

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

Arvydas Valys

**ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ENERGETINIO
EFEKTYVUMO TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Šiauliai, 2012

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

**ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ENERGETINIO
EFEKTYVUMO TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Autorius – Arvydas Valys (EM-10 gr.)

Vadovas – lektorius dr. Arūnas Grigaitis

Recenzentas – Doc.dr. Gediminas Valiulis

Katedros vedėjas – Doc.dr. Gediminas Valiulis

Šiauliai, 2012

TURINYS

SANTRAUKA	4
SUMMARY	5
LENTELIŲ SĄRAŠAS	6
ĮVADAS	7
1. ANALITINĖ DALIS	9
1.1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.2. OŽINIO KRANO ELEKTROS PAVAROS IR JŲ VALDYMO BŪDAI	11
1.2.1 <i>Esamo ožinio krano elektros pavarų elementai</i>	11
1.2.3. <i>Modernizuoto krano elektros pavarų elementai</i>	15
1.3. REKUPERATORINIO STABDYMO ĮRANGA	19
2. TIRIAMOJI DALIS	23
2.1 ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ELEKTROS PAVARŲ DARBAS	23
2.2. IŠMATUOTOS IR APSKAIČIUOTOS ESAMO KRANO ELEKTROS ENERGIJOS SĄNAUDOS	24
2.3. REKUPERUOJAMOS ELEKTROS ENERGIJOS Į TINKLĄ SKAIČIAVIMAS	26
2.3. MODERNIZUOTO ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ELEKTROS ĮRANGA	29
2.4. ESAMO IR MODERNIZUOTO KRANŲ PATIKIMUMAS.....	32
2.5. ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ENERGETINIO EFEKTYVUMO VERTINIMAS	44
2.6. GALIMI KRANO PRASTOVOS NUOSTOLIAI	47
IŠVADOS	49
LITERATŪROS SĄRAŠAS	49
PRIEDAI	52

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Arvydas Valys. ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ENERGETINIO EFEKTYVUMO
TYRIMAS. Magistro baigiamasis darbas/ vadovas lektorius dr. Arūnas Grigaitis.

SANTRAUKA

Šio baigiamojo darbo tikslas – ištirti, kaip pasikeistų esamo elektrinio ožinio kranų energetinis efektyvumas, atnaujinus jį, panaudojant šiuolaikinius elementus ir pavarų valdymo technologijas.

Tiriamąjį darbo analitinėje dalyje buvo išnagrinėtas ožinis kranas, jo paskirtis ir konstrukcija. Aptarti esami pagrindiniai elektros energijos vartotojai, jų darbo režimai ir charakteristikos. Aprašyti šiuolaikiniai pavarų valdymo būdai, naudojami kėlimo įrenginiuose.

Projektinėje baigiamojo darbo dalyje numatyta ir parinkta nauja pavarų valdymo aparatūra. Išmatuotos esamo kranų įrenginių darbo ciklų laikas ir elektros energijos sąnaudos. Išanalizuota ir parinkta įranga rekuperaciniam stabdymui. Apskaičiuota esamo bei modernizuoto ožinio kranų teorinė patikimumo, bei gedimų tikimybė. Apskaičiuoti galimi prastovos nuostoliai ir apytikslė modernizacijos kaina. Atliktas esamo ir modernizuoto elektrinių ožinių kranų energetinių efektyvumų įvertinimas.

Darbą sudaro 2 dalys.

Darbo apimtis – 51 p. teksto be priedų, 20 pav., 19 lent.

Prieduose pateikti brėžiniai.

ŠIAULIŲ UNIVERSITY
FACULTY OF TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

Arvydas Valys. INVESTIGATION OF GANTRY CRANE ENERGY EFFICIENCY. Master final work/ research advisor Assoc. lektorius dr. Arūnas Grigaitis.

SUMMARY

The goal of the final paper is to investigate how energy efficiency in the existing electric gantry crane changes after upgrading it, using modern elements and gear control techniques.

In the analytical part of the research work I examine the gantry crane, its purpose and design. Discuss the current main consumers of electricity, their operating conditions and characteristics. Describe modern gear control techniques used in lifting devices.

In the design part of the final work new drive control apparatus is provided and selected. Existing crane equipment operating cycles, time and energy consumption are measured. Equipment for recuperation braking is analyzed and selected. Current and upgraded gantry crane theoretical reliability, and fault probability are calculated. Potential downtime losses and approximate cost of modernization are calculated. Current and upgraded gantry cranes energy efficiency rating is performed.

The work consists of 2 parts.

Work size - 51 p. without appendixes, 20 fig., 19 tables.

Contain the drawings.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1. lentelė. Esamo ožinio kranos elektros varikliai.....	13
1.2. lentelė. Pavarų greičio reguliavimo rezistorių sunaudota galia.....	14
1.3. lentelė. Pavarų greičio reguliavimo rezistoriai.....	14
2.1 lentelė. Kranos elektros pavarų darbas.....	23
2.2 lentelė. Išmatuota suvartota elektros energija.....	25
2.3 lentelė. Rekuperuojama elektros energija į tinklą.....	28
2.4 lentelė. Esami kranos elektros el. varikliai.....	29
2.5 lentelė. Parinkti modernizuoto kranos el. varikliai.....	29
2.6 lentelė. Dažnio keitiklių parametrai.....	30
2.7 lentelė. Esamo kranos elementai ir jų žymėjimas.....	37
2.8 lentelė. Modernizuoto kranos elementai ir jų žymėjimas.....	37
2.9 lentelė. Esamo kranos teorinis patikimumas.....	38
2.10 lentelė. Modernizuoto kranos teorinis patikimumas.....	40
2.11 lentelė. Apibendrinti patikimumo duomenys.....	41
2.12 lentelė. Esamo kranos registruoti gedimai.....	43
2.13 lentelė. Investicijų atsipirkimo laikotarpis.....	44
2.14 lentelė. Kranos modernizacijos investicijų suma.....	46
2.15 lentelė. Esamo kranos prastovos nuostoliai, jei nebūtų pristatyta produkcija.....	48
2.16 lentelė. Modernizuoto kranos prastovos nuostoliai, jei nebūtų pristatyta produkcija.....	48

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1. pav. Ožinis kranas.....	10
1.2. pav. Asinchroninių su faziniu rotoriumi, kranos elektros variklių, mechaninė charakteristika	11
1.3 pav. NF tipo rezistorių blokas.....	15
1.4 pav. paprasto ir didelio efektyvumo elektros variklių palyginimas.....	17
1.5 pav. Struktūrinė dažnio keitiklio schema.....	18
1.6 pav. Asinchroninio variklio mechaninės charakteristikos.....	20
1.7 pav. Dažnio keitiklis su rekuperaciniu bloku, struktūrinė schema.....	20
1.8 pav. Rekuperacinio bloko valdymo struktūrinė schema.....	22
2.1 pav. Elektrinio ožinio kranos elektros pavarų darbas per valandą.....	24
2.2 pav. Kranos elektros energijos suvartojimas.....	26
2.3 pav. Kranos nuotolinio valdymo pultai ir jų jungimo schema.....	31
2.4 pav. Kranos valdymo pultas su kėde.....	31
2.5 pav. Nuosekliai sujungtų posistemų sistema.....	33
2.6 pav. Lygiagrečiai sujungtų posistemų sistema.....	34
2.7 pav. Esamo kranos elementų struktūrinė schema.....	35
2.8 pav. Modernizuoto kranos elementų struktūrinė schema.....	36
2.9 pav. Esamo ir modernizuoto kranos teorinė patikimumo ir gedimų teorinė tikimybė.....	42
2.10 pav. Esamo ožinio kranos gedimų ir jų trukmės priklausomybė nuo darbo laiko metais.....	43
2.11 pav. Esamo kranos nuostoliai.....	45
2.12 pav. Modernizuoto kranos nuostoliai.....	45

ĮVADAS

Vis plačiau naudojant šiuolaikines gamybos technologijas keliami didesni reikalavimai ir kėlimo-transportavimo įrenginiams: įvairiems kranams, liftams, keltuvams ir telferiams. Modernizuojant elektros pavaras kėlimo įrenginiams, turi būti tenkinami šie reikalavimai: sumažintas elektros energijos suvartojimas, pagerintas saugumas, nedideli eksploatacijos ir kapitaliniai kaštai.

Šiuo metu vienas iš priimtinausių ir perspektyviausių yra dažninis pavaros valdymo būdas.

Įvairių pramonės šakų gamyklų teritorijose vieni iš labiausiai paplitusių kranų yra ožiniai kranai, tad šio darbo objektas yra ožinis kranas, jo elektros ir automatikos įrenginių modernizavimas ir energetinio efektyvumo įvertinimas.

Šio darbo tikslas - realaus elektrinio ožinio kranų modernizacija, remiantis energetinio efektyvumo tyrimu ir galimybe pritaikyti praktiškai.

Darbo uždaviniai:

1. Esamo kranų pavaros ir valdymo būdai.
2. Modernizuoto kranų pavaros ir valdymo būdai.
3. Esamo ir modernizuoto kranų parametrai.
4. Kranų energetinis efektyvumo vertinimas.
5. Esamo ir modernizuoto kranų patikimumo skaičiavimas.

Visi skaičiavimai atlikti pasinaudojus kompiuterine programa Microsoft Excel.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. LITERATŪROS APŽVALGA

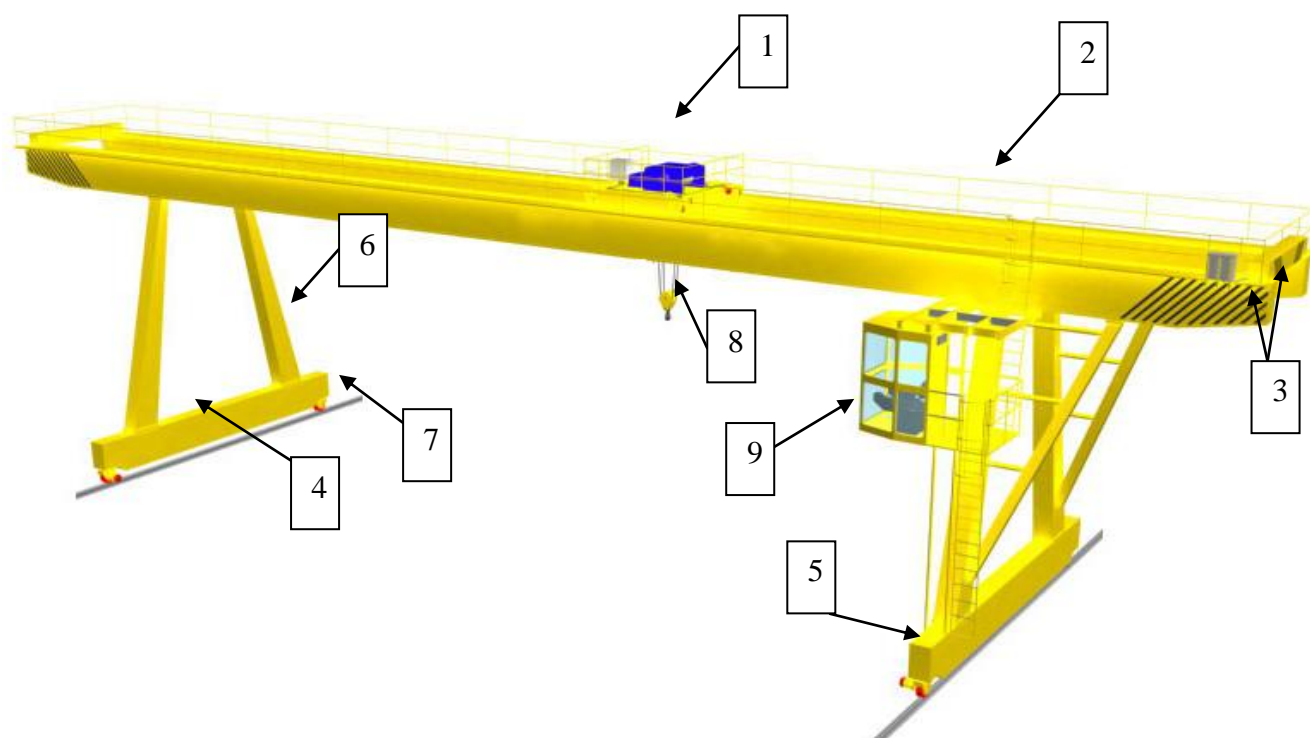
Trumpai apžvelgsime rastos literatūros susijusias su magistrinio darbo tema - „Elektrinio ožinio kranų modernizavimas ir energetinio efektyvumo tyrimas“. Šiuo metu palčiai aptarinėjamas įvairių įrenginių, tame tarpe ir kranų energetinis efektyvumas. Straipsnyje [1] aptariamos uoste naudojamų kranų energetinio efektyvumo globalios problemos. Dauguma firmų siūlo įvairius būdus kaip pagerinti energetinius rodiklius: efektyvesnių elektros variklių ir elektroninių valdymo sistemų diegimą, patobulinti aušinimo sistemas, dyzeliniuose kranų varikliuose. Energijos taupymui rekomenduojama naudoti įvairius mechanizmus stabdymo ar krovinio nuleidimo metu generuoti energija ir panaudoti kitiems kranų mechanizmams.

Straipsnyje [2] trumpai aptariami, hibridiniai uoste naudojami kranai, kuriuose panaudotos ličio jonų akumuliatorinės baterijos, kuriose kaupiama stabdymo ar krovinio nuleidimo metu generuojama energija. Straipsnyje teigiama, kad tokiu būdu galima sutaupyti iki 60% kuro. Panaši tema nagrinėjama gerai žinomos firmos Siemens pateiktame straipsnyje [3], čia taip pat, kaip ir prieš tai nagrinėtame straipsnyje, nagrinėjami hibridinių kranų energetinis efektyvumas. Šiame straipsnyje teigiama, kad panaudojant programinį valdymą ir ultra kondensatorius, energijai kaupti, galima sutaupyti iki 70% kuro. Teigiama, kad panaudojus programinį kranų valdymą krovinyms pakeliamas, nuleidžiamas ir pervežamas labai tiksliai, o tai reiškia, kad taupomas ne tik kuras ar energija, bet ir laikas. Nagrinėjant literatūrą ir įvairius straipsnius, nepavyko rasti konkretaus ožinio kranų energetinio efektyvumo tyrimo, atlikus rekonstrukciją.

Elektrinis ožinis kranas plačiai naudojamas krovinių perkėlimui atvirose gamybinėse ir kitokio tipo aikštelėse. Dėka eksploatacijos paprastumo ir palyginti mažos savikainos, lyginant su bokštiniais ar vikšriniais kranais, šie kranai yra nepakeičiami mašinų gamyboje, metalurgijos pramonėje, gelžbetoninių konstrukcijų gamyboje, konteinerių perkrovos darbuose. Šio tipo kranai turi didelį eksploatacinį pranašumą, tokį, kaip sklandus judėjimas, ekonomiškumas, elektros energijos atžvilgiu ir gali dirbti esant žemai lauko temperatūrai. Šiuo metu naudojami įvairių tipų ožiniai kranai. Išskiriami keli pagrindiniai šių kranų tipai: universalūs kranai su kabliu, montažiniai, konteineriniai, su dviem vežimėliais, su magnetiniu kėlimo įtaisu. Taip pat būna gaminami specialios paskirties ožiniai kranai, skirti: atominei energetikai, hidrotechniniams statiniams, hidroelektrinėms [7].

Ožinis kranas, kurio bendro vaizdo schema parodyta 1 pav., sudarytas iš šių pagrindinių dalių:
1. Vežimėlio ant kurio pritvirtintas kablys 8. 2. Kranų tiltas – tai ištisai plieninė konstrukcija. Tiltas

pagrindinės dalys yra dvi išilginės sijos 3, kurios atraminių sijų pagalba 6 perduoda krano masę skersinėms sijoms 4 kurių galuose yra tilto ratai 5, kuriais visas kranas gali važinėti kraniniais bėgiais 7 išilgai krano aptarnaujamos aikštelės. Krano valdymas gali būti atliekamas operatoriaus esančio kabinoje 9. Ant krano išilginių sijų esančiais bėgiais važinėja krovinių kėlimo vežimėlis. Kai kranas skirtas iki 10 t kroviniams kelti, krano tiltas gali turėti ne dvi pagrindines išilgines sijas, bet vieną.



1.1. pav. Ožinis kranas

Kranams būdingi keturi pagrindiniai (pagal jų intensyvumą) kranų mechanizmų darbo režimai: L — lengvas; V — vidutinis; S—sunkus; LS—labai sunkus. Darbo režimo intensyvumo sąvoka apima: santykinę įjungimo trukmę $\dot{I}T$, paleidimų dažnumą h (įjungimų per valandą skaičių), aplinkos temperatūrą, krano paros ir metų panaudojimą ir kitus rodiklius. Lengvą krano darbo režimą atitinka $\dot{I}T= 15-25\%$, $h \leq 60$; vidutinį— $\dot{I}T= 15-25\%$, $h \leq 120$; sunkų— $\dot{I}T= 25-40\%$, $h \leq 240$; labai sunkų — $\dot{I}T=40-60\%$, $h \leq 300-600$. Atsižvelgiant į darbo pobūdį, kranai gali dirbti viena, dvejomis, ar trejomis pamainomis [4].

Tiriamąjo ožinio krano darbo režimas atitinka vidutinį— $\dot{I}T= 15-25\%$, $h \leq 120$. Šis kranas dirba viena darbo pamaina, tai yra 8h per parą.

1.2. OŽINIO KRANO ELEKTROS PAVAROS IR JŲ VALDYMO BŪDAI

Projektuojant naujus ir modernizuojant senus kranus didžiausi reikalavimai yra keliami elektros pavaroms. Šiuolaikinių elektros pavarų valdymo būdų panaudojimas leidžia: padidinti kranų judėjimo greitį, tiksliai nuleisti krovinį, panaikinti mechaninius smūgius, atsirandančius paleidimo ir stabdymo metu, padidinti mechanizmų tarnavimo laiką.

Vienas iš pagrindinių elektros pavaros vertinimo kriterijų yra energetiniai rodikliai, prie kurių priskiriami naudingumo koeficientas, energijos nuostoliai, galios koeficientas, netiesinių iškreipimų faktorius.

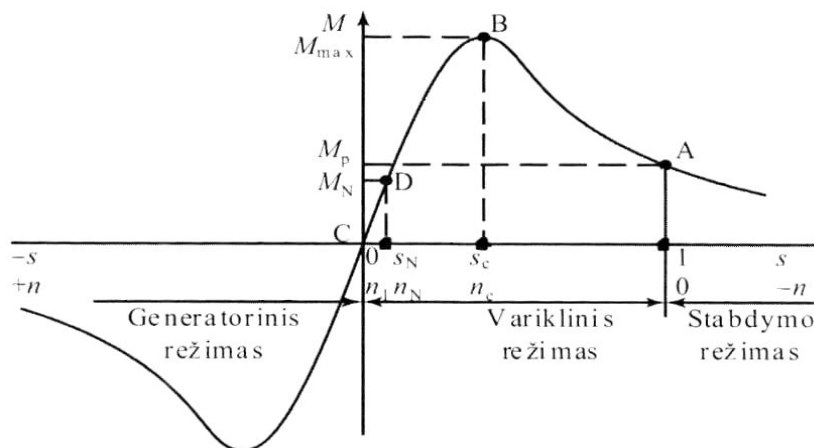
Elektros pavaros energetiniai rodikliai priklauso nuo apkrovos, greičio reguliavimo būdo ir darbo režimo.

Naudingumo koeficientas suprantamas, kaip variklio veleno mechaninės galios ir naudojamos variklio galios santykis. Nuostoliai atsirandantys elektros pavaroje dažniausiai apskaičiuojami, todėl kad tokiems matavimams atlikti reikalingi sudėtingi matavimo prietaisai. Pavaroje be dažnio keitiklio, variklio ir pavaros naudingumo veiksmo koeficientai sutampa, tačiau kai pavaroje yra dažnio keitiklis, šis rodiklis turėtų būti vadinamas elektrinės galios išnaudojimo efektyvumo koeficientas.

Galios koeficientas $\cos \varphi$ yra siejamas su galios faktoriumi λ tik tada, kai maitinančios srovės ir įtampos kreivės yra sinusinės formos. Realiai elektros tinkle yra aukštesniųjų harmonikų, tad $\cos \varphi$ ir λ dydžiai skiriasi [5].

1.2.1 Esamo ožinio kranų elektros pavarų elementai

Pagrindiniai ir stambiausi kranų elektros vartotojai yra asinchroniniai su faziniu rotoriumi elektros varikliai ir jų paleidimo, bei greičio reguliavimo rezistoriai.



1.2. pav. Asinchroninių su faziniu rotoriumi, kranų elektros variklių, mechaninė charakteristika [5]

1.2 paveiksle pavaizduotos supaprastintos teorinės krano kėlimo, judėjimo ir perstūmimo elektros variklių mechaninės charakteristikos, esant pagrindiniams darbo režimams.

Variklio režimas. Tarkime, kad kėlimo variklis įjungimas taškas A, tai paleidimo taškas ($M = M_p$; $s = 1$; $n = 0$), palaipsniui pasiekiamas taškas B, gaunamas didžiausias sukimo momentas, variklis, dirbdamas greičiu n_c , kelia krovinių. Šiuo atveju variklio momento kryptis sutampa su judėjimo kryptimi ir yra priešinga statinės apkrovos momento kryptčiai.

Variklio režimas taikomas nuleidžiant lengvus krovinius arba tuščią kablį, kai kėlimo mechanizmo stabdymo momentas (trinties momentas) yra didesnis už tą momentą, kurį sukuria kroviny (kablį). Variklis dirba charakteristikoje pavaizduotam artimam taškui D.

Dinaminis stabdymas. Šis režimas sudaromas tada, kai variklio statoriaus apvijų atjungiamos nuo kintamos srovės tinklo ir prijungiant jas prie nuolatinės srovės šaltinio. Statoriaus apvija tekėdama, nuolatinė srovė I_n sukuria nejudamą (statoriaus atžvilgiu) magnetinį lauką, kuris besisukančio rotoriaus apvijose, indukuoja kintamąją evj. ir rotoriaus apvijomis teka kintamoji srovė. Dėl šios sąveikos, su rotoriaus magnetiniu lauku, atsiranda stabdymo momentas, kurio dydis priklauso nuo statoriaus magnetovaros m_{vj} , rotoriaus grandinės varžos ir variklio sukimosi greičio

MTF serijos asinchroniniai su faziniu rotoriumi elektros varikliai yra skirti kranams ir kitiems bendros paskirties mechanizmams. Šie varikliai skirti dirbti trumpalaikiame pasikartojančiame režime, jie pritaikyti trumpalaikėms perkrovoms. MTF serijos elektros varikliams yra charakteringos perkrovos, didelis paleidimo momentas, o taip pat greitas išsibėgėjimas.

Visų MTF tipo elektros variklių konstrukcija vienoda, gali skirtis tik izoliacija, apvijų parametrai ir lako paviršiaus savybės. Kadangi šio tipo varikliai skirti dirbti padidinto drėgnumo ir dulketumo aplinkoje, jų korpusai uždari, aušinami išorinių apipūtimu. Aušinimo plotas padidinamas, esančių iškilimų variklio korpuse pagalba. Variklių korpusas gaminamas špižinis. Šio tipo elektros variklių statoriaus ritės būna: vienasluoksnės, dvisluoksnės, suvyniotos iš apvalaus laido [16].

Esamo elektrinio ožinio krano elektros variklių parametrai pateikti lentelėje 1.1.

Suvartotas elektros energijos kiekis per 8h apskaičiuotas padauginus elektros variklio galią iš išmatuotų pavarų darbo laiko 8.1 lentelė.

1.1. lentelė. Esamo ožinio krano elektros varikliai

Tipas	El. variklio paskirtis	Kiekis vnt.	Vardinė galia kW	Suvargota per pamainą (8h), kWh	Sukimosi dažnis aps/min	cos φ	Naudingumo koeficientas η, %	Rotoriaus srovė A	Statoriaus srovė (400V) A	Maksimalus momentas Nm
MTF 412-8	Kėlimo mechanizmas	1	22	4,27	720	0,63	79	57	65	90
DMTF 012-6	Vežimėlio judėjimo mechanizmas	1	2,2	1,1	895	0,68	87	11,5	7,5	49
MTF 211-6	Važiuklės judėjimo mechanizmas	4	7,5	137,28	945	0,65	87	23	16	2,7

Esančiame krane variklių greičiai reguliuojami, įvedant ir išvedant varžas į elektros variklių rotoriaus grandinę. Tokiu būdu susidaro žymūs elektros energijos nuostoliai paleidimo reguliavimo rezistoriuose, ypač, kai greitis reguliuojamas plačiose ribose. Kaip žinome, rezistorius yra elementas, kuris turi savitą aktyviąją varžą, kuri riboja srovę variklio rotoriaus grandinėje. Rezistoriaus naudojama galia lygi išilgai jo prijungtos įtampos kvadrato ir juo tekančios srovės santykiui. Naudojama galia virsta šiluma ir yra išsklaidoma į aplinką, todėl krane naudojami rezistoriai vyniojami ant keramikinio pagrindo [9].

Žinant paleidimo reguliavimo rezistoriaus vienos pakopos galia, ir tai kad krano važiuklės įsibėgėjimo laikas 6s galima apskaičiuoti galios nuostolius rezistoriuose. Įsibėgėjimo laikas ir rezistorių galią duota krano techniniame pase. Panaudojant krano pavarų darbo ciklą skaičių, kurie pateikti lentelėje 2.11, gaunama paleidimo metu rezistoriuose atsirandanti galia.

Remiantis techniniame pase pateiktais duomenimis žinome, kad paleidimo metu pirmos pakopos darbo laikas yra 3s ir įvesta pilna varža, o

antrosios pakopos metu įvesta puse varžos ir pakopos darbo laikas 3s. Apskaičiuosime kiek galios kWh sunaudoja rezistoriai per dieną.

$$P_{R_1} = P_1 + P_2 \cdot a \cdot b = 4,62 + 2,31 \cdot 12 \cdot 4 = 332,64 \text{ kW} \cdot 6 \text{ s} = 0,55 \text{ kWh} \quad (1.1)$$

čia P_1 -1 pakopa rezistorių bloko galia (įjungtos 2 rezistorių pakopos); P_2 -2 pakopa rezistorių bloko galia (įjungta 1 rezistorių pakopa); a- kranų pavaros ciklų skaičius per 1h, duotas 2.11 lentelėje; b- rezistorių blokų skaičius dirbantis vienu metu.

Tilto pavaroje per 8h sunaudojama apie 4,4 kWh, o tai sudaro apie 7% visos suvartotos galios. Suvartota galia yra išmatuota ir pateikta 2.2 lentelėje,

Pasinaudojus šia skaičiavimo metodika apskaičiuota visų kranų esančių rezistorių sunaudotas galios. Skaičiavimo duomenys pateikti lentelėje

1.2.lentelė. Pavarų greičio reguliavimo rezistorių sunaudota galia

Pavaros pavadinimas	Įsibėgėjimo laikas, s	Suvartota galia per 8h , kWh	Suvartota galia lyginat su bendra, %
Tilto judėjimo	6	4,4	7
Krovinių kėlimo	3	2,1	3
Kėlimo vežimėlio	3	0,4	0,5

1.3. lentelė. Pavarų greičio reguliavimo rezistoriai

Tipas	Priklauso mechanizmui	Bendra spintos varža, Ω	Vienos pakopos elementų varža, Ω	Ilgalaikė srovė esant 300°C , A	Vienos pakopos elementų galia, W	Bendra spintos galia, W
NF-22A	Važiuklės judėjimo mechanizmas	0,8	0,4	76	2310	4620
NF-22A	Kėlimo mechanizmas	0,8	0,4	76	2310	4620
NF-11A	Vežimėlio judėjimo mechanizmas	4,2	2,1	33	457	915
	Kėlimo mechanizmas (dinaminis stabdymas nuleidžiant krovinį)	-	65	-	-	-



1.3 pav. NF tipo rezistorių blokas

1.2.3. Modernizuoto krano elektros pavarų elementai

Šiuo metu pasaulyje pagrindinis elektros energijos vartotojas yra elektros pavaros, todėl viena iš pagrindinių problemų yra pavaros darbo rodiklių nustatymas ir būdų kaip juos pagerinti ieškojimas, turintis didelę praktinę reikšmę ir naudą.

Modernizuojant elektros pavaras vienas iš pagrindinių kriterijų - parinkti kuo efektyvesnius elektros variklius.

Elektros variklio energetinis efektyvumas suprantamas, kaip racionalus energijos panaudojimas, siekiant sumažinti elektros energijos suvartojimą esant tai pačiai apkrovai.

Elektros variklyje keičiant elektros energiją į mechaninę, dalis energijos prarandama šilumos pavidalu. Panaudojant efektyvesnius elektros variklius sutaupoma elektros energija ir sumažinamas CO2 kiekis atmosferoje.

Pagrindinis rodiklis apibūdinantis elektros variklio efektyvumą yra naudingumo koeficientas η .

$$\eta = P_2/P_1 = 1 - \Delta P/P_1, \quad (1.2)$$

čia P_2 - naudinga galia ant variklio veleno, W; P_1 - aktyvinė galia naudojama iš tinklo, W; ΔP - elektros variklio suminiai galios nuostoliai, W.

Iš to galima daryti išvadą, kad kuo didesnis naudingumo koeficientas, tuo mažesni nuostoliai, todėl elektros variklis naudoja mažiau elektros energijos, sukurdamas tokį patį sukimo momentą. Norint įrodyti, kad didesnio efektyvumo variklio pagalba galima sutaupyti elektros energijos, pateikiamas skaičiavimo pavyzdys. Palyginsime du asinchroninius, trumpai jungtu rotoriumi, elektros variklius. Vieno elektros variklio naudingumo klasė yra IE1, kito - IE3.

1. Variklio serija W22 (efektyvumo klase IE3): galia $P_2 = 30\text{kW}$, sukimosi dažnis $n=735$ aps/min, naudingumo koeficientas $\eta = 93,3\%$, $\cos \varphi = 0,77$.

Apskaičiuojama aktyvinė galia naudojama iš tinklo.

$$\eta = P_2/\eta = 30/0,933 = 32,15\text{kW}, \quad (1.3)$$

Suminiai galios nuostoliai.

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 32,15 - 30 = 2,15\text{kW}, \quad (1.4)$$

Jeigu darysime prielaidą, kad šis variklis dirba 8h per parą ir 365 dienas per metus tai elektros energijos kiekis išsiskiriantis šilumos pavidalu bus sekantis:

$$Q = 2,15 \cdot 8 \cdot 365 = 6278\text{kWh}. \quad (1.5)$$

čia Q- galios nuostoliai per metus.

2. Variklio serija W22 (efektyvumo klase IE1): galia $P_2 = 30\text{kW}$, sukimosi dažnis $n=735$ aps/min, naudingumo koeficientas $\eta = 90,2\%$, $\cos \varphi = 0,78$.

Apskaičiuojama aktyvinė galia naudojama iš tinklo.

$$\eta = P_2/\eta = 30/0,902 = 33,3\text{kW}, \quad (1.6)$$

Suminiai galios nuostoliai.

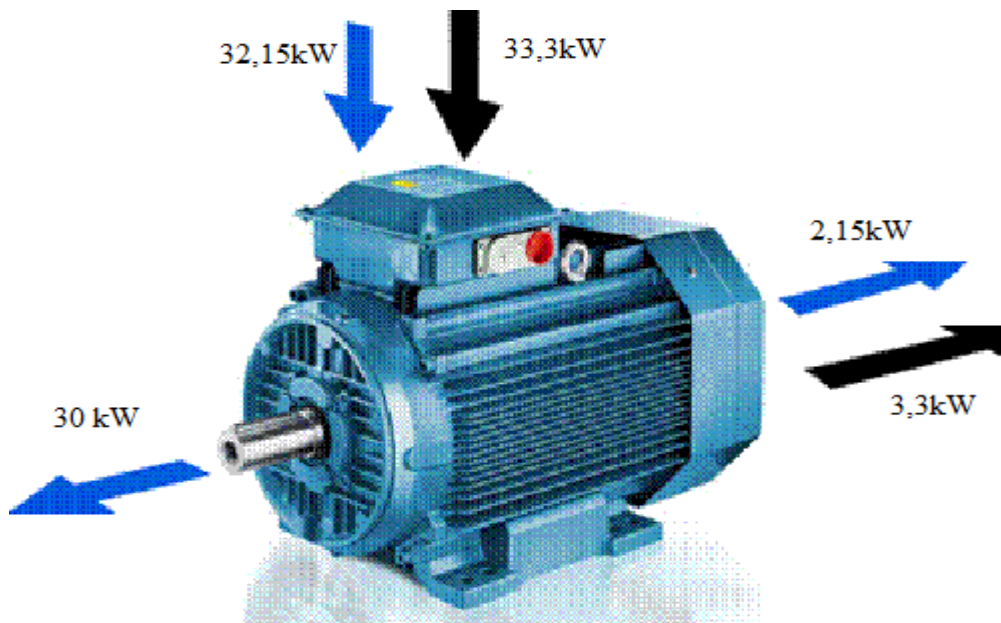
$$\Delta P = P_1 - P_2 = 33,3 - 32,15 = 1,15\text{kW}, \quad (1.7)$$

Jeigu darysime prielaidą, kad šis variklis dirba 8h per parą ir 365 dienas per metus tai elektros energijos kiekis išsiskiriantis šilumos pavidalu bus sekantis:

$$Q = 1,15 \cdot 8 \cdot 365 = 3358\text{kWh}. \quad (1.8)$$

čia Q- galios nuostoliai per metus.

Tokiu būdu galima daryti išvadą, kad IE1 klasės elektros variklį pakeitus IE3 klasės elektros varikliu sutaupoma 3358kW per metus. Tai reiškia, kad keičiant elektros variklius efektyvesniais sutaupomos lėšos, tuo pačiu įmonė tampa konkurencingesnė.



1.4 pav. paprasto ir didelio efektyvumo elektros variklių palyginimas

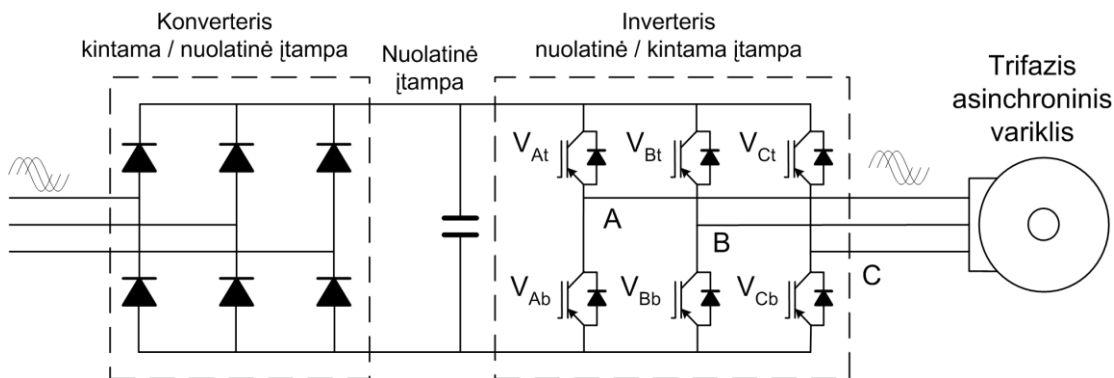
Dar vienas ne mažiau svarbus elektros variklio energetinio efektyvumo rodiklis yra galios koeficientas $\cos \varphi$. Galios koeficientas nurodo aktyvinės galios kiekį nuo bendrosios galios.

$$\cos \varphi = P_1 / S, \quad (1.9)$$

čia S - pilnoji galia.

Elektros variklis tik aktyviąją galią keičia į naudingą galią, o reaktyvinė galia reikalinga tik sukurti magnetinį lauką. Todėl elektros varikliai turintys aukštą naudingumo koeficientą ir mažą $\cos \varphi$ negali būti vadinami aukšto efektyvumo.

Šiuo metu elektros pavarose plačiai naudojami asinchroniniai trumpai jungtu rotoriumi varikliai. Norint sklandžiai efektyviai reguliuoti tokio tipo variklių greitį reikalingi dažnio keitikliai. Plačiai naudojama dažnio keitiklio schema yra: nevaldomas konverteris ir nepriklausomas inverteris ; tai yra iš pradžių kintama srovė keičiama nuolatine, o po to, inverterio pagalba, generuojama trifazė reikiamo dažnio kintama elektros srovė.



1.5 pav. Struktūrinė dažnio keitiklio schema

Dažnio keitiklį sudaro trys pagrindinės dalys: 1 – lygintuvas, 2 - nuolatinės srovės grandinės filtras, 3 – inverteris. Dažnio keitiklyje didelę reikšmę turi valdymo sistema. Struktūrinėje schemoje 1.5 paveiksle pavaizduota, kad dažnio keitiklis sudarytas iš trifazio puslaidininkinio lygintuvo, kurio pagalba kintama įtampa keičiama į nuolatinę; filtro, kuris sumažina nuolatinės srovės pulsacijas; inverterio valdomo mikroprocesoriaus, skirto nuolatinėi įtampai keist į kintamą, reikiamo dažnio [15].

Šiuolaikiniuose dažnio keitikliuose naudojami trys valdymo būdai [22]:

1. dažninis valdymas, naudojant impulsu pločio moduliacija;
2. dagnetinio srauto vektorinis valdymas;
3. tiesioginio momento valdymas.

Dažninio valdymo technologija naudoja parametrus, kurie yra sugeneruoti variklio išorėje, kurių pagalba yra valdoma įtampa ir dažnis. Gautas įtampos ir dažnio santykis valdo moduliatorių, kuris suformuoja kintamos srovės sinusoidę, maitinti variklio statoriaus apviją.

Šiam metodui nenaudojami grįžtamo ryšio įrenginiai, kurių pagalba nustatomas variklio veleno greitis ir padėtis. Ši sistema be grįžtamojo ryšio, vadinama atvirojo kontūro pavara.

Dažninio valdymo būdo keitikliai yra nesudėtingi ir pigesni lyginant su kitokio tipo, tačiau jie gali būti naudojami tik tose pavarose, kur nereikalingas tikslus greičio reguliavimas.

Magnetinio srauto vektorinis valdymas pasižymi tuo, kad panaudoja parametrus gautus iš greičio matuoklio, kuris sumontuotas ant variklio veleno. Gautus signalus apdoroja mikroprocesorius, kuris valdo inverterį, kuris maitina asinchroninį variklį. Šiuo principu veikiančys dažnio keitikliai patikimi ir gali tiksliai reguliuoti variklio greitį, tačiau jie brangūs ir jiems reikalingas grįžtamas ryšys.

Tiesioginio momento valdymo technologija pasižymi tuo, kad magnetinio lauko orientacijos valdymas realizuotas be grįžtamojo ryšio. Naudojant šio tipo valdymo būda nebereikalingi įvairūs variklio veleno greičio matuokliai. Čia valdymo kintamieji – variklio sukimo momentas ir variklio įmagnetinimo srautas. Šiuo principo dažnio keitikliai neturi trūkumu lyginant su ankščiau išvardintais, tačiau jų kaina didesnė [15], [20].

Keliami šie pagrindiniai reikalavimai kranų dažnio keitikliams:

- didelis sukimo momentas esant mažam greičiui;
- sklandus greičio reguliavimas;
- kompaktiškas;
- automatinio pozicionavimo galimybė;
- galimybe prijungti rekuperacinį bloką.

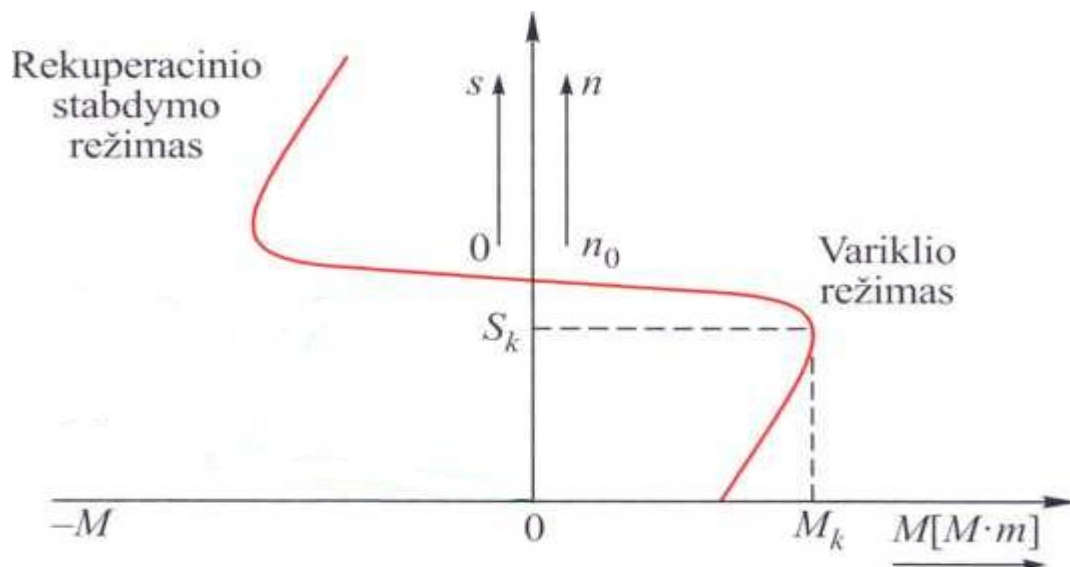
Parenkant dažnio keitiklius kranams šiuos reikalavimus tenkina tiesioginio momento valdymo būda naudojantys keitikliai. Tokio tipo keitikliai būna gaminami specialiai kėlimo įrenginiams.

1.3. REKUPERATORINIO STABDYMO ĮRANGA

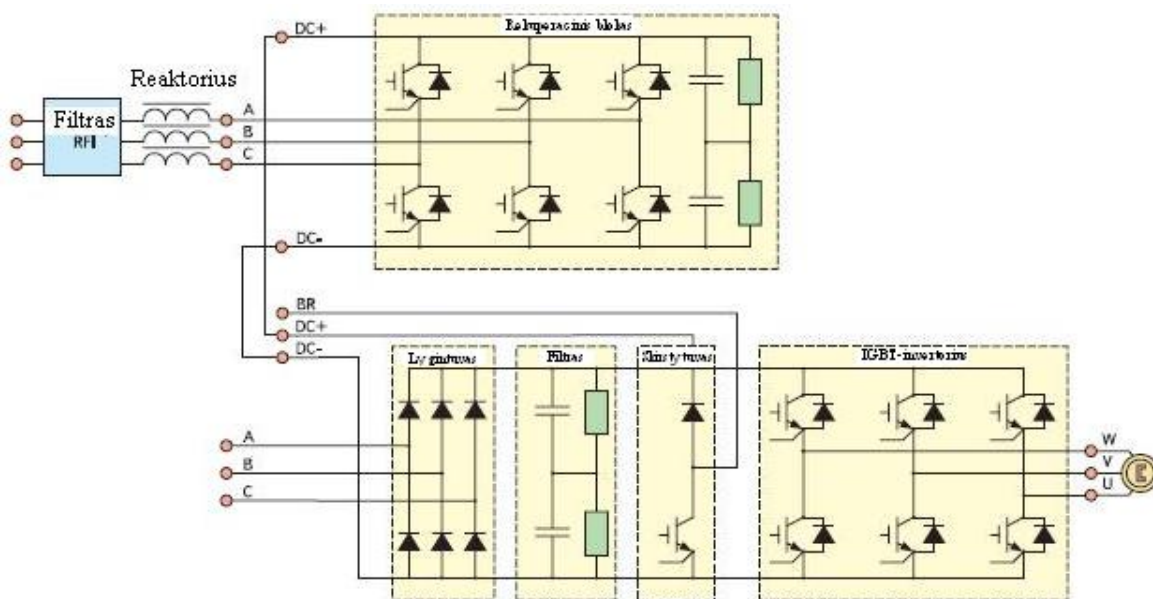
Vienas iš pavaros stabdymo būdų yra rekuperatorinis. Šio stabdymo būdo panaudojimo privalumas yra toks, kad gautą elektros energiją galima gražinti į tinklą. Tam reikalinga speciali įranga. Šioje darbo dalyje trumpai apžvelgiami stabdymo būdai ir rekuperatorinio stabdymo įranga.

Jeigu asinchroninio variklio rotorius sukimosi greitis viršija magnetinio srauto sukimosi greitį, pereinama į generatorinį režimą ($s < 0$) (1.6 pav.) ir rotorius stabdomas. Šitoks stabdymo būdas yra taikomas pavarose, stabdant asinchroninės mašinos, rotorius sukimosi greitis viršija magnetinio srauto sukimosi greitį – asinchroninė mašina dirba generatoriniu režimu, kurio rotorius stabdomas, o generatoriaus elektrinė galia per statoriaus grandinę atiduodama į tinklą. Matoma, kad rekuperaciniu stabdymu asinchroninė mašina neperkraunama elektromagnetiškai, o dalį energijos gražina į tinklą [5].

Tačiau rotorius stabdomas tik iki asinchroninės mašinos sinchroninio greičio. Asinchroninio traukos variklio rotorius sukimosi greičiui n tapus mažesniau už sinchroninį greitį $n=0$, mašina vėl dirba variklio režimu. Norint sinchroninį greitį mažinti, tenka mažinti įtampos dažnį arba didinti polių porų skaičių. Naudojant šiuolaikinius puslaidininkinius keitiklius, galima sumažinti įtampos dažnį f ir išplėsti, elektros pavarų rekuperacinio stabdymo diapazoną.



1.6 pav. Asinchroninio variklio mechaninės charakteristikos



1.7 pav. Dažnio keitiklis su rekuperaciniu bloku, struktūrinė schema

Rekuperacinis blokas (1.7 pav.) sudarytas iš trifazio konverterio, kurio trys fazės per reaktorių ir harmonikų filtrą jungiamas į tinklą. Rekuperacinis blokas jungiamas į dažnio keitiklio nuolatinės įtampos grandinę. Prie dažnio keitiklio gnybtų, skirtų rekuperaciniam blokui, galima prijungti ne tik vieną, bet ir kelis rekuperacinius blokus. Dažnio keitiklyje nuolatinės įtampos grandinėje įtampa yra stabilizuota nepriklausomai nuo tinklo įtampos, apkrovos srovės dydžio ir krypties.

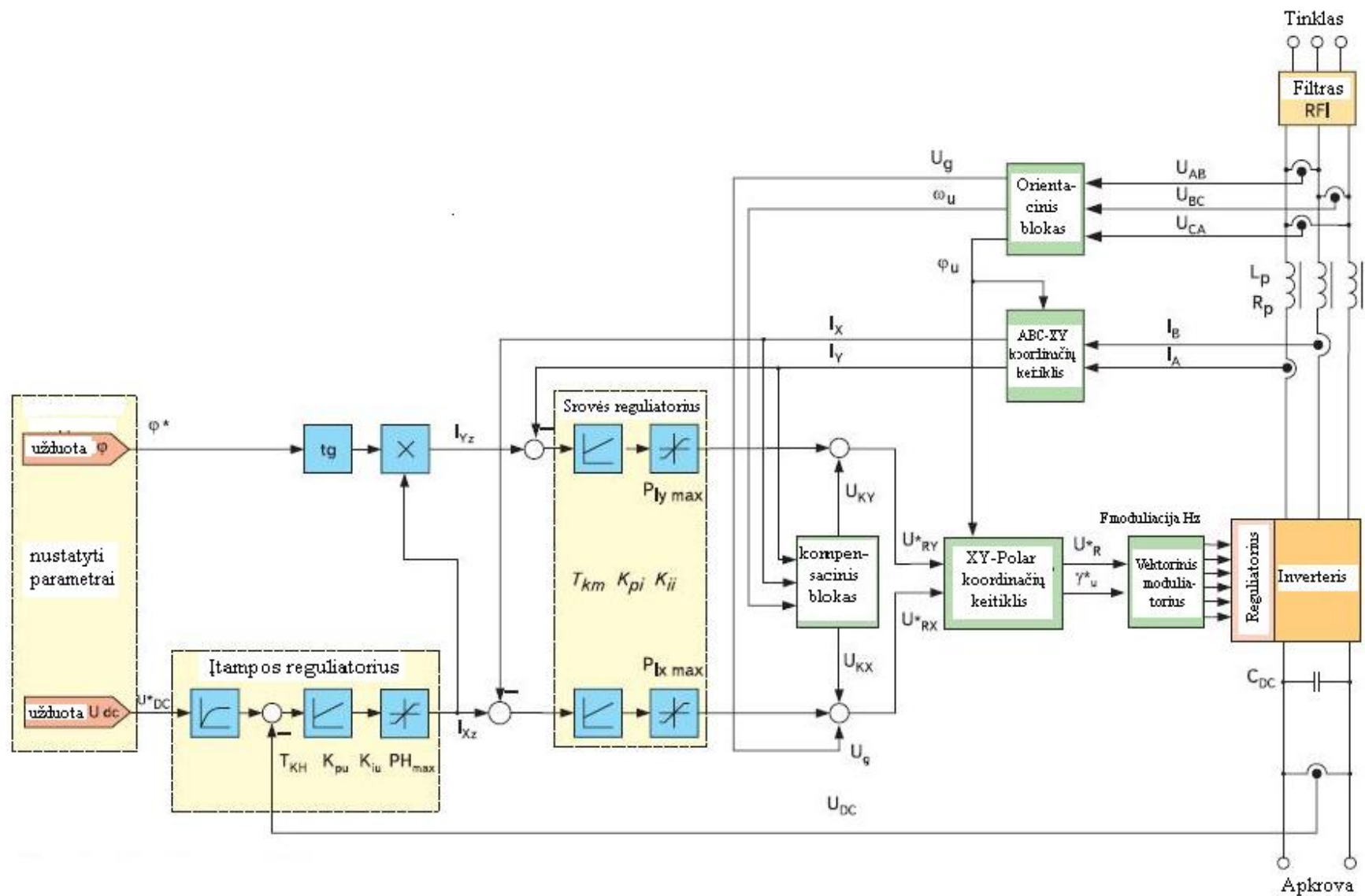
Rekuperaciniame bloke suformuojama srovės sinusinė forma ir palaikomas pagrindinės srovės harmonikos poslinkio kampas $\text{cof}\phi$ tinklo atžvilgiu.

Rekuperacinio bloko struktūrinė schema (1.8 pav.) susideda iš dviejų, aktyvinės ir reaktyvinės įėjimo srovės dedamųjų, reguliatorių ir išėjimo įtampos reguliatoriaus. Valdymo schemas pagrindą sudaro aktyvaus lygintuvo valdymas koordinačių sistemoje XY, orientuotoje pagal tinklo įtampos vektorių. Orientacijos blokas naudodamas tinklo fazių įtampų kitimo informacija, suskaičiuoja vektoriaus poslinkio kampą, jo amplitudę ir kampinį dažnį. Reaktyvioji srovės dedamoji I_{yz} išskaičiuojama iš I_{xz} ir tinklo įtampos poslinkio kampo φ .

$$I_{yz} = I_{xz} \text{tg}\varphi \quad (1.10)$$

Esant kampui $\varphi = 0^\circ$ reaktyvinė srovės dedamoji $I_{yz} = 0$, šiuo atveju rekuperacinis blokas, apsikeičia su tinklu tik aktyviaja galią.

Srovės reguliatoriaus formuojami signalai priklausomai nuo aktyviosios ir reaktyviosios įtampos dedamosios. Gautus signalus vektorinis modulatorius paverčia į signalus valdančius inverterį. Dėka, naudojamos ir gražinamos į tinklą, sinusinės srovės formos ir naudojant aukštų dažnių filtrą, išpildomi aukšti dažnio trukdžių slopinimo reikalavimai.



1.8 pav. Rekuperacinio bloko valdymo struktūrinė schema

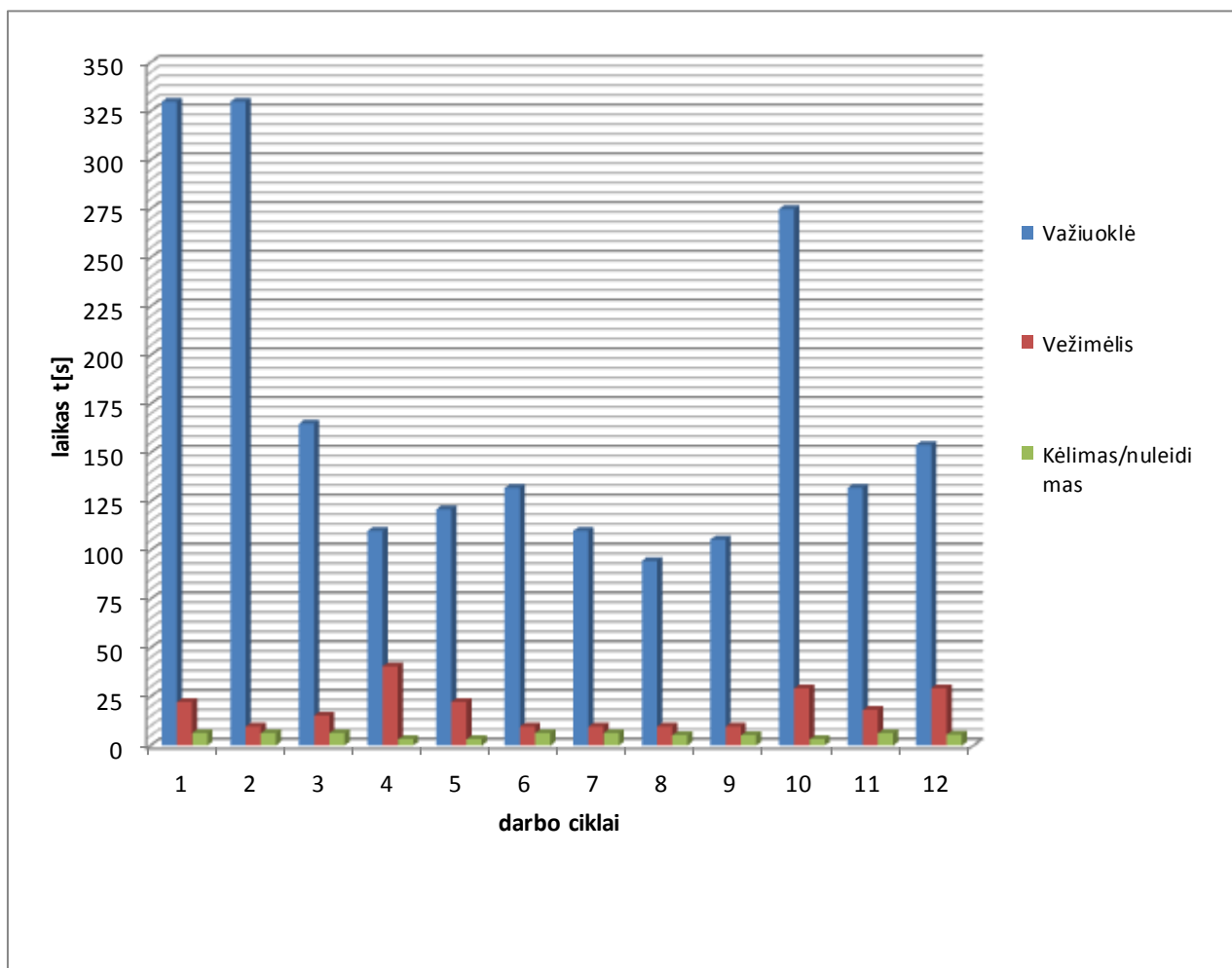
2. TIRIAMOJI DALIS

2.1 ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ELEKTROS PAVARŲ DARBAS

Kaip jau buvo minėta, pagrindiniai krano elektros energijos vartotojai yra elektros pavaros. Pavaroje esantys elektros varikliai, kurių pagalba juda mechanizmai, todėl eksperimentiniu būdu buvo išmatuotas vidutinis atskirų pavarų darbo laikas sekundėmis per 1 valandą. Matuojant mechanizmų darbo laiką buvo neįvertintas krano krovinio kartotinis el. variklių paleidimas. Užfiksuoti šiuos pereinamuosius procesus sunku, tam reikalinga speciali įranga. Matavimai buvo atlikti lazeriniu atstumo matuokliu Hilti PD 42, o mechanizmų judėjimo greičio duomenys panaudoti iš krano paso. Elektros pavarų darbo laiko skaičiavimai atlikti Microsoft excel programos pagalba. Skaičiavimų duomenys pateikiami lentelėje 2.1 ir pavaizduoti grafiškai (2.1 pav.).

2.1 lentelė. Krano elektros pavarų darbas

Eil.Nr.	Krano el. pavarų darbas per 1h		
	važiuoklės [s]	vežimėlio[s]	kėlimo [s]
1	330	22	6
2	330	10	6
3	165	15	6
4	110	41	3
5	121	22	3
6	132	10	6
7	110	10	6
8	95	10	5
9	106	10	5
10	275	29	3
11	132	18	6
12	154	29	6
Bendras laikas per 1h	2059	227	64



2.1 pav. Elektrinio ožinio krano elektros pavaru darbas per valandą

Išmatavus krano pavaru darbo ciklus ir suskaičiavus darbo laiką per valandą galima daryti išvada, kad daugiausiai dirbanti yra važiuoklės pavara. Šie matavimai ir skaičiavimai naudojami skaičiuoti paleidimo, reguliavimo rezistorių sunaudotai galiai.

2.2. IŠMATUOTOS IR APSKAIČIUOTOS ESAMO KRANO ELEKTROS ENERGIJOS SĄNAUDOS

Norint išsiaiškinti, kokios yra esamo elektrinio ožinio krano elektros energijos sąnaudos, panaudojus elektros energijos apskaitos įrangą, buvo atlikti matavimai. Matavimo rezultatai pateikti 2.2 lentelėje ir pavaizduoti grafiškai. (2.2 pav.).

Matavimai buvo atliekami elektros energijos skaitiklio pagalba. Remiantis tuo, kad krano imtuvų srovės yra didelės, į tinklą elektros energijos skaitiklis buvo jungiamas per srovės matavimo transformatorius.

Panaudotas matavimo prietaisas: tai universalus trijų fazių elektroninis elektros skaitiklis EMS gali būti labai įvairių modifikacijų: nuo paprasto iki daugiafunkcinio.

Matavimams atlikti panaudoti srovės matavimo transformatoriai:

TAL - 0,72 N3 tipo žemos įtampos srovės matavimo transformatoriai (transformatoriai) skirti komercinei elektros energijos apskaitai, tinkluose esant 50 arba 60 Hz kintamai srovei. Transformatoriai gali būti naudojami ir kitais techniniais tikslais.

Išmatavus esamo kranų aktyviąją ir reaktyviąją galias apskaičiuosime pilnąją suvartojama galią.

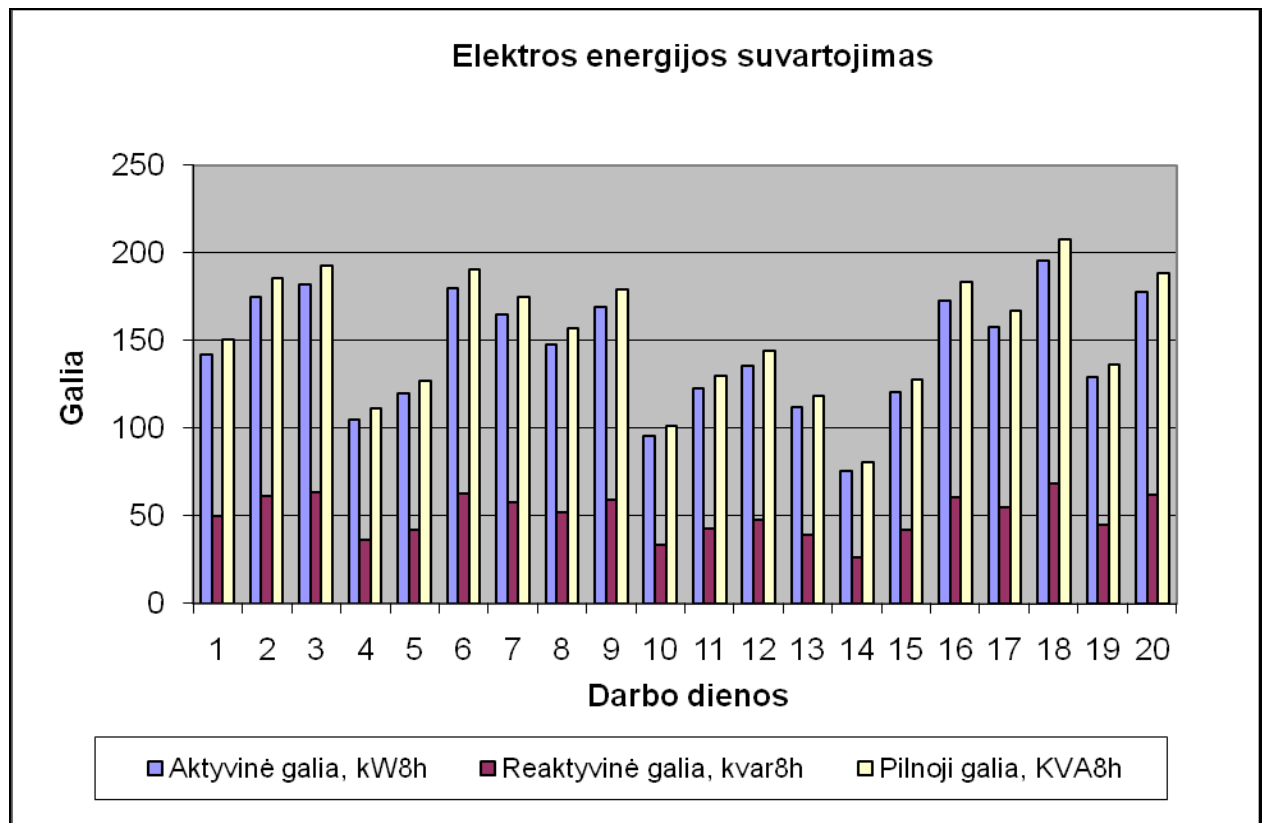
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.1)$$

čia S – pilnoji galia kVA; P – aktyvioji galia W; Q – reaktyvioji galia kvar.

Skaičiavimas atliktas Microsoft excel programos pagalba duomenys pateikti lentelėje 2.2.

2.2 lentelė. Išmatuota suvartota elektros energija

Išmatuota suvartota elektros energija			
Darbo dienos	Aktyvinė, kW8h	Reaktyvinė, kvar8h	Pilnoji, kVA8h
1	142	49.7	150
2	175	61.25	185
3	182	63.7	193
4	105	36.75	111
5	120	42	127
6	180	63	191
7	165	57.75	175
8	148	51.8	157
9	169	59.15	179
10	96	33.6	102
11	123	43.05	130
12	136	47.6	144
13	112	39.2	119
14	76	26.6	81
15	121	42.35	128
16	173	60.55	183
17	158	55.3	167
18	196	68.6	208
19	129	45.15	137
20	178	62.3	189
Viso sunaudota elektros energijos per, kVAh			3056
Suvartotas vidutinis elektros energijos kiekis, kVA8h			153



2.2 pav. Krano elektros energijos suvartojimas

Atlikus elektros energijos sąnaudų matavimą, galima apskaičiuoti kiek apytiksliai galima sutaupyti elektros energijos kWh modernizavus esamą kraną.

2.3. REKUPERUOJAMOS ELEKTROS ENERGIJOS Į TINKLĄ SKAIČIAVIMAS

Šioje darbo dalyje apskaičiuota krano leidžiamo krovinio sukuriama galia ir energijos kiekis, kuris gali būti rekuperuojamas į tinklą. Pasinaudojus formulėmis, apskaičiuota rekuperuojama galia į tinklą.

Šios formulės pagalba apskaičiuojama galia stabdymo metu, nuleidžiant kabinimo įrangą arba nedidelio svorio krovinį.

$$P_{s_1} = (G_k + G_m) \cdot g \cdot v \cdot \left(\frac{1}{\eta_{km}} - 2 \right) \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

čia P_{s_1} - krovinio nuleidimo galia esant mažam krovinio svoriui ar kabinimo įrangai be krovinio, kW; G_k - leidžiamo krovinio masė, kg; G_m - krovinio užkabinimo įrangos masė, kg; g -

laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 ; v - krovinio kėlimo nuleidimo greitis, m/s ; η_{km} - kėlimo mechanizmo naudingumo koeficientas.

Tačiau skaičiavimams naudojama formulė (2.3), nes jos pagalba apskaičiuojama galią, kuri sukuriama nuleidžiant vidutinius ir didelius krovinius.

$$P_{s_1} = (G_k + G_m) \cdot g \cdot v \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta_{km}}\right) \cdot 10^{-3}. \quad (2.3)$$

Pagal formulės rekuperuojamos galios kiekis tiesiogiai priklauso nuo leidžiamo krovinio masės, greičio ir pavaros naudingumo koeficiento [9].

Skaičiuojant rekuperuotą energiją į tinklą, įvertinta ne tik mechaninės pavaros, bet ir elektrinės pavaros ($\eta = 94\% - 97\%$) naudingumo koeficientai.

Panaudojus šią skaičiavimo metodiką, galima apskaičiuoti leidžiamo krovinio sukuriamą galią, kuri gali būti gražinta į tinklą. Šio skaičiavimo duomenys naudojami esamo ir modernizuoto krano energetiniam efektyvumui palyginti. Skaičiavimo duomenys pateikti 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Rekuperuojama elektros energija į tinklą

Krovinio kėlimo/nuleidimo ciklai	Kelias	Leidimo greitis	Kel. įtaiso masė	Krovinio masė	Stabdymo galia	Rekuperuojama galia i tinklą
	m	m/s	kg	kg	kW	kWh
1	16	0.1	85	5000	7.48	0.29
2	16	0.1	85	3000	4.54	0.18
3	16	0.1	85	1500	2.33	0.09
4	16	0.1	85	9000	13.37	0.52
5	16	0.1	85	1000	1.60	0.06
6	16	0.1	85	6500	9.69	0.38
7	16	0.1	85	7000	10.43	0.41
8	16	0.1	85	5500	8.22	0.32
9	16	0.1	85	3500	5.28	0.21
10	16	0.1	85	11000	16.31	0.64
11	16	0.1	85	1000	1.60	0.06
12	16	0.1	85	500	0.86	0.03
Bendra rekuperuojama elektros energija i tinklą per 1h						3.19
Bendra rekuperuojama elektros energija i tinklą per darbo pamaina (8h)						25.53
Bendra rekuperuojama elektros energija į tinklą per 1 metus						6458.07
Bendra rekuperuojama elektros energija i tinklą per 1 metus dirbant po dvi pamainas (16h)						12916.15

2.3. MODERNIZUOTO ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ELEKTROS ĮRANGA

Modernizuojamam kranui vietoj senų asinchroninių su faziniu rotoriumi el. variklių, parinkti nauji aukšto efektyvumo asinchroniniai trumpai jungtu rotoriumi varikliai. Parenkant el. variklius atsižvelgta į sukimo momentą, tačiau jeigu pavara maitinama iš dažnio keitiklio galima parinkti el. variklį mažesnio sukimo momento negu buvusioje pavaroje be dažnio keitiklio. Nors asinchroniniai trumpai jungtu rotoriumi el. varikliai paprastesni savo konstrukcija ir reikalauja mažiau kvalifikuoto personalo priežiūros, tačiau pagal galią jų sukimo momentas yra mažesnis lyginant su fazinių rotorijų turinčiu el. varikliu. Esamų ir parinktų el. variklių techniniai parametrai pateikti lentelėse.

2.4 lentelė. Esami kranų elektros el. varikliai

Tipas	El. variklio paskirtis	Kiekis vnt.	Nominali galia kW	Sukimosi dažnis aps/min	$\cos \varphi$	Naudingumo koeficientas η , %	Rotoriaus srovė A	Statoriaus srovė (400V) A	Maksimalus momentas Nm
MTF 412-8	Kėlimo mechanizmas	1	22	720	0,63	79	66	57	385
DMTF 012-6	Vežimėlio judėjimo mechanizmas	1	2,2	895	0,68	87	11,5	7,5	49
MTF 211-6	Važiuoklės judėjimo mechanizmas	4	7,5	945	0,65	87	23	16	142

2.5 lentelė. Parinkti modernizuoto kranų el. varikliai

Tipas	El. variklio paskirtis	Kiekis vnt.	Nominali galia kW	Sukimosi dažnis aps/min	Galios koeficientas $\cos \varphi$			Naudingumo koef. η			I_n A	$\frac{I_{pal}}{I_n}$	Maksimalus momentas Nm
					50%	75%	100%	50%	75%	100%			
W22	Kėlimo mechanizmas	1	30	735	0,66	0,77	0,83	93,3	93,3	93,2	43,5	7,4	390
W22	Vežimėlio judėjimo mechanizmas	1	3	960	0,6	0,7	0,77	80	83	83	6,8	5,3	30
W22	Važiuoklės judėjimo mechanizmas	4	11	970	0,65	0,77	0,83	87	88	88	21,9	5,8	109

Dažnio keitiklius elektros pavarų valdymui parinkimas atliekamas atsižvelgiant į pavaros tipą ir jos judesio charakteristikas. Parenkant šiuolaikinius dažnio keitiklius turi būti atsižvelgta į jų paskirtį [19]:

- pakrovimo- iškrovimo operacijoms;
- pakėlimo- transportavimo įrengimai;
- medžio apdirbimo įrengimai;
- pakavimo linijos;
- technologiniai įrengimai.

Prenkami dažnio keitikliai turi atitikti šias pagrindinės funkcijas ir charakteristikas:

- padidintas tikslumas veikiant pavarai mažoms apsvukoms ir pagerintos vektorinio valdymo dinaminės charakteristikos;
- lygiagretus variklių jungimas ir specialūs išvadai skaliariniam valdymui;
- tikslus greičio palaikymas ir elektros energijos taupymas;
- švelnus, be smūgių, nestabilių mechanizmų paleidimas;
- kėlimas padidintu greičiu;
- minimalus komandų reakcijos laikas ($2 \pm 0,5$) ms;
- tikslus greičio palaikymas nepriklausomai nuo apkrovos, naudojant sinchroninį variklį;
- variklio apsauga nuo virš įtampių;
- galimybė integruoti stabdymo modulį su energijos rekuperacija į tinklą.

Parinktų dažnio keitiklių pagrindiniai elektriniai parametrai pateikti 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Dažnio keitiklių parametrai

Kiekis vnt.	Funkcinė paskirtis	Dažnio keitiklio galia, kW	Naudingumo koeficientas η , %	Tinklas		Keitiklis		
				Maksimali srovė, A	Trumpo jungimo srovė, kA	Nominalinė srovė, A	Maksimali pereinamoji srovė, A	
				380V	480V			
1	Vežimėlio pavara	3	94	10,7	9	5	7,8	11,7
1	Važiuklės pavara	45	95	104	85	22	94	141
1	Kėlimo/nuleidimo pavarai (su rekuperatoriumi)	30	96	66	56	22	66	99

Šiuo metu siūloma daug įvairių firmų kranų valdymo įrangos. Pagrindiniai kranų valdymo būdai yra du - tai kranų valdymas iš kabinos ir valdymas nuotoliniu būdu, radijo bangomis.

Kranų valdymas radijo bangomis, nuotoliniu būdu. Radijo bangų distancinis valdymas, kranų operatoriui suteikia didelę laisvę judant, sudaro sąlygas jam pasirinkti geriausią matymo vietą kranų darbo zonoje ir efektyviausiai išnaudoti laiką. Radijo bangų distancinio valdymo sistemos komplektuojamos su valdymo svirtimi ar kompaktiniu siūstuvu. Šis radijo bangų distancinis valdymas yra tinkantis daugkartiniam veikimui, taip pat lygiagrečiai dirbantiems keliems kranams. Valdymo įranga skirta sijinių, tiltinių kranų nuotoliniam valdymui radijo bangomis.



2.3 pav. Kranų nuotolinio valdymo pultai ir jų jungimo schema

Kranų valdymas, operatoriaus valdymas iš kabinos, pulto pagalba. Valdymo pultai komplektuojami su kėdėmis. Pultai gali būti stacionarūs ir pasisukantys.



2.4 pav. Kranų valdymo pultas su kėde.

Atsižvelgus į elektrinio ožinio kranų darbo specifikas, jam turėtų būti parinktas stacionarus valdymo pultas su kėde arba ekonomiškėsnis variantas, pakeičiamas tik valdymo pultas.

2.4. ESAMO IR MODERNIZUOTO KRANŲ PATIKIMUMAS

Vertinant objekto patikimumą reikia atsižvelgti į tiriamo objekto techninį sudėtingumą, kuo sudėtingesnis technikos objektas, tuo didesnis pavojus, kad jis gali būti mažiau patikimas, lyginant su paprastesniu objektu. Atliekant projektavimą jau iš anksto turi būti apskaičiuotas jų patikimumas. Patikimumo skaičiavimams duomenys gaunami arba specialiais bandymais, arba statistiškai apdorojant eksploatacinius rodiklius. Daugeliu atveju bandymai atliekami ne visam objektui, nes tai brangu, o tik jo elementams.

Objekto elementai gali sugesti dėl kelių skirtingų priežasčių, gedimai gali būti įvairių tipų. Projektuojant gaminius, norint sumažinti iki minimumo būsimus gedimus, reikia būtinai atsižvelgti, išanalizuoti visus galimus elemento gedimo tipus, iširti jų priežastis ir numatyti priemones gedimams išvengti arba jų dažniui sumažinti.

Gedimai gali įvykti visose mašinos (įrengimo) darbo stadijoje, t.y. prisidirbimo, normalaus dilimo ir katastrofiško dilimo stadijose [11], [14].

Patikimumas skaičiuojamas taip:

$$\lambda = \frac{k}{T_{jr}}, \quad (2.4)$$

čia T_{jr} - veikimo laikas, h; k - įvykusių gedimų skaičius; λ - sutrikimų dažnis.

Dažnis, kurio metu sutrikimas įvyksta, apibrėžtame laiko intervale, vadinamas sutrikimų dažniu tame intervale. Koeficientas λ priklauso nuo įrengimo tipo ir yra duodamas žinyno arba apskaičiuojamas.

Jei įrenginys susideda iš n elementų, tai jo gedimo tikimybė per eksploatacijos laiką T bus,

$$G(t) = \frac{n_g}{n}, \quad (2.5)$$

čia: n_g - per T laiką sugedusių elementų skaičius.

Jeigu visu elementų patikimumas vienodas tada patikimumas skaičiuojamas taip:

$$P(t) = P_j(t) \quad (2.6)$$

Dauguma mašinų sudarytos ne tik iš mechaninių, bet ir iš elektrinių ir elektroninių elementų šiuo atveju skaičiuojama,

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \quad (2.7)$$

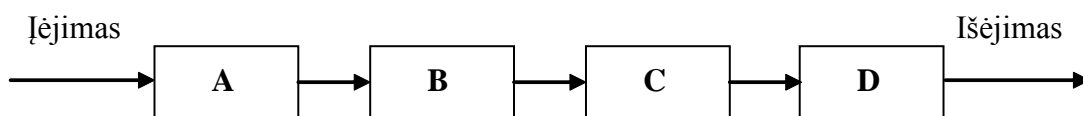
čia: P_1 - mechaninio elemento patikimumo tikimybė; P_2 - elektrinio elemento patikimumo tikimybė; P_3 - elektroninio elemento patikimumo tikimybė.

Negendamumo tikimybė skaičiuojama,

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2.8)$$

čia $R(t)$ - negendamumo tikimybė; λ - sutrikimų dažnis (dažniausiai $\lambda = \text{const}$).

Nuosekliai sujungtų elementų sistemos sudarytos iš sujungtų posistemių patikimumo radimas.



2.5 pav. Nuosekliai sujungtų posistemių sistema

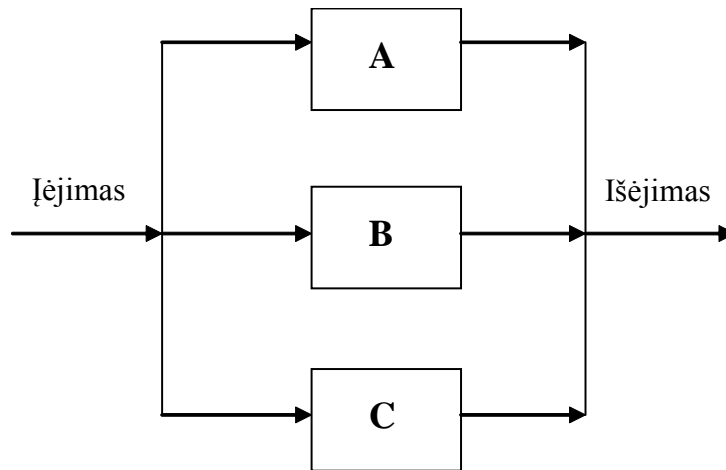
$$R_S = (R_A) \cdot (R_B) \cdot (R_C) \cdot (R_D), \quad (2.9)$$

čia R_S - sistemos patikimumas; R_{A-D} - posistemės patikimumas.

Teisingai veikiančių nuoseklių sistemų patikimumas randamas,

$$R_S = (e^{-\lambda_1 t}) \cdot (e^{-\lambda_2 t}) \cdot \dots \cdot (e^{-\lambda_n t}) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) t}, \quad (2.10)$$

Lygaiagrečiai sujungtų elementų sistemos sudarytos iš sujungtų posistemių patikimumo radimas.



2.6 pav. Lygiagrečiai sujungtų posistemių sistema

Lygiagrečiame tinkle patikimumas skaičiuojamas:

Jei tinklas susideda iš 2 komponentų.

$$R_S = R_A + R_B - R_A \cdot R_B. \quad (2.11)$$

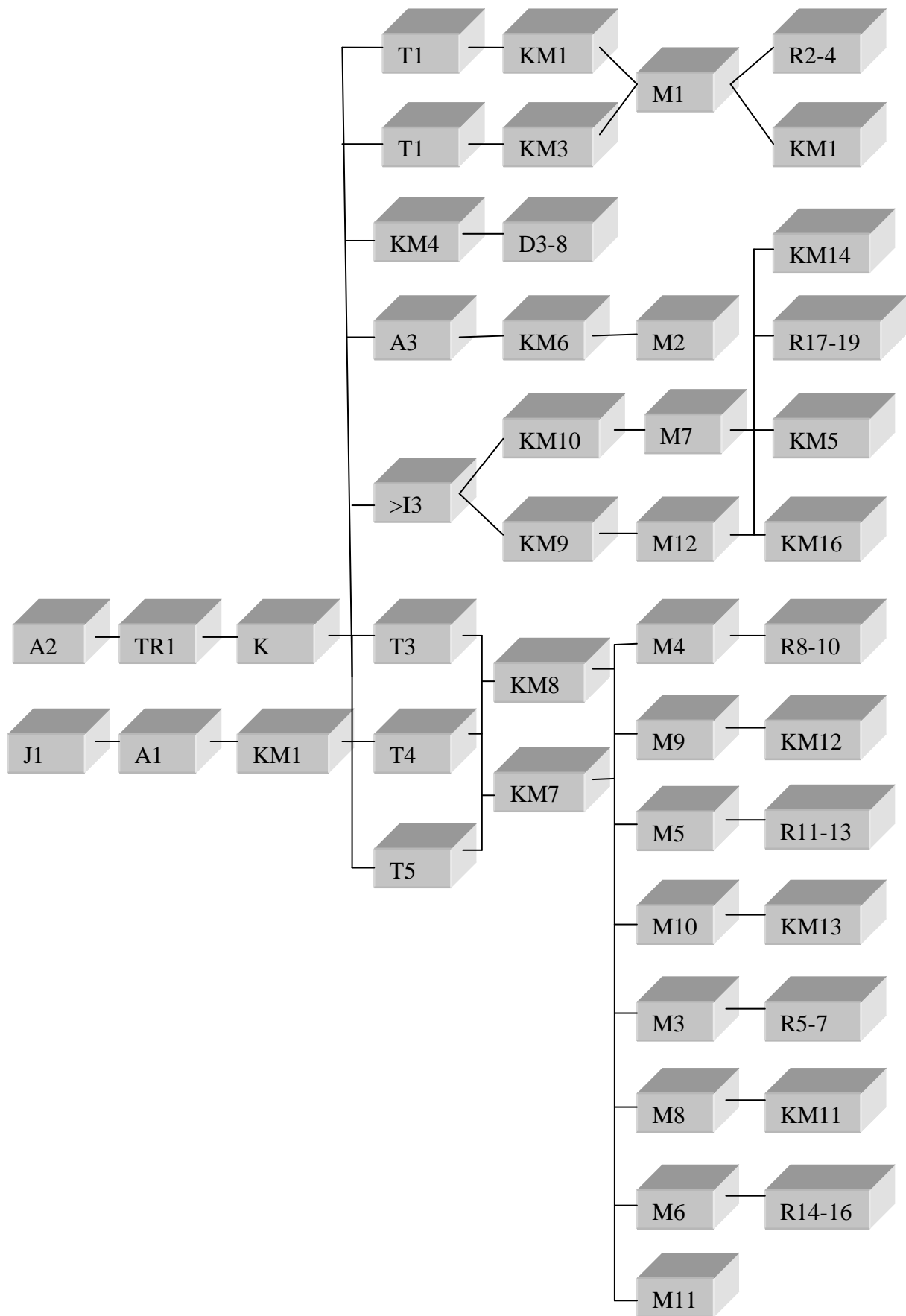
Jei tinklas susideda iš daugiau kaip 2 skirtingų komponentų.

$$R_S = 1 - (1 - R_A) \cdot (1 - R_B) \cdot (1 - R_C). \quad (2.12)$$

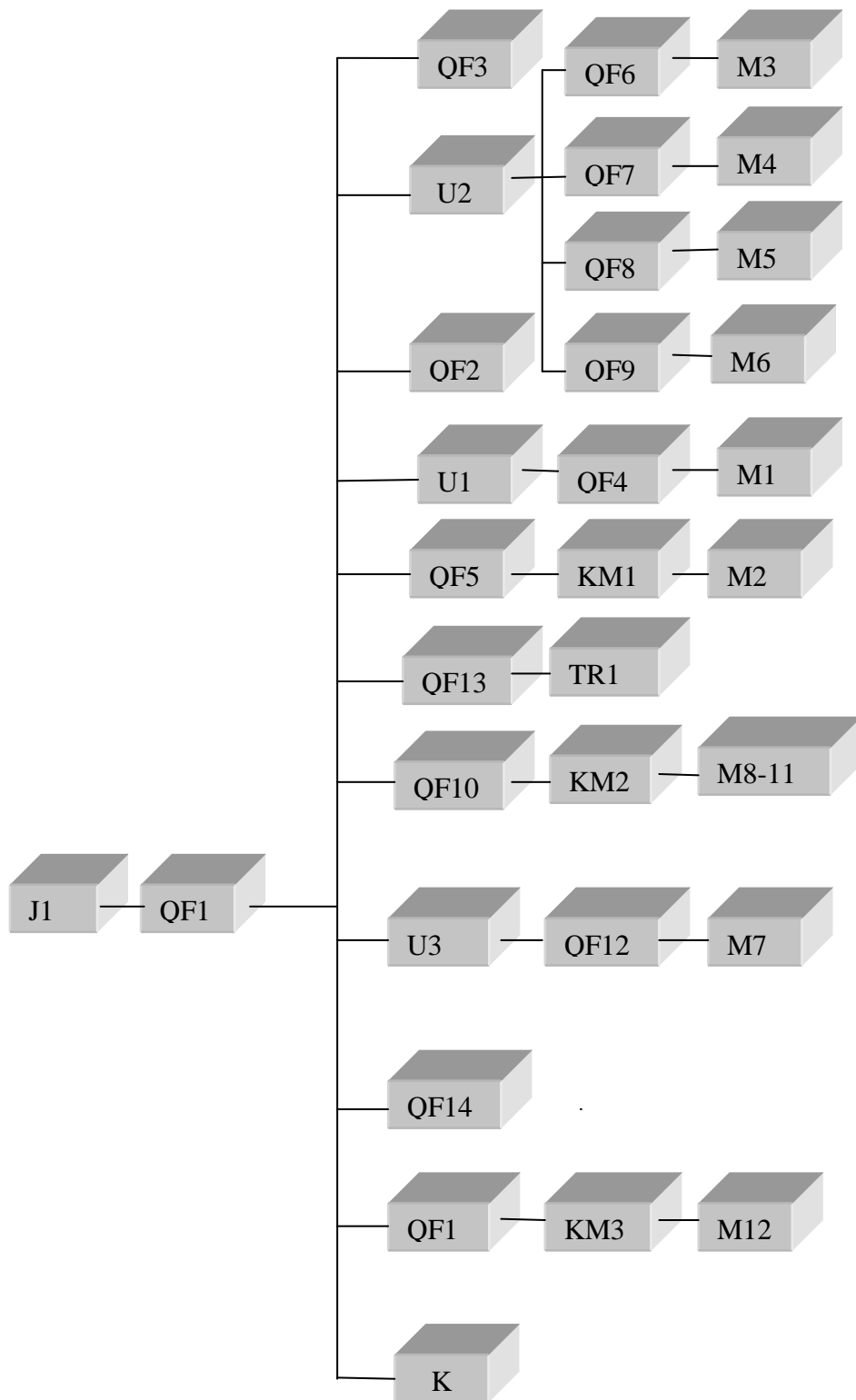
Jei tinklą sudaro n vienodų komponentų.

$$R_S = 1 - (1 - R_A)^n. \quad (2.13)$$

Skaičiuojant elektrinio ožinio krano negedimo tikimybę, visų pirma sudarome struktūrinę elementų schema, kad galėtumėme nustatyti, kaip elementai yra sujungti, nuosekliai ar lygiagrečiai. Po to sudarome lentelę, kurioje apskaičiuojame kiekvieno elemento negedimo tikimybę ir galiausiai, visos sistemos negedimo tikimybę. Lentelė sudaroma ir apskaičiuojama „Excel“ kompiuterinės programos pagalba



2.7 pav. Esamo krano elementų struktūrinė schema



2.8 pav. Modernizuoto kranų elementų struktūrinė schema

2.7 lentelė. Esamo kranio elementai ir jų žymėjimas

Elementas	Žymėjimas	Elementas	Žymėjimas
Kirtiklis	J1	Tilto variklis	M4
Automatinis jungiklis	A1	Tilto variklis	M5
Kontaktorius	KM1	Tilto variklis	M6
Kėlimo variklis	M1	Rezistorius	R5-R7
Diodų tiltelis	D3-D8	Rezistorius	R8-R10
Srovės transformatorius	T1	Rezistorius	R11-R13
Srovės transformatorius	T2	Rezistorius	R14-R16
Kontaktorius	KM2	Elektromagnetinis stabdis	M8
Kontaktorius	KM3	Elektromagnetinis stabdis	M9
Kontaktorius	KM4	Elektromagnetinis stabdis	M10
Kontaktorius	KM5	Elektromagnetinis stabdis	M11
Rezistorius	R2-R4	Vežimėlio variklis	M7
Kontaktorius	KM7	Srovės rėlė	>I3
Kontaktorius	KM8	Rezistorius	R17-R19
Kontaktorius	KM11	Elektromagnetinis stabdis	M12
Kontaktorius	KM12	Kontaktorius	KM9
Kontaktorius	KM13	Kontaktorius	KM10
Kontaktorius	KM14	Automatinis jungiklis	A3
Kontaktorius	KM15	Kontaktorius	KM6
Kontaktorius	KM16	Elektromagnetinis stabdis	M2
Srovės transformatorius	T3	Transformatorius	TR1
Srovės transformatorius	T4	Kontaktorius	A2
Srovės transformatorius	T5	Valdymo kontaktų grupė	K
Tilto variklis	M3		

2.8 lentelė. Modernizuoto kranio elementai ir jų žymėjimas

Elementas	Žymėjimas	Elementas	Žymėjimas
Kirtiklis	J1	Elektromagnetinis stabdis	M11
Automatinis jungiklis	QF1	Vežimėlio variklis	M7
Kėlimo variklis	M1	Elektromagnetinis stabdis	M12
Tilto variklis	M3	Elektromagnetinis stabdis	M2
Tilto variklis	M4	Transformatorius	TR1
Tilto variklis	M5	Dažnio keitiklis	U1
Tilto variklis	M6	Dažnio keitiklis	U2
Elektromagnetinis stabdis	M8	Dažnio keitiklis	U3
Elektromagnetinis stabdis	M9	Automatinis jungiklis	QF12
Elektromagnetinis stabdis	M10	Automatinis jungiklis	QF13
Automatinis jungiklis	QF2	Automatinis jungiklis	QF14
Automatinis jungiklis	QF3	Kontaktorius	KM1
Automatinis jungiklis	QF4	Kontaktorius	KM2
Automatinis jungiklis	QF5	Kontaktorius	KM3
Automatinis jungiklis	QF6	Valdymo panelė	K
Automatinis jungiklis	QF7		
Automatinis jungiklis	QF8		
Automatinis jungiklis	QF9		
Automatinis jungiklis	QF10		
Automatinis jungiklis	QF11		

2.9 lentelė. Esamo kranų teorinis patikimumas

Elementas	Esamo kranų teorinis patikimumas												
	Žymėjimas	Vidutinis gedimų greitis [gedimai /10 ⁶ h]	Patikimumas, R(t)										
			1000 h	5000h	10000h	15000h	30000h	52000h	54000h	56000h	58000h	60000h	200000h
Kirtiklis	J1	0.25	1.000	0.999	0.998	0.996	0.993	0.987	0.987	0.986	0.986	0.985	0.951
Automatinis jungiklis	A1	0.25	1.000	0.999	0.998	0.996	0.993	0.987	0.987	0.986	0.986	0.985	0.951
Kontaktorius	KM1	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kėlimo variklis	M1	11.2	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Diodų tiltelis	D3-D8	0.5	1.000	0.998	0.995	0.993	0.985	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.905
Srovės transformatorius	T1	2.08	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660
Srovės transformatorius	T2	2.08	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660
Kontaktorius	KM2	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM3	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM4	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM5	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Rezistorius	R2-R4	0.800	0.999	0.996	0.992	0.988	0.976	0.959	0.958	0.956	0.955	0.953	0.852
Kontaktorius	KM7	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM8	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM11	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM12	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM13	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM14	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM15	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM16	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Srovės transformatorius	T3	2.08	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660
Srovės transformatorius	T4	2.08	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660
Srovės transformatorius	T5	2.08	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660

2.9 lentelės. Tęsinys

Tilto variklis	M3	11.2	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M4	11.2	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M5	11.2	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M6	11.2	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Rezistorius	R5-R7	0.800	0.999	0.996	0.992	0.988	0.976	0.959	0.958	0.956	0.955	0.953	0.852
Rezistorius	R8-R10	0.800	0.999	0.996	0.992	0.988	0.976	0.959	0.958	0.956	0.955	0.953	0.852
Rezistorius	R11-R13	0.800	0.999	0.996	0.992	0.988	0.976	0.959	0.958	0.956	0.955	0.953	0.852
Rezistorius	R14-R16	0.800	0.999	0.996	0.992	0.988	0.976	0.959	0.958	0.956	0.955	0.953	0.852
elektromagnetinis stabdis	M8	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
elektromagnetinis stabdis	M9	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
elektromagnetinis stabdis	M10	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
elektromagnetinis stabdis	M11	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Vežimėlio variklis	M7	11.2	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Srovės rėlė	>I3	0.3	1.000	0.999	0.997	0.996	0.991	0.985	0.984	0.983	0.983	0.982	0.942
Rezistorius	R17-R19	0.800	0.999	0.996	0.992	0.988	0.976	0.959	0.958	0.956	0.955	0.953	0.852
elektromagnetinis stabdis	M12	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Kontaktorius	KM9	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM10	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Automatinis jungiklis	A3	0.25	1.000	0.999	0.998	0.996	0.993	0.987	0.987	0.986	0.986	0.985	0.951
Kontaktorius	KM6	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
elektromagnetinis stabdis	M2	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Transformatorius	TR1	2.08	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660
Kontaktorius	A2	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Valdymo kontaktų grupė	K	0.25	1.000	0.999	0.998	0.996	0.993	0.987	0.987	0.986	0.986	0.985	0.951
Bendra teorinė patikimumo tikimybė, R(t)			0.9986	0.9928	0.9848	0.9761	0.9478	0.9035	0.8994	0.8954	0.8914	0.8873	0.6442

2.10 lentelė. Modernizuoto kranų teorinis patikimumas

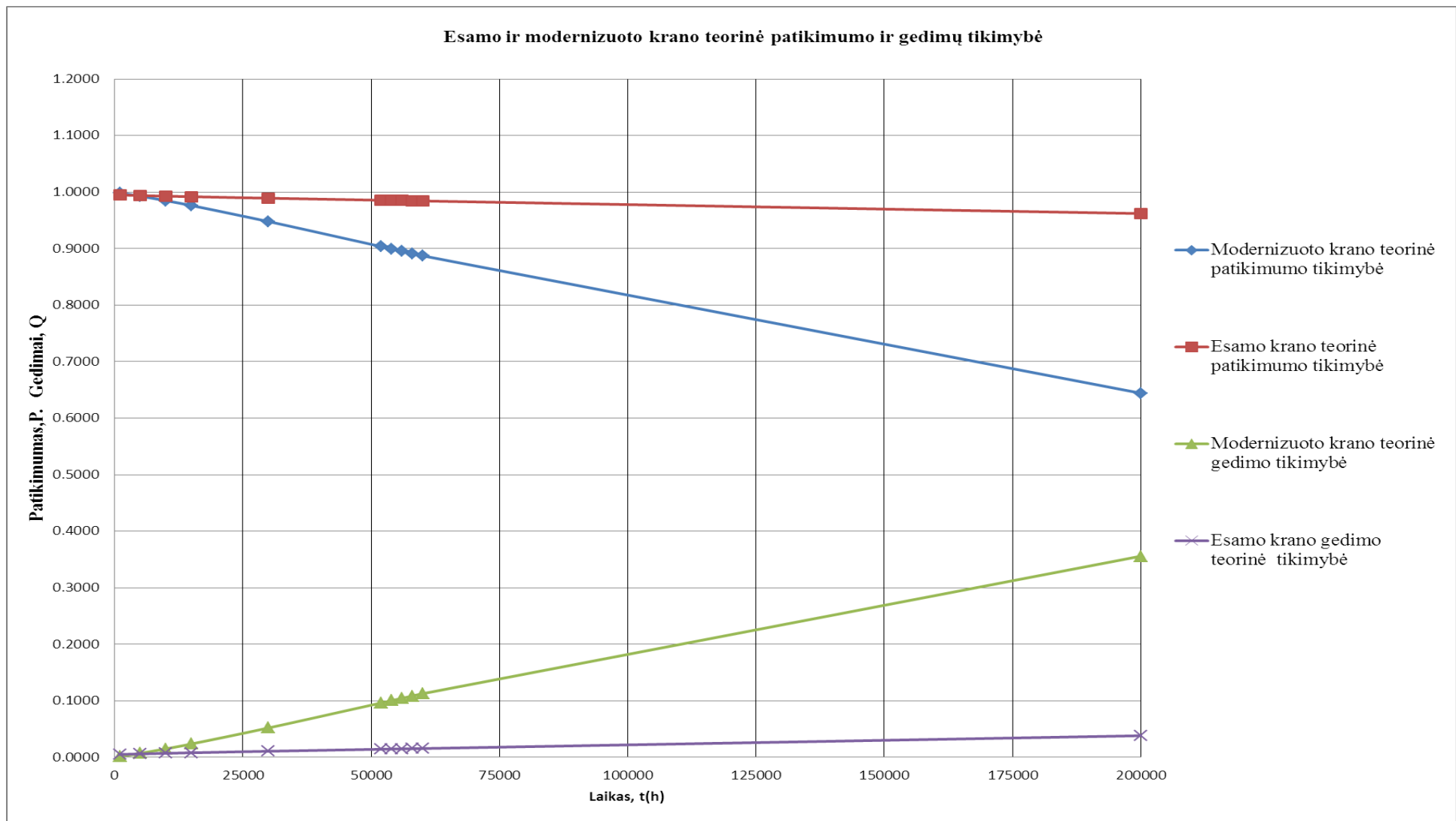
Modernizuoto kranų teorinis patikimumas													
	Žymėjimas	Vidutinis gedimų greitis [gedimai /10 ⁶ h]	Patikimumas, R										
			1000 h	5000h	10000h	15000h	30000h	52000h	54000h	56000h	58000h	60000h	200000h
Kirtiklis	J1	0.100	1.000	1.000	0.999	0.999	0.997	0.995	0.995	0.994	0.994	0.994	0.980
Automatinis jungiklis	QF1	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Kėlimo variklis	M1	11.200	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M3	11.200	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M4	11.200	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M5	11.200	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Tilto variklis	M6	11.200	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
elektromagnetinis stabdis	M8	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
elektromagnetinis stabdis	M9	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
elektromagnetinis stabdis	M10	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Automatinis jungiklis	QF2	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF3	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF4	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF5	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF6	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF7	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF8	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Elektromagnetinis stabdis	M11	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Vežimėlio variklis	M7	11.200	0.989	0.946	0.894	0.845	0.715	0.559	0.546	0.534	0.522	0.511	0.106
Elektromagnetinis stabdis	M12	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Elektromagnetinis stabdis	M2	1.100	0.999	0.995	0.989	0.984	0.968	0.944	0.942	0.940	0.938	0.936	0.803
Transformatorius	TR1	2.080	0.998	0.990	0.979	0.969	0.940	0.897	0.894	0.890	0.886	0.883	0.660
Dažnio keitiklis	U1	100.000	0.905	0.607	0.368	0.223	0.050	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.000
Dažnio keitiklis	U2	100.000	0.905	0.607	0.368	0.223	0.050	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.000
Dažnio keitiklis	U3	100.000	0.905	0.607	0.368	0.223	0.050	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.000

2.10 lentelės. Tęsinys

Valdymo panelė	X	0.250	1.000	0.999	0.998	0.996	0.993	0.987	0.987	0.986	0.986	0.985	0.951
Automatinis jungiklis	QF9	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF10	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF11	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF12	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF13	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Automatinis jungiklis	QF14	0.070	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.986
Kontaktorius	KM1	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM2	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Kontaktorius	KM3	0.852	0.999	0.996	0.992	0.987	0.975	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.843
Bendra teorinė patikimumo tikimybė, R(t)			0.9948	0.9939	0.9928	0.9918	0.9891	0.9856	0.9853	0.9849	0.9846	0.9843	0.9617

2.11 lentelė. Apibendrinti patikimumo duomenys

Apibendrinti patikimumo duomenys												
Laikas, t (h)	1000	5000	10000	15000	30000	52000	54000	56000	58000	60000	200000	
Esamo kranų vidutinė teorinė patikimumo tikimybė, R	0.9986	0.9928	0.9848	0.9761	0.9478	0.9035	0.8994	0.8954	0.8914	0.8873	0.6442	
Modernizuoto kranų vidutinė teorinė patikimumo tikimybė, R	0.9948	0.9939	0.9928	0.9918	0.9891	0.9856	0.9853	0.9849	0.9846	0.9843	0.9617	
Esamo kranų vidutinė teorinė gedimo tikimybė, Q	0.0014	0.0072	0.0152	0.0239	0.0522	0.0965	0.1006	0.1046	0.1086	0.1127	0.3558	
Modernizuoto kranų vidutinė teorinė gedimo tikimybė, Q	0.0052	0.0061	0.0072	0.0082	0.0109	0.0144	0.0147	0.0151	0.0154	0.0157	0.0383	
Esamo kranų vidutinė realus patikimumas, R	-	-	-	-	-	0.9825	0.9782	0.9574	0.9506	0.9237	-	
Esamo kranų vidutiniai realūs gedimai, Q	-	-	-	-	-	0.0175	0.0218	0.0426	0.0494	0.0763	-	
Modernizuoto kranų teorinis patikimumas lyginant su esamu, kartais	0.26	1.18	2.12	2.92	4.81	6.69	6.82	6.95	7.07	7.18	9.29	
Vidutinis modernizuoto kranų teorinis patikimumas lyginant su esamu, kartais	5											

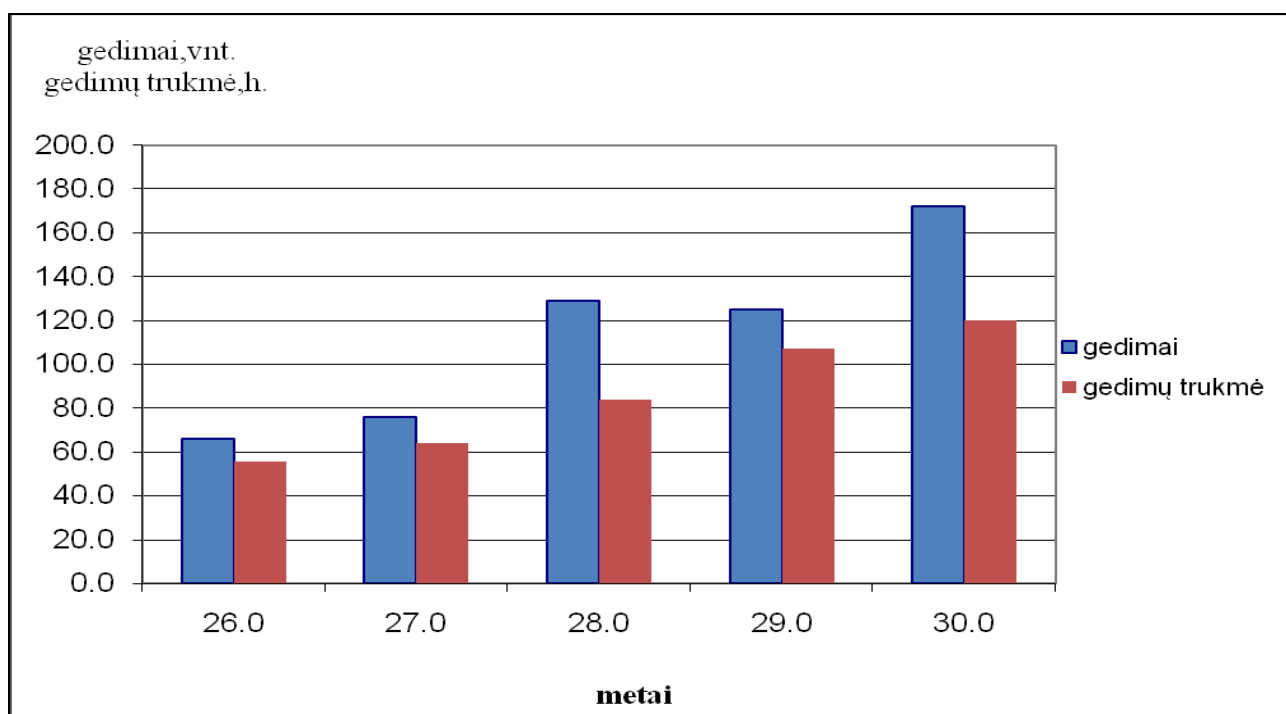


2.9 pav. Esamo ir modernizuoto krano teorinė patikimumo ir gedimų teorinė tikimybė

Esamo kranų gedimai registruoti pamainų žurnale, surašyti 2.12 lentelėje. Gedimų skaičiaus ir gedimų laiko priklausomybė nuo kranų eksploatavimo laikotarpio pavaizduota 2.10 pav.

2.12 lentelė. Esamo kranų registruoti gedimai

Metai	Darbo laikotarpis, mėn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Viso laikas, t (h)
21	Gedimų skaičius, vnt.	12.0	3.0	9.0	5.0	8.0	0.0	5.0	4.0	6.0	8.0	3.0	3.0	66.0
	Gedimų trukmė, h	6.0	2.5	3.0	4.5	5.0	0.0	1.5	4.5	3.5	8.5	2.5	14.0	55.5
22	Gedimų skaičius, vnt.	14.0	3.0	2.0	9.0	1.0	10.0	3.0	8.0	5.0	12.0	6.0	3.0	76.0
	Gedimų trukmė, h	8.5	3.5	4.0	4.0	1.0	5.0	5.5	10.0	7.5	3.0	4.0	8.0	64.0
23	Gedimų skaičius, vnt.	14.0	16.0	10.0	9.0	3.0	9.0	5.0	8.0	17.0	16.0	14.0	8.0	129.0
	Gedimų trukmė, h	5.5	4.5	5.0	7.0	2.5	8.0	5.5	14.0	2.0	11.5	6.5	12.0	84.0
24	Gedimų skaičius, vnt.	8.0	9.0	14.0	12.0	16.0	16.0	4.0	12.0	3.0	12.0	5.0	14.0	125.0
	Gedimų trukmė, h	12.0	3.5	9.5	6.5	12.0	8.5	4.0	8.0	7.5	12.5	5.0	18.0	107.0
25	Gedimų skaičius, vnt.	26.0	6.0	10.0	16.0	20.0	10.0	16.0	22.0	10.0	19.0	8.0	9.0	172.0
	Gedimų trukmė, h	14.5	20.0	5.0	12.0	12.5	2.0	9.0	12.0	4.0	11.0	16.0	2.0	120.0



2.10 pav. Esamo ožinio kranų gedimų ir jų trukmės priklausomybė nuo darbo laiko metais

2.5. ELEKTRINIO OŽINIO KRANO ENERGETINIO EFEKTYVUMO VERTINIMAS

Vertinant esamo elektrinio ožinio kranu energetinio efektyvumo galimybes galima teigti, kad yra nemažas modernizavimo potencialas, tuo pačiu ir efektyvumo gerinimas. Elektros įranga yra pasenusi, naudojama daug įrengimų su kontaktais, kas padidina grandinių varžą, o tuo pačiu ir energijos nuostolius, o be to, šie įrengimai yra seni. Kranu stambiausi elektros energijos vartotojai yra elektros pavaros, jų naudingumas turi didžiausią įtaką energetiniams rodikliams. Kranu pavarose naudojami trifaziai asinchroniniai elektros varikliai su faziniu rotoriumi, jų laipsniškas greičio reguliavimas, pereinamųjų procesų metu, sąlygoja didelius srovės šuolius. Krovinių nuleidimo metu stabdymui naudojamas dinaminis stabdymas, stabdymo metu elektros energija paverčiama šiluma, kas sudaro nemažus elektros energijos nuostolius apie 17%.

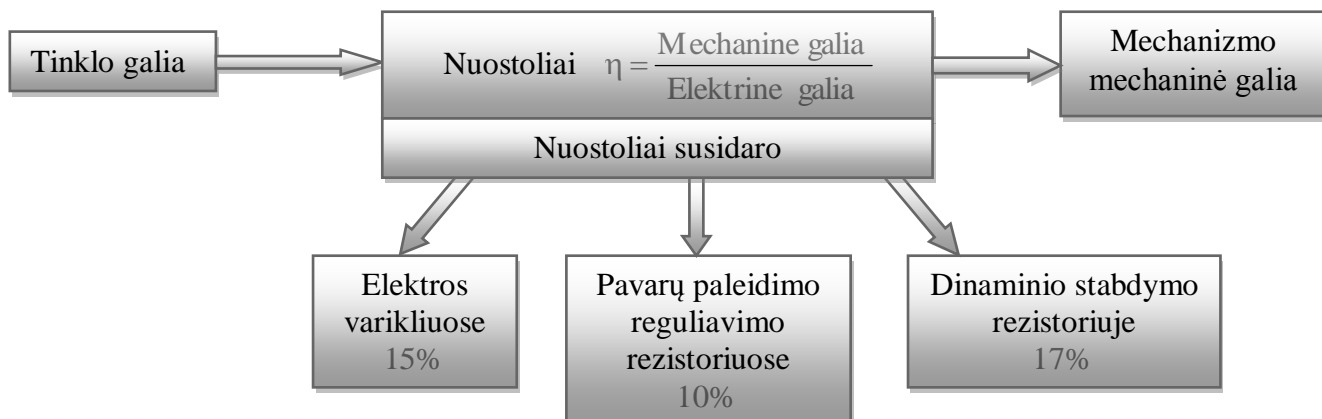
Vertinant modernizuoto elektrinio ožinio kranu energetinį efektyvumą galima teigti, kad pakeitus esamus elektros įrenginius naujais, padidėja patikimumas. Pakeistas pavarų valdymas, panaudojant dažnio keitiklius sumažina ne tik mechaninius smūgius, bet ir srovės šuolius paleidimo metu. Sumontuotas rekuperacinis blokas sutaupo apie 17%, o nebenaudojant paleidimo reguliavimo rezistorių sutaupoma dar apie 10% elektros energijos lyginant su esamu kranu. Tačiau reikia įvertinti ir modernizacijos kainą, bei laikotarpį, per kurį šis projektas atsipirktų.

Žinant apytikslę kranu modernizacijos kainą ir vidutinę rekuperuojamą elektros energijos kiekį į tinklą, galima apskaičiuoti investicijų atsipirkimo laikotarpį [10]. Duomenys pateikti lentelėje 2.1

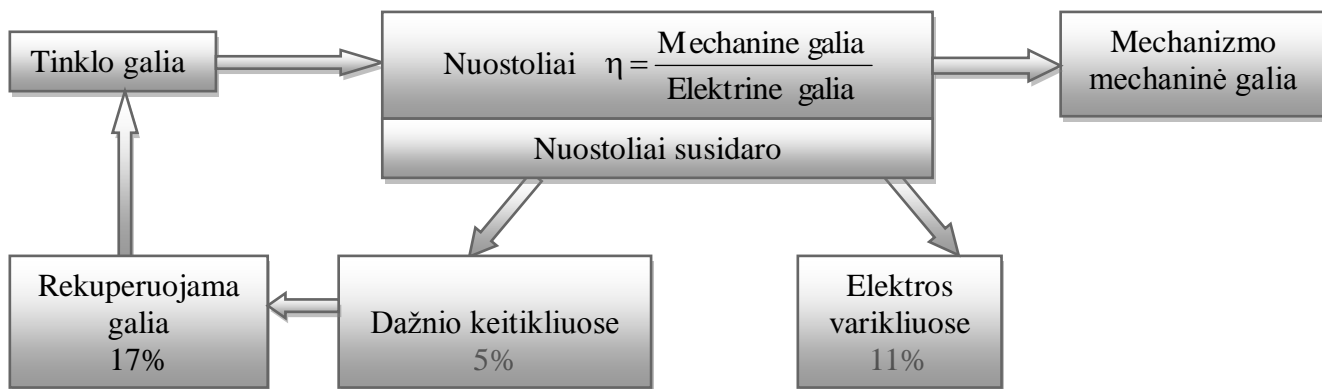
2.13 lentelė. Investicijų atsipirkimo laikotarpis

Elektros energijos kaina Lt.	0.4
Rekuperuotos elektros energijos kaina per 1 metus, Lt.	2583.23
Modernizacijos kaina, Lt.	122744.60
Dažnio keitiklio su rekuperatoriumi kaina, Lt.	12300
Dažnio keitiklio su rekuperatorium atsipirkimas, metais.	4.76
Sutaupyta elektros energija nenaudojant paleidimo reguliavimo rezistorių per metus kWh (10% nuo išmatuotos galios)	3870
Sutaupytos elektros energijos kaina nenaudojant paleidimo reguliavimo rezistorių per 1 metus Lt.	1548
Atsipirkimo laikas, metais (vertinat tik rekuperuojama ir nesunaudota reguliavimo rezistorių galią)	27,71
Esamo kranu išmatuota suvartota elektros energija, kWh	153
Modernizuoto kranu sutaupyta elektros energija įvertinat dinaminę varžą ir rekuperuota galią, %	16,71

Visi duomenys pateikti lentelėje panaudoti atlikus ankstesnius skaičiavimus. Skaičiavimuose neįvertintas esamo kranu pavarų darbo metu atsirandantis dažnas kartotinis paleidinėjimas. Šie pereinamieji procesai yra dažnai kintantys ir nevienodi, todėl be specialios įrangos išmatuoti neįmanoma.



2.11 pav. Esamo kranu nuostoliai



2.12 pav. Modernizuoto kranu nuostoliai

Paveikslėliuose 2.11 ir 2.12 pavaizduota, kuriose elektrinio ožinio kranu elektrinėse dalyse susidaru didžiausi elektros energijos nuostoliai.

2.14 lentelė. Krano modernizacijos investicijų suma

Eil.Nr.	Elektros įrenginio pavadinimas	Elektros įrenginio tipas	Kiekis, vnt.	Kaina, Lt./vnt.	Kaina, Lt
1	Dažnio keitiklis	Altivar 71 - 45kW	1	16560	16560
2	Dažnio keitiklis (su rekuperatoriumi)	FRA-741 - 30 kW	1	12300	12300
3	Dažnio keitiklis	Altivar 31 - 3kW	1	3828	3828
4	Elektros variklis	W22-DF225S/M -30kW	1	4300	4300
5	Elektros variklis	W22-DF132M - 3 kW	1	890	890
6	Elektros variklis	W22-DF180L - 11kW	4	1860	7440
7	Automatinis jungiklis	B 6 230/400V AC-6A	3	12	36
8	Automatinis jungiklis	C 13 230/400V AC-13A	1	37	37
9	Automatinis jungiklis	C 16 230/400V AC-16A	5	37.9	265.3
10	Automatinis jungiklis	C 32 230/400V AC-32A	4	85	340
11	Automatinis jungiklis	C 63 230/400V AC-63A	1	220	220
12	Automatinis jungiklis	TS250N, In =250A 50kA	1	957	957
13	Kirtiklis	VC2P 3x250A	1	360	360
14	Kontaktorius	A16-30-10 16A 400V	5	105	525
15	Galiniai jungikliai	MP1202 10A/660VAC	6	19	114
16	Valdymo panelė		1	3200	3200
Viso apytikslė įrenginių kaina, Lt.					51372.3
Viso apytikslė kabelių, laidų ir montažinių medžiagų kaina, Lt.					10000
Viso vidutinė montuotojų kaina, Lt.					10000
Viso					122744.6

2.6. GALIMI KRANO PRASTOVOS NUOSTOLIAI

Modernizuojant esamą ožinį kraną būtina atsižvelgti ne tik į elektros energijos sąnaudų sumažinimą, bet ir reikia įvertinti galimus nuostolius, susijusius su prastovomis ir, dėl to patiriamais nuostoliais. Modernizavus esamą kraną, sumažinamas gedimų dažnis, o tuo pačiu ir gedimų skaičius, atitinkamai sumažėja ir prastovos dėl gedimų.

Šio ožinio kranų pagalba yra apytiksliai pakraunama apie 80% visos produkcijos, tad gedimai gali turėti didelės įtakos produkcijos pristatymui užsakovui numatytu laiku. Bauda už nepristatytą laiku krovinį, nustatyta tvarka yra 0,02% per dieną, priklausomai nuo užsakovo, gali kisti 0,01-0,05%, o išimtiniais atvejais, jei projektas finansuojamas Europos Sąjungos lėšų, gali būti ir 0,3% per dieną.

Modernizuoto kranų apytikslius nuostolius paskaičiuojami remiantis gedimo tikimybės teoriniu skaičiavimu (lentelė 2.11), kuris yra apie 5 kartus mažesnis, negu esamo kranų.

2.15 lentelė. Esamo krano prastovos nuostoliai, jei nebūtų pristatyta produkcija

Esamo krano prastovos nuostoliai jeigu nebūtų pristatyta produkcija dėl prastovos									
Krano eksploatacijos metai	Vidutinė krovinių apyvarta per metus, Lt.	10000000	20000000	30000000	40000000	50000000	60000000	70000000	80000000
	Vidutinė apyvarta per, h	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000
26.0	Vidutiniai prastovos nuostoliai įvertinus gedimo tikimybę ir baudą už nepristatytą produkcija 0,02%, Lt /8h	5550	11100	16650	22200	27750	33300	38850	44400
27.0		6400	12800	19200	25600	32000	38400	44800	51200
28.0		8400	16800	25200	33600	42000	50400	44800	67200
29.0		10700	21400	32100	42800	53500	64200	74900	85600
30.0		12000	24000	36000	48000	60000	72000	84000	96000

2.16 lentelė. Modernizuoto krano prastovos nuostoliai, jei nebūtų pristatyta produkcija

Modernizuoto krano prastovos nuostolių teorinė tikimybė, jeigu nebūtų pristatyta produkcija dėl prastovos									
Krano eksploatacijos metai	Vidutinė krovinių apyvarta per metus, Lt.	10000000	20000000	30000000	40000000	50000000	60000000	70000000	80000000
	Vidutinė apyvarta per, h	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000
26.0	Vidutiniai prastovos nuostoliai įvertinus gedimo tikimybę ir baudą už nepristatytą produkcija 0,02%, Lt/8	950	1901	2851	3801	4752	5702	6652	7603
27.0		1096	2192	3288	4384	5479	6575	7671	8767
28.0		1438	2877	4315	5753	7192	8630	10068	11507
29.0		1832	3664	4315	7329	9161	10993	12825	14658
30.0		2400	4800	7200	8219	12000	12329	16800	19200

IŠVADOS

1. Esamo elektrinio ožinio kranų įranga yra pasenusi. Šio kranų pavarose naudojami asinchroniniai su faziniu rotoriumi elektros varikliai, kurių paleidimui ir greičio reguliavimui naudojami rezistoriai. Norint reguliuoti elektros variklio greitį į rotoriau grandinę įjungiamos kelių pakopų varžos. Kranų valdymui naudojami kontroleriai, kuriuose komutuojamos gana nemažos srovės. Nuleidžiant krovinį naudojamas dinaminio stabdymo metodas, kurio metu stabdymo energija, šilumos pavidalu išsklaidoma stabdymo rezistoriuje.

2. Modernizuotame kranė parinktos šiuolaikinės pavaros valdymo technologijos. Panaudoti tiesioginio vektorinio valdymo dažnio keitikliai. Pavarose parinkti asinchroniniai trumpai jungtu rotoriumi elektros varikliai. Krovinio elektros pavaros valdymui naudojamas dažnio keitiklis su rekuperatoriniu bloku. Parinktas naujas ergonomiškas valdymo pultas su kėde. Valdymas atliekamas vairalazdžių pagalba, nes komutuojamos mažos srovės.

3. Esamam kranui buvo išmatuotos elektros energijos sąnaudos. Išmatuotas pavarų darbo ciklų skaičius ir darbo laikas. Apskaičiuota galia, kurią suvartoja paleidimo ir dinaminio stabdymo rezistoriai. Aprašyti elektros variklių paleidimo rezistorių pagrindiniai parametrai. Modernizuotam kranui buvo aprašyti visų parinktų elektros įrengimų parametrai.

4. Vertinat energetinį efektyvumą apskaičiuota, kiek elektros energijos galima sutaupyti modernizuojant elektros pavaras ir aparatus. Panaudojus rekuperatorių vietoj dinaminio stabdymo varžos sutaupoma apie 17% energijos, 10% energijos sutaupoma nenaudojant paleidimo reguliavimo rezistorių.

5. Sudarius esamo ir modernizuoto kranų elementų struktūrines schemas ir apskaičiavus patikimumą galima teigti, kad modernizuotas kranas už esamą yra apie 5 kartus patikimesnis.

Atlikus visus skaičiavimus ir matavimus galima teigti, kad modernizuotas kranas už esamą kraną yra:

- lengviau ir tiksliau pozicionuojamas;
- daug mažesni smūgiai mechaninėms pavaros dalims, nes pavara švelniai išsibėgėja;
- 5 kartus didesnis vidutinis teorinis patikimumas, nes sumažėja kontaktinių valdymo ir reguliavimo įrenginių skaičius;
- vidutiniškai apie 22 % mažiau naudoja elektros energijos. Įvertinus kad dažnio keitikliuose gaunami 5% elektros energijos nuostoliai;
- didesnis darbo našumas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Driven by efficiency. [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. kovo 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.portstrategy.com/features101/port-operations/cargo-handling/crane-components/driven_by_efficiency>.
2. Hybrid Container Cranes Use Lithium-Ion Batteries to Save 60% of Fuel [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.treehugger.com/clean-technology/hybrid-container-cranes-use-lithium-ion-batteries-to-save-60-of-fuel.html>>.
3. Optimized control functions improve the energy efficiency of crane drives [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2009/drive_technologies/idt2009112307.htm>.
4. И.И., Абрамович; И.И., Котелников; Г.А. Козловые краны общего назначения. Москва, 1983. 232 p. ISBN 5-217-00286-7.
5. GEČYS, Steponas; KALVAITIS, Artūras; SMOLSKIS, Pranas. Elektros mašinos I dalis. Kaunas, 2010. 209 p. ISBN 978995525722.
6. GEČYS, Steponas; KALVAITIS, Artūras; SMOLSKIS, Pranas. Elektromechanika. Kaunas, Technologija. 2010, perspausdinta: 2011. 229 p. ISBN 9789955258735.
7. D, Jutkevičius. Kėlimo įrenginiai. Studijos. Vilnius, 1992. 193, p. : ISBN:5420001519.
8. M. G. Čilikinas, M M. Sokolovas, V. M. Terechovas, A. V. Šinianskas. Automatizuotu elektros pavarų pagrindai. Vilnius, 1978. 193p. ISBN:5420001519.
9. МОСКАЛЕНКО, Владимир Валентинович. Электрический привод. Учебное пособие. Москва, 2000. 366 с. ISBN 5-294-00032-6.
10. Taikomoji ekonomika: sisteminiai tyrimai=Applied economics: systematic research.- Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, 2007. 172 p.
11. Gečys, Steponas. Elektros mašinų patikimumas ir eksploatacija. Kaunas, 2011. 268, p:
12. ISBN:7020152.
13. Navickas, Algimantas. Elektros energetikos sistemų patikimumas. Kaunas, 2006. 206, p :ISBN 9789955251958 .
14. Steponas Gečys. Elektros mašinų patikimumas ir eksploatacija. Kaunas, 2005.
15. Balaišis P., Eidukas D. Elektroninių įtaisų eksploatacija. Kaunas: Technologija, 2000.
16. РосДилер-Электро - электродвигатели, крановые электродвигатели [žiūrėta 2011 m. kovo 25 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.rosdiler-electro.ru/>>.

17. Крановые короткозамкнутые и с фазным ротором электродвигатели [žiūrėta 2012 m. gegužės 2 d.]. < http://www.rosdiler-electro.ru/katalog/dwig_kran.html>.
18. [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. kovo 12 d.]. Prieiga per internetą:<<http://www.elstila.lt>>.
19. [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. balandžio 20 d.].Prieiga per internetą:<http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2009/drive_technologies/idt2009112307.htm>.
20. V. Geleževičius, K. Kriščiūnas, V. Kubilius. Elektros pavarų valdymo sistemos. Vilnius: Mokslas, 1990. 357 p.: ISBN:5420002884.
21. Ключев В. И. Теория электропривода: Учебник для вузов. - М.:Энергоатомиздат, 1985. - 560 с. ISBN 5-06-003595-6.
22. Technical guide to variable speed drives. [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.abb.com/>>.

PRIEDAI