



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
ELEKTROENERGEETIKA INSTITUUT

Autoremondi ettevõtte elektrivarustus

Elektroenergeetika õppekava

Kõrgepingetehnika õppetool

Magistritöö

Õppetooli juhataja	prof	J.Valtin
Juhendaja	prof	J.Valtin
Konsultandid (kui on)		
Lõpetaja		A.Bykov

Tallinn 2015

Autori deklaratsioon

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudile haridusastme lõpudiplomi taotlemiseks elektroenergeetika erialal. Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Lõpetaja (allkiri ja kuupäev) _____

Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Alexander Bykov	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Autoremondi ettevõtte elektrivarustus	
<i>Kuupäev:</i> 26.05.2015	73lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Energeetika	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika	
<i>Õppetool:</i> Kõrgepingetehnika õppetool	
<i>Töö juhendaja(d):</i> prof Juhan Valtin	
<i>Töö konsultant (konsultandid):</i>	
<i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Antud magistritöös on esitatud autoremondi tööstusettevõtte elektrivarustuse arvutuse ja projekteerimise meetoodika, mis kujutab endast arvutusi (arvutusliku koormuse määramine, kaablite ja kaitseaparatuuri valimine ja nende kontroll pingekaole ja lühisvoolule, tööstusettevõtte sisealajaama trafo valik, reaktiivvõimsuse kompenseerimine, valgustuse arvutus), elektripaigaldise projekteerimise aluseid (jõu-, valgustuspaigaldised, elektrikilbid) ning autoremondi ettevõtte elektripaigaldise maksumust. Meetoodika on esitatud hüpoteetilise autoremondi ettevõtte näitel, kus on arvestatud kõik heaks tööks vajalikud osakonnad ja seadmed.</p> <p>Töös on 4 peatükki: 1.peatükk on sissejuhatus, kus on esitatud autoremondi ettevõtte iseloomustus; 2.peatükk hõlmab autoremondi ettevõtte arvutusmeetoodikat; 3.peatükis on esitatud autoremondi ettevõtte elektrivarustuse projekteerimise ja paigalduse meetoodika (põhireeglid, paigalduse majanduslik arvutus) ning 4.peatükk kuulub sisse hüpoteetilise autoremondi ettevõtte näidisarvutusi vastavalt peatükile 2 ning arvutuste tulemustabeleid.</p> <p>Lisaks on töös olemas graafiline osa hüpoteetilise autoremondi ettevõtte elektrivarustuse projektiga (jõu- ja valgustusplaanid, elektrikilpide skeemid, potentsiaaliühtlustusskeem ja sisealajaama 0,4kV jaotla (PK peakilbi) elektriskeem) ja valgustuse arvutused.</p> <p>Antud lõputöö võib olla kasulik elektroenergeetika teaduskonna tudengitele, elektriprojekterijatele ning tööstusega tegelevatele elektriinseneridele.</p>	
<i>Märksõnad:</i> Autoremondi ettevõtte, siseelektrivarustus, arvutuslik koormus, töövalgustus, kaablid, kaitseaparatuur, pingekadu, lühised, trafo, projekteerimine	

Summary of the diploma work

<i>Author:</i> Alexander Bykov	<i>Kind of the work:</i> Master
<i>Title:</i> Vehicle repair company power supply	
<i>Date:</i> 26.05.2015	73 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>Faculty:</i> Power Engineering	
<i>Department:</i> Electrical Power Engineering	
<i>Chair:</i> High Voltage Engineering	
<i>Tutor(s) of the work:</i> prof Juhan Valtin	
<i>Consultant(s):</i>	
<p><i>Abstract:</i> The objective of this diploma work is to present vehicle repair company power supply methods of calculation and design which describe calculations (calculated load definition, selection of cables and protection equipment, their voltage drop and short circuit current control, internal substation power transformer selection, reactance power compensation, lightning calculation), basics of the electrical design (wiring and lighting installation, electrical switchboard) and cost of vehicle repair company power supply. The methodology is a hypothetical example of a vehicle repair company which includes all equipment and departments for successful work.</p> <p>The work consists of 4 chapters: Chapter 1 is an introduction, it contains characteristics of the vehicle repair company; Chapter 2 contains the vehicle repair company calculation methods; Chapter 3 includes the vehicle repair company power supply design (basic rules, price calculation of installation), and Chapter 4 presents a hypothetical vehicle repair company's calculation examples and calculations tables with results.</p> <p>In addition, there is a graphic part with a hypothetical vehicle repair company power supply project (wiring and lighting plans, schemes of the electrical switchboard, scheme of the potential balance and internal substation's scheme of the main switchboard (PK-switchboard) and lighting calculations</p> <p>This study work can be useful for students of the electrical engineering faculty, electrical designers and electrical engineers.</p>	
<i>Keywords:</i> Vehicle repair company, internal power supply system, rated load, workspace lighting, cables, protection equipment, voltage drop, short-circuit current, power transformer, design	

Sisukord

Autoremondi ettevõtte elektrivarustus.....	1
Lõputöö ülesanne.....	6
Teema põhjendus:	6
Töö eesmärk:.....	6
Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....	7
Lähteandmed:.....	7
Eessõna	8
Lühendite ja sümbolite loetelu	9
1. Sissejuhatus.....	10
1.1 Autoremondi ettevõtte iseloomustus.....	10
1.2 Autoremondi ettevõtte elektrivarustus (ülesande püstitus)	10
2. Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse arvutusmetoodika.....	12
2.1 Arvutusliku koormuse määramine	12
2.2 Elektrivalgustusvõrgu arvutus.....	14
2.2.1 Avariivalgustus.....	17
2.3 Koormuse jaotus elektrikilpide kaupa. Elektrikilpide arvu valik.....	18
2.3.1 Autoremondi ettevõtte seadmestik	18
2.3.2 Koormuse jaotus.....	19
2.4 Kaablite ja kaitseaparatuuri valik.....	21
2.4.1 Kaablite ristlõigete kontroll pingekaole.....	22
2.4.2 Kaitseaparatuuri rakendamise kontroll 1-faasilise lühisvoolu juhul	23
2.5 Sisealajaama trafo valik	25
2.6 Reaktiivvõimsuse kompenseerimiseks staatiliste kondensaatorite arvutus ja valik.....	25
3. Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse projekteerimise ja paigalduse meetoodika	27
3.1 Elektrivarustuse projekteerimise reeglid.....	27
3.1.1 Elektriprojekti koostamiseks vajalikud andmed.....	27
3.1.2 Elektriprojekti koostamise reeglid.....	27
3.1.3 Autoremondi ettevõtte elektripaigaldise teostamine	28
3.2 Piksekaitsesüsteemi projekteerimine	29
3.2.1 Potentsiaalide ühtlustuse projekteerimine	29
3.3 Autoremondi ettevõtte elektripaigaldise maksumus (majanduslik arvutus)	30
3.3.1 Autoremondi ettevõtte elektrienergia tarbimine aastas.....	34
4. Autoremondi ettevõtte arvutusnäidised ja tulemustabelid	36
4.1 Arvutuslikke koormuste määramine, kaitseaparatuuri ning kaabliteristlõigete valik ja kontroll	36
4.2 Valgustusvõrgu arvutusnäidis	42
4.3 Autoremondi ettevõtte arvutustulemuste tabelid	46
Kokkuvõte	70
Lisad	72
Lisa 1 Graafiline osa	72
Lisa 2 Autoremondi ettevõtte valgustusarvutused	73

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	Autoremondi ettevõtte elektrivarustus
Üliõpilane:	Alexander Bykov, 132251 AAVM
Lõputöö juhendaja:	Prof Juhan Valtin
Õppetool:	Kõrgepingetehnika õppetool
Õppetooli juhataja:	Prof Juhan Valtin
Lõputöö esitamise tähtaeg:	26.05.2015

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppetooli juhataja (allkiri)

Teema põhjendus:

Töös on esitatud autotööstuse elektrivarustuse projekteerimise meetodika, mis kujutab endast arvutusi (arvutusliku koormuse määramine, kaablite ja kaitseaparatuuri valimine ja nende kontroll, trafo valik, valgustuse arvutus) ning elektripaigaldise projekteerimise aluseid (jõu-, valgustuspaigaldised, elektrikilbid).

Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse teema on alati aktuaalne, kuna autotehnika on tänapäeval ulatuslikult levinud ja seda kasutatakse igas tegevusvaldkonnas. Autoremondi ettevõtte tehnoloogia on väga mahukas ja vajab suurt võimsust ja samaaegselt ka töökindlust. Seepärast autoremondi tööstuse elektrivarustuse teema on tänapäeval väga oluline.

Käesolev lõputöö annab autoremondi tööstuse elektrivarustuse meetodikast põhjaliku kirjelduse, koos arvutusvalemite ja näidistega. Lõputöö alusel võib koostada hea elektriprojekti. Antud teema võib olla kasulik elektroenergeetika teoaduskonna tudengitele, elektriprojekterijatele ning tööstusega tegelevatele elektriinseneridele.

Töö eesmärk:

Lõputöö eesmärgiks on tagada arvutuste ja kontrollimiste alusel autoremondi ettevõtte elektritöö töökindlust.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- Autoremondi ettevõtte tehnoloogia määramine;
- Seadmetiku srvutuslike koormuste määramine;
- Elektrikilpide koguse valik:
 - koormuste jaotus ühtlaselt faasidel;
 - Kaitseaparatuuri valik (arvutusliku voolu määramine) ja kontroll (lühisvoolude arvutus);
- Kaablite ristlõike arvutus, kaablite valik ja kontroll (pingekadude arvutus);
- Valgustusvõrgu arvutus;
- Piksekaitse ja maandussüsteemi projekteerimine;
- Elektripaigaldise plaanide ja tüüpskeemide koostamine;
- Majanduslik arvutus (autoremondi ettevõtte elektripaigaldise maksumus).

Lähteandmed:

- Arhitektuursed plaanid;
- Ruumide loetelu (IP astmed, EX tsoonid jne);
- Tehnoloogia:
 - Autoremondi ettevõtte seadmete loetelu ja paigaldusplaan;
 - Seadmete parameetrid (nt.nimivõimsus, 1-faasiline/3-faasiline jne).

Eessõna

Käesolev lõputöö kajastab autoremondi tööstusettevõtte elektrivarustuse projekteerimismetoodikat, mis koosneb arvutustest ja projekteerimise alustest. Metoodika näitamiseks on võetud hüpoteetiline objekt, mis hõlmab suure autoremondi ettevõtte heaks tööks kõike vajalikku seadmestikku.

Töö koosneb seletuskirjast, kus on esitatud arvutusmetoodika (arvutuslikud koormused, valgustuse arvutus, kaablite ja kaitseaparatuuri valik ja kontroll) ja majandusarvutus, ning graafilisest osast, mis hõlmab jõu- ja valgustusplaanide, struktuurskeeme ja elektrikilpide skeeme.

Antud lõputöö võib olla kasulik tehnikaülikoolide ning kõrgkoolide energeetika teaduskonna tudengitele ning elektriinseneridele, eriti nendele, kes tegeleb suurte tööstuste elektrivarustuse projekteerimisega.

Lõpetaja: Alexander Bykov

Elukoht: Miina Härma 1-89, Tallinn

Praegune töökoht: Ericsson Eesti AS

Amet: insener

Lühendite ja sümbolite loetelu

$\cos\varphi$ – võimsustegur

E – valgustatus, lx

I_a – elektriseadme arvutusvool, A

I_{kaitse} – kaitseparaadi nimivool, A

$I_{\text{lub.kaabel}}$ – kaabli ristlõike maksimaalne lubatud vool (kataloogist), A

I_k – ühefaasiline lühisvool, kA

k_s – nõudluse tegur

L – liini pikkus (kaabli pikkus elektrikilbist kuni elektriseadmeni), m

n – seadmete/gruppide arv

P_a – elektriseadme arvutuslik aktiivvõimsus, kW

P_i – elektriseadme installeeritud aktiivvõimsus, kW

Q_a – elektriseadme arvutuslik reaktiivvõimsus, kVar

$Q_{\text{kond.}}$ – staatilise kondensaatori reaktiivvõimsus, kVar

S – kaabli ristlõige, mm²

S_a – täisvõimsus, kVA

S_T – trafo nimivõimsus, kVA

$\tan\varphi$ – nurga tangens aktiiv- ja reaktiivvõimsuste vahel (võimsuse kolmnurk)

U_f – faasipinge, V või kV

U_L – lineaarpinge, V või kV

U_n – seadme nimipinge, V või kV

W_{aastas} – elektrienergia tarbimine aastas, kWh/aastas

z – elektriliini (kaabli) näivtakistus, mOhm

γ – kaabli erijuhtivus, m/(Ohm*mm²)

Δu – pingekadu liinis (elektrikilbist kuni kõige kaugema elektriseadmeni), %

1. Sissejuhatus

1.1 Autoremondi ettevõtte iseloomustus

Autod moodustavad kõikides tegevuspiirkondades lahutamatu osa tänapäeva elust. Olles osana nii kaubandus-, ühisteenuste ja rahvusvaheliste vedude kui ka eraelus sõiduautode kasutamise näol. Seetõttu transpordivahendid vajavad alati teenindust, näiteks: rehvivahetust, kontrolli või remonti (näiteks, avariijärgsed remonditööd ja värvimine).

Autoremondi ettevõtted teevad mõnikord koostööd ka autode tootjatega. Nimelt, mootorite, käigukastide ja veosildade sissetöötamist ja katsetusi.

Nende tööde teostamise jaoks on vaja suurt tööstusettevõtet, mis võib pakkuda kõiki teenusi sõidu- ja veoautodele. Tööstuses on olemas ettevalmistus-, remondi-, mehaanika-, mootori-agregaatide, keevitus-, värvimisosakonnad, suur ladu ja muud administratiivruumid.

Uuritavaks objektiks on ideaalne hüpoteetiline autoremondi ettevõtte, mille pindala on umbes 9 000 m². Hoone vasakus osas on tööstuspiirkond, mis hõlmab autode teenindamiseks kõike vajalikke osakondi, ja paremas osas paikneb administratiivala kabinettide, puhkeruumide, duši- ja muude ruumidega.

1.2 Autoremondi ettevõtte elektrivarustus (ülesande püstitus)

Käesolev lõputöö käsitleb autoremondi tööstusettevõtte elektrivarustuse planeerimise, arvutuse ja projekteerimise meetodikat. Kõik arvutused ja joonised on koostatud vastavalt kehtivatele standarditele ja normidele, näiteks:

- Ehitusseadus;
- Elektriõhutuseseadus;
- Eesti Vabariigi standardid

Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse arvutused ja projekteerimine on teostatud järgmiste lähteülesannete järgi:

- Arhitektuursed plaanid;
- Ruumide loetelu (IP astmed, EX-plahvatusohtlikud tsoonid jne);
- Tehnoloogia:
 - Autoremondi ettevõtte seadmete loetelu ja paigaldusplaan;
 - Seadmete parameetrid (nt. nimivõimsus, 1-faasiline/3-faasiline jne).

Nende lähteandmete alusel on lõputöö ülesandeks lahendada järgmisi küsimusi ja probleeme:

- Elektriseadmete arvutuslikke koormuste määramine autoremondi ettevõtte igas osakonnas (P_a , I_a , Q_a , k_s , $\cos\varphi$);
- Valgustusvõrgu arvutus arvutusprogrammi (DIALux abil);
- Ettevõtte osakondade elektriseadmete elektri koormuse jaotus: elektrikilpide arvu valik;
- Kaablite ristlõigete arvutus ja kaablite valik elektrikilpidest kuni kõikide elektrit vajavate elektriseadmeteni;
- Kaablite ristlõige kontroll pingekaole;
- Kaitseaparatuuri arvutus ja valik igas elektrikilbis iga elektriseadme/grupi jaoks;
- Kaitseaparatuuri rakenduse kontroll 1-faasilisele lühisvoolule;
- Autoremondi ettevõtte üldkoormuse määramine, trafo võimsuse ja arvu valik, staatiliste kondensaatorite valik reaktiivvõimsuse kompenseerimiseks.
- Elektripaigaldise projekteerimine (nõuded ja reeglid; jõu- ja valgustuspaigaldise plaanid ja elektrikilpide skeemid ning muud struktuurskeemid);
- Autoremondi ettevõtte elektripaigaldise maksumuse määramine: majanduslik arvutus.

Lõpetuseks on töös esitatud kõik vajalikud arvutus-, projekteerimis- ja majandusliku arvutuse meetodikad, näidatud konkreetse autoremondi ettevõtte arvutused ning teostatud autoremondi tööstuse elektrivarustuse vajalikud plaanid ja skeemid, mille alusel võib teostada autoremondi tööstuse elektrivarustuse projekti ja elluviimist.

2. Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse arvutusmetoodika

Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse projekt hõlmab täielikku koormuste arvutust (arvutuslikke koormuse, voolude määramine, kaitseaparatuuri ja kaablite valik ja kontroll, elektrivalgustuse arvutus), jaotust elektrikilpide kaupa, sisealajaama projekteerimist (trafode valik, reaktiivvõimuses kompenseerimine), jooniste koostamist, majanduslikku arvutust (kui palju võib maksta antud ettevõtte elektripaigaldise töö).

Elektrivarustuse projekti koostamisel on arvestatud ettevõtte tehnoloogiat (seadmestiku elektrivõimsused ja elektri vajadus).

Kogu tööstuse elektrikoormus on jaotud elektrikilpide kaupa vastavalt seadmestiku eesmärkidele (jõud, valgustus, olmeruumid jne). Igas elektrikilbis on koormus ühtlaselt jaotud faaside järgi.

2.1 Arvutusliku koormuse määramine

Jõukoormus hõlmab elektrimootorite ja elektritehnoloogia koormusi. Tööstusettevõtte või mingi muu objekti jõukoormuse määramine valgustuskoormuse määramisega on elektrivarustuse projekteerimise esimene etapp.

Autoremondi ettevõtte töökindluse tagamiseks on vaja määrata tööstustehnoloogia grupi toitva elektriseadme (sisealajaama trafo, toitekaablid) arvutuslikku koormust ja valida selle võimsust. Neid elektriseadmeid iseloomustab nominaalvõimsus ja –vool. Neid nominaalandmeid määratakse eriosade temperatuuriga, mis sõltub maksimaalsest koormusest. Seetõttu elektriseadme võimsuse valikuks on vaja teada üksikelektriseadmete (tehnoloogiliste seadmete) arvutuslikku koormust.

Arvutuslik koormus on maksimaalne võimalik koormus kestusega vähemalt 30 minutit.

Väga oluliseks teguriks uute elektriseadmete arvutusliku koormuse määramiseks on kasutamise tegur ehk nõudluse tegur, kuna selle väärtus sõltub nii üksikelektriseadmete kui ka elektriseadmete grupi töörežiimist. Seetõttu arvutusliku koormuse määramiseks on antud töös kasutatud nõudluse teguri meetod.

Nõudluse tegur k_s – see on elektriseadmete grupi või üksikelektriseadme arvutusliku võimsuse suhe installeeritud võimsusele.

$$k_s = \frac{\sum P_a}{\sum P_i} \quad (2.1)$$

Kus:

k_s – nõudluse tegur (tavaliselt $k_s \leq 1$)

P_a – arvutuslik aktiivvõimsus, kW

P_i – installeeritud aktiivvõimsus, kW

Valemi 2.1 järgi võib määrata üksikelektriseadme arvutuslikku võimsust või elektriseadmete grupi keskmist arvutuslikku aktiivvõimsust:

$$P_a = k_s \cdot P_i = k_s \cdot n \sum P_a \quad (2.2)$$

Kus:

n – elektriseadmete arv ühes grupis – juhul, kui grupis on mitu elektriseadet samasuguse töörežiimiga.

Arvutusliku reaktiivvõimsuse leidmine:

Arvutuslikku reaktiivvõimsust määratakse järgmise valemi järgi:

$$Q_a = \tan \varphi \cdot P_a \quad (2.3)$$

Kus:

Q_a – arvutuslik reaktiivvõimsus, kVar

$\tan \varphi$ – nurga tangents aktiiv- ja reaktiivvõimsuste vahel (võimsuse kolmnurk)

Nurga tangents võib leida võimsuse teguri $\cos \varphi$ järgi. Elektriseadmevõimsusteguri tavaliselt määratakse lähtudes konkreetse elektriseadme tüübist ja omadusest. Autoremondi kogu ettevõtte $\cos \varphi$ peab olema umbes 0,95 väärtusega, selleks, et reaktiivkoormus ei ületaks lubatud väärtust kogu hoones. Üksikseadmete võimsustegur $\cos \varphi$ sõltub seadme tüübist: näiteks, asünkroonelektrimootorite võimsustegur võib olla 0,6-0,85, keevitusagregaatide jaoks $\cos \varphi$ võib olla umbes 0,3-0,5, aga valgustuse puhul $\cos \varphi$ võrdub tavaliselt 0,95.

Juhul, kui elektriseadmestiku grupis on mitu elektriseadet samasuguse töörežiimiga, võib arvutada grupi keskmist arvutuslikku reaktiivvõimsust:

$$Q_{\text{arv,gr.}} = n \sum Q_a \quad (2.4)$$

Kui on teada nii arvutuslikku aktiiv-, kui ka arvutuslikku reaktiivkoormusi, siis võib määrata elektriseadme või elektriseadmete grupi täiskoormust:

$$S_a = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2} \quad (2.5)$$

Kus:

S_a – elektriseadme täielik arvutuslik võimsus, kVA

Arvutuslikke koormuste järgi võib leida üksikseadme või elektriseadmete grupi arvutuslikku voolu (pingel 0,4kV):

$$I_a = \frac{S_a}{\sqrt{3} \cdot U_L} = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi_{hoone}} \quad (2.6)$$

Kus:

I_a – elektriseadme või elektriseadmete grupi arvutuslik vool, A

U_L – lineaarping, V ($U_L=0,4kV$)

Arvutuslik vool (pingel 230V ehk ühefaasilises grupis või elektriseadmes):

$$I_a = \frac{P_a}{U_f \cdot \cos \varphi} \quad (2.7)$$

Kus:

U_f – faaspinge, V

Arvutuste näidised ja autoremondi ettevõtte arvutuste tulemused vt. Peatükk 4, p.4.1 ning p.4.3 tulemustabelid 4.1-4.4.

2.2 Elektrivalgustusvõrgu arvutus

Elektrivalgustuse projekteerimisel ja arvutusel on aluseks võetud standard EVS-EN 12464-1:2011 „Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus“.

Tüüpiliste ruumide kohta teostatakse valgustehnilised arvutused ja lisatakse need projektile. Arvutuste tegemisel arvestatakse seadmetiku paigutuse, mööbli, aknade, ruumide värvimise ja muude tingimustega.

Elektrivalgustus peab olema planeeritud ja projekteeritud nii, et tagada maksimaalset nägemismugavust, võimalusel vähendada väsimust kunstlikust valgustusest ning töökeskkonna valgustus peab olema ohutu.

Selleks standartides on esitatud erinevad valgustatuse normid vastavalt ruumi ja töö liigile.

Tabel 2.1 Valgustatuse normid vastavalt ruumi tüübile

Ruumi tüüp	Valgustatuse norm E, Lx
Mehaanikaosakond:	300
Höövelpingi muude pinkide alad	300
Lihvpingi ala	750
Remondiosakond:	300
Rehvide tootmise ala	500
Mootori-agregaatide osakond:	300
Üldtööd masinatel	300
Ettevalmistusosakond	300
Värvimisosakond (koridorid värvimiskambrite vahel)	200
Värvimiskamber	750
Keevitusosakond	300
Ventkamber	300
Ladu	200
Administratiivosa:	
Kontor (töölaud)	500
Nõupidamisruum	500
Riidehoiud	200
Puhkeruum	200
Dušširuum, WC, saun	100
Koridorid, trepid	150
Server	200

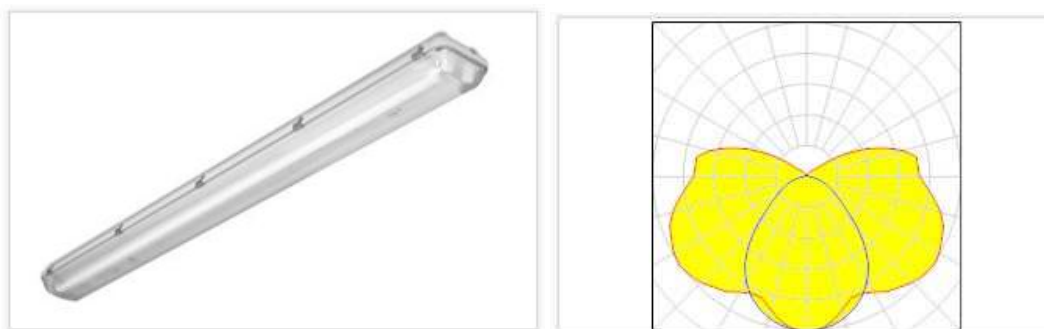
Elektrivalgustuse planeerimine ja projekteerimine algab valgustustehnilisest arvutusest. See hõlmab valgustatuse normide konkreetsetes ruumides määramist ning valgustite valikut (juhul, kui Tellija annab sisekujundusprojekti koos valgustite tüüpidega, on vaja neid kontrollida valgustatuse normide järgi).

Antud töös elektrivalgustusvõrgu arvutamiseks on kasutatud saksa arvutiprogramm DIALux.

DIALux valgusarvutus võimaldab ja kergendab valgustite valikut ja valgustatuse arvutust valitud ruumides. Programmis võib redigeerida ruumi geometriat, anda ruumisse reaalselt kõrgust, seinte ja lagede õiget värvi, paigutada seadmestikku ja mööblit – ühe sõnaga, võib maksimaalselt läheneda ruumi reaalsele tingimustele.

Antud lõputöös autoremondi ettevõtte jõutööde ruumidesse on valitud firma GLAMOX valgustid:

Remondi-, mehaanika-, mootori-agregaatide ja ettevalmistusosakondades on valitud tööstusvalgustid pindpaigaldusega (või valgustirennidele paigaldusega) i40 IP66:



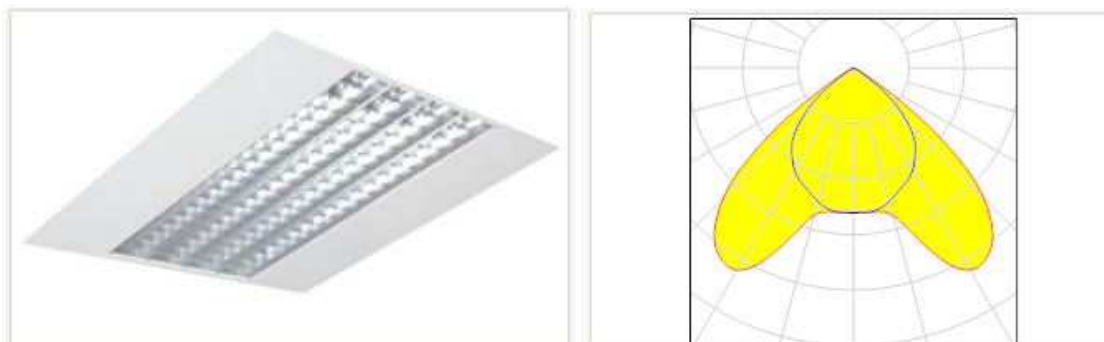
Joonis 2.1 Tööstusvalgusti i40 luminifoortorudega

Värvimisosakonnas on valitud plahvatusohtlikud valgustid, kuna värvimisosakond on plahvatusohtlik tsoon. Valgustid on valitud MIR IP66:



Joonis 2.2 Plahvatusohtlik tööstusvalgusti MIR luminifoortorudega

Administratiivosas (kontorites, koridorides) on kasutatud ripplagedesse süvistatavad valgustid 4x14W luminofoorlampidega:



Joonis 2.3 Ripplakke süvistatav kontori valgusti C10 luminofooritorudega

Koridorides on kasutatud ripplakke süvistatavad valgustid 4 luminofooritoruga 14W ning allvalgustid D20-R250 nende vahel valgustuse ühtlustuseks:



Joonis 2.4 Ripplakke süvistatav allvalgusti D20-R250

Arvutusnäidis vt. Peatükk 4, p.4.2.

Autoremondi ettevõtte valgustite paigaldus ja tüüpide määramine vt. Lisa1: Graafiline osa, joonis EL-3.

2.2.1 Avariivalgustus

Avariivalgustuse projekteerimisel ja arvutusel on aluseks võetud standard EVS-EN 1838:2013 „Valgustehnika. Hädavalgustus“ ja EVS-EN 50172:2005 „Evakuatsiooni hädavalgustussüsteemid“.

Avariivalgustus tuleb planeerida ja projekteerida nii, et mingi avarii (tulekahju, plahvatus jne) tekkimise või pinge katkestamise puhultagada inimestele hoonest või ohukohast ohutut välja minekut – see tähendab, et evakuatsiooniteed peavad olema kogu aeg valgustatud.

Evakuatsioonivalgustid paigaldatakse järgmiselt:

- ohu korral kasutatava väljapääsu uksele;
- treppidele, nii, et iga trepikäik oleks valgustatud;
- ohutusmärgile (tulekustutid);
- koridoride ristumiskohale;
- esmaabipunktile;
- suurtes ruumides evakuatsioonivalgustid paigaldatakse nii, et inimesel oleks näha vähemalt 2 evakuatsioonivalgustit (2 erinevat väljumise suunda).

Antud lõputöös evakuatsioonivalgustiteks on kasutatud valgustid „EXIT“ nooltega, mis näitavad evakuatsiooni võimalikku suunda. Evakuatsiooni teede valgustamiseks on tavavalgustitele planeeritud vähemalt 1. tunni kestvusega akud. Kui tavavalgustid ei võimalda aku paigaldamist, siis paigaldatakse eraldi turvalgusteid.

Autoremondi ettevõtte avariivalgustite paigaldus vt. Lisa1: Graafiline osa, joonis EL-3.

2.3 Koormuse jaotus elektrikilpide kaupa. Elektrikilpide arvu valik

2.3.1 Autoremondi ettevõtte seadmestik

Autoremondi ettevõtte heaks tööks ja teenuste täispaketi pakkumiseks on vaja järgmine tehnoloogia:

1) Remondiosakond

- Sõiduautotõstuk: 6tk, $P_i=2,2\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Veoautodetõstuk: 4tk, $P_i=5,5\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Sõiduautode remondistend: 6tk, $P_i=6\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Veoautode remondistend: 4tk, $P_i=8,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Sõiduautode rehvimontaažipink: 3tk, $P_i=1,5\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Veoautode rehvimontaažipink: 2tk, $P_i=3,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Sõiduautode balanseerimispink: 3tk, $P_i=0,75\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Veoautode balanseerimispink: 2tk, $P_i=1,1\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Kraana-tala 3,2tonni: 1tk, $P_i=6,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$

2) Mehaanikaosakond

- Treipink: 4tk, $P_i=9,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- Freespink: 4tk, $P_i=8,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$

- Lihvmasin: 4tk, $P_i=11,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Metallil giljotin: 1tk, $P_i=30,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Pneumaatiline hüdropress: 2tk, $P_i=5,5\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Hõõvelpink: 2tk, $P_i=11,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Universaalsaag: 2tk, $P_i=3,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Vertikaalpuurpink: 2tk, $P_i=7,5\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Horisontaalne puurpink: 2tk, $P_i=11,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Smirgelkäi: 3tk, $P_i=2,2\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Terituspink: 2tk, $P_i=12,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Kraana-tala 2tonni: 1tk, $P_i=5,55\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- 3) Mootori-agregaatide osakond
- Universaalstend autode mootorite sissetöötamise ja katsetuse jaoks:
4tk, $P_i=30,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Universaalstend autode käigukastide sissetöötamise ja katsetuse jaoks:
2tk, $P_i=75,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Universaalstend autode veosildade sissetöötamise ja katsetuse jaoks:
2tk, $P_i=25,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Kraana-tala 2tonni: 1tk, $P_i=5,55\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- 4) Keevitusosakond
- Keevitusala keevituskaitsmega: 6tk, $P_i=10,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- 5) Ettevalmistusosakond
- Ettevalmistusstend: 8tk, $P_i=10,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- 6) Värvimisosakond
- Värvimis-kuivatuskamber veoautode jaoks: 2tk, $P_i=80,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
 - Värvimis-kuivatuskamber sõiduautode jaoks: 4tk, $P_i=60,0\text{kW}$, $U_n=0,4\text{kV}$
- 7) Ladu
- 8) Administratiivosa
- Ventkambrid (väljatõmbeventilaatorid osakondade jaoks; ventagregaadid)
 - Kontorid

2.3.2 Koormuse jaotus

Autoremondi ettevõttes on erinevad osakonnad vastavalt tegevuse ja omaduste järgi, kus on päris võimas seadmestik. Juhul, kui mingis seadmes või osakonnas tekib probleem ja toimub

elektri katkestus, on vaja, et vähemalt olev teistes osakondades seadmestik võimaldaks teostada tööd.

Seetõttu, kogu tööstuse osakonnad ja nende seadmestik on jaotatud eraldi elektrikilpide kaupa. Samuti, seadmestiku toiteks on valitud mitu elektrikilpi, kuna ettevõtte on päris suur ja kaabliliinid on pikad, aga mida pikem on liin, seda suurem on pingekadu.

Igas elektrikilbis koormus on ühtlaselt jaotatud faaside järgi.

Lähtudes punktis 2.3.1 kirjeldatud osakondadest ja nende seadmestikust, on saadud järgmised elektrikilbid:

- PK – kogu hoone peaelektrikilp (0,4kV jaotla), annab toidet ettevõtte kõikide osakondade jõuelektrikilpidele, administratiivosa peaelektrikilbile, valgustuse peaelektrikilbile:
- JK1 – JK13 – jõuseadmestiku elektrikilbid:
 - JK-1 – värvimisosakonna elektrikilp, kuulub sisse veoautode värvimiskambreid;
 - JK-2 ja JK-3 – värvimisosakonna elektrikilbid, kust saavad toidet sõiduautode värvimiskambrid;
 - JK-4 – ettevalmistusosakonna elektrikilp, hõlmab ettevalmistusstende;
 - JK-5 – remondiosakonna elektrikilp, kuulub sisse sõiduautode remondiseadmestiku (tõstukid, remondistendid, balanseerimis- ja rehvimontaažipingid, kraana-tala)
 - JK-6 – ventkambri nr.1 elektrikilp, kust saavad toidet ventagregaadid ja eri väljatõmbeventilaatorid;
 - JK-7 – remondiosakonna elektrikilp, kuulub sisse veoautode remondiseadmestiku (tõstukid, remondistendid, balanseerimis- ja rehvimontaažipingid);
 - JK-8 ja JK-9 – mehaanikaosakonna elektrikilbid, hõlmavad erinevaid pinke;
 - JK-10 – keevitusosakonna elektrikilp, kust saavad toidet keevituskambrid;
 - JK-11 ja JK-12 – mootori-agregaatide osakonna elektrikilbid, kuuluvad sisse universaalstende autode erinevate osade sissetöötamise ja katsetamise jaoks;
 - JK-13 – ventkambri nr.2 elektrikilp, kust saavad toidet ventagregaadid ja eri väljatõmbeventilaatorid;
- JK-14 – olmeruumide (kontorite, riietusruumide, duššide, saunade, WC-de, üldkoridoride jne) peajaotuskilp:

- JK-14.1 ja JK-14.4 – niiskete üldkasutamisruumide (riietusruumid, duššid, saunad, WC-d) elektrikilbid;
- JK-14.2 ja JK14.3 – puhkeruumide elektrikilbid (kus on köögid, TV ja muud elektriseadmed);
- JK-14.5 ja JK14.6 – kontorite elektrikilbid;
- JKV-15 – kogu autoremondi ettevõtte valgustuse peajaotuskilp:
 - JKV-15.1 – värvimisosakonna valgustuse elektrikilp;
 - JKV-15.2 – ettevalmistusosakonna valgustuse elektrikilp;
 - JKV-15.3 – remondiosakonna valgustuse elektrikilp;
 - JKV-15.4 – ventkambrite ja keevitusosakonna valgustuse elektrikilp;
 - JKV-15.5 – mehaanikaosakonna valgustuse elektrikilp;
 - JKV-15.6 – mootori-agregaatide elektrikilp;
 - JKV-15.7 – lao valgustuse elektrikilp
 - JKV-15.8 – üldalade (üldkoridorid, tambur) valgustuse elektrikilp.

2.4 Kaablite ja kaitseaparatuuri valik

Elektrivarustuse kindla töö tagamiseks tuleb siseelektrivõrku kaitsta lühisvoolude ja ülekoormuse eest. Selleks paigaldatakse igasse elektrikilpi kaitseaparatuur (automaatkaitseüliliteid, sulavkaitseid) iga seadmestiku grupi kaitsmeks.

Kaitseaparatuur valitakse arvutuslikke voolude järgi. Kaitseautomaadi nominaalvool peab olema kaitsetava seadmete grupi arvutusliku voolu suurem:

$$I_{\text{kaitse}} > I_{\text{a,grupp}} \quad (2.8)$$

Kus:

I_{kaitse} – kaitseautomaadi nominaalvool, A

$I_{\text{a,grupp}}$ – kaitsetava elektriseadme või elektriseadmete grupi arvutuslik vool, A

Autoremondi ettevõtte jõuseadmestiku gruppide jaoks on valitud Moeller (Eaton) kaitseautomaadid NZM, mille voolu võib reguleerida. Seda on vaja kaitsme peenseadmestamiseks ja töökindluse tagamiseks.

Olmeruumide ja valgustite jaoks on valitud tavalised kaitseautomaadid C ja B karakteristikuga, kuna olmeruumide ja valgustuse erigruppide koormused on üsna väikesed. Kaitseülilite C ja B karakteristikud tähendavad erinevaid rakendusväärtusi lühisvoolu puhul.

Kui kaitseaparatuur igaks grupiks ja igaks elektrikilbiks on valitud, tuleb valida kaableid iga elektriseadmeni. Selleks on vaja määrata kaabli ristlõiget.

Autoremondi ettevõtte kõikide osakondade elektriseadmete toiteks on vaja arvutada ja valida toiteliinid. Selleks tuleb määrata kaablite ristlõikeid.

Kuna autoremondi ettevõtte seadmetik on päris võimas, nende toitekaablis olev vool on ka päris suur ja võib tekitada kaabli ja selle isolatsiooni kuumenemist. Kaabli ja selle isolatsiooni kuumutamistemperatuur ei tohi ületada lubatud väärtust, muidu võivad tekkida probleemid ja kaabel võib ära põleda.

Seetõttu kaablis olev voolu väärtus ei tohi ületada valitud kaabli ristlõike maksimaalset lubatud voolu:

$$I_{\text{lub.}(kaabel)} > I_a \quad (2.9)$$

Kus:

$I_{\text{lub.}(kaabel)}$ – kaabli ristlõike maksimaalne lubatud vool, A;

I_a – elektriseadme või elektriseadmete grupi arvutuslik vool, A

Arvutusliku voolu järgi tuleb kataloogist valida sobiva ristlõikega kaabli (kaabli tüüpi) tema lubatud väärtuse järgi.

Kaitseaparatuuri ja kaablite ristlõigete valiku näidisarvutused vt. Peatükk 4, p.4.1.

Tulemustabelid autoremondi ettevõtte jaoks vt. Peatükk 4, p.4.3, tulemustabelid 4.1-4.3.

2.4.1 Kaablite ristlõigete kontroll pingekaole

Valitud kaablid tuleb kindlasti kontrollida pingekaole, kuna liinid võivad olla pikad ja pingekaod selles võivad olla suured.

Pingekadu liinis ei tohi ületada 4%.

Selleks, et tagada lubatud pingehälbeid, tuleb valida kõige pikemat liini ja määrata selles pingekadu, kuna mida pikem on liin, seda suurem on pingelang.

Liinis pingega 0,4kV (kolmefaasilises liinis) leitakse pingekadu järgmise valemi abil:

$$\Delta U = \frac{100 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_L^2 \cdot S} \quad (2.10)$$

Kus:

ΔU – pingekadu liinis, %

P_a – seadme arvutuslik koormus, W

L – liini pikkus, m

U_L – lineaarpinge, V

S – kaabli soone ristlõige, mm^2

γ – kaabli erijuhtivus, $\frac{\text{m}}{\text{Ohm}\cdot\text{mm}^2}$:

kaablite alumiiniumsoontega jaoks: $\gamma=33 \frac{\text{m}}{\text{Ohm}\cdot\text{mm}^2}$;

kaablite vasksoontega jaoks: $\gamma=54 \frac{\text{m}}{\text{Ohm}\cdot\text{mm}^2}$

Liinis pingega 230V (ühefaasilises liinis; 2-juhtmelise liiniks ühe koormusega liini lõpus)

leitakse pingekadu järgmise valemi abil:

$$\Delta U = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} \quad (2.11)$$

Kus:

U_f – faasipinge, V

Juhul, kui arvutuste järgi selgub, et pingekadu on lubatud väärtuses (4%) suurem, siis tuleb kaabli ristlõiget suurendada.

Kaablite ristlõigete kontrolli näidisarvutused vt. Peatükk 4, p.4.1.

Tulemustabelid autoremondi ettevõtte jaoks vt. Peatükk 4, p.4.3, tulemustabelid 4.1-4.3.

2.4.2 Kaitseaparatuuri rakendamise kontroll 1-faasilise lühisvoolu juhul

Valitud kaitseaparatuuri tuleb kontrollida, kas see rakendub 1-faasilise lühise puhul või ei rakendu, kuna 1-faasilised lühised liinis ja elektriseadmetes võivad olla väga väiksed, aga kaitseaparatuuri rakendusvool võib olla selle suurem. Kaitseaparaatide töökindlus on tagatud, kui 1-faasilise lühise puhul tekib vool, mis ületab kaitseaparaadi rakendusväärtust.

Lühisvoolud võivad tekkida seadme vale ühendamise tõttu, niiskuse aparatuuri sisse sattumisest, kaabli või selle isolatsiooni katkestusest ja seadme sisepurunemisest.

Ühefaasilise lühisvoolu määratakse 2-juhtmelises liinis (sõlme „faas-null“ järgi) järgmise valemi abil:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{z_n + z_T^{(1)}/3} \quad (2.12)$$

Kus:

$I_k^{(1)}$ - ühefaasiline lühisvool, kA

U_f – faasipinge, V

Z_n – kaabli näivtakistus (faasi ja neutraaljuhtme sõlme takistus), Ohm

$z_T^{(1)}/3$ – trafo takistus (taandatud 230V pingele)

Juhul, kui arvutuste järgi selgub, et arvutatud lühisvoolu väärtus on kaitseaparaadi rakendusväärtusest väiksem, see tähendab, et lühise juhul kaitselüliti ei tunne seda ega rakenda ja tekib probleem, siis tuleb valida teistsuguse kaitseaparatuuri elektromagneetilise lahküliti, mis on sobiva karakteristikuga või vahetada kaabli ristlõiget (valida suurema ristlõikega kaablit).

Ühefaasilise lühisvoolude näidisarvutused vt. Peatükk 4, p.4.1.

Tulemusväärtused vt. Lisa 1: Graafiline osa, joonised EL-1, EL-6 – EL-20.

2.5 Sisealajaama trafo valik

Viimasel ajal on hakatud üha rohkem kasutama kahetrafolist lahendust. Ühe trafoga võib piirduda kas alajaama rajamise algetapil või vähetähtsa tarbija puhul, kus on lubatud energiakatkestus vigastatud trafo asendamise ajaks.

Kuna autoremondi ettevõtte ei ole eluks tähtsaim ettevõtte, siis sisealajaamaks on otsustatud valida 1 trafo. Trafo parameetrid valitakse tööstusettevõtte arvutusliku täiskoormuse S_a järgi.

Arvutusliku täiskoormuse järgi valitakse standartaarne lähedam trafo võimsuse väärtus.

Antud autoremondi kogu ettevõtte arvutuslik täiskoormus on:

$S_a = 1380$ kVA (vt. Peatükk 4, p.4.3 tabel 4.4),

Seega:

$$S_T \geq S_a \quad (2.13)$$

Kus:

S_T – trafo nimivõimsus, kVA

Antud autoremondi ettevõtte jaoks on valitud trafo võimsusega 1600 kVA (vt. Lisa 1: Graafiline osa, joonis EL-1).

Trafo optimaalne töörežiim on tagatud sel juhul, kui trafo töötab 60-85% ulatuses.

Juhul, kui antud autoremondi ettevõtte töötab täiskoormusega, siis trafo võimsusest piisab.

Juhul, kui ettevõttesse paigaldatakse lisaseadmestikku, siis valitud trafost ei piisa ja tuleb kas vahetada trafo suurema võimsusega trafo vastu või lisada teine samasuguse võimsusega trafo.

2.6 Reaktiivvõimsuse kompenseerimiseks staatiliste kondensaatorite arvutus ja valik

Täiskoormus koosneb aktiiv- ja reaktiivkoormustest. Reaktiivvõimsust tuleb kompenseerida. Üheks parimaks võimaluseks on kogu ettevõtte võimsusteguri $\cos\phi$ suurendamine ja seejärel säilitamine. Autoremondi kogu ettevõtte $\cos\phi$ peab olema umbes 0,95 väärtusega, selleks, et reaktiivkoormus ei ületaks lubatud väärtust kogu hoones.

Arvutuste järgi (vt. Peatükk 4, p.4.3 tabel 4.4) autoremondi kogu ettevõtte võimsustegur $\cos\phi$ on 0,74. Selleks, et seda suurendada 0,95 väärtusele ja seejuures kompenseerida

reaktiivvõimsust, on soovitatav alajaama 0,4kV seksioonile paigaldada staatiliste kondensaatorite patareid.

Staatiliste kondensaatorite reaktiivvõimsust võib leida järgmise valemi järgi:

$$Q_{\text{kond}} = P_a \cdot (\tan \varphi_a - \tan \varphi_{\text{nõutud}}) \quad (2.14)$$

Kus:

Q_{kond} - staatilise kondensaatori reaktiivvõimsus, kVar

P_a - kogu hoone arvutuslik aktiivvõimsus, kW

$\tan \varphi_a$ - arvutuslik nurga tangents

$\tan \varphi_{\text{nõutud}}$ - nõutud nurga tangents

Nurga tangents võib leida võimsusteguri $\cos\varphi$ järgi (koormuste kolmnurk).

Seega, $\tan \varphi_a$ võib leida arvutusliku võimsusteguri $\cos\varphi$ järgi:

$$\cos\varphi_a = 0,74 \text{ (vt. Peatükk 4, p.4.3 tabel 4.4)} \rightarrow \tan\varphi_a = 0,92$$

$\tan \varphi_{\text{nõutud}}$ võib leida nõutud (soovitatud) võimsusteguri $\cos\varphi$ järgi:

$$\cos\varphi_{\text{nõutud}} = 0,95 \rightarrow \tan\varphi_{\text{nõutud}} = 0,33$$

Antud autoremondi ettevõtte jaoks on valitud järgmised staatiliste kondensaatorite patareid:

$$Q_{\text{kond}} = P_a \cdot (\tan \varphi_a - \tan \varphi_{\text{nõutud}}) = 1015 \text{ kW} \cdot (0,92 - 0,33) \approx 600 \text{ kVar}$$

Valisin 2 staatiliste kondensaatorite patareid (iga on 300kVar), igas patareis on 3 kondensaatorit (iga on 100kVar).

Kui väiksem on ühe kondensaatori reaktiivvõimsus, seda täpsemaks võib reguleerida kogu ettevõtte võimsustegurit $\cos\varphi$.

3. Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse projekteerimise ja paigalduse metoodika

3.1 Elektrivarustuse projekteerimise reeglid

3.1.1 Elektriprojekti koostamiseks vajalikud andmed

Autoremondi ettevõtte hea elektrivarustusega projekti koostamiseks on vaja järgmisi andmeid:

- 1) Projekteeritava objekti andmed (nimetus, aadress), Tellija andmed (nimi, kontaktid);
- 2) Autoremondi ettevõtte arhitektuursed plaanid
- 3) Autoremondi ettevõtte tehnoloogia;
 - a. Seadmestiku loetelu;
 - b. Seadmestiku, mis vajavad elektrit, omadused (nimivõimsus, nimipinge)
- 4) Elektrivõrguga liitumiskoht (tehnilised tingimused, sisealajaama kõrgema pinge parameetrid ja iseloomustus);
- 5) Maandus ja piksekaitse:
 - a. Pinna iseloomustus (liiv, krunt jne);
 - b. Piksekaitseüsteemi vajadus ja Tellija soov;
- 6) Peaelektrikilp hoones:
 - a. Paigalduskoht (elektrikilbiruum);
 - b. Paigalduskoha tingimused (paigaldusviis);
- 7) Valgustus:
 - a. Tellija soovid (sisekujunduse projekt)
 - b. Paigaldusviis (lagede plaan)

3.1.2 Elektriprojekti koostamise reeglid

Autoremondi ettevõtte elektrivarustuse projekt koosneb järgmistest osadest ja joonistest:

- Projekti tiitelleht
- Sisukord
- Seletuskiri, kus on esitatud:
 - Objekti andmed

- Tehnilised üldnäitajad (elektrivarustuse süsteem, liitumiskoht, nimipinge, peakaitse, toitekaabel, arvutuslik lühisvoolu väärtus jne)
 - Elektrikilpide parameetrid ja paigaldusviisid;
 - Ohutustehnika;
 - Elektriseadmete maandus ja potentsiaalide ühtlustus;
 - Elektriseadmete hooldus ja ekspluatatsioon
- Peajaotuskilbi skeem (0,4kV jaotla skeem)
 - Kõikide väiksemate elektrikilpide skeemid;
 - Jõupaigaldise plaan;
 - Valgustuspaigaldise plaan;
 - Vajadusel piksekaitse ja maanduspaigaldise plaan;
 - Projekteeritud elektriseadmete (pistikupesad, valgustid, lülitid, kaablid, elektrikilbid, kaabliteed ja muud tarvikud) spetsifikatsioon
 - Vajadusel lisad: valgustuse arvutused

3.1.3 Autoremondi ettevõtte elektripaigaldise teostamine

Kaablite ja elektriseadmete paigaldust tuleb teostada järgmiselt:

- Kaablid ja juhtmed tuleb paigaldada võttes arvesse ruumide arhitektuuriliinid; ühenduskarbid, lülitid ja valgustid – paigaldada ühele liinile (vertikaal- või horisontaalliinile); kaablite ja juhtmete käigud seinte läbi tuleb teostada isoleerivates torudes;
- Parallelsel paigaldusel peab kaugus kaablitest torustikeni olema vähemalt 100 mm, aga kuuma ja kergsüttiva vedelikuga torustike puhul – vähemalt 400 mm. Kuuma torustikuga parallelselt paigaldatud kaablid peavad olema kaitstud kõrge temperatuuri mõju vastu;
- Lülitite läbi tuleb juhtida faasijuhtmeid; valgustite padrunite keerdhülside külge tuleb ühendada neutraaljuhtmeid;
- Niisketes ruumides tuleb lülitid ja pistikupesad paigaldada sisendite suunaga allapoole; sisendeid valgustite sisse tuleb tihendada. Lülitid paigaldatakse seinal ukse juurde, ukseingi poolt;
- Pinnapealsel paigaldisel kaablite kinnitus teostada klambridgega või klipsidega. Kaugus kinnituspunktide vahel peab olema mitte rohkem kui 0,5m horisontaalsetel pindadel, ning vertikaalsetel - mitte rohkem kui 0,7 m;

- Kaablite ja juhtmete kõik ühendused ja harud tuleb teostada keevitusega, pressimisega hülsides või liideste abil harukarpides;
- Juhtmed ja kaablid ristlõikega kuni 16mm^2 – ainult vasest.

3.2 Piksekaitstesüsteemi projekteerimine

Autoremondi ettevõtte piksekaitstesüsteemi projekteerimisel ja arvutusel on aluseks võetud standard EVS-EN 62305-1:(2011);-2 (2013); -3:(2011); „Ehitiste piksekaitse“.

Piksekaitstesüsteemi projekteerimiseks on vaja hoonele määrata piksekaitseklassi (kokku on neid 4, nad on kirjeldatud standardis). 1.klassikuuluvad militaarsed valdkonnad ja aatomielektriijaamad, 2.piksekaitseklassi kuuluvad plahvatusohtlikud tööstusettevõtted (nt. Keemiatööstus), 3.klassi kuuluvad erinevad haldushooned, ettevõtted, muuseumid ja muud inimeste kogunemiskohad ning 4.piksekaitseklassi kuuluvad eramud Tellija soovil.

Antud autoremondi ettevõtetmäärasinnagu 3.piksekaitseklassi hoone.

Hoone katusele nähakse ette võrksilmaga piksekaitse suurusega $15 \times 15\text{m}$ kuumtsingitud terastraadiga (juhtmega) $D=8\text{mm}$. Katusel olevate seadmete juurde (kui on olemas – nt. Ventagregaadid, torud ja muud seadmed) paigaldatakse betoon-jalale toetuvad piksekaitse vardad, mis ühendatakse piksekaitse võrguga. Piksekaitsevõrguga ühendatakse kõik lubatavad metallosad, mis võivad olla katusel. Allaviigud maanduriteni teostatakse seintel kuumtsingitud terasest traadiga (juhtmega) $D=8\text{ mm}$ iga 15 m tagant. Allaviikude projekteerimisel ja paigaldamisel tuleb arvestada hoones olevate akende ja uste paigutusega.

Iga allaviik ühendatakse pinnases paikneva ühenduskarbi abil maanduriga.

Maanduspaigaldiseks on valitud B-tüüpi paigaldis, mida saadakse hoone väljaspoolt ümbritseva kontuurjuhiga (tsingitud terasest traadiga $D=10\text{mm}$).

Piksekaitstesüsteemi (sh ka allaviikude ja muude tarvikute) kasutataksespetsiaalseid piksekaitsemeks ettenähtud seadmeid ja kinnitusdetalle (näit. OBO Betterman'i piksekaitse süsteemi tooteid).

Autoremondi ettevõtte piksekaitse ja maandussüsteemi paigalduse plaan vt. Lisa 1: Graafiline osa, joonis EL-4.

3.2.1 Potentsiaalide ühtlustuse projekteerimine

Autoremondi ettevõttes kõik seadmed ja konstruktsioonid, mis võivad olla pinge all, peavad olema maandatud. Selleks on ettenähtud potentsiaalide ühtlustus.

2	Installatsioonimaterjalid:						
	Pistikupesa 1-kohaline, süvistatav, 16A 250V IP20	tk	71	2,42	172	15	1 065
	Pistikupesa 1-kohaline, süvistatav kaitsekaanega, 16A 250V IP44	tk	8	3,73	30	15	120
	Pistikupesa 2-kohaline, süvistatav, 16A, 250V	tk	3	4,84	15	15	45
	Pistikupesa 2-kohaline, karbikus, 16A, 250V	tk	24	13,58	326	15	360
	Pistikupesa 2-kohaline, pinnapealne, 16A, 250V	tk	4	2,96	12	20	80
	Raam 1-koh.p.pesale	tk	71	0,75	53		
	Raam 1-koh.p.pesale IP44	tk	8	1,47	12		
	Raam 2-koh.p.pesale	tk	3	1,48	4		
	Lüliti süvistatav, 10A 250V IP20	tk	20	3,22	64	15	300
	Grupilüliti süvistatav, 10A 250V IP20	tk	16	3,91	63	15	240
	Veksellüliti süvistatav, 10A 250V IP20	tk	6	3,49	21	15	90
	Raam lülitile	tk	42	0,75	32		
	Lüliti pinnapealne, 10A 250V	tk	5	3,13	16	20	100
	Veksellüliti pinnapealne, 10A 250V	tk	14	3,13	44	20	280
	Ristlüliti pinnapealne	tk	4	3,77	15	20	80
	Seadmete ühendused	tk	120	2,56	307	80	9 600
	Harukarbid	tk	40	1,6	64	20	800
	Seadmetoosid	tk	130	0,51	66	5	650
	Küttekaabel DTIP-18 680W 230V 37m	kmpl	4	76,4	306	148	592
	Kinnitusmaterjalid	tk	150	0,13	20		
	Kaablikarbid TEK123	m	50	13,13	657	20	1 000
	Karbiku kaane	m	50	3,2	160		
	Kinnitusmaterjalid	tk	50	0,32	16		

	Pistikupesade väike post	tk	1	100	100	60	60
	Kinnitusmaterjalid	kmpl	1	5	5		
3	Valgustus:						
V1	Süv. Lum.valgusti Glamox C10-R600 414 LL - 4x14W T5 14W HE	tk	8	115	920	35	280
	Lamp 14W	tk	32	3,14	100		
V2	Süv.lum.valgusti Glamox C20-R600 414 OP - 4x14W T5 14W HE	tk	45	144	6 480	35	1 575
	Lamp 14W	tk	180	3,14	565		
V5	Süv.allvalgusti Glamox D20-R250 IP44 Clear - 1x26W TC-DEL 26 W	tk	29	126	3 654	40	1 160
	Lamp 26W	tk	29	4,04	117		
V6	Süv.allvalgusti Glamox D20-R250 126 SM - 1x26W TC-DEL 26 W	tk	38	82	3 116	35	1 330
	Lamp 26W	tk	38	4,04	154		
V7	Süv.allvalgusti Glamox D20-R250 226 SI - 2x26W TC-TEL 26W	tk	58	119	6 902	35	2 030
	Lamp 26W	tk	116	4,04	469		
V8	Tööstuse lum.valgusti, pinnapealne Glamox i40 236 PC W/Reflector - 2x36W T8 36 W	tk	12	59	708	40	480
	Lamp 36W	tk	24	1,84	44		0
V9	Tööstuse lum.valgusti, pinnapealne Glamox i40 249 PC W/Reflector - 2x49W T5 49W HO	tk	90	67	6 030	40	3 600
	Lamp 49W	tk	180	2	360		
V10	Tööstuse lum.valgusti, pinnapealne Glamox i40 258 PC W/Reflector - 2x58W T8 58 W	tk	222	60	13 320	40	8 880
	Lamp 58W	tk	444	2,44	1 083		0

V11	Plahvatusohtlik lum.valgusti Glamox MIRS54 249 PC REFL. - 2x49W T5 49W HO	tk	47	141	6 627	40	1 880
	Lamp 49W	tk	94	2	188		
V12	Peeglivalgusti Glamox SALA 118 - 1x18W T8	tk	8	36	288	35	280
	Lamp 18W	tk	8	18	144		
V13	Pinnapealne lum.valgusti Glamox TINA 236 OP - 2x36W T8 36 W	tk	12	51	612	35	420
	Lamp 36W	tk	24	1,84	44		
E	Evakuatsioonivalgusti EXIT, Glamox GEF	tk	50	60	3 000	35	1 750
	Kinnitused	tk	619	0,13	80		
4	Kaablid:						
	AXPK 4G300	m	75	18,33	1 375	20	1 500
	AXPK 4G185	m	100	10,7	1 070	16	1 600
	AXPK 4G150	m	50	8,58	429	12	600
	AXPK 4G120	m	300	7,02	2 106	12	3 600
	AXPK 4G70	m	450	4,58	2 061	10	4 500
	AXPK 4G35	m	100	2,57	257	8	800
	NYJ-J 5x70	m	50	23,5	1 175	14	700
	NYJ-J 5x50	m	150	17,7	2 655	10	1 500
	NYJ-J 5x16	m	210	8,5	1 785	10	2 100
	NYJ-J 5x10	m	70	5,47	383	4	280
	NYJ-J 5x4	m	850	2,31	1 964	4	3 400
	NYJ-J 5x2,5	m	190 0	1,55	2 945	3	5 700
	PPJ 5G6	m	50	3,09	155	4	200
	PPJ 5G4	m	700	2,12	1 484	4	2 800
	PPJ 5G2,5	m	100	1,34	134	3	300
	PPJ 3G2,5	m	380 0	0,81	3 078	3	11 400
	PPJ 3G1,5	m	400	0,54	216	3	1 200
	PPJ3x1,5	m	100	0,57	57	3	300
	PPJ 2x1,5	m	100	0,44	44	3	300
	Kinnitused	tk	955 5	0,03	287		
KOKKU					90 652		88 932
						tööpäevi	186

3.3.1 Autoremondi ettevõtte elektrienergia tarbimine aastas

Kuna autoremondi ettevõtte on üsna suur ja töö siin toimub 12 tundi/päevas, elektrienergia tarbimine on ka üsna suur. Vaatame, kui palju elektrienergiat võib tarbida niisugust tüüpi ettevõtte aastas.

Elektrienergia aastatarbimine on:

$$W_{\text{aastas}} = P_a \cdot n_{\text{päevi/aastas}} \cdot n_{\text{töötunde/päevas}} \quad (3.1)$$

Kus:

W_{aastas} – elektrienergia tarbimine aastas, kWh/aastas

P_a – arvutuslik koormus, kW

$n_{\text{päevi/aastas}}$ – päevade arv aastas

$n_{\text{töötunde/päevas}}$ – ettevõtte töötundide arv päevas

Kogu ettevõtte koormused on teada (vt. Peatükk 4, p.4.3 tabel 4.4):

$P_a = 1015$ kW

Aastas on 365 päeva, iga päeva töötunnid ettevõttes: 12 tundi

Seega, autoremondi ettevõtte elektrienergia aastatarbimine on:

$$W_{\text{aastas}} = 1015 \text{ kW} \cdot 365 \frac{\text{päev}}{\text{aastas}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{päev}} = 4\,500\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{aastas}}$$

Preagune elektrienergia ja võrguteenuse hind on järgmine:

Elektrienergia: 0,0532 €/kWh

Võrguteenus:

- elektrienergia edastamine: 0,0649 €/kWh
- taastuenergia tasu: 0,0089 €/kWh
- elektriaktsiis: 0,00447 €/kWh

Kogu elektrienergia hind/kWh : 0,13147 €/kWh

Seega, autoremondi ettevõtte elektrienergia aastatarbimise maksumus on järgmine:

$$\text{Elektrienergia maksumus aastas} = 4\,500\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{aastas}} \cdot 0,13147 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx \mathbf{600\,000} \frac{\text{€}}{\text{aastas}}$$

Samuti, tööstusettevõtted peavad maksma peakaitse eest (antud juhul, 2250A eest) ning reaktiivenergia eest.

4. Autoremondi ettevõtte arvutusnäidised ja tulemustabelid

4.1 Arvutuslikke koormuste määramine, kaitseaparatuuri ning kaabliteristlõigete valik ja kontroll

Arvutusliku koormuse määramise, kaitseaparatuuride, kaablite ristlõigete valiku ja kontrolli näidisarvutused on näidatud värvimisosakonna elektrikilbi JK-1 (jõuseadmestiku toitearvutus) ja valgustuse elektrikilbi JKV-15.1 näitel.

- 1) Värvimisosakonna elektrikilp JK-1, kust saavad toidet 2 veoautode värvimis-kuivatuskambrit.

Gr.1(=gr.2)Veoautode värvimis-kuivatuskamber nr.22 (gr.2 – nr.23):

$$P_i = 80 \text{ kW},$$

$$U_n = 0,4 \text{ kV}$$

$$K_s = 1$$

$$\cos \varphi = 0,85 \rightarrow \tan \varphi = 0,62$$

- a. Valemi 2.2 (vt. Peatükk 2, punkt 2.1) järgi grupi arvutuslik koormus:

$$P_a = k_s \cdot P_i = 1 \cdot 80 \text{ kW} = 80 \text{ kW}$$

- Valemi 2.3 (vt. Peatükk 2, punkt 2.1) järgi grupi arvutuslik koormus:

$$Q_a = \tan \varphi \cdot P_a = 0,62 \cdot 80 \text{ kW} = 49,6 \text{ kVar}$$

- Valemi 2.6 (vt. Peatükk 2, punkt 2.1) järgi grupi arvutuslik vool:

$$I_a = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{80 \text{ 000 W}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 0,85} = 143,2 \text{ A}$$

- Valemi 2.8 (vt. Peatükk 2, punkt 2.4) järgi valin kaitseaparatuuri:

$$I_{\text{kaitse}} > I_{a, \text{grupp}} \rightarrow \text{valin reguleeritavat kaitseautomaati NZMB1-A160}$$

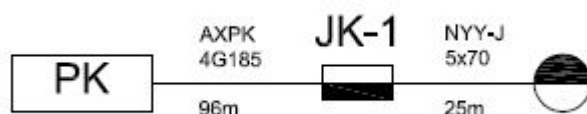
$$160 \text{ A} > 143,2 \text{ A}$$

- Valemi 2.9 (vt. Peatükk 2, punkt 2.4) järgi valin kaablit:

$$I_{\text{lub. (kaabel)}} > I_a \rightarrow \text{vaatan kataloogist kaablite ristlõigete max.lub.voolu järgi}$$

$$\text{ja valin kaablit NYY-J } 5 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ (195 A} > 143,2 \text{ A)}$$

- Valemi 2.10 (vt. Peatükk 2, punkt 2.4.1) järgi kontrolli valitud kaabli ristlõiget pingekaole:



$$\Delta U = \frac{100 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_L^2 \cdot S} = \frac{100 \cdot 80000W \cdot 25m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 380^2V \cdot 70\text{mm}^2} = 0,36\%$$

(γ vaskkaablite jaoks = 54 m/(Ohm*mm²))

0,36% < max.lubatud 4% → kaabel on valitud õigesti.

- b. Kogu elektrikilbi võimsus (gr.1 + gr.2):

$$\sum P_i = 80\text{kW} + 80\text{kW} = 160 \text{ kW}$$

- Elektrikilbi JK-1 arvutuslik vool:

Elektrikilbi $K_s=0,8$

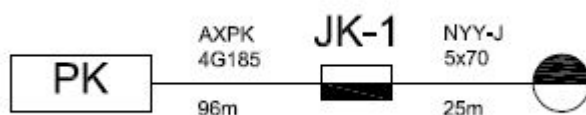
$$P_{a,\text{kilbis}} = k_s \cdot P_{i,\text{kilbis}} = 0,8 \cdot 160\text{kW} = 128\text{kW}$$

$$I_a = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{128\,000W}{\sqrt{3} \cdot 380V \cdot 0,85} = 229,1A$$

- Arvutusliku voolu järgi valin kogu elektrikilbi JK-1 kaitset: NZMH2 –A250
- Arvutusliku voolu järgi valin kogu elektrikilbi JK-1 toitekaablit: AXPk 4G185

(Kaabli max.lub.vool 274A)

- Pingekadu 0,4kV jaotla peakilbist PK kuni elektrikilbini JK-1:



$$\Delta U = \frac{100 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_L^2 \cdot S} = \frac{100 \cdot 128\,000W \cdot 96m}{33 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 380^2V \cdot 185\text{mm}^2} = 1,39\%$$

0,36% < max.lubatud 4% → kaabel on valitud õigesti

- Arvutan 1-faasilist lühisvoolu elektrikilbis JK-1 valemi 2.12 järgi:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{z_n + z_T^{(1)}/3} = \frac{220V}{42,6m\Omega + 5,7m\Omega} = 4554A$$

$z_T^{(1)}/3$ võtan kataloogist (trafo 1600kVA, ühendus Δ/Y). See võrdub 5,7m Ω

Kaabli näivtakistus leian järgmise valemi järgi:

$$z_n = (z_{n,faasijuhe} + z_{n,neutraaljuhe}) \cdot L_{PK-JK-1} \\ = \left(0,222 \frac{m\Omega}{m} + 0,222 \frac{m\Omega}{m}\right) \cdot 96m = 42,6 m\Omega$$

Sõlme „faas-null“ näivtakistused võtan kataloogist.

Elektrkilbi JK-1 kaitseautomaadi NZMH2-A250 rakendusvoolu väärtus lühise puhul on 1500-2500A \rightarrow kaitseautomaat rakendub lühise puhul \rightarrow kaitseautomaat on valitud õigesti.

Kõikide teiste elektrikilpide arvutustulemused vt. Peatükk 4, p.4.3 arvutuste tabelid 4.1 – 4.4.

- Värvimisosakonna valgustuse elektrikilp JKV-15.1, mis hõlmab 6. valgustusgruppi värvimisosakonna valgustuseks.

Näidisarvutused on tehtud gr.1 näitel:

$$P_i = 1,0 \text{ kW},$$

$$U_n = 230V$$

$$K_s = 1$$

$$\cos\varphi = 0,95$$

- Valemi 2.2 (vt. Peatükk 2, punkt 2.1) järgi grupi arvutuslik koormus:

$$P_a = k_s \cdot P_i = 1 \cdot 1kW = 1kW$$

- Valemi 2.6 (vt. Peatükk 2, punkt 2.1) järgi grupi arvutuslik vool:

$$I_a = \frac{P_a}{U_f \cdot \cos\varphi} = \frac{1000 \text{ W}}{220V \cdot 0,95} = 5A$$

- Valemi 2.8 (vt. Peatükk 2, punkt 2.4) järgi valin kaitseparaati:

$I_{\text{kaitse}} > I_{\text{a,grupp}} \rightarrow$ valin reguleeritavat kaitseautomaati B10

$10A > 5A$

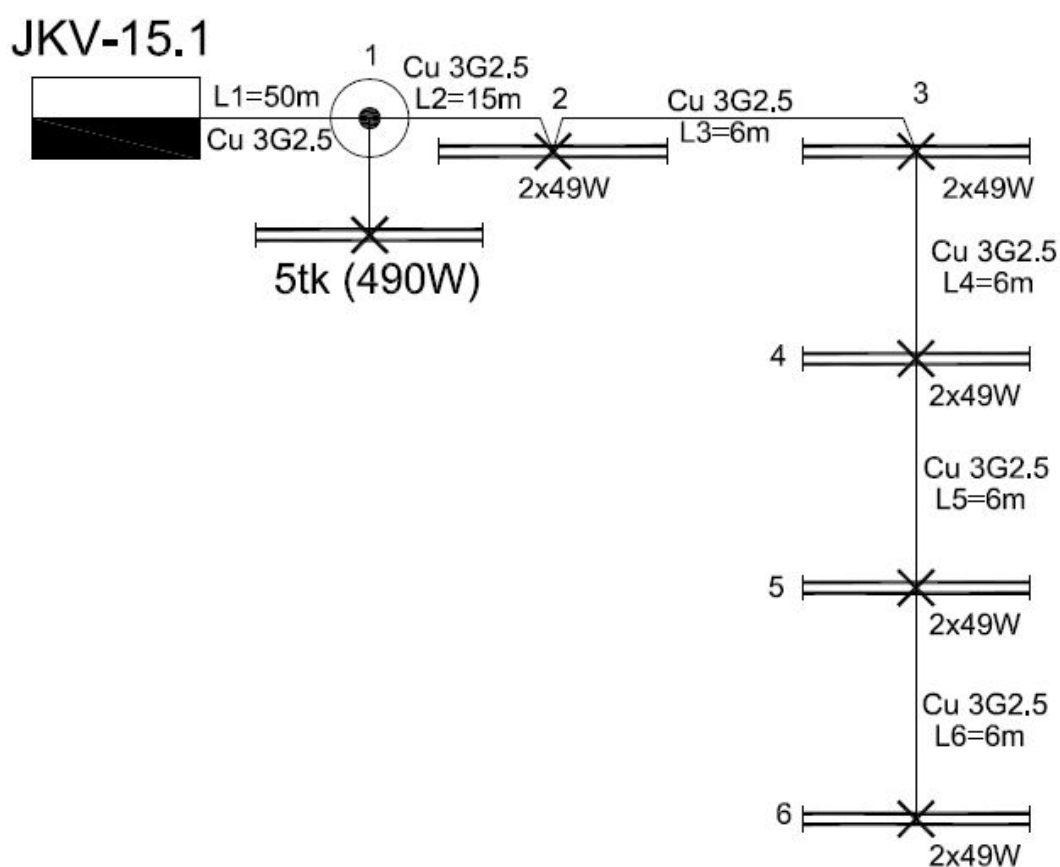
- Valemi 2.9 (vt. Peatükk 2, punkt 2.4) järgi valin kaablit:

$I_{\text{lub.}(kaabel)} > I_a \rightarrow$ vaatan kataloogist kaablite ristlõigete max.lub.voolu järgi

ja valin kaablit PPJ 3G2,5 mm²

$25A > 10A$

- Valemi 2.10 (vt. Peatükk 2, punkt 2.4.1) järgi kontrollin valitud kaabli ristlõiget pingekaole:



Antud liinis arvutan pingekadu asteastmelt, kuna liini pikkusega koormus väheneb.

Nii, arvutuslik võimsus punktis 1 on: $P_a = 2 \times 49W \times 10 \text{ valgustit} = 980W$

Arvutuslik võimsus punktis 2 on: $P_a = 2 \times 49W \times 5 \text{ valgustit} = 500W$

Arvutuslik võimsus punktis 3 on: $P_a = 2 \times 49W \times 4 \text{ valgustit} = 400W$

Arvutuslik võimsus punktis 4 on: $P_a = 2 \times 49W \times 3 \text{ valgustit} = 300W$

Arvutuslik võimsus punktis 5 on: $P_a = 2 \times 49W \times 2 \text{ valgustit} = 200W$

Arvutuslik võimsus punktis 6 on: $P_a = 2 \times 49W \times 1 \text{ valgustit} = 100W$

Kogu liini pingekadu on:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 + \Delta U_5 + \Delta U_6$$

Arvutan ΔU iga punkti jaoks:

$$\Delta U_1 = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} = \frac{200 \cdot 980W \cdot 50m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 220^2V \cdot 2,5\text{mm}^2} = 1,4\%$$

$$\Delta U_2 = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} = \frac{200 \cdot 500W \cdot 15m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 220^2V \cdot 2,5\text{mm}^2} = 0,21\%$$

$$\Delta U_3 = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} = \frac{200 \cdot 400W \cdot 6m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 220^2V \cdot 2,5\text{mm}^2} = 0,06\%$$

$$\Delta U_4 = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} = \frac{200 \cdot 300W \cdot 6m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 220^2V \cdot 2,5\text{mm}^2} = 0,05\%$$

$$\Delta U_5 = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} = \frac{200 \cdot 200W \cdot 6m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 220^2V \cdot 2,5\text{mm}^2} = 0,03\%$$

$$\Delta U_6 = \frac{200 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_f^2 \cdot S} = \frac{200 \cdot 100W \cdot 6m}{54 \frac{m}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 220^2V \cdot 2,5\text{mm}^2} = 0,02\%$$

Kogu liini pingekadu on:

$$\Delta U = 1,4\% + 0,21\% + 0,06\% + 0,05\% + 0,03\% + 0,02\% = 1,77\%$$

$1,77\% < 4\% \rightarrow$ see tähendab, et kaabel PPJ 3G2,5 on valitud õigesti.

b. Kogu elektrilbi võimsus (6gr.-arvutatakse analoogiliselt):

$$\sum P_i = 5 \text{ kW}$$

- Elektrilbi JKV-15.1 arvutuslik vool:

Elektrilbi $K_s = 1$

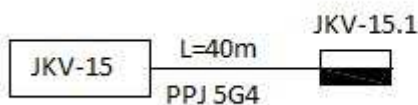
$$P_{a,\text{kilbis}} = k_s \cdot P_{i,\text{kilbis}} = 1 \cdot 5\text{kW} = 5\text{kW}$$

$$I_a = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{5000W}{\sqrt{3} \cdot 380V \cdot 0,95} = 10A$$

- Arvutusliku voolu järgi valin kogu elektrilbi JKV-15.1 kaitset: C16(3f x16A)
- Arvutusliku voolu järgi valin kogu elektrilbi JKV-15.1 toitekaablit: PPJ 5G4

(Kaabli max.lub.vool 33A)

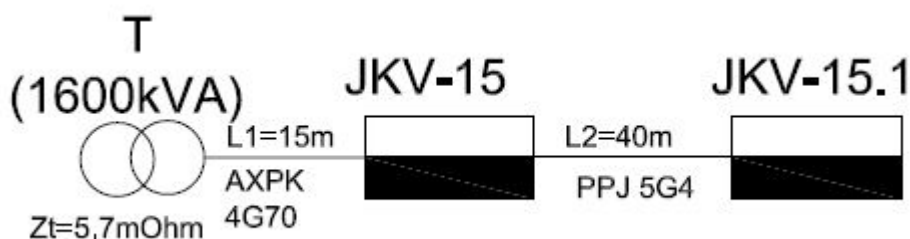
- Pingekadu valgustuse peakilbist JKV-15 kuni elektrikilbini JKV-15.1:



$$\Delta U = \frac{100 \cdot P_a \cdot L}{\gamma \cdot U_L^2 \cdot S} = \frac{100 \cdot 5\,000\text{W} \cdot 40\text{m}}{54 \frac{\text{m}}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} \cdot 380^2\text{V} \cdot 4\text{mm}^2} = 0,64\%$$

0,64% < max.lubatud 4% → toitekaabel on valitud õigesti

- Arvutan 1-faasilist lühisvoolu valgustuse peaelektrikilbis JKV-15.1 valemiga 2.12 järgi:



Ühefaasiline lühisvool elektrikilbis JKV-15.1 on:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{Z_{n,JKV-15.1}}$$

$$Z_{n,JKV-15.1} = \frac{z_T^{(1)}}{3} + z_{n,L1} + z_{n,L2}$$

$z_T^{(1)}/3$ võtan kataloogist (trafo 1600kVA, ühendus Δ/Y) = 5,7mOhm

$$\begin{aligned} z_{n,L1} &= (z_{n,faasijuhe} + z_{n,neutraaljuhe}) \cdot L_1 = \left(0,557 \frac{\text{mOhm}}{\text{m}} + 0,557 \frac{\text{mOhm}}{\text{m}}\right) \cdot 15\text{m} \\ &= 16,71 \text{ mOhm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{n,L2} &= (z_{n,faasijuhe} + z_{n,neutraaljuhe}) \cdot L_2 = \left(5,080 \frac{\text{mOhm}}{\text{m}} + 5,080 \frac{\text{mOhm}}{\text{m}}\right) \cdot 40\text{m} \\ &= 406,4 \text{ mOhm} \end{aligned}$$

$$Z_{n,JKV-15.1} = 5,7\text{mOhm} + 16,71\text{mOhm} + 406,4 \text{ mOhm} = 428,81 \text{ mOhm}$$

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{Z_{n,JKV-15.1}} = \frac{220V}{428,81m\Omega} = 513A$$

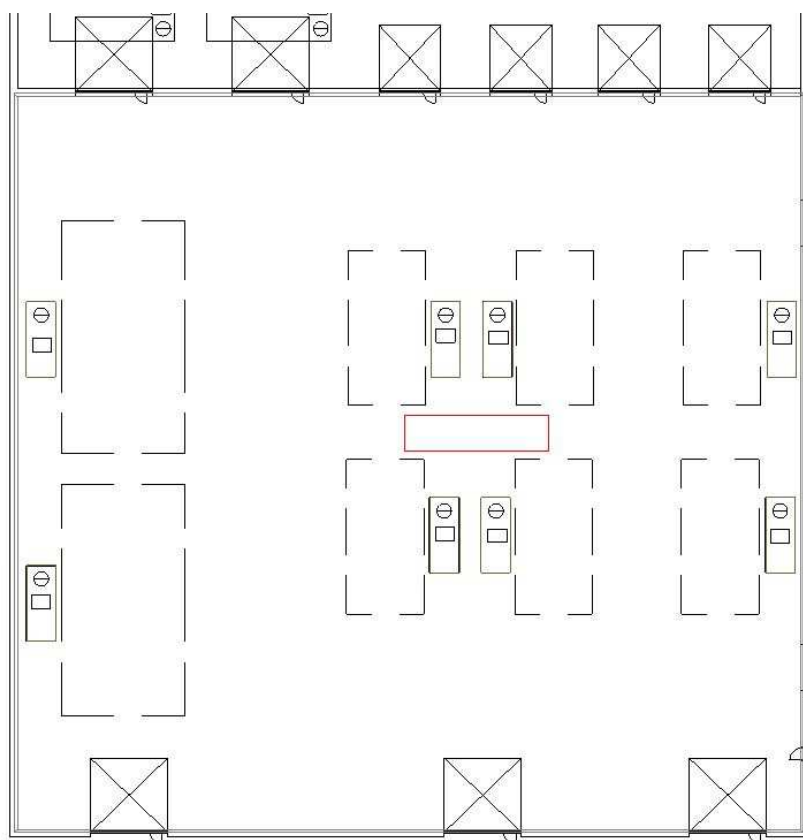
Elektrikilbi JKV-15.1 kaitseautomaadi C16 rakendusvoolu väärtus lühise puhul on 160A → kaitseautomaat rakendub lühise puhul → kaitseautomaat on valitud õigesti.

Kõikide teiste elektrikilpide arvutustulemused vt. Peatükk 4, p.4.3 tulemuste tabelid 4.1-4.3.

4.2 Valgustusvõrgu arvutusnäidis

Autoremondi ettevõtte elektrivalgustusarvutus on tehtud arvutusprogrammiga DIALux (vt. Peatükk 2, p. 2.2).

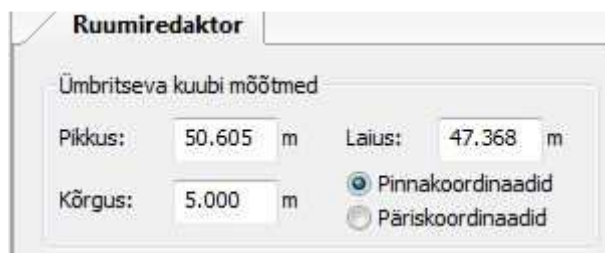
Valgustusvõrgu arvutusnäidis on esitatud autoremondi ettevõtte ettevalmistusosakonna näitel.



Joonis 4.1 Ettevalmistusosakondprogrammis DIALux

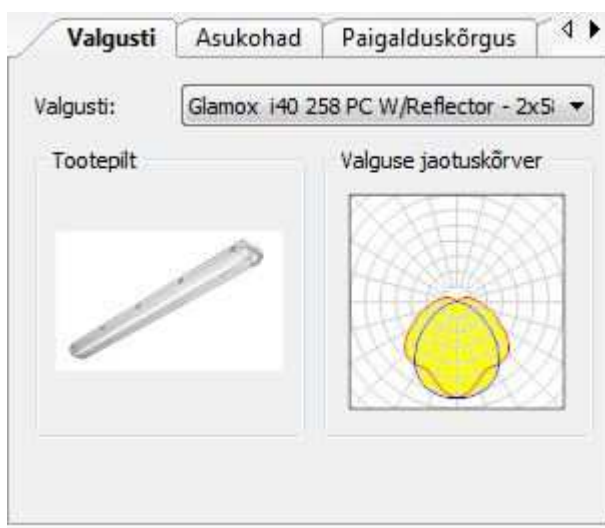
Selleks, et võiks arvutada valgustust valitud ruumis, tuleb seda ruumi töödelda programmis DIALux. Selleks tuleb redigeerida ruumi geometriat, valida ruumi kõrgust, määrata uksed ja aknad. Samuti võib valida seinte, lae ja põranda materjali ja värvi. Lisaks ruumisse on

paigaldatud objektid (antud juhul, see on ettevalmistusstendid veo- ja sõidautodele), kuna iga mööbel ja objekt võib mõjutada ruumi vagustatust.



Joonis 4.2 Ruumi parameetrid

Kui ruum on töödeldud, võib valida ja paigaldada valgusteid. Ettevalmistusosakonna jaoks on valitud tööstusvalitud luminifoortorudega Glamox i40.



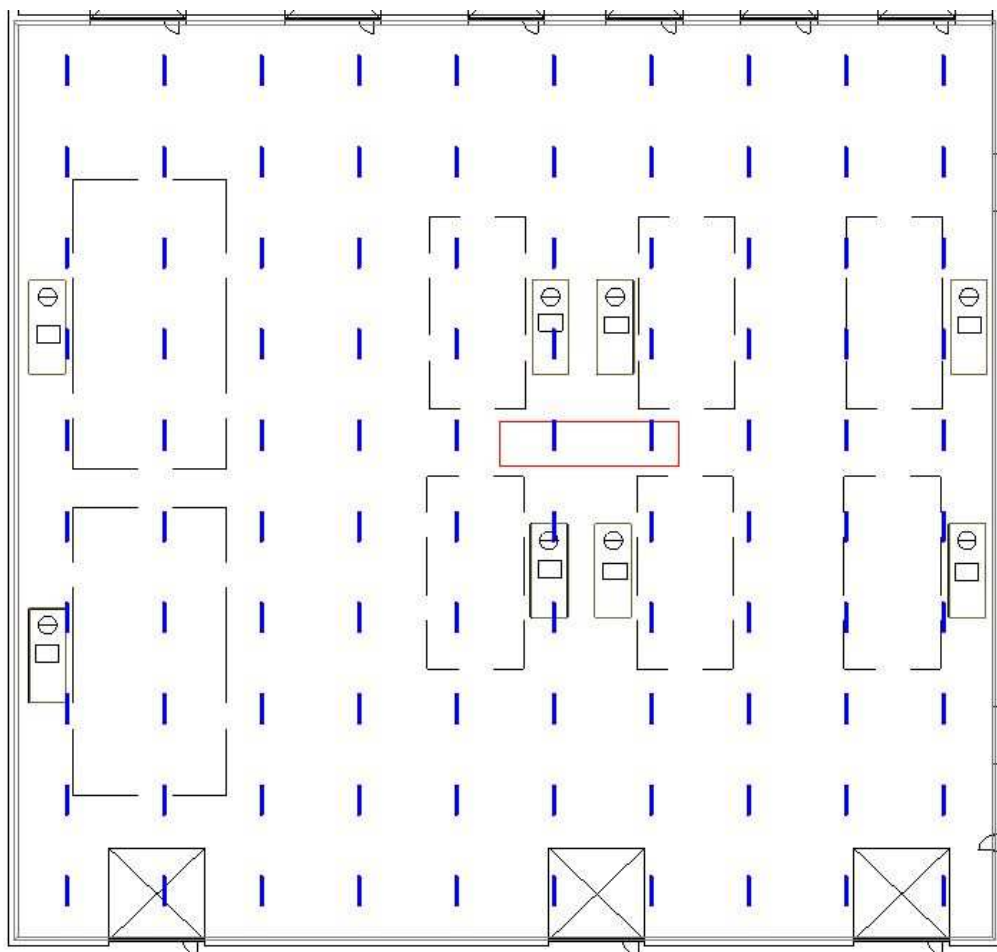
Joonis 4.3 Valgusti valik

Valgusteid võib paigaldada kas iga valgusti eraldi või terve ruumi kaupa. Selleks DIALux programmis on olemas vastav funktsioon.



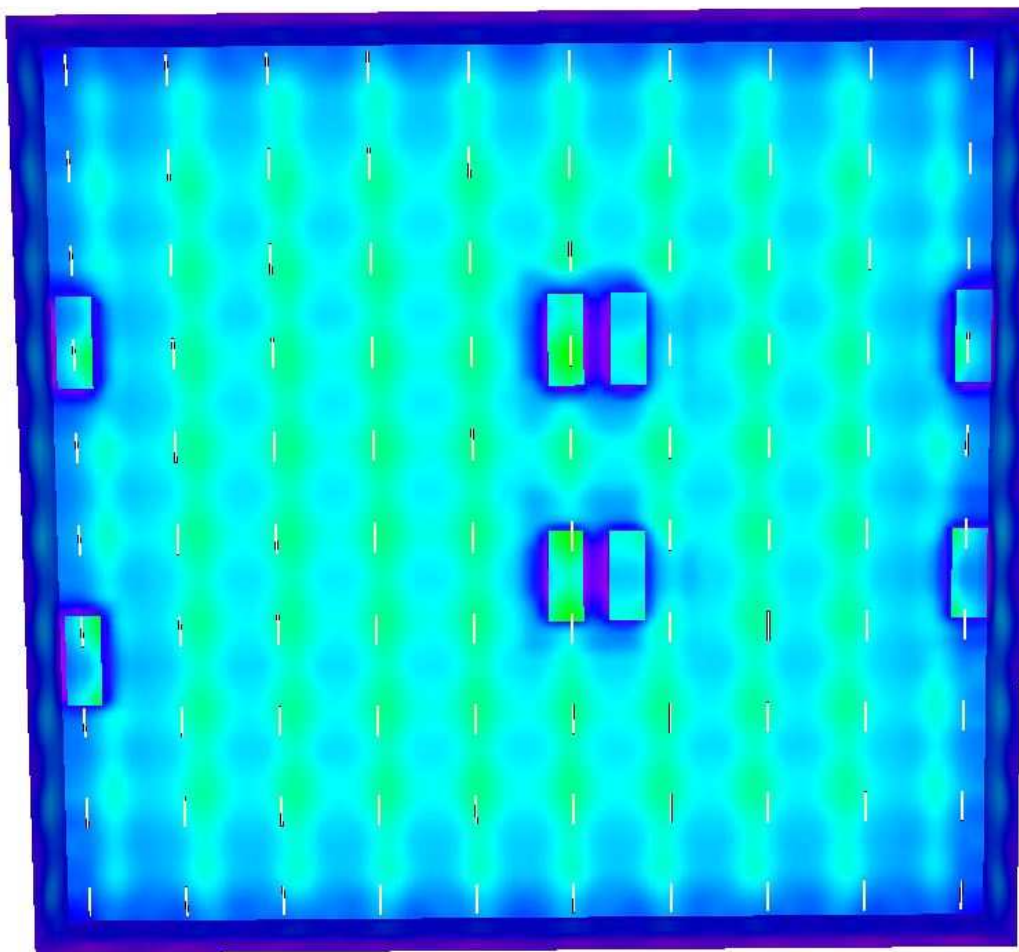
Joonis 4.4 Valgustite paigaldusviis

Kuna standardi järgi, ettevalmistusosakonnas keskmine valgustustihedus peab olem 300lx, siis sisestan seda tabelisse ja programm pakkub enne valitud valgustite paigaldusviisi. Antud juhul, 300lx tagamiseks on vaja 10 rida 10 valgustiga igas reas. Proovin arvutada niisugust paigaldust, arvestades ettevalmistusstende, seinte tume-halli värvi ja ruumi suurust.

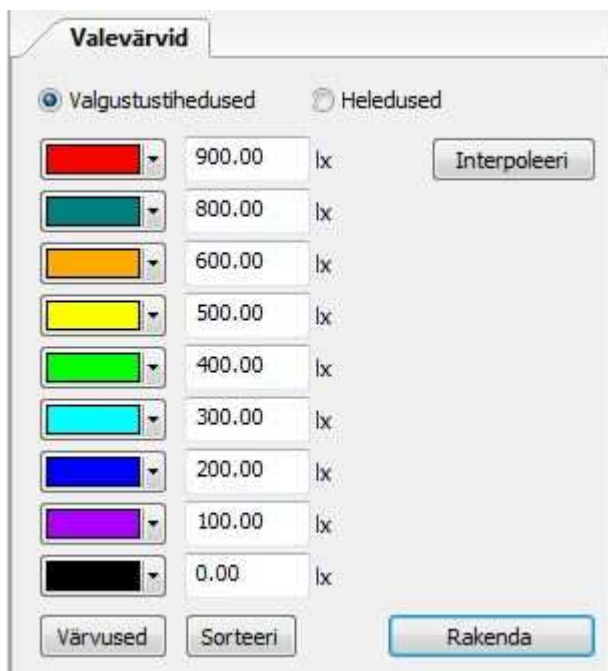


Joonis 4.5 Valgustite paigaldus ettevalmistusosakonnas

Kui ruum on töödeldud ja valgustid on paigaldatud, programm arvutab keskmist valgustatust ruumis. Tulemuseks sain, et ruumi keskmine valgustatus on 300lx ja joonisel 4.6 on näha, et valgustus on ühtlane terve ruumi kohta. Valgustuse ühtlustus on väga oluline, kuna see tagab nägemismugavust ja väheneb väsimust valgustatuse erinevusest.

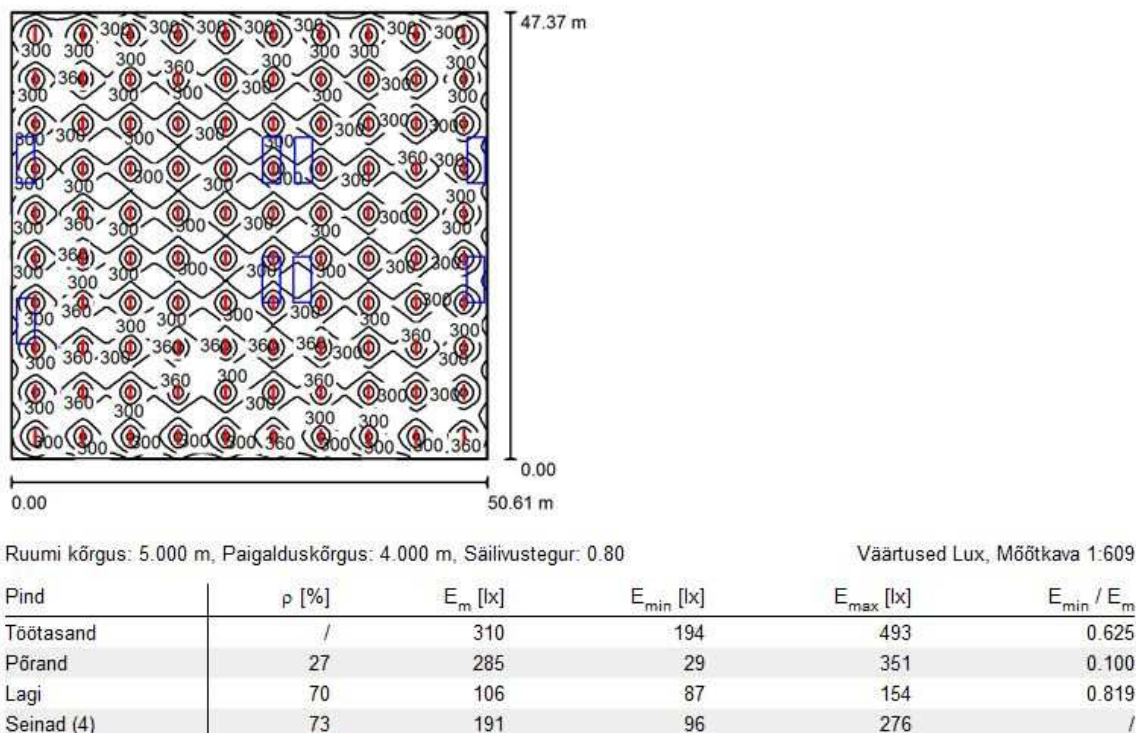


Joonis 4.6 Valgustusarvutuse tulemus



Joonis 4.7 Joonise 4.6 värvide tähendus

Kuna joonisel 4.6 valgustusarvutuse tulemusi on näha liigikaudselt, programmis DIALux on olemas „kokkuvõte“, kus kõik tulemused on esitatud numbrites ja detailsem.



Joonis 4.8 Ettevalmistusosakonna valgustusarvutuse tulemususe kokkuvõte

Joonisel 4.8 on näha, et E_m ehk ruumi keskmine valgustatus on 310 lx, mis tähendab, et valitud valgustid ning nende kogus ja paigaldus sobivad ettevalmistusosakonnale.

Kokku sain, et ettevalmistusosakonda tuleb paigaldada 100 valgustit 2x58W (Glamox i40).

Analoogiliselt on tehtud kõik autoremondi ettevõtte ruumid.

Valgustuse arvutus vt. Lisa 2: Autoremondi ettevõtte valgustuse arvutused.

4.3 Autoremondi ettevõtte arvutustulemuste tabelid

Autoremondi ettevõtte kõik arvutused on tehtud arvutusnäidistega analoogselt (vt peatükk 4, punkt 4.1). Arvutuste tulemused on kantud tabelitesse elektrikilpide kaupa:

Tabel 4.1 – Jõuelektrikilpide JK1-JK13 arvutustulemuste tabel

Tabel 4.2 – Administratiivosa elektrikilpide JK14, JK14.1-JK14.6 arvutustulemuste tabel

Tabel 4.3 – Ettevõtte valgustuse elektrikilpide JKV-15, JKV-15.1-JKV-15.8 arvutustulemuste tabel

Tabel 4.4 – Kogu hoone arvutuslikke koormuste määramine

Tabel 4.1 Jõuelektrikilpide JK1-JK13 arvutustulemuste tabel

Toiteliin				Elektrikilp						Jaotusliin				El.seade				
Kaitse-aparaat	Kaabli mark, ristlõige; paigaldusviis; I _{max.lub} , A	L m	ΔU %	El. kilp	Pi kW	Ks	Pa kW	Cosφ	Ia A	Kaitse-aparaat	Kaabli mark, ristlõige; I _{max.lub} , A	L m	ΔU %	Pi kW	Pa kW	Ia A	Un kV	El.seadme, Masina nr.
NZMH2-A250 Ir=200-250A Ii=1500-2500A	AXPK 4G185 Ilub=274	96	1.39	JK-1	160	0.8	128	0.85	229.1	NZMB1-A160 I=125-160A Ii=1280A	NYY-J 5x70	20		80	80	143.2	0,38	1)Värvimis-kuivatuskamber veoautode jaoks nr.22
												25	0.36	80	80	143.2	0,38	2)Värvimis-kuivatuskamber veoautode jaoks nr.23
NZMH2-A160 Ir=125-160A Ii=960-1600A	AXPK 4G120 Kaabli-redelid Ilub=208	80	1.17	JK-2	120	0.8	84	0.85	150.3	NZMB1-A125 Ii=750-1250A	NYY-J 5x50; Ilub=152	22		60	60	107.4	0,38	1)Värvimis-kuivatuskamber sõiduautode jaoks №24
												25	0.26	60	60	107.4	0,38	2)Värvimis-kuivatuskamber sõiduautode jaoks №25
NZMH2-A160 Ir=125-160A Ii=960-1600A	AXPK 4G120 Kaabli-redelid Ilub=208	65	0.95	JK-3	120	0.7	84	0.85	150.3	NZMB1-A125 Ii=750-1250A	NYY-J 5x50; Ilub=152	22		60	60	107.4	0,38	1)Värvimis-kuivatuskamber sõiduautode jaoks №26
												25	0.26	60	60	107.4	0,38	2)Värvimis-kuivatuskamber sõiduautode jaoks №27
NZMH2-A125 Ir=100-125A Ii=750-1250A	AXPK 4G70 Kaabli-redelid Ilub=148A	80	1.15	JK-4	80	0.6	48	0.7	104.3	NZMB1-A20 I=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	68		10	6	13	0,38	1)Ettevalmistusstend №28

												42		10	6
												39		10	6
												21		10	6
												73	1.4	10	6
												41		10	6
												37		10	6
												19		10	6
NZMH2-A80 Ir=63-80A Ii=480-800A	AXPK 4G70 Kaabli-redelid Ilub=148A	60	0.56	JK-5	61.95	0.5	31.2	0.64	74.2	MS116-6.3 Ireg=4.0-6.3A Ii=63-94.5A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	40		1.5	1.5
										MS116-6.3 Ireg=4.0-6.3A Ii=63-94.5A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	20		1.5	1.5
										MS116-6.3 Ireg=4.0-6.3A Ii=63-94.5A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	16	0.25	1.5	1.5

	MS116-4.0 I _{reg} =2.5-4.0A I _i =40-60A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	48	0.18	0.75	0.75
	NZMB1-A20 I=15-20A I _i =350A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	36		6	3.6
	NZMB1-A20 I=15-20A I _i =350A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	30		6	3.6
	NZMB1-A20 I=15-20A I _i =350A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	23		6	3.6
	NZMB1-A20 I=15-20A I _i =350A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	26		6	3.6
	NZMB1-A20 I=15-20A I _i =350A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	33		6	3.6
	NZMB1-A20 I=15-20A I _i =350A	NYY-J 5x2.5; I _{lub} =25A	40	1.23	6	3.6
	MS116-10	NYY-J				

										MS116-10 Ireg=6.3-10A Ii=120-180A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	34		2.2	2.2
										MS116-10 Ireg=6.3-10A Ii=120-180A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	40		2.2	2.2
										MS116-10 Ireg=6.3-10A Ii=120-180A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	47	0.53	2.2	2.2
										MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	72	2.2	6	3.6
NZMH2-A80 Ir=63-80A Ii=480-800A	AXPK 4G70 Kaabli-redelid Ilub=148A	102	0.99	JK-6	60	0.54	32.4	0.64	77	NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630	NYY-J 5x10; Ilub=60A	20	0.61	24	24
										NZMB1-A63 Ireg=40-50A Ii=300-500	NYY-J 5x10; Ilub=60A	22		18	18
										NZMB1-A63 Ireg=40-50A	NYY-J 5x10;	27	0.62	18	18

	MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	19		5.5	5.5
	MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	35		5.5	5.5
	MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	46	1.3	5.5	5.5
	NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	33		8	4.8
	NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	23		8	4.8
	NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	25		8	4.8
	NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	35	0.86	8	4.8
	MS116-16	NYY-J				

										MS116-4 Ireg=2.5-4A Ii=40-60A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	47	0.27	1.1	1.1
NZMH2-A160 Ir=125-160A Ii=960-1600A	AXPK 4G120 Kaabli-redelid Ilub=208A	25	0.27	JK-8	118.1	0.53	63.1	0.63	152.3	NZMB1-A80 Ireg=63-80A Ii=480-800A	NYY-J 5x16; Ilub=80A	37	0.53	30	18
										MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	32		5.5	2.7
										MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	36	0.49	5.5	2.7
										MS132-32 Ireg=25-32A Ii=384-576A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	30	0.74	11	7.7
										MS132-32 Ireg=25-32A Ii=384-576A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	26		11	7.7
										MS116-12 Ireg=8-12A	NYY-J 5x2.5;	20		3	1.2

										MS132-20 Ireg=16-20A Ii=240-360A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	27	0.42	7.5	3
										MS132-32 Ireg=25-32A Ii=384-576A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	32		11	5.5
										MS132-32 Ireg=25-32A Ii=384-576A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	36	0.63	11	5.5
										MS116-6.3 Ireg=4.0-6.3A Ii=63-94.5A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	42		2.2	0.88
										MS116-6.3 Ireg=4.0-6.3A Ii=63-94.5A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	45		2.2	0.88
										MS116-6.3 Ireg=4.0-6.3A Ii=63-94.5A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	48	0.22	2.2	0.88
										MS116-16 Ireg=10-16A Ii=192-288A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	69	0.78	5.5	2.2

	NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	40		9	4.5
	NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	42	0.6	9	4.5
	NZMB1-A50 Ireg=40-50A Ii=300-500A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	45		8	3.2
	NZMB1-A50 Ireg=40-50A Ii=300-500A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	47		8	3.2
	NZMB1-A50 Ireg=40-50A Ii=300-500A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	49		8	3.2
	NZMB1-A50 Ireg=40-50A Ii=300-500A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	51	0.84	8	3.2
	NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	33		11	5.5
	NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	35		11	5.5

										NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	21		12	8.4
NZMH2-A100 Ir=80-100A Ii=600-1000A	AXPK 4G70 Ilub=148A	82	1.03	JK-10	60	0.7	42	0.7	91.3	NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	18		10	7
										NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	20		10	7
										NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	22		10	7
										NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	24		10	7
										NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	26		10	7
										NZMB1-A20 Ireg=15-20A Ii=350A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	28	1.0	10	7

										NZMB1-A80 Ireg=63-80A Ii=480-800A	NYY-J 5x16; Ilub=80A	24		30	24
										NZMB1-A80 Ireg=63-80A Ii=480-800A	NYY-J 5x16; Ilub=80A	29		30	24
										NZMB1-A80 Ireg=63-80A Ii=480-800A	NYY-J 5x16; Ilub=80A	34	0.65	30	24
NZMH2-A400 Ir=320-400A Ii=2400-4000A	AXPK 4G300 Kaabli-redelid Ilub=372A	73	0.8	JK-12	205.5	0.77	157.7	0.74	324.3	NZMB1-A160 Ireg=125-160A Ii=1280A	NYY-J 5x50; Ilub=152A	16		75	60
										NZMB1-A160 Ireg=125-160A Ii=1280A	NYY-J 5x50; Ilub=152A	23	0.35	75	60
										NZMB1-A63 Ireg=50-63A Ii=380-630A	NYY-J 5x16; Ilub=80A	32		25	17.5

NZMH2-A50 Ir=40-50A Ii=300-500A	AXPK 4G35 Ilub=96A	101	1.07	JK-13	31.1	0.57	17.76	0.74	36.5	MS116-4 Ireg=2.5-4.0A Ii=40-60A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	26	0.09	1.1	0.66
										MS116-10 Ireg=6.3-10A Ii=120-180A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	23	0.21	3	1.8
										MS116-10 Ireg=6.3-10A Ii=120-180A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	21		3	1.8
										MS132-25 Ireg=20-25A Ii=300-450A	NYY-J 5x2.5; Ilub=25A	22	0.51	9	4.5
										MS132-32 Ireg=25-32A Ii=384-576A	NYY-J 5x4; Ilub=33A	27	0.78	15	9

										C10(1x10A)	PPJ3G2.5	8	0.08		0.4
										B10(1x10A)	PPJ3G1.5	21	0.29		0.3
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	8	0.56		2.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	9	0.12		0.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	14	1.17		3.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	22	0.61		1.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	14	1.17		3.0
C20 (3x20A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	48	1.07	JK- 14.3	18	0.4	7	0.8	20	C16(3x16A)	PPJ5G2.5	11	0.4		7.1
										C10(1x10A)	PPJ3G2.5	8	0.08		0.4
										B10(1x10A)	PPJ3G1.5	21	0.29		0.3
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	8	0.56		2.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	9	0.12		0.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	14	1.17		3.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	22	0.61		1.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	14	1.17		3.0
C20 (3x20A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	63	1.41	JK- 14.4	14	0.5	7	0.8	20	C16(3x16A)	PPJ5G2.5	14	0.57		8.0

C25 (3x25A)	PPJ5G6 I _{lub} =43A	34	0.79	JK- 14.5	22	0.5	11	0.8	25	C16(3x16A)	PPJ5G2.5	10	0.38		7.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	26	1.45		2.0
										C10(1x10A)	PPJ3G2.5	8	0.08		0.4
										B10(1x10A)	PPJ3G1.5	32	0.74		0.5
										B10(1x10A)	PPJ3G2.5	30	0.58		0.7
										C10(1x10A)	PPJ3G1.5	25	0.93		0.8
										C10(1x10A)	PPJ3G1.5	26	0.97		0.8
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	17	0.71		1.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	18	0.75		1.5
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	9	0.76		3.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	10	0.56		2.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	19	0.53		1.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	15	0.42		1.0
										C16(1x16A)	PPJ3G2.5	20	0.56		1.0

	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	28	1.17		1.5
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	29	1.21		1.5
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	24	1.01		1.5
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	18	0.65		1.3
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	24	0.87		1.3
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	15	0.21		0.5
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	19	1.06		2.0
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	14	0.19		0.5
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	15	0,42		1,0
	C16(1x16A)	PPJ3G2.5	15	0.21		0.5

Tabel 4.3 Ettevõtte valgustuse elektrikilpide JKV-15, JKV-15.1-JKV-15.8 arvutustulemuste tabel

Toiteliin				Elektrikilp						Jaotusliin				El.seade	
Kaitse-aparaat	Kaabli mark, ristlõige; I _{max.lub}	L m	ΔU %	El. kilp	P _i kW	K _s	P _a kW	Cosφ	I _a A	Kaitse-aparaat	Kaabli mark, ristlõige; I _{max.lub}	L m	ΔU %	P _i kW	P _a kW
NZMH2-A100 I _r =80-100A I _i =600-1000A	AXPK 4G70 I _{lub} =A	15	0,21	JKV-15	46,7	1,0	46,7	0,95	74,7	C16 (3x16A)	PPJ 5G4 I _{lub} =33A	40	0,64	5,0	5,0
										C25 (3x25A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	70	2,69	12,0	12,0
										C25 (3x25A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	52	1,5	9,0	9,0
										C25 (3x25A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	88	0,56	2,0	2,0
										C25 (3x25A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	38	0,65	5,5	5,5
										C16 (3x16A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	50	0,35	2,2	2,2
										C16 (3x16A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	35	0,56	5,0	5,0
										C16 (3x16A)	PPJ5G4 I _{lub} =33A	100	1,92	6,0	6,0

										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			1.51	1.51
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			1.51	1.51
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			1.51	1.51
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			1.51	1.51
C25 (3x25A)	PPJ 5G4	88	0.56	JKV- 15.4	2.0	1	2.0	0.95	3.2	B16(1x16A)	PPJ3G2.5	65	0.83	0.5	0.5
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			0.6	0.6
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			0.9	0.9
C25 (3x25A)	PPJ 5G4	38	0.65	JKV- 15.5	5.5	1	5.5	0.95	9.0	B16(1x16A)	PPJ3G2.5	72	1.4	1.1	1.1

C16 (3x16A)	PPJ 5G4	50	0.35	JKV- 15.6	2.2	1	2.2	0.95	3.5	B16(1x16A)	PPJ3G2.5			0.5	0.5
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			0.5	0.5
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5	65	0.86	0.6	0.6
										B16(1x16A)	PPJ3G2.5			0.6	0.6
C16 (3x16A)	PPJ 5G4	35	0.56	JKV- 15.7	5.0	1	5.0	0.95	8.0	B10(1x10A)	PPJ3G2.5	65	1.1	1.0	1.0
										B10(1x10A)	PPJ3G2.5			1.0	1.0
										B10(1x10A)	PPJ3G2.5			1.0	1.0
										B10(1x10A)	PPJ3G2.5			1.0	1.0

	B10(1x10A)	PPJ3G2.5			0.4	0.4
	B10(1x10A)	PPJ3G2.5			0.5	0.5
	B10(1x10A)	PPJ3G2.5			0.5	0.5
	B10(1x10A)	PPJ3G2.5			0.5	0.5
	B10(1x10A)	PPJ3G2.5			0.5	0.5
	B10(1x10A)	PPJ3G2.5	92	0.94	0.5	0.5
	B10(1x10A)	PPJ3G2.5	92	0.94	0.5	0.5

Tabel 4.4 Kogu hoone arvutuslikke koormuste määramine

Arvutuskoormuste määramine										
Elektriseadmed	Kogus	P_{i,1seade}; kW	P_{i,grupp}; kW	k_s	Cos φ/tgφ	P_a; kW	Q_a; kVar	S_a; kVA	I_a; A	
1. VÄRVIMISOSAKOND										
Värvimis-kuivatuskamber veoautode jaoks	2	80	160	0,8	0,85/0,62	128	79,4			
Värvimis-kuivatuskamber sõiduautode jaoks	4	60	240	0,8	0,85/0,62	192	119			
2. ETTEVALMISTUSOSAKOND										
Ettevalmistusstend	8	10	80	0,6	0,7/1,02	48	49			
3. REMONDIOSAKOND										
Sõidu-/veoauto tõstuk	6;4	2,2; 5,5	35,2	0,2	0,7/1,02	7	7,14			
Sõidu-/veoautode remondistend	6;4	6; 8	68	0,5	0,65/1,16	34	39,4			
Sõidu-/veoautode rehvimontaažipink	3;2	1,5; 3	10,5	0,5	0,7/1,02	5,25	5,35			
Sõidu-/veoautode balanseerimispink	3;2	0,75; 1,1	4,5	0,5	0,7/1,02	2,25	2,3			
4. MEHAANIKAOSAKOND										
Mehaanikapingid: universaalsaag (2),	11	3;7,5;	59,6	0,4	0,65/1,16	23,8	27,6			

vertikaalpuurpink (2); smirgelkäi (3);		2,2;8							
freespink (4)									
Mehaanikapingid: Pneumaatiline hüdropress (2);	12	5,5;11;	113	0,5	0,6/1,33	56,5	75,1		
Horisontaalne puurpink (2); treipink (4);		9;11							
lihvpink (4)									
Mehaanikaosakond: terituspink (2); metalli giljotin (1);	5	12; 30;	76	0,7	0,65/1,16	53,2	61,7		
höövelpink (2)		11							
5. MOOTORI-AGREGAATIDE OSAKOND									
Universaalstend autode mootorite sissetöötamise ja katsetuse jaoks	4	30	120	0,8	0,7/1,02	96	97,9		
Universaalstend autode käigukastide sissetöötamise ja katsetuse jaoks	2	75	150	0,8	0,7/1,02	120	122,4		
Universaalstend autode veosildade sissetöötamise ja katsetuse jaoks	2	25	50	0,7	0,65/1,16	35	40,6		
6. KRAANAD-TALAD	1;2	6; 5,5	17	0,2	0,8/0,75	3,4	2,55		
7. KEEVITUSOSAKOND	6	10	60	0,7	0,35/2,67	42	112,1		

Kokkuvõte

Käesolevas magistritöös on esitatud autoremondi tööstusettevõtte elektrivarustuse arvutuse ja projekteerimise meetodika hüpoteetilise objekti näitel. Selleks oli valitud autoremondi ettevõtte, kus on olemas autoteenuste kogu paketi pakkumiseks kõik vajalik.

Ettevõttes on mehaanika-, mootori-agregaatide, remondi-, keevitusosakonnad, ettevalmistus- ja värvimisosakonnad ning samuti on olemas ka administratiivosa ja suur ladu. Raskuste transpordimiseks kasutatakse kraana-talasid. Igas osakonnas on olemas kõik vajalik tehnoloogia, mis omakorda vajab elektrit. Kogu hoone täielik võimsus on 1380kVA (mis hõlmab jouseadmeid, kontoritarbijaid ja valgustust). Niisugune ettevõtte tarbib aastas umbes 4 500 000 kWh.

Hoone elektritoitepunktiks on sisealajaam, kuhu on valitud trafo 10/0,4kV võimsusega 1600kVA. Antud magistritöös on esitatud elektrivarustuse meetodika alates 0,4kV jaotlast. Kogu tööstuse elektrikoormus on jaotud elektrikilpide kaupa vastavalt seadmestiku eesmärkidele (jõud, valgustus, olmeruumid jne).

Magistritöös esitatud elektrivarustuse arvutuste meetodika hõlmab arvutusliku koormuse määramist, kaablite ja kaitseaparatuuri valikut ja kontrolli, valgustusarvutsi, trafo valikut ja reaktiivvõimsuse kompenseerimist.

Projekteerimise meetodika käsitleb projekti tegemiseks vajalikke andmeid, projekteerimisaluseid ja niisuguse tüüpi hoone elektripaigaldise maksumust ja tööaega.

Magistritöös on 4 peatükki: 1.peatükk on sissejuhatus autoremondi ettevõtte iseloomustusega; 2.peatükis on autoremondi ettevõtte arvutusmeetodika; 3.peatükis on esitatud projekteerimise ja paigalduse meetodika, 4.peatükis on hüpoteetilise autoremondi ettevõtte näidisarvutused vastavalt peatükis 2 esitatud valemitele ning tulemustabelid.

Samuti töös on olemas graafiline osa, kus on esitatud hüpoteetilise autoremondi ettevõtte jõu- ja valgustusplaanid, elektrikilpide skeemid, sisealajaama 0,4kV jaotla (PK peakilbi) elektriskeem ja arvutusprogrammis DIALux teostatud valgustuse arvutused.

Antud lõputöö võib olla kasulik energeetikaga seotud tudengitele, elektrikutele ning tööstusega tegelevatele elektriinseneridele.

Kirjandus

- [1] В.И.Дьяков, "Типовые расчеты по электрооборудованию" Москва, 1991
- [2] И.И.Иванов, Е.Л.Васильева, Б.Г.Грязнов, "Электроснабжение промышленных предприятий. Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию. Электромеханический факультет, Ленинградский политехнический институт", Ленинград 1981
- [3] Г.М.Кнорринг, Ю.Б.Оболенцев, Р.И.Берим, В.М.Крючков, "Справочная книга для проектирования электрического освещения", Ленинград 1976
- [4] А.В.Беяев, "Выбор аппаратуры защиты и кабелей в сетях 0,4кВ", Ленинград 1988
- [5] Ü.Treufeldt, "Lühised elektrisüsteemides", Tallinn 2002
- [6] Prysmian Group, "Tootekataloog"
- [7] Eesti standard EVS-EN 12464-1:2011 "Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus", 2011
- [8] Eesti standard EVS-EN 1838:2013 "Valgustehnika. Hädavalgustus", 2013
- [9] Eesti standard EVS-EN 50172:2005 "Evakuatsiooni hädavalgustussüsteemid", 2005
- [10] Eesti standard EVS-EN 62305-1:(2011); 62305-2:(2013); 62305-3:(2011)
"Ehitiste piksekaitse"

Lisad

Lisa 1 Graafiline osa

Joonise nr.	Joonise nimetus	Lehe formaat	Lehte
EL-1	0,4kV jaotla (PK-peakilbi) skeem	A1	1
EL-2	Autoremondi ettevõtte jõupaigaldise plaan	A1	1
EL-3	Autoremondi ettevõtte valgustuspaigaldise plaan	A1	1
EL-4	Autoremondi ettevõtte piksekaitse ja maanduse plaan	A1	1
EL-5	Potentsiaalide ühtlustuse skeem	A4	1
EL-6	Värvimisosakonna elektrikilbi JK-1 skeem	A4	1
EL-7	Värvimisosakonna elektrikilbi JK-2 skeem	A4	1
EL-8	Värvimisosakonna elektrikilbi JK-3 skeem	A4	1
EL-9	Ettevalmistusosakonna elektrikilbi JK-4 skeem	A4	1
EL-10	Remondiosakonna elektrikilbi JK-5 skeem	A4	2
EL-11	Ventkambri nr.1 elektrikilbi JK-6 skeem	A4	1
EL-12	Remondiosakonna elektrikilbi JK-7 skeem	A4	2
EL-13	Mehaanikaosakonna elektrikilbi JK-8 skeem	A4	2
EL-14	Mehaanikaosakonna elektrikilbi JK-9 skeem	A4	2
EL-15	Keevitusosakonna elektrikilbi JK-10 skeem	A4	1
EL-16	Mootori-agregaatide osakonna elektrikilbi JK-11 skeem	A4	1
EL-17	Mootori-agregaatide osakonna elektrikilbi JK-12 skeem	A4	1
EL-18	Ventkambri nr.2 elektrikilbi JK-13 skeem	A4	1

EL-19	Kontorite peaelektrikilbi JK-14 skeem (+kontorite jaotuskilpide JK-14.1-JK14.6 skeemid)	A4	12
EL-20	Autoremondi ettevõtte valgustuse peaelektrikilbi JKV-15 skeem (+osakondade valgustuse jaotuskilpide JKV-15.1-JKV15.8 skeemid)	A4	10

Lisa 2 Autoremondi ettevõtte valgustusarvutused