neatbilst
	Ar darba kondensatoru	Atbilst	Daļēji	Neatbilst	Neatbilst	Neatbilst
	Ar darba un palaišanas kondensatoru	Atbilst	Daļēji	Neatbilst	Neatbilst	Neatbilst
	Ar palaišanas rezistoru	Daļēji	Neatbilst	Neatbilst	Neatbilst	Neatbilst
Sinhronie dzinēji	Tiešās palaišanas pastāvīgo magnetu sinhronais dzinējs	Atbilst	Atbilst	Atbilst	Daļēji	Neatbilst

2.6. Elektriskās slodzes

Daļējās izlādes statora tinuma izolācijā ātri noritoši (*fast-fronted*) pārejas procesi, ko izraisa palaišanas strāvas pārstrāvas, kā arī augstākās harmonikas energosistēmā var kopā veicināt elektrisko slodžu veidošanos un izolācijas bojāšanos. Ilgstoša šo faktoru tiešsaistes kontrole var tikt iekļauta visaptverošā kontroles metodoloģijā. Galvenās elektriskās slodzes, kas novērojamas ekspluatācijā esošām rotējošām mašīnām, ir īsi izklāstītas šajā sadaļā.

2.6.1. Daļējās izlādes process

Statora serdes pusvadītāju apvalku „degradēšanās”, neatbilstoši gala tinumi, vāja epoksīdu lietošana vakuuma spiediena piesūcināšanas procesā, kā arī trešās puses bojājumi ir tikai daži no DI procesa iemesliem rotējošās mašīnas statora tinumu izolācijas sistēmā. Šādi bojājumi izolācijas sistēmā var izraisīt ātri pārejošas pulsācijas, kas var tikt konstatētas uz mašīnas izvadiem vai uz kabeļa vietā, kur tam pievienots jaudas slēdzis (mašīnām ar barošanu caur kabeļiem). Laika gaitā DI process būs par iemeslu pilnīgai un galīgai izolācijas sabrukšanai, bieži rezultējoties kā pēkšņa mašīnas atteice. Ilgstoša tiešsaistes DI procesa kontrole ir visā visumā pieņemama kā visatbilstošākā metode rotora un statora tinumu izolācijas stāvokļa noteikšanā.

2.6.2. Kabeļu apvalku strāvas

Augstsprieguma kabeļiem ar vienu serdi spriegums, kas inducēts metāliskajā kabeļa apvalkā, var izraisīt strāvas plūsmu šajā apvalkā. Vājš savstarpējais savienojums starp kabeļa zemējumiem var izraisīt lielu strāvu cirkulāciju kabeļa apvalkā, un tam ir kaitīgs efekts attiecībā uz fāžu vadītāju strāvas caurlaides spēju. Labākais risinājums būtu jaunās strāvas caurlaides spējas noteikšana, izmantojot kabeļu ģometriju un apvalka strāvu mērījumus.

2.6.3. Jaudas kvalitāte

Jaudas kvalitāte ietver vairākus atšķirīgus elektrības patērēšanas un ģenerēšanas aspektus, iekļaujot sevī sprieguma stabilitāti, frekvenci, $\cos\phi$, kopējo augstāko harmoniku izkropojumu un fāžu balansēšanu. Šis uzskaitījums nenozīmē, ka jākontrolē visi šie parametri. Attiecībā uz statora tinumu izolāciju harmoniku sastāvs elektrotīkla jaudas līknēs var ietekmēt izolācijas novecošanos tā iemesla dēļ, ka palielinās I^2R zudumi. Harmoniku esamība turklāt var radīt arī mehāniska rakstura problēmas. Šo iemeslu dēļ harmoniku sastāvu nepieciešams kontrolēt pastāvīgi.

2.6.4. Strāvas raksturlīkņu analīze (SRA)

SRA tehniku pārsvarā izmanto, lai noteiktu bojājumus, kas saistīti ar dzinēja vai ģeneratora rotoru. Analizējot mašīnas strāvu atkarībā no frekvences, ir iespējams noteikt rotora problēmas esamību. Šī tehnika var tikt lietota trīs fāžu mašīnām un var tikt izmantota, lai noteiktu tādu bojājumus kā problēmas, kas saistītas ar rotora formu, gultņiem, kā arī salauztiem vai splaisājušiem rotora stieņiem.

2.7. Mehāniskās slodzes

Galvenās mehāniskās slodzes, kas AS mašīnas izolācijas sistēmai var radīt bojājumus, ir tās, ko rada īsslēguma strāvas, liels leņķiskais ātrums, svārstīgi magnētiskie spēki un regulāras rotora ātruma izmaiņas. Mehāniskās slodzes iekļauj sevī plaša spektra avotus, iekļaujot magnētiskos un centrālās spēkus, vibrācijas, ko izraisa gultņu nolietojšanās, pārspriegums un pārslodzes strāvas, taču vissmagākais slodzes veids ir ļoti lieli mehāniskie spēki, ko rada īsslēguma strāvas. Nepieciešams veikt kontroli vārpstas izliekuma konstatēšanai un rotora un citu stipri dilstošu komponentu nelīdzsvara noteikšanai.

3. Augstsprieguma elektrisko mašīnu montāža

Turpmāk tekstā aprakstīta AS asinhrono dzinēju montāža, taču vispārināti to var attiecināt uz jebkura veida rotējošo elektrisko mašīnu montāžu [3].

3.1. Drošības instruktāža

Personālam, kas ir iesaistīts darbā ar elektroinstalācijām, t. sk. pārvietošanas, pacelšanas, darbināšanas un apkopes darbos, jābūt labi informētam (arī ar jaunāko informāciju) par drošības standartiem un principiem, kas regulē darbu, un jāņem tie vērā. Pirms darbu uzsākšanas personai, kura kontrolē šos darbus, ir jāpārlicinās, ka šie darbi tiks pienācīgi izpildīti, un jābrīdina personāls par briesmām, kas varētu rasties darba laikā. Kvalificētam personālam jāzina, kā:

- novērst kontaktu ar strāvu vadošām ķēdēm vai rotējošām daļām;
- novērst aizsardzības pasākumu vai drošības līdzekļu „apiešanu” vai neoperatīvu skaidrošanu;
- novērst ilgstošu strādāšanu iekārtu ar augstu trokšņa līmeni tuvumā;
- piemērot vajadzīgo piesardzību un nepieciešamās procedūras celšanas, uzstādīšanas, darbināšanas un iekārtu apkopes procesā;
- konsekventi sekot visām instrukcijām un iekārtam līdzīgo esošajai dokumentācijai, veicot iepriekšējā punktā minētos darbus.

Pirms apkopes pasākumu uzsākšanas jāpārlicinās, ka visi barošanas avoti ir atslēgti no dzinēja un tā piederumiem, lai novērstu elektrisko triecienu.

3.2. Izpakošana

Pirms nosūtīšanas pasūtītājam dzinēji tiek rūpnieciski testēti un balansēti. Regulēšanas vietas, kā arī slīdošās virsmas tiek aizsargātas ar pretkorozijas materiāliem. Pieņemšanas laikā ieteicams pārbaudīt iepakojumus, lai atklātu jebkādas bojājumus, kas radušies transportēšanas laikā. Dzinēji tiek pārvadāti, izmantojot vārpstas bloķēšanas ierīci, lai novērstu jebkādas gultņu bojājumus. Ir ieteicams turēt šo ierīci novietnē, lai tā varētu tikt izmantota jebkādiem turpmākiem pārvadājumiem. Pie iepakojumu pacelšanas nepieciešams apzināt vietējo personālu, kas varētu būt atbilstošs šo darbu veikšanai, kā arī pārbaudīt iepakojuma svaru un celtna celtnes.

Dzinējiem, kas pārvadāti koka kastēs, vienmēr jābūt paceltiem aiz austiņskrūvēm vai izmantojot autoiekrāvējus, taču nekad aiz vārpstas. Kaste nedrīkst nekad tikt apgāzta otrādi. Šādu kastu pacelšana un nolaišana jāveic piesardzīgi, lai novērstu gultņu bojājumus. Pēc izpakošanas nepieciešams veikt arī vizuālu apskati. Nedrīkst noņemt aizsargsmērvielu no vārpstas gala, kā arī noņemt aizsargtapas no izvadu kārbas. Šim aizsardzības iekārtām jāpaliek savās vietās, kamēr uzstādīšana tiek pabeigta. Dzinējiem, kas nodrošināti ar vārpstas bloķēšanas iekārtām, šīs iekārtas demontē. Dzinējiem, kas nodrošināti ar lodīšu gultņiem, nepieciešams vairākas reizes manuāli veikt rotora rotāciju. Ja tiek atklāti bojājumi, nekavējoties jāsaazinās ar pārvadātāju un ražotāju.

3.3. Uzglabāšana

Gadījumā, kad dzinēji netiek nekavējoties izpakoti, iepakojumi jāuzglabā normālā augšupvērstā stāvoklī, sausā vietā, kas brīva no dubļiem, netīrumiem, gāzēm un korozīvas atmosfēras. Nevajag uz dzinēja iepakojuma vai pretī tam novietot citus objektus.

Dzinēji jāuzglabā vietā, kas brīva no vibrācijām ar nolūku novērst bojājumus gultņiem. Dzinējiem, kas aprīkoti ar telpas apsildi, šīm iekārtām jābūt ieslēgtā stāvoklī. Ja bojāts krāsojums, tas atkārtoti jāuzklāj, lai novērstu rūšēšanu. Tas pats jāpiemēro arī apstrādātajām virsmām, kad uz tām vairs nav aizsargsmērvielas.

Dzinējiem ar kontaktgredzeniem sukās jāpaceļ un jāizņem no to „kabatām”, lai novērstu oksidāciju starp kontaktiem un gredzeniem laikā, kad šie dzinēji tiek uzglabāti ilgāk par diviem mēnešiem. Piezīme: pirms dzinēja darbināšanas sukām jābūt novietotām atpakaļ savās „kabatās”.

3.3.1. Gultņi

Kad dzinējs tiek uzglabāts novietnē uz sešiem mēnešiem vai mazāk, nav nepieciešams pirms tā darbināšanas veikt pilnu gultņu inspekciju. Šajā sakarā nepieciešams reizi mēnesī veikt vārpstas rotāciju. Taču, ja dzinējs tiek turēts krājumā ilgāk nekā sešus mēnešus, gultņi pirms darbināšanas jāsmērē atkārtoti. No otras puses, ja dzinējs tiek glabāts novietnē aptuveni divus gadus vai vairāk, gultņi jāizjauc un jāmazgā ar ēteri, kā arī jāpārbauda. Visa vecā smērviela jānoņem. Pēc vēlreizējas salikšanas gultņi atkārtoti jāiesmērē.

3.3.2. Izolācijas pretestība

Gadījumā, ja dzinējs netiek uzreiz izmantots darbā, tam jānodrošina aizsardzība pret mitrumu, augstām temperatūrām un netīrumiem, tādā veidā novēršot izolācijas bojājumus. Tinumu izolācijas pretestība jāmēra pirms dzinēja darbināšanas. Ja apkārtējā vidē ir augsts mitruma līmenis, nepieciešama periodiska inspekcija uzglabāšanas laikā. Tā kā pretestība mainās atkarībā no izolācijas tipa, izmēra, nominālā sprieguma, izmantotā izolācijas materiāla stāvokļa, kā arī dzinēja konstrukcijas, ir grūti definēt noteikumus dzinēja aktuālajai izolācijas pretestības vērtībai. Nepieciešama liela pieredze, lai noteiktu dzinēja gatavību darbam. Periodiski pieraksti palīdzēs to noteikt.

Turpmākās vadlīnijas parāda aptuvenas izolācijas pretestības vērtības, kas var būt sagaidāmas no tīra un sausa dzinēja, ja apkārtējās vides temperatūra 40 °C un kad pārbaudes spriegums tiek piemērots uz vienu minūti. Minimālā izolācijas pretestība (megaomos 40 °C temperatūrā) ir nosakāma no formulas:

$$R_{\min} = U_n + 1, \quad (1.)$$

kur U_n – dzinēja nominālais spriegums, kV.

Ja tests tiek piemērots atšķirīgā temperatūrā, nepieciešams reducēt mērījumus uz 40 °C, izmantojot izolācijas pretestību izmaiņas likni atkarībā no temperatūras, ko dod pats dzinējs.

3.1. tabula

Atskaites vērtības izolācijas pretestībām elektriskajām mašīnām

Izolācijas pretestības vērtība, MΩ	Izolācijas līmenis
≤ 2	Slikts
< 50	Bīstams
50–100	Nelabvēlīgs
100–500	Labs
500–1000	Ļoti labs
< 1000	Teicams

3.4. Uztādīšana un tās mehāniskie aspekti

Dzinējiem jābūt uzstādītiem vietās, kur tiem var brīvi piekļūt pārbaudes un apkopes laikā. Ja apkārtējais gaiss satur mitras, korozīvas vai degošas substances vai daļiņas, nepieciešams nodrošināt adekvātu aizsardzības līmeni. Dzinēju uztādīšana apkārtējā

vidē, kurā ir tvaiki, gāzes vai putekļi, degošas vai viegli uzliesmojošas vielas, kas var izraisīt ugunsgrēku vai sprādzienu, jāveic saskaņā ar ABNT NBR, NEC Art. 500 (*National Electrical Code*) un UL-674 (*Underwriters Laboratories, Inc.*) standartiem. Dzinējiem, kas nodrošināti ar ārējo dzesēšanu, jābūt novietotiem vismaz 50 mm augstumā no zemes, lai nodrošinātu brīvu gaisa cirkulāciju.

3.4.1. Grīdas

Grīdām zem dzinējiem jābūt gludām un brīvām no vibrācijām. Šī iemesla dēļ tiek rekomendētas betona grīdas. Būvējamās grīdas tips būs atkarīgs no grunts rakstura uzstādīšanas vietā vai arī no grīdas nestspējas.

Projektējot grīdas dzinējiem, jāievēro, ka dzinējs pēkšņi var tikt pakļauts momentam, kas ir augstāks par nominālo. Ja šī projektēšana nav veikta korekti, var rasties ar vibrācijām saistītas problēmas grīdai, dzinējam vai piedzenamajai iekārtai.

3.1. attēls parāda spēkus uz dzinēja, kad tas darbojas pulksteņrādītāja kustības virzienā. Rotācijai, kas pretēja pulksteņrādītāja kustības virzienam, spēki ir pretēji. Balstoties uz 3.1 attēlu, spēki, kas darbojas uz pamatni, var tikt aprēķināti pēc formulām:

$$F_1 = 0,5mg + \frac{4C_{maks.}}{A}; \quad (2.)$$

$$F_2 = 0,5mg - \frac{4C_{maks.}}{A}, \quad (3.)$$

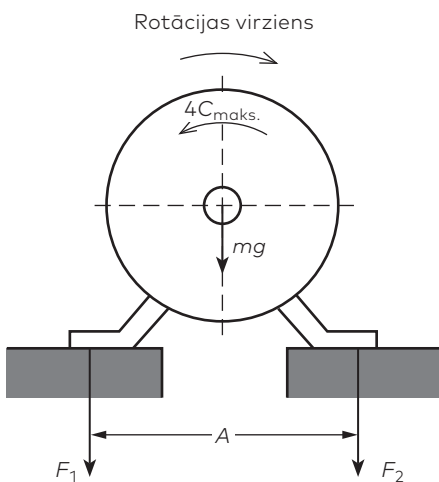
kur F_1 un F_2 – spēki, kas darbojas uz pamatu, N;

g – brīvās krišanas paātrinājums, $9,81 \text{ m/s}^2$;

m – dzinēja svars, kg;

$C_{maks.}$ – maksimālais moments, N m;

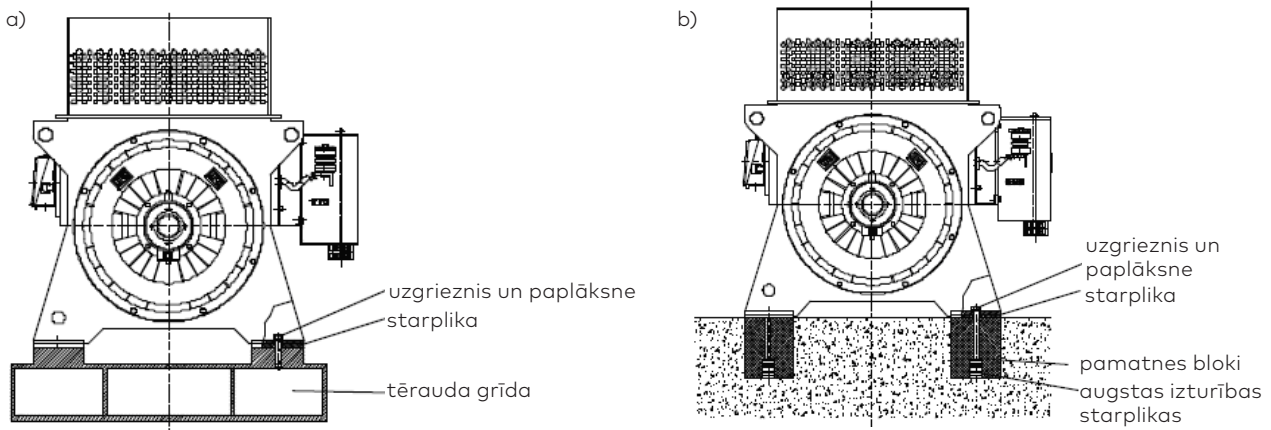
A – ģeometriskais parametrs, m.



3.1. att. Spēki, kas darbojas uz rotējošu elektrisko dzinēju.

Betona grīdā var tikt uzstādīti tērauda vai dzelzs bloki, kā arī plakanas virsmas bloki ar „enkura” iekārtām, lai koriģētu dzinēja pēdas, kā ir ieteikts 3.2. attēlā. Ir svarīgi, lai viss ekipējums būtu veidots tā, lai tas varētu pārnest jebkuru spēku vai momentu, kas var rasties darbības laikā.

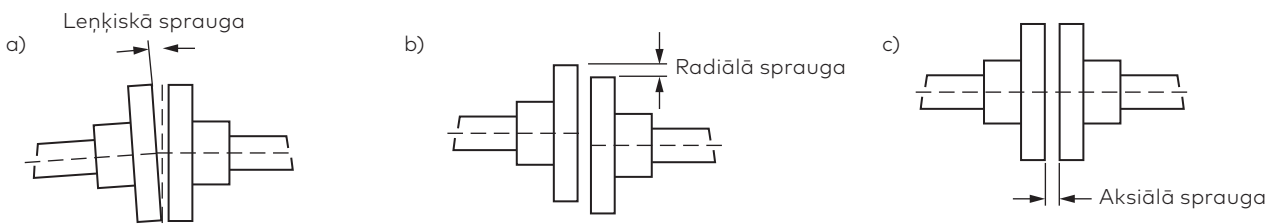
Piezīme: uz betona grīdas jābūt novietotai metāla plāksnei, lai atbalstītu līmeņošanas skrūvi.



3.2. att. Dzinēja stiprināšana pie tērauda (a) un betona (b) grīdas.

3.4.2. Balansēšana un līmeņošana

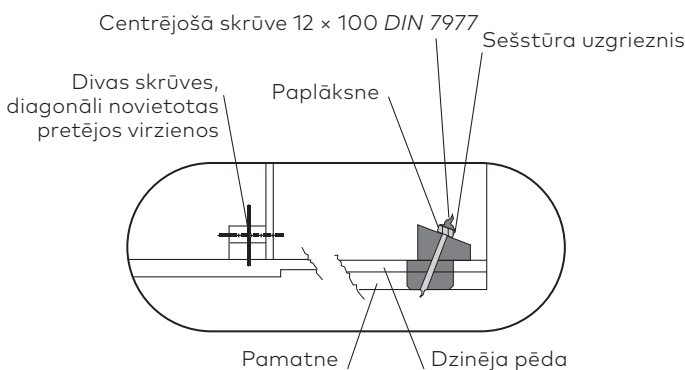
Dzinējam jābūt uzmanīgi nobalansētam ar piedzenamo iekārtu, it sevišķi tiešās saites gadījumā. Nekorekta balansēšana var izraisīt gultņu defektus, vibrācijas un pat vārpstas salūšanu. Labākais veids, kā nodrošināt pareizu balansēšanu, ir izmantot zvana indikatoru, kas novietots uz katras no savienojamām pusēm: viens nosaka radiālo novirzi un otrs – aksiālo. Ar šādā veidā veiktiem vienlaicīgiem nolasiņumiem var konstatēt jebkādas paralēlas (3.3. a att.) vai koncentriskas novirzes (3.3. b att.), griežot vārpstu. Zvana indikators nedrīkst pārsniegt 0,05 mm. Mērījumu atšķirības četros dažādos aploces punktos nedrīkst atšķirties ne vairāk kā par 0,03 mm.



3.3. att. Centrēšanas veids: leņķiskā centrēšana (a); radiālā centrēšana (b, c).

Balansēšanā un līmeņošana ir svarīgi ņemt vērā dzinēja un piedzenamā mehānisma virsmas temperatūru. Dažādi savienoto mašīnu izplešanās līmeņi var ietekmēt balansu dzinēja darbināšanas gaitā.

Kad dzinējs ir salāgots ar grīdu gan pazeminātas, gan paaugstinātas temperatūras apstākļos, dzinējam jātop pieskrūvētam, kā parādīts 3.4. attēlā.



3.4. att. Dzinēja stiprināšana pie pamatnes.

3.4.3. Savienojumi

a. Tiešie savienojumi.

Kad vien tas ir iespējams, ir ieteicams izmantot tiešos savienojumus to zemās cenas, mazāk nepieciešamās vietas, neesošās siksas slīdēšanas un mazāka negadījumu riska dēļ. Gadījumos, kad nepieciešama ātruma reducēšana, ir arī izplatīta tieša savienošana, izmantojot pārvadmehānismu. Piezīme: svarīgi ir uzmanīgi izlīdzināt vārpstu galus, izmantojot, ja iespējams, elastīgo sajūgu.

b. Savienojums, izmantojot pārvadmehānismu.

Slikti balansēti pārvadmehānismu savienojumi parasti izraisa saraustītas kustības, kas izraisa vibrācijas savienojumā un dzinējā. Taisna reduktora, kā arī pie atbilstoša leņķa koniskā pārnesuma un spirālveida pārnesuma gadījumā jāpievērš uzmanība vārpstas centrēšanai (tās taisnuma nodrošināšanai). Izcilu pārvadmehānismu savienošānu var pārbaudīt, ievietojot papīra sloksnīti, uz kuras paliek zobratu zobu nospiedumi pēc vienas rotācijas.

c. Siksas un skriemeļa savienojums.

Siksas pārvads visbiežāk tiek izmantots, kad nepieciešams ievērot redukcijas koeficientu.

3.2. tabula

Dzinēja aizsardzības sistēmu salīdzinājums

Pārkaršanas iemesli	Uz strāvu balstīta aizsardzība		Aizsardzība ar termisko zondi dzinējā
	Tikai drošinātājs	Drošinātājs un termiskā aizsardzība	
1. Pārslodze $1,2I_N$	Neaizsargāts	Pilnībā aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
2. Darba režīmi S1 līdz S8, EB 120	Neaizsargāts	Daļēji aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
3. Bremzēšana, reversēšana un darbība ar biežām palaišanām	Neaizsargāts	Daļēji aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
4. > 15 palaišanas stundā	Neaizsargāts	Daļēji aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
5. Īsslēgts rotors	Daļēji aizsargāts	Daļēji aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
6. Fāzes bojājums	Neaizsargāts	Daļēji aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
7. Paaugstinātas sprieguma svārstības	Neaizsargāts	Pilnībā aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
8. Barošanas avota frekvences svārstības	Neaizsargāts	Pilnībā aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
9. Paaugstināta apkārt. vid. temp.	Neaizsargāts	Pilnībā aizsargāts	Pilnībā aizsargāts
10. Ārējā silšana gultņu, siksnu, skriemeļu u. c. iemeslu dēļ	Neaizsargāts	Neaizsargāts	Pilnībā aizsargāts
11. Aizsprostota ventilācija	Neaizsargāts	Neaizsargāts	Pilnībā aizsargāts

4. Elektrisko mašīnu apkope

4.1. Tinumu pārbaudes

Katru gadu tinumiem jānodrošina pilnīga vizuālā pārbaude, reģistrējot un izlabojot jebkuru novēroto defektu vai bojājumu. Regulāri jāveic tinumu izolācijas pretestības mērījumi, it īpaši, kad ir mitri laikapstākļi, un pēc garākiem dzinēja bezdarbības periodiem. Jāpievērš uzmanība zemām vērtībām vai pēkšņām izmaiņām izolācijas pretestībā. Tinumu izolācijas pretestība var tikt paaugstināta līdz nepieciešamajam līmenim vietās, kur tā ir zema (pārmērīgas netīrumu un mitruma klātbūtnes rezultātā), notīrot netīrumus un nosusinot mitrumu.

4.2. Tinumu tīrīšana

Lai iegūtu vēl apmierinošāku dzinēja darbību un garāku izolēto tinumu kalpošanas laiku, tiek rekomendēts tos turēt tīrus no gružiem, eļļas, metāla gružiem, sārņiem u. tml. Tāpēc ir nepieciešama tinumu regulāra apsekošana, ņemot vērā apkopes plāna rekomendācijas. Tinumus var tīrīt ar industriālo putekļu sūcēju vai ar mitru drēbi. Sarežģītākiem gadījumiem var nākties izmantot atbilstošu šķīdinātāju. Tinumu tīrīšanu ar šķīdinātāju neveikt tinumu taisnajām daļām, jo tas var sabojāt aizsardzību pret koroziju.

Pēc tinumu kārtīgas notīrīšanas:

- jāpārbauda tinumu un savienojumu izolācija;
- jāpārbauda, vai starpelementi, sastiprinājumi, riervu ķīļi, bandāžas un stiprinājumi ir atbilstoši nofiksēti;
- jāpārbauda, vai nav lūzumi īsslēgtajos tinumos un savienojumos starp vijumiem un pret korpusu;
- jāpārlicinās, ka visi kabeļi ir atbilstoši savienoti un izvadus fiksējošās komponentes ir pienācīgi pievilktas (ja nepieciešams, jāpievelk). Ja nepieciešama atkārtota piesūcināšana, konsultējieties ar ražotāju.

Pēc apkopes darbu pabeigšanas un pirms dzinēja laišanas atpakaļ darbībā, jāizmēra tinumu izolācijas pretestība un jāpārlicinās, ka izmērītās vērtības atbilst specifikācijām.

4.3. Dzesēšanas sistēmas apkope

Gaisa siltummaiņa caurulītes jātur tīras un nenosprostotas, lai nodrošinātu izcilu siltuma apmaiņu. Lai aizvadītu netīrumus, kas uzkrājušies caurulītēs, var izmantot stieni ar apaļu birsti tā galā. Gaisa-ūdens siltummaiņa gadījuma nepieciešama periodiska radiatora cauruļu tīrīšana.

4.4. Radiatora apkope

Lai nomainītu radiatoru tā apkopes veikšanai:

- 1) pēc ventilācijas apturēšanas jānoslēdz visi ūdens ieplūšanas un izplūšanas pievadi;
- 2) jāveic ūdens drenāža caur radiatora drenāžas atverēm;
- 3) jānoņem uzgaļi, atstājot skrūves, paplāksni, uznavas u. tml. drošā vietā;
- 4) uzmanīgi jāiztīra cauruļu iekšiene ar neilona birstēm ar mērķi aizvākt atliekas. Ja tīrīšanas laika radiatorā tiek atklāti bojājumi, tie jānovērš;
- 5) jāsaliek kopā uzgaļi un, ja nepieciešams, nomaina paplāksnes.

4.5. Citas apkopes

Pie citām apkopēm pieskaitāmas atsevišķu mašīnas mezglu apkopes, piemēram:

- pretreversijas sprūdrata apkope: jāpievērš uzmanība sprūdrata zobu un tapu nolietojumam;
- slīdgredzenu apkope: tie jāuztur tīri un gludi, to tīrīšana jāveic reizi mēnesī;

- suku un sukturu apkope: sukturiem jāatrodas radiāli pret slīdgredzeniem ne vairāk kā 4 mm attālumā no tiem, izsargājoties no pārrāvumiem un suku bojājumiem. Sukas jāpārbauda reizi nedēļā, lai pārbaudītu to brīvu pārvietošanos sukturī. Nolietautas suku ir jānomaina. Gadījumā, ja suku tiek nomainītas, tās jānomaina pret atbilstošām. Nedrīkst jaukt dažāda veida suku. Ja dzinējam paredzēta rotācija tikai vienā virzienā, arī sukām jābūt tāpat. Sukām jānodrošina vienmērīgs spiediens uz slīdgredzeniem. Visām mašīnas sukām jābūt ar aptuveni vienādu spiedienu ($\pm 10\%$ robežās) attiecībā pret slīdgredzeniem. Atspere, kas nodrošina pazeminātu spiedienu, ir jānomaina. Rūpnīcā suku ir pielāgotas dzinēja darbībai nominālā režīmā, ja dzinējs darbojas citā darba režīmā, nepieciešams pielāgot suku šim režīmam;
- vārpstas zemēšanas iekārta un tās apkope: šī iekārta nodrošina aizsardzību pret strāvām dzinēja gultņos. Šajā iekārtā ietilpst suka, kas saskaras ar vārpstu. Iekārta ir sazēmēta (caur korpusu), līdz ar to parazitiskās strāvas tiek aizvadītas projām no mašīnas. Lai nodrošinātu šīs iekārtas darbību, nedrīkst būt nekādu lietu vai vielu starp to un vārpstu. Šai iekārtai līdzīgi kā suku mezglam ir jāveic periodiskas apskates un, kad suka nolietojusies, tā jānomaina.

5. Elektrisko mašīnu atteices un to iemesli

AS asinhronajiem dzinējiem

Atteices veids	Iespējamais iemesls	Veicamie pasākumi
Dzinēju nav iespējams iedarbināt	<ul style="list-style-type: none"> ○ vismaz divi barošanas izvadi ir bojāti, nav sprieguma padeves; ○ rotors ir bloķēts; ○ suku problēmas; ○ gultņi ir bojāti 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārbaudīt vadības paneli, slēdži, drošinātājus, barošanas vadītāju izvadus, izvadu kārbas izvadus un suku stāvokli; ○ sukas ir nolietotas vai uzstādītas nepareizi; ○ nomainīt gultni
Slogots dzinējs sāk darboties ļoti lēnām un nesasniedz nominālo ātrumu. Dzinējs tiek palaists tukšgaitā, bet, pieslēdzot slodzi, notiek atteice	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārāk liela slodze palaišanas brīdī; ○ barošanas spriegums pārāk zems; ○ pārāk liels sprieguma kritums uz barošanas vadītājiem; ○ bojāti vai pārtraukti rotora stieņi; ○ viens no barošanas vadītājiem palicis pārtraukts pēc palaišanas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ neslogot mašīnu palaišanas brīdī; ○ veikt barošanas sprieguma kontroli; ○ pārbaudīt barošanas vadītāju šķērsriezumu; ○ pārbaudīt un salabot īsslēgto rotora tinumu, kā arī slīdkontaktu sistēmu; ○ pārbaudīt barošanas vadītājus
Statora strāva mainās ar dubultu slīdes frekvenci. Palaišanas laikā var dzirdēt dūkšanu	<ul style="list-style-type: none"> ○ rotora tinums ir pārtraukts; ○ problēmas suku mezglā 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārbaudīt un salabot rotora tinumu un slīdkontaktu sistēmu; ○ notīrīt, pārstatīt vai nomainīt sukas
Pārāk liela tukšgaitas strāva	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārāk liela barošanas strāva 	<ul style="list-style-type: none"> ○ izmērīt barošanas strāvu un iestatīt to nepieciešamajā līmenī
Strauja statora pārkaršana, darbības laikā dzirdama dūkoņa	<ul style="list-style-type: none"> ○ paralēli vai fāzē savienotie tinumi ir bojāti 	<ul style="list-style-type: none"> ○ izmērīt pretestību visām tinuma fāzēm; ○ statora serdi aizstāt ar tinumu
Sakarstošas vietas statora tinumā	<ul style="list-style-type: none"> ○ īsslēgums starp vijumiem; ○ paralēli vai fāzē slēgtu statora tinuma vadītāju pārtraukums; ○ vājš savienojums 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārtīt dzinēju; ○ atjaunot savienojumus
Sakarstošas vietas rotorā	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārtraukums rotora tinumā 	<ul style="list-style-type: none"> ○ salabot vai nomainīt rotora tinumu
Netipiski trokšņi dzinējam, kas savienots ar slodzi	<ul style="list-style-type: none"> ○ mehāniskas dabas problēmas; ○ elektriskas dabas problēmas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ parasti troksnis samazinās līdz ar ātrumu; ○ troksnis pazūd, kad dzinējs tiek ieslēgts; ○ sazināties ar ražotāju

Atteices veids	Iespējamais iemesls	Veicamie pasākumi
Troksnis, kad sajūgts, bez trokšņa, kad nav sajūgts	<ul style="list-style-type: none"> ○ bojājums piedziņas elementos vai piedzenamajā mašīnā; ○ bojājums pārvadā; ○ savienojuma problēma; ○ grīda ir iegrimusi; ○ nepietiekama balansēšana piedziņas elementos vai piedzenamajā mašīnā; ○ barošanas spriegums pārāk augsts; ○ nav pareizs rotācijas virziens 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārbaudīt jaudas pārvadi, savienojumu un centrējumu; ○ nolīdzsvarot piedziņu, pārbaudīt pārnesumu pozīciju; ○ centrēt dzinēju un piedzenamo mašīnu; ○ salabot grīdu; ○ pārbaudīt barošanas spriegumu un tukšgaitas strāvu; ○ apmainīt vietām divas fāzes; ○ veikt sistēmas atkārtotu balansēšanu
Statora tinuma pārkaršana slodzes režīmā	<ul style="list-style-type: none"> ○ vāja dzesēšana netīru gaisa cauruļu dēļ; ○ pārāk liela slodze; ○ pārmērīgs palaišanas reižu skaits vai arī pārāk liela inerce; ○ pārāk augsts spriegums un līdz ar to pārāk augsti zudumi tēraudā; ○ viens no barošanas vadītājiem ir pārtraukts vai viena no tinuma fāzēm ir pārtraukta; ○ rotors berzējas pret statoru; ○ darba režīms neatbilst informācijai dzinēja pasē; ○ elektriskā slodze nav balansēta (pārdedzis drošinātājs, nepareiza kontrole); ○ netīri tinumi; ○ bloķēta dzesēšanas sistēma; ○ netīrs filtrs; ○ griešanās virziens nav adekvāts lietotajam ventilatoram 	<ul style="list-style-type: none"> ○ iztīrīt dzesēšanas sistēmas gaisa caurules; ○ veikt sprieguma mērījumus, samazināt slodzi, izmantot lielāku dzinēju; ○ samazināt palaišanu skaitu; ○ nepārsniegt 110 % robežu no nominālā sprieguma, ja vien pasēs datos nav norādīts citādāk; ○ pārbaudīt sprieguma padevi un sprieguma kritumu; ○ pārbaudīt visu fāžu strāvas un veikt korekcijas; ○ pārbaudīt gaisa spraugu, darba apstākļus, gultņus, vibrācijas; ○ nodrošināt darba režīmu, kas norādīts pasē, vai samazināt slodzi; ○ pārbaudīt, vai eksistē nelīdzsvara spriegumi un vai gadījumā nedarbojas tikai divas fāzes; ○ veikt tīrīšanas darbus; ○ iztīrīt filtra cauruli; ○ izpētīt ventilatora un dzinēja rotācijas virziena saderību

Atteices veids	Iespējamais iemesls	Veicamie pasākumi
Trokšņaina darbība atvienotā režīmā	<ul style="list-style-type: none"> ○ nelīdzsvars; ○ viena no statora tinuma fāzēm ir pārtraukta; ○ svešķermeņi gaisa spraugā; ○ stiprinājumu skrūves ir vaļīgas; ○ rotora nelīdzsvars palielinās pēc piedziņas sistēmas salikšanas; ○ nenobalansēts rotors; ○ grīdas rezonanse; ○ dzinēja korpuss ir deformēts; ○ izliekta vārpsta; ○ nevienmērīga gaisa sprauga 	<ul style="list-style-type: none"> ○ trokšņaina darbība turpinās apstādināšanas procesa laikā pēc sprieguma atslēgšanas. Atkārtoti veikt rotora balansēšanu; ○ pārbaudīt pievadīto strāvu visiem barojošajiem vadītājiem; ○ aizvākt netīrumus un iztīrīt gaisa spraugu; ○ pievilkt un bloķēt skrūves; ○ pārbaudīt balansu; ○ izlīdzināt grīdu; ○ pārbaudīt centrējumu; ○ vārpsta var būt izliekta. Pārbaudīt rotora balansu un nevienmērīgumu; ○ pārbaudīt, vai vārpsta nav saliekta un vai nav bojāti gultņi
Dzinējs ar fāžu rotoru darbojas ar zemu ātrumu bez ārēji pieslēgtas pretestības	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārtraukta rotora ķēde; ○ netīrumi starp suku un slīdgredzenu; ○ nepareizs spiediens uz sukām; ○ nelīdzena virsma slīdgredzēniem; ○ ekscentriski gredzeni; ○ augsts strāvas blīvums uz sukām; ○ nepareizi uzstādītas sukas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ uzstādīt smagākus vadītājus kontroles ķēdē; ○ kontroli pārvietot tuvāk dzinējam; ○ pārbaudīt ķēdi ar magneto vai citiem līdzekļiem un veikt nepieciešamos remontdarbus; ○ iztīrīt slīdgredzenus un to izolāciju; ○ izvēlēties pareiza izmēra sukas; ○ notīrīt, noslīpēt un nopolēt; ○ apstrādāt sukas uz virpas vai ar pārnēsājamu instrumentu, bez demontāžas; ○ samazināt slodzi vai nomainīt sukas; ○ uzmanīgi atkārtoti uzstādīt sukas
Suku dzirksteļošana	<ul style="list-style-type: none"> ○ vāji uzstādītas sukas ar neatbilstošu spiedienu; ○ pārslodze; ○ slīdgredzeni sliktā stāvoklī; ○ ovāli slīdgredzeni; ○ pārāk lielas vibrācijas, rupjas virsmas un saskrābāti gredzeni; ○ maza slodze, kas izraisa slīdgredzenu bojāšanos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārbaudīt suku ievietošanu, pielāgot nepieciešamajam spiedienam; ○ samazināt slodzi vai uzstādīt jaudīgāku dzinēju; ○ notīrīt slīdgredzenus un atkārtoti ievietot sukas; ○ nopolēt slīdgredzenus un apstrādāt tos uz virpas; ○ veikt rotora balansēšanu, pārbaudīt, vai sukām ir brīvķaitas iespēja turētājā; ○ noskaidrot vibrāciju cēloni un izlabot to; ○ pielāgot sukas aktuālajai slodzei un noslīpēt slīdgredzenus

Gultņu atteices un atteices darba laikā

Atteices veids	Iespējamais iemesls	Veicamie pasākumi
Motora rūkšana darba laikā	<ul style="list-style-type: none"> ○ bojāti gultņi 	<ul style="list-style-type: none"> ○ nomainīt gultni
Trokšņains gultnis, bojājumi gultņa konstrukcijā	<ul style="list-style-type: none"> ○ gultnis tika šķībi uzstādīts 	<ul style="list-style-type: none"> ○ nocentrēt gultni un izvīrpot gultņa sēžu
Liels gultņa troksnis un liela gultņa pārkaršana	<ul style="list-style-type: none"> ○ īsslēgtā stieņveida tinuma korozija, sīku daļiņu esamība smērvielā, darbināšanas atteice neatbilstošas smērvielas dēļ vai neatbilstoša tīrīšana 	<ul style="list-style-type: none"> ○ notīrīt un nomainīt smērvielu atkarībā no specifiskajām; ○ nomainīt gultni
Gultņu pārkaršana	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārmērīgs smērvielas daudzums; ○ pārmērīgs aksiālais vai radiālais siksnas nostiepums; ○ izliekta vārpsta; ○ smērvielas trūkums; ○ biezināta smērvielas izraisīta lodīšu bloķēšanās; ○ svešķermeņi smērvielā 	<ul style="list-style-type: none"> ○ noņemt lieko smērvielu un darbināt dzinēju, kamēr liekā smērvielas ir noņemta; ○ samazināt siksnas nospiegumu; ○ iztaisnot vārpstu un pārbaudīt rotora balansu; ○ pievienot smērvielu gultņiem; ○ nomainīt gultni; ○ izņemt apvalku un smērvielu, ievietot citu (atbilstošu) smērvielas porciju
Tumši plankumi lodīšu aptveres vienā pusē, kas var izraisīt iedobumus	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārmērīgs aksiālais spēks 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārbaudīt sajūga un piedzenamās iekārtas savienojumu
Tumšas līnijas uz lodīšu aptveres vai tuvu esošas šķērsas iedobes	<ul style="list-style-type: none"> ○ caur gultņiem plūst strāva 	<ul style="list-style-type: none"> ○ notīrīt un nomainīt gultņu izolāciju
Iedobumi lodīšu aptverēs un padziļinājumi cilindrisko elementu daļās	<ul style="list-style-type: none"> ○ arējas vibrācijas, galvenokārt, kad rotors ir apturēts uz ilgu laiku; ○ nepietiekama apkope uzglabāšanas laikā 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ja dzinējs ir apturēts uz ilgāku laiku, laiku pa laikam pagrieziet vārpstu citā pozīcijā. Tas galvenokārt ir nepieciešams rezerves dzinējiem

AS sinhronajiem ģeneratoriem [4]

Ģeneratoru nevar ierosināt

Atteices veids	Veicamie pasākumi
Ierosmes slēdzis (ja ir) nedarbojas. Pārtraukums paligtinuma ķēdē	<ul style="list-style-type: none"> ○ pārbaudīt slēdzi; ○ pārbaudīt palīgierosinātāja spaiļu savienojumu blokā, kas aiziet uz regulatora savienojumu bloku
Pārāk zems paliekošais spriegums	<ul style="list-style-type: none"> ○ piemērot ārējo ierosināšanu ar 12–20 V DC bateriju līdz sākas ierosināšana; ○ negatīvs pols pie K; ○ vienmēr atslēdziet regulatora spaiļes, lai izsargātos no jebkāda bojājuma; ○ pozitīvs pols pie I. <p>Uzmanību. Izmantojot bateriju, to nevajag zemēt</p>
Rotācijas ātrums nav atbilstošs	○ izmērīt ātrumus, pēc tam veicot jaunu ieregulēšanu
Pārtraukums galvenajā ierosmes ķēdē	○ veikt mērījumus rotējošās diodēs, nomainīt visas bojātās diodes vai pat visu komplektu
Bojāts relejs vai cita regulatora daļa	○ nomainīt sprieguma regulatoru
Ārējā sprieguma pielāgojošais potenciometrs ir salauzts vai pārtraukts kontakts	○ pārbaudīt izvadu, kā arī potenciometra savienojumu
Aizsardzības varistora atteice	○ ja bojāts, nomainīt; ja nomaināmās daļas nav pieejamas, uz laiku to demontēt

Ģenerators neierosinās līdz nominālajam spriegumam

Atteices veids	Veicamie pasākumi
Bojāts rotējošais taisngriezis	○ veikt mērījumus katrā no diodēm, nomainīt bojātās diodes vai pat visu komplektu
Rotācijas ātrums nav atbilstošs	○ izmērīt ātrumu un pielāgot to
Ieregulējums ir zem nominālā	○ pielāgot potenciometru
Regulatora barojošais spriegums nav atbilstošs nepieciešamajam izejas spriegumam	○ pārbaudīt, vai savienojumi atbilst sprieguma regulatora instrukcijai

Tukšgaitā ģenerators ierosinās līdz nominālajam spriegumam, taču tas samazinās, kad tiek pievienota slodze

Atteices veids	Veicamie pasākumi
Bojātas rotējošās diodes	○ veikt mērījumus katrā no diodēm, nomainīt bojātās diodes vai pat visu komplektu
Ievērojams sprieguma samazinājums	○ veikt piedzenamās mašīnas pārslēgta kontroli

Tukšgaitā ģenerators ierosinās ar paaugstinātu spriegumu

Atteices veids	Veicamie pasākumi
Bojāts spēka tiristors. Bojāts regulatoru barojošais transformators	<input type="radio"/> nomainīt regulatoru
Regulatora barojošais spriegums nesaskan ar nepieciešamo izejas spriegumu	<input type="radio"/> atkārtoti izveidot savienojumus; <input type="radio"/> pārbaudīt sprieguma regulatora rokasgrāmatu

Ģenerators sprieguma svārstības

Atteices veids	Veicamie pasākumi
Nepareizi ieregulēta stabilitāte	<input type="radio"/> pielāgot regulatora stabilitāti
Ātruma izmaiņas piedzenamajā mašīnā	<input type="radio"/> biežās svārstības rodas piedzenamajā mašīnā, tās jānovērš

Literatūra

1. L. Renforth, D. Clark, R. Mackinlay, S. Goodfellow, R Shuttleworth un W. Waugh. *A New Technique for 'holistic' monitoring of high voltagerotating machines, combining thermal, electrical, ambient and mechanical (TEAM)*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.escholar.manchester.ac.uk/api/datastream?publicationPid=uk-ac-man-scw:199263&datastreamId=FULL-TEXT>. PDF [Skatīts 2018. g. 11. jūlijā].
2. WEG. Low and high voltage three phase induction motors. M line – Slip ring rotor – Vertical. Installation, Operation and Maintenance Manual. Revision: 8, 2017. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-low-and-high-voltage-three-phase-slip-ring-rotor-vertical-11734748-manual-english.pdf> [Skatīts 2018. g. 11. jūlijā].
3. ABB. *BU Machines, Каталог Высоковольтные асинхронные двигатели IEC*. EN 04-2007. [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/18_asin.pdf [Skatīts 2018. g. 11. jūlijā].
4. WEG. *Installation and maintenance manual. Synchronous generators S line*. 2003. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-install-and-maint.-manual-synchronous-generators-s-line-br9300.0018-brochure-english.pdf> [Skatīts 2018. g. 11. jūlijā].
5. LVS EN 60034-12:2017. *Rotējošas elektromašīnas. 12. daļa: Īsslēgta rotora vienātruma trīsfāžu asinhronzinēju palaišanas veiktspēja (IEC 60034-12:2016)*.
6. LVS EN 60034-30-1:2015. *Rotējošas elektromašīnas. 30-1. daļa: No tīkla darbināmu maiņstrāvas motoru efektivitātes klases (IE kods) (IEC 60034-30-1:2014)*.
7. L. Ribickis un J. Valeinis. *Elektriskā piedziņa mehatronikas sistēmās*. Rīga, RTU Izdevniecība, 2008. 286 lpp.

Apkopes plāns uzglabāšanas laikā [3]

Pasākums	Ikmēneša	Reizi 2 mēnešos	Reizi 6 mēnešos	Reizi 2 gados	Pirms palaišanas	Piezīmes
UZGLABĀŠANAS VIETA						
Novērtēt tīrības līmeni		✓			✓	
Novērtēt mitrumu un temperatūru		✓				
Novērtēt insektu invāzijas pazīmes		✓				
IEPAKOJUMS						
Pārbaudīt iespējamo bojājumu esamību			✓			
Pārbaudīt relatīvo iekšējo mitrumu		✓				
Nomainīt žāvēšanas aģentus (ja tādi ir)			✓			Kad nepieciešams
SILDĪTĀJS						
Pārbaudīt darba apstākļus	✓					
Veikt ķēdes sprieguma un strāvas mērījumus	✓					
Pārbaudīt signalizējošās sistēmas funkcionalitāti			✓			
DZINĒJS KOPUMĀ						
Veikt ārpusē tīrīšanu			✓		✓	
Novērtēt krāsojuma kvalitāti			✓			
Pārbaudīt pretrūsas vielas stāvokli uz atklātām, apstrādātām virsmām			✓			
Atkārtoti uzlikt pretrūsas vielu			✓			
Pārbaudīt gumijas plombas un blīves			✓			
Pabeigt iepriekš paredzēto apkopi						
TINUMI						
Izmērīt tinumu temperatūru		✓			✓	
Izmērīt izolācijas pretestību		✓			✓	
Izmērīt polarizācijas indeksu		✓			✓	
IZVADU KĀRBA UN ZEMĒŠANAS SPAILES						
Iztīrīt izvadu kārbas iekšpusi				✓	✓	
Novērtēt plombu un blīvju stāvokli				✓	✓	
RITGULTŅI AR SMĒRVIELU VAI EĻĻU						
Veikt vārpstas rotāciju		✓				
Veikt atkārtotu eļļošanu (smērvielas uzlikšanu)					✓	
Gultņa izjaukšana un tīrīšana						Ja uzglabāšanas laiks pārsniedz 2 gadus

Pasākums	Ikmēneša	Reizi 2 mēnešos	Reizi 6 mēnešos	Reizi 2 gados	Pirms palašanas	Piezīmes
NEDALĀMAIS GULTNIS						
Veikt vārpstas rotāciju		✓				Vismaz 10 pilni apgriezieni pie 30 min ⁻¹
Uzlikt pretkorozijas vielu			✓			
Notīrīt gultņus					✓	
Nomainīt eļļu						Ja uzglabāšanas laiks pārsniedz 2 gadus
SUKAS						
Pacelt sukas						Uzglabāšanas laikā
Nolaist sukas un pārbaudīt to kontaktu ar slīdgredzeniem					✓	

Apkopes plāns [3]

(Uzmanību! Šim apkopes plānam ir tikai ražotāja rekomendējošs raksturs)

Pasākums	Iknedējas	Ikmēneša	Reizi 3 mēnešos	Reizi 6 mēnešos	Reizi gadā	Reizi 3 gados	Piezīmes
STATORS							
Statora vizuālais novērtējums					✓		
Tīrības kontrole					✓		
Rievu ķīļu apsekošana						✓	
Statora izvadu stiprinājumu pārbaude					✓		
Tinumu izolācijas pretestības mērījumi					✓		
ROTORŠ							
Vizuālais novērtējums					✓		
Tīrības kontrole					✓		
Vārpstas apsekošana (nolietojums, nosēdumi)						✓	
GULTŅI							
Trokšņa, vibrāciju, eļļas plūsmas, noplūdes un temperatūras kontrole	✓						
Smērvielas kvalitātes kontrole					✓		
Gultņu čaulas un nedalāmā gultņa apsekošana						✓	
Smērvielas nomaiņa							Atkarībā no laika posma, kas norādīts dzinēja pasē
GAISA-ŪDENS SILTUMMAINIS							
Radiatoru apsekošana					✓		
Radiatoru tīrīšana					✓		
Radiatoru „upurējošo” anodu (ja tādi ir) stāvokļa pārbaude		✓					Palielināt pārbažu biežumu korozijas palielināšanās gadījumā
Radiatora galviņu blīvju nomaiņa					✓		
GAISS-GAISS SILTUMMAINIS							
Ventilācijas izvadu tīrīšana					✓		
Ventilācijas apsekošana					✓		
SUKAS, SUKTURI UN SLĪDGREDZENI							
Suku nodalījuma apsekošana un tīrīšana	✓						

Pasākums	Iknedējas	Ikmēneša	Reizi 3 mēnešos	Reizi 6 mēnešos	Reizi gadā	Reizi 3 gados	Piezīmes
Slīdgredzenu kontaktlaukumu verifikācija			✓				
Suku nolietojuma un to iespējamās nomaiņas verifikācija		✓					
Suku pacelšanas sistēmas (ja tāda ir) apsekošana							
GAISA FILTRS							
Apsekošana, tīrīšana un, ja nepieciešams, nomaiņa							Ik 2 mēnešus
AIZSARDZĪBAS UN KONTROLES EKIPĒJUMS							
Parametru pierakstīšana	✓						
Darbības pārbaude					✓		
Izjaukšana un darbības pārbaude						✓	
SAVIENOJUMI							
Centrēšanas procesa novērtējums					✓		Pārbaudīt pēc pirmās darbības nedēļas
Stiprinājumu novērtējums					✓		
Pretreversijas sprūdrata (ja tāds ir) novērtējums					✓		
DZINĒJS KOPUMĀ							
Trokšņu un vibrāciju novērtējums	✓						
Kondensāta aizvadīšana			✓				
Skrūvju atkārtota savilkšana					✓		
Izvadu kārbu tīrīšana					✓		
Elektrisko un zemējuma kontaktu atkārtota savilkšana					✓		