EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Andres Neumann

SIEMENS MASTERDRIVES MC PROGRAMMEERIMISVÕIMALUSED JA ÕPPEOTSTARBELISED RAKENDUSED

PROGRAMMING METHODS AND APPLICATIONS OF SIEMENS MASTERDRIVES MC

Bakalaureusetöö
Energiakasutuse eriala

Juhendaja: lektor Erkki Jõgi, *MSc*

Tartu 2015

TÄHISED JA LÜHENDID

COM – *Communication*, infovahetuse siin

EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*, elektriliselt eemaldatav programmeeritud lugemiskaitstud mälu

f – sagedus, Hz

GND – *GROUND*, maandus

I – vool, A

I_{max} – maksimaalne vool, A

I_N – nimivool, A

IP – *internal protection*, kaitseaste

$I_{väljund}$ – väljundvool, A

I_0 – käivitusvool, A

LED – *Light Emitting Diode*, valgusdiood

LU – *Length Unit*, pikkusühik

L_x – induktiivsus, H

m – mass, kg

M_0 – käivitusmoment, N·m

M_N – nimimoment, N·m

n_{max} – maksimaalne pöörlemiskiirus, min^{-1}

n_n – nimipöörlemiskiirus, min^{-1}

PMU – *parameterising unit*, parameetrite sisestamise moodul

R_x – mähise takistus , Ω

RxD – *Recieved Data*, saabunud andmed

T – temperatuur, °C

T_{max} – maksimaalne temperatuur, °C

TxD – *Transferred Data*, edastatud andmed

U – pinge, V

U_N – nimipinge, V

USB – *Universal Serial Bus*, universaalne järjestiksiin

U_{sisend} – sisendpinge, V

$U_{sisendmax}$ – maksimaalne sisendpinge, V

$U_{väljund}$ – väljundpinge, V

P – võimsus, W

η – kasutegur

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on anda ülevaade servoajami Siemens Masterdrives MC ehitusest, programmeerimisvõimalustest ning kasutamisvõimalustest õppetöös. Töös tutvustatakse servoajami komponente, antakse ülevaade seadme kasutamisega kaasnevatest ohtudest, elektromagnetilisest ühilduvusest ning antakse soovitusi nende probleemide vältimiseks. Servoajamit Siemens Masterdrives MC on võimalik kasutada elektriajamite kursuse labortöö läbiviimisel. Ajami uurimine sobiks kursuse üheks labortööks, kuna kursusel käsitletakse ka servoajameid ning nende juhtimist. Labortöös omandaksid üliõpilased ülevaate servoajami võimekusest, kasutusvaldkondadest ning seadme juhtimisest läbi mitme erineva juhtmooduli. Töös käsitletakse seadme juhtimist läbi integreeritud mooduli PMU, operaatoripaneeli OP1S ning läbi tarkvaralise keskkonna Drive Monitor. Töös antakse juhiseid ajami konfigureerimiseks läbi erinevate juhtimiskeskkondade. Õppetöös omandavad õpilased kogemusi erinevate juhtimisvalikute võimalustest.

Märksõnad: servoajami programmeerimine, servomootor, PMU, OP1S, Drive Monitor

ABSTRACT

The aim of this work is to provide an overview of programming methods and applications of Siemens Masterdrives MC. The research gives an overview of servo drives construction, usage and possibilities of using the servo drive in studies. Author of this work examines the risks involved in the use of equipment, electromagnetic compatibility and recommendations to avoid these problems. Servo drive Siemens Masterdrives MC can be used in electrical drives laboratory. Practical research of servo drive could be one of the laboratory course work, because the course handles topics about servo drives and their management. In servo drive laboratory work students could acquire an overview of servo drive management disciplines through a number of different control modules. The work provides guidelines to control the drive through integrated module PMU, operating panel OP1S and software Drive Monitor. The work gives instructions how to configure drive via different operating environments. During the servo drive laboratory work students gain experience in different servo drive operating techniques.

Keywords: servo drive programming, servo motor, PMU, OP1S, Drive Monitor

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1. SERVOAJAMID 6
1.1. Servoajam 6
1.2. Servokontroller 7
1.3. Servoajamite mootorid 8
1.4. Servomootori tagasiside 8
1.5. Servomootorite kasutusvaldkonnad 9
2. SIEMENS MASTERDRIVES MC 10
2.1. Servoajami komplekt Siemens Masterdrives MC 10
2.2. Elektromagnetiline ühilduvus 12
3. SEADMED JA TARKVARA 14
3.1. Servoajami komponendid 14
3.2. Ohud seadme kasutamisel 20
3.3. Tarkvarakeskkond Drive Monitor 21
4. SIEMENS MASTERDRIVE MC KASUTAMINE ÕPPETÖÖS 22
4.1. Labortööd servoajamiga 22
4.2. Parameetrite sisestamine läbi PMU 22
4.3. Ajami juhtimine läbi OP1S operaatorpaneeli 23
4.4. Drive Monitor tarkvaraprogrammi kasutamine 26
4.4.1 Seadme ühendamine arvutiga 26
4.4.2. Drive Monitor tarkvaraprogrammi seadistamine 26
4.4.3. Võimalik labortöö kasutades tarkvara Drive Monitor 40
KOKKUVÕTE 42
KASUTATUD KIRJANDUS 44
LISAD 45
Lisa A. Ohutushoiu eeskirjad 46
Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta 50

SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärk on anda ülevaade servoajami komplektist Siemens Masterdrives MC, selle kasutusvõimalustest ning võimalustest kasutada ajamit õppetöös. Eesmärgi saavutamiseks seati järgmised ülesanded: uurida servoajami töö põhimõtteid ning kontrollimise viise läbi integreeritud mooduli PMU, operaatorpaneeli OP1S ja tarkvaralise keskkonna Drive Monitor. Lisaks uurida erinevaid seadistamisvõimalusi ning pakkuda välja võimalikke labortöid.

Servoajami Siemens Masterdrives MC uurimine sobib elektriajamite kursuse laborisse, kuna kursuses käsitletakse ka servoajameid ning nende juhtimisviise. Seadme kasutamiseks on vaja tunda servoajami ehituse ning juhtimise põhimõtteid. Käesolevas töös käsitletakse seadme opereerimisest tulenevaid ohte, elektromagnetilise ühilduvuse probleeme ning antakse soovitusi nende vältimiseks. Üheks eesmärgiks on anda juhised ajamikomplekti seadistamiseks ning juhtimiseks läbi integreeritud juhtmooduli PMU, operaatoripaneeli OP1S ning tarkvarakeskkonna Drive Monitor. Töö esimeses peatükis antakse teoreetiline ülevaade servoajamitest. Järgevalt käsitletakse seadmekomplekti Siemens Masterdrives MC ehitust ning seadme elektromagnetilist ühilduvust. Töö kolmandas peatükis tutvustatakse komponente, millest antud komplekt koosneb ning neljandas peatükis antakse juhised servoajami opereerimiseks läbi erinevate juhtimiskeskkondade ning võimalustest kasutada ajamit laboratoorses töös.

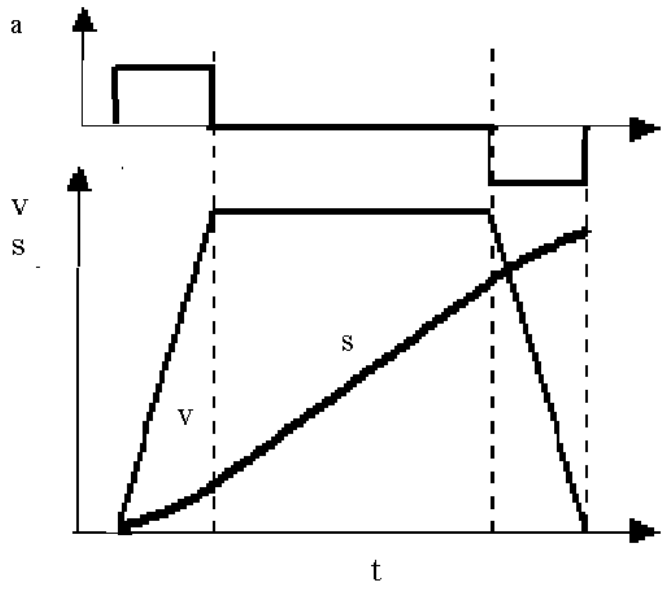
1. SERVOAJAMID

1.1. Servoajam

Servoajamiks nimetatakse servomootorit koos servovõimendiga. Servovõimendit nimetatakase ka servokontrolleriks või servomuunduriks. Servovõimendi peaülesanne on reguleerida mootorile antavaid toitevoole. Mootori mähistele antav vool reguleeritakse vastavalt etteantud momendi ja kiiruse saavutamiseks. Servovõimendi põhikomponendid on lõppaste ja regulaator. Lõppaste on jõuelektroonikal põhinev modulaator, mis jaotab servomootori toitevoolud tagamaks etteantud trajektoori. Regulaator juhib lõppastme talitlust ning võrdleb etteantud- ning tegelikke suurusi. Kui tegelikud suurused erinevad etteantud suurustest, siis toimub etteantud suuruste vastav reguleerimine.

Võrreldes tavaliste elektriajamite on servoajami talitlus ebaühtlane. Servoajami kiirendus nimikiiruseni toimub väga kiiresti, kõigest mõne millisekundi. Samuti on ka pidurdus väga kiire. Positsioneerimistäpsus on servomootoritel sajandikmillimeetri suurusjärgus.

Servoajamitele on seatud kõrged nõudmised. Servoajamil peab olema suur positsioneerimistäpsus, suur kiiruse reguleerimistäpsus, suur reguleerimispiirkond, momendi stabiilsus, küllaldane ülekoormatavus ning suur toimekiirus. Klassikaliseks servoajami ülesandeks loetakse positsioneerimist. Positsioneerimise käigus peab ajam saavutama nimikiiruse ning kiiresti pidurdama, et jõuda etteantud positsioonile. Kiiruse reguleerimisega tagatakse servoajami stabiilne töö. Nii kiirendus kui ka pidurdus määratakse vastavate rampide ehk kõveratega. Servoajami tööd kirjeldav ramp on toodud joonisel 1.1. Jooniselt on näha, et lühikese aja jooksul kiirendab servomootor nimikiirusele, seejärel töötab nimikiirusel kuni hakkab lähenema positsioneerimispunktile. Seejärel pidurdatakse lühikese aja jooksul kuni jõutakse täpselt positsioneerimispunkti. [1]



Joonis 1.1. Positsioneerimist iseloomustav ramp [2]

Servoajami eelisteks teiste ajamite ees on paremad dünaamilised näitajad, suur täpsus ning moment madalatel nullilähedastel kiirustel. Servoajamitel on kompaktne ehitusviis ning suur erivõimsus, mis saavutatakse püsimagnetite kasutamisega.

1.2. Servokontroller

Ajamit juhitakse sisseehitatud suletud süsteemiga juhtelektroonikaga. Juhtelektroonika koosneb mikroprotsessorist ja digitaalse signaali protsessorist. Protsessorist saadud signaalide muutmine siinuspingeks toimub läbi pulsilaiusmodulatsiooni (PLM). Pulsilaiusmodulatsiooni väljunditeks on konstantse amplituudiga elektriliste impulsside jada. Pulsi laiuse reguleerimisega muudetakse mõjuva pinge efektiivväärtust. Mida pikem on pulsi kestus, seda suurem on pinge efektiivväärtus perioodi kestel. Pulsilaiusmodulatsiooni kasutatakse kolmefaasilise vahelduvpinge tekitamiseks. Mida kõrgem on signaali sagedus, seda rohkem sarnaneb väljundpinge siinuselisele kujule. Saadud signaali sageduse reguleerimisega on võimalik muuta väljundpinge sagedust. [1, 3]

1.3. Servoajamite mootorid

Servomootorite konstrueerimise peaeesmärgiks on võetud mootori dünaamika ehk kiire käivitus ja pidurdus. Servomootoreid valmistatakse nii alalis- kui ka vahelduvvoolule. Alalisvoolule valmistatakse nii harjadega kui harjavabu mootoreid. Vahelduvvoolu tarbeks valmistatakse sünkroon- ja asünkroonmootoreid. Kõige paremini rahuldab tänapäeva nõudmisi püsimagnetergutusega sünkroonmootor. Vajalik suur erivõimsus saavutatakse püsimagnetite kasutamisega. Püsimagnetite materjalideks kasutatakse näiteks raud-boor, samaarium-koobalt ja ferriitmaterjale. Sünkroonmootorite moment on suurem kui asünkroonmootoritel, kuid inertsimoment ning dünaamilised näitajad on omakorda väiksemad kui asünkroonmootoritel. Piiravateks teguriks püsimagnetergutusega sünkroonmootoril on mootori maksimaalne moment, mis on piiratud püsimagnetite magnetvooga. Mootori ülekoormamisel magnetid demagnetiseeruvad ning mootoris tekib momendikadu. Servomootoriga ühisel võllile on monteeritud ka tagasisideandur ning vajaduse korral ka mehaaniline pidur, mille eesmärgiks on takistada võlli nihkumist väliste jõudude mõjul mootori toite puudumise korral. [1]

1.4. Servomootori tagasiside

Servomootoril on tagasiside andmiseks kasutusel tagasisideandurid. Tagasiside signaale kasutatakse reaalajas informatsiooni saamiseks nii kiiruse kui ka positsiooni kohta. Regulaatoris viiakse sisse väljundite muudatused kasutades tagasisidet. Tagasiside andmiseks kasutatakse resolvereid, inkrementaalandureid, absoluutväärtuse andureid või potentsiomeetrit. Resolveriks ehk pöördtrafoks nimetatakse pöörlemise positsiooniandurit. Resolverid on väga vastupidavad tagasisideandurid, mistõttu neid kasutatakse suuremate vibratsioonide kui ka temperatuuride juures. Resolver kujutab endast kolme mähisega trafot. Primaarmähis asub masina võllil ja sekundaarpoolel on kaks üksteise suhtes nihutatud mähist. Primaarmähise pöörlemisel indutseeritakse sekundaarpoolel signaal, mis annab tulemuseks siinus- ja koosinussignaali . Nende signaalide tulemusel on võimalik määrata positsiooni ning ka kiirust. Inkrementaalandurid on servomootorite kõige laiemalt levinud tagasiside seadmed, seda tänu oma standardsele ehitusele, mis võimaldab neid pea iga servomootoriga ühendada. Optilisestes inkrementaalandurites on kasutusel metallist või klaasist ketas, millel on peal pilud ning need annavad põhiresolutsiooni. Läbi ketta pilude

lastakse valgus kasutades valgusdioodi ning töödeldakse signaaliks. Magnet-inkrementaalandurites on piludega ketas vahetatud võllil oleva magneti vastu. Lisaks on tarvis vastavat kiipi, mis tajub magnetpoolusi. Absoluutväärtuse enkoodrit kasutatakse kui pärast töötsüklit on vajalik taastada lähtepositsioon. Sellega pole vaja baaspunkti kalibreerimist, mis vähendab töötsükli aega. Nagu inkrementaalanduril, on sellel anduril pöörlev ketas ja optika, kuid absoluutne andur säilitab positsiooni andmed ka toitevoolu katkemisel. [1, 4, 5]

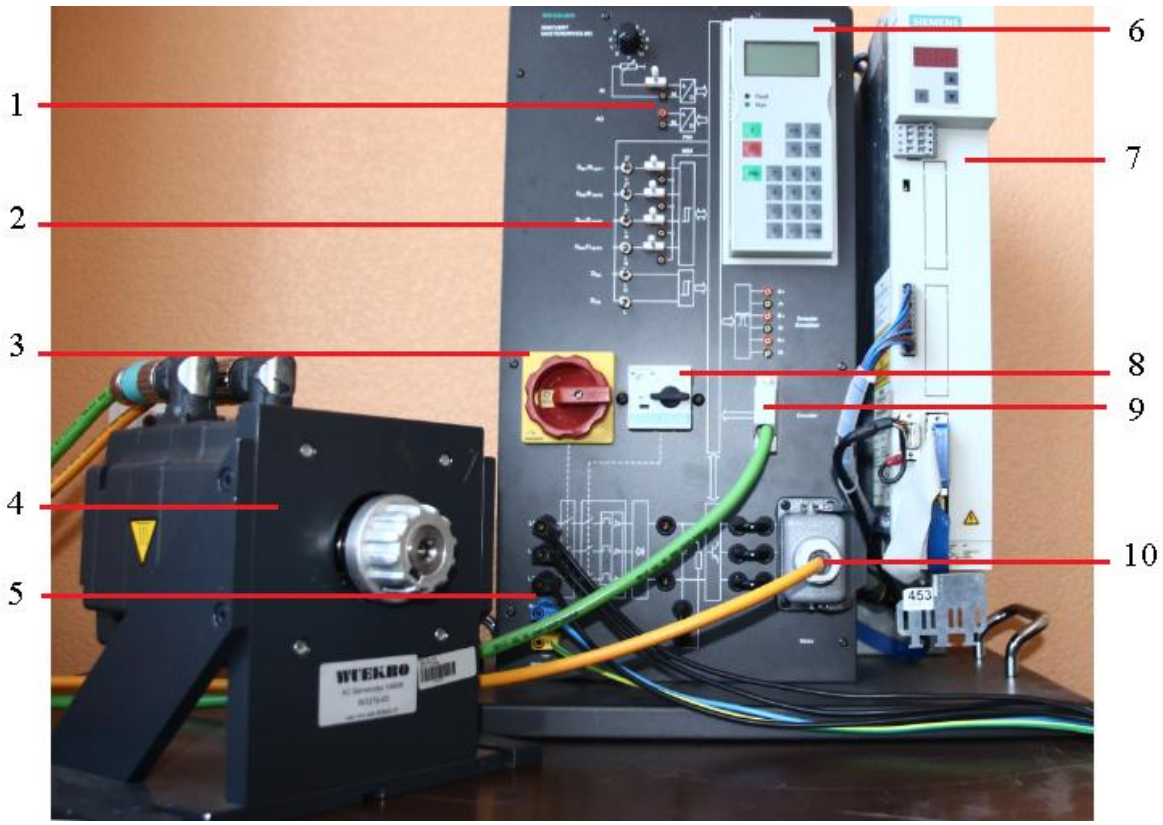
1.5. Servomootorite kasutusvaldkonnad

Servomootoreid kasutatakse laialdaselt automaatikas, robootikas ning mudelismis. Robootikas kasutatakse ajamit tema täpse positsioneerimise tõttu. Mootoreid kasutatakse robotkäeliidese liigutamiseks. Konveierlintidel leiavad servomootorid rakendust lindi väga täpsel liigutamisel. Näiteks kasutatakse servoajamit pudelitäitmise liinil, kus on oluline, et pudel liiguks täitmiseks täpselt õigele kohale. Servomootorid leiavad kasutust tööstuslikes mehhaniseeritud tööriistades nagu näiteks CNC pingid, lennunduses kasutatakse servomootoreid hüdraulika pumpadena, fotograafias kasutatakse fotoaparaatide autofookuses. Läätse teravikustamiseks kasutatakse väga suure täpsusega servomootorit. Järjest rohkem leiavad servoajamid kasutust päikese jälgimise süsteemides. Päikese asukoha tuvastamiseks kasutatakse spetsiaalseid fotosensoreid, mille signaal antakse kontrollerile ning läbi kontrolleri juhitakse väga täpselt servomootorit, mis liigutab päikesepaneele. Servomootorid on kasutust leidnud ka printerites, kus seadmed liigutavad täpselt paberit ning trükipäid. [1, 6, 7, 8]

2. SIEMENS MASTERDRIVES MC

2.1. Servoajami komplekt Siemens Masterdrives MC

Elektriajamite laboris on olemas servoajami komplekt Siemens Masterdrives MC. Servoajam on kokku pandud Wuekro poolt Siemensi seadmetest. Servoajam Siemens Masterdrives MC on nähtav joonisel 2.1. Servoajami ühendamiseks vooluvõrku on võimalik kasutada laboris olevaid juhtmeid. Seadme ühendamiseks vooluvõrguga tuleb ühendada faasijuhid vastavalt tähisele. Kindlasti tuleb veenduda, et faasijärjestus oleks õige, lisaks tuleb ühendada neutraal- ning maandusjuht. Soovitatav on kasutada eri värvi juhtmeid, et vältida probleeme vooluvõrku ühendamisel. Servoajami ühendamisel vooluvõrku tuleb jälgida, et enne juhtmete ühendamist oleks lahutuslüliti pööratud nullasendisse. [2, 9]



Joonis 2.1. Servoajami komplekt Siemens Masterdrives MC, 1 - AI/AO, 2 - DI/DO, 3 - kaitselahutuslüliti, 4 - servomootor, 5 - servoajami toide, 6 - OP1S, 7 - servokontroller, 8 - mootorikaitselüliti, 9 - enkooderi sisendpistik, 10 - toide servomootoril

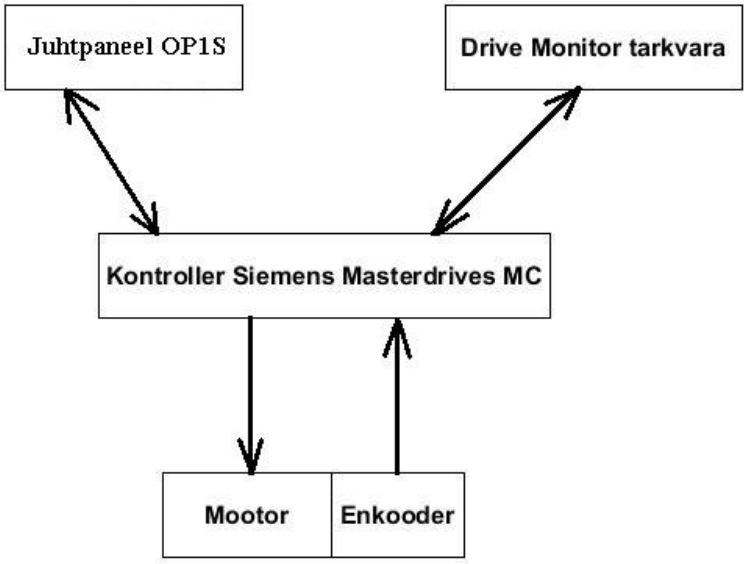
Servoajami komplekt koosneb juhtplokist ja servomootorist. Servomootor ja enkooder ühendatakse juhtplokiga kasutades vastavaid ühenduskaableid. Mootori kaitseks kasutatakse mootorikaitselülitit. Juhtplokil on välja toodud analoog- ning digitaalviigud. Analoogsisendid ja –väljundid on tähistatud vastavalt AI ja AO ning digitaalsisendid ja -väljundid vastavalt DI ja DO. Servokontrolleri juhtparameetrite muutmiseks on integreeritud liides PMU ja operaatoripaneel OP1S.

Servoajami Siemens Masterdrives MC nimisildiandmed on toodud tabelis 2.1. Servokontrollerit Siemens Masterdrives MC kasutatakse spetsiaalselt servomootorite juhtimiseks. Antud servokontrolleriga on võimalik juhtida mootoreid, mille võimsused jäävad vahemikku 0,55…15 kW. [9]

Tabel 2.1. Servoajami Siemens Masterdrive MC sildiandmed

U_{sisend}, V	380…480
$U_{väljund}$, V	0…480
$I_{väljund}$, A	kuni 5
I_{max}, A	15 A
f, Hz	50-60

Servoajami komplekti Siemens Masterdrives MC põhimõtteskeem on toodud joonisel 2.2.



Joonis 2.2. Servoajami komplekti Siemens Masterdrives MC põhimõtteskeem

Kontrolleri Siemens Masterdrives MC sisenditeks on juhtpaneelist OP1S või tarkvaralisest keskkonnast Drive Monitor saadavad signaalid ning väljunditeks on mootorile antavad faasivoolud. Juhtsignaalide andmine Siemens Masterdrives MC kontrollerile toimub läbi juhtpaneeli OP1S või läbi arvuti tarkvaralise keskkonna Drive Monitor. Saadud signaalid võimendatakse kontrolleri võimendis. Kolmefaasiline inverter annab väljundiks siinuselise signaali sagedusvahemikus 0...400 Hz. Mootori võlliga ühendatud enkooderist saadakse reaalajas tagasisidet, mida kasutatakse väljundsignaalide reguleerimiseks. [2, 9]

2.2. Elektromagnetiline ühilduvus

Seadme elektromagnetiliseks ühilduvuseks loetakse seadme või süsteemi võimet töötada teda ümbritsevas elektromagnetilises keskkonnas nii, et see seade ei tekita vastuvõetamatut elekromagnetilist häiringut teistele seadmetele selles keskkonnas. Elektromagnetiliseks häiringuks nimetatakse tahtmatut ja ebasoovitavat elektromagnetilise energia ülekandumist ühelt seadmestikult (allikalt) teisele seadmestikule (vastuvõtjale). Elektromagnetilisi häiringuid genereerivad tahtlikult tekitatud signaalid ning seadmestiku talitlusega kaasnev soovimatu elektromagnetilise energia väljastamine. Elektromagnetiliste häiringute tekkeallikaks on kontaktide sisse- ja väljalülitamise siirdeprotsessid (sädelemised või elektrikaar) ja voolutugevuse ja voolusuuna järsud muutused, samuti on lülitid ja releed elektromagnetiliste häiringute allikateks. Häiringute toime tagajärjel võivad elektroonikakomponendid ja nende tundlikud mikrolülitused rikneda. Reaktiivkoormustega vooluahelate sisse- ja väljalülitamisel tekivad elektrilised impulsid. Need elektrilised impulsid moonutavad siinuspinge kuju. Kõrgemad harmoonilised põhjustavad liigseid kadusid ning võivad tekitada häiringuid elektriseadmete töös. Kõik töötavad elektriseadmed tekitavad häiringuid elektromagnetvälja näol. Jõupooljuhtide talitluse kõrvalnähuna tekivad kõrgsageduslikud häiringud. Türistoralaldi sisse- ja väljalülitamisel tekivad kõrgsageduslikud häiringud. Häiringute vähendamiseks on mitmeid meetodeid. Alaldi häiringuid saab osaliselt vähendada kui piirata voolu tõusu. Samuti saab alaldi häiringuid vähendada kui ühendada neile rööbiti RC ahel.

Kõrgemate harmooniliste tõttu võivad trafod üle kuumeneda. Trafo ülekuumenemine toob kaasa trafo isolatsiooni kiirema vananemise. Samuti mõjutavad kõrgemad harmoonilised

ka mõõteseadmeid. Kõrgemate harmooniliste pärast võivad mõõteseadmed anda vale näidu. [2, 10]

Et vähendada elektromagnetilisi häireid tuleks signaali- ning toitekaablid vedada eraldi. Soovitatavalt peaks signaali- ja toitekaablite vahel olema vahesein. Varjestamata kaablid tuleks keerata keerdudesse või sisend- ja väljundjuhtmete vahekaugus hoida võimalikult väike. Keerutuse tõttu on kogu vastastikune induktiivsus tunduvalt väiksem. Kaablid tuleks valida võimalikult lühikesed. Tahhomeetrid, enkoodrid või resolverid tuleb ühendada seadmega varjestatud kaabliga. Digitaalsignaali kaabli varjestus peab mõlemast otsast olema maandatud. Soovitatav on kasutada põimitud varjestusega kaableid. Metallpunutis võimaldab vähendada elektrivälja umbes 2...3 korda. Kui võimalik, siis signaalkaablid tuleks seadme kappi tuua ühelt poolt. Kui kasutatakse mitut seadet, siis igat juhtplokki tuleks toita eraldi 24 V toiteallikast. Soovitatav on kasutada raadioside filtrit. Mootorid tuleks kontrolleri külge ühendada kasutades varjestatud kaableid, kasutades varjestatud kaableid läheb häiringusignaal tagasi häiringu allikasse. Varjestuse materjaliks on kõige parem kasutada vaske. Kontrolleri toitekaablid tuleks ruumiliselt eraldada mootori toite-kaablist. [2]

3. SEADMED JA TARKVARA

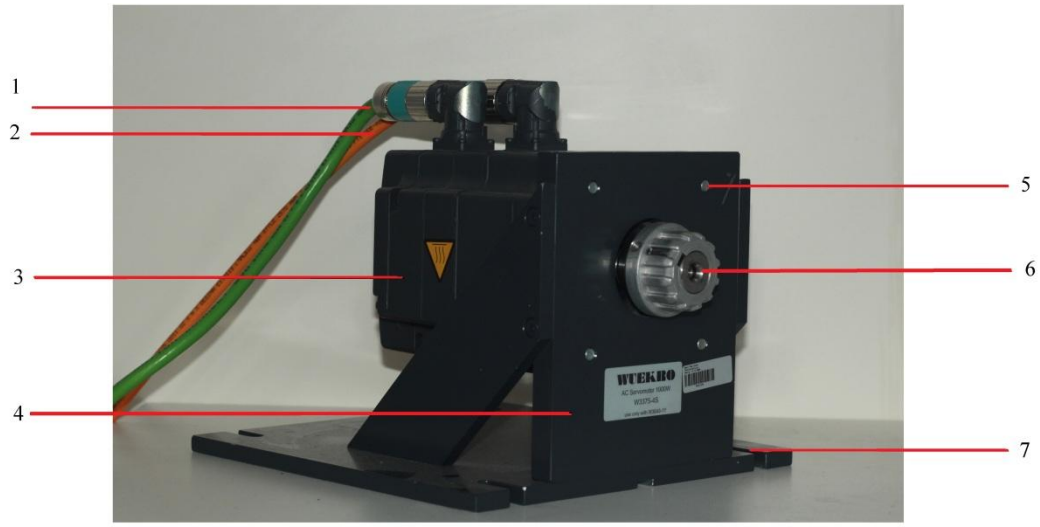
3.1. Servoajami komponendid

Servoajami mootorina on kasutusel Siemens 1FK7060-5AF71 servomootor. Mootor on oma olemuselt püsimagnetitega sünkroonmootor, millele on lisatud absoluutenkooder. Servomootor Siemens nimisildiandmed on toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Servomootori Siemens 1FK7060-5AF71 sildiandmed

Siemens 1FK7060-54F71	
$M_{0,}$ N·m	6
M_N, N·m	4,7
I_0, A	4,5
I_N, A	3,7
n_{max}, min^{-1}	7200
n_N, min^{-1}	3000
U_{iN}, V	254
m, kg	7

Servomootori nimisildiandmetelt on näha, et mootori käivitusmoment on 6 N·m, nimimoment 4,7 N·m, mootori käivitusvool 4,5 A ja nimivool 3,7 A. Servomootori maksimaalseks pöörlemissageduseks on 7200 min^{-1}, nimipöörlemissagedus 3000 min^{-1}. Mootori mass on 7 kg ja jahutussüsteemiks õhkjahutus. Mootori kaitseastmeks on IP 64, müratase hinnanguliselt 65 dB. Mootori korpuse tagaküljele on integreeritud enkooder. Enkooderiks on inkrementaalenkooder, millega on võimalik jälgida rootori positsiooni ja kiirust. Servomootor õppestendil Wuekro on näha jooniselt 3.1. Mootori temperatuuri jälgimiseks on paigaldatud temperatuuriandur staatorimähisel. Mootor on mõeldud töötama temperatuurivahemikus -15°C kuni +40°C. Mootorit võib paigaldada kuni 1000 meetri kõrgusele üle merepinna. Antud mootori kasutusvaldkonnad on robootikas, tootmisseadmetes ning positsioneerimisseadmetes. [11, 12]



Joonis 3.1. Servomootor Siemens 1FK7060-5AF71 Wuekro õppestendil , 1 – enkooderi kaabel, 2 - mootori toitekaabel, 3 - servomootor Siemens 1FK7060-5AF71, 4 – õppestend Wuekro, 5 – mootori kinnitus õppestendile, 6 – võllile ühendatud nuutliide koormusega ühendamiseks, 7 – stendi kinnitus

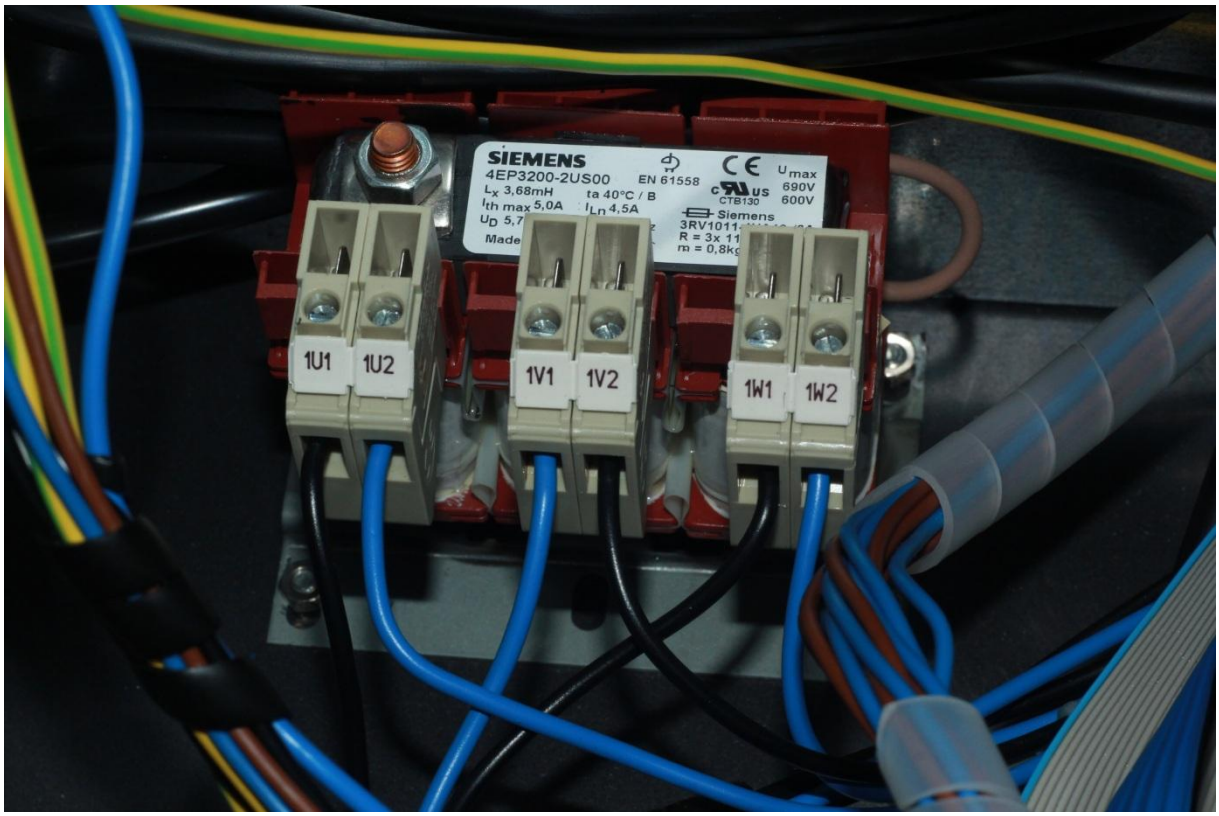
Joonisel 3.1 on nähtav servomootor Wuekro õppestendil. Mootori toiteks ühendatakse toitekaabel kontrolleri toiteväljundiga. Mootori võllile on kinnitatud enkooder tagasiside andmiseks, enkooder ühendatakse kontrolleriga kasutades spetsiaalset kaablit. Võllile paigaldatud nuutliite abil on võimalik võll ühendada koormusega.

Servoajami komplekti sisseehitatud trafo nimiandmed on toodud tabelis 3.2.

Tabel 3.2. Trafo 4EP32002US00 nimisildiandmed

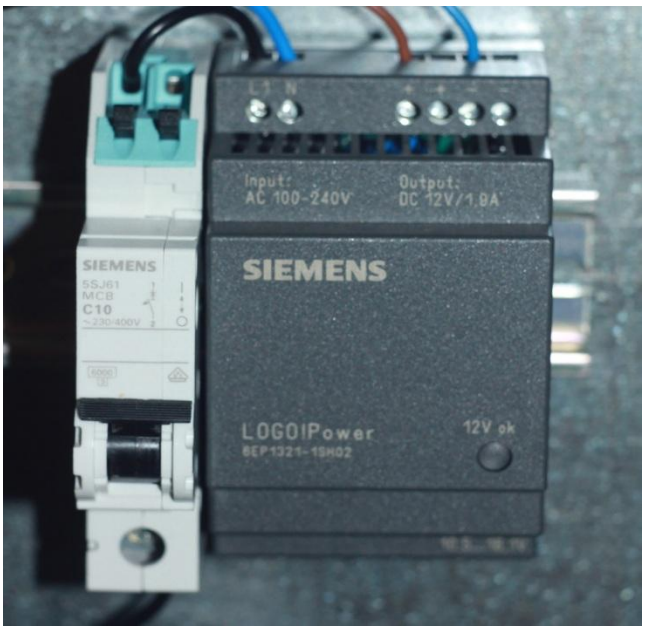
Trafo 4EP32002US00	
L_x, mH	3,68
I_{th}, A	5
$U_{väljund}$, V	5,78
$U_{sisendmax}$, V	690
T, °C	40
R_x, Ω	0,118
m, kg	0,8

Trafot kasutatakse pinge alandamiseks 5,78 V peale. Saadud pinget rakendatakse OP1S toiteks. Trafo induktiivsus 3,68 mH ning trafo nimivooluks on 5A, suuremate voolude korral võib trafo üle kuumeneda ning kahjustuda. Trafo mähise takistus on 0,118 Ω ning kaaluks on 0,8 kg. Servoajamisse sisseehitatud trafo on toodud joonisel 3.2.



Joonis 3.2. Servoajamisse sisseehitatud trafo 4EP32002US00

Servoajamisse Siemens Masterdrive MC on paigaldatud kaks kaitset. Nendeks kaitsmeteks on Siemens C10 liinikaitse ja Siemens Sirius mootorikaitse. Joonisel 3.3. on toodud liinikaitselüliti koos alaldusplokiga Siemens Logo Power.



Joonis 3.3. Kaitselüliti Siemens 5SJ61 (vasakul) ja alaldusplokk Siemens Logo Power

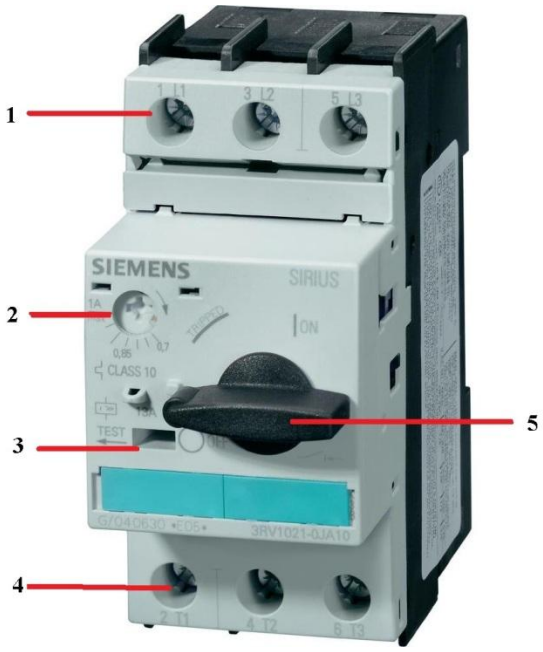
Siemens 5SJ61 liinikaitselülitit kasutatakse vahelduvvooluvõrgus, kus võrgupinge on 230/400 V. Kaitselüliti on C – tunnusjoonega, mis on mõeldud toiteliinide kaitseks suurte voolutõugete korral. Kaitselüliti peab rakenduma koheselt 5…10 kordse nimivoolu juures. Liinikaitselüliti on valitud vastavalt kaitselülitite selektiivsusele. [13]

Servoajami komplekti on sisseehitatud stabiliseeritud väljundiga alaldusplokk Siemens Logo Power 6EP1321-1SH02. Sisendpingeks on vahelduvpinge 100…240 V, väljundpingeks alalispinge 12 V. Väljundvoolu maksimaalne lubatud väärtus on 1,9, alaldusploki kaitseaste IP 20, II kaitseklass. Alaldi kaitseks on soovitatav kasutada C karakteristikuga kaitselülitit, mis tagab kaitse nii lühise kui ka liigvoolu tekke eest. Seadme kasutegur on 0,8 ning võimsus 23 W. Pingestabilisaatori nimiandmed on toodud tabelis 3.3. [14]

Tabel 3.3. Siemens Logo Power 6EP1321-1SH02 andmed

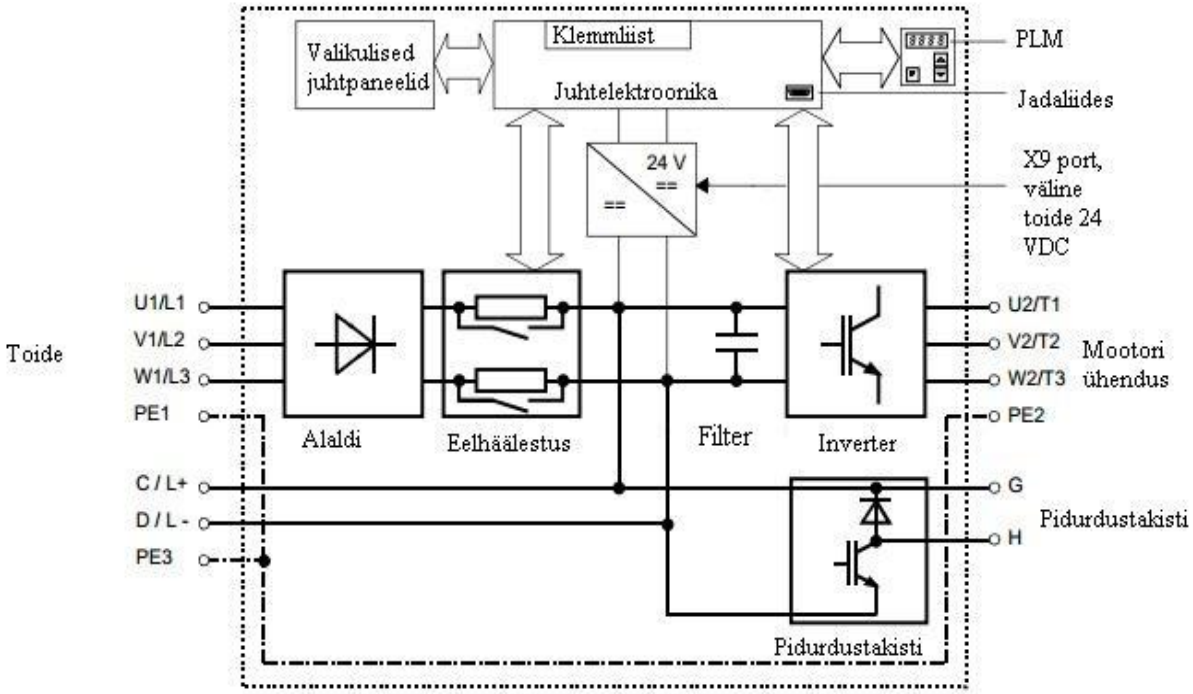
Parameeter	Väärtus
U_{sisend}	85…264 VAC
$U_{väljund}$	12 VDC
$I_{väljund}$	1,9 A
P	23 W
η	0,8
T_{min}	-20 °C
T_{max}	+55 °C
m	0,17 kg

Servoajamis on kasutusel mootorikaitselüliti Siemens Sirius 3RV1021-1HA10. Mootori kaitselüliti rakendusvoolu on võimalik reguleerida vahemikus 5,5…8 A. Mootori-kaitselüliti on ette nähtud ühe- või kolmefaasilise mootori kaitseks liigkoormuse ja lühise eest. Kaitselüliti talub kuni 13-kordset nimivoolu. See tagab mootori tõrketu käivitamise. Mootorikaitse Siemens Sirius 3RV1021-1HA10 on toodud joonisel 3.4. [15]



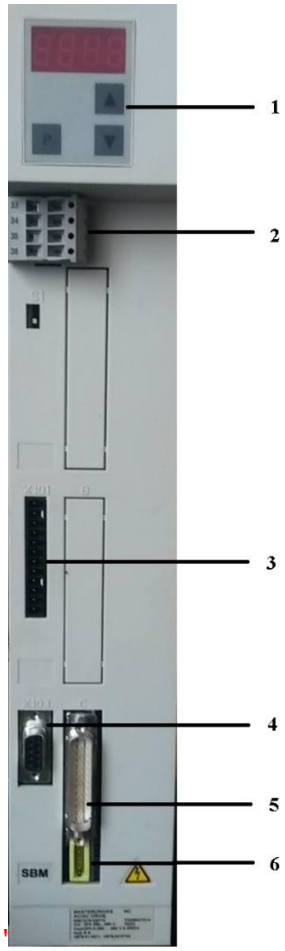
Joonis 3.4. Mootorikaitse Siemens Sirius 3RV1021-1HA10, 1 – toitejuhtide sisend, 2 – rakendusvoolu reguleerimisnupp, 3 - testnupp, 4 - väljundtoide, 5 - pöördlüliti [15]

Joonisel 3.4 on näha kaitselüliti sisend- ja väljundjuhtmete ühendusklemmid, rakendusvoolu reguleerimisnupp, pöördlüliti ning rakendumise katsetamiseks testnupp.



Joonis 3.5. Servokontrolleri põhimõtteskeem [9]

Joonisel 3.5. on toodud servokontrolleri põhimõtteskeem. Skeemil on näidatud toitesisend, alalissiini ühendusklemmid, andmesiinid, väljundklemmid ning võimaliku pidurdustakisti ühenduskohad. Seadet saab kasutada kolmefaasilises süsteemis pingevahemikus 380...480 V sagedusel 50/60 Hz. Liinijuhid tuleb ühendada vastavalt klemmidele L1, L2 ja L3 ning maandusjuht klemmile PE1. Kolmefaasiline pinge alaldatakse ning saadud vahelduvpinge suunatakse edasi eelhäälestusplokki. Eelhäälestuses reguleeritakse pinget vastavalt juhtsignaalile ja edastatakse inverterile. Kondensaatorfiltrit kasutatakse soovimatute signaalide kõrvaldamiseks. Inverter vaheldab edastatud alalispinge vahelduvpingeks kasutades pulsilaiusmodulatsiooni (PLM), saadavateks sagedusvahemikeks on 0…400 Hz. Sisemist 24 V alalispinget kasutatakse kontrollelektroonika juhtimiseks. Pidurdustakistit kasutatakse sel juhul, kui on vajadus programmeerida pidurdust servomootorile servokontrolleri kaudu, või kui on tegemist suurte pidurdusvooludega. Juhtelektroonikaga on võimalik ühendada valikulisi juhtpaneele. Valikulisteks juhtpaneelideks on operaatoripaneel OP1S ning tarkvarakeskkond Drive Monitor.[2, 9]



Joonis 3.6. Servokontroller , 1 – juhtliides PMU, 2 – klemmliist X100, 3 – klemmliist X101, 4 – klemmliist X103, 5,6 – enkooderi ühendus

Joonisel 3.6 toodud klemmliistule X101 ühendatakse sisendid ja väljundid. Klemmliistul on 4 kombineeritud digitaalset sisendit ja väljundit, 2 lisa digitaalset sisendit, 1 analoogsisend, 1 analoogväljund ning 24 V väljundpinge. Klemmliistule X103 ühendatakse RS232 või RS485 protokolliga juhtpaneel OP1S või arvuti. Pesasse C ühendub enkooder. Integreeritud juhtpaneeli PMU all oleval klemmliistul X100 on ühendusklemmi nr 33 kaudu võimalik saada +24 V toitepinget, viik nr 34 on ühenduses korpusega ehk *GND* ning viikudele nr 35 ja 36 on võimalik ühendada jadaliidese RS485 protokolli kaudu suhtlevaid seadmeid.

3.2. Ohud seadme kasutamisel

Komplektis olevat servomootorit ei tohi ühendada otse kolmefaasilisse võrku kuna otseühendus kahjustab seadet. Mootorit võib kasutada ainult vastavate juhtkontrolleritega. Enkooderid ja temperatuurisensorid on kergesti kahjustatavad staatilise elektri poolt. Komponentide kahjustumise tõttu võib seade töötada ebanormaalselt, mis võib olla põhjustatud nii vigadest sensorites, vigadest kontrolleris kui ka ühendusskeemis. Seadmete monteerimisel tuleb jälgida tootjapoolset juhendit. Soovitatav on kasutada tootja poolt valmistatud kaableid, spetsiaalsete kaablite kasutamisega vähendatakse seadme paigaldamise aega ning tagatakse suurem kaitse. Elektrilised, magnetilised- ning elektromagnetilised väljad võivad põhjustada ohtu inimestele, kellel on südamestimulaator, implantaat või muud metallilised esemed, kui nad on seadmele liiga lähedal.

Mootorit võib paigalda ainult horisontaalselt ja vertikaalselt, vertikaalse paigalduse juures tuleb jälgida, et seadme tihenditesse ei satuks vedelikke. Seadmeid on keelatud kasutada plahvatusohtlikes piirkondades. Mootori pinnatemperatuur võib tõusta üle 100° C, mistõttu ei tohi seda pinda puudutada ilma kaitsevahenditeta. Vigastatud komponendid või tarkvara vead võivad põhjustada seadme ülekuumenemist. Enne mootori käivitamist tuleb jälgida, et kõik ühendused oleksid teostatud korrektselt. Tuleb jälgida, et ajam ei oleks blokeeritud ja kõik mootorikaitse meetodid oleksid rakendatud. Tähelepanu tuleb pöörata ka sellele, et seade ei oleks saanud kahjustada transpordil või hoiustamisel. [2, 9]

3.3. Tarkvarakeskkond Drive Monitor

Tarkvara Drive Monitor on spetsiaalselt Siemensi poolt loodud tarkvarapakett, millega on võimalik juhtida elektriajamite tööd personaalarvuti vahendusel. Läbi tarkvara on võimalik juhtida Micromaster, Masterdrives, Simovert ning Simoreg tootegruppide ajameid. Tarkvara on tasuta kättesaadav Siemensi kodulehelt. Läbi tarkvarakeskkonna on võimalik juhtida seadme tööd, jälgida ning muuta parameetreid, väljastada seadme tööd graafiliselt ning teostada erinevaid operatsioone: käivitamine, seiskamine, positsioneerimine. Tarkvarakeskkonna eeliseks on kiire parameetrite muutmine ja säilitamine ühenduseta režiimis ning ka vigade diagnostika. Seadme diagnostikas on võimalik näha seadme häireid ning veateateid.

4. SIEMENS MASTERDRIVE MC KASUTAMINE ÕPPETÖÖS

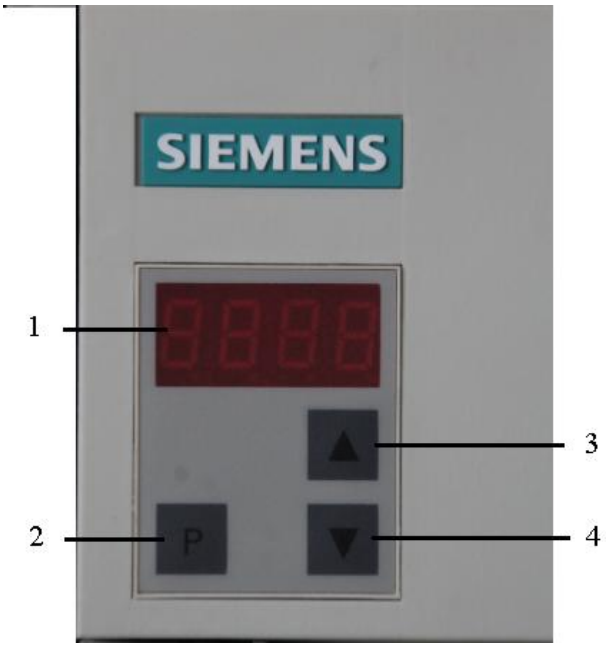
4.1. Labortööd servoajamiga

Labortöös saavad tudengid tutvuda servoajami ehituse ja tööpõhimõtetega. Labortöös on võimalik servoajamid seadistada läbi integreeritud juhtliidese PMU, operaatoripaneeli OP1S ning tarkvarakeskkonna Drive Monitor. Kasutades PMU liidest ning operaatoripaneeli OP1S saavad tudengid häälestada servoajamit kas esmasel käivitamisel või tööolukorras. Läbi operaatoripaneeli OP1S on võimalik teha seadmele käivituskatse. Kasutades tarkvarakeskkonda Drive Monitor saavad tudengid sooritada peale häälestust käivitus- ning positsioneerimiskatse. Programmis Drive Monitor on võimalik ka häirete korral vigu ning häireid analüüsida. Võimalikeks labortöödeks oleks veel ajami võlli pööramine teatud suuruse võrra ning ajami kasutamine koos konveierlindiga. Järgnevates alajaotistes on kirjeldatud erinevate juhtmoodulitega seadme sätestamist ning töötamist.

Labortöö on võimalik teha üliõpilastel, kes on kinnitanud ohutushoiu eeskirja tundmise allkirjaga instrueerimise žurnaalis. Laboris töötamisel tuleb jälgida ohutushoiu eeskirja töötamiseks EMÜ tehnikainstituudi energeetika osakonna laboris, mis on toodud töö lisas A.

4.2. Parameetrite sisestamine läbi PMU

Servokontrolleril asuva integreeritud paneeli PMU kaudu saab sisestada parameetrid otse kontrollerisse. Parameetrite muutmine toimub kasutades PMU liidesel asuvaid nuppe. Paneel PMU ja sellel asetsevad nupud on toodud joonisel 4.1. Integreeritud juhtpaneelil on nelja numbriline displei. Parameetrite tasemete vahel navigeerimiseks on nupp „P“, väärtuste suurendamiseks ja vähendamiseks on suurendamise ja vähendamise nupud.



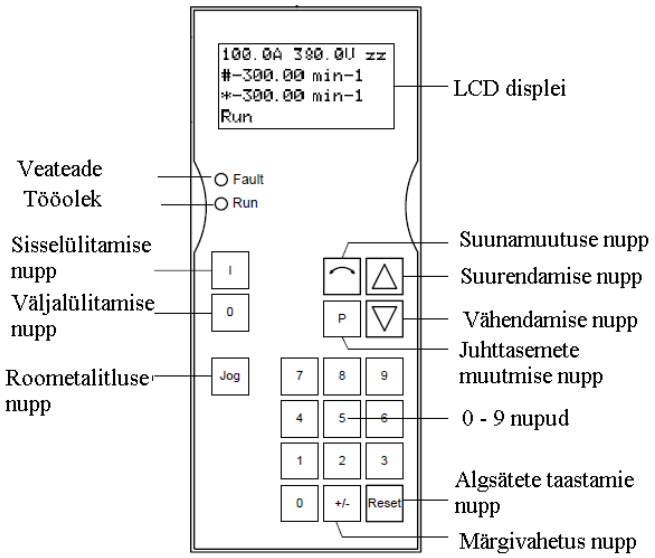
Joonis 4.1. Integreeritud juhtpaneel PMU, 1 – displei, 2 – parameetri muutmise nupp, 3 – suurendamise nupp, 4 – vähendamise nupp

Parameetrite muutmine toimub läbi mitmete tasandite. Parameetrite sisestamiseks tuleb navigeerida kolmes tasandis. Esimeseks tasandiks on parameetri number. Kasutades navigeerimiseks üles- ja allaliikumisnuppe tuleb sisestada soovitud parameetri number. Hoides all navigeerimisnuppe on võimalik kiirendada navigeerimist. Järgnevalt tuleb vajutada parameetri vahetamisnuppu „P“. Avaneb järgmine tasand, milleks on parameetri indeks. Kasutades üles- ning allaliikumisnuppe tuleb valida sobiv parameetri indeks. Peale soovitud parameetri indeksi leidmist tuleb vajutada nuppu „P“. Järgnevalt sisenetakse parameetri väärtuste muutmise tasemele. Parameetri väärtuse muutmine toimub kasutades ülesning allaliikumise nuppe. Väärtuse kinnitamiseks tuleb vajutada nuppu „P“. Peale väärtuse kinnitamist toimuvad tehtud muutused koheselt. Parameetrite muutused säilitatakse EEPROM püsimälus. PMU paneeli miinuseks on parameetrite sisestamiseks kuluv suur ajakulu. [9]

4.3. Ajami juhtimine läbi OP1S operaatorpaneeli

Servoajamit on võimalik juhtida operaatorpaneeliga OP1S. OP1S ühendamiseks servokontrolleriga kasutatakse RS485 andmesiini. Operaatorpaneeli OP1S eeliseks on parameetrite mugavam ning kiirem sisestamine. Parameetrite väärtused salvestatakse operaatoripaneeli mällu ning neid on võimalik ka teistele seadmetele alla laadida. Selline

meetod on kõige kasulikum kui seadmel teostatakse hooldustöid ning vahetatakse välja operaatoripaneel. Operaatorpaneel ning sellel asetsevad nupud on toodud joonisel 4.2. Operaatoripuldil paiknevad indikaatortulukesed annavad märku seadme olekust. Kui vilgub punane *Fault* indikaatortuluke, siis on tegemist hoiatusega, kui aga tuluke põleb pidevalt, siis on tekkinud viga. Rohelise *Run* indikaatortulukese vilkumisel on seade valmis töötama ning tulukese pidev põlemine näitab, et seade on töös. [2, 9]



Joonis 4.2. Operaatoripaneel OP1S [9]

Servoajami juhtimiseks läbi operaatorpaneeli tuleb seda enne seadistada. Peale operaatoripaneeli ühendamist servokontrolleriga lülitab operaatoripaneel end esmalt sisse. Kuvatakse teade seadme otsimisest. Peale seadme leidmist kuvatakse ekraanil teade *Slave found*. Kui eelnevalt pole seadet konfigureeritud, siis pakub seade välja uue konfiguratsiooni loomise. Kui aga eelnev konfiguratsioon on tehtud, siis kuvatakse avaaken, kust saab peale seadistamist juhtida kiirust. Seadmestamiseks tuleb vajutada nuppu „P“. Kuvatakse peamenüü, kus tuleb valida valik *Menu selection*. Valik tuleb teha vajutades nuppu „P“ valitava menüü ees on displeil kujund #, mis näitab millist menüüd avatakse. Avaneb alamenüü, kus on alaväärtusteks on *Parameter menu, Fixed Setup, Quick Parameterisation*, Board *Configuration, Drive Settings* ning *Download*. Valida tuleks *Quick Parameterisation* ehk kiirseadistamine. Kiirseadistamise all on võimalik paika panna liinipinge, mootori tüüp, mootori nimivool, nimipöörlemiskiirus, pooluspaaride arv, arendatav nimimoment, maksimaalne voolutugevus, enkooderi tüüp, enkooderi pulsatsioonide arv täisringi kohta ja enkooderile antav pinge. Määrata on võimalik ka mootori jahutuse tüüpi, temperatuuri-

sensori tüüpi, pöörlemiskiiruse piiranguid jne. Kui parameetrid on salvestatud, siis saab menüüs ühe astme võrra tagasi, vajutades „*Reset*“ nuppu. Menüüdest on võimalik veel seadeid taastada kui ka kontrollerist alla laadida. Võimalik teha seadme diagnostikat ning uurida tekkinud vigu. Järgnevalt tuleb programmeerida operaatoripaneeli nupud. Sisse- ja väljalülitamise nuppude programmeerimiseks tuleb siseneda parameetrite menüüsse. Parameetrite menüüs saab navigeerida suurendamise ja vähendamise nuppudega. Lihtsam meetod on parameetrite reale kirjutada kasutades numbrilisi nuppe parameetri number. Vajutades nuppu „P“ tekib võimalus parameetri väärtuse muutmiseks. Sisse- ja väljalülitamisnuppude programmeerimiseks tuleb parameetrite menüüs valida parameeter P554 ning selle valiku väärtuseks sisestada 2100. Valik tuleb kinnitada nupuga „P“. Järgmisena tuleb seadistada kiiruse suurendamise ja vähendamise nupud. Selleks tuleb parameetrite menüüs sätestada parameetri P443 väärtuseks 0040, parameetri P573 ja parameetri P574 väärtuseks 0. Parameeter P049 alamparameetri 004 väärtuseks tuleb panna 401. Antud parameetrite sisestamisega tagatakse kiiruse suurendamine numbrilisel kujul numbrite nuppudega ning suurendamise ja vähendamise nuppudega. Muudetavateks alamparameetriteks on veel 001 (mis on displeil ülal vasakul kuvatav väärtus), 002 (ülal paremal kuvatav väärtus), 003 (tegelik kuvatav valitud väärtus). Alamparameeter 004 võimaldab seadistada displeil muudetava suuruse, antud juhul on vastavaks muudetavaks suuruseks kiirus.

Mootori pöörlemissuuna muutmiseks kasutatakse pöörlemissuuna muutmise nuppu. Pöörlemissuuna muutmise nupu aktiveerimiseks tuleb parameetrite menüüst anda parameetrile P571 väärtuseks 2111 ning parameetrile P572 väärtuseks 2112. Antud väärtuste sisestamisel ja kinnitamisel muutub pöörlemissuuna muutmise nupp aktiivseks.

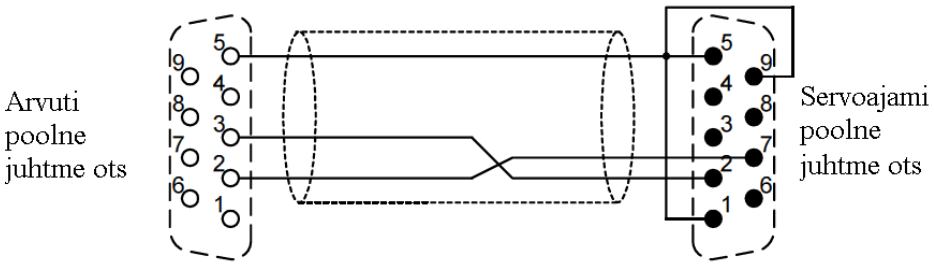
Roometalitluse nupu „*Jog“* sätestamiseks tuleb parameetrite menüüst anda parameetrile P568 väärtuseks 2108. Nupule vajutades on võimalik seade panna etteantud pöörlemiskiirusega töötama, vastava pöörlemiskiiruse seadmiseks tuleb parameetrimenüüs P448 anda väärtus protsentides.

Peale sätestamist on võimalik muuta mootori pöörlemiskiirust läbi OP1S operaatorpaneeli. Selleks tuleb vajutada rohelist värvi sisselülitusnuppu, misjärel mootor alustab tööd talle ette määratud kiirusega. Operaatoripaneelis on võimalik kiirust suurendada sujuvalt kasutades kiiruse suurendamise ja vähendamise nuppe või kasutades numbreid sisestades soovitud kiirus. [2, 9]

4.4. Drive Monitor tarkvaraprogrammi kasutamine

4.4.1 Seadme ühendamine arvutiga

Käesolevat servoajamit on võimalik juhtida ka läbi personaalarvuti. Selleks on vaja ühendada arvuti servoajamiga spetsiaalse, pööratud kaabliga, mille viikude ühendusskeem on toodud joonisel 4.3.



Joonis 4.3. Spetsiaalselt pööratud COM kaabel servoajami arvutiga ühendamiseks, 1 – *NC* pole ühendatud, 2 – *RxD* (RS232) – vastuvõetud andmed , 3 – +*Tx/ Rx*+(RS485) – pole ühendatud, 4 – *NC* – pole ühendatud , 5 – *GND*, , 6 – +5V (OP1S ühendamiseks), 7 – *TxD* – edastatud andmed, 8 – -*Tx* /*Rx* -(RS485) – pole ühendatud , 9 – *GND* [9]

Antud kaablil kasutatakse kolme juhtsoont. Andmete vastuvõtmiseks kasutatakse soont nr kaks ning viiku kolm kasutatakse andmete edastamiseks. Nr viis on kasutusel maanduseks. Omavahel peavad sillatud olema viigud üks, viis ja üheksa.

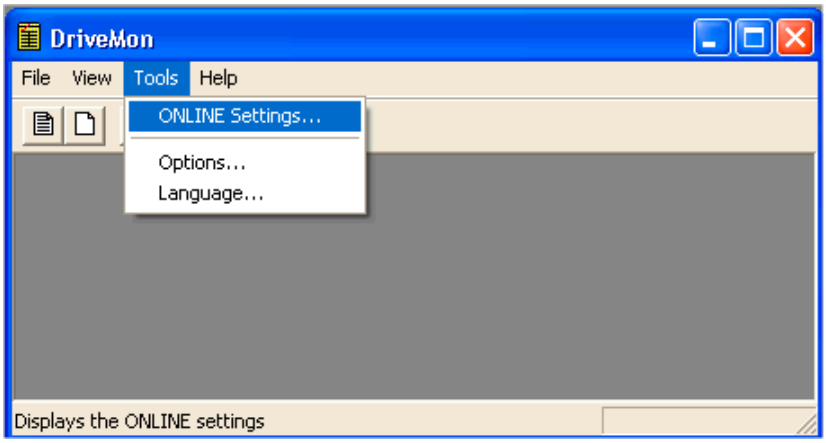
RS232 kaabli ühendamiseks arvutiga on kasutatud Trendnet TU-S9 adaptrit. Trendnet TU-S9 adaptriga saab kaabli ühendada arvuti USB pordiga. Lisaks tuleb arvutis seadistada ka tarkvara adaptri kasutamiseks. Ühendamiseks kasutatud adapter on toodud joonisel 4.4.

Joonis 4.4. Trendnet TU-S9 adapter [17]

4.4.2. Drive Monitor tarkvaraprogrammi seadistamine

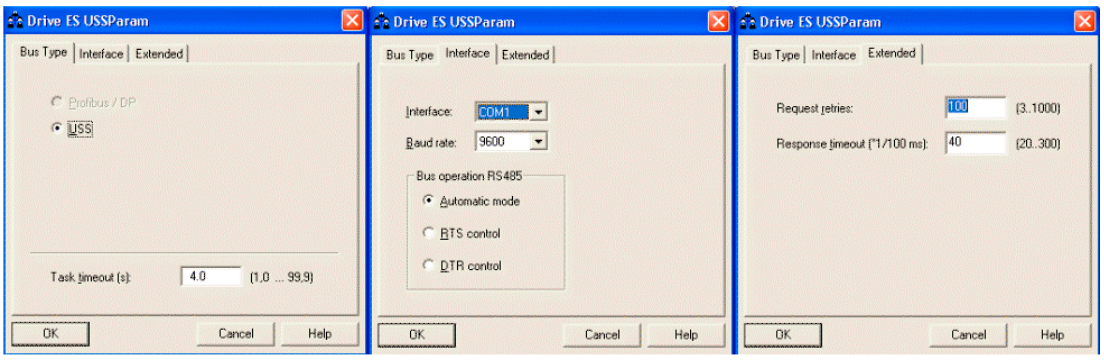
Peale kaablite ühendamist tuleb arvutis seadistada Drive Monitor tarkvarapakett. Selleks tuleb arvutis avada tarkvara Drive Monitor. Avanenud aken on näha jooniselt 4.5.

Programmi avanedes tuleb valida tööriistaribalt lahter nimega *Tools*. Lahtrile klõpsates avanevad valikuvõimalused, millest tuleb valida *ONLINE Settings*.



Joonis 4.5. Drive Monitori avaaken programmi seadistamiseks

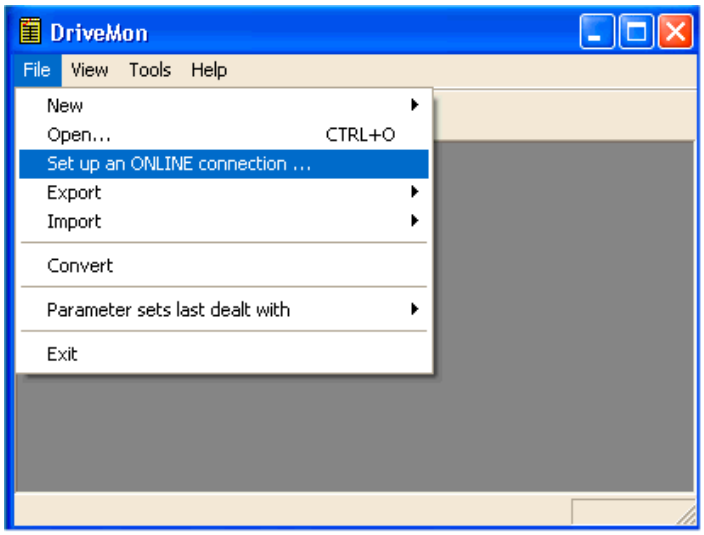
Avanenud aknast on võimalik muuta siini, seadme liidest ning päringu ja vastuse ooteaega. Avanenud akna konfigureerimisvõimalused on toodud joonisel 4.6. Liidese vaheaknast, mis näidatud joonisel tähega B, on võimalik valida USB pordi numbrit, millega on arvuti servoajamiga ühendatud. Valida on võimalik nelja erineva pordi vahel. Peale pordi määramist on võimalik defineerida ühenduskiirus. Valida on võimalik vahemiku 300...38400 vahel. Ühenduskiirusest sõltub suhtluse kiirus servoajami ning arvuti vahel. Mida suurem on seadeväärtus, seda kiirem on suhtlus. Järgmisest vaheaknast on võimalik määrata päringu ning vastuse ooteaega. Selleks tuleb valida vaheaken *Extended*. Peale konfigureerimist tuleb vajutada *OK* nuppu seadete salvestamiseks. Peale seadistamist tuleb tarkvarale Drive Monitor teha taaskäivitus. [9]



A B C

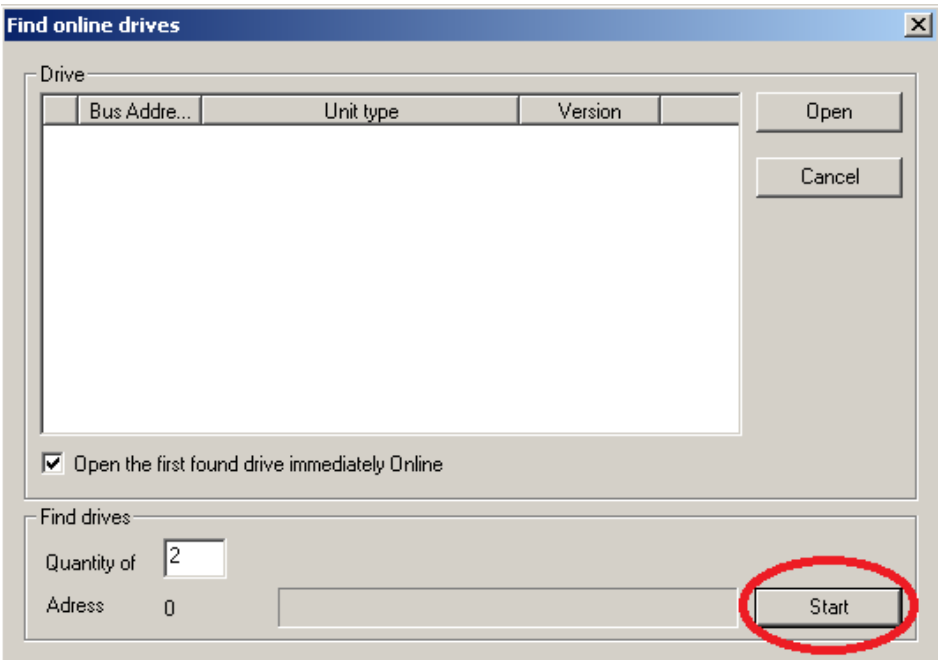
Joonis 4.6. Programmi liidese konfigureerimise aken, A – siini valik, B – liidese valik, C – seadete täpsustused

Peale programmi taaskäivitust tuleb luua ühendus servoajami ning arvuti vahel. Selleks tuleb tööriistaribalt valida lahter *File* ning avanenud lahtrilaiendusest valida *Set up an ONLINE connection*. Uue ühenduse loomine on näha jooniselt 4.7.



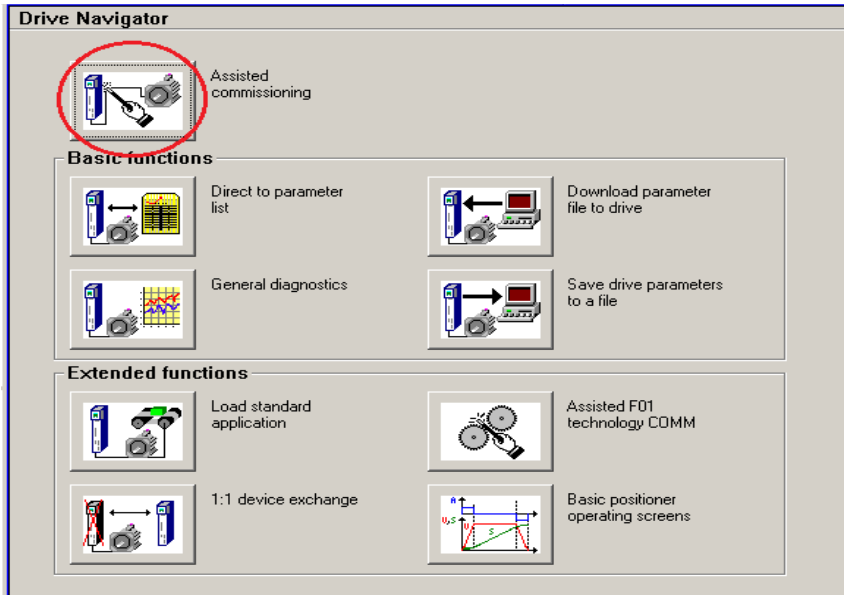
Joonis 4.7. Ühenduse seadistamise alustamine

Avanenud hüpikaknalt, mis on toodud joonisel 4.8, saab otsida arvutiga ühendatud seadmeid. Selleks tuleb vajutada nuppu *Start*.



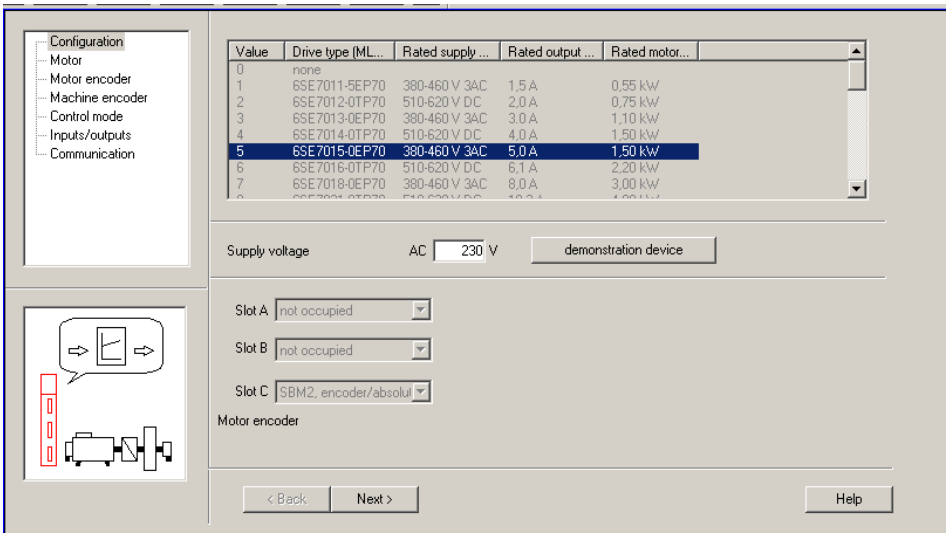
Joonis 4.8. Arvutiga ühendatud seadmete otsimine

Kui seade on leitud, siis avaneb jooniselt 4.9 nähtav vaheaken. Programmi kiirseadistamiseks tuleb valida *Assisted commissioning*, mis on joonisel ümbritsetud punase ringiga.



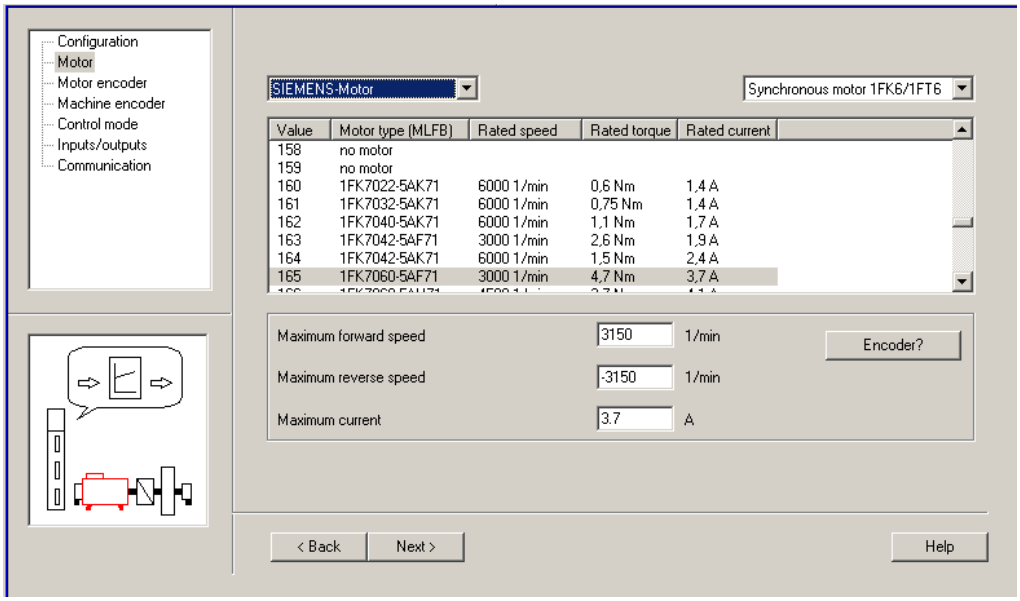
Joonis 4.9. Avanenud aken kiirseadistamise valimiseks

Avanenud aknast tuleb valida vastav servokontrolleri tüüp. Kontrolleri tüübi valiku vaheaken on toodud joonisel 4.10.



Joonis 4.10. Servokontrolleri valimine seadistamises

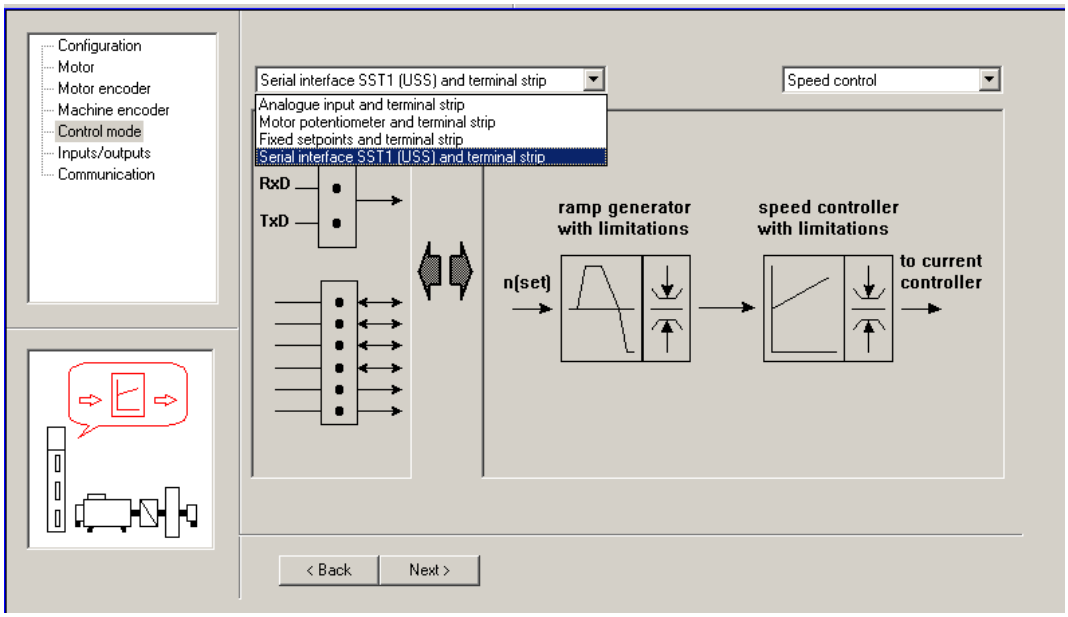
Järgmiseks tuleb vajutada nuppu *Next*, et valida vastav mootor. Mootorite valimise vaheaken on toodud joonisel 4.11. Võimalik on valida Siemensi poolt valmistatud mootoreid, kui ka muid mootoreid, mille parameetrid tuleb käsitsi lisada. Teiste mootorite puhul tuleb käsitsi kirjutada sisse mootori nimivool, nimipinge ning nimipöörlemissagedus. Vajutades nuppu *Encoder?* on võimalik sisestada mootori nimisildilt viimase nelja numbri ja tähekombinatsioon, mille tulemusena leitakse enkooder automaatselt. Vajutades nuppu *Next* saab seadistada servomootori juhtimist.



Joonis 4.11. Mootori valik

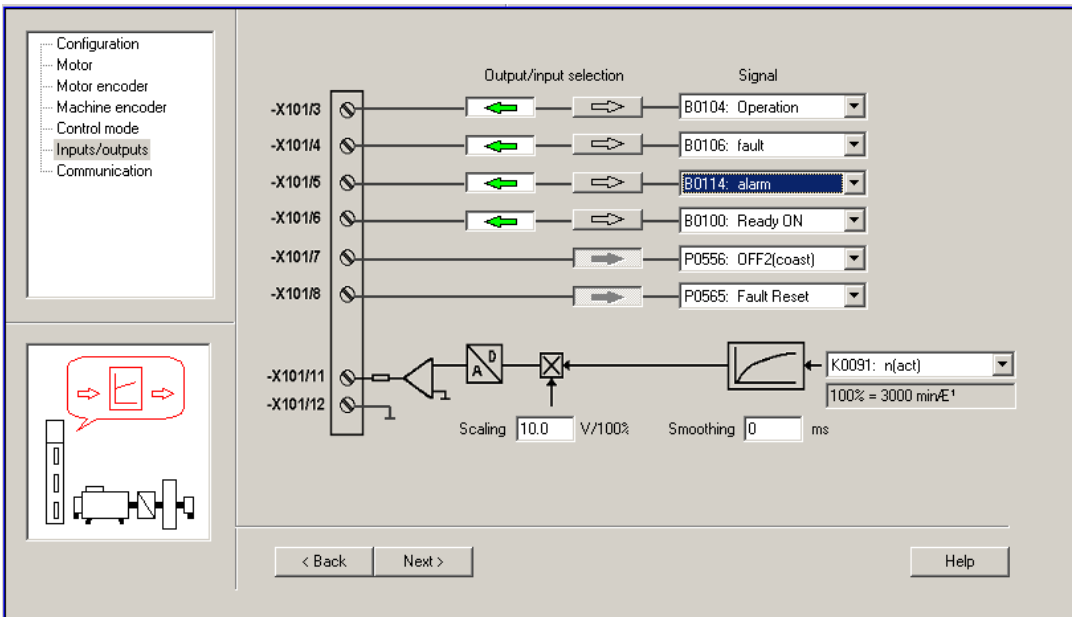
Servomootorite juhtimise seadete muutmine on toodud joonisel 4.12. Servomootori juhtimise valikuteks on vastavalt: 1) analoogsisend- ja terminaljuhtimine, 2) potentsiomeeter- ja terminaljuhtimine, 3) määratud seadeväärtustega- ja terminaljuhtimine.

Juhtimise määramise valikuks on: 1) kiiruse järgi juhtimine, 2) pinge järgi juhtimine, 3) sageduse järgi juhtimine. Vajutades nuppu *Next* on võimalik määrata sisendite ja väljundite väärtused.



Joonis 4.12. Mootori juhtimisvõimalused

Sisendite ja väljundite väärtuste määramine on toodud joonisel 4.13.

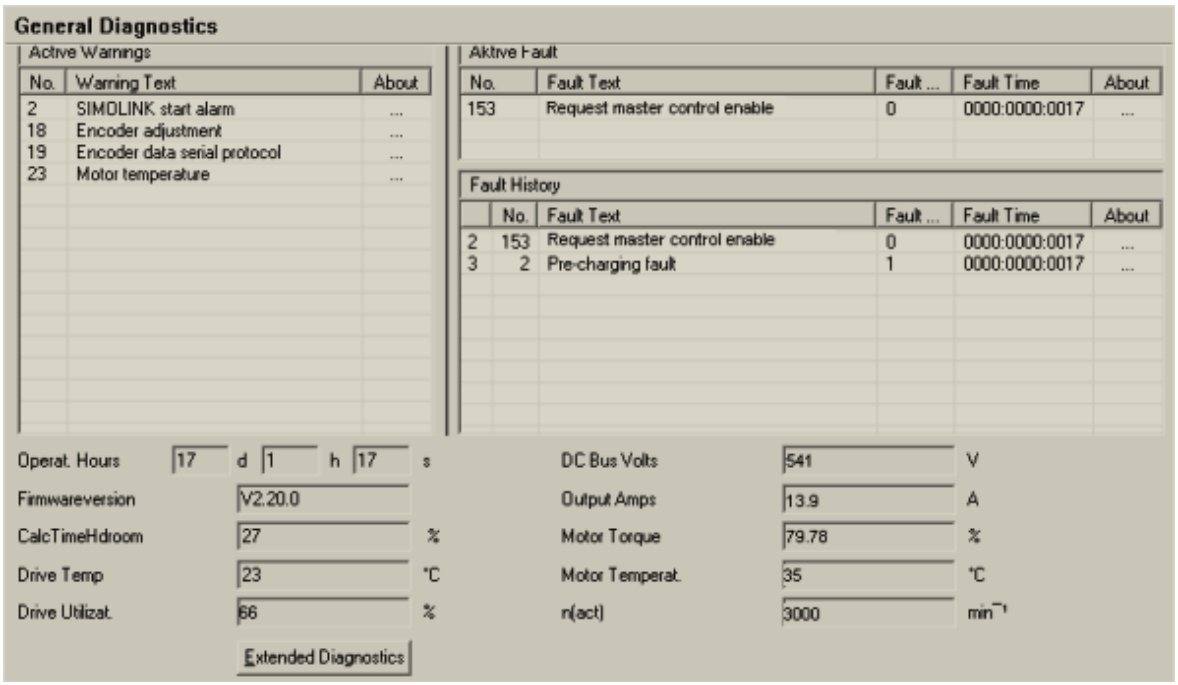


Joonis 4.13. Sisendite ja väljundite seadistamine

Vajutades nooli *Output/Input selection* all olevates lahtrites on võimalik määrata kas signaal on sisendiks või väljundiks. Viikude seadistamist saab teha valides lahtris *Signal* olevaid valikuid. Valitavateks väärtusteks on järgnevad valikud:

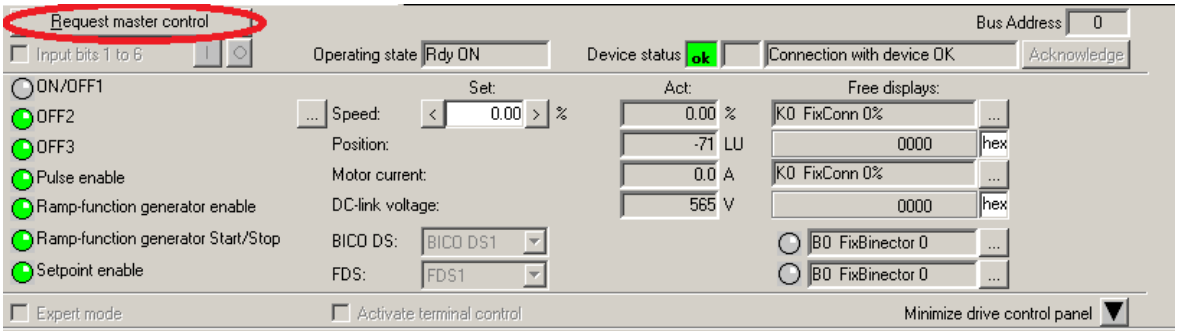
1) *Operation* - ajam töötab;
2) *No function* – ei ole määratud funktsiooni;
3) *Ready ON* – ajam valmis töö alustamiseks;
4) *Fault* – veateade;
5) *Alarm* – häireteade;
6) *OFF(coast)* – ajam on väljalülitatud;
7) *Fault reset* – veateate taaslähtestus;
8) *No alarm* – häire puudub.

Drive Monitor tarkvaraprogrammis on võimalik teostada seadme diagnostikat, jälgida veateateid, häireid ning nende ajalugu. Seadme veakoodid on välja toodud seadme manuaalis peatükis „Faults and alarms“ leheküljel 1446. Seadme häirete ning vigade jälgimiseks tuleb peamenüüribalt valida *Diagnostics* ning avanenud vahekaartilt valida *General diagnostics.* Avanenud diagnostika aken on toodud joonisel 4.14. Kuvatakse nii aktiivsed häired kui ka veateated. Vasakul olevas tabelis on näha aktiivsed hoiatused, paremal ülal olevas on näha aktiivsed veateated ning alumises tabelis on nähtav vigade ajalugu.



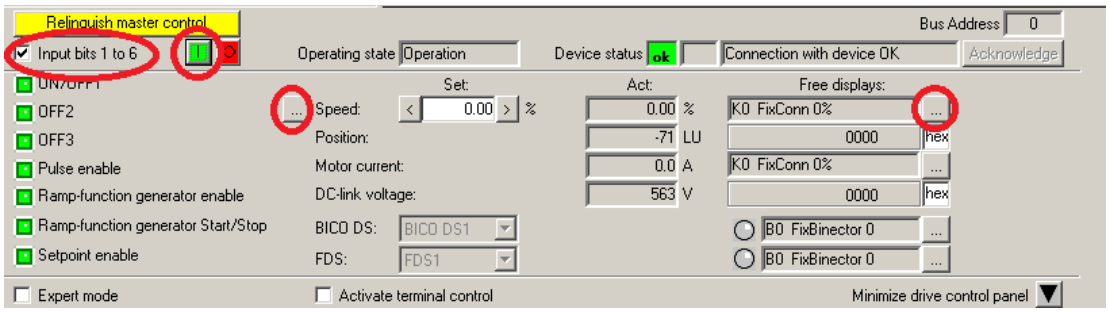
Joonis 4.14. Diagnostika aken [9]

Tarkvaras on võimalik teostada servomootori käivitust, peatamist ning kiiruse muutmist. Servomootori juhtimiseks tuleb vajutada alumiselt paneelirealt *Maximize drive control panel.* Avaneb juhtimise paneel, mis on toodud joonisel 4.15. Juhtimisõiguse taotlemiseks tuleb vajutada nuppu *Request master control*, mis on joonisel tähistatud punase ovaaliga.



Joonis 4.15. Servomootori juhtimise vaheaken

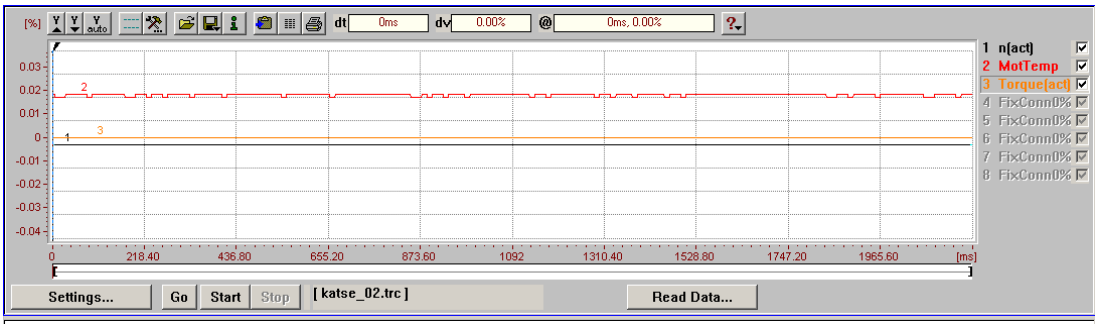
Peale juhtimisõiguse saavutamiseks tuleb märkida linnuke *Inputs bits 1 to 6* kasti, millega aktiveeritakse signaalid OFF2, OFF3, rambifunktsiooni generaatorile tööloa andmine, rambifunktsiooni käivitamine/seiskamine ja seadepunkti määramise lubamine. Sellega tagatakse kontroll servoajami üle. Nüüd on võimalik servomootorit juhtida läbi arvuti. Mootori juhtimise võimalused on toodud joonisel 4.16. Juhtimisvõimalused antud paneelil on sisselülitamine, kiiruse muutmine ning ka seismajätmine.



Joonis 4.16. Mootori juhtimise vaheaken

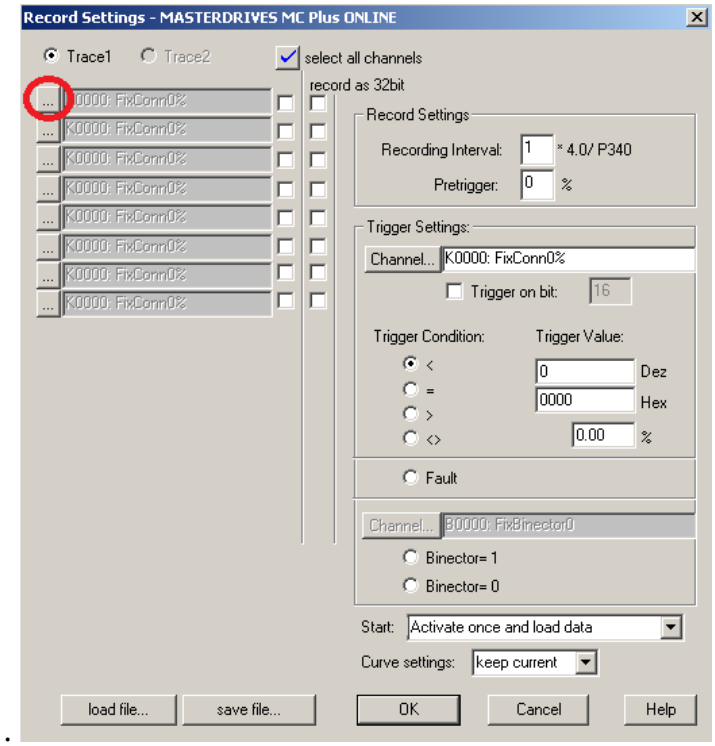
Mootori käivitamiseks tuleb vajutada rohelist käivitusnuppu. Mootori peatamiseks tuleb vajutada punast seiskamisnuppu või vajutada tühikut. Mootori pöörlemiskiirust on võimalik muuta protsentides *Speed* seadete lahtris. Pöörlemiskiiruse ühikuid saab muuta *Speed* ees olevast nupust ... , mis on tähistatud joonisel punase ringiga . Mootori pöörlemiskiiruse ühiku valikuteks on protsendid, pöörded minutis ja herzid. Reaalajas kuvatakse mootori mähistele antav pinge, mootori positsioon ning võimalik on jälgida ka alalisvooluahelale antud pinget. Lisaks on võimalik jälgida reaalajas ka muid parameetreid. Selleks tuleb valida *Free displays* alt nupp ... ning avanenud aknast saab valida kuvatavad väärtused.

Võimalik on reaalajas jälgida graafiliselt seadme oleku muutuseid. Selleks tuleb peamenüüribalt valida käsk *Trace*. Avanenud paneel on toodud joonisel 4.17. Võimalik on tekkinud graafik salvestada hilisemaks taasavamiseks. Selleks tuleb vajutada nuppu *Save* ning hiljem graafiku avamiseks vajutada *Open*. Graafikut saab kasutada nii pildina kui ka andmemassiivina. Graafikute kopeerimiseks arvuti lõikelauale tuleb vajutada nuppu *Copy to clipboard.* Võimalik graafikud kohe välja printida vajutades nuppu *Print*. Andmed on võimalik salvestada nii tekstifailina .txt formaadis kui ka *Metafile* failitüübina .wmf formaadis. Tekstifailina salvestades on võimalik üliõpilastel hiljem kasutada andmete analüüsimiseks andmetöötlusprogramme, näiteks Microsoft Excel.



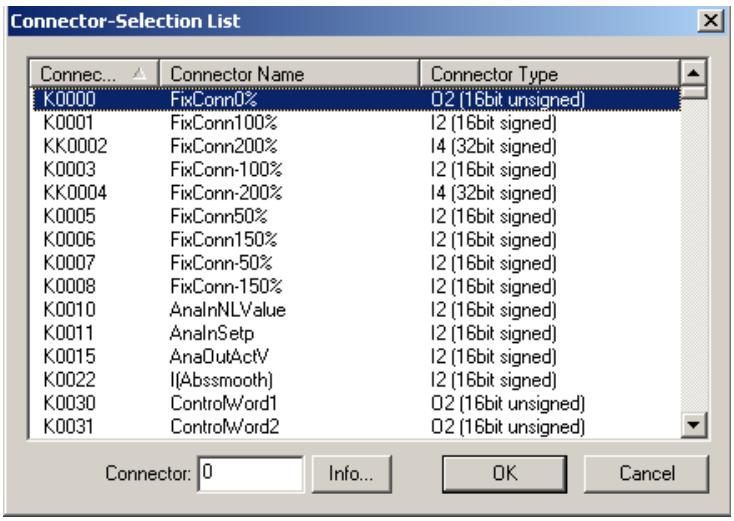
Joonis 4.17. Graafiliselt seadme töö jälgimine

Jälgitavate parameetrite muutmiseks tuleb valida *Settings* ning seejärel avaneb parameetrite lisamise aken, mis on toodud joonisel 4.18. Avanenud aknast saab vajutades vasakul servas oleva operaatorpesade valiku nuppu ... valida parameetri, mida soovitakse jälgida. Operaatorpesade valiku nupp on toodud ümbritsetuna punase ringiga joonisel 4.18.



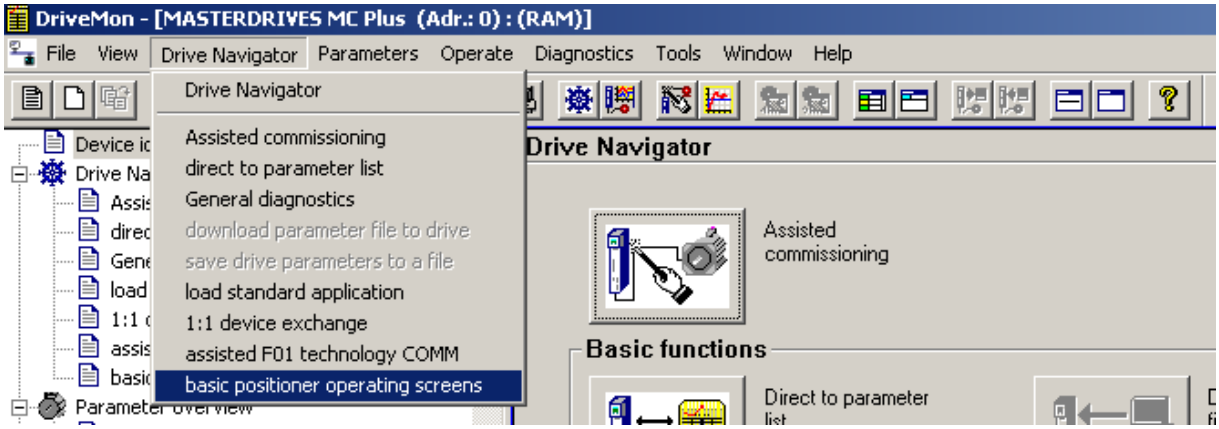
Joonis 4.18. Jälgitavate parameetrite valimine

Avanenud hüpikaken parameetrite valimiseks on toodud joonisel 4.19. Kui jälgitav parameeter valitud, siis tuleb vajutada nuppu *OK*.



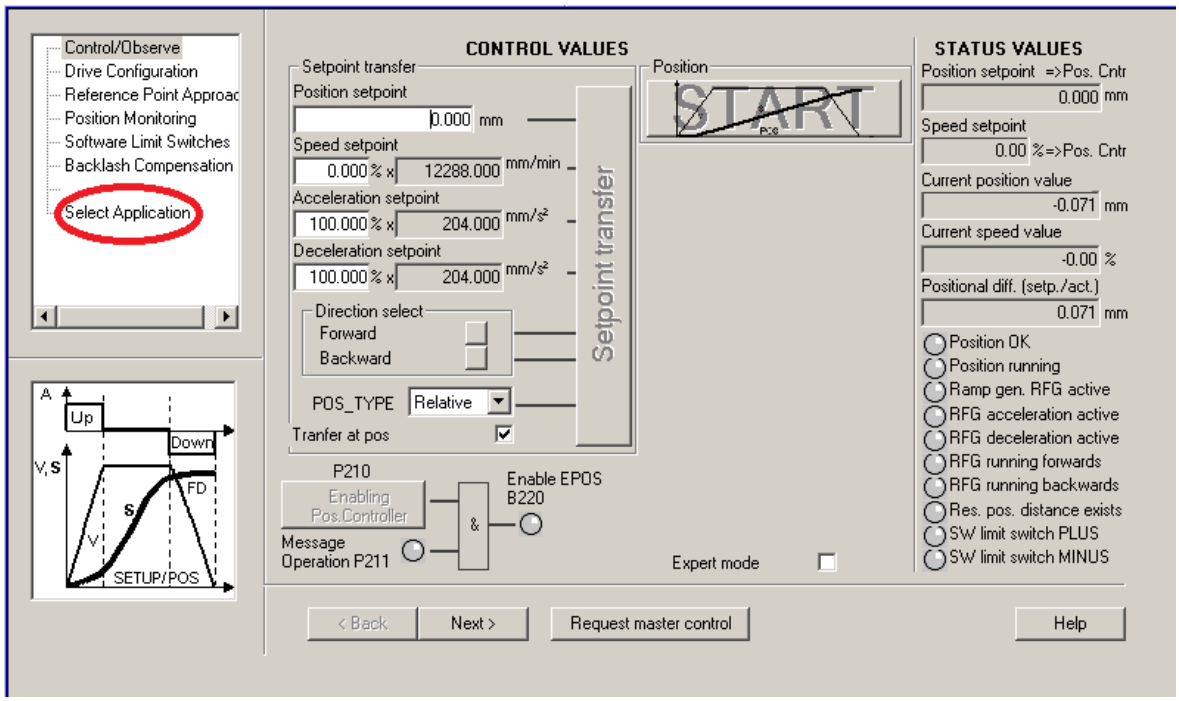
Joonis 4.19. Parameetrite valimise hüpikaken

Positsioneerimise tööriista avamiseks tuleb peamenüüribalt valida lahter *Drive Navigator* ning avanenud lahtrist valida *basic positioner operating screens*. Peamenüüribalt vastavate valikute tegemine on toodud joonisel 4.20.



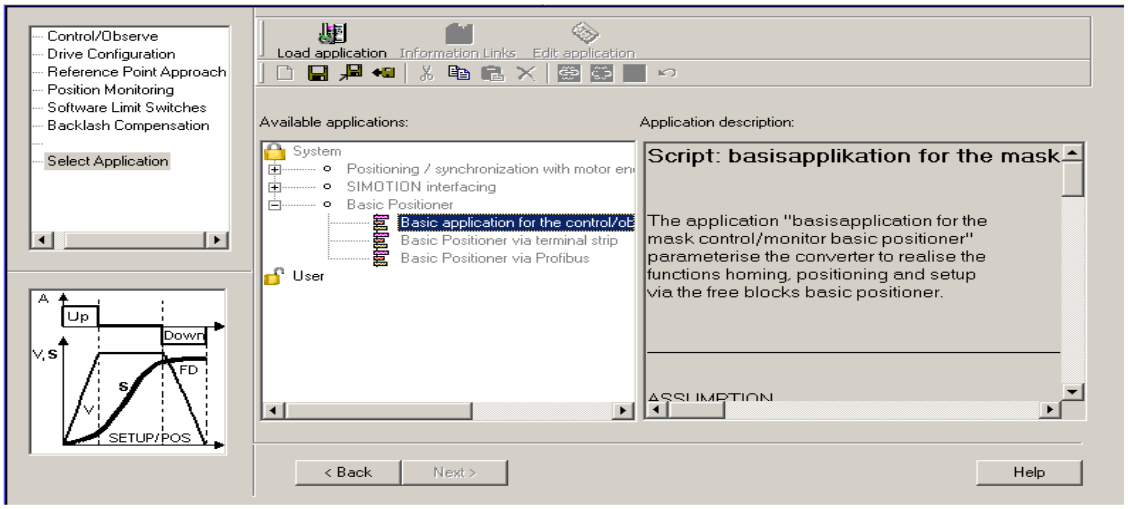
Joonis 4.20. Positsioneerimise tööriista avamine peamenüüribalt

Järgnevalt avaneb positsioneerimise tööriista aken, mis on toodud joonisel 4.21. Enne positsioneerimise alustamist tuleb seade konfigureerida. Selleks tuleb joonisel 4.21. oleval vasakul serval paikneval menüüribal vajutada valikul *Select Application.* Valik on tähistatud joonisel punase ovaaliga.



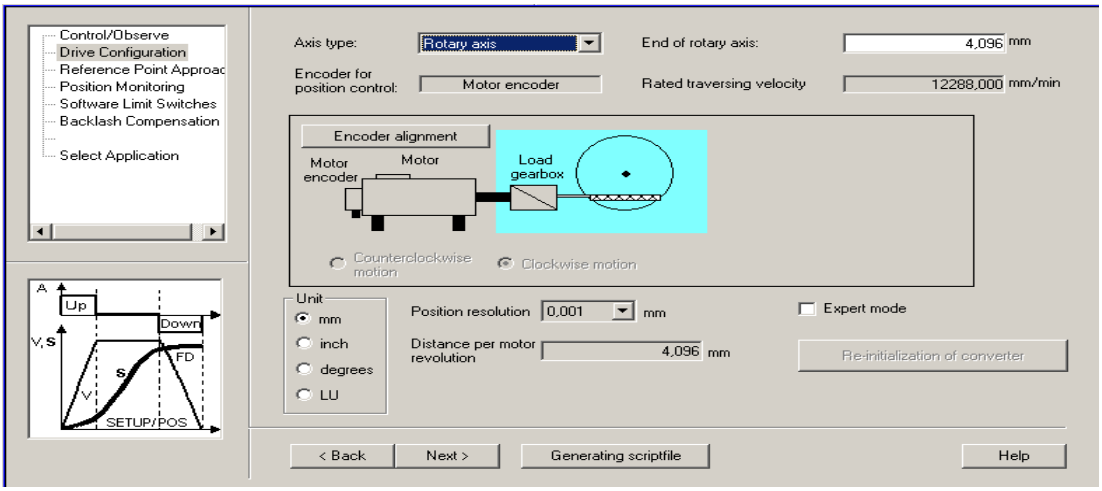
Joonis 4.21. Positsioneerimise tööriista aken

Avanenud menüüst tuleb valida *Basic Application for control/observe EPOS*, millega algab kiirseadistamine positsioneerimise tööriista rakendamiseks. Kiirseadistamise valik on toodud joonisel 4.22.

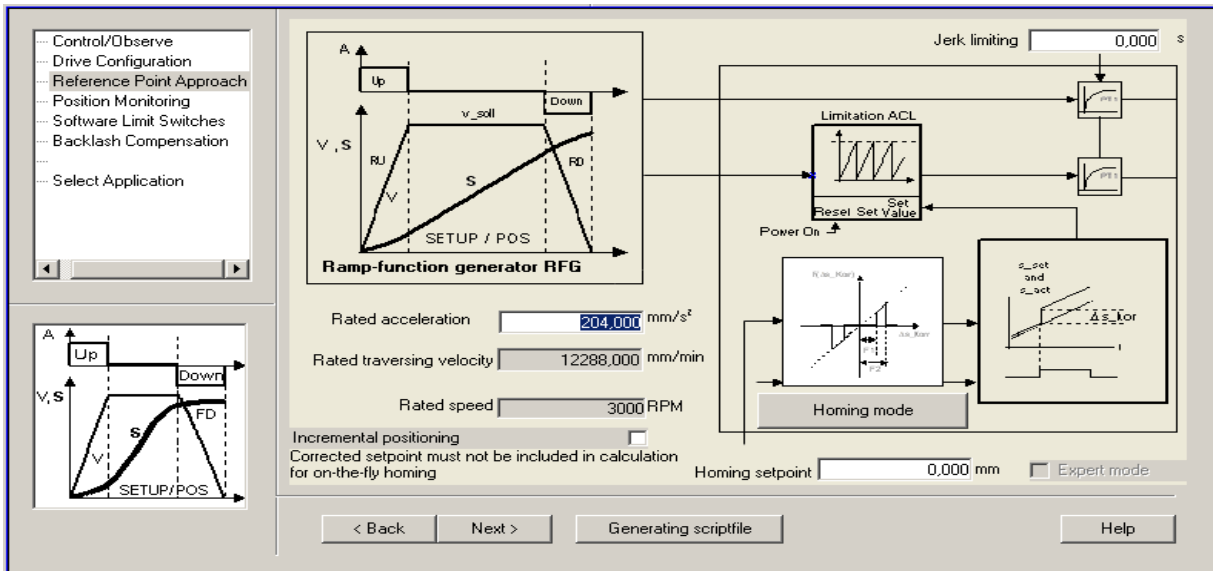


Joonis 4.22. Seadistamine positsioneerimistööriistal

Järgnevalt tuleb vasemal asetsevast menüüst valida *Drive Configuration*, kus on võimalik sisestada ajami positsioneerimise parameetrid. Ajami konfigureerimise menüü on toodud joonisel 4.23. Võimalik on muuta *Axis type* valiku alt, kas ajami telg on lineaarne (*Linear axis*) või ringjooneline (*Rotary axis*). Positsioneerimise ühiku muutmiseks tuleb teha vastav märge mõõtühiku ees olevasse lahtrisse. Valida on võimalik millimeetrid, tollid, kraadid või muu kasutaja defineeritav pikkusühik (*LU*). Vajutades nuppu *Next* avaneb sättepunkti konfigureerimise vaheaken. Sättepunktile lähenemise konfigureerimise vaheaken on toodud joonisel 4.24.

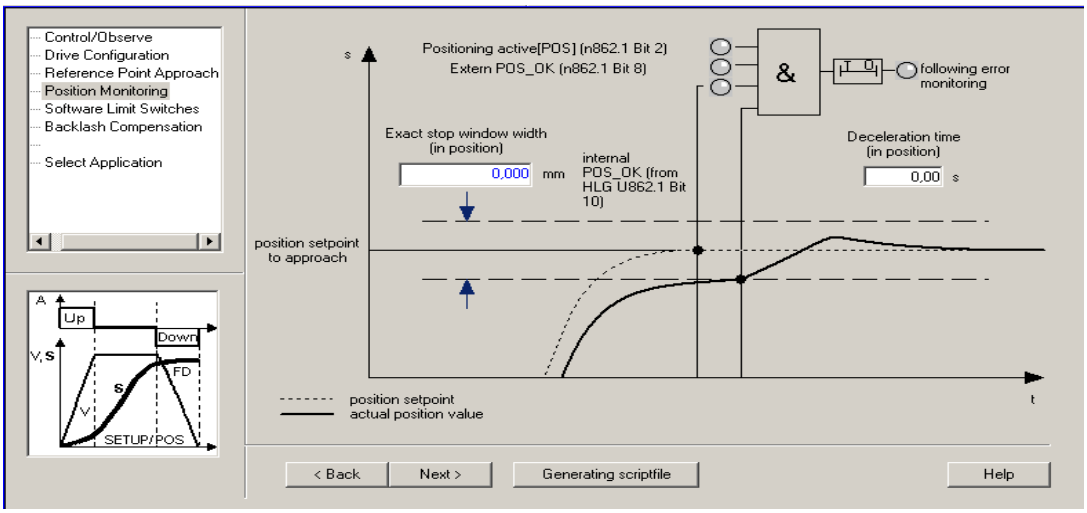


Joonis 4.23. Ajami konfigureerimise menüü



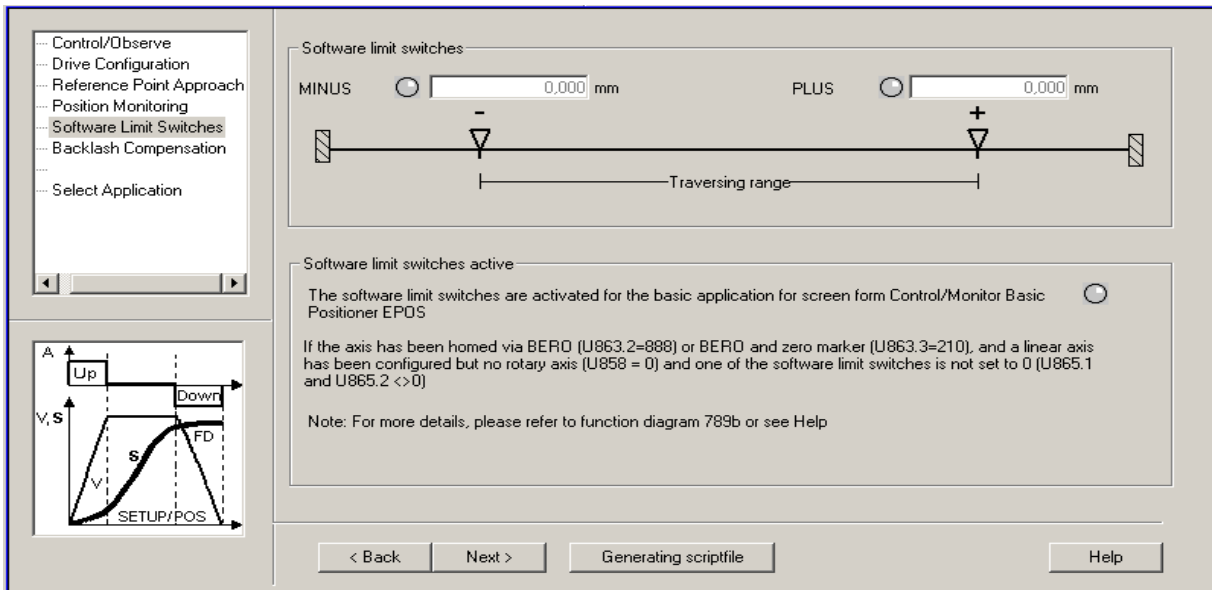
Joonis 4.24. Sättepunktide lähenemise konfigureerimine

Sättepunktile lähenemise konfigureerimise aknast on võimalik seadistada kiirendust, selleks tuleb sisestada soovitud kiirendus *Rated acceleration* lahtrisse. Võimalik on seadistada kodupunkti. Kodupunktiks nimetatakse koordinaatide nullpunkti. Selleks tuleb sisestada vastav väärtus lahtrisse *Homing setpoint*. Vajutades nuppu *Next* avaneb positsioneeriseire vaheaken, mis on toodud joonisel 4.25. Avanenud vaheaknas on võimalik sätestada ajami peatumisvahemiku laiust. Soovitud vahemiku laiuse muutmiseks tuleb sisestada soovitud väärtus lahtrisse *Exact stop position width*. Seadepunktile lähenemise pidurdamisaja muutmiseks tuleb soovitud aeg sisestada lahtrisse *Deceleration time*.



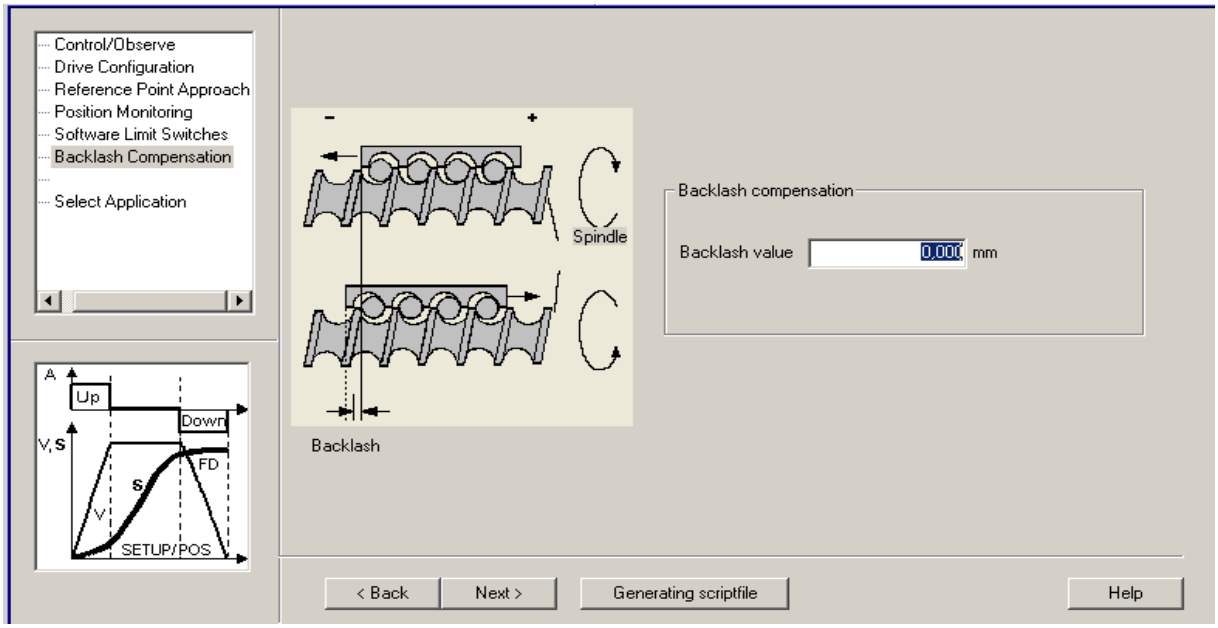
Joonis 4.25. Sättepunkti positsiooniseire vaheaken

Lineaarse telje korral on võimalik sätestada liikumispiirangud. Liikumispiirangud on võimalik sätestada kui telg on nullpunktis. Selleks tuleb sisestada soovitud kaugused lahtritesse *MINUS* ja *PLUS*. Liikumispiirangute seadistamise vaheaken on toodud joonisel 4.26.



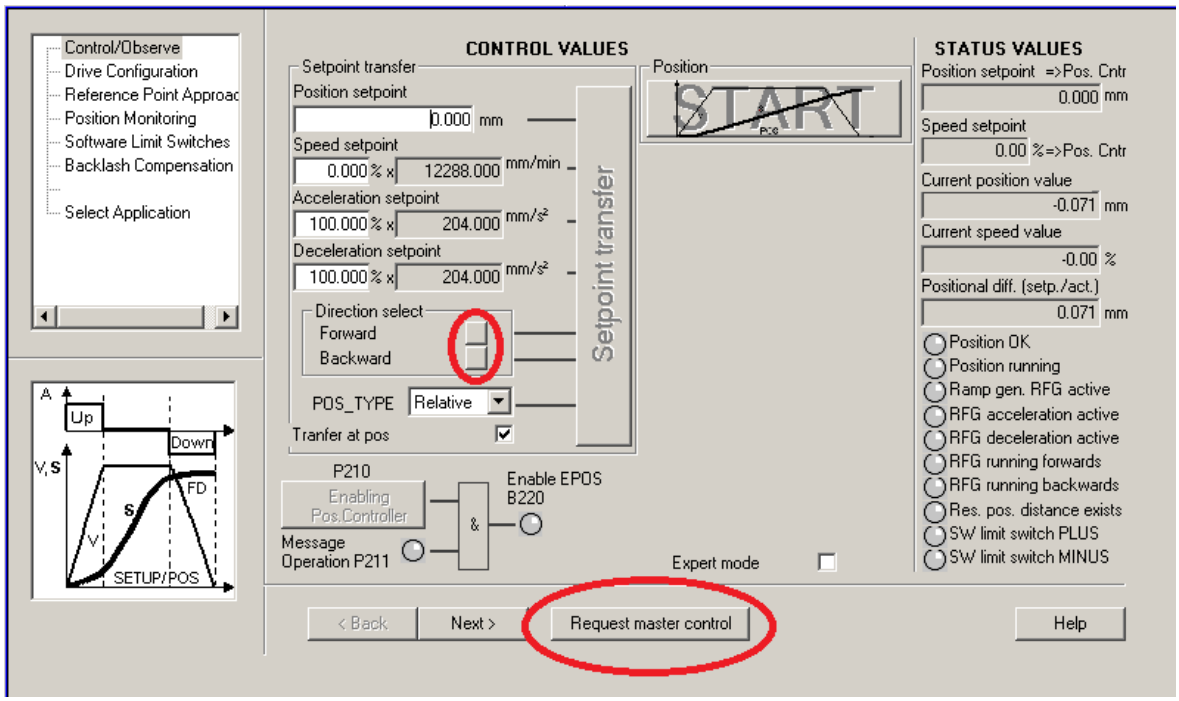
Joonis 4.26. Liikumispiirangute seadistamise vaheaken

Järgnevast aknast on võimalik sätestada ülekande lõtku kompensatsiooni. Selleks tuleb sisestada vastav väärtus lahtrisse *Backlash compensation*. Lõtku kompenseerimise sätestamine on toodud joonisel 4.27.



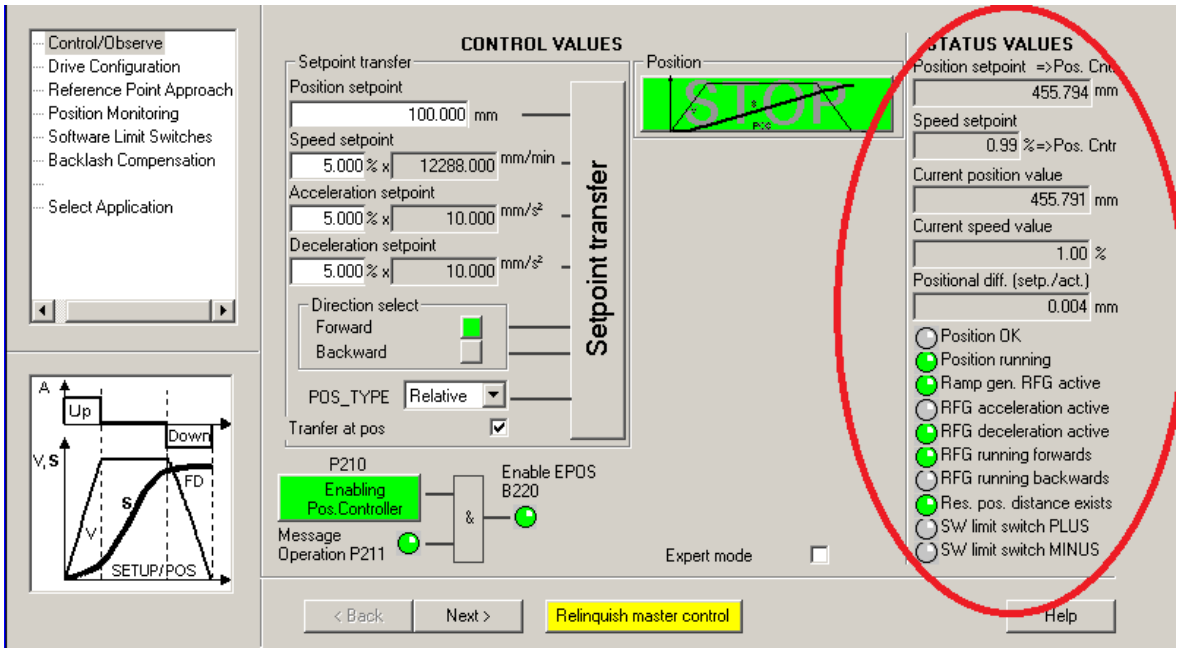
Joonis 4.27. Lõtku kompenseerimise sätestamine

Peale sätestamise lõpetamist tuleb menüüst avada *Control/Observe* vaheaken. Vaheaken on toodud joonisel 4.28. Vaheaknast on võimalik määrata positsioneerimise seadepunkt, mis tuleb sisestada lahtrisse *Position setpoint*. Liikumise kiirus protsentides tuleb sisestada lahtrisse *Speed setpoint*. Kiirenduse ja aeglustamise väärtused tuleb sisestada vastavalt *Acceleration setpoint* ning *Deceleration setpoint* lahtritesse. Pöörlemissuuna valimisel tuleb teha linnuke *Forward* või *Backward* lahtrisse, mis on joonisel tähistatud punase ovaaliga. Lahtrist *POS_TYPE* saab valida kas positsioneerimine toimub suhteliselt või absoluutselt. Järgnevalt tuleb seadmelt taodelda juhtimisõigus. Selleks tuleb vajutada nuppu *Request master control.* Juhtimisõiguse taotlemise nupp on joonisel tähistatud punase ovaaliga. Seejärel tuleb vajutada nuppu *Enabling Pos. Controller.* Vajutades nuppu *START* algab positsioneerimisprotsess.



Joonis 4.28. Positsioneerimise sätestamine

Positsioneerimise käigus on võimalik jälgida reaalajas paremal olevas menüüs positsiooni muutumist, kiirust ning rambifunktsiooni kiirendust kui ka aeglustust. Aktiivsed protsessid kujutatakse rohelise märgutulukesega. Positsioneerimise protsessi jälgimine on tähistatud joonisel 4.29 punase ovaaliga.



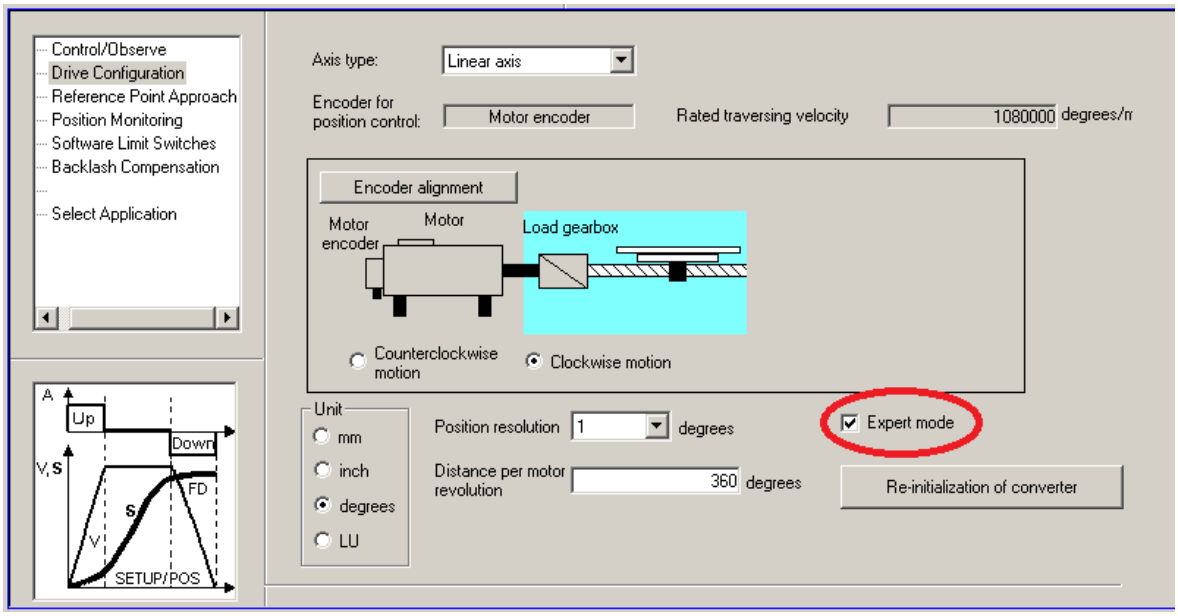
Joonis 4.29. Positsioneerimise protsessi jälgimine

Protsessi lõpetamiseks tuleb vajutada kollast nuppu *Relinquish master control*, millega vabastatakse arvuti juhtimisõigusest.

4.4.3. Võimalik labortöö kasutades tarkvara Drive Monitor

Labortöös oleks võimalik servomootori võlli pöörata mingi kindla ühiku võrra. Järgnevas näites on toodud võlli pööramine täpse kraadi võrra. Siinkohal eeldatakse, et seade on eelnevalt häälestatud.

Kasutades Drive Monitor tarkvara tuleb avada peamenüüribalt lahter *Drive Navigator* ning avanenud lahtrist valida *basic positioner operating screens*. Järgnevalt tuleb *Drive Configuration* vaheaknast teha linnuke *Expert mode* valiku ette. Avaneb võimalus muuta positsiooni sammu ning distantsi mootori ühe täispöörde läbimisel. Ühikuks tuleb valida kraadid (*degrees*). Ühe pöörde läbimise distantsiks tuleb valida sel juhul 360 kraadi. Mootori pöörde distantsi seadmine on toodud joonisel 4.30.



Joonis 4.30. Mootori pöörde distantsi seadmine

Navigeerides tagasi *Control /Observe* vaheaknale, saab sisestada soovitud nurga suuruse kui palju mootor end pöörab. Võimalik on valida nii kiirust, kiirendust kui ka aeglustust. Positsioneerimise tüübiks on vastavalt suhteline või absoluutne. Suhtelisel positsioneerimisel on võimalik pöörata ajami võlli kindla kraadi võrra edasi eelnevast positsioonist. Absoluutsel positsioneerimisel pööratakse võlli mingi kindla nurgani. Vajutades *Setpoint transfer* kinnitatakse sättepunkti väärtus. Vajutades nuppu *Start* alustatakse operatsiooniga. Võimalik on ka töö käigus, ilma vahepealse seiskamiseta, muuta sättepunkti valikuid. Muutes sättepunkti parameetreid ja vajutades nuppu *Setpoint transfer* pöörab mootor end edasi uue valitud suuruse võrra. Labortöös võiks olla mootori võlliga ühendatud väikesemõõtmeline konveierlint, mille märgistatud osa peaksid üliõpilased mingi kindla sammu võrra liigutama. Selleks on vaja *Drive Configuration* vaheaknast muuta ühikuks millimeetrid ning määrata kui palju konveierlint liigub mootori ühe pöörde tegemisel. *Control/Observe* vaheaknas tuleks määrata sobiv kiirus ning kiirendus- ja aeglustusramp, et konveierlint liiguks sujuvalt.

KOKKUVÕTE

Servoajamit Siemens Masterdrives MC on võimalik kasutada elektriajamite labortöös servoajamite võimaluste ning tööpõhimõtete uurimiseks. Esimeses peatükis tutvustatakse servoajamite tööpõhimõtet, ehitust ning kontrollimise viise. Teises peatükis antakse ülevaade servoajamist Siemens Masterdrives MC ning käsitletakse elektromagnetilise ühilduvuse probleeme ning nende vältimist. Kolmandas peatükis antakse ülevaade servoajami komplekti komponentidest, nende omadustest ning juhtimise võimalustest. Tutvustatakse seadme kasutamisega kaasnevaid ohtusid ning antakse juhtnööre kuidas neid vältida. Neljandas peatükis käsitletakse antud servoajami võimalikke rakendusi elektriajamite labortöös. Peatükis antakse juhiseid seadme konfigureerimiseks läbi juhtmooduli PMU, operaatorpaneeli OP1S ning tarkvarakeskkonna Drive Monitor. Laboratoorses töös on võimalik rakendada kõiki kolme juhtimis- ja programmeerimismeetodit. Labortöö tegemisel saab servoajamit seadistada läbi integreeritud mooduli PMU, operaatoripaneeli OP1S ning läbi tarkvarakeskkonna Drive Monitor. Kõige kompaktsem opereerimiskeskkond on integreeritud paneel PMU. Kasutades integreeritud moodulit PMU saab parameetreid sisestada, kuid parameetrite sisestamine on aja- ning töömahukas. Operaatoripaneel OP1S eeliseks on kiire navigeerimine ning kasutatav displei muudab parameetrite otsimise ning muutmise lihtsamaks. Kõige laiema seadistamisvõimalusega on tarkvarakeskkond Drive Monitor. Drive Monitor tarkvara kasutamiseks tuleb ühendada personaalarvuti servoajamiga. Servoajamiga ühendamiseks on vaja arvuti ühendada COM siini. Kasutades tarkvara Drive Monitor, on võimalik sisestada parameetreid, kontrollida mootori tööd, jälgida reaalajas mootori parameetreid, tuvastada seadme töös häireid ning väljendada seadme tööd graafiliselt. Drive Monitori tarkvarapaketis on võimalik servoajamile ette anda töörampe ehk juhtida ajami tööd eri kiiruste ning kiirendustega. Seadme tööd on võimalik väljendada graafiliselt nii pildi kui ka tekstifaili kujul. Tekstifaili kujul on võimalik andmeid töödelda andmetöötlusprogrammides nagu näiteks Microsoft Excel jne. Kasutades Drive Monitor tarkvara on võimalik laboris teostada seadme programmeerimist, positsioneerimist ning ka mootori võlli pööramist ettemääratud ühiku võrra.

PROGRAMMING METHODS AND APPLICATIONS OF SIEMENS MASTERDRIVES MC

Résumé

Siemens Masterdrives MC servo drive can be used for laboratory work in electrical drives course to study servo drive. The first chapter gives an overview of servo drive construction and operation methods. The second chapter provides information about Siemens Masterdrives MC servo drive and EMC regulations. Third chapter provides a components list of servo drive set, their characteristics and usage dangers. The fourth chapter analyzes the possible applications of laboratory works with Siemens Masterdrives MC. During the laboratory work students can configure drive through an integrated module PMU, OP1S operator panel and through the Drive Monitor software environment. The most compact operating environment is the integrated panel PMU. By using the integrated module PMU it is possible to enter the parameters, but the input of parameters takes a lot of time. Operator panel OP1S has the advantage of faster parameterizing. The built in display makes the navigation faster and parameterizing input is much more user friendly. It is also possible to configure servo drive via personal computer software Drive Monitor. The computer must be connected to the servo drive by using COM bus. With the Drive Monitor software it is possible to parameterize the drive, detect a device malfunction via diagnostics and to export data about drive work. It is possible to save data as text or as pictures. The text files can be used to process data in data processing programs such as Microsoft Excel. In the laboratory work the students can apply all three controlling methods. Using the Drive Monitor software students are able to perform basic positioning. An application during positioning is to rotate motor shaft by predetermined unit.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Brindfeldt, E., Lepiksoo, U. Mehhatroonikaseadmed. Täiturid. E-kursus. TTÜ 2011. Kättesaadav: http://www.tthk.ee/MEH/Taiturid_9.html (20.05.2015)
2. Simovert Masterdrives. Kättesaadav: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/407/13472407/att_88465/v1/mc24_kompend_e.pdf (20.05.2015)
3. Introduction to Pulse Width Modulation. Kättesaadav: http://www.embedded.com/electronics-blogs/beginner-s-corner/4023833/Introduction-to-Pulse-Width-Modulation (20.05.2015)
4. Resolver. Kättesaadav: http://www.amci.com/tutorials/tutorials-what-is-resolver.asp (20.05.2015)
5. Absolute encoders. Kättesaadav: http://www.avagotech.com/pages/en/motion_control_encoder_products/absolute_encoders/ (20.05.2015)
6. Servo Motor Applications in Robotics Solar Tracking System etc. Kättesaadav: http://www.electrical4u.com/servo-motor-applications-in-robotics-solar-tracking-system-etc/ (20.05.2015)
7. Servo Motor Guide. Kättesaadav: https://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/servo-motor-guide.php (20.05.2015)
8. Industrial Applications of Brushless Servomotor. Kättesaadav: http://electrical-engineering-portal.com/industrial-applications-brushless-servomotor (20.05.2015)
9. Simovert Masterdrives. Kättesaadav: http://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/maturing-siemens-drives/masterdrives-from-siemens-industry/downloads/Documents/DRV-MasterDrives-Compact_PLUS_Converters.pdf (20.05.2015)
10. Mõlder, H. Elektromagnetiline ühilduvus. TTÜ 2014. Kättesaadav: http://egdk.ttu.ee/files/2013/EMY_loengukonspekt.pdf (20.05.2015)
11. Siemens 1FK7060 technical specifications. Kättesaadav: http://www.noktaendustriyel.com/eng/ProductDetails.html?MLFB=1FK7060-5AF71-1...&PageNo=T&PageName=Technical%20specifications (20.05.2015)
12. Synchronous Motors 1FK701.-1FK710. Kättesaadav: https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-motor/mc-motors/servo-motors/1fk7-servo-motors/Documents/MTR-1FK7-installation-manual.pdf (20.05.2015)
13. Lahtmets, R., (2005). Kaitseaparaadid. TTÜ, lk 46.
14. Siemens Logo Power. Kättesaadav: http://cache.automation.siemens.com/dnl/TM/TMzNzg3AAAA_16527051_HB/BA_6EP1311-1SH02_6EP1321-1SH02_6EP1351-1SH02_6EP1331-1SH02_-6_5-sprachig.pdf (20.05.2015)
15. Siemens Sirius 3RV1. Kättesaadav: http://www.kentindustries.com/siemens_pdf_files/siemens_3RV1021_specs.pdf
16. Siemens 3RV1021 http://www.conrad.com/medias/global/ce/5000_5999/5000/5020/5024/502457_LB_00_FB.EPS_1000.jpg (20.05.2015)
17. Trendnet TU-S9 USB to serial converter, http://www.trendnet.com/images/products/photos/TU-S9/TU-S9_d01_2.jpg (20.05.2015)

LISAD

Lisa A. Ohutushoiu eeskirjad

K I N N I T A N
“27” jaanuar 2012. a.
……
Margus Arak
Tehnikainstituudi direktor

EESKIRI NR. E1 - 2012
OHUTUSHOIU EESKIRJAD TÖÖTAMISEKS EMÜ TEHNIKAINSTITUUDI ENERGEETIKA OSAKONNA LABORITES

1. Laboris töötamise kord

1.1. Laborisse lubatakse üliõpilasi, kes tunnevad ohutushoiu eeskirju ning on kinnitanud seda allkirjaga instrueerimise žurnaalis.

1.2. Laboris töötatakse õppeplaanis ettenähtud tundidel või muul õppejõuga kooskõlastatud ajal.

1.3. Üksinda laboris töötamine on keelatud.

1.4. Mitte koormata töökohta mittevajalike esemete ja seadmetega. Mappe, käekotte, sülearvuteid jms., mis pole seotud laboratoorse töö läbiviimisega, ei hoita labori laudadel, vaid õppejõu poolt näidatud kohas.

1.5. Laboris on söömine ja joomine keelatud.

1.6. Labori tööde teostamiseks tuleb kanda sobivat riietust. Paelad, kapuutsid ja muud väljaulatuvad riietuse osad võivad takerduda skeemides kasutatavatesse liikuvatesse mehhanismidesse.

1.7. Seadmete ja mõõteriistade teisaldamisel olla ettevaatlik ja tähelepanelik, et vältida traumasid ja mõõteriistade ning seadmete vigastamist.

1.8. Keelatud on eemaldada seadmete piirdeid ja katteid, käepidemeid, nuppe ja mistahes muid detaile.

1.9. Õppejõu loata on keelatud teha lülitusi ja pinge reguleerimist töökoha elektripaneelil ja labori peajaotuskilbil.

2. Tööohutus töökohal

2.1. Enne katse sooritamist

2.1.1. Enne tööle asumist tuleb kontrollida, et töökohal olevad lülitid oleksid välja lülitatud.

2.1.2. Katseskeeme võib koostada ainult pingestamata olukorras.

2.1.3. Lülituse koostamisel on keelatud kasutada mittekorras klemmidega

mõõteriistu ja seadmeid ning vigastatud isolatsiooniga juhtmeid.

2.1.4. Keelatud on lülituse pingestamine ilma õppejõu loata.

2.1.5. Enne lülituse pingestamist tuleb veenduda, et:

– lülitusskeem on õige;

– lülitatavad koormused on välja lülitatud;

– toitepinge vastab lülituse lubatud pinge väärtusele;

– keegi ei puuduta lülituse voolujuhtivaid osi, seadmete korpusi ja masinate pöörlevaid osi ning ei kummardu lülituse kohale.

2.1.6. Lülituse pingestamisel tuleb hoiatada rühmas töötavaid kaasüliõpilasi ja veenduda, et hoiatusele ka reageeriti.

2.2. Katse sooritamisel

2.2.1. Peale lülituse pingestamist on kategooriliselt keelatud puudutada käega isoleerimata pingestatud osi (reostaadid, klemmid, juhtmeotsikud jne.).

2.2.2. Pingestatud lülitusi on keelatud jätta järelvalveta.

2.2.3. Mistahes muudatuste tegemiseks (mõõteriistade vahetamine, klemmide kinnitamine, lülitusskeemi muutmine jne.) tuleb lülitus pingest vabastada.

2.2.4. Muudetud lülituse pingestamine võib toimuda ainult õppejõu loal ja peale kaasüliõpilaste hoiatamist.

2.2.5. Töö tuleb viivitamatult katkestada kui esineb üks järgmistest põhjustest:

– õnnetusjuhtum või selle võimalus inimesega;

– suitsu või tule tekkimine;

– tugev mitteühtlane müra või vibratsioon seadmetes;

– seadmete, juhtmete või mõõtevahendite nimiväärtuste ületamine lülituses.

2.2.6. Kaitsmete läbipõlemisest ja kaitselülitite automaatsest väljalülitumisest ning töö käigus tekkinud seadmete või juhtmete riketest informeerida koheselt juhendavat õppejõudu.

2.2.7. Kaitsmete vahetamine seadmetes on lubatud ainult juhendava õppejõu juuresolekul töölaua või seadme pingevabas olekus.

2.2.8. Keelatud on kinni katta mõõteriistade ja seadmete ventilatsiooniavasid või sulgeda ventilatsiooniluuke.

2.2.9. Teisaldatavate mõõteriistade ja vahenditega töötamisel kasutada ainult komplekti kuuluvaid mõõteotsikutega juhtmeid.

2.2.10. Autotrafo kasutamisel on keelatud lülituse isoleerimata osade käega puudutamine enne autotrafo toitejuhtme pistikupesast eemaldamist.

2.3. Katsetegevuse lõpetamine

2.3.1. Lülitusi võib demonteerida ainult õppejõu loal ja pingevabas olekus.

2.3.2. Enne lülituse demonteerimist lülitada välja kogu laua toide lauapaneelil asuva hädastoppnupu abil.

2.3.3. Peale tööde lõpetamist tuleb kõik kasutatud seadmed ja vahendid tagasi panna kohta, kust nad olid võetud.

2.4. Elektrimõõtmistel alalisvooluringis tuleb:

– valida alalisvoolu ja -pinge mõõtmiseks ette nähtud mõõteriistad (magnetelektrilised, aga samuti vastava tähisega elektromagnetilised ja elektro- ning ferro-dünaamilised mõõteriistad);

– valida mõõteriista mõõtepiirkond selline, et mõõdetav suurus moodustaks (50…90%) mõõtepiirkonnast;

– mõõteriistade ja seadmete ühendamisel kinni pidada klemmide polaarsusest;

– meeles pidada, et alalisvoolu kaare kustutamine on tunduvalt raskem kui vahelduvvoolu kaare kustutamine sama pinge korral, samuti on suurem ka põletusoht.

2.5. Elektrimõõtmistel vahelduvvooluringis tuleb:

– meeles pidada, et 50 Hz vahelduvvool võib pingestatud isoleerimata juhtme haaramisel tekitada lihaste krambi, mis teeb võimatuks juhtmest vabanemise;

– valida vahelduvvoolu ja –pinge mõõtmiseks ettenähtud mõõteriistad elektromagnetilised, elektro- või ferrodünaamilised, alaldiga magnetilised jne.;

– valida mõõteriista mõõtepiirkond selline, et mõõdetav suurus moodustaks (50…90%) mõõtepiirkonnast;

– pingetrafodel lülitada mõõdetav pinge primaarmähisele, kuna vastupidisel lülitamisel võib sellel tekkida võrgupingest tunduvalt kõrgem pinge;

– pingetrafo sekundaarmähise klemmidele lülitada mõõteriistad rööbiti;

– voolutrafo primaarmähis lülitada tarbijaga jadamisi;

– voolutrafo sekundaarmähisele lülitada mõõteriistad (ampermeetri, vattmeetri või arvesti voolumähis) jadamisi; enne mõõteriistade lahtiühendamist tuleb voolutrafo sekundaarmähis lühistada kuna vastasel juhul võib sellel tekkida ohtlikult kõrge pinge;

– kondensaatorite ja induktiivsuste jadaühendusel võivad pingeresonantsi korral nende pinged tunduvalt ületada rakendatud võrgupinge väärtuse ning väljalülitatud kondensaatorites võivad pikka aega säilida inimesele ohtlikud

laengud, mistõttu on vaja kondensaatorid katse lõppemisel tühjendada läbi reostaadi (hõõglambi).

3. Õnnetuse korral

3.1. Elektrikaare, sädelemise või lühise tekkimisel, inimese pinge alla sattumisel või selle ohu korral, tuleb **lülitus viivitamata pingest vabastada** kas töölaua lülitite, hädastoppnupu või labori peajaotuskilbi uksel paikneva stoppnupu väljalülitamise teel.

3.1.1. Hädastoppnupud asuvad:

– laua paneelil (töökoha toitepinge katkestamine);

– laboratooriumi ukse kõrval ja peajaotuskilbi uksel (kogu laboratooriumi laudade toitepinge katkestamine).

3.2. Koheselt informeerida juhendavat õppejõudu.

3.3. Vajadusel anda kannatanule esmaabi.

Andres Annuk
Tehnikainstituudi
energeetika osakonna juhataja, professor
“16” jaanuar 2012.a.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Andres Neumann,
(sünnipäev pp/kuu/aa 20.11.1992)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Siemens Masterdrives MC programmeerimisvõimalused ja õppeotstarbelised rakendused, mille juhendaja on Erkki Jõgi,
   1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
   1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
   1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
allkiri

Tartu, 21.05.2015

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

_____ _____
(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)