



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

**PAINUTUSPINGI MAXI-LINE-150-SM
MODERNISEERIMINE**
MODERNISATION OF THE BENDING MACHINE MAXI-LINE-150-SM
MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Tauri Tammesson

Üliõpilaskood: 153635

Juhendaja: Taavi Möller

Kaasjuhendaja: Margus Müür

Tallinn, 2017.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” mai 2017

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” mai 2017

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

ATV70LT

Painutuspingi Maxi-Line-150-SM moderniseerimine

Tauri Tammesson, üliõpilaskood 153635AAAM, mai 2017. – 83 lk.

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Energeetikateaduskond

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja: insener Taavi Möller

Töö kaasjuhendaja: insener Margus Müür

Võtmesõnad: tööstusautomaatika, moderniseerimine, kontrollid, programmeerimine

Referaat:

Lõputöö on 83 lehel, sisaldab 15 tabelit ja 42 joonist.

Töö eesmärgiks on uurida Jorns AG poolt valmistatud plekipainutuspingi näitel erinevaid võimalusi, kuidas vananevat tööstustehnikat kaasajastada.

Töoga seoses on viidud läbi kliendiga suhtlemine, töömahu kokku leppimine ja hinnapakumise esitamine, masina automaatikaosa ning servoajamite uuendamine vastavalt kokkulepitud töömahule, uute elektriskeemide ning kasutusjuhendi koostamine.

Võrreldakse Siemensi, Schneider Electricu ja Omroni poolt pakutavaid riistvaralisi lahendusi ja tehakse otsus ühe tootja kasuks.

Välja on toodud kaks võimalust, kuidas ülesanne lahendada. Esimesel nendest on lisatud masina kaugjuhtimise võimalus ja kirjeldatud selle lahendusvariandi põhimõtet. Teine variant on masina juhtimine lokaalselt.

Kirjeldatud on masina tööd uue programmiloogika järgi ja koostatud plokkiskeemid.

Töös tutvustatakse ka kasutajaliidese loomist ja kasutamist ning uue servoajami tööd.

ATV70LT

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАГИБОЧНОГО СТАНКА MAXI-LINE-150-SM

Таури Таммерсон, код студента 153635AAАММ, май 2017.

ТАЛЛИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Энергетический факультет

Электропривод и силовая электроника

Руководитель работы: инженер Таави Мёллер

Консультант работы: инженер Маргус Мюр

Ключевые слова:

Производственная автоматика, модернизация, контроллеры, программирование

Реферат:

Тезис на 83 страницы, в нём имеются 15 таблиц и 42 изображения.

Задачей является нахождение различных способов модернизации устаревших производственных устройств на примере загибочного станка фирмы Jorns.

Работа выполняется по взаимодействию с клиентом, соглашению на цены и сроки. Усовершенствование машинной автоматки и сервоприводов соответственно оговоренной рабочей нагрузке. Также подготовлены новые электрические схемы и руководства пользования.

Несколько изготовителей устройств автоматки подобраны и сравнены между собой. Новые аппаратные решения выбраны из Siemens, Omron и Schneider Electric, и выбор был сделан в пользу одного производителя.

Задание решается двумя способами. Первый – управление аппаратурой на месте с помощью НМІ панели. Второй вариант описывает дистанционное управление.

Новая программа, которая действует на аппаратуре описана и логическая блок-схема выполнена. Также пояснены принципы управления сервоприводом.

Работа также описывает процесс создания пользовательского интерфейса и обслуживание устройств через интерфейс.

ATV70LT

MODERNISATION OF THE BENDING MACHINE MAXI-LINE-150-SM

Tauri Tammesson, student code 153635AAAMM, May 2017.

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY * School of Engineering

Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Tutor of the work: engineer Taavi Möller

Consultant: engineer Margus Müür

Key words:

industrial automation, modernization, controllers, programming

Summary:

Master's Thesis is on 83 pages, it contains 15 tables and 42 drawings.

The aim is to investigate different ways to modernize obsolete industrial machines with an example of Jorns AG bending machine.

The work is carried out by interacting with the customer, agreeing on the price and terms. Upgrading machine automatics and servo drives according to the agreed workload. There is also drafted new electrical schematics and user manuals.

Multiple automation hardware companies are compared. New hardware solutions are chosen from Siemens, Omron and Schneider Electric and a decision is made in favor of one manufacturer.

The task is being solved in two ways. The first of them is to control the machine locally with HMI panel and the second described variant is to achieve a remote access.

The new program, which runs the machine is described and the logic block diagram is made. There is also explained the principle of servo drive control.

The work also presents the user interface creation and handling the machine via user interface.

SISUKORD

1. EESSÕNA.....	8
2. SISSEJUHATUS	10
3. Maxi-Line-150-SM	12
3.1. Masina üldandmed.....	12
3.2. Masina tööpõhimõte	15
3.3. Sisendite ja väljundite loetelu.....	18
3.4. Kliendi nõuded ja soovid.....	19
3.5. Seadusandlus	19
4. Riistvara valik	21
4.1. Ülesehitus Siemensi seadmetega	22
4.2. Ülesehitus Omroni seadmetega	23
4.3. Ülesehitus Schneider Electric seadmetega	24
4.4. Süsteemi valik.....	25
5. Kohtjuhtimine	27
5.1. Seadmete ülevaade	27
5.1.1. Kontroller CJ1M CPU22.....	27
5.1.2. Kontrolleri toiteplokk CJ1W-PA202	28
5.1.3. Digitaalväljundmoodul CJ1W-OD212.....	29
5.1.4. Digitaalsisendmoodul CJ1W-ID211	30
5.1.5. Analoogsisendmoodul CJ1W-AD042.....	31

5.1.6.	Servoajam.....	32
5.1.7.	Turvarelee G9SE-401 -KES1	35
5.1.8.	Puutekraan Weintek eMT3120A	36
6.	Kaugjuhtimine.....	40
6.1.	Komponentide valik	40
6.2.	Süsteemi ülesehitus.....	41
6.3.	Kaughaldus kontrolleriga suhtlemiseks.....	43
7.	Programmi koostamine	44
7.1.	Programmis kasutatud andmetüübid ja elemendid.....	45
7.2.	Programmi struktuur.....	48
7.3.	Servoajami juhtimine.....	49
7.4.	Programmi algoritm.....	51
7.5.	Kasutajaliides.....	56
7.5.1.	Kasutajaliidese pealeht	57
7.5.2.	Töö masinaga	61
7.5.3.	Töö automaatrežiimis	63
	KOKKUVõTE.....	65
	KASUTATUD KIRJANDUS	67
	L I S A D.....	69
	LISA 1. Elektri- ja automaatikakilbi elektrijoonis	70
	LISA 2. Pilt elektri- ja automaatikakilbist	83

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

KOOSKÕLASTATUD

Prof. I. Palu.....

..... 2017

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

Tauri Tammesson, 153635 AAAM

Magistritöö teema: Painutuspingi Maxi-Line-150-SM moderniseerimine

Ülesanne: Töö eesmärgiks on uurida Jorns AG poolt valmistatud plekipainutuspingi näitel erinevaid võimalusi, kuidas vananevat tööstustehnikat kaasajastada.

Lähteandmed:

1. Painutuspingi Maxi-Line-150-SM kasutusjuhend ja muu dokumentatsioon.
2. Kliendi nõuded ja soovid painutuspingi moderniseerimise kohta.

Lahendamisele kuuluvate probleemide loetelu:

1. Uurida milliseid lahendusi ja võimalusi pakutakse tööstusmasinate automatiseerimiseks ning moderniseemiseks
 2. Pakkuda välja võimalikud painutuspingi moderniseerimislahendused. Teha nende kohta hinna analüüs.
 3. Koostada kliendi poolt valitud lahenduse alusel painutuspingi moderniseerimisprojekt: komponentide loetelud; elektri-, mehaanika-, pneumaatika- ja hüdraulikaskeemid; painutuspingi juhtimisalgoritmid; kasutajaliidese eskiisid; jne.
- Magistritöö esitada eesti keeles kahes eksemplaris koos eesti- ja kahe võõrkeelse referaadiga hiljemalt 25.05.2017.

Juhendaja:

Ülesande vastu võtnud:

Insener T. Möller

Üliõpilane T. Tammesson

1. EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema pakkus välja minu vanaisa, kelle kaasabil on lahendatud probleemi praktiline pool. Töö tellis Tinfor AS, kelle tehases on uuenduskuuri läbi teinud masin jätkuvalt kasutusel.

Töö valmimisel olid suureks abiks vanaisa, kes seda teemat välja pakkudes mitte ainult ei aita mul kooli lõpetada, vaid aitas sellega mind ka tööalaselt uuele tasemele.

Taavi Möller, kes vaatamata tihedale töögraafikule mind oma tiiva alla võttis.

Margus Müür, kes ei ole mitte ainult suurepärase õppejõud, vaid aitab ka paljude lõpetajate, seejuures minu lõputöö valmimisel.

2. SISSEJUHATUS

Umbes 25% Eesti toodangust ehk lisandväärtusest tuleb tööstuslikest sektoritest. Üheks olulisemaks sektoriks Eesti majanduses on töötlev tööstus, mis moodustab 14,5% toodangust. [1]

Olenemata, mis liiki töötleva tööstusega on tegemist, on ettevõtte edu jaoks vajalikud robotid ja automaatikaseadmed. Masinapargi võimekus on sellisel juhul väga oluline ja seadmete kaasajastamine on väga tähtis. Alati ei ole majanduslikult otstarbekas osta uut masinat, vaid võib alternatiivina kasutada võimalust vana masin rekonstrueerida ja selle käigus ka soovitud kaasajastamine läbi viia.

Sageli ei otsigi ettevõtja uut masinat toodangu kvaliteedi või tootmiseefektiivsuse parandamiseks. Probleemideks võivad osutuda olemasoleva tehnika osaline rikkumine, osade funktsioonide puuduolek, pisemad muutused tootmistsükli ja –korralduses.

Igal tööstusettevõttel ei ole ka oma automaatikaosakonda, kuhu kuuluvad spetsialistid spetsiifiliste probleemidega toime tulevad.

Väiksemad tööstusautomaatikaettevõtted, kellel ei ole suuri püsikliente, ei saa sageli aasta jooksul ühtegi suurt ja kallist täislahendust välja anda. Küll aga on võimalik teenida väiksemate tööde tegemisega ning kliendiga koostöös probleemsematesse kohtadesse lisalahenduste välja töötamisega.

Käesolevas töös lahendatakse üks selline olukord. Töö tellija on Tinfor AS. Ettevõttel oli probleeme plekipainutuspingil töötamisega, sest operaatori juhtmonitor oli tuhmiks jäänud ja ühel hetkel kustus sootuks. Appi kutsuti automaatik, kes monitori tagasi tööle sai. Nii töötati masinaga veel aasta, kuni monitor jälle töö lõpetas. Samuti tõrkus pidevalt masinas kasutatav servoajam. Jätkuv probleem ajendas ettevõtte juhti otsustama masina automaatika täieliku uuendamise kasuks.

Esimeseks sammuks projekti alustamisel on objektiga tutvumine ning kliendi soovide kuulamine ja üles kirjutamine. Seejärel saab omapoolsed ettepanekud koos hinnapakkumisega esitada.

Uuendusi välja pakkudes on oluline kliendi soovidega arvestada. Siiski on alati mõistlik välja pakkuda mitu erinevat lahendust, sest võib juhtuda, et klient ei ole ise täielikult selgusele jõudnud, mida ta soovib. Alati ei teata ka, millised variandid saadaval on. Spetsialistina on minu ülesanne klienti tema võimalustest teavitada.

Seejärel tuleb tutvuda masina tehnilise dokumentatsiooniga, tööetappide ja nüanssidega. Tuleb välja selgitada, mida on kliendi soovide täitmiseks vaja vahetada, uuendada, parendada. Sellele informatsioonile toetudes tehakse valik kasutatava riistvara suhtes, võttes arvesse seadmete hinda, varasemat töökogemust nendega, põhiparameetreid ja muid tegureid.

Kui seadmed on välja valitud, saab luua loodava programmi põhimõtteskeemi, kasutajaliidese kondikava ja nende järgi lahendust vormistama hakata. Eeltöö ja programmi kirjutamine toimub kontoris ning kui kõik on valmis, saab suunduda objektile masinat käivitama.

Kui programm on välja töötatud läbimõeldult, sujub masina käivitamine ladusalt. Võimalik on kuulata ka töötajate nõuandeid, et sisse viia viimaseid korrekture. Kui masina töö on kontrollitud, toimub tellijale üleandmine, mille käigus tutvustatakse töötavat lahendust ja õpetatakse kasutajaliidese kasutamist.

3. MAXI-LINE-150-SM

3.1. Masina üldandmed

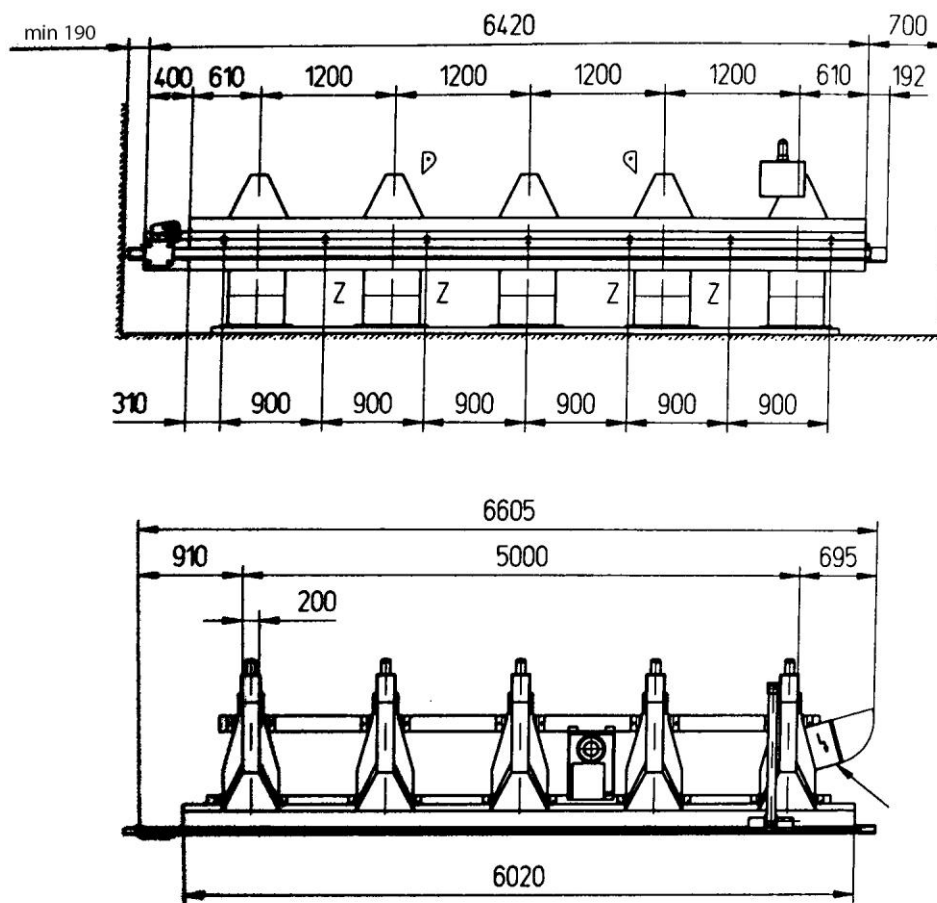
MAXI-LINE-150-SM on Šveitsis toodetud plekipainutuspink. Valmistajafirma on Jorns holding AG ja valminud on masin on 1995 aastal. Pärast 21 tööaastat olid mehhaanika ja hüdraulika heas korras, kuid automaatika ja juhtimine vajasis uuendamist.

Masina ülesanne on plekklehtede painutamine ja lõikamine. Eriliseks teeb masina tema võime töötada 6 m pikkuse toorikuga. Joonisel 3.1 on kujutatud masina ristlõige.



Joonis 3.1. Masina üldvaade

Joonisel 3.2. on masina gabariidid eestvaates.



Joonis 3.2. Masina gabariidid eestvaates [2]

Masina jõud tuleb tema hüdraulikasüsteemist, kuhu kuuluvad pumbamootor võimsusega 4 kW ja nimipöörlemiskiirusega 1500 p/min, samuti 65 liitrine õlimahuti, manomeeter, filter ning solenoidklapid.

Hüdraulikasüsteemist saame ühe analoogsignaali. Kontrollitakse rõhku, millega ülalõug materjali fikseerib.

Joonisel 3.3 on toodud masina hüdraulikaskeem. Solenoidklappe kasutatakse ülalõua üles ja alla liigutamiseks (Y3;Y4), painutaja üles ja alla liigutamiseks (Y6;Y7), painutusraadiuse muutmiseks suuremaks ja väiksemaks (Y10;Y11), rull-lõikuri edasi ja tagasi liigutamiseks (Y8;Y7), rõhu vabastuseks (Y1) ja alandamiseks (Y9). Samuti pumba käivitamiseks ja tagavaste sõrmede liigutamiseks (klapp 18).

Tagavaste liigutamine käib servomootori abil. Nii mootor kui servovõimendi aga olid samuti vananenud ja nende vahetamine on liidetud projekti mahtu.

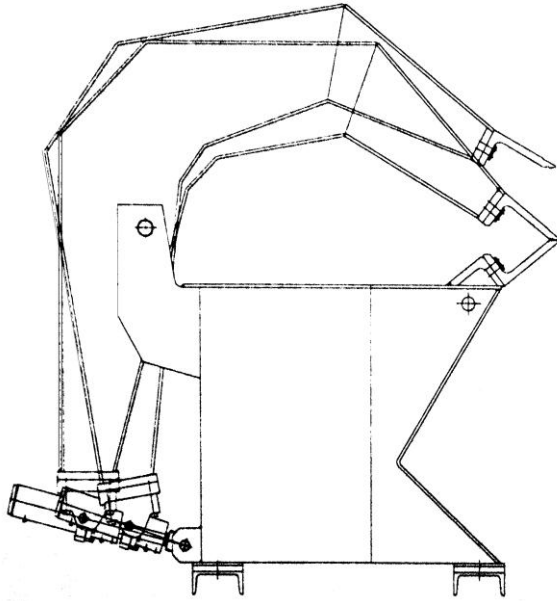
3.2. Masina tööpõhimõte

Painutusprotseduur toimub selliselt, et masina ülemine lõug avaneb ja tekib juurdepääs masina tööpinnale. Tagavaste liigub etteantud kaugusele, mis määrab painutuse kauguse pleki servast. Operaator paigutab materjali masina tööpinnale ja veendub, et lehe tagumine serv on ühtlaselt tagavastega kontaktis. Seejärel sulgub ülemine lõug ja hoiab materjali kindlalt paigal. Hoidetugevust kontrollitakse hüdrostsüsteemis asuva surveanduri abil. Kui plekk on fikseeritud, toimub painutamine. Masina painutusala tõuseb etteantud nurga võrra. Ülemine lõug avaneb, painutusala liigub alla - nullasendisse ja tagavaste liigub retseptiga määratud järgmisele positsioonile. Taas fikseeritakse materjal ja toimub uus painutus. Tsükli korratakse kuni retsepti lõpuni. Kui viimane painutus on tehtud, on võimalus plekk masina küljes oleva rullõikuriga läbi lõigata.

Operaator on töö ajal vahetult masina juures ja peab tegelema pleki nihutamise- ja hoidmisega. Seepärast on ohutuse tagamiseks ülalõua allasuunas liikumine ja painutustala ülasuunas liikumine käivitatav operaatori poolt jalgpedaal-lülitite abil.

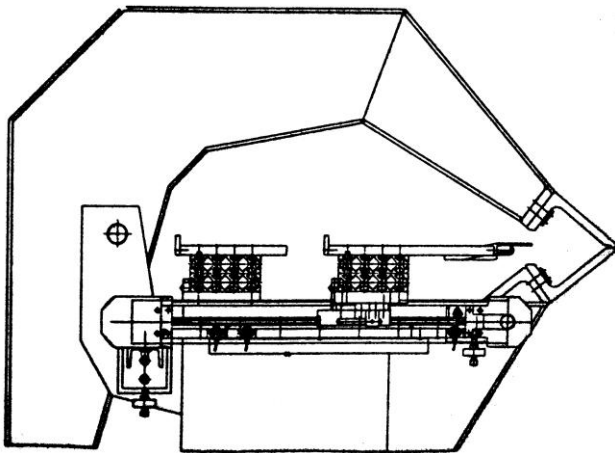
Tööetapid:

- Samm 1 – Masina ülemine lõug avaneb. Joonis 3.4
- Samm 2 – Tagavaste liigub etteantud positsioonile. Joonis 3.5
- Samm 3 – Ülalõug sulgub ja materjal fikseeritakse. Joonis 3.5
- Samm 4 – Painutaja liigub etteantud nurgale ja kohe tagasi nullasendisse. Joonis 3.6
- Samm 5 – Ülalõug avaneb ja vabastab materjali haardest. Vajaduse korral lõigatakse materjal läbi. [2] Joonis 3.7



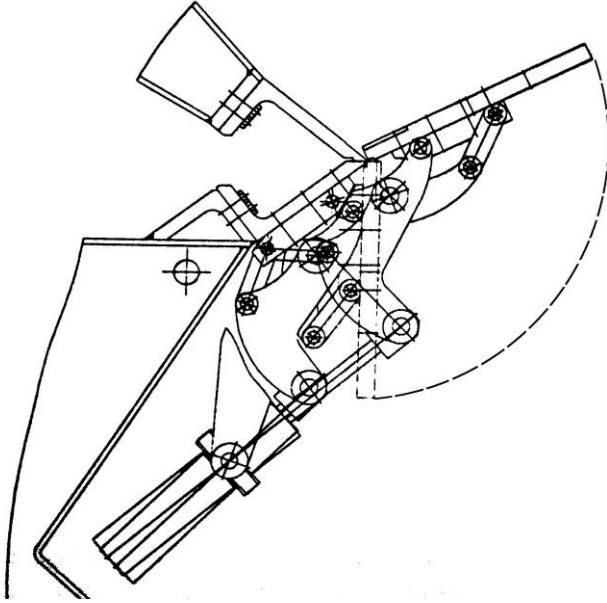
Joonis 3.4. Ülalõug avaneb ja sulgub [2]

Tagavastega määratakse detaili paindekoht.



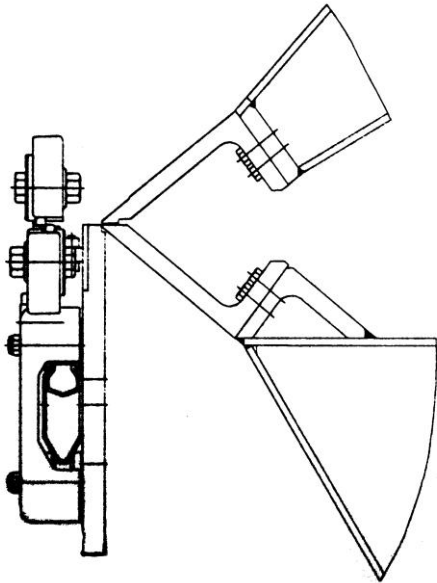
Joonis 3.5. Tagavaste liikumine ja ülalõua sulgumine [2]

Pleki painutamiseks tõstetakse painutaja silindrite abil etteantud nurgale vastavasse positsiooni.



Joonis 3.6. Painutaja liikumine [2]

Rullnuga sõidab lõugade vahele kinnitatud pleki eest läbi, lõigates plekitüki ja lõpetades protseduuri.



Joonis 3.7. Rullnuga kinnitusmehhanismi ees [2]

Vana kasutajaliides on kujutatud joonisel 3.8.



Joonis 3.8. Esialgne juhtpaneel

3.3. Sisendite ja väljundite loetelu

Tabel 3.1. Digitaal ja analoog sisendid ja väljundid

Nr	Digitaalsisendid	Nr	Digitaalväljundid
1	Nuga edasi nupp	1	Ülalõug üles
2	Nuga tagasi nupp	2	Ülalõug alla
3	Nuga parkimispaijal	3	Painutaja üles
4	Noa limit ees	4	Painutaja alla
5	Noa limit taga	5	Üla- ja alalõua kiire liikumine
6	Ülalõug üles nupp	6	Suurem raadius
7	Ülalõug alla nupp	7	Väiksem raadius
8	Ülalõug üles pedaal	8	Nuga edasi
9	Ülalõug alla pedaal	9	Nuga tagasi
10	Painutaja üles nupp	10	Preliminary relief – kontrollventiil
11	Painutaja alla nupp	11	Pressure > comparative pressure
12	Automaatpainutus pedaalilt	12	Circulation OFF
13	Limit stop ES1 – servo limit	13	Automatic mode
14	Limit stop ES2 – servo limit	14	Component end
15	Paanikanupp vabastatud – VES_OK	15	Rotate
16	Programming release	16	Turn over
		17	Stop position OK
		18	Finger down programme
		19	Finger down automatic
		20	Limit stop top
		21	Controller release DC stop
		22	AC stop forwards
		23	AC stop backwards
		24	AC stop rapid

Enne töö alustamist tuleb aru saada masina tööloogikast ja tutvuda kasutatavate signaalidega. Tööprotseduuri mõistmine on oluline, et osata hinnata, milliseid signaale kindlasti kasutada on vaja, ja selle järgi uued seadmed valida. Tabelites 3-1 ja 3-2 on toodud esialgse masina sisendid ja väljundid.

Tabel 3.2. Analoogsisendid

Nr	Analoogsisendid
1	Painutaja asend
2	Raadius
3	Ülalõua asend
4	Õlisurve

Kõik esialgsed analoogsisendid on olulised ja uues automaatikalahenduses kasutatud. Samuti peab arvestama, et masinas on vaja juhtida ühte servotelge ja kasutada IML (inim-masin liides, inglise keeles human machine interface, HMI) paneeli.

3.4. Kliendi nõuded ja soovid

Tellija ei olnud sugugi paljunõudlik ning ei piiranud töövahendite ja –meetodite täpsustamisega tööd. Tema soov oli saada kvaliteetne tulemus. Ilmselt on sellist projekti ette võttes kindel soov masinaga veel pikka aega tööd teha ja pikemas perspektiivis tasub pigem investeerida töökindlusele ja kvaliteedile, kui paari aasta pärast jälle probleemidega silmitsi seista. Sellest tulenevalt ei olnud töö hinna suhtes samuti kauplemist, sest võrreldes pakkumisega, mis tehti masina välismaise tootja poolt, säästis ettevõtte kohaliku tööjõu kasuks otsustades juba mitmekordselt. Klient oli kursis Omroni kontrollritega ja soosis nende kasutamist. Lisandväärtust uute funktsioonide ja kasutusvõimaluste laiendamise näol tellija ei soovinud. Pigem oldi selles osas tagasihoidlikud ja sooviti jätkata tööd masinaga nagu varem.

3.5. Seadusandlus

Olemaks kindel, millega töös tegemist tuleb, on hea ka seaduse järgi teada, millega tegeletakse, mis piiridesse tegevusala jääb ja mida jälgida on vaja. Kindlasti tuleb tähelepanu pöörata seadme ohutuse seadusele (vastu võetud 18.02.2015.) Selle eesmärk on tagada seadmete ohutus. Seadus reguleerib seadme kasutusele võtmist ja kasutamist ning seadme tööd. Järgnevad väljavõtted seadme ohutuse seaduse olulisematest punktidest. [3]

§ 2 lg 1 „Käesolevat seadust kohaldatakse seadmele, seadme kasutusele võtmisele ja kasutamisele ning seadmetööle, kui seadmest lähtub oht inimese elule või tervisele, asjale või keskkonnale (edaspidi oht) ning kui selle ohu vältimine ei ole reguleeritud muu õigusaktiga.“ [3]

§ 3 lg 1 – „Seade on surve-, gaasi- või elektriseade, masin või nendest koosnev tehnosüsteem või muu objekt, milles sisalduv energia või fluidum või millega toimuv protsess tekitab oma olemuse tõttu isegi asjatundjalt oodatava hoolsuse rakendamise korral ohu inimese elule või tervisele, asjale või keskkonnale.“ [3]

§ 3 lg 5 - Masin on:

1) omavahel ühendatud osade või komponentide koost, millest vähemalt üks osa või komponent on liikuv ja mis on varustatud või ette nähtud varustamiseks muu kui vahetult inim- või loomjõul töötava ajamisüsteemiga ning mis on ühendatud kindlaks tegevuseks; [3]

§ 4. Ohutuse tagamine

(1) Seadme kasutamisel ja seadmetööl tuleb tagada inimese elu ja tervise, asja ning keskkonna ohutus. Ohutuse tagamiseks tuleb rakendada vajalikke abinõusid ohu ennetamiseks, väljaselgitamiseks, tõrjumiseks ja kõrvaldamiseks ning õnnetusjuhtumi korral negatiivsete tagajärgede vähendamiseks. [3]

(2) Kui õigusaktis ei ole sätestatud täpseid nõudeid rakendatava abinõu kohta, hinnatakse abinõu sobivust hea inseneritava kohaselt. Eeldatakse, et abinõu vastab heale inseneritavale, kui seda soovitatakse Eesti, Euroopa või rahvusvahelises standardis. Standardite puudumise korral hinnatakse abinõu sobivust toote nõuetele vastavuse seaduse § 6 lõikes 3 sätestatud kriteeriumite kohaselt. Abinõu hõlmab ka seadmele esitatavaid nõudeid. [3]

Samuti jääb uurimisala sisse määrus „elektriseadmele esitatavad ohutuse nõuded ning elektriseadmele ja elektripaigaldisele esitatavad elektromagnetilisele ühilduvuse nõuded ja vastavushindamise kord.“[4] Madalpingeline elektriseade on selline elektriseade, mis on mõeldud kasutamiseks pingevahemikus 50–1000 VAC puhul ja 75–1500 VDC puhul. Antud töös esitatud seade vastab kriteeriumile ja sedapuhku tuleb jälgida määruuses kirjeldatud juhiseid. Et masin vastaks elektromagnetilise ühilduvuse nõuetele, tuleb kasutada komponente, mis on tähistatud CE märgisega.

4. RIISTVARA VALIK

Masina originaalne juhtimissüsteem oli ehitatud 1990ndatel aastatel. Programmeeritav loogikakontroller kujutas endast suurt trükkplaati diskreetsete loogikaelementidega. Juhtpaneeli juurde kuulus ka kontroller koos flopiketastega mäluseadmega, kuhu nähtavasti salvestati tooteandmeid. Info kontroll- ja juhtimissüsteemi kohta puudus, masina dokumentatsioonis on need kujutatud funktsionaalsete plokkidena (kastidena), õnneks on näidatud sisend- väljundsignaalid. Masina tagavaste positsioneerimise servosüsteem kasutas firma Baldor servokontrollerit- ja mootorit. Kuna ka servo töös esines tõrkeid, tuli ka kontroller välja vahetada. Mootorit oleks võinud kasutada, kuid selgus, et mootoris ei kasutatud enkooderit, vaid resolverit ja kuna see ei ühildu uuemate servokontrolleritega, tuli ka mootor asendada uuega.

Komponentide valiku tegemisel on põhiküsimus selles, millise firma kontrollerit eelistada. Üldiselt sellest lähtudes valitakse ka kõik lisaseadmed, nagu näiteks servoajam ja IML paneel. Samuti kasutatakse erinevates kontrollerites erinevaid andmesideprotokolle, näiteks saab Shneider Electricu riistvara abil juhtida seadmeid Modbus protokolliga kasutades, Siemensil on selleks aga PROFIBUS.

Loetelus on valik suurimaid rahvusvahelisi tööstuskontrollerite tootjaid.[5]

- Siemens
- ABB
- Mitsubishi
- Schneider Electric (Modicon)
- Rockwell (Allen-Bradley)
- General Electric
- Bosh Rexroth
- Beckhoff
- Toshiba

Tööstuskontrollereid toodavad teisedki ettevõtted, kuid lihtsuse mõttes välistan tootjad, mille tarkvaraga kogemust ei ole, et tagada kliendile kiirem teenus.

Kontrolleri valimisel arvestan eelkõige sellega, millise firma toodetega varem kokkupuude on olnud, millistele toodetele Eestis on lihtsam kasutajatuge saada ja hind. Igal tootjal on

kontrollereid pakkuda väga erinevate võimalustega ja erinevas hinnaklassis. Antud projekti jaoks sobib lihtsam lahendus, seega otsime madalama hinnaklassi tooteid. Eelnev kogemus on olnud programmeerida Siemensi LOGO! Ja SIMATIC kontrollereid, Mitsubishi , Schneider Modiconi ja Omroni erinevaid mudeleid.

Võrdlemiseks valin välja turuliider Siemensi, Omroni ja Schneideri kontrollereid.

4.1. Ülesehitus Siemensi seadmetega

Siemensi tööstusautomaatika seadmed on väga kvaliteetsed ja juba aastaid sellel alal turuliider olnud. Samuti on nende pluss ametliku Eesti esindaja olemasolu, kuhu probleemide korral pöörduda saab. Siemensi tootekataloog on väga mahukas ja nad pakuvad tööstuskontrollereid väga mitmeteks otstarveteks väga erinevate hinnaklassidega. Sellesse projekti sobib hästi lihtsam mudel S7-1200. Tabelis 4.1 on toodud Siemensi müügiosakonna saadetud hinnakiri.

Tabel 4.1. Siemensi seadmed

Nr	Toote nimetus	Hind, €
1	SIMATIC STEP 7 Basic V14, TIA PORTAL litsents	314
2	SIMATIC S7-1200, ANALOG INPUT, SM 1231	324
3	SIMATIC S7-1200, DIGITAL OUTPUT SM 1222,	97
4	SIMATIC S7-1200, CPU 1214C	336
5	SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM1207	69
6	Siemens, 10.4 in TFT Touch Screen HMI	4 181
7	SINAMICS V60 servo driver	1 125
8	SIMATIC/SINAMICS V60 CONNECTION CABLE	42
9	Siemens 820 W Servo Motor	916
10	SINAMICS Servo power cable	76
11	SINAMICS Servo encodeer cable 6FX6002-2LE00-1AF0	144
12	Siemens switching power supply 10A	150
13	Siemens switching power supply 2,5A	109
14	Siemens Safety Relay, 3SK1122-1CB41	214
	KOKKU	8097

Kuna masinal on piisavalt palju erinevat tüüpi sisendeid ja väljundeid, tuleb kontrolleri komplekti toetada kolme laiendusmooduliga.

Nimekirja on ka välja toodud programmeerimistarkvara 314€. See on lisakulutus, mis tuleb teha, kui projekte on rohkem ja edaspidi plaanin alati Siemensi riistvara kasutada. Samuti on see Siemensile garantii, et nende kliendid järgmine kord mingitel põhjustel mingit teist kontrolleri ei valiks, vaid kasutaks ostetud litsentsi.

SIMATIC S7 1200 kontrolleriil on kaks PTO (pulse-train-output) väljundit. Servivõimendina pakutakse simensi poolt SINAMCS V60 mudelit.

4.2. Ülesehitus Omroni seadmetega

Omron on ettevõtte, mis on loodud juba 1933 aastal Jaapanis, võttes nime Tatesi Electric Manufacturing Co. 1990 aastal muudeti ettevõtte nimi täna tuntud OMRONiks. Ettevõtte on tuntud kui oluline tehnikaarendaja ja sealhulgas ka tööstusautomaatikaseadmete tootja. OMRONi loogikakontrollerid on kvaliteetsed ja töökindlad.

Tabel 4.2. Omroni seadmed

Nr	Toote nimetus	Hind, €
1	OMRON CJ1W-ID211 – digitaalsisendite moodul	155
2	OMRON CJ1W-0D212 – digitaalväljundite moodul	210
3	OMRON CJ1W-AD042 – analoogsisendite moodul	904
4	PLC OMRON RS232 – ühenduskaabel	123
5	WEINTEK EMT3120A – IML ekraan	1285
6	OMRON SYSMAC CJ1M CPU22 - kontrolleri	804
7	OMRON PA202 - toiteplokk	160
8	S8VK-G24024 – 24V 240W toiteplokk, 10A	154
9	S8VK-G06024 – 24V 60W toiteplokk, 2,5A	69
10	CJW-PA202 – toiteplokk PLC jaoks	160
11	OMRON XW2D-40G6 – terminaliplokk	95
12	R88D-GP08H – AC servovõimendi	732
13	R88A-CAGA005SR-E – servo kaabel	62
14	R88A-CRGB005CR -E– servo kaabel	77
15	R88M-G75030H-S2 – servo mootor	682
16	G9SE-401-KES1 – turvarelee	145
	KOKKU	5913

Sõelale jäi Omron sellepärast, et olen varemgi kokku puutunud Omroni kontrollritega ja töö tegemiseks on see turvalisem valik. Tööstusautomaatika tootjana on Omron pikka aega olnud pigem eesrindlik ettevõtte, kuid viimaste aastatega on turuosa kaotanud, olles Control ajakirja poolt koostatud nimekirjas olnud 2009. aastal olnud seitsmendal, 2011. aastal aga 11. ja 2015. aastal aastal 13. kohal. Järjestuse kriteeriumid on toodud artiklis.[5][6][7]

Allolevas tabelis on toodud valik keskklassi Omroni kontrollritele CJ1M-CPU22 lisasid. Omroni enda 10'' puutetundlik ekraan maksab palju rohkem kui Siemensi oma. Selle saab aga asendada oluliselt odavamaga, kuid sellegipoolest kvaliteetse Weintek IML paneeliga. Täpsem võrdlus on toodud IML paneeli valiku peatükis. Komponentide hinnakiri on esitatud tabelis 4.2.

Võrreldes Siemensi poolt pakutavaga on siin oluliselt kallim analoogsisendite moodul. Samuti on kallim ka kontrollrite ise, kuid see mudel on ka võimekam ja sellel on spetsiaalsed sisendid- ja väljundid, mis võimaldavad juhtida servoajami tööd.

4.3. Ülesehitus Schneider Electric seadmetega

Schneider Electric on asutatud 1836 aastal Eugene Schneideri poolt Prantsusmaal. Tänapäevaks on sellest kasvanud suure ettevõtte, mis omab esindusi üle maailma. Tegevusvaldkondi on väga palju, nende seas on elektriinstallatsiooniseadmete tootmine, hooneautomaatika erinevate lahenduste pakkumine, madalpingesüsteemid, päikeseenergia, keskpingseseadmed ja elektrivõrgu automatiseerimine, tööstusautomaatikaseadmete pakkumine ja palju muud. Firma eesmärk on püüelda säästva arengu suunas ja nende tooted on kõrgkvaliteetsed.[8]

Ka Schneideril on Eestis esinduskontor, kuhu alati küsimuste korral pöörduda, et professionaalset nõu saada. Hinnapakumist küsides soovitati TM221 seeria kontrollrite. See kontrollrite on madalamast hinnaklassist, kuid omab 40 digitaalset transistor sisendit/väljundit. Analoozsignaalide vastu võtmiseks pakuti TM3AI4 moodulit. IOde poolest sobivad pakutud seadmed küll. Samuti on TM221 seeria kontrollritel 2 PTO (pulse-train-output) väljundit, mida saab kasutada servoajami juhtimiseks. [9] Oluliseks miinuseks on sellel kontrollritel see, et salvestatavasse mällu on võimalik talletada vaid üks parameeter. See tähendab seda, et pärast volukatkestust on kõik masina seadistused kadunud ja vajalikud parameetrid tuleb uuesti salvestada. Hinna poolest on pakutavad seadmed soodsad, kuid kuna tootega

tutvumisel selgus, et see kasutamiseks ei sobi, on tehtud tootekataloogist uus valik M340 kontrolleri kasuks. Komponentidepakett koos hindadega on toodud tabelis 4.3.

Tabel 4.3. Schneider-Electricu seadmed

Nr	Toote nimetus	Hind, €
1	Schneider Electric PLC Expansion Module Processor	899
2	Schneider Electric M340 PLC I/O Module 16 x I/O, 24 V dc Output	151
3	Schneider Electric M340 PLC I/O Module 16 x I/O, 24 V dc Input	127
4	Schneider Electric PLC Power Supply Modicon M340	191
5	Schneider Electric M340 Analog input module	306
6	Schneider Electric Modicon M340 Backplane 4 Slots, DIN Rail Mount	118
7	BMXMSP0200 PTO moodul servovõimendi ühendamiseks	511
8	Schneider Electric 0.75 kW Encoder Feedback Servo Drive	454
9	Schneider Electric 0.75 kW Servo Motor	339
10	Servo encoder connection cable	22
11	Servo power cable VW3M5112R30	26
12	Phaseo Power Supply 3A	101
13	Phaseo Power Supply 10A	138
14	Preventa XPS AK Configurable Safety Relay	212
15	10.4 COLOR TOUCH PANEL VG A-TFT – puuetundlik ekraan	1921
	KOKKU	5516

Hinnapakkumisest puudub Schneider-Electricu kontrolleri programmeerimistarkvara Unity Pro, mille litsensi eest küsitakse lisatasu. Siiski on selle ettevõtte tooted projekti tegemise hetkel võõrad ja see teeb ettevaatlikuks, sest kõige ebameeldivam oleks töö käigus avastada mõni oluline puudus.

4.4. Süsteemi valik

Nii Siemens, Omron kui ka Schneider Electric on head variandid. Kõikidel on omad plussid ja miinused.

Valituks osutus Omroni controller. Seda soovis ka tellija peale temale tehtud tutvustust. Omroni kontrollereid on ka odavamaid, kuid kui tellija oli konkreetse mudeli kasutamise poolt, on programmeerijale rõõm kasutada võimekat riistvara, millega ka varasem

kokkupuude on olnud. Enamjaolt tööd alustades võibki komponentide valikul aluseks võtta eelneva töökogemuse. Kui juba tuttavatel seadmetel ei ole selgeid puudujääke kasutusvõimaluste, hinna või mingis muus osas, on sageli targem käia juba tuttavat rada ja mitte kulutada rohkem aega uue tarkvara ja seadmete iseärasuste õppimiseks. Iga projekt on erinev ja lahendamisele tulevaid probleeme on palju.

Allolevas tabelis on võrreldud tootjate tugevused ja nõrkused valiku tegemiseks

Tabel 4.4. Tootjate võrdlustabel

Omadus	Siemens	Omron	Schneider Electric
Kiirus tehetel reaalarvudega	2.3 µs	0.15 µs	0,45 µs
Laiendamise võimalus	8 moodulit	10 moodulit	2 moodulit
Flash mälu	1 MB	64 MB	2 MB
Andmeside tugi	PROFINET TCP/IP	Host Links, NT Links, Serial PLC Links, no- protocol communications	Ethernet Modbus/TCP
Operaatorpaneel	10.4 in	12,1 in	10,4 in
Servo	0,82 kW	0,75kW	0,75kW
Programmeerimis- tarkvara	TIA-Portal	CX-One	Unity Pro
Klienditugi Eestis	Olemas	Olemas	Olemas
Eelnev kogemus	Osaline	Suur	Väike
Hind	8097	5913	5516
Kliendi eelistus	Teine valik	Esimene valik	Kolmas valik
Tulemus	Ei valitud	Osutus valituks	Ei valitud

5. KOHTJUHTIMINE

Masina kohtjuhtimise all on mõeldud tarkvararakenduse loomist, mis laseb operaatoril masinat juhtida lokaalselt. Selles variandis on masina taastamiseks kasutatud vaid olulisimaid komponente. See variant on soodsaim pakutavatest ja lisandväärtusena annab võimaluse salvestada 256 tooteretsepti, mida saab kiiresti paneelilt valida. Varem salvestati eelnevalt valmistatud tooteretseptid flopikettale. Vahetatud on kõik automaatikaseadmed, disainitud on uus operaatorpaneel, kus on 12-tolline puutetundlik ekraan ja uued nupud. IML kujundamisel ja programmeerimisel arvestati kliendi konkreetseid soovide ja ettepanekuid, IML suhtluskeeleks sai eesti keel. Samuti on masinal uus servoajam.

5.1. Seadmete ülevaade

Nagu komponentide valiku peatükis selgus, osutus valituks Omroni kontroller Sysma CJ1M CPU22. Järgneb tutvustus selle valikuga kaasnevatele seadmetele. Selgitatud on ka uue servoajami valikut ja IML paneeli asendamist Weinteki mudeliga Omroni paneeli asemel.

5.1.1. Kontroller CJ1M CPU22

Omroni CJ1M seeria on uuem kontroller, võrreldes varasema CQM1 seeriaga. Praeguseks on seegi juba aastaid vana mudel, aga kuna see on nii võimekas, kasutatakse siiani. Nagu ka teistel Omroni kontrolleritel, kasutatakse ka selle programmeerimiseks CX-Programmer tarkvara. CJ1M-CPU22 mudelil on sisse ehitatud 10 sisendit ja 6 väljundit. Neid võib kasutada harilike DC I/Odena, kuid erinevaid sisendeid ja väljundeid võib kasutada ka erifunktsioonidega. Näiteks on võimalik neid kasutada samm- ja servomootorite juhtimiseks, mis on käesoleva töö jaoks ideaalne võimalus. Näiteks võivad 4 sisendit olla katkestussisendid (pulse catch), 2 kiiret loendursisendit. Kaks impulssväljundit võib kasutada ühe või kahe teljeliseks positsioneerimiseks.

Samuti on kõikidele CPU mudelitele laias valikus lisamooduleid, millega kombineerides on võimalik saavutada täpselt projekti jaoks sobiv komplekt. Moodulid ühenduvad CPU külge

omavahel sisseehitatud pistikute abil. Ühe CPU külge saab maksimaalselt ühendada 10 erinevat moodulit. Vajadusel võib lisada laiendusstendi veel 10 mooduliga.

Maksimaalne programmi pikkus CPU22'1 on 10000 sammu. Programmi ja muutujate salvestamiseks on 64Mb flash mälu, mis on võrdlemisi suur näitaja kontrolleri kohta.

Võimalik on programmmeerida neljas erinevas programmeerimiskeeles - LD (Ladder), SFC (Sequential Function Chart), ST (Structured Text), Mnemonic.[10] Joonisel 5.1 on kujutatud CPU22 kontrolleri.



Joonis 5.1. CJ1M-CPU22 10

Seadmed paigaldatakse vanasse elektrikilpi ja siin tuleb kasuks ka see, et CPU22 ja tema moodulid on väikesemõõtmelised. Nimelt on kontrolleri laius vaid 49 mm. Kuna kilbi maht on piiratud, on see näiliselt tühine eelis siiski suure kaaluga.

5.1.2. Kontrolleri toiteplokk CJ1W-PA202

Tegemist on toiteploki kontrolleri jaoks. Toiteploki ülesandeks on anda ja jagada elektrivoolu kõigile kontrolleri olemasolevatele üksustele. Tabelis 5.1 on toodud toiteploki põhilised andmed.[11]

Tabel 5.1. Toiteploki andmetabel [11]

Tootja:	Omron
Võimsus:	14 W
Sisendpinge:	100 kuni 240 VAC
Väljundvool 5VDC	2,8 A
Väljundvool 24VDC	0,4 A

Joonisel 5.2 on pilt toiteplokiist.

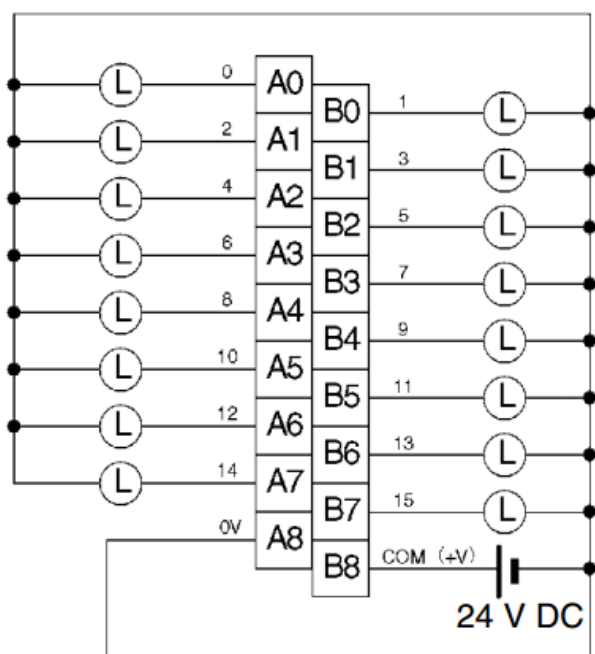


Joonis 5.2. CJ1W - PA202 [11]

5.1.3. Digitaalväljundmoodul CJ1W-OD212

OD212 on 16 transistorväljundiga PNP tüüpi laiendusmoodul.

Ülekoormuse korral, süttib mooduli paneelil veatuli ja kontrolleriile saadetakse veateade. Kui viga eemaldatakse, taaskäivitub seade automaatselt. Lühisekaitse rakendub, kui väljundi vool kasvab üle 0,7A. Joonisel 5.3 on mooduli sisemine skeem. [12]



Joonis 5.3. CJ1W-OD212 skeem [12]

Kuna tegemist on PNP tüüpi väljundmooduliga, ühendatakse selle ühisele (common) klemmile +24V. Lülitamisel pingestatav seade ühendatakse vastava numbriga väljundipessa.

PNP tüüpi seadmed on pigem levinumad Euroopas, kuid Aasias ja ka USAs on levinumad NPN tüüpi lahendused. Nende erinevus seisneb selles, et NPN tüüpi väljundisse ühendatakse seade toiteallika + ja väljundmooduli – klemmi vahele. PNP puhul vastupidi – see tähendab, et koormus on miinusklemmi ja vastava väljundi külge väljundmoodulis. Mooduli põhilised andmed on toodud tabelis 5.2. [13]

Tabel 5.2. CJ1W-OD212 andmetabel [12]

Tootja	Omron
Nominaalpinge	24V DC
Tööpiirkond	20,4-26,4 V DC
Maksimaalne koormusvool	0,5A pesa kohta. 5,0 A kokku
Lekkevool	1,5V
ON reaktsiooniaeg	0,5ms
OFF reaktsiooniaeg	1,0ms
Lühisekaitse	0,7-2,5A korral toimub automaatne restart
Isolatsiooni takistus	20 MΩ välisterminalide ja GR terminali
Väljundite arv	16
Mass	120g

Alloleval joonisel on laiendusmooduli pilt.

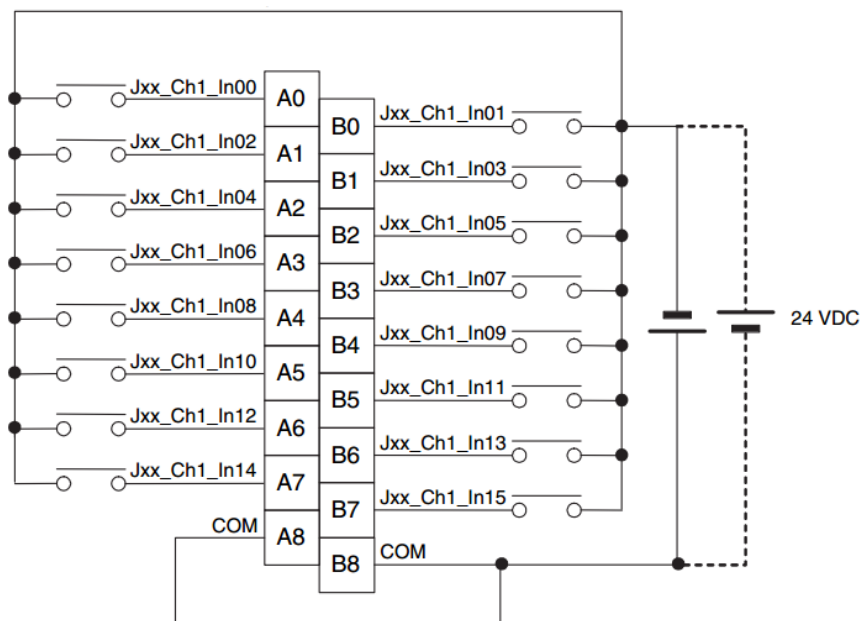


Joonis 5.4. CJ1W-OD212 [12]

5.1.4. Digitaalsisendmoodul CJ1W-ID211

Tegemist on 16 sisendipesaga mooduliga. Pesa aktiveerimispingelävi 14,4 VCD, aktiveerimisvool 0,3mA. Kui signaal tuleb seadmesse, süttib vastavat pesa tähistav indikaator tuli. Pesa aktiveerimise ja sulgumise viiteaeg on 8 ms.

Joonisel 5.5 on mooduli sisemine skeem.



Joonis 5.5. Ühendusdiagramm [14]

See sisendmoodul sobib nii NPN kui PNP tüüpi andurite ühendamiseks, valides vastavalt COM -klemmi polaarsuse (NPN – COM -, PNP – COM +). Kõik sisendpesad on välisahelatest galvaaniliselt optronitega eraldatud. Pilt ID211 välimusest on toodud joonisel 5.6.



Joonis 5.6. CJ1W-ID211 [14]

5.1.5. Analooisisendmoodul CJ1W-AD042

AD042 on analoog sisendite moodul. Sellel on neli sisendit, mida võib kasutada erinevate analoogsignaali vastu võtmiseks. Antud projektis kasutatakse analoogsignaale vahemikus 0-10V, kuid moodul võimaldab töötada ka piirkondades 1-5 V, -5 kuni 5 V, -10 kuni 10 V ja 4 kuni 20 mA. Mõõtetäpsus pingega töötamisel on $\pm 0.2\%$. Voolutarve: 0,52 A 5 V.

Analoogsignaali konverteeritakse digitaalseks resolutsiooniga kuni 1/40000 (sõltuvalt sisendsignaali vahemikust). Alloleval joonisel on pilt analoogsisendite moodulist AD042.



Joonis 5.7. CJ1W-AD042 [15]

5.1.6. Servoajam

Antud projekti on valitud SmartStep2 17EBEBM R88D-GP08H servovõimendi.

Servovõimendit ehk teisisõnu servomuundurit kasutatakse mootori mähisesse antava voolu reguleerimiseks. Seda on vaja, et juhtida mootori kiirust ja momenti. Servovõimendi koosneb põhiosadena lõppastmest ja regulaatorist. Lõppaste on jõuelektroonikal põhinev modulaator, mille abil formuleeritakse toitevoolud. GP08H mudelil kasutatakse selleks IGBT transistore. Regulaator juhib lõppastet, võrreldes etteande- ja tegelikke suuruseid pidevalt ja sellega saavutatakse mootori täpne töö ka muutuva koormuse tingimustes. [16]

Servosid ei ole raske asendada eri firmade vahel, kuid Smart Step on omroni enda toode ning hinna ja kvaliteedi suhe on samuti hea. Tabelis 5.3 on toodud valitud mudeli põhiparameetrid. [17]

Tabel 5.3. Servovõimendi andmetabel [17]

Tootja	Omron
Nimivool	4 A
Maksimaalne hetkeline vool	14,1 A
PWM sagedus	6,0 kHz
Kontroll	Digitaalne
Inverter	IGBT juhitud PWM



Joonis 5.8. [17]

Uus servomootor on SmartStep2 17EBEBK R88M-G75030H-S2. See hakkab juhtima tagavaste liikumist. Kuna tagavaste asend määrab ära pleki painutuskoha, peab olema tagatud suur täpsus. Tabelis 5.4 on servomootori põhiparameetrid.

Tabel 5.4. Servomootori andmetabel [17]

Tootja	Omron
Faaside arv	1
Võimsus	750W
Pinge	200V
Nimimoment	2,4 Nm
Nominaalne pöörlemiskiirus	3000 p/min
Maksimaalne hetkeline pöörlemiskiirus	4500 p/min
Maksimaalne hetkeline moment	7,05 Nm
Nimivool	4A
Maksimaalne hetkeline vool	12,1A
Rootori inerts	$8,7 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$

Vana mootor oli samuti 750 W võimsusega. Kuna mootoreid on tänapäeval laias valikus saada, ei ole seda keeruline asendada.



Joonis 5.9. SmartStep2 17EBEBK R88M-G75030H-S2 [17]

Terminaliplokki kasutatakse CPUs olevate sisendite-väljundite kruviklemmidele välja toomiseks. Nendele klemmidele on projektis ühendatud servoajami juhtsignaalid, enkooderi impulsid ja tagasisided. Joonisel 5.10 on pilt nimetatud terminaliplokist.



Joonis 5.10. Terminaliplokk [18]

CPU ja terminaliplokk ühendatakse omavahel kaabliga XW2Z.

Servo draivereid ja mootoreid müüakse üldiselt kompleksis sobivate kaablitega. Kuna spetsiaalselt otsastatud kaablid on küllaltki kulukad, toon erinevate ühenduste tegemiseks mõeldud kaablid välja.

Kaablit R88A-CAGA005SR-E kasutatakse servovõimendi ja servomootori ühendamiseks. Maksimaalne mootori võimsus on 750W ja ninipöörlemissagedus 3000 pööret minutis. Kasutatakse ilma pidurita mootori ühendamiseks. [19]

R88A-CRGB005CR –E on enkooderi ja draiveri vaheline ühenduskaabel. Kui eelmine kaabel andis mootorile toite, siis sellega saadakse tagasiside signaalid.[19]

G-Series / Accurax G5 RFI filter; 6.6A, 230V 750W on häirefilter. Häirefiltreid kasutatakse servomootorite eluea pikendamiseks. See kontrollib elektrilise müra taset seadmetes.

Servomootoreid juhitakse suurel sagedusel väga lühikeste, vaid nanosekundi pikkuste impulssidega, millel võivad olla väga järsud servad. Nende tekitatud lekkevool kahjustab mootorit ja lühendab selle eluiga. Filtriga silutakse impulsside teravaid nurki ja kaitstakse mootorit ülepinge eest. Samuti kuumeneb mootor töö jooksul vähem. Õigesti valitud filter ei halvenda mootori töövõimekust ega moonuta impulsside laiust.

Kuna tehases, kus masin asub, ei ole kõrval teisi seadmeid, siis ei ole raadiohäirete ja erinevate harmooniliste pooldest vaja muretseda. Filtri kasutamine ei ole kohustuslik ja jäi projektist välja.

Toiteplokki S8VK-G24024 kasutatakse analoogandurite toiteks. Nendeks on painutusnurga mõõtja, ülalõua asukoha mõõtja, painuturaadiuse mõõtja. Joonisel 5.11 on kujutatud toiteplokki.



Joonis 5.11. Toiteplokk S8VK-G24024 [20]

Tabelis 5.5. on toiteploki põhiandmed.

Tabel 5.5. Toiteploki andmetabel [20]

Parameeter	Väärtus
Võimsus	240W
Sisendpinge	100 kuni 240VAC
Väljundpinge	24VDC

5.1.7. Turvarelee G9SE-401 -KES1

Tegemist on turvareleega. Klassikaline relee kasutab mähist ja metallkontaktide mehhaanilist liikumist lülituse toimumiseks. Sellisel juhul võivad korduva kasutamise ja vea korral

metallkontaktid kokku keevituda ning kui see juhtub, jätkab masin tööd, kui operaator on avariilüliti vajutanud. See on operaatorile ja ka masinale ohtlik, mistõttu on mitmed Euroopa, Ameerika rahvuslikud ja rahvusvahelised normid ja turvastandardid keelanud lihtsate releede ja kontaktorite kasutamise elektriõhtlikes masinates. [21] Turvareleel on tagasiside, mis kontrollib selle korrasolekut. Joonisel 5.12 on pilt turvareleest.



Joonis 5.12. G9SE-401 [22]

5.1.8. Puutekraan Weintek eMT3120A

Puutekraani valimisel ei saanud enam sama brändi toodet eelistada, sest hinnavahe on liiga suur. Näiteks sama suure ekraaniga Omroni puutetundlikekraan NS12-TS00-V2 maksab 4069,99€. [23] Allolevas tabelis on toodud kummagi IMLi tehnilised näitajad.

Tabel 5.6. IML paneelide tehniliste parameetrite võrdlus [24][25]

Parameeter	OMRON NS12TS00 -V2	WEITEK eMT3120A
ekraani suurus	12,1 tolli	12,1 tolli
Värve	32 768	16,2M
Resolutsioon	SVGA 800x600	1024x768
Flash mälu	60MB	256MB
Mälu	Mälukaardi lisamise võimalus	256MB
Taustvalguse tüüp	TFT LED	LED
Eredus cd/m ²	3 erinevat taset	350
USB	USB 1.1	USB 2.0 x1
Ethernet	10 Base-T/100 Base-TX	10/100 Base-T x1
COM port	COM 2x RS-232C	COM1 RS-232 + 2x RS-485
Korpus	Alumiinium	Alumiinium
Mass	2,5 kg	2,1 kg

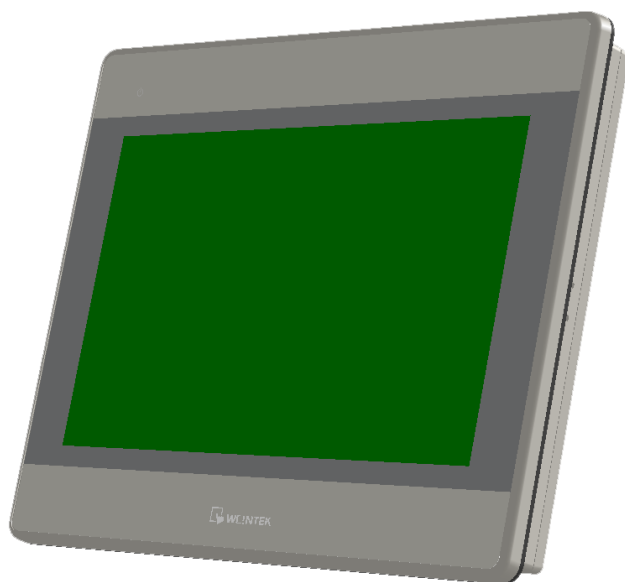
Weintek pakub arendussofti vabavarana, millel on üldiselt mitmeid häid funktsioone. Weinteki programmeerimine käib easybuilder proga.

Ekraani enda funktsioonide hulka kuulub ka võimalus erinevaid graafikuid luua ja muuta viise, kuidas nuppu vajutades ekraan reageerib. [25]

Omroni IML paneeli on kindlasti paljudes olukordades mugav kasutada ja sellega tööd teha, kuid funktsioonide hulk on suurem kui selles projektis vaja on. Võttes arvesse eelpool vaadeldud erinevusi, on mõistlikum antud olukorras odavam lahendus valida.

PLCga ühendub paneel COM pordi (RS-232) kaudu.

Joonisel 5.13 on Weintek eMT3120A 3D mudel.



Joonis 5.13. Weintek IML paneel [26]

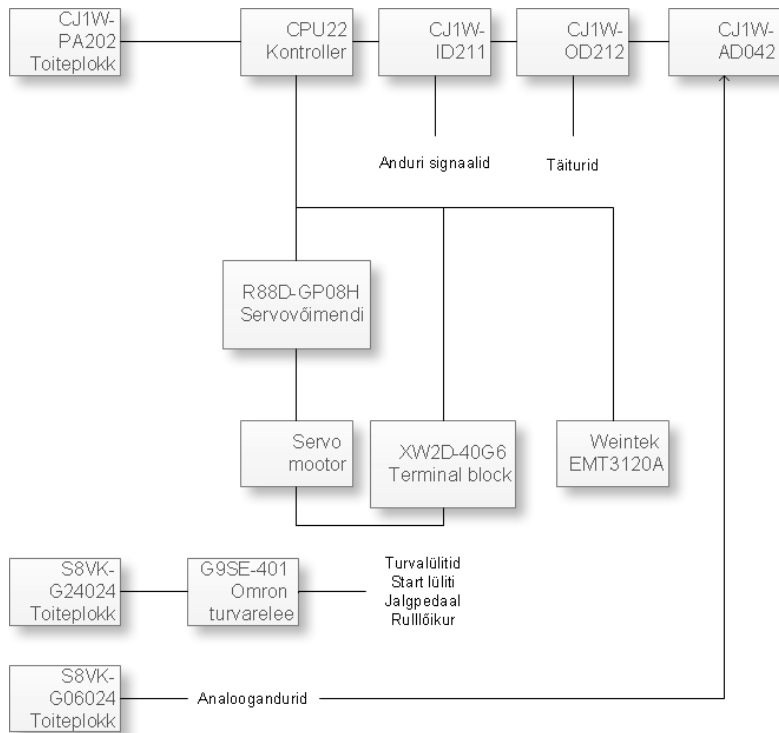
Koos külge monteeritud paneeliga ja muudetud nuppude asukohaga näeb uus kasutajapaneel välja selline nagu toodud joonisel 5.14.



Joonis 5.14. Uue kujundusega operaatorpaneel

Enam ei ole tarvidust sõrmistikku numbrite sisestamiseks ja kasutajaliideses lehtede vahel liikumiseks, sest seda funktsiooni täidab puutetundlik ekraan. Uued nupud on pandud ka masinaga opereerimiseks manuaalrežiimis ja kuna ekraan on nüüd suurem, on need tõstetud paneeli paremasse serva. Nuppude kohal on võti, mis on turvaelemendiks ja peab olema keeratud vastavasse asendisse enne, kui masinat käivitada saab. Sellest paremal on rohelist värvi nupp hüdropumba käivitamiseks. Nende all, teisel nupureal on nupud ülalõua üles-alla liigutamiseks. Kolmandas reas on nupu painutaja üles ja alla liigutamiseks ning nende all on rullnoa liigutamiseks mõeldud nupud. Suur punane nupp paremal all on turvalüliti. Selle vajutamisel lülitatakse lahti kontrollpinge ja masin seiskub kohe. Enne ei ole võimalik masinat käivitada, kui turvalüliti päripäeva pöörava liigutusega vabastatakse.

Seadmete ühendamise põhimõtteline skeem on toodud joonisel 5.15 Siin töös kirjeldatud seadmed on omavahel seosesse asetatud, et tekiks ülevaade nende koostoimest.



Joonis 5.15. Seadmete ja moodulite põhimõtteline ühendusskeem

Täpne ühendusskeem on toodud lisas 1.

6. KAUGJUHTIMINE

Klassikalise kaughalduse loomine, mis võimaldab masinat käivitada üle võrgu, ise kohal viibimata ei ole otstarbekas, vastupidi, isegi ohtlik. Selle jaoks tuleks masina tööala ümbritseda piirava puuriga, mis tuvastab näiteks sissepääsu ukse lahtiolekuga selle, et inimene on masina juures ja seda kaugelt käivitada ei saaks. Samuti on sellisel juhul vajalik lisaks ette valmistada valmistoodangut vastu võttev ja materjali etteandev masin, olgu selleks robot või mõni muu lahendus.

Siiski olen ette valmistanud ka sellise lahenduse, mis masina kaughaldust võimaldab.

6.1. Komponentide valik

Lisaks masina juhtimiseks vajalikule, on siin vajalik ka seade, mis suudab suhelda üle internetivõrgu ja omab kasutajasõbralikku kasutajaliidest. Nagu selgitatud, valime Weinteki IML paneeli. Sellega integreerimiseks pakub Weintek lihtsat kaugjuhtimise lahendust. Valiku teeb lihtsaks ka asjaolu, et Weinteki seadmed ühilduvad väga paljude turul olevate kontrollritega, sealhulgas ka eelnevalt valitud CJ1M seeriaga.

Weinteki võrguseade cMT-SVR-100 on serverseade, mis ühendub väga paljude kontrollritega.

Kasutamiseks on vajalik cMT-SVR tüüpi IML paneel, EasyBuilder Pro tarkvara ja seade, millega kaughalduse kaudu paneeli juhtida. Selleks sobivad Windows ja iOS operatsioonissteemil töötavad seadmed ning nutiseadmed, mis töötavad Androidi või iOS baasil. Kirjeldatud seadme välimus on näha jooniselt 6.1



Joonis 6.1. cMT-SVR-100 [27]

6.2. Süsteemi ülesehitus

Masina operaatoril on võimalik toote retsept nii kontoris kui ka objektilt eemal viibides valmis teha, materjal masinasse ette anda ja masin kaugjuhtimise abil tööle panna. See muudab tootmisprotsessi paindlikumaks selle poolest, et ei ole vaja inimressurssi kulutada masinaga opereerimiseks ja on võimalik ettevalmistused või isegi toodang nädalavahetusel valmis saada.

Kaughalduse loomiseks on mitmeid erinevaid võtteid ja riistvaralisi võimalusi, kuid nende kõikide ühine nõue sellise lahenduse elluvimisel on internetiühenduse olemasolu. Kuna wifi kasutamine töökojas on erinevate segavate faktorite tõttu halb variant ja nõuab ka lisanduvat vastuvõtjat, peab klient võimaldama masina juures internetiühenduse, mis nõuab spetsiaalset kaabeldustööd. Võimalik on arvuti kaudu juhtimine luua ka lokaalse võrgu kaudu, kuid sellega kaotab idee oma väärtuse ja kaabeldus tuleb sellegipoolest teostada.

Kaughalduse loomine ei ole keeruline, sest valitud Weinteki IML paneeliga saab luua VPN ühenduse EasyAccess 2.0 tarkvara abil. Loomulikult ei ole see teenus tasuta, aga VPN ühenduse loomine maksab, ükskõik, millise teenusepakkuja poole pöörduda.

Selle tarkvara kasutamiseks tuleb Weinteki lehel account.ihmi.net domeen registreerida, IML paneel Weinteki süsteemi registreerida, ja seejärel domeeni lisada. Domeeni seadistamise

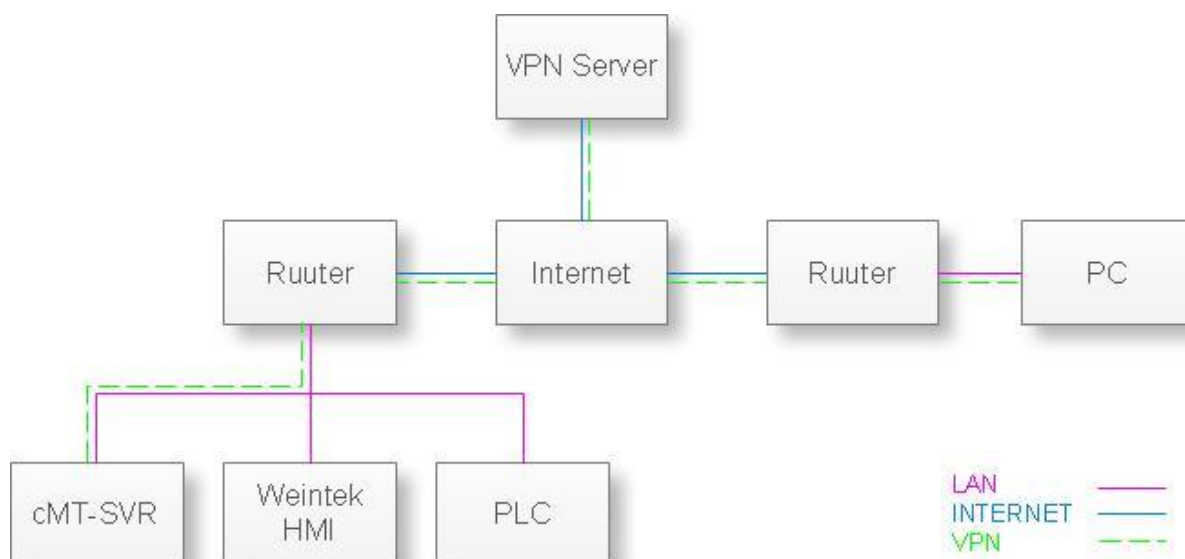
lehel saab luua erinevaid kasutajaid ja IML gruppe, selleks, et rohkemate paneelide ja kasutajate vahel juurdepääsuõiguseid jagada. Paneele on vaid üks, kuid kasutajaid on võimalik mitmeid registreerida. Vähemalt üks tuleb ära teha ja paneeliga siduda. Seejärel on võimalik kas Pass Through, VNC (Virtual Network Communication) või cMT Viewer abil näha IML paneelil toimuvat ja seda juhtida.

VNC põhineb RFB (remote framebuffer) protokollil ja seda kasutatakse IML monitoride pildi jagamiseks.

Pass Through tehnoloogia abil saab kaugelt ligipääsu IML külge ühendatud kontrolleri-tele.

cMT Viewer on visualiseerimistarkvara, mis töötab nii arvutite, tahvelarvutite, iPadide või Android nutitelefonidel. Selle abil saab juhtida nii IML ekraanil olevat tööd, kui teha muudatusi kontrolleri programmis ja need monitori üles laadida. Selle kasutamiseks on vaja lisaelementi Weinteki cMT seeriast, näiteks cMT-SVR-100.

Kogu informatsioon edastatakse läbi 128bit SSL krüpteeringuga VPN tunneli IML paneelist kasutajale igale poole, kui nii seadmel kui kasutajal on olemas internetiühendus. Joonisel 6.2 on kujutatud kaughalduse ühenduse põhimõtteskeem.



Joonis 6.2. Kaughalduse põhimõtteskeem

Selle jaoks on vaja teada kontrolleri IP aadressi ja arvutis peab olema CX-One ehk Omroni kontrolleri programmeerimise tarkvara. Selline variant on kasulik ka automaatika

valmistajale, sest nii on võimalik täpsustusi ja muudatusi teha ka ilma vajaduseta objektile kohale minna.

6.3. Kaughaldus kontrolloriga suhtlemiseks

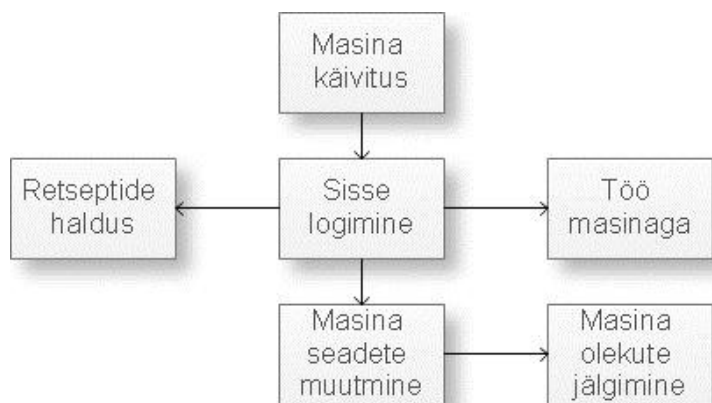
Kontrolleri parameetrite muutmiseks, vigade avastamiseks ja programmi kohendamiseks on kaughaldus väga teretulnud nähtus, mida kasutatakse üle maailma. Peaaegu kõik tööstusmasinate tootjad, kes oma seadmeid rahvusvahelisel turul pakuvad, lisavad selle võimaluse oma seadmetele. See võimaldab kokku hoida tehnikute lähetuskulude maksmise pealt ja on kliendi jaoks samuti mugav, sest tugimeeskond saab vea otsimisega alustada kiirelt ja kontoris viibides anda nõu vea eemaldamiseks.

Tinfor OÜ meeskonnas ei ole eraldi osakonda, kes automaatikaga tegeleks ja firmasiseseks mugavuseks kontrolleri kaughalduse tekitamist nimetada ei saa. Tulu tõuseks juhul, kui masina tööd programmiliselt muuta tahetakse ja insener selle pärast väljasõidule eraldi aega kulutama ei peaks.

Kaughalduse lahendusest klient aga loobus, tuues põhjenduseks lisakulutuse ja tarbekuse puudumise, sest teades oma masina reaalselt tööaega ja tuginedes eelnevale kogemusele tööpõhjaotamises, oli klient kindel, et antud olukorras kaugjuhtimisfunktsiooni vaja ei lähe. Sellega seoses kadus ka põhjus, et välja töötada lahendus, mis nimetatud lisafunktsioone täidaks.

7. PROGRAMMI KOOSTAMINE

Alloleval joonisel on toodud skeem programmi üldistest osadest. Masinasse on võimalik sisse logida erinevatel kasutajatasemetel, mis annavad kasutajale vastavad õigused erinevate toimingute tegemiseks. Peale salasõna sisestamist on võimalik hallata erinevate toodete retsepte, muuta masina seadistusi, jälgida masina olekuid ning valmistada toodangut.



Joonis 7.1. Kasutajaliidese üldstruktuur

Omroni kontrollrite programmeerimiseks on kasutatud CX-One tarkvarapaketti. See jaguneb erinevateks programmideks, nagu CX-Programmer, mida kasutatakse kontrollerrisse programmi kirjutamiseks. See on lihtsa kasutajaliidese ja paljude mugavate funktsioonidega programm, kus kasutajal on näiteks võimalik simuleerida programmi tööd arvutis ilma PLC'ga. CX-Drive on mõeldud servoajamite ja inverterite parameetrite seadistamiseks ning seda on ka käesolevas projektis kasutatud. CX-Thermo on temperatuurikontrollerite parameetrite seadistamiseks. CX-Server Lite töötab koos CX-Server OPCga ja selle abil on võimalik läbi võrgu saata ja vastu võtta kontrolleri andmeid ja neid juhtida. CX-Integrator on mõeldud PLC võrkude koostamiseks. CX-Designeri abil saab luua kasutajaliidest, kuid see võimalus on jäetud kasutamata, sest kasutatud IML paneelile mõeldud tarkvara sobib selleks tööks paremini.

Programm on koostatud redel- ehk kontaktskeemina (LD või LAD). See on üks levinumaid loogikakontrollerite programmeerimise viise ning heaks kiidetud rahvusvahelise standardi IEC 61131-3 järgi. Kontaktskeemina programmeerimine toimub graafilisel viisil sümbolite sisestamisega ja sarnaneb paljuski elektriskeemiga. Sümbolid sisestatakse vasakul ja paremal pool asuvate vertikaalsete siinide vahele ja nende vahel edastatakse ainult tõeväärtuslikke andmetüüpe. See tähendab seda, et vasakult siinilt jõuab loogika signaal väärtusega 1 kõikide temaga seotud elementideni. Sõltuvalt skeemielementide olekust lastakse või ei lasta signaalil

parema siini poole edasi liikuda. LD keel võimaldab kasutada kõiki loogikafunktsioone ja olenevalt kontrolleri tootjast on võimalik kasutada suurel hulgal eelprogrammeeritud elemente. [28]

Programmi loomisel on mitu etappi. Esmalt tuleb probleem sõnastada. Selleks luuakse protsessi või ülesande kirjeldus. Seda ei pea tegema kirjalikult, väiksemate tööde puhul mõtleb insener peas, mida on vaja saavutada. Selgeks tuleb teha rakenduse lahenduse umbkaudne struktuur.

Seejärel saab esimesele etapile toetudes välja töötada protsessi põhimõttelise lahenduse. Siin kirjeldatakse juhtsüsteemi käitumist, mida masin mingil hetkel tegema peab. Töö käigus toimub lahenduse järk-järguline täiustamine, kuni see sisaldab kõiki töösükleid ja nendega seotud protsesse. Projekteerimise käigus peaks programmi sektsioonideks jagama, et erinevaid tööetappe arusaadavamalt eristada.

Alles seejärel tasub hakata programmi kirjutama. Eelnev tööaeg on läinud asja ette, sest alati on lihtsam programmi kirjutada, kui on olemas plaan, mida ja kuidas saavutada püütakse. Programmi ei pea kirjutama alustades algusest, lõpetades viimase reaga, vaid see võib käia tsüklite kaupa ja võimalik on programmi luua ka meeskonnana, kus iga liige teeb enda töösükli ja hiljem liidetakse need sektsioonid kokku üheks tervikuks.

7.1. Programmis kasutatud andmetüübid ja elemendid

Programmi sümbolite tabel sisaldab 427 erinevat parameetrit, mille hulgas on palju erinevaid andmetüüpe. Kasutatud on BOOL andmetüüpi ehk bitt. Selle andmemaht on üks bitt ja selle väärtused saavad olla kas TRUE ehk 1 või FALSE ehk 0. Seda kasutatakse näiteks digitaalsisendite ja digitaalväljundite oleku kirjeldamiseks.

Omroni loogikakontrollerid opereerivad põhiliselt 2-baidiste andmeüksustega – sõnadega (WORD). Mälualade adresseerimine põhineb samuti sõnadel. Iga sõna koosneb 16 bitist. Programmeerimisel tuleb eristada sõna- ja bitioperatsioone. Muutujate adresseerimisel tuleb alati ära näidata nende mälupiirkond, sõna aadress ja kui tegemist on bitiga, siis biti number selles sõnas (0...15), näiteks:

- W12.03 - tähistab W mälupiirkonna 12. sõna 3. bitti;
- D103 - tähistab D (andmemälu) piirkonna 103. sõna.

Erinevad operatsioonid programmis kasutavad erinevaid andmetüüpe. Üldjuhul määrab CX-Programmer automaatselt operatsiooni andmetüübid ja kontrollib neid, kuid ka programmeerija peab siiski jälgima, et ei tekiks konflikti operandide tüüpide vahel.

Enamkasutatavad andmetüübid:

BOOL andmetüüp – elementaarne andmetüüp andmemahuga üks bitt ja selle väärtused saavad olla kas TÕENE ehk 1 või VÄÄR ehk 0. Seda kasutatakse näiteks digitaalsisendite ja digitaalväljundite oleku kirjeldamiseks, samuti töøbittidena programmi sisemiste vahemuutujatena.

INT on märgiga kümnendarvuline muutuja, mis kasutab mälus ühte sõna ja selle abil saab esitada kümnendarvulisi väärtuseid vahemikus -32768 .. 32767. Sellele sarnaneb UINT, mille ainsaks erinevuseks on negatiivsete arvude puudumine, kuid selle arvelt saab esitada kaks korda suuremaid positiivseid väärtuseid.

DINT / UDINT sama, mis eelnev, kuid kasutavad 2 sõna ja selle väärtus esitatakse kümnendarvuna vahemikus -2147483648 – 2147483647 või märgita 0 – 4294967295.

REAL on komakohaga (ujuvkomaga – floating point) arv. Selle maht on 32 bitti ja selle väärtuste ülemine piir ulatub +/-3.402823e+38 ning alumine piir +/-1.175495e-38. Seda andmetüüpi kasutame suuremat täpsust nõudvate aritmeetikatehete juures.

CHANNEL on universaalne andmetüüp, mida võib kasutada kõikide andmete adresseerimiseks, (v.a NUMBER ja BOOL tüüpi) samas ei toimu selle andmetüübiga automaatset tüübisobivuse kontrolli CX-Programmeri poolt.

NUMBER on numbriline konstant, detsimal- või heksadetsimal kujul.

Peale selle võimaldab Omroni kontrolleri kasutada veel mitmeid spetsiifilisi andmetüüpe (STRING, FUNCTIONBLOCK, STRUCT), mida selles projektis ei olnud vaja.

Tabelis on toodud sisendite ja väljunditega seotud parameetrid ja nende programmilised aadressid.

Tabel 7.1. Kasutatud digitaalsed sisendid

Nimetus	Andmetüüp	Aadress	Kommentaar
I_Emergency	BOOL	0.00	Turvalüliti
I_CutterFW_bt	BOOL	0.01	Rullõikur edasi
I_CutterREV_bt	BOOL	0.02	Rullõikur tagasi
I_Jaw_UP_bt	BOOL	0.03	Ülalõug üles
I_Jaw_DOWN_bt	BOOL	0.04	Ülalõug alla
I_Bending_UP_bt	BOOL	0.05	Painutaja üles
I_Bending_DOWN_bt	BOOL	0.06	Painutaja all
I_KeySwitch	BOOL	0.07	Võti
I_Jaw_UP_pedal	BOOL	0.08	Pedaali lõpuni vajutus
I_Jaw_DOWN_pedal	BOOL	0.09	Vasak pedaal
I_Bending_AUTO_pedal	BOOL	0.10	Parem pedaal
I_CutterLimit_left	BOOL	0.11	Rullõikur vasakus ääres
I_CutterOnParkinPlace	BOOL	0.12	Rullõikur parklas
I_CutterLimit_right	BOOL	0.13	Rullõikur paremas ääres
I_RearLimit	BOOL	0.14	Servo tagumine piir
I_FrontLimit	BOOL	0.15	Servo esimene piir

Tabel 7.2. Kasutatud digitaalsed väljundid

Nimetus	Andmetüüp	Aadress	Kommentaar
Q_Jaw_UP_valve	BOOL	3.00	Ventiil Y3
Q_Jaw_DOWN_valve	BOOL	3.01	Ventiil Y4
Q_Bending_UP_valve	BOOL	3.02	Ventiil Y6
Q_Bending_DOWN_valve	BOOL	3.03	Ventiil Y7
Q_JawsFastMove_valve	BOOL	3.04	Ventiil Y2
Q_RadiusSmaller_valve	BOOL	3.05	Ventiil Y10
Q_RadiusBigger_valve	BOOL	3.06	Ventiil Y11
Q_CutterFW_valve	BOOL	3.07	Ventiil Y8
Q_CutterREV_valve	BOOL	3.08	Ventiil Y7
Q-Decompression_valve	BOOL	3.09	Ventiil Y9
Q_PressureRelief_valve	BOOL	3.10	Ventiil Y1
Q_Beacon_YELL	BOOL	3.11	Valgusfoor kollane tuli
Q_Beacon_BLU	BOOL	3.12	Valgusfoor sinine tuli
Q_Beacon_WHT	BOOL	3.13	Rõhk saavutatud
Q_Fingers_Up	BOOL	3.14	Sõrmed üles
Q_HydroPump	BOOL	3.15	Hüdropumba käivitus

Tabel 7.3. Kasutatud analoogsisendid ja –väljundid

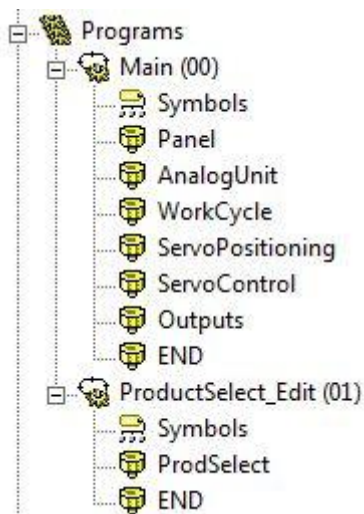
Nimetus	Aadress	Kommentaar
I_ServoHomeSens	2960.01	Servo koduasend
I_ServoNotAlarm	2960.02	Servo häireid ei ole
I_ServoEnc_Z	2960.03	Enkooderi Z
I_ServoPosCompleted	2960.04	Servo kalibreerimine tehtud
I_ServoEnc_A	2960.08	Enkooderi A
I_ServoEnc_B	2960.09	Enkooderi B
Nimetus	Aadress	Kommentaar
Q_Servo_CW	2961.00	Servo edasi liikumine
Q_Servo_CCW	2961.01	Servo tagasi liikumine
Q_Run	2961.04	Servo Lock ON
Q_ServoAlarmReset	2961.05	Servo häire kustutamine

Programmi kirjutamisel valib programmeerija üldjuhul ise mälupiirkonna tüübi (W, D, H jne), muutujate, tööbittide operandide jne jaoks sõltuvalt operatsiooni iseloomust ja kas andmeid on vaja säilitada pikemaajaliselt või mitte. Andmete jagamist mälupiirkondadesse võib teha automaatselt nii, et CX-Programmer paigutab andmed järjest vabas piirkonnas või võib ise valida kasutamata baitide seast koha, kuhu parameeter salvestada.

7.2. Programmi struktuur

Omroni kontrolleritesse võib laadida samaaegselt mitu iseseisvat programmi (kuni 32 max), samuti võimaldab CX-Programmer käsitleda mitut programmi samas projektis. Kontrolleris täidetakse programme nende numbrite (task No) järjekorras. Põhimõtteliselt on iga programm iseseisev, kasutab PLC ressursse võrdväärselt teistega. Seejuures peab silmas pidama, et ei tekiks segadusi muutujate topeltkasutusega, sest mingi väärtuse või oleku muutmine ühes programmis mõjub vastavatele mälupeadele ka teistes programmides. Iga programmile saab moodustada oma sümbolite kogu, peale selle võib kasutada „globaalseid“ sümboleid, mis kehtivad kõigis projekti programmides.

Käesolevas projektis on kasutatud kahte programmi – Main (00) ja ProductSelect_Edit (01). Põhjuseks on see, et siin sai kasutada toodete konfigureerimiseks, toodete andmepanka salvestamiseks ja sealt väljakutsumiseks juba varem, teistes projektides väljatöötatud programmilõiku, millest moodustus omaette programm (ProductSelect_Edit), vähendades oluliselt töömahtu. Joonisel 7.2 on näidatud, kuidas struktureerimine programmis välja näeb.



Joonis 7.2. Programmi struktuur

Programmid on lihtsama kasutatavuse ja arusaadavuse eesmärgil jagatud erinevatesse sektsioonidesse :

- Panel – Siin toimub IML paneeliga informatsiooni jagamine. Kontrollerist info paneeli saatmine ja sealt vastu võtmine;
- AnalogUnit – selles sektsioonis tehakse tehteid analoogmoodulist saadud informatsiooniga;
- WorkCycle – sisaldab masina automaatse töötsükli loogikat ja käske;
- ServoPositioning – sektsioonis on loodud servoajami juhtimise loogika;
- ServoControl – sektsioonis kontrollitakse ja juhitakse servoajami tööd;
- Outputs – sektsiooni on kogutud kõikide füüsiliste väljundite juhtimine;
- END – selle käsu lisab CX-Programmer automaatselt programmi lõppu.

Erinevad sektsioonid on omakorda jagatud rungidesse („rung“ - redelipulk), mida on mõlema alamprogrammi peale kokku 111 tükki ja sisaldavad endas peaaegu 1500 sammu.

7.3. Servoajami juhtimine

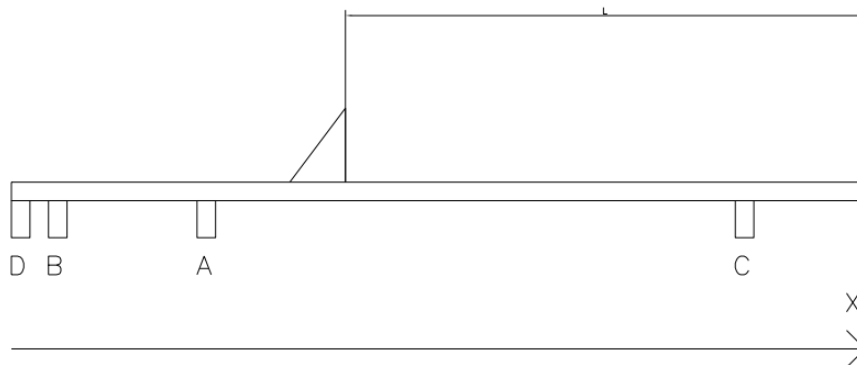
Servomootor juhib masina tagavaste liikumist. Selle saavutamiseks juhib PLC programm positsioneerimist. Esmalt toimub kalibreerimine. Kuna selles süsteemis ei kasutata absoluutenkooderit, mis jätab meelde oma positsiooni, vaid tavalist inkrementaalenkooderit, on vaja igal masina taaskäivitamisel servotelg kalibreerida. Tagavaste liikumisteel on kummaski otsas üks induktiivandur (B,C) (Joonis 7.3), mida kasutatakse otsaandurina, et takistada tagavaste liikumine töötsoonist välja. Tagumises otsas on lisaks mehaaniline lõpulüliti (D), millele liikudes lülitatakse tagavaste liikumine välja. Tagavaste koduasendi (nullkoordinaadi) asukoha määramiseks kasutatakse lisaandurit - andur A.

Telje positiivne liikumissuund (enkooderi register kasvab) on suund $C > B$, negatiivne $B > C$.

Kuna tõenäoliselt asub tagavaste enne kalibreerimise algust töötsoonis, liigutatakse kalibreerimise alguses tagavastet suurel kiirusel suunal $-x$, kuni andurini A. Seejärel muudetakse liikumissuund ja algab aeglane liikumine kuni tuvastatakse enkooderi nullpunkt. Liikumine peab olema aeglane sellepärast, et nullpunkti tähistav impulss tuvastamata ei jääks. Juhul kui tagavaste oli kalibreerimist alustades juba andurist A teisel pool, reageerib

esimesena induktiivandur B ja liikumissuund muudetakse suunale x, kuni jõutakse tagasi andurini A. Kalibreerimine toimub automaatselt masina käivitamisel, aga operaator saab seda protsessi vajadusel ka ise alustada.

Telje kalibreerimisega leitakse servotelje nullpunkt. Masina kasutaja jaoks on aga tähtsad hoopis toote koordinaadid – painutuskoha kaugus toote servast. Seepärast sisestatakse kalibreerimistsükli lõpus enkooderi asendiregistrisse tagavaste offset (L). See on tagavaste kaugus painutuskohast, mõõdetuna võimalikult täpselt ja sisestatud paneeli kaudu. Sellega viiakse servotelg üle toote koordinaatsüsteemi – telg on nüüd nullpunktis siis, kui tagavaste on täpselt painutuskohas. Praktiliselt tagavaste painutuskohale nii ligidale mehhaaniliste piirangute tõttu liikuda ei saa, minimaalne kaugus on umbes 300 mm. Selleks, et tõugata pleki serva paindekohale lähemale, on tagavastele monteeritud tõukurid, mis elektromagnetitega liigutatakse ülaasendisse, nii et plekiserv toetub tagavaste asemel tõukuritele. Kuna tõukurid on mehhaaniliselt madalama profiiliga, saavad nad liikuda paindekohale lähemale – kuni 20 mm kaugusele paindekohast. See on ka minimaalne painde kaugus plekiservast. Tõukurite kasutamine nõuab aga omakorda koordinaatidesse paranduse sisseviimist – kui tõukurid on aktiivsed, lahutatakse koordinaatidest tõukurite offset, mis on samuti sisestatud paneeli kaudu. Tõukurite kasutamise või mittekasutamise üle otsustab PLC programm vastavalt sellele, kui kaugel on painutuskoht plekiservast.

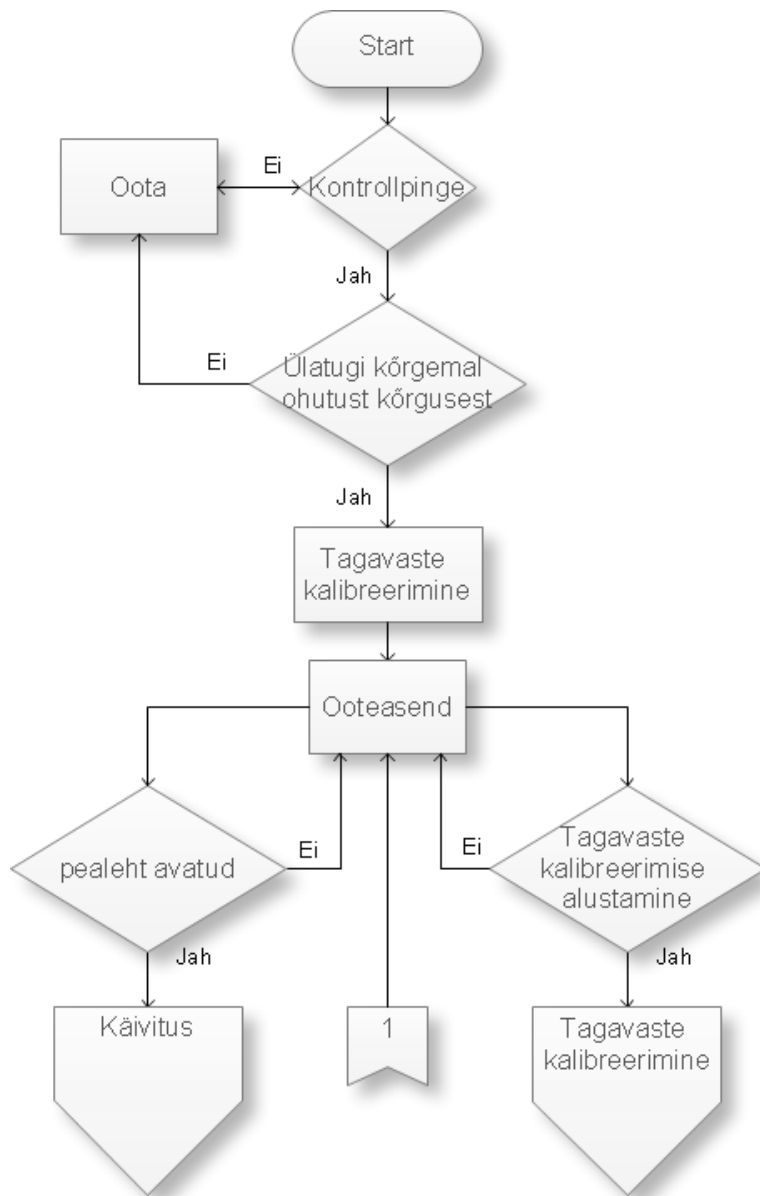


Joonis 7.3. Tagavaste kalibreerimine

Tagavaste positioneerimine on väga täpne – enkooder annab 10000 pulssi ühe mootori pöörde kohta ja üks pööre liigutab tagavastet 5 mm võrra. Teades, et 2000 pulsi saamisega on toimunud 1 mm liikumine, on võimalik teada tagavaste täpset asukohta.

7.4. Programmi algoritm

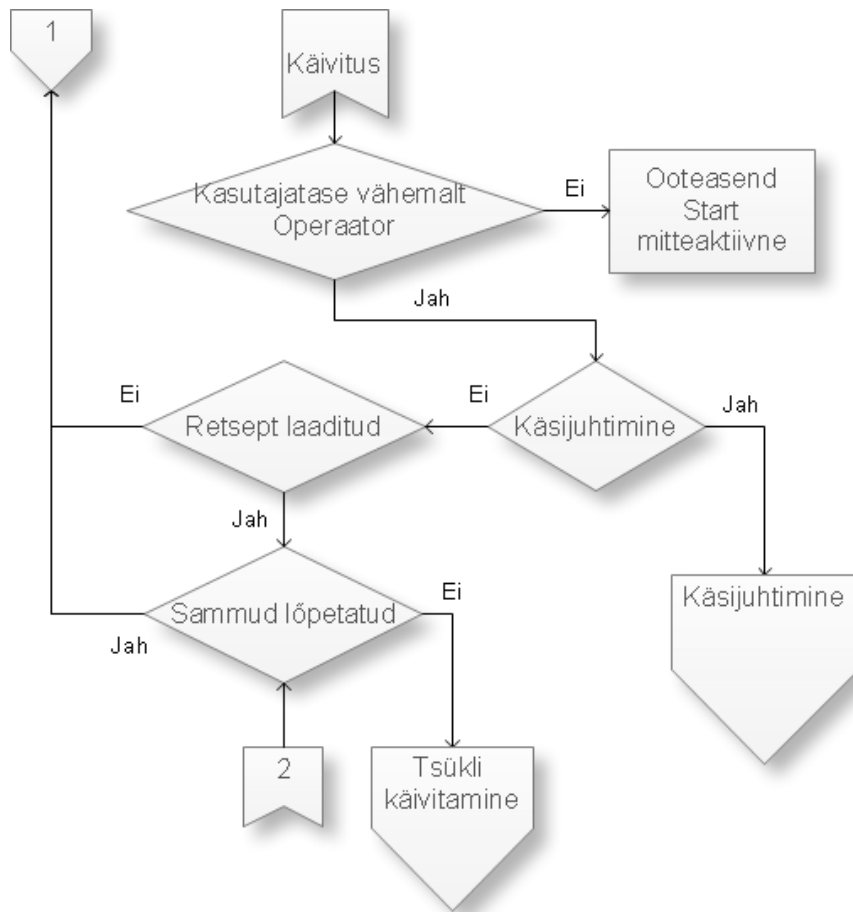
Programmi kirjeldamiseks kasutatakse enamasti plokkskeeme, millelt on lihtne lugeda sammude täitmise loogikat. Joonisel 7.4 on kujutatud masina käitumine alates pingestamisest. Kui turvalüliteid ei ole vajutatud, tähendab, et kontrollpinge on olemas ja ülalõug on üles tõstetud, toimub tagavaste kalibreerimine. Masin on käivitatud ja ootab edasisi käsklusi.



Joonis 7.4. Masina algolekusse viimine

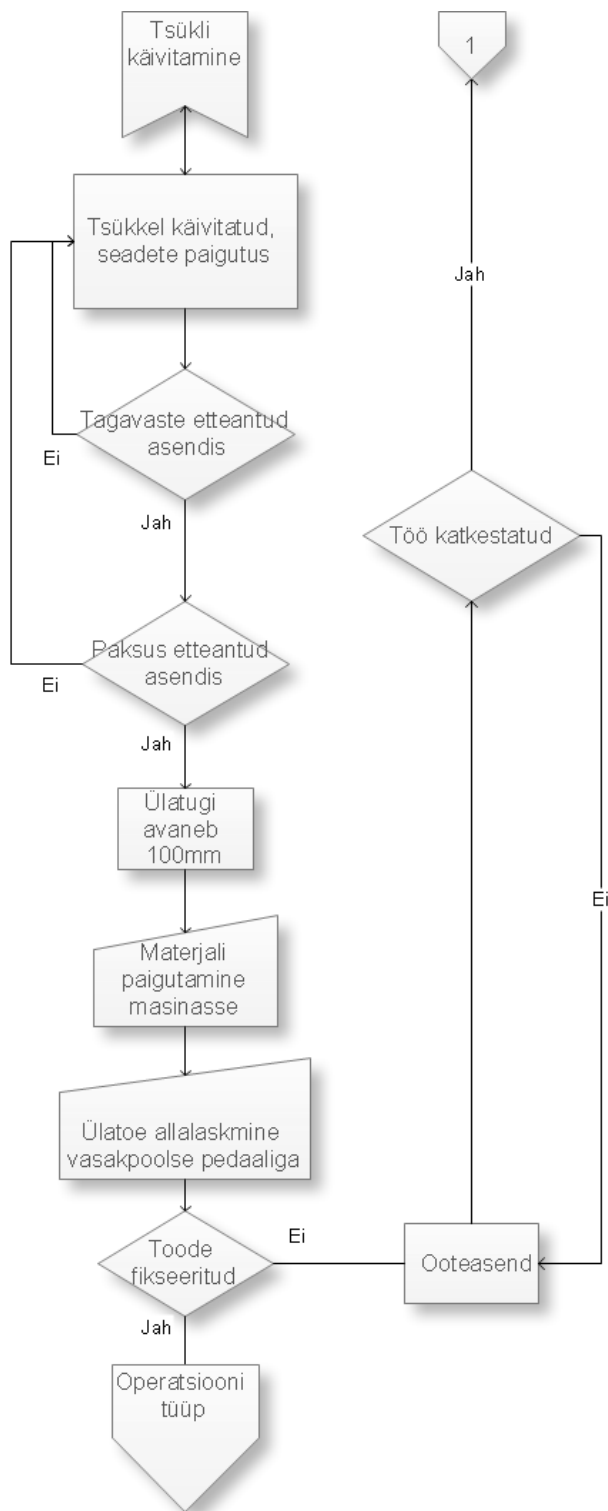
Ooteasendist saab edasi liikuda ka lehtedele, mis on toodud joonisel 7.10. Siin plokkskeemil on toodud operatsioonid masina töö juhtimiseks. Joonisel 7.5 on programmi käik, kui vajutatakse start nuppu. Esmalt kontrollitakse, kas sisse on logitud vähemalt operaator kasutajasemega. Kui käsijuhtimine ei ole valitud, tähendab see, et töö toimub

automaatrežiimis. Et tööd automaatrežiimis alustada, peab olema loodud tooteretsept. Kui see on laaditud ja kui tehtud ei ole kõik sammud, (alustada võib ka poolepealt) käivitatakse tsükkel. Operatsioonirea ees olevale numbrile vajutades muutub aktiivseks konkreetne samm retseptis, millest soovitakse tööd alustada.



Joonis 7.5. Tööprotsessi ettevalmistus

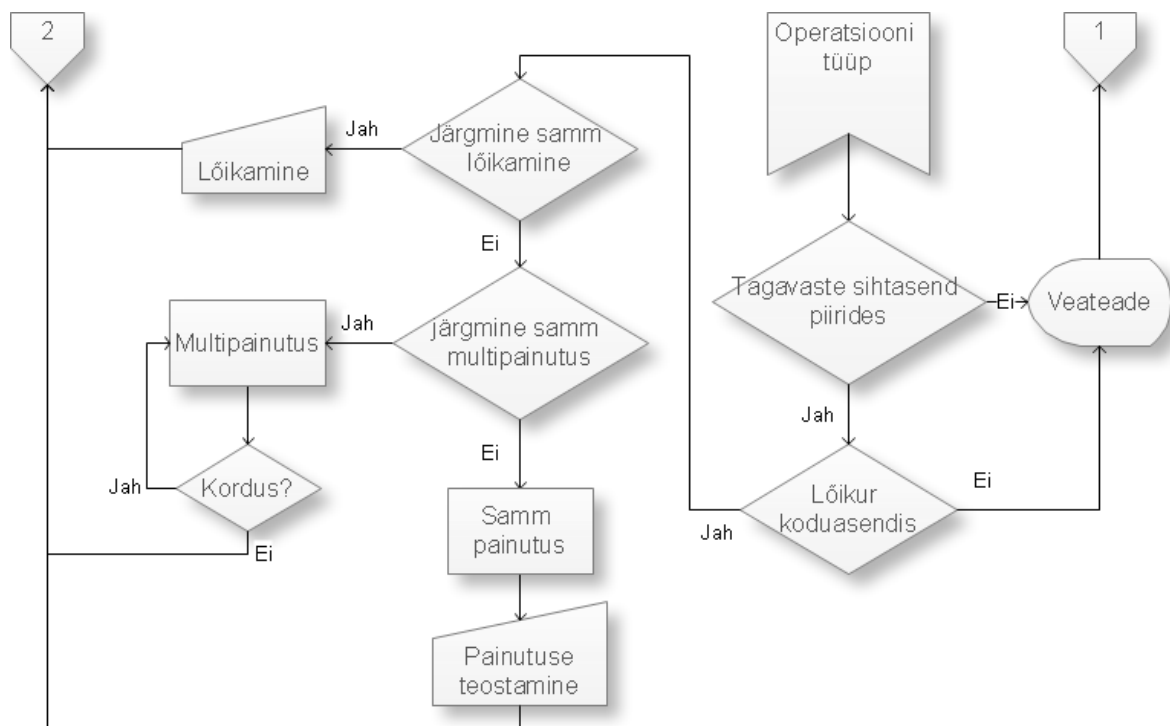
Kui tööd alustatakse, võtab masin retseptiga ette antud parameetrid (Joonis 7.6). Avaneb ülalõug ja operaator paigutab tooriku masina tööalale. Vajutades pedaali fikseeritakse toode masinas. Seda kontrollitakse surveanduriga: kui surve ei ole saavutatud, painutust ei toimu.



Joonis 7.6. Toote retsepti järgi seadistus

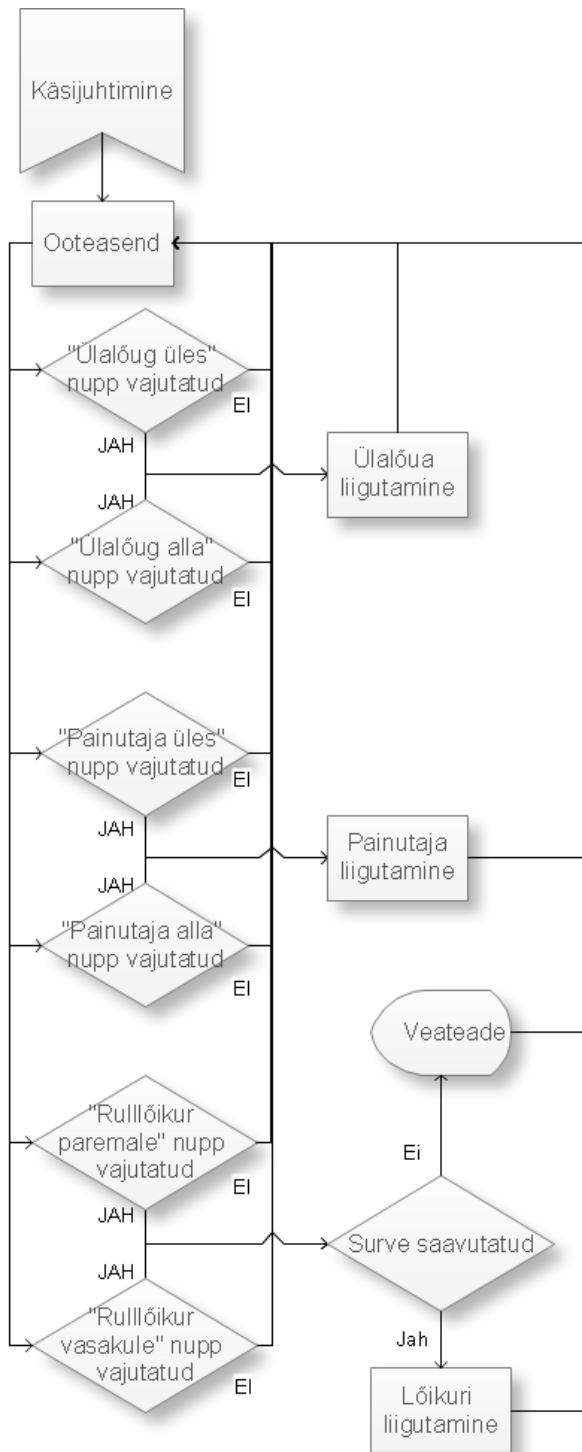
Vastavalt retseptiga ette antud operatsioonitüübile käitub masin edasi erinevalt (Joonis 7.7). Lihtpainutus teostatakse uuesti vasakpoolset pedaalit vajutades ja programmi tsükkel liigub järgmisele reale. Kui tegemist on multipainutusega, mida kasutatakse ümara profiili saavutamiseks, toimub painutamine automaatselt seni, kuni korduste arv täitub. Kui

retseptirea lõpus on aktiveeritud lõikamise funktsioon, toimub pleki lõikamine rull-lõikuriga. Kui Rull-lõikur ei ole kodusendis, esitatakse operaatorile veateade ja lõikamist ei toimu.



Joonis 7.7. Töotsükli teostamine

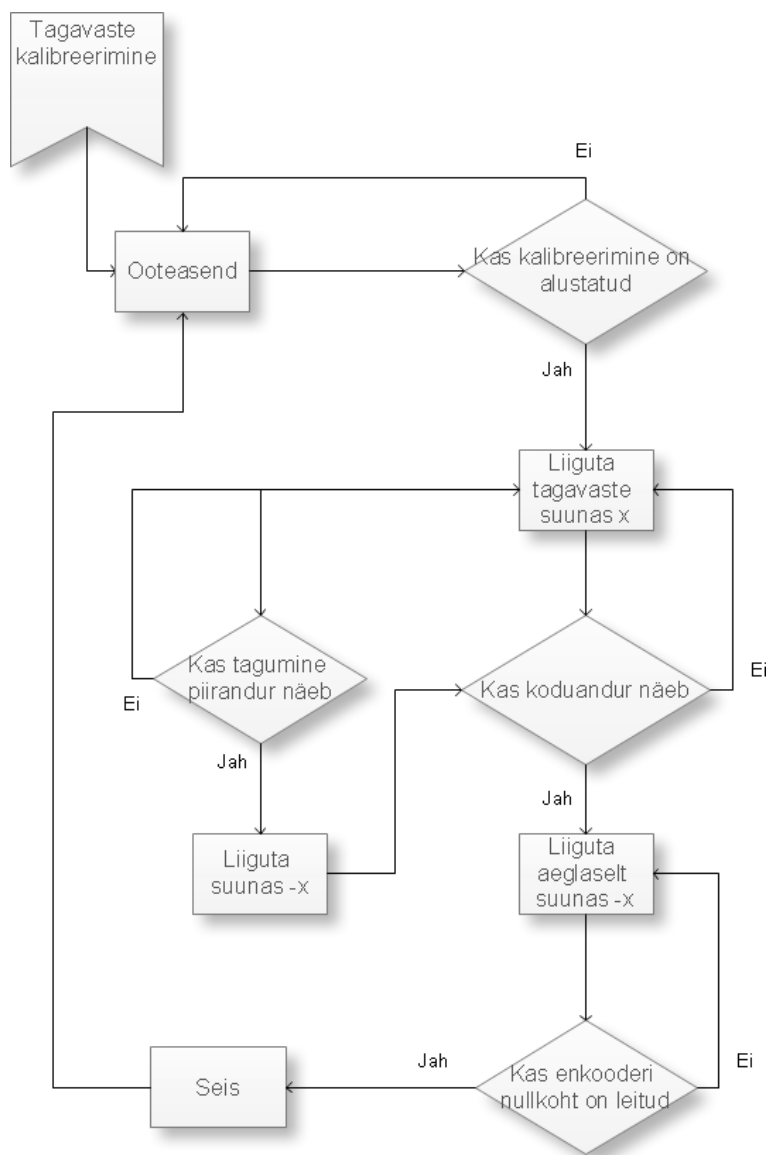
Käsijuhtimine (Joonis 7.8) toimub ekraani kõrval olevaid mehhaanilisi nuppe kasutades. Selle jaoks on kuus nuppu, mille abil saab liigutada ülalõug, painutajat ja rull-lõikurit kahes suunas. Rull-lõikurit ei saa liigutada, kui ülalõug ei ole piisava survega kokku vajutatud. Lõikamist ei toimu kui plekk on lahtiselt masinas, sest lõikur liigutab siis plekilehe ootamatus suunas ja see on nii operaatorile, kui ka teistele kõrvalviibijatele ohtlik.



Joonis 7.8. Käsijuhtimine

Nii käsitsi tagavaste kalibreerimisel, kui ka selle automaatsel käivitusel liigutab servomootor seda alguses alati suunas x (masina tagumise otsa poole) seni, kuni selle on tuvastanud kas koduandur või tagumine piirandur. Viimasel juhul muudetakse liikumise suunda ja liigutakse kuni koduandur tagavastet näeb. Seejärel toimub aeglane liikumine

enkooderi nullsignaalini, misjärel on tagavaste koduasendis ja sealt liikudes mõõdetakse edaspidi selle asukohta millimeetrites.



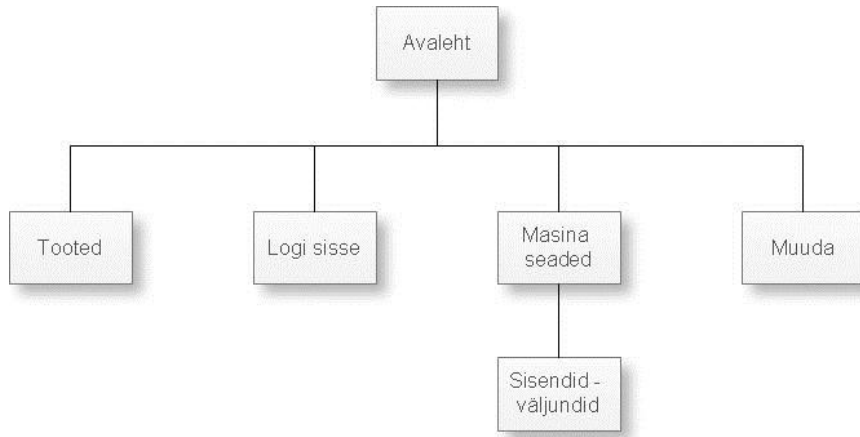
Joonis 7.9. Tagavaste kalibreerimine

7.5. Kasutajaliides

Kasutajaliidese vaated avanevad IML paneelil. Selle kaudu kasutab operaator masinat. Paneelil kuvatavaid vaateid, nende tähendust ja masinaga opereerimise kirjeldust käsitletakse selles peatükis.

Joonisel 7.10. on näha kasutajaliidese erinevate lehtede struktuurskeem. Üldiselt saab igale lehele ligi avalehe kaudu edasi-tagasi liikumise meetodil. Kuldreegel kasutajaliideseid tehes

on see, et mööda struktuuriredelit liikudes ei peaks saama üle nelja lehe edasi liikuda. Vastasel korral on lihtne menüüde vahel ära eksida ja kasutajale muutub paneeliga töötamine keeruliseks.



Joonis 7.10. Kasutajaliidese lehtede struktuurskeem

7.5.1. Kasutajaliidese pealeht

Toite sisselülitamise järel avaneb kontrollpaneelil peakraan, mis on toodud joonisel 7.11.

Masina olek on näidatud väljal „**Masina olek:**“. Võimalikud teated sellel tekstiväljal:

- **Kontrollpinge väljas** - vabasta avariiseiskamise nupud ja käivita masin;
- **Ootel** - masin on käivitatud, käsi- ega automaatrežiim pole valitud;
- **Käsijuhtimine** – käsijuhtimine on aktiivne;
- **Tagavaste kalibreerimine!** – tagavaste kalibreerimine käivitub automaatselt peale masina sisselülitamist ja kui ülatugi on kõrgemal ohutust kõrgusest;
- **Tsükkel käivitatud; Algseadete paigutus** – masin on starditud automaatrežiimi, toimub protsessi sammu algseadete kontroll ja paigutus (tagavaste ja paksus sõidavad ettenähtud asenditesse, kui on 1. sammu algus, avaneb ülatugi 100 mm);
- **Tsükkel käivitatud** – automaatrežiim on aktiivne, sammu algseaded on korras, masin ootab toote fikseerimist;
- **Tsükkel käivitatud; Toode fikseeritud** – toode on valmis operatsiooniks (painutamine või lõikamine);
- **Tsükkel käivitatud; Multipainutus** – sammu algseaded on korras, ootab painutust ülatoe allalaskmisega;

- **Tsükkel käivitatud; Lõige** – lõikesamm. Vaja toode fikseerida ja parempoolse pedaaliga käivitada lõikur;
- **Toode** – töös oleva toote nimi;
- **Paksus** – toote materjali paksus (ei kehti multipainutuse kohta);
- **Tehtud** – tehtud toodete arv. Arvu saab nullida puudutades seda kirja või andmevälja.

Allpool olev tabel kirjeldab toote operatsioone sammude kaupa. Sellel ekraanil andmeid muuta ei saa. Andmeväljad ekraani paremas servas näitavad vastavate parameetrite hetkeseisu.

Masina olek:

Toode: Paksus: mm Tehtud:

Samm No.	Tagavaste (mm)	Painutus (deg)	Ülatugi (mm)	Multipainutus		Lõige
				Tagavaste samm	Paksus	
1	900.0	45	40	0.0	0.0	<input type="text"/>
2	800.5	90	40	0.0	0.0	<input type="text"/>
3	700.0	25	50	5.0	1.5	<input type="text"/>
4	300.0	-45	40	0.0	0.0	<input type="text"/>
5	200.3	0	0	0.0	0.0	<input type="text" value="Lõige"/>
6						<input type="text"/>
7						<input type="text"/>
8						<input type="text"/>
9						<input type="text"/>
10						<input type="text"/>

Tagavaste: mm
Painutaja: deg
Ülatugi: mm
Paksus: mm
Hüdroüsteemi surve: %
Kasutaja:

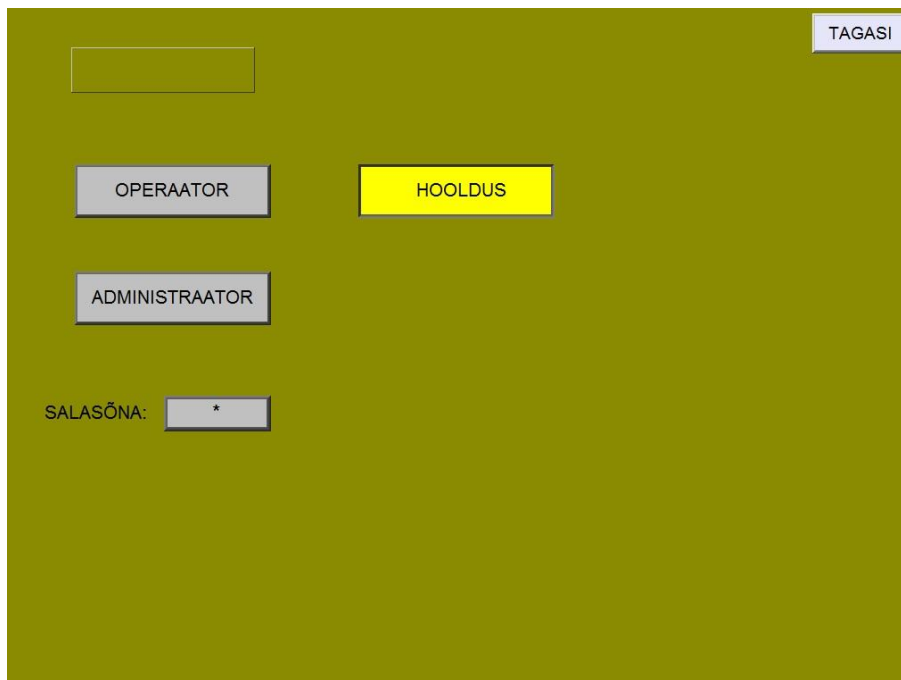
Joonis 7.11. Kasutajaliidese peamenüü

Ekraani allservas olevate puutenuppude kasutamiseks peab kasutaja ennast sisse logima. Puudutades nuppu **LOGI SISSE** avaneb joonisel 7.12 kujutatud ekraan

Masinal on 3 kasutajataset:

- OPERAATOR – põhilised tööoperatsioonid.
- HOOLDUS – sama, mis eelmine + masina seaded.
- ADMINISTRAATOR – sama, mis eelmine + saab vahetada salasõnu.

Sisselogimiseks tuleb valida soovitud kasutajatase, seejärel puudutada välja **SALASÕNA:** järel. Avaneb klahvistik, mille abil sisestatakse salasõna.



Joonis 7.12. Kasutaja valimine

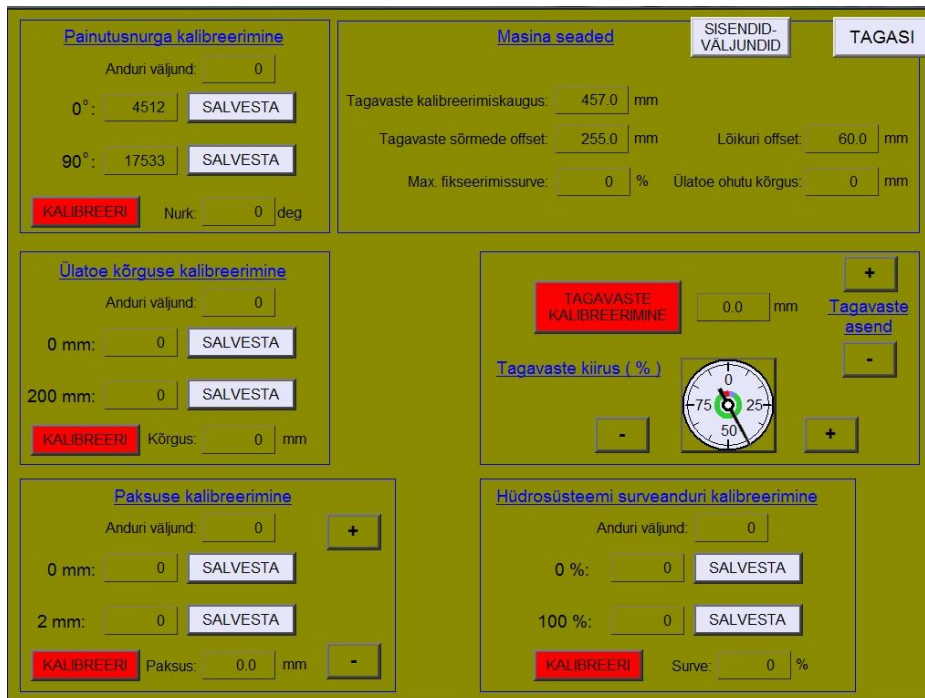
Pöördudes pärast sisselogimist **TAGASI** nupu abil tagasi peakraanile ja kui on sisse logitud **HOOLDUS** – tasemele, avaneb nüüd peakraan sellisel kujul, nagu näidatud joonisel 7.13



Joonis 7.13. Peamenüü hooldustasemega sisse logimisel

Nupp **KÄSIJUHTIMINE** aktiveerib juhtimisnupud kontrollpaneeli paremal poolel. Sellest annab märku nupu vilkuv rant. Käsijuhtimine seisatakse nupu teistkordse puudutamisega.

Nupp **MASINA SEADED** avab seadete ja analoogandurite kalibreerimise ekraani, mis on näidatud joonisel 7.14.



Joonis 7.14. Masina seaded

Masina seaded numbriväljadele tuleb käsitsi sisestada vastavate suuruste väärtused.

Kui see ekraan on avatud, on masin käsijuhtimisrežiimis.

Painutusnurga, ülatoe või paksuse kalibreerimiseks tuleb vastav organ viia käsijuhtimisnuppudega esmalt ühte kindlaksmääratud asendisse (nt. painutaja 0 deg), anduri lugem salvestada **SALVESTA** nupuga, seejärel teise asendisse (nt. painutaja 90 deg), see samuti salvestada. Siis **KALIBREERI** nupuga arvutab masin välja vajaliku koefitsiendi antud anduri jaoks.

Paksuse reguleerimissilindrit saab sellel ekraanil juhtida väljal Paksuse kalibreerimine, +/- nuppudega ning hüdroüsteemi surveanduri kalibreerimine toimub samamoodi. Esmalt tuleb 0% näit fikseerida seisva mootoriga ja 100% siis, kui surve on maksimumis.

Tagavaste kalibreerimine toimub üldiselt automaatselt, kuid sellel ekraanil saab nupuga **TAGAVASTE KALIBREERIMINE** käivitada kalibreerimisprotseduuri. Kui tagavaste on

kalibreeritud, tuleb mõõta täpne kaugus tagavastest kuni paindejooneni ja sisestada see väärtus väljale **Tagavaste kalibreerimiskaugus**. See kaugus ei ole tagavaste liikumiskiiriks, töö käigus võib ta sõita kuni 1008 mm-ni. Tagavaste asendit saab käsitsi muuta +/- nuppudega (nuppu hoides sõidukiirus järjest suureneb). Kiirust automaatrežiimis saab reguleerida kiirusnäidiku juures olevate +/- nuppudega.

Nupp **SISENDID – VÄLJUNDID** avab ekraani, kus saab jälgida süsteemi sisendite ja väljundite olekut. Vastav aken on toodud joonisel 7.15.

Sisendite olek	Väljundite olek
Kontrollpinge	Ülatugi üles - ventiil (Y3)
Lõikur edasi - nupp	Ülatugi alla - ventiil (Y4)
Lõikur tagasi - nupp	Painutaja üles - ventiil (Y6)
Ülatugi üles - nupp	Painutaja alla - ventiil (Y7)
Ülatugi alla - nupp	Kiire liikumine - ventiil (Y2)
Painutaja üles - nupp	Paksus väiksemaks - ventiil (Y10)
Painutaja alla - nupp	Paksus suuremaks - ventiil (Y11)
Hüdmootori võtmelüliti	Lõikur edasi - ventiil (Y8)
Ülatugi üles - pedaal	Lõikur tagasi - ventiil (Y7)
Ülatugi alla - pedaal	Dekompressioon - ventiil (Y9)
Painutaja / lõikur - pedaal	Survestamine - ventiil (Y1)
Lõikuri vasak otsalüliti	Majakas - kollane
Lõikur koduasendis	Majakas - sinine
Lõikuri parem otsalüliti	Majakas - valge (surve OK)
Servo tagumine otsalüliti	Tõukuri sõrmed üles
Servo eesmine otsalüliti	Hüdropump
Servo koduandur	

Joonis 7.15. Vaade sisendid/väljundid

7.5.2. Töö masinaga

Kui on sisse logitud vähemalt OPERAATOR tasemel, avaneb peaekraanil **TOOTED** -nupu puudutusel toodete valiku ekraan, mis on näidatud joonisel 7.16.

Leheküljele saab koostada ja salvestada 64 erinevat toodet. Lehekülgi on kokku 4, seega maksimaalne salvestatavate toodete arv on 256. Salvestatud tooteid saab ümber tõsta (kopeeri – aseta operatsioonidega) või kustutada.

TOOTED 1

PROOV 1			
PROOV 2			
AARIS			
PROOV 1234			

TAGASI

Lk. 1/4

JÄRGMINE

KOPEERI

ASETA

KUSTUTA

Joonis 7.16. Retseptide menüü

Salvestatud toote kasutamiseks tuleb puudutada toote nimega nuppu. Uue toote loomiseks tuleb valida ilma nimeta nupp. Mõlemal juhul avaneb toote andmete ekraan, mis on näidatud joonisel 7.17.

TOOTE ANDMED

Toode: PROOV 1 Paksus: 0.5 mm

TAGASI

Samm No	Tagavaste (mm)	Painutus (deg)	Ülatugi (mm)	Multipainutus		Lõige
				Tagavaste samm	Paksus	
1	900.0	45	40	0.0	0.0	
2	800.5	90	40	0.0	0.0	
3	700.0	25	50	5.0	1.5	
4	300.0	-45	40	0.0	0.0	
5	200.3	0	0	0.0	0.0	Lõige
6	0.0	0	0	0.0	0.0	
7	0.0	0	0	0.0	0.0	
8	0.0	0	0	0.0	0.0	
9	0.0	0	0	0.0	0.0	
10	0.0	0	0	0.0	0.0	

TOOTED

SALVESTA

SALVESTA ASUKOHTA

KASUTA

Joonis 7.17. Toote retsepti vaade

Sama ekraan avaneb ka peaekraanilt MUUDA -nupuga.

Siin saab teha uue toote või muuta vana toodet. Kõik andmeväljad on puuetundlikud, avaneva klaviatuuri abil saab sisestada vajalikud andmed (ka toote nime ja materjali paksuse).

- **SALVESTA** – salvestab sisestatud andmed toodete andmebaasis (TOOTED -lehel) samasse kohta;
- **SALVESTA ASUKOHTA** – suunab tagasi tootevaliku ekraanile ja saab valida uue asukoha, kuhu salvestada;
- **TOOTED** – viib tootevaliku ekraanile, ei salvestata midagi;
- **KASUTA** – viib toote peakraanile, muudatusi ei salvestata andmebaasi (kui ei ole **SALVESTA** – nuppu vajutatud);
- **TAGASI** – viib peakraanile, midagi ei salvestata.

7.5.3. Töö automaatrežiimis

Kui kasutaja on sisse loginud vähemalt OPERAATOR tasemel ja peakraanil on valitud toode, käivitub ekraani allosas oleva START nupuga toote valmistamistsükkel. Kogu tsükkel täidetakse sammude kaupa. Automaatselt käivitatakse esimene samm, kui see on täidetud, käivitub järgmine jne. Kui kõik sammud on täidetud, alustatakse jälle algusest. Samme saab valida ka käsitsi, puudutades sammu numbrit. Aktiivse sammu tähistamiseks muutub sammu number kollaseks.

Joonisel 7.17 olevas tootenäites on 1. ja 2. samm on tavalised painutusoperatsioonid. Samm 3 on multipainutus operatsioon. Algseadega viiakse tagavaste 700 mm, painuti 25 deg ja paksus 1,5 mm asendisse. Ülatoega tehakse paine, ülatugi läheb seejärel 50 mm-le ja tagavaste sõidab 5 mm edasi. Seda korratakse kuni soovitava tulemuseni. Samm 4 on jälle painutus, kuid miinusmärk väärtuse ees tähendab seda, et toode tuleb pöörata 180 kraadi (painde nurk on sisestatud negatiivsena). Samm 5 on lõikamine.

Iga sammu täitmisel on 3 etappi:

- Algseadete asetuse – toimub automaatselt;
- Toote fikseerimine – vasakpoolse pedaaliga (multipainutusel seda etappi ei ole);
- Operatsiooni teostamine – painutaja või lõikuri käivitamine parempoolse pedaaliga, multipainutusel vasakpoolse pedaaliga.

Parajasti toimuvat etappi näitab värviline marker koos tekstiga ekraani paremas ülanurgas.

Tsükkel seisatakse **STOPP** -nupuga. Kui tsükkel jäi lõpetamata, jätkub protsess startimisel samast sammust.

Veateated tekivad operaatorile eraldi aknana ekraani keskele, kus on kirjas vea põhjus.

Nendeks võivad olla järgmised olukorrad:

- Kui lõikur ei ole koduasendis ja üritatakse painutada;
- Kui tagavaste sihtasend on kaugemal kui 1008 mm;
- Kui tagavaste sihtasend on ligemal kui 25 mm.

KOKKUVÕTE

Ülesande kitsam eesmärk seisneb vana plekipainutuspingi automaatikasüsteemi ja servoajami uuendamises seadmete väljavahetamise teel. Laiemas pildis on see üks osa tehaste üldisema probleemi lahendamises. Nimelt, mida teha vananevate seadmetega? Millal teha suur investeering ja uus seade osta, millal kulutada raha seadme remondile, et seda edasi kasutada? Sarnase probleemi ees seisab suur hulk tööstureid, kelle teenindamiseks on vaja häid mehi, kes suudaks masinad taaselustada.

See töö kirjeldab ühte juhtumit, kus tehase omanikul õnnestus raha säästa tänu masina uuendamisele. Tutvustatud on masinat ja kirjeldatud uuendamise töö käiku ja mõtteprotsessi.

Töös on tehtud valik erinevate automaatikaseadmete vahel, milledest osutuks valituks Omroni poolt pakutav CPU22 kontrolleri ja sellega sobituvad seadmed. Valiku aluseks ei olnud mitte ainult hind, vaid ka varasem töökogemus ja kliendi arvamus. Tuttavate automaatikaseadmetega töötamine on oluline, kui eesmärk on võimalikult lühikese ajaga tulemuseni jõuda. Programmeerimiseks on Omroni kontrolleriid suurepäraseid, info on kättesaadav, juhendeid ohtralt ja kasutatavus lihtne.

Tutvustatud on valitud seadmeid ja nende tööülesannet kompleksses seadmes. Selgitatud on programmi kirjutamise aluseid ja tutvustatud elemente, mida programmi kirjutamisel kasutati.

Koostatud on programmi põhimõtteline plokk skeem, et selgitada loogikat masina töö taga ning seda toetab ka operaatorpaneeli kasutamise tutvustus.

Töö praktiline väärtus on masina parendamine ja dokumenteerimine. Teoreetiline väärtus on saadud kogemused ja mõistmine, et töökodadel on vaja inimesi, kes oskaksid masinaid uuendada.

Enne, kui klient ühendust võtab, on tal ettekujutus, mida ta saada tahab. Insenerina võin suunata ja juhendada tema mõttekäiku. Kliendi soovide taga on teatud põhjused ja kui nendest aru saada, on koostöö lihtne ja sujuv.

Töö tulemusena sain kinnitust ka üldtõdede kohta. Kui tööd teha, siis hästi ja korralikult. Vanasõna ütleb, et mis tehtud, see hooleta. Nii peabki olema, et kui masin on käima pandud ja tellijale üle antud, ei taha keegi probleemidega tagant järgi tegeleda. Samuti ei pea alati kõige odavama lahenduse kasuks otsustama.

Masina automaatikaosa edasiarendus võiks toimuda just mehitamata lahenduse väljatöötamises, et töö täisautomaatseks muuta. Loomulikult on selleks vaja suurt investeeringut, oletuslikult tõuseks masina hind kolmekordseks. Operaatori asendamine robotitega tõstaks masina keerukust tehnoloogilisel tasemel hüppeliselt.

Isiklik areng saab toimuda erinevaid tooteid testides ja proovides. Kuid seda ei ole hea teha kiirete projektide puhul, kus kliendi jaoks on vaja, et tähtaeg oleks võimalikult lühike. Schneideri kontrollritega puudub jätkuvalt kokkupuude, kuid niivõrd madal hind tõstab huvi tulevikus töötamiseks.

Kliendi tagasiside masina kohta oli positiivne – peale uuendust on masin töökindel ja vigadevaba. Samuti tunti huvi edasise koostöö vastu.

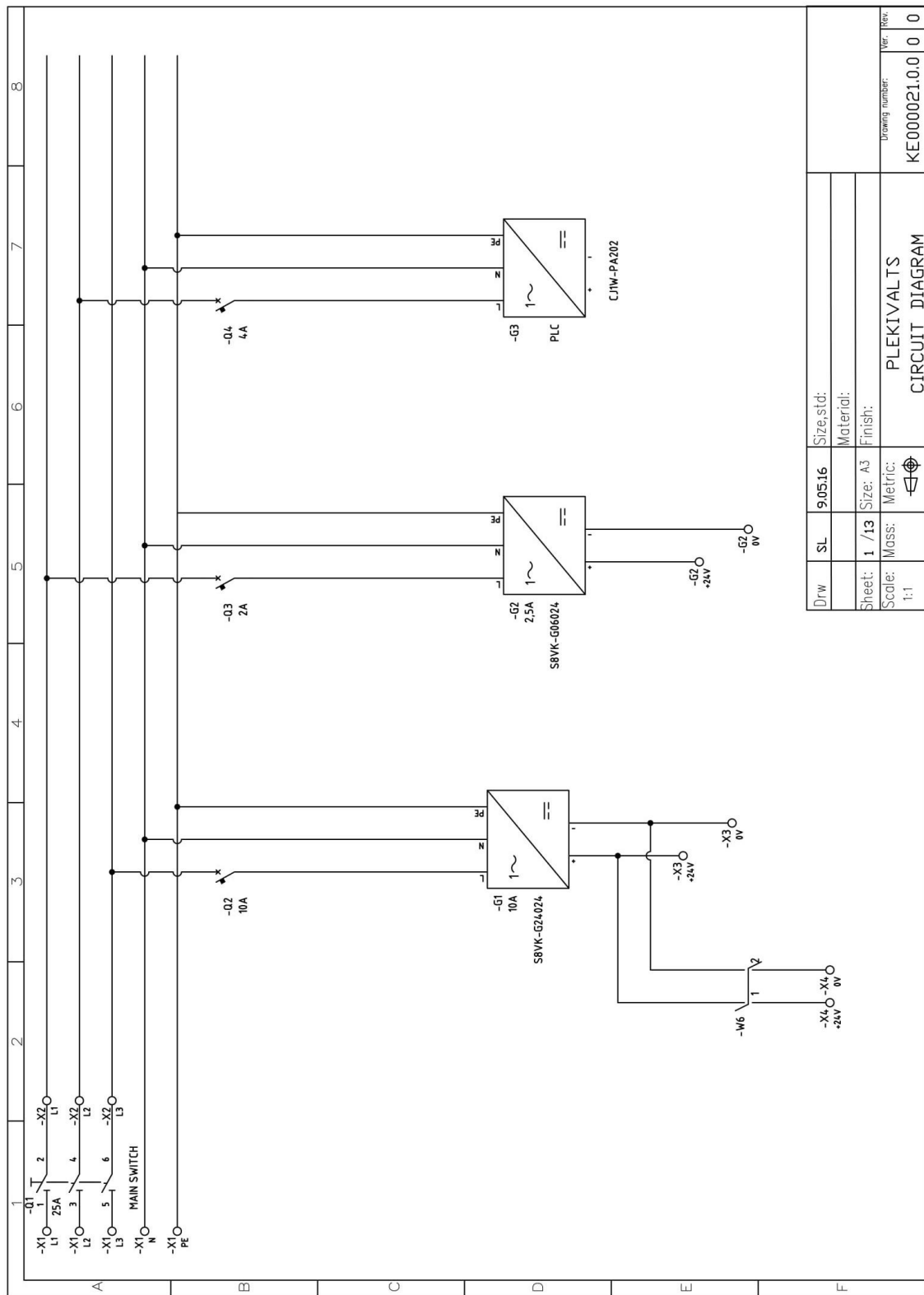
KASUTATUD KIRJANDUS

- 1 Estonica kodulehekül <http://www.estonica.org>. Vaadatud 20.05.2017a. Töötlev tööstus. Maris Lauri 03.05.2012.
- 2 Jorns AG. Operating instructions for Edging machine MAXI-LINE-150-SM-CNCT52-6.. 24.01.1997. - 221 lk
- 3 Vabariigi Valitsuse 23. märts 2015. a seadus nr 4 (2015). <https://www.riigiteataja.ee/akt/SeOS> Vaadatud 16.05 2014
- 4 Vabariigi Valitsuse 15. juuli 2015. a määrus nr 12 (2015). <https://www.riigiteataja.ee/akt/115072015012> Vaadatud 16.05 2014.
- 5 Control Global kodulehekül <http://www.controlglobal.com>. Vaadatud 05.03.2017a. Positioned for recovery: Top 50 automation companies of 2015. Larry O'Brien, Allen Avrey. Oct17,2016.
- 6 Control Global kodulehekül <http://www.controlglobal.com>. Vaadatud 05.03.2017a. Top 50 automation companies of 2011. Walt Boyes, David Clayton, Inderpreet Shoker. Dec 06,2012.
- 7 Control Global kodulehekül <http://www.controlglobal.com>. Vaadatud 05.03.2017a. Top 50 Automation Companies of 2009 Walt Boyes, Larry O'Brien. Dec 06, 2010.
- 8 Schneider-Electric kodulehekül <http://www.schneider-electric.com>. Vaadatud 05.03.2017a.
- 9 Schneider-Electric kodulehekül <http://www.schneider-electric.us>. Vaadatud 05.03.2017a Lexium 28 Motion Control Catalog October 2015. - 27 lk
- 10 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. CJ1M-CPU2[] Data Sheet. Omron Corporation. 08.02.2017. - 19 lk
- 11 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. CJ1W-PA/PD Data Sheet Omron Corporation. 28.03.2012. - 11 lk
- 12 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. CJ1W-OC/OA/OD Data Sheet Omron Corporation. 06.07.2016. - 37 lk

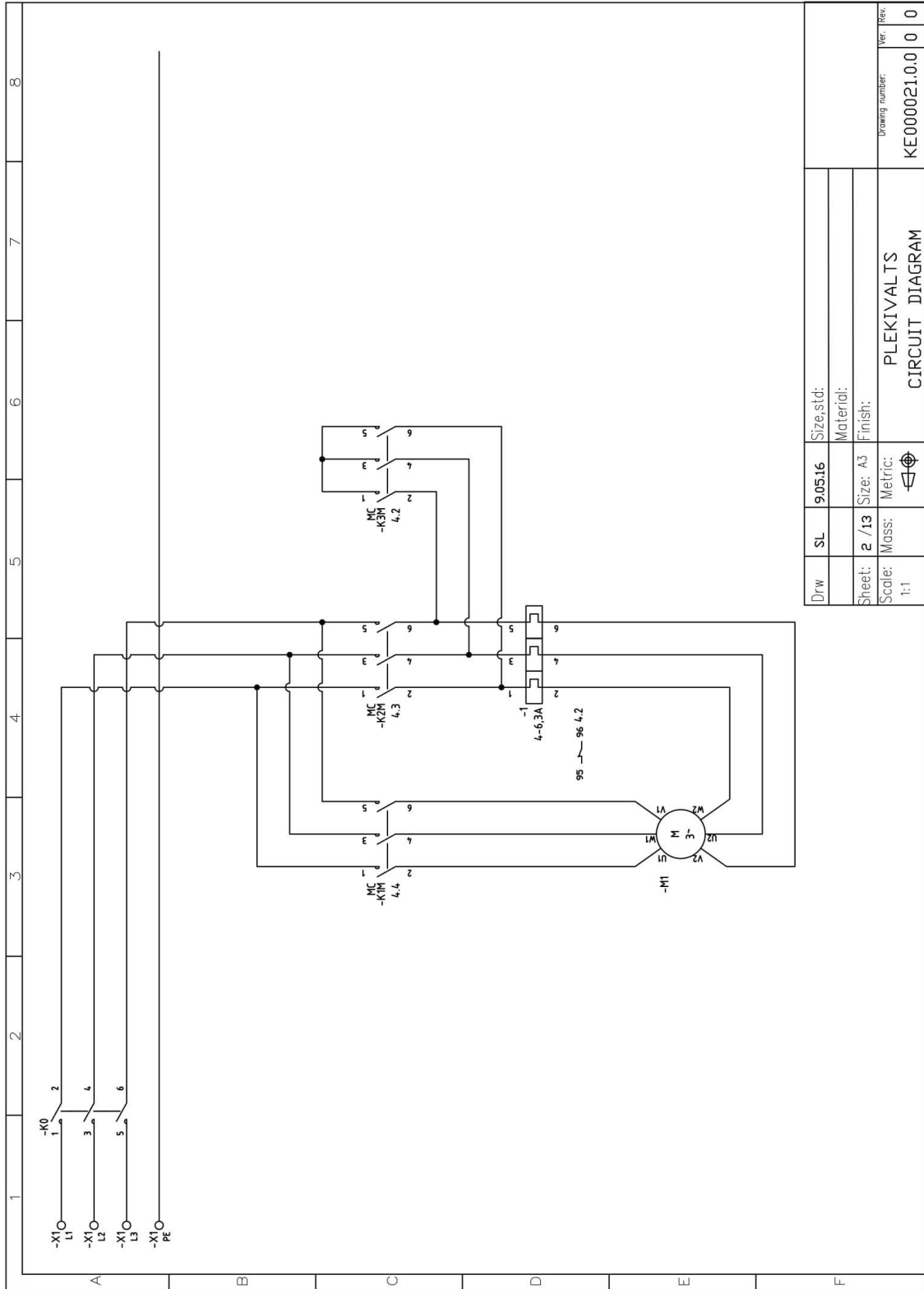
- 13 Matic N. Introduction to PLC controllers, 2009 MikroElektronika - 188 lk
- 14 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. CJ1W-ID/IA Data Sheet Omron Corporation. 02.12.2015. - 25 lk
- 15 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. CJ1W-AD/DA/MAD Data Sheet Omron Corporation. 06.07.2016. - 15 lk
- 16 Lehtla T. Jõuelektronika ja Elektriajamid - Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2003. – 103 lk.
- 17 Omron Corporation G Series Catalog. 03.04.2017. - 168 lk
- 18 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. XW2D Data Sheet Omron Corporation. 06.07.2016. - 6 lk
- 19 Omron Corporation G5 Series Catalog. 03.04.2017. - 59 lk
- 20 Omron kodulehekül <https://www.ia.omron.com>. Vaadatud 05.03.2017a. S8VK-G Data Sheet Omron Corporation. 01.07.2016. - 6 lk
- 21 Pilz GmbH & Co. KG. The Safety Compendium 2013 - 198 lk
- 22 Omron Corporation G9SE Series Catalog. 05.01.2017. - 20 lk
- 23 Mouser electronics kodulehekül www.mouser.ee Vaadatud 05.03.2017
- 24 Weintek eMT3120A Datasheet 14.03.2016 – 2 lk
- 25 Omron Corporation NS Series Catalog. 03.04.2017. - 57 lk
- 26 Weintek kodulehekül www.weintek.com. Vaadatud 05.03.2017a
- 27 Weintek kodulehekül www.weintek.com. Vaadatud 05.03.2017a
- 28 Bliesner R, Ebel F, Löffler C, Plagemann B, Regber H, Terzi E.v, Winter A. Programmable logic controllers, Basic level TP301 – Textbook. Festo Didactic GmbH & Co, 2003 – 223 lk

LISAD

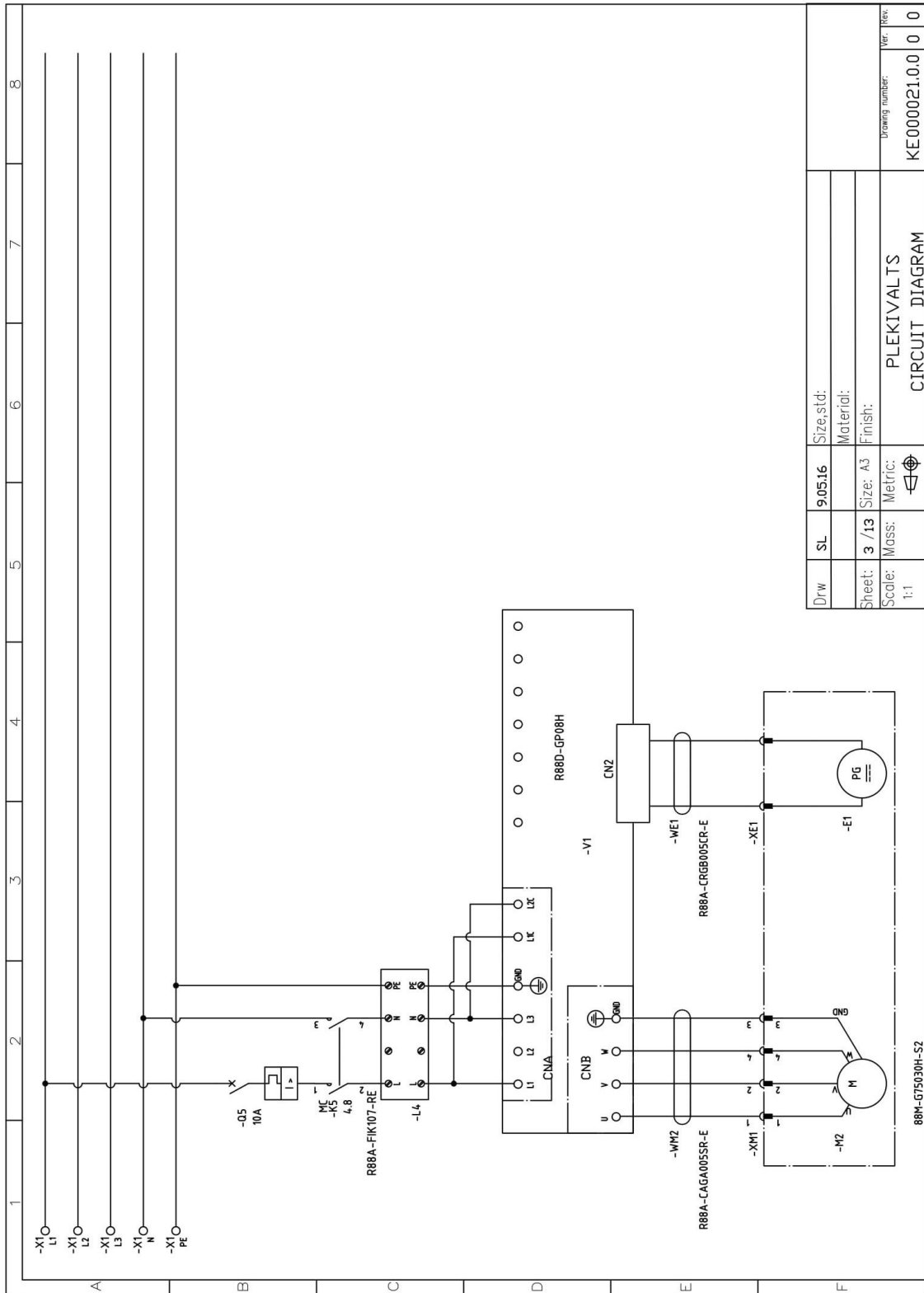
LISA 1. ELEKTRI- JA AUTOMAATIKAKILBI ELEKTRIJOONIS



Drw	SL	9.05.16	Size, std:	
Sheet:	1 / 13	Size: A3	Material:	
Scale:	1:1	Metric:	Finish:	
			Symbol:	
			Project name:	PLEKIVAL TS
			Drawing number:	KE000021.0.0
			Ver. / Rev:	0 / 0
			CIRCUIT DIAGRAM	



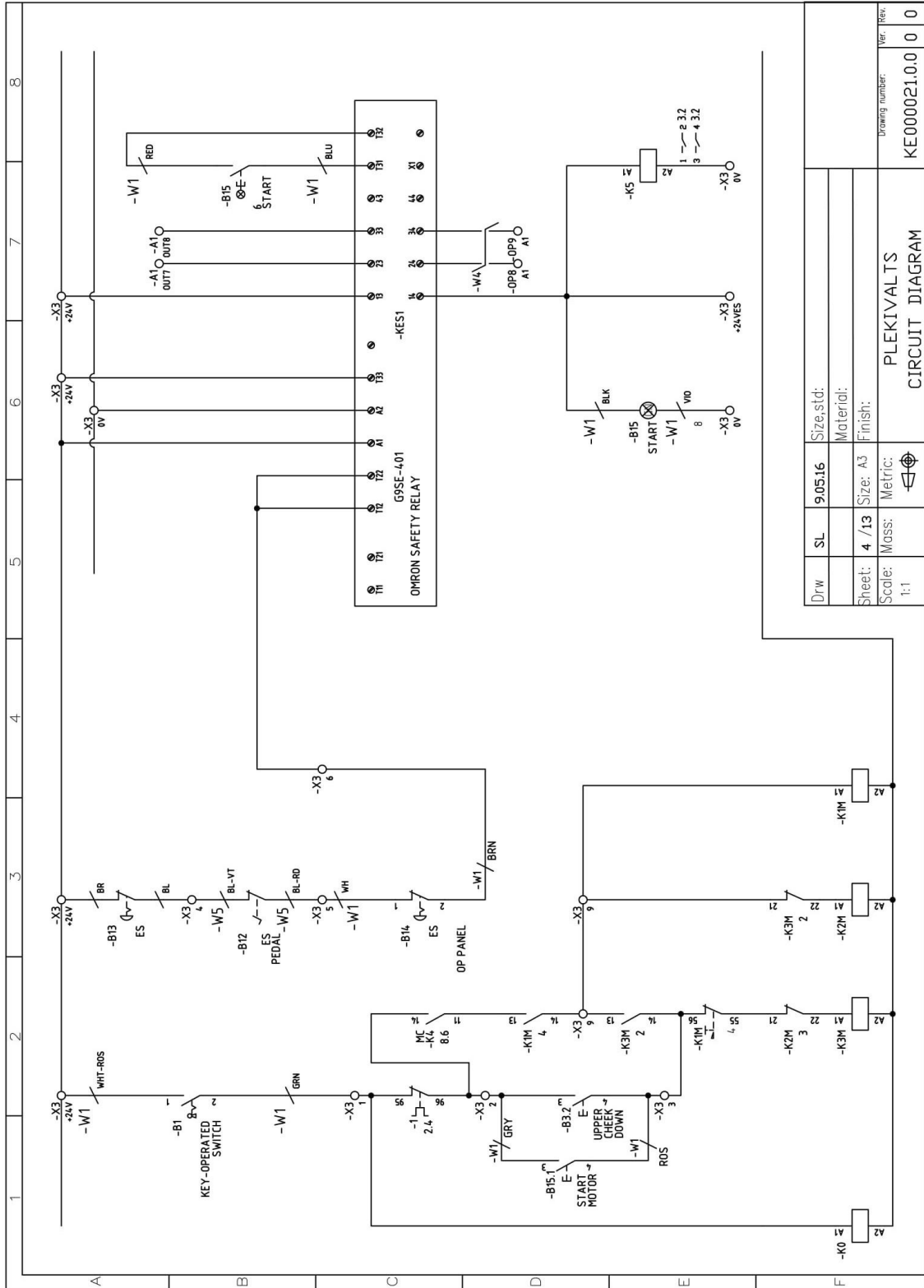
Drw	SL	9 0516	Size:std:	
			Material:	
Sheet:	2 / 13	Size: A3	Finish:	
Scale:	Mass:	Metric:	PLEKIVALTS CIRCUIT DIAGRAM	
1:1			Drawing number:	KE000021.0.0
			Ver. Rev.	0 0

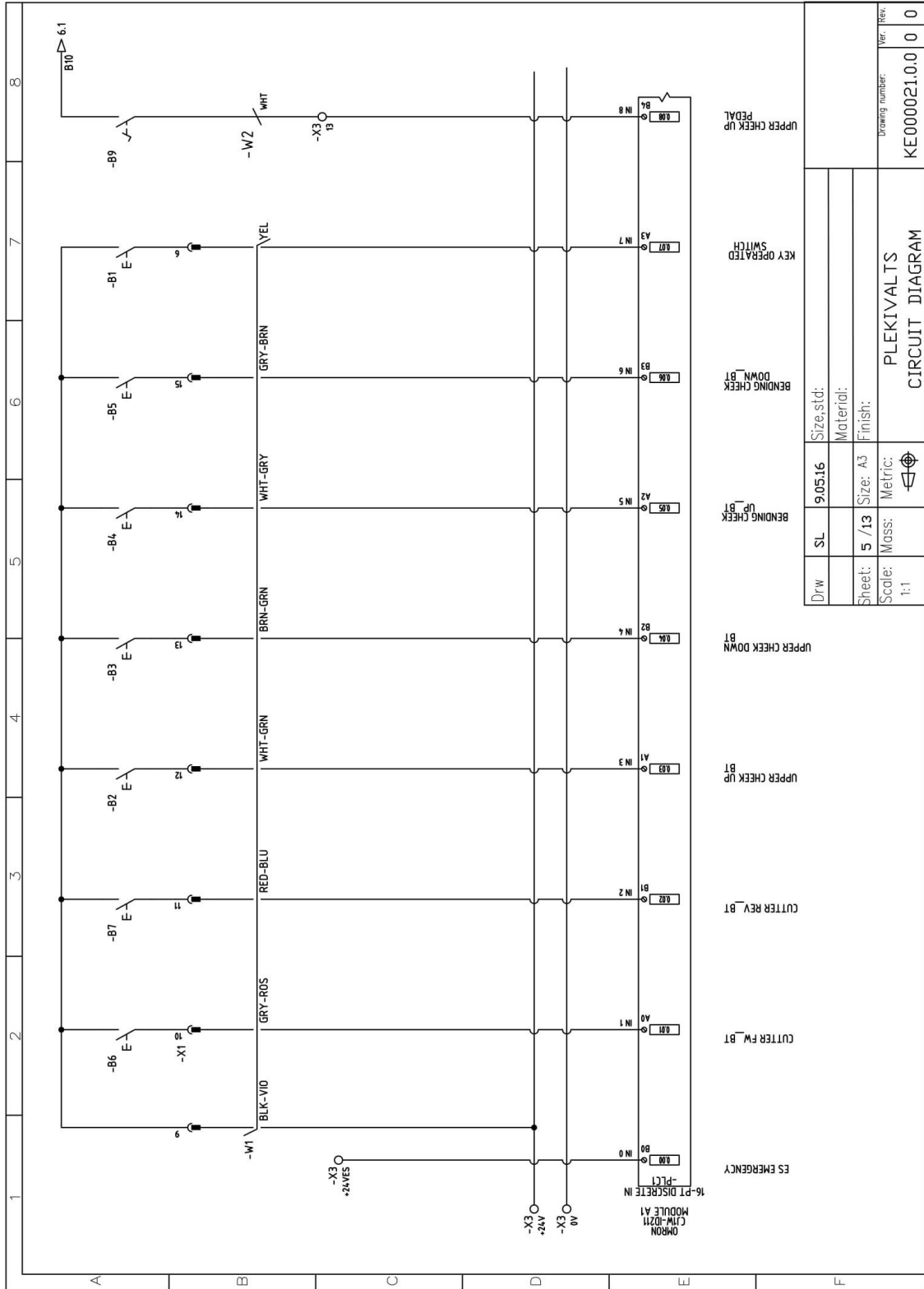


Drw	SL	9 05 16	Size: std:	
			Material:	
Sheet:	3 / 13	Size: A3	Finish:	
Scale:	1:1	Mass:	Metric:	
			Drawing number: KE000021.0.0	
			Ver. Rev. 0 0	

88M-GT5030H-S2

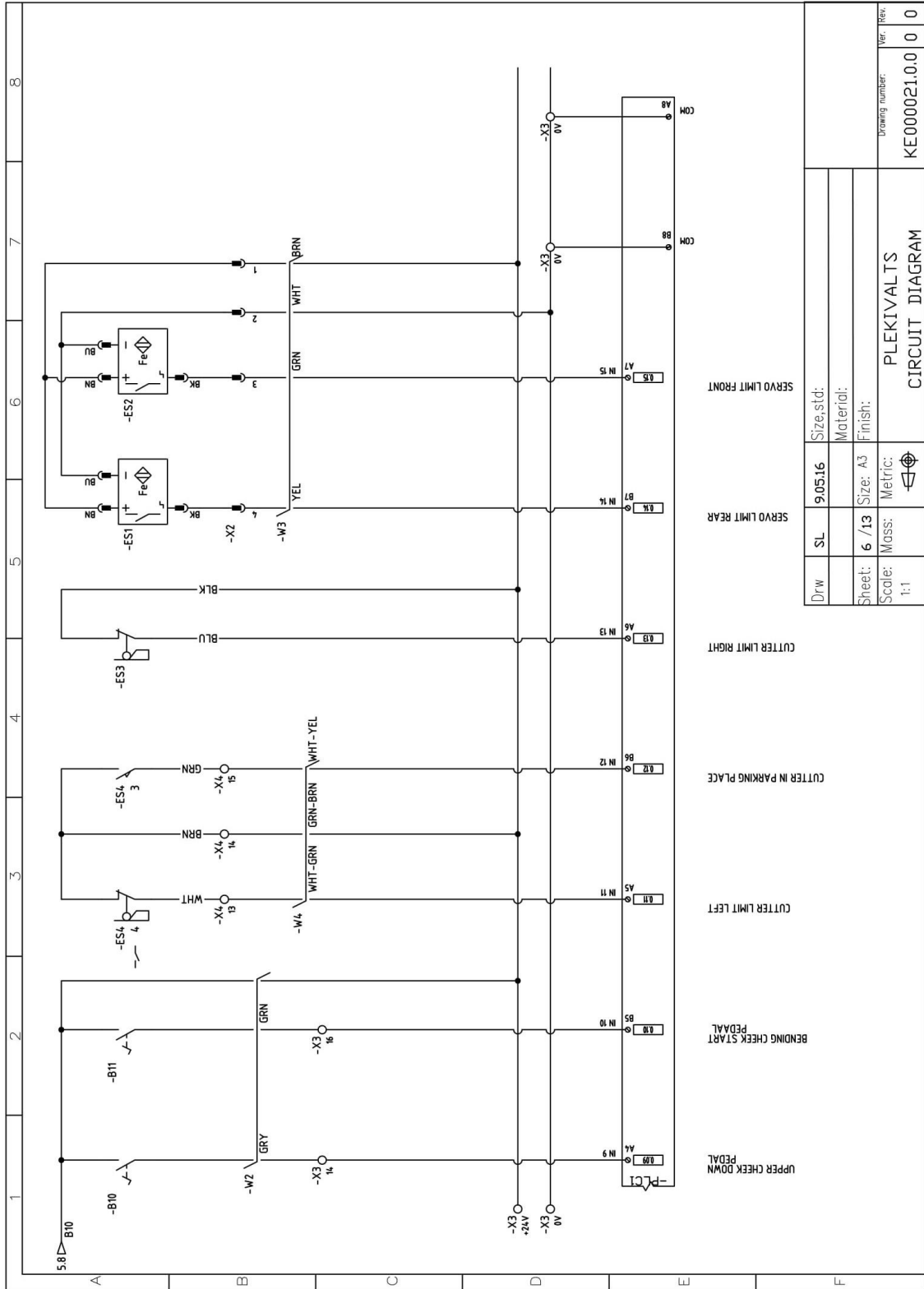
PLEKIVALTS
CIRCUIT DIAGRAM



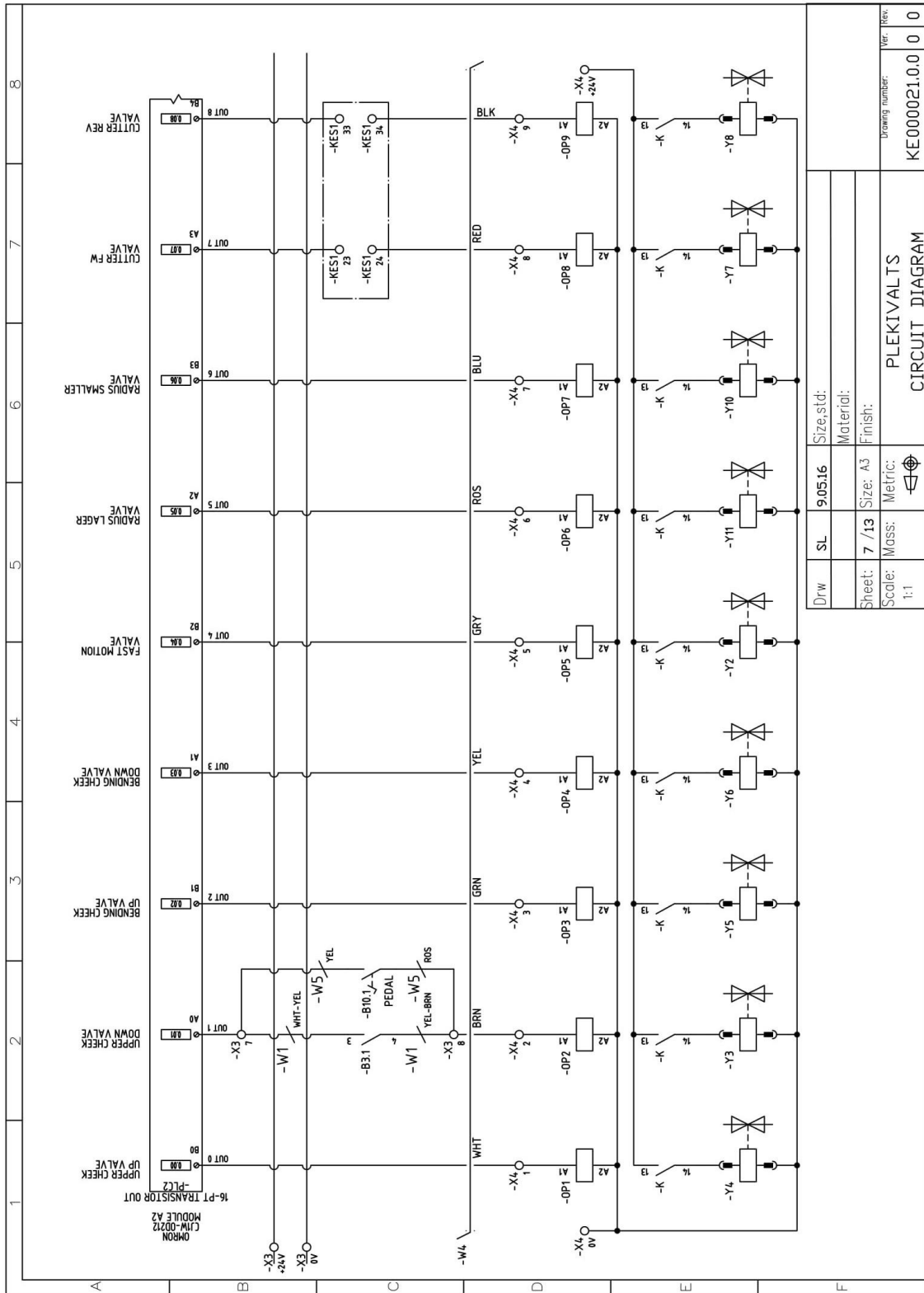


Drw	SL	9.05.16	Size:std:	
Sheet:	5 / 13	Size: A3	Material:	
Scale:	1:1	Mass:	Finish:	
			Metric:	
Drawing number:				KE000021.0.0
Ver.:				0
Rev.:				0

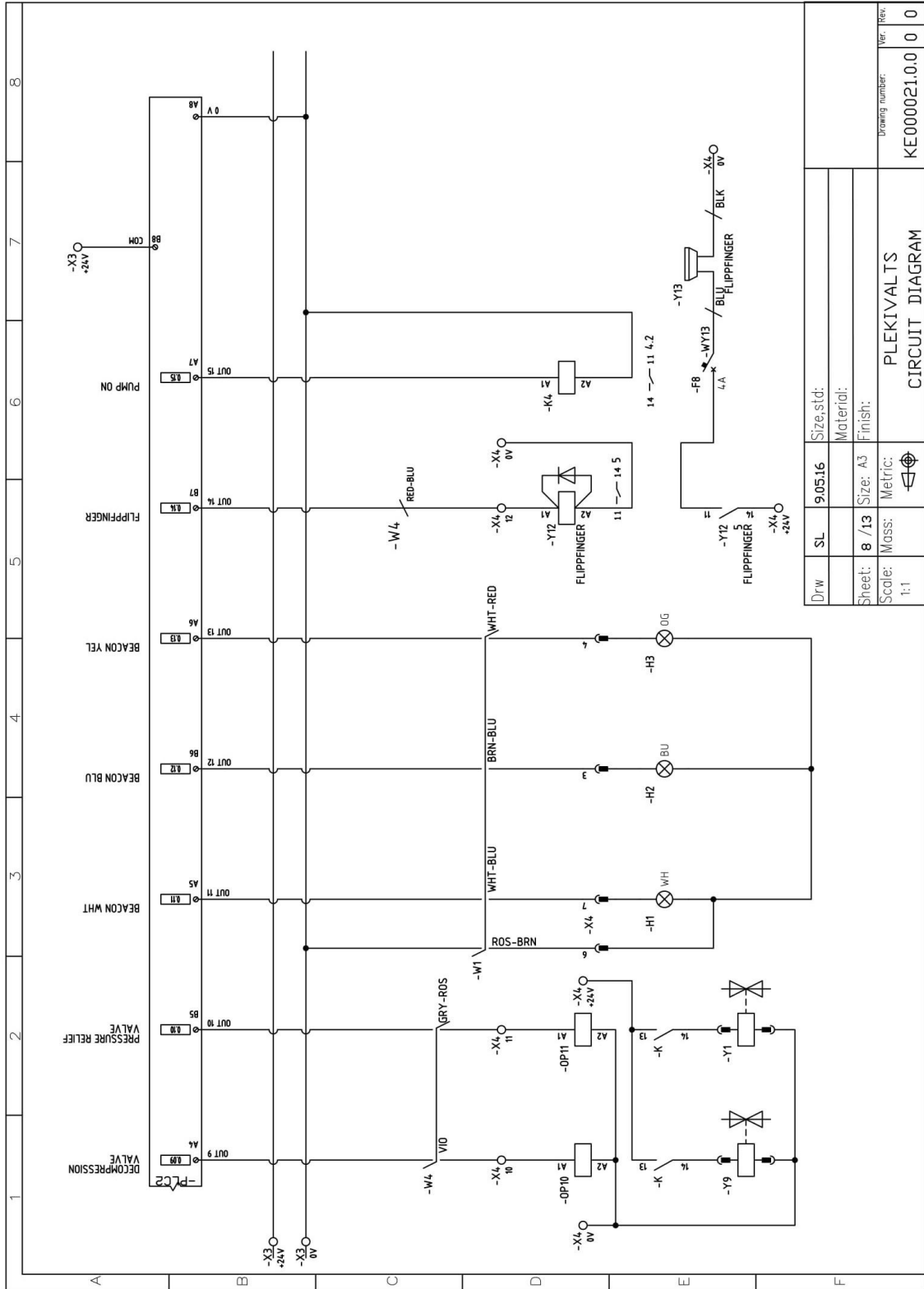
PLEKIVALTS
CIRCUIT DIAGRAM

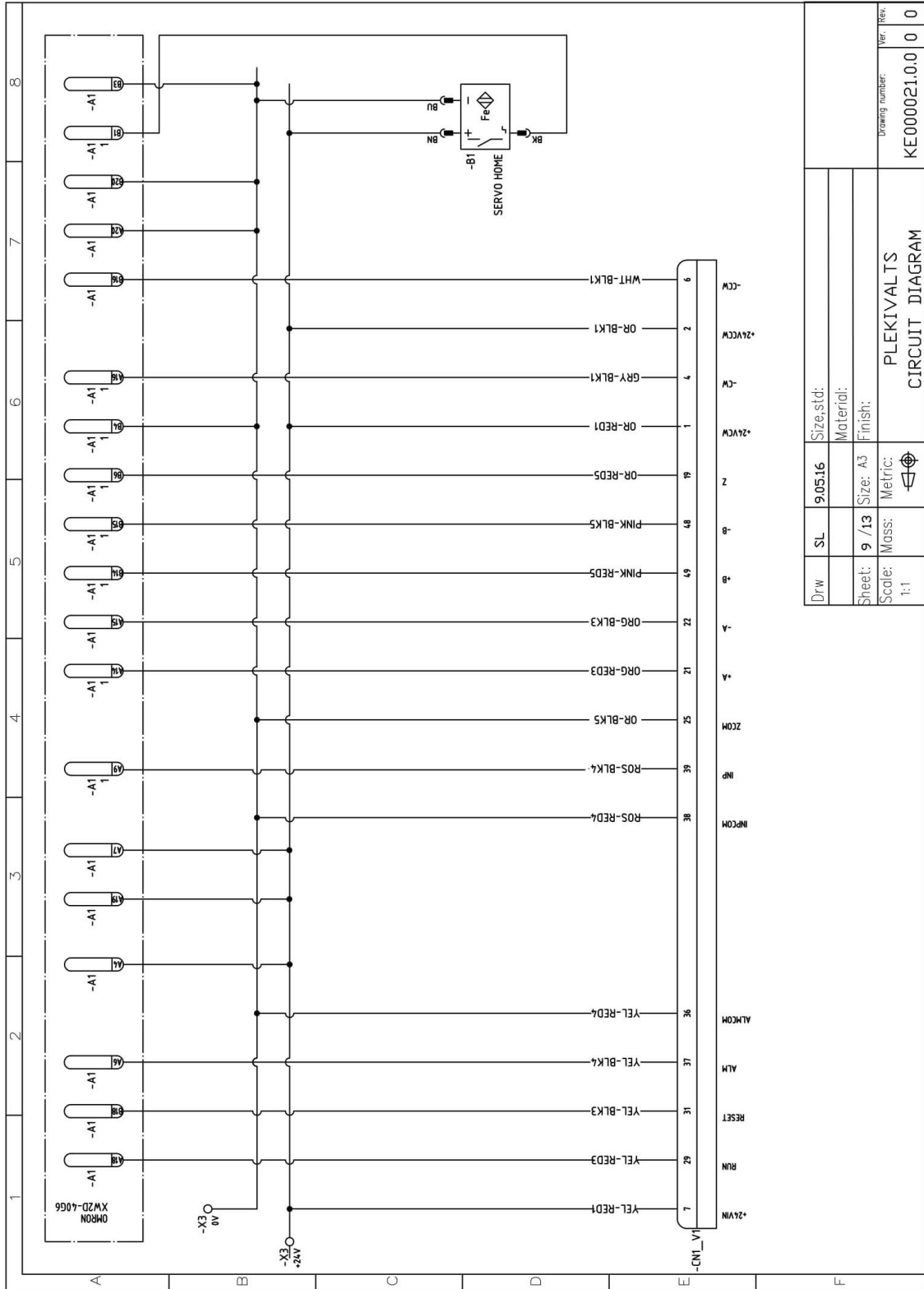


Drw	SL	9.05.16	Size:std:	
Sheet:	6 / 13	Size: A3	Material:	
Scale:	1:1	Mass:	Finish:	
			Metric:	
			Drawing number: KE000021.0.0	
			Ver. Rev. 0 0	
			PLEKIVALTS	
			CIRCUIT DIAGRAM	

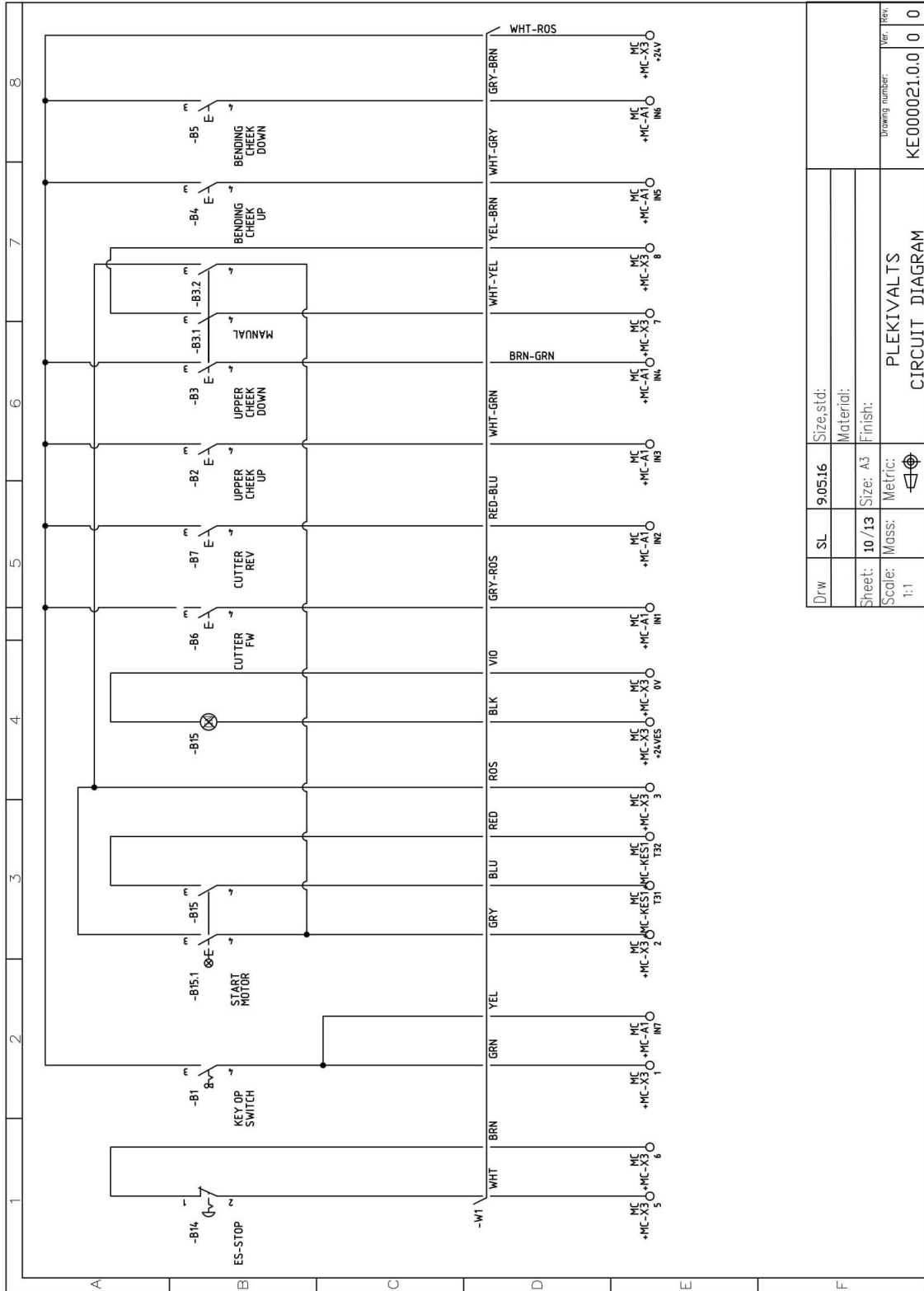


Drw	SL	Size:slid:	9.05.16
Material:		Material:	
Finish:		Finish:	
Sheet: 7 / 13		Size: A3	
Scale: Mass:		Metric:	
1:1			
PLEKIVALTS CIRCUIT DIAGRAM			
Drawing number:			KE000021.0.0
Ver. Rev.			0 0



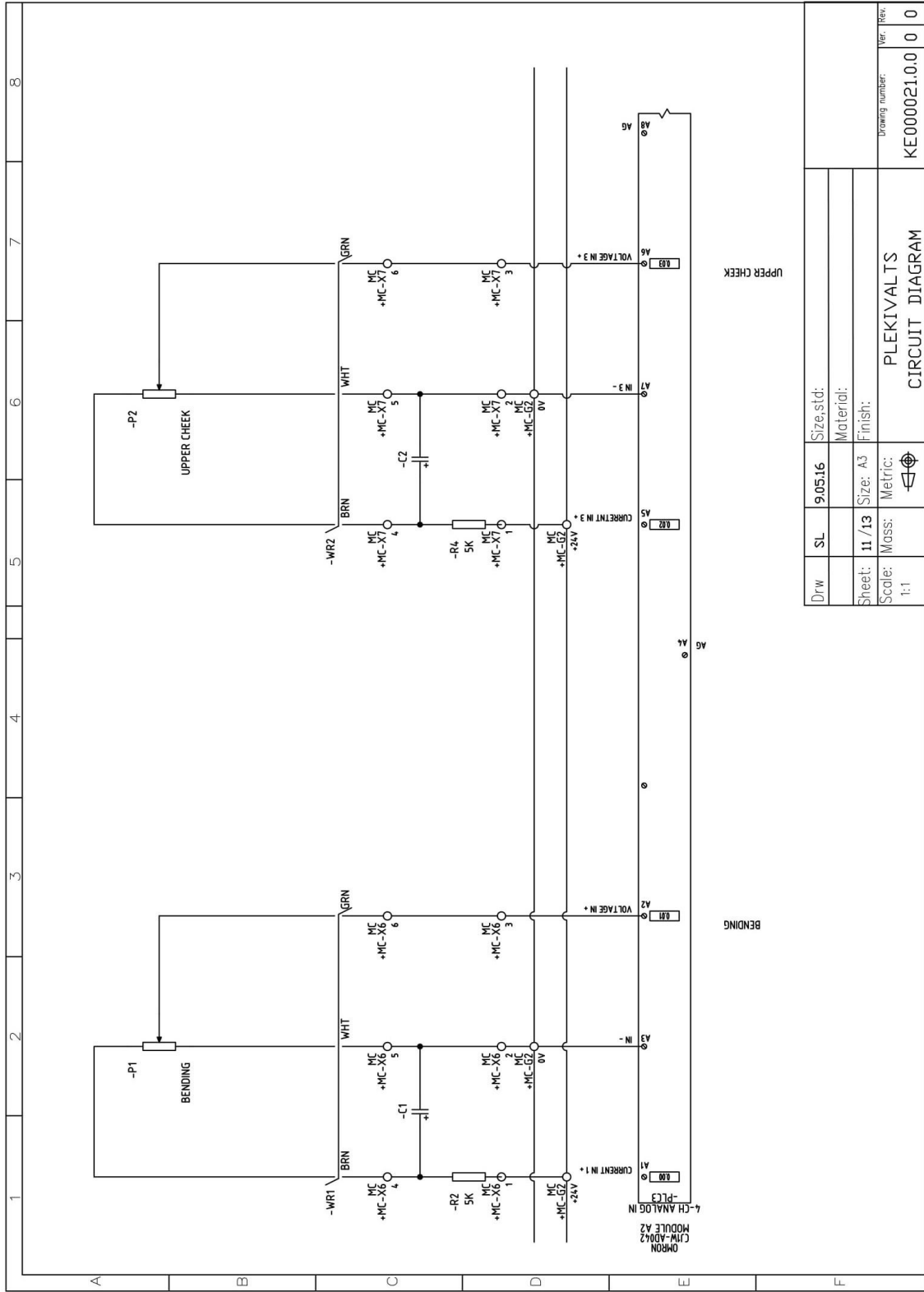


Drw	SL	9.05.16	Size:std:	
			Material:	
Sheet:	9 / 13	Size: A3	Finish:	
Scale:	Mass:	Metric:	PLEKIVALTS	
1:1			CIRCUIT DIAGRAM	
Drawing number:				KE000021.0.0
Ver.:				0
Rev.:				0

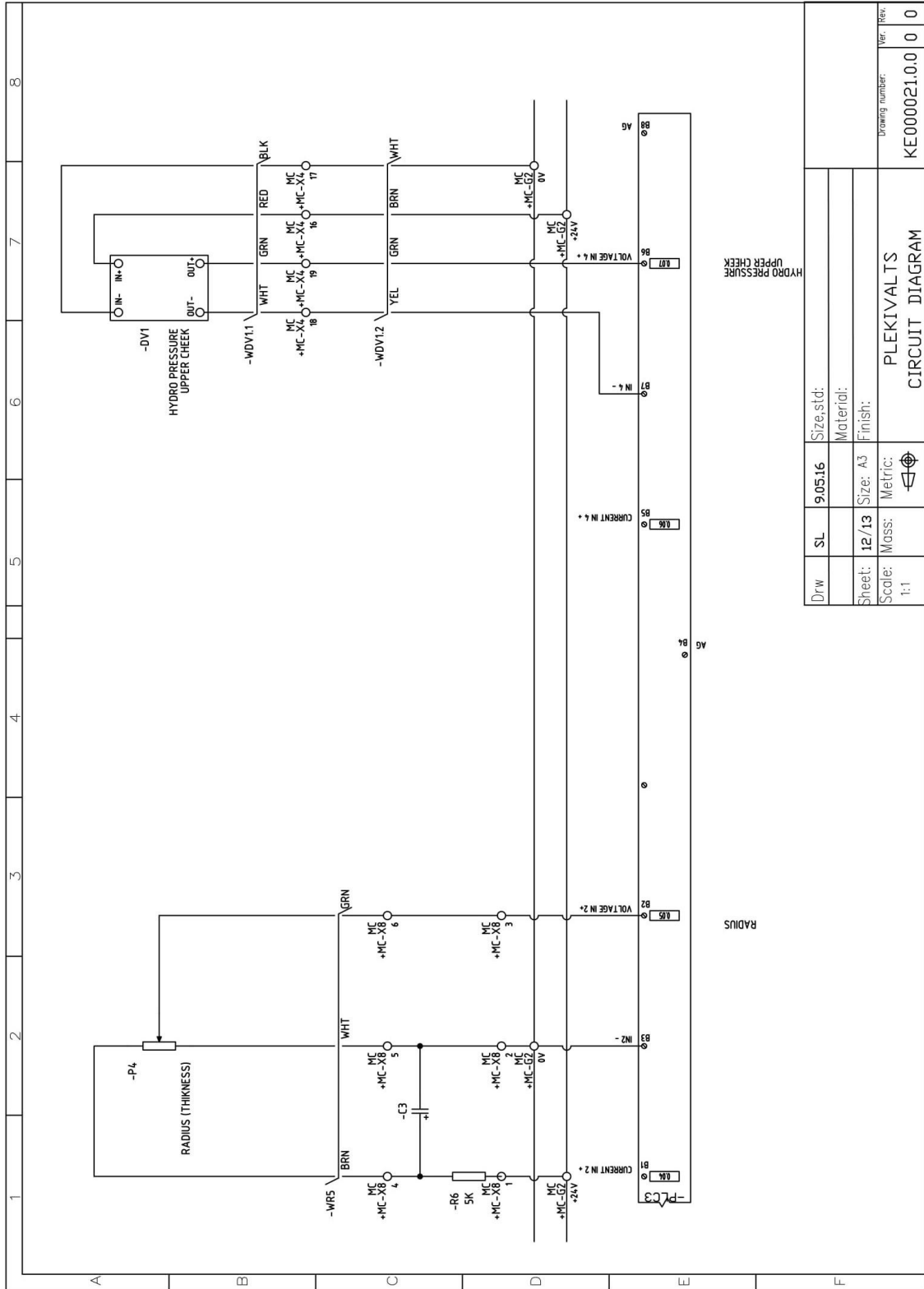


Drw	SL	9.0516	Size:std:	
			Material:	
Sheet:	10/13	Size: A3	Finish:	
Scale:	Mass:	Metric:	Drawing number: KE000021.0.0	
1:1			Ver. Rev. 0 0	

PLEKIVALTS
CIRCUIT DIAGRAM

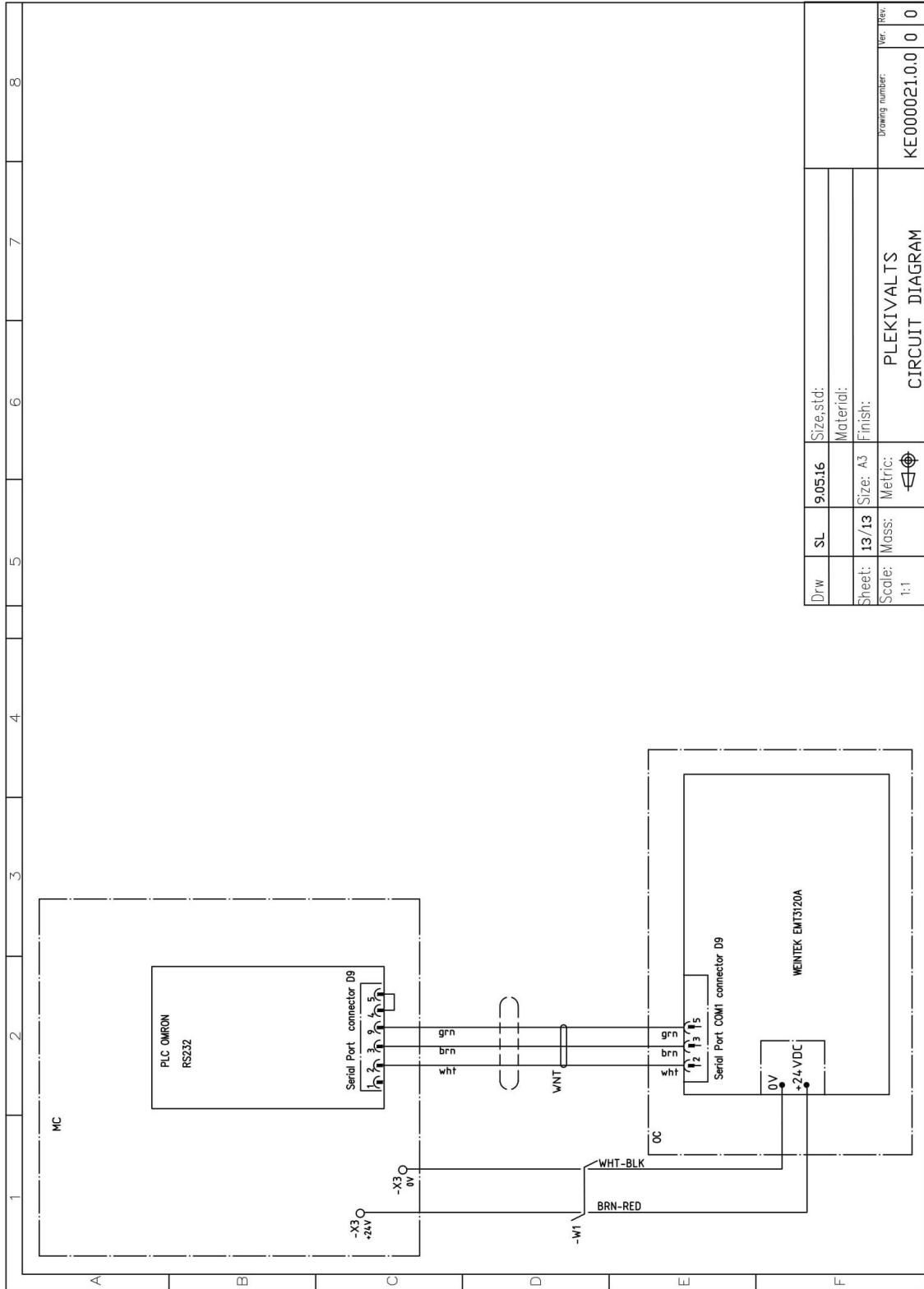


Drw	SL	910516	Size: id:	
			Material:	
Sheet:	11/13	Size: A3	Finish:	
Scale:	Mass:	Metric:		
1:1				
			Drawing number: KE000021.0.0	
			Ver. Rev. 0 0	



Drw	SL	9.05.16	Size:std:	
Sheet:	12/13	Size: A3	Material:	
Scale:	1:1	Mass:	Finish:	
			Metric:	
			Drawing number: KE00021.0.0	
			Ver. Rev. 0	

HYDRO PRESSURE UPPER CHECK
 PLEKIVALTS
 CIRCUIT DIAGRAM



Drw	SL	9 0516	Size:std:	
Sheet:	13/13	Size: A3	Material:	
Scale:	1:1	Mass:	Finish:	
			Metric:	☉
			Drawing number: KE000021.0.0	
			Ver. Rev. 0 0	

LISA 2. PILT ELEKTRI- JA AUTOMAATIKAKILBIST

