



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

**SEISUNDISEIRE SÜSTEEM HÜDRAULILISELE
PUITMASSIPAKI PRESSILE**

**CONDITION MONITORING SYSTEM FOR HYDRAULIC
PULP BALE PRESS**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Maarek Malm

Üliõpilaskood: 164484MAHB

Juhendaja: Igor Penkov, Vanemlektor

(Tiitellehe pöördel)

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.

"19" mai 2020

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 202.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Maarek Malm (sünnikuupäev: 26.06.1997)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Seisundiseire süsteem hüdraulilisele puitmassipaki pressile“

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on

Igor Penkov _____,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (allkiri)

19.05.2020 _____ (kuupäev)

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Maarek Malm
Õppekava, peeriala: MAHB02/13 - Mehhatroonika
Juhendaja(d): Vanemlektor, Igor Penkov, 6203267
Konsultant: Tarmo Veldi, mehaanikainsener
AS Estonian Cell, 515 0434, tarmo.veldi@estoniantcell.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Seisundiseire süsteem hüdraulilisele puitmassipaki pressile
(inglise keeles) Condition monitoring system for hydraulic pulp bale press

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kirjeldada seadme tööprotsessi ning ehitust. Valida sobivad mõõtepunktid seadmel.
2. Siduda andmete kogumine eksisteeriva süsteemiga ning töötada välja kasutajaliides
3. Valida sobivad komponendid ning koostada programm

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Seadme kirjelduse koostamine, komponentide ja mõõtepunktide valik	08.03
2.	Elektriskeemi koostamine	22.03
3.	Elektrikilbi projekteerimine	12.04
4.	Kontrolleri programmeerimine	29.03
5.	Kasutajaliidese valmistamine	12.04

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "22" mai 2020a

Üliõpilane: Maarek Malm ".....".....202....a
/allkiri/

Juhendaja: Igor Penkov ".....".....202....a
/allkiri/

Konsultant: Tarmo Veldi ".....".....202....a
/allkiri/

Programmijuht: Mart Tamre ".....".....202....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
1 SISSEJUHATUS	9
2 MONITOOBITAVA SEADME KIRJELDUS	11
2.1 Pakipressi hüdraulikasüsteemi kirjeldus	11
2.1.1 Hüdraulilised pumbad	11
2.1.2 Hüdrauliline töösilinder	12
2.1.3 Hüdraulikaplokk	13
2.2 Töödeldav toode	14
2.3 Pakipressi töösükli kirjeldus	14
3 MONITOOINGUSEADME VÄLJA TÖÖTAMINE	17
3.1 Seadme tööpõhimõte	17
3.2 Andurite kogutavate andmetüüpide valik	17
3.3 Hüdraulikasüsteemi survete mõõtepunktide valik	19
4 KOMPONENTIDE VALIK	23
4.1 Rõhuanduri valik	23
4.2 Vooluanduri valik	25
4.3 Kontrolleri sisendkaartide valik	25
4.4 Teiste komponentide valik	27
4.4.1 Kontrolleri valik	27
4.4.2 Elektrikilbi valik	28
5 PROGRAMMI JA KASUTAJALIIDESE KOOSTAMINE NING KIRJELDUS	29
6 MONITOOINGUSEADME ELEKTRIKILBI KOOSTAMINE NING PAIGUTUS TEHASES	33
7 VALMIS SEADME KOGUMAKSUMUS NING VÕRDLUS TURUL PAKUTAVATE SÜSTEEMIDEGA	35
7.1 Valmis seadme kogumaksumus	35
7.2 Võrdlus turul pakutavate seadmetega	35
7.2.1 Võrdlus HYDAC CMU 1000-ga	36
7.2.2 Võrdlus HYDAC HMU 4000-ga	38
KOKKUVÕTE	40
SUMMARY	41
KASUTATUD KIRJANDUS	42
LISAD	44
Lisa 1 Monitooringusüsteemi elektriskeem	44

Lisa 2 Pakipressi hüdraulikaskeem.....50

EESSÕNA

Lõputöös uuritud teema pakkus välja AS Estonian Cell hooldusjuht Olev Kaarlõp. Töö koostamisel sai autor palju häid nõuandeid ettevõtte hooldusosakonna liikmetelt.

Autor soovib tänada AS Estonian Cell-i hooldusosakonna liikmeid suurepärase toe eest: Olev Kaarlõp (hooldusjuht), Tarmo Veldi (mehaanikainsener), Rain Kuznetsov (diagnostik-tehnik), Ergo Põdersalu (noorem elektroonikainsener), Sergei Hramtsov (automaatikainsener), Jan Lahtvee (instrumendiinsener).

Seisukorrareire, seisukorrapõhine hooldus, puitmassi- ja paberitööstus, bakalaureusetöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

CMS	Seisukorraseire süsteem (ingl k. Condition monitoring system)
Decomp	Dekompressiooniklapp, täispikk tähis: 24-XV-0185-05
MPa	Megapaskal
sv A	Suunaventiil A , täispikk tähis: 24-HY-0185-03A
sv B	Suunaventiil B , täispikk tähis: 24-HY-0185-03B
sv C	Suunaventiil C , täispikk tähis: 24-HY-0185-03C
sv D	Suunaventiil D , täispikk tähis: 24-HY-0185-03D
sv E	Suunaventiil E , täispikk tähis: 24-HY-0185-03E
sv F	Suunaventiil F , täispikk tähis: 24-HY-0185-03F

1 SISSEJUHATUS

Tänapäevases tootvas tööstuses on konkurentsivõime suurendamiseks vajalik kasutada kõiki saadavalolevaid võimalusi. Tootva tööstuse puhul omab efektiivne seadmete hooldus tähtsat rolli tulenevalt ettevõtete soovist saavutada maksimaalne tootlikkus ning vähendada planeerimata seisakuid tootmises. Seoses kogunud hüdraulikasüsteemide ekspertide vananemisega ning sellega kaasneva pädeva tööjõu vähenemisega loodetakse, et arenevad diagnostikaseadmed vähendavad selle mõju [1]. Tänu arengutele elektroonikas on seadmete töö jälgimine reaalajas võimalik. Moodsate seadmetega on võimalik jälgida tootmiseseadmete töös suurt hulka parameetreid ning kontrollida seadmete tehnilist seisukorda reaalajas [2].

Reaalaja süsteemide eelisteks perioodilise monitooringu ees on võimekus pidevalt hinnata seadme seisukorda ning samuti on võimalik tuvastada lühiajalisi kõrvalekaldeid tavapärasest tööst, mis perioodilisel jälgimisel jääksid tuvastamata [3]. Reaalajasüsteemid võimaldavad ka koguda suurt hulka andmeid seadme töös tekkivate vigade statistiliseks analüüsiks. Reaalajasüsteemi abil koostatavad graafikud annavad hoolduspersonalile hea ülevaate seadme seisukorrast kus kõrvalekalded tavapärasest tööst on graafikutelt kiiresti märgatavad ning nende tekkepõhjuste tuvastamine lihtsustatud. On teada, et reaallajas jälgimise eeliseks on ka suurem seadme turvalisus, sest väga kiirelt tekkivad vead suudetakse tuvastada enne, kui tekitatakse suuremat kahju nii majanduslikult kui ka inimestele [4].

Pakipressi varasemaks diagnostikaks ettevõttes AS Estonian Cell kasutati digitaalset manomeetrit mis ühendati korruga ühe mõõtepunktiga, kasutades mõõtepunkte pakipressi hüdraulikaploki küljes. Suunaventiilide elektriliste probleemide leidmiseks kasutati voltmeetrit, ampermeetrit ning ampertange. Töö koostamise hetkeks on pakipressi vanuseks 14 aastat ning tänu vanusest tingitud kulumisele ja amortiseerumisele on probleemid seadme töös sagenenud. 2019. aasta novembris otsustati leida uusi võimalusi, kuidas suurendada pakipressi töökindlust ning vähendada tõrgetest tulenevat seisakuaega. Samuti sooviti vähendada valedest diagnoosidest tulenevat kulu varuosadele. Töö autori varasemast kogemusest tehase transportventilaatoritele paigaldatud veerelaagrite seisukorrasede süsteemiga arvab autor, et seisukorra reaallajas jälgimine on kiire ja täpne viis vigade tuvastamiseks. Seega soovis töö autor paigaldada reaallajas infot kuvava monitooringusüsteemi ka pakipressile.



Joonis 1. Digitaalne manomeeter SKF THGD 100

Antud töö raames valmib seisukorramonitooringusüsteem puitmassi tootmises kasutatavale hüdraulilisele pakipressile. Seadme eesmärk on lihtsustada diagnostikutel ja teistel hoolduspersonali liikmetel avastada ning täpselt tuvastada pakipressi töö käigus tekkivaid probleeme. Arvestades, et pakipress ei ole tootmisliinil dubleeritud, siis viga seadmes seiskab terve tootmisliini mis toob endaga kaasa suured kulud ettevõttele ning kaotatud tootmisaja seoses tootmisliini taaskäivitamisega. Sellel põhjusel on pakipressi vigade kiire avastamine ja nende likvideerimine suure tähtsusega.

Töös valmivale seisukorraseiresüsteemile seatud ettevõttepoolsed ootused on järgnevad:

- Jälgida reaajas hüdraulikasüsteemi sõlmedes olevat survet.
- Kontrollida elektriliste suunaventiilide töö täitmist (tagasiside loomine suunaventiilidele).
- Kuvada kogutud andmeid graafiliselt mehaanikutele, diagnostikule jt. hoolduspersonali liikmetele arusaadaval viisil.

Ootused on selliselt seatud põhjusel, et oleks võimalikult vara näha seadme kõrvalekaldeid normaalsest tööst. Kuna planeeritav hooldus pakipressil on võimalik ainult hooldusseisakute ajal, siis on tähtis hoolduspersonalil süsteemist kogutud andmetega hinnata vea tõsidusest tulenevat aega töö planeerimata katkemiseni.

2 MONITOOBITAVA SEADME KIRJELDUS

Monitooritavaks seadmeks on ANDRITZ AG poolt toodetud hüdrauliline puitmassipakipress ANDRITZ 124 00. Seadme gabariitmõõtmed on ligikaudu (pikkus x laius x kõrgus) 3150 x 2700 x 5900 (mm). Seadet juhib pakkimisliini operaator kasutades selleks pakkimisliini juhtsüsteemi. Seadme eesmärk on puitmassipakkide järelsurumine ettenähtud kõrgusele, et saavutada puitmassi unit-i transpordiks vajalik kõrgus. Puitmassi transpordiks kasutatav unit koosneb kuuest puitmassipakist [5]. Ebaühtlane paki kõrgus raskendab unit-i transporti ning ladustamist.

2.1 Pakipressi hüdraulikasüsteemi kirjeldus

2.1.1 Hüdraulilised pumbad

Töörõhu tekitamiseks kasutatakse kahte muudetava tootlikkusega aksiaalkolbpumpa. Pumpade tootjaks on Rexroth ning mudeliks on A4VS O 500 LR3GN/30R-PPH13N00 maksimaalse tootlikkusega $490 L * min^{-1}$ [6]. Töörõhu surve on piiratud reguleeritava ülerõhuklapi poolt maksimaalselt 32 MPa-ni. Pumpade mootorid on piiratud juhtsüsteemi poolt mootori nimivõimsusele 110 kW.

Kontrollrõhu tekitamiseks kasutatakse muudetava tootlikkusega aksiaalkolbpumpa. Pumba tootjaks on Rexroth ning mudeliks on A10VS O 45 DFR1 maksimaalse tootlikkusega $65 L * min^{-1}$ [7]. Kontrollrõhu surve on piiratud ülerõhuklapi poolt 10 MPa-ni.

Filtreerimiseks ning jahutamiseks kasutatakse krupipumpa mis surub õli läbi filtrite ning seejärel läbi vesi-õli soojusvaheti. Samuti kasutatakse pumpa süsteemi eeltäiteks peale hüdraulikasüsteemi hooldustöid. Pumba tootja on Parker ning mudeliks on GR 60 SMT 16B 500L. Pumba tootlikkuseks nimipööratel on $503 L * min^{-1}$ [8]. Surve ringluses on piiratud filtriplokis asuva möödavooluklapiga maksimaalselt 0,3 MPa-ni.

Tabel 2.1 Filtreerimis ning jahutus-pumba parameetrid[8].

			Operating pressure (bar)					
			5	10	20	30	40	
GR 60	440 L	440	l/min	438,8	436,0	413,0		
			KW	5,0	9,3	17,0		
	500 L	500	l/min	503,0	500,0	484,5		
			KW	6,2	11,0	19,0		

2.1.2 Hüdrauliline töösilinder

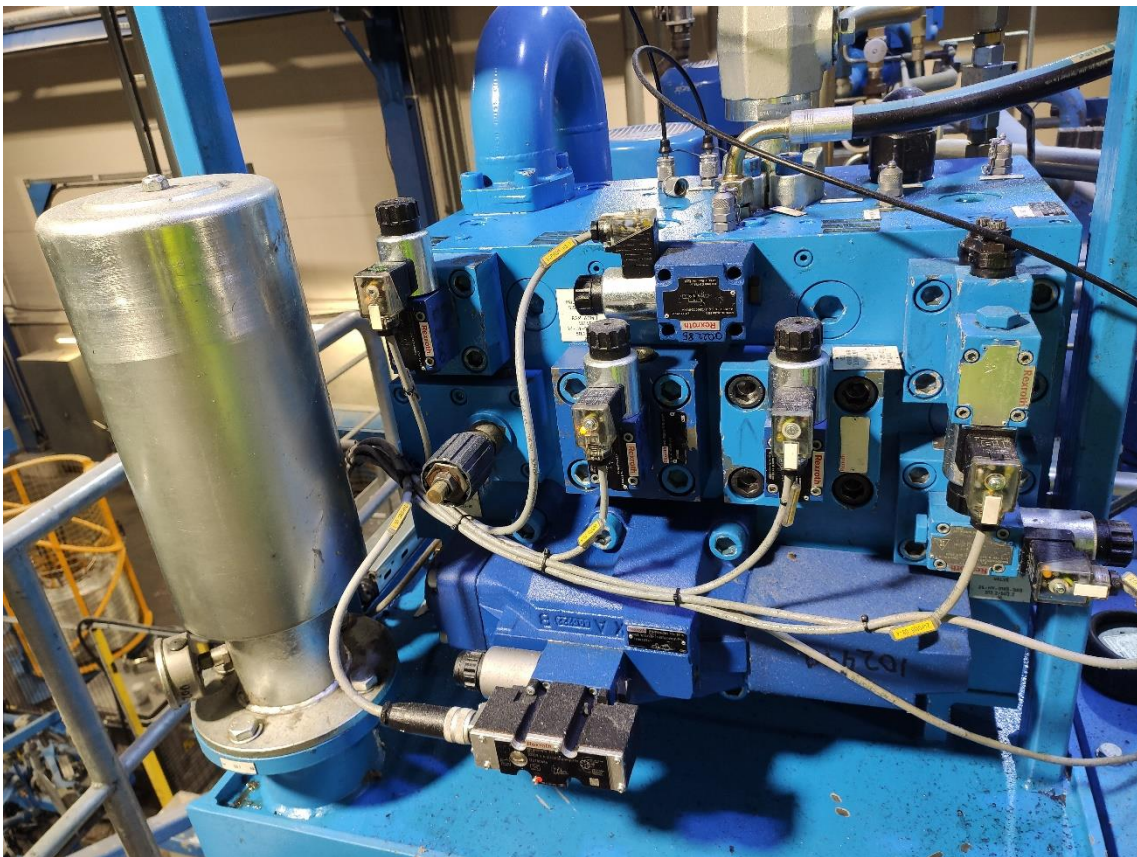
Pakipressi töösilinder on kahetoimeline hüdrauliline silinder mõõtudega 720 mm x 700 mm x 600 mm (silindri läbimõõt x kolvivarre läbimõõt x kolvikäik). Tootjaks on Rexroth ning mudeliks CY IPD ME7 /0720/0700/00600 A10/D1 QXUT WWN.

Tabel 2.2 Pakipressi hüdraulilise silindri parameetrid

REXROTH TYPE: CY IPD ME7 /0720/0700/00600 A10/D1 QXUT WWN		
MODE OF OPERATION DOUBLE ACTING	PULLING PUSHING	
BORE		720 mm
ROD DIAMETER		700 mm
STROKE LENGTH		600 mm
DESIGN PRESSURE	ROD SIDE BOTTOM SIDE	31.5 MPa 31.5 MPa
TEST PRESSURE	ROD SIDE BOTTOM SIDE	42 MPa 1 MPa
MAXIMUM PULLING FORCE		600 kN
MAXIMUM PUSHING FORCE		12000 kN
MAXIMUM SPEED	MOVING "OUT" MOVING "IN"	500 mm/sec 500 mm/sec
MINIMUM SPEED	MOVING "OUT" MOVING "IN"	0 mm/sec 0 mm/sec
HYDRAULIC MEDIUM		Mineral oil
MOVING FREQUENCY		4 /min
MOUNTING ANGLE ROD TO HORIZONTAL		ROD DOWN 90°
DESIGN TEMPERATURE		0 / +50 °C
ECCENTRIC FORCES (140mm ECCENTRIC)		12000 kN
THE AIRBLEEDERS HAVE TO BE AT THE HIGHEST POINT OF THE CYLINDER WHEN MOUNTED IN THE CONSTRUCTION		
SURFACE CONDITION: BORE : HONED ROD : CEC 2.0		±300 μm
CYLINDER IS NOT FILLED WITH OIL		
PRESERVATION: SHOTBLAST SA 2 1/2 ISO-8501-01 1 COAT SIGMACOVER PRIMER 1 INTERMEDIATE COAT SIGMACOVER CM MIOCOAT 1 TOP COAT SIGMADUR HB FINISH RAL 7047 AVERAGE DRY FILM THICKNESS (D.F.T.)		50 μm 75 μm 75 μm 200 μm

2.1.3 Hüdraulikaplokk

Pakipressi hüdraulikaplokile on kinnitatud elektriliselt juhitud suunaventiilid, käsitsi reguleeritavad ülerõhuklapid ning käsitsi reguleeritavad drosselid. Plokk on valmistatud terasest ning värvitud. Hüdraulikaploki sees on vedeliku liikumiseks valmistatud kanalid mis ühendavad ploki külge kinnitatud komponendid hüdraulikasüsteemi vajalike osadega. Ploki küljes on keermestatud avad mõõtepunktide jaoks, mis on tootja poolt varustatud mõõteseadmetele sobivate kiirliidetega. Kõikide suunaventiilide (va. Dekompressioon) all on juhtplaadid mis juhivad suunaventiili toimetaldrikklapptide tööd. Taldrikklapid eraldavad kontrollrõhul töötavaid suunaventiile ning juhtplaate tööõhul toimivatest peapumpadest ja töösilindrist. Dekompressiooniklapi puhul on tegu elektriliselt juhitava proportsionaalse suunaventiiliga.



Joonis 2.1 Pakipressi hüdraulikaplokk

2.2 Töödeldav toode

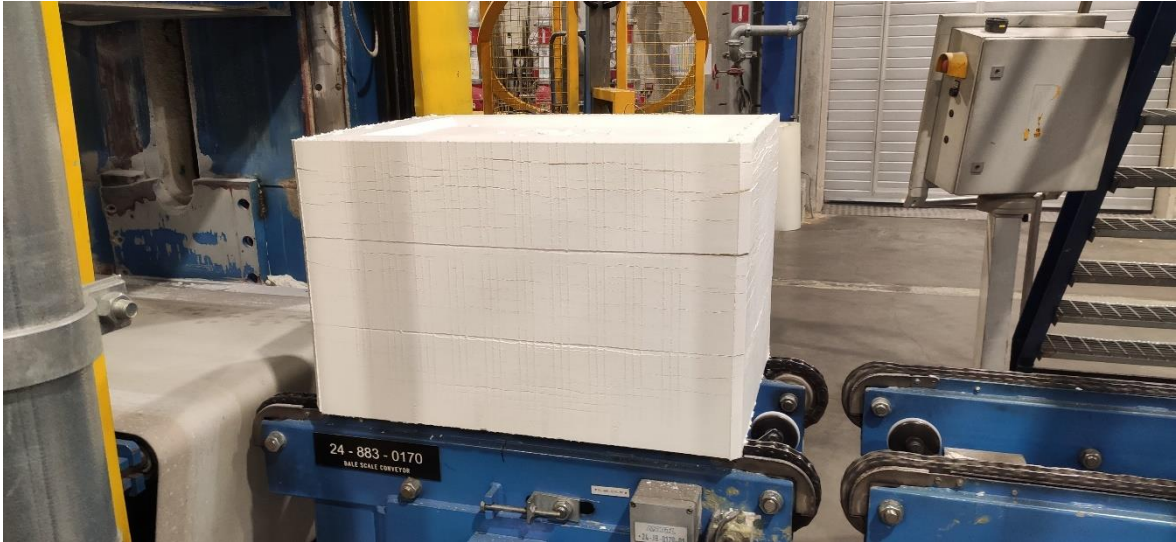
Töödeldavaks tooteks on pleegitatud keemiline termomehaanilise puitmassi pakid. Tehase tootmisosakonnast suunatakse pakkimisosakonda kuivatatud, helvestatud puitmass mis jaotatakse kruvikonveieritega kahe plaatpressi vahel. Plaatpressis pressitakse helvestatud puitmassist plaadid. Üks puitmassipakk koosneb kolmest kokkusurutud plaadist. Puitmassipaki mõõtmed enne pakipressi läbimist sõltuvad toodetava toote omadustest ning pakki koostava plaatpressi seadistusest.

Paki mõõtmed peale pakipressi läbimist: 90x63x49 (cm) toodete ASPEN 350/84 B ja ASPEN 350/85 HT puhul ning 90x63x51 (cm) toote ASPEN 450/80 HB puhul.

Puitmassi paki mass on 204 kg ASPEN 350/84 B ja ASPEN 450/80 HB puhul ning 219 kg ASPEN 350/85 HT puhul [5].

2.3 Pakipressi töötsükli kirjeldus

Puitmassipakid sisenevad pressi lintkonveieril liikudes kuni fotoelektrilise andurini, peale anduri laserkiire katkemist peatub lintkonveier ning algab paki surumine. Aktiveeruvad sv A, sv C, sv D ja sv F. Surumise alguses liigub silindri kolb koormuseta kiirel käigul alla kuni puitmassipakini jõudmiseni, peale mida jätkub surumine kuni jõutakse ettemääratud kõrguseni. Surumise kiirus sõltub paki kokku surumisel tekkivast koormusest töösilindrile. Ettenähtud surumiskõrguse saavutamisel hoitakse pakki surutuna surumiskõrgusel. Paki hoidmisaeg ning surumiskõrgus on muudetav operaatori poolt ning oleneb töödeldava toote omadustest. Peale surumist aktiveerub decomp, mis ühendab töösilindri mõlemad pooled paagiga, vabastades silindri survest. Järgmisena aktiveeruvad sv A, sv B ja sv E. Algab kolvi kiire ülesliikumine. Kolb liigub üles kuni on saavutatud operaatori poolt määratud algkõrgus. Viimaseks liigutatakse surutud pakk pressi alt välja lintkonveieril. Järgmise paki sisenemisel lintkonveierile kordub tsükkel.



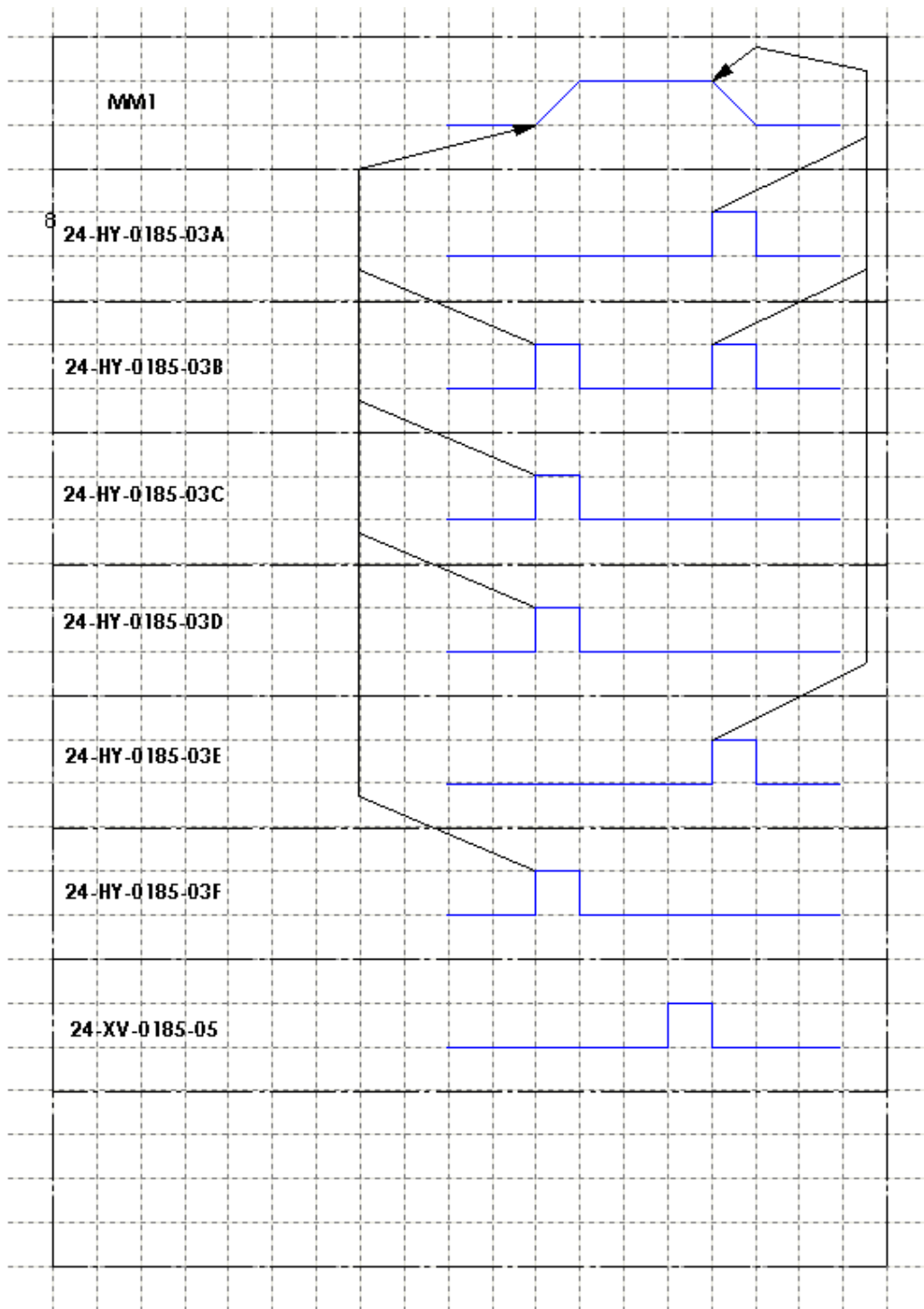
Joonis 2.2 Puitmassipakk pakipressi sisenemisel.



Joonis 2.3 Puitmassipakk pakipressist väljudes



Joonis 2.4 ja 2.5 Pakipressi lintkonveier



Joonis 2.6 Pakipressi hüdraulikasüsteemi funktsioonidiagramm

3 MONITOOHINGUSEADME VÄLJA TÖÖTAMINE

3.1 Seadme tööpõhimõte

Monitooringuseadme sisenditeks on õli surved valitud punktides hüdraulikasüsteemis, elektriliselt juhitavate suunaventiilide solenoidide tarbitavad voolud, pakipressi silindri asend, hüdraulikasüsteemi pumpasid vedavate mootorite koormused, hüdroõli paagi tase ning hüdroõli temperatuur. Surveanduritest tulev info liigub kontrolleri sisendkaartidesse ning sealt edasi kontrollerrisse. Kogutud õli surve andmed kuvatakse kasutajaliideses pakipressi hüdraulikaskeemi lihtsustatud kuval numbriliselt. Vooluanduritelt saadavat infot kasutatakse elektriliselt juhitavate suunaventiilide tagasisidestamiseks. Ülejäänud eelnevalt mainitud andmed võetakse olemasolevast pakkeliini juhtsüsteemist. Andmed salvestatakse ka tehase võrgus asuval kettal, mis võimaldab neid hiljem graafikul kuvada.

3.2 Andurite kogutavate andmetüüpide valik

Hüdraulilise õli surve ning töösilindri liikumiskiiruse jälgimine pideva väärtusena annab varakult märku seadme töös tekkivatest probleemidest. Ka väiksed kõrvalekalded õli surves mõjutavad märgatavalt pakipressi surumiskiirust. Seega otsustas töö autor hüdraulikasüsteemi survete anduritest saadavaid andmeid jälgida analoogväärtustena.

Solenoidi voolu jälgimine analoogväärtusena on kulukam kui diskreetse väärtusena ning omab väheseid eeliseid digitaalväärtuse ees. Pideva väärtusena on võimalik tuvastada solenoidi osaline lühistumine, mis kajastub tavapärasest kõrgema solenoidi läbiva vooluna. Magnetvälja tugevust solenoidis kirjeldab valem 3.1.

$$B = \mu_0 * \frac{N*I}{l} \quad (3.1)$$

Kus B – Solenoidi magnetvälja tugevus

μ_0 – magnetiline konstant

N – Solenoidi keerdude arv

I – Solenoidi läbiv vool, A

l – Solenoidi pikkus, m

Valemist 3.1 järeldub, et osaliselt lühistunud solenoidi vähenenud keerdude arv vähendab suunaventiili tööelemendile mõjuvat magnetvälja.

Kuid on teada, et alalisvooluga töötavate suunaventiilide solenoidid jätkavad oma funktsiooni täitmist ka suure osa solenoidi keerdude lühistumise korral. Kuna solenoidi keerdude lühistumisel väheneb mähise takistus, siis pinge konstantsusel kasvab solenoidi läbiv vool. Mähise läbiva voolu kasvades kasvab ka mähiselt eralduv soojushulk, mis omakorda tõstab mähise temperatuuri [4]. Kõrgetel temperatuuridel kiireneb solenoidi keerdude lühistumine ning selle tagajärjel lõpetab suunaventiil väga kiirelt töö, kuid solenoidi tavapärasest kõrgem temperatuur on kergelt tuvastatav regulaarse kontrolliga [2]. Kuna ettevõttes kontrollitakse pakipressi igapäevaselt seadme operaatori poolt, kelle vastutus on kontrollida ka suunaventiilide temperatuuri, siis ei pidanud töö autor suunaventiilide voolude pidevat jälgimist vajalikuks. Seega otsustati suunaventiilide solenoidide voolu jälgimisel digitaalväljundiga anduri kasuks. Anduri lülitustasemeks seatakse solenoidi nimivool pingel 24 VDC -10%. Lülitustaseme väärtus valiti väiksem solenoidi nimivoolust nimipingel, kuna sooviti vähendada valealarme, suurendades sellega seadme alarmide usaldatavust. Kuna suunaventiilide toitevõrgus võib esineda pinge kõikumisi või muid ettenägematud kõrvalekaldeid siis töö autori hinnangul on kindlaim viis valealarmide vältimiseks vähendada lülitusnivood.

Tabel 3.1 Suunaventiilide solenoidide andmed

Suunaventiilid pressil	sv B, sv C, sv E, sv F	sv A	sv D	Decomp
Tootja	REXROTH	REXROTH	REXROTH	REXROTH
Mudel	M-3 SED 6 UK1X/350CG2 4N9K4	M-3 SED 10 CK1X/350CG2 4N9K4	M-3 SED 6 CK1X/350CG2 4N9K4	4 WRZE 32 EA- 520- 7X/6EG24N9K 31/F1V
Nimipinge	24 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC
Solenoidi võimsus	30 W	30 W	30 W	-
Solenoidi nimivool (arvutatud võimsusest va. Decomp)	1.25 A	1.25 A	1.25 A	MAX 2.5A
Solenoidi lülitusvool monitooringuse admel	1.125 A	1.125 A	1.125 A	2.25 A

3.3 Hüdraulikasüsteemi survete mõõtepunktide valik

Mõõtepunktide valikul lähtus töö autor võimalike vigaste komponentide võimalikult kiirest ning täpsest tuvastamisest. Sellega seoses mõõdavad mitmed punktid seadme erinevates tööetappides samade ringluste surveid. Peamised komponendid mille vigu soovitakse tuvastada on suunaventiilid, kuid seadme varasemas töös on olnud vigased ka suunaventiilide kontrollkaaned, peapumbad ning kontrollpump. Kõike eelnevat arvestati mõõtepunktide valikul.

Tabel 3.2 Mõõtepunktide loetelu

Point on hydraulic diagram	Tag name	Description	Sensor type	Measuring range	Sensor Output	Remarks
522		Valve A Current	Current (A)	0-1,5	Relay, Dry contact	
520.4		Valve B Current	Current (A)	0-1,5	Relay, Dry contact	
520.3		Valve C Current	Current (A)	0-1,5	Relay, Dry contact	
521		Valve D Current	Current (A)	0-1,5	Relay, Dry contact	
520.2		Valve E Current	Current (A)	0-1,5	Relay, Dry contact	
520.1	212MV3_HYF.FBO	Valve F Current	Current (A)	0-1,5	Relay, Dry contact	
530		Valve Decompression Current	Current (A)	0-1,5	Analog	
444.1		Main pump 1 turbovalve current	Current (A)	0-1,5	Analog	
444.2		Main pump 2 turbovalve current	Current (A)	0-1,5	Analog	
	212MG3/24-ZI-0185-08	Piston position	Distance (cm)	0-100	PROFIBUS	Existing sensor
561.3		prefill control valve pressure	Pressure (bar)	0 - 150	4..20 mA (2DMU)	
561.2		Cylinder rod side pressure	Pressure (bar)	0 - 400	4..20 mA (2DMU)	
561.5		Main pump pressure at block	Pressure (bar)	0 - 400	4..20 mA (2DMU)	
561.4		Rod side pressure at block	Pressure (bar)	0 - 400	4..20 mA (2DMU)	
561.1	212MP2/24-PI-0185-04	Cylinder head side pressure	Pressure (bar)	0 - 400	4..20 mA (2DMU)	Existing sensor

349.1		Control oil pump pressure	Pressure (bar)	0 - 150	4..20 mA (2DMU)	
349.2		Control oil pump adjustment pressure	Pressure (bar)	0 - 150	4..20 mA (2DMU)	
140	212HT1/24-TI-0185-02	Tank oil temperature	Temperature (C)	0-100	4..20 mA (2DMU)	Existing sensor

Mõõtepunkt M1 561.7 Operating pressure

Antud mõõtepunkt näitab survet silindri tööpoolel. Silindri ülesliikumisel surve olemasolu punktis M1 näitab, et eeltäiteklapp ei avane täielikult. Maksimaalne surve mõõtepunktis on piiratud 32 MPa-ni reguleeritava ülerõhuklapi poolt. Mõõtepunktis on kasutusel pakipressi tootja poolt paigaldatud surveandur, mis juhib decomp tööd. Kuigi hüdraulikaplokis on mõõtepunkt M1 dubleeritud, siis otsustas töö autor kasutada olemasolevat andurit. Anduri kogutud andmed saadi pakipressi juhtsüsteemist.

Mõõtepunkt M2 561.2 Cylinder rod side pressure

Nimetatud mõõtepunkt mõõdab õlisurvet töösilindri kolvivarrepoolses osas. Andurist saadava infoga on võimalik jälgida survet, millega toimub kolvi ülesliikumine. Samuti on selle anduri infoga näha pressi töösilindri alla liikumisel taldrikkklapi 503.2 lekkeid, vigu kontrollkaane 513.2 töös ning sv B töös. Eelnimetatud vead kajastuvad survena mõõtepunktis. Maksimaalne surve mõõtepunktis on piiratud reguleeritava ülerõhuklapiga 25 MPa-ni.

Mõõtepunkt M3 561.3 Prefill Control valve pressure

Nimetatud mõõtepunkt näitab töösilindri eeltäiteklapi juhtsurvet. Mõõtepunktiga saab kontrollida klapi mõjuvat õlirõhku. Samuti saab sellega kontrollida suunaventiili A tööd. Rõhk mõõtepunktis silindri alla liikumise ajal tähendab, et silindri peal asuv eeltäiteklapp võib olla mingil määral avatud ning vähendada silindri allaliikumisel surumiskiirust. Liigse avatuse korral takistab eeltäitmisklapp silindrit jõudmast operaatori poolt määratud madalaimasse asendisse survekao tõttu.

Mõõtepunkt M4 561.4 Cylinder rod side pressure at hydraulic block

Antud mõõtepunkt mõõdab silindri kolvivarre poolde suunatud kanalis olevat rõhku. Selle mõõtepunkti ja M2 koostöös saab välistada suunaventiili B tõrkeid. Ülesliikumisel näitab kahe anduri survete vahe mis on rohkem kui 0,2 MPa viga suunaventiili B töös. Allaliikumisel survete vahe üle 0,2 MPa tähistab samuti viga suunaventiili B töös.

Mõõtepunkt MP 561.5 Main pressure line at hydraulic block

Antud mõõtepunkt mõõdab peapumpade tekitatavat töö rõhku hüdraulikaplokis. Koos mõõtepunkti M1-ga saab välistada suunaventiili F ning taldriklapi 501.1 töö tõrkeid. Kui survete vahe on suurem kui 0,2 MPa siis võib eksisteerida viga suunaventiili F töös.

Mõõtepunkt MB 349.1 Control oil pump pressure

Antud mõõtepunkt mõõdab kontrollringluse survet. Kui kontrollringluse surve langeb liiga madalale, siis halveneb või katkeb suunaventiilide, kontrollkaante ning taldriklappide töö.

Mõõtepunkt MX 349.2 Control oil pump stroke adjustment pressure

Antud mõõtepunkt kuvab survet kontrollrõhu pumba tootlikkuse reguleerimise ringis. Mõõtepunkt valiti kontrollimaks pumba tootlikkuse kontrollmehhanismi tööd. Surve suurenedes mõõtepunktis väheneb kontrollpumba tootlikkus.

4 KOMPONENTIDE VALIK

Seadme komponentide valimisel lähtuti seadmele püstitatud eesmärkidest, vajalikust mõõtepiirkonnast, hinnast, saadavusest ja varasematest kogemustest erinevate tootjate seadmetega.

4.1 Rõhuanduri valik

Rõhuanduri valikul oli olulisteks kriteeriumiteks: hind, kiire saadavus ning sobiv mõõtepiirkond. Ettevõtte ostuosakonna koostööpartneritelt saadi kaks pakkumist: Parker HDA4745-A-400-031 ning SICK 07PBTRB400SG1SSNALA0.

Tabel 4.1 Rõhuandurite andmed [9] [10]

Parameeter	SICK 07PBTRB400SG1SSNALA0	Parker HDA4745-A-400-031
Hüdrauliline ühendus	G 1/4"	G 1/4"
Elektriline ühendus	EN175301-803	EN175301-803
Mõõtepiirkond	0-40 MPa	0-40 MPa
Anduri väljundi tüüp	4-20 mA	4-20 mA
Purunemissurve	170 MPa	200 MPa
Saadavus	AS Hydroscand kauplused, kohene kättesaadavus	Tellimisel, tarneaeg alates 5 tööpäeva
Hind	161,25 (eur)	520,98 (eur)

Kahe anduri võrdluses osutus valituks SICK andur. Selle eelised Parkeri poolt pakutava ees on hind ning saadavus. Parkeri eeliseks on ettevõtte automaatikute kogemuste põhjal töökindlus, kuid kuna monitooringuseadme näol on tegu informatiivse seadmega, mis tootmiseseadmeid ei juhi, siis arvestades andurite hinnavahet on töö autori hinnangul odavama anduri kasutamine õigustatud.



Joonis 4.1 Rõhuandur SICK 07PBTRB400SG1SSNALA0 [10]

Vooluanduri päringule saadi ostuosakonnalt samuti kaks pakkumist: Weidmüller ACT20C-CMT-10-AO-RC-S ning Phoenix contact MCR-S-1/5-UI-DCI - 2814634 T.

Tabel 4.2 Vooluandurite andmed [11] [12]

Parameeter	Weidmüller	Phoenix contact
Mõõtepiirkond	0...5/10 A	0...11 A
Hind (tk)	109.35 (eur)	320 (eur)
Anduri tüüp	Hall'i efekt	Hall'i efekt
Väljundi tüüp	Analog (0...20 mA; 4...20 mA; -20...20 mA) Digital (relay with configurable hysteresis)	Analog (0...20 mA; 4...20 mA; 20...0 mA; 20...4 mA) Digital (relay with configurable hysteresis)

4.2 Vooluanduri valik

Vooluandurite valimisel sai otsustavaks andurite hind. Weidmüller-i anduritel on vaja tööks eraldi lüüsi (ACT20C-GTW-100-MTCP-S) hinnaga 219,9 eurot ning terminaatorit, kuid ka koos eelnimetatuga on 9 anduri komplekt odavam kui Phoenix contact-i andureid kasutades.

Vooluanduriteks valiti Weidmüller ACT20C-CMT-10-AO-RC-S. Anduritega suhtlemiseks on kasutusel Weidmülleri gateway ACT20C-GTW-100-MTCP-S. Andurite seadistamine käib kasutades Weidmülleri andmesiini, läbi mille saavad andurid toite, seadistuse ning seadistamiseks vajaliku suhtluse. Kõik andurid on individuaalselt adresseeritavad DIP lülititega. Väljunditüübiks valiti digitaalväljund. Andur on ühendatud NC ühendusena, eelnevalt arvutatud lülituspunktidega. NC ühendus on eelistatud, sest anduri toite kadumisel käitub andur samalt kui suunaventiili solenoid ei tarbiks voolu, mis annab alarmi.

4.3 Kontrolleri sisendkaartide valik

Kontrolleri sisendkaardid valiti Siemens-i tootekataloogist, kuna kasutatav kontrolleri on Siemensi poolt toodetud ning pakkimisosakonna juhtsüsteem on valmistatud Siemensi toodetega. Samuti on ettevõtte automaatikainseneril pikaajaline kogemus Siemens-i toodetega. Digitaalsisendite kaart valiti sisendite varuga, kuna pakipressist järgmine seade on paberimähkur, millega on samuti probleeme esinenud. Sellega seoses, arvestades võimalikke seisukorrasüsteemide laiendusi tulevikus jäeti koostatavasse süsteemi vabu sisendeid. Analoogsisendkaartidel jääb üle kaks sisendit, mis võivad süsteemi paberimähkurile laiendamisel kasutust leida.

Tabel 4.3 Sisendkaartide andmed

Order Nr.	Description	Quantity	Price
6ES7131-4BF00-0AA0	Electronic module, 8DI, 24V DC, standard (1 pc.)	1	46.60
6ES7134-4GD00-0AB0	Electronic module, 4AI, I, standard, for 2-wire	2	174.00

Tabel 4.4 Hinnavõrdlus sisendi tüüpide vahel

Sisendi tüüp	Digitaal	Analoog
Vajalik sisendite kogus	9	9
Vajalik kogus seadmeid	2	3
Ühe seadme maksumus (eur)	46.6	174
Seadmete kogusumma (eur)	93.2	522
Ühe sisendi hind (eur)	10.35556	58

Seega on ühe digitaalsisendi paigaldamine 5 korda odavam kui analoogsisendi paigaldus.



Joonis 4.2 Voolumõõtja Weidmüller ACT20C-CMT-10-AO-RC-S

4.4 Teiste komponentide valik

4.4.1 Kontrolleri valik

Kontrolleriks kasutati juba varasemalt pakkimisosakonda paigaldatud SIEMENS SIMATIC S7-400 CPU 416-3 tootekoodiga 6ES7416-3ES07-0AB0. Kuna antud kontrolleri võimsus ei olnud täielikult kasutatud siis otsustati seadme koostamisega seonduvate kulude vähendamiseks lisada loodav süsteem selle kontrolleri alla.

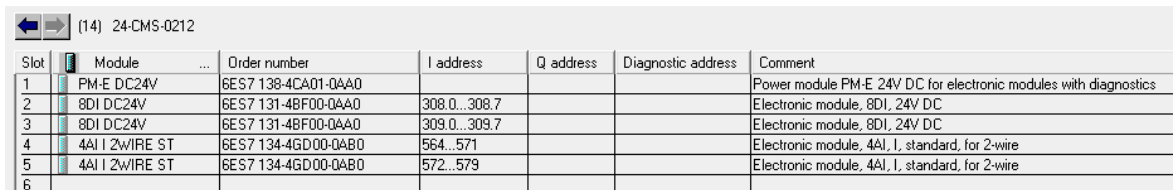
4.4.2 Elektrikilbi valik

Elektrikilbiks valiti Rittal 500x500x300 (mm) roostevabast terasest elektrikilp. Kilp valiti selliste omadustega, kuna selle sisse mahuvad kõik kasutatavad komponendid ning see on sama viimistlusega nagu teised kilbid ettevõtte pakkimisosakonnas.

Kilbis tehtavateks kaabliühendusteks kasutati phoenix contacti kontakte.

5 PROGRAMMI JA KASUTAJALIIDESE KOOSTAMINE NING KIRJELDUS

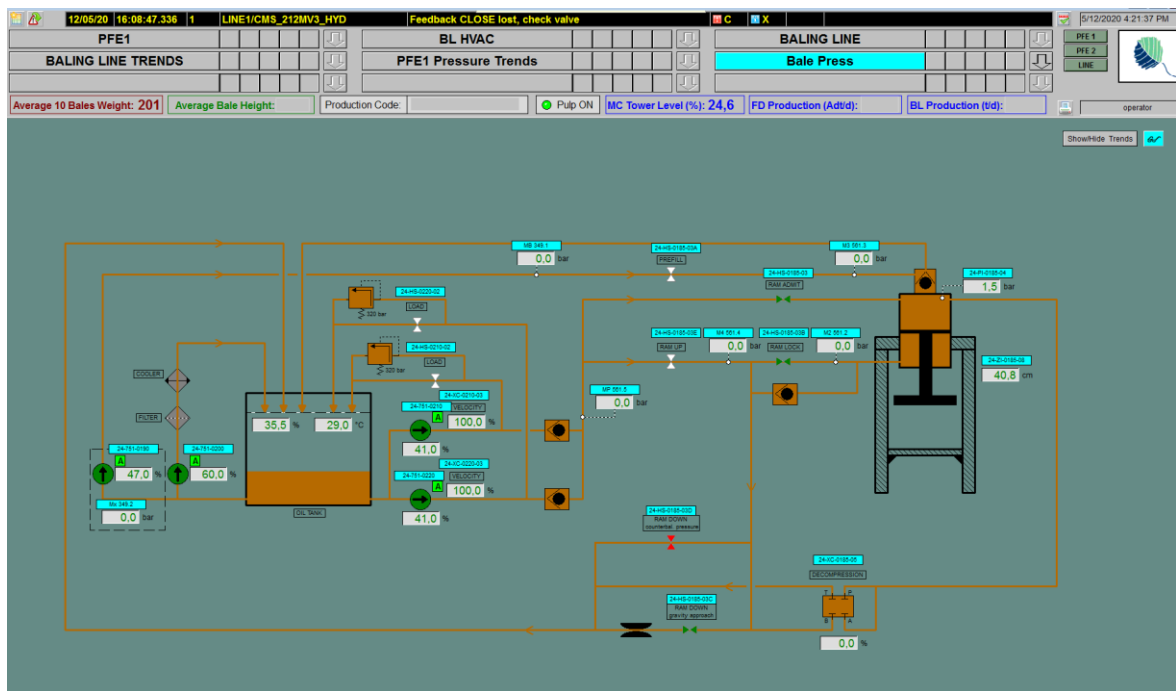
Seade kasutab tööks Siemens SIMATIC STEP7 seeria kontrolleri, seega on programm kirjutatud Siemensi STEP 7 programmeerimiskeskonnas.



Slot	Module	Order number	I address	Q address	Diagnostic address	Comment
1	PM-E DC24V	6ES7 138-4CA01-0AA0				Power module PM-E 24V DC for electronic modules with diagnostics
2	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	308.0...308.7			Electronic module, 8DI, 24V DC
3	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	309.0...309.7			Electronic module, 8DI, 24V DC
4	4AI 12WIRE ST	6ES7 134-4GD00-0AB0	564...571			Electronic module, 4AI, 1, standard, for 2-wire
5	4AI 12WIRE ST	6ES7 134-4GD00-0AB0	572...579			Electronic module, 4AI, 1, standard, for 2-wire
6						

Joonis 5.1 Pakipressi monitooringusüsteemi seadmete PROFIBUS DP adressid

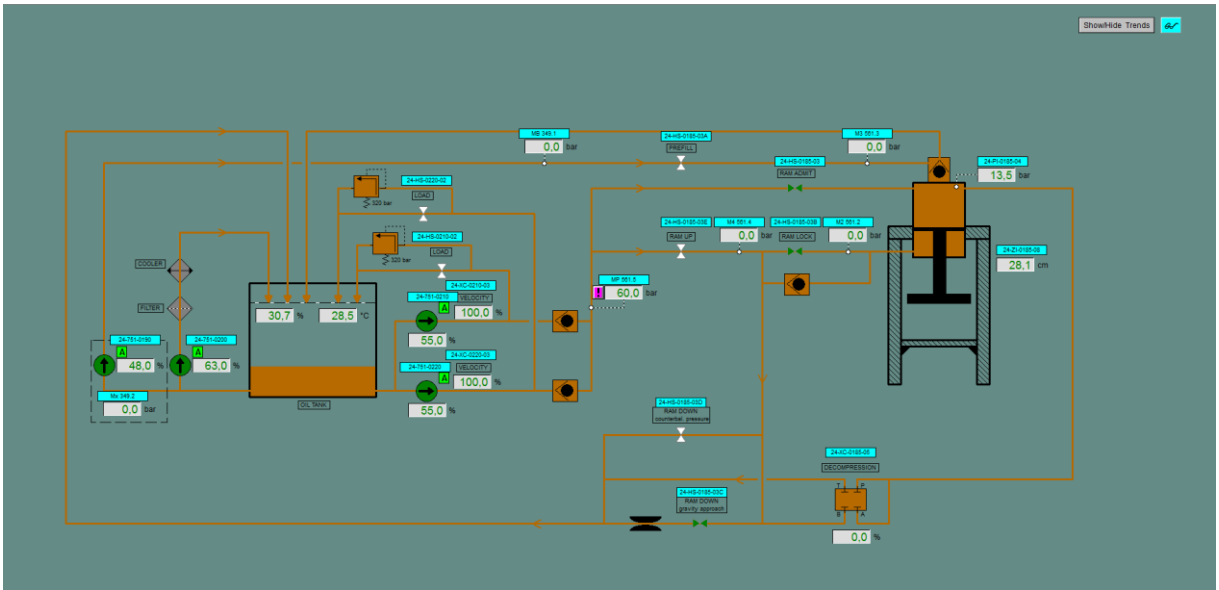
Suunaventiilide solenoidide voolu mõõtmisega programmeeriti tagasiside süsteem, kui solenoidi vooluandur ei tuvasta lülitamiseks vajalikku voolu 200 ms jooksul avamiskäsust, siis annab süsteem alarmi suunaventiili tõrke kohta. Alarmid seati ka suunaventiili sulgumisele, kui vool solenoidis ei lange alla lülituspunkti 200 ms jooksul peale juhtsüsteemi poolt antud käsku, siis kuvatakse alarm suunaventiili tõrke kohta. Alarmi põhjustanud suunaventiil kuvatakse kasutajaliidesel punasena, ning kasutajaliidese ülaossa kuvatakse suunaventiili nimetus programmis ning alarmi tekitanud käsk.



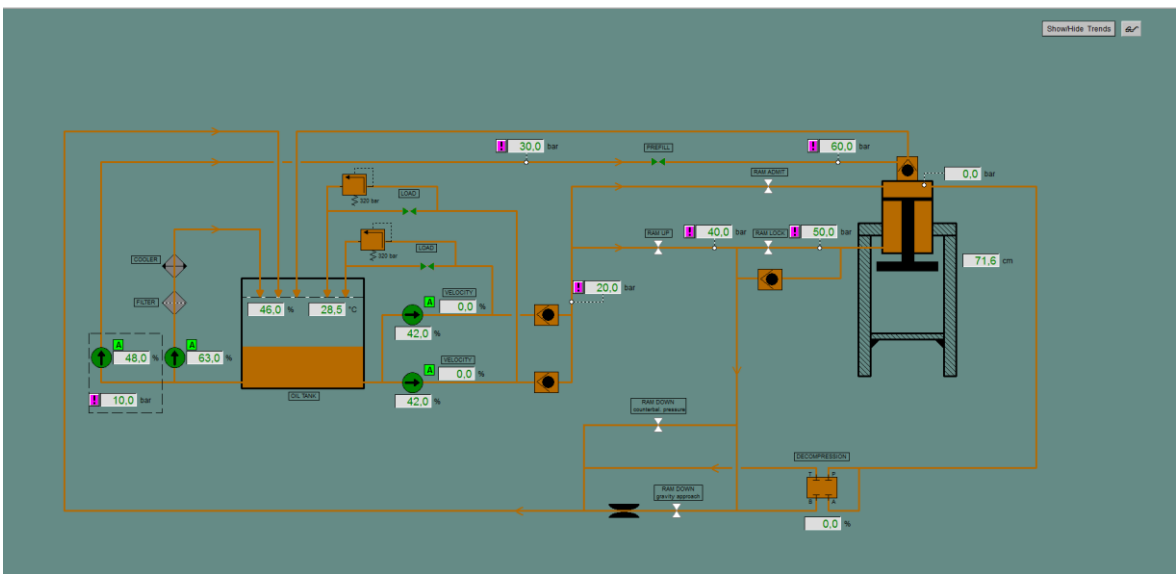
Joonis 5.2 Alarm solenoidi sulgemisel.

Kasutajaliideses on kuvatud pressi hüdrauliliste pumpade mootorite koormus. Mootori koormust kuvatakse protsendina maksimumist. Mootori koormus, pressi silindri asendi väärtus ning hüdropaagi õlitaseme ning temperatuuri andmed on samuti võetud pakkimisliini juhtsüsteemist.

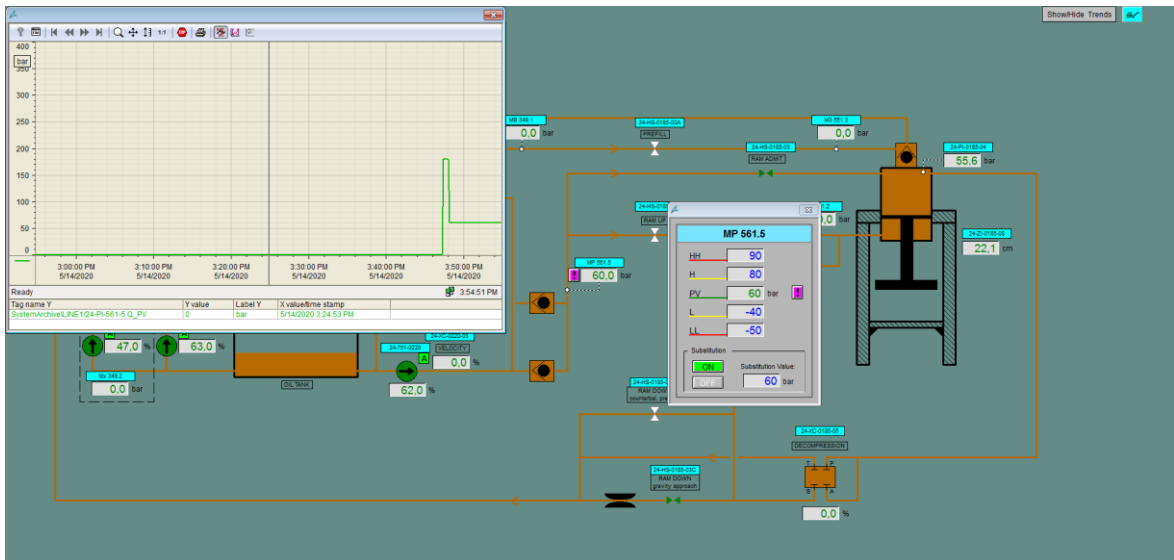
Kasutajaliidese põhjaks on pakipressi lihtsustatud hüdraulikaskeem, millel on kujutatud tähtsamad süsteemi osad. Kõik õli surve mõõtepunktid kuvavad andurilt saadud väärtusi reaajas. Visualiseering koostati programmis SIMATIC WinCC V7. Kasutajaliidesel liigub kuvatav vastavalt pakipressi töösilindri asendiandurist saadud infole. Õlitase paagi liigub õlitaseme andurist saadud info põhjal.



Joonis 5.3 Kasutajaliidesel kuvatavad andmed koos nimetusega.



Joonis 5.4 Simuleeritud surveväärtused kasutajaliidesel.

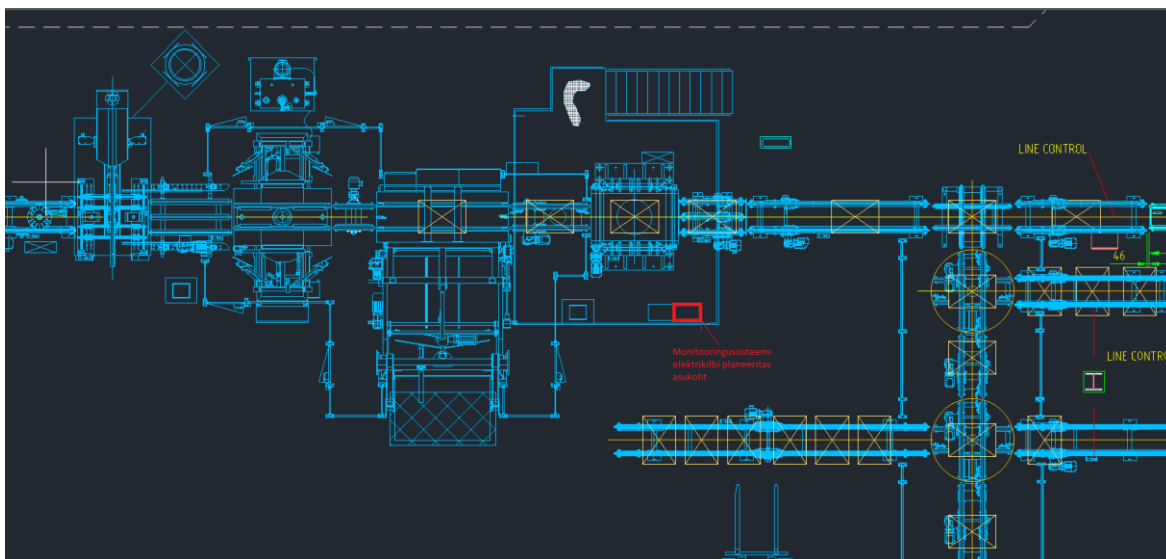


Joonis 5.5 Mõõtepunkti alamennüü ning tulemuste graafilise kujutus.

6 MONITOORINGUSEADME ELEKTRIKILBI KOOSTAMINE NING PAIGUTUS TEHASES

Monitooringuseade koostati eraldi elektrikilpi. Elektrikilp paigutati ettevõtte pakkimisosakonda, pakipressi juhtsüsteemi elektrikilbi peale. Kilbid ühendati omavahel mõlema kilbi korpusesse puuritud läbiviiguga. Läbiviigu puurimisega puudub vajadus ka eraldi suruõhuliini ning drosseli paigaldamiseks, sest pakipressi juhtsüsteemi kilbis on suruõhk juba olemas. Pakkimisosakonna elektrikilpidesse tekitatakse ülesurve, kasutades tehase suruõhusüsteemist tulevat õhku. Ülerõhk on vajalik, kuna puitmassipakkidelt lendub enne pressimist tolmu, mis võib kahjustada kilpides asuvaid komponente. Seadme toiteploki tarbeks vajalik 220 VAC toide võetakse pakkimisosakonnas asuvast vabast kaitsmest.

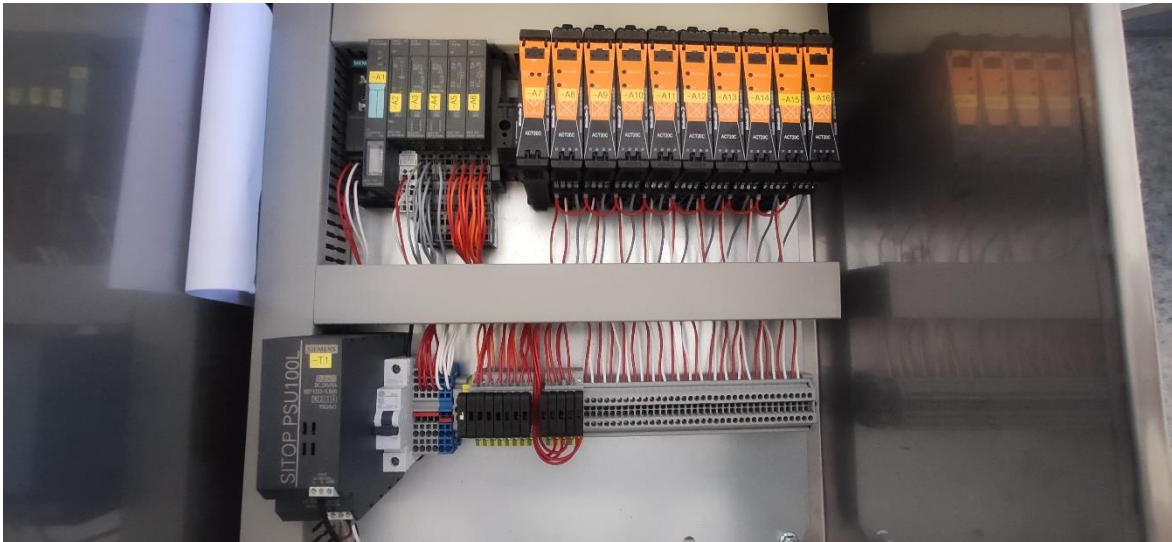
Süsteemi surveandurid paigaldatakse pakipressi hüdraulikaplokile tehase hooldusseisaku ajal. Igale surveandurile veetakse eelnevalt kahe juhiga kaabel seisukorraseire süsteemi elektrikilbist mööda olemasolevaid kaabliredeleid.



Joonis 6.1 Pakipressi asendiskeem tootmisliinil.

Vooluandurid paigaldatakse monitooringusüsteemi kilpi, DIN relsile. Vooluanduri ehitusest ja tööpõhimõttest lähtuvalt peab juhett läbiva voolu saamiseks vedama pakipressi juhtsüsteemi kaablid läbi vooluandurites olevate avavuste. Sellega seoses muutub pakipressi juhtsüsteemide elektriskeem. Varasemaid kaableid pikendatakse juhtkilbist seiresüsteemi kilpi, kus need ühendatakse kontaktidega. Kontaktidelt liigub varasemalt

kilpi paigaldatud juhe läbi vooluanduri avavuse ning liitub kontaktiga, millega ühendatakse varasemalt suunaventiilidesse minevad kaablid. Lisaks vooluanduritele paigaldati DIN relsile ka sisendkaardid, Weidmüller lüüs, lisakaitse vahelduvvoolu toitele, vajalikud ühenduskontaktid ning süsteemi toiteplokk.



Joonis 6.2 Koostatud elektrikilp enne paigaldust.

7 VALMIS SEADME KOGUMAKSUMUS NING VÕRDlus TURUL PAKUTAVATE SÜSTEEMIDEGA

7.1 Valmis seadme kogumaksumus

Seadme koostamisel jääd eelarve piiridesse. Autorile üllatuslikult kujunes seade märgataval odavam kui esialgsel hinnangul. Suurt osa mängis kokkuhoiusurveandurite valik ning otsus mõõta vooluandurite väljundeid digitaalväärtusena. Samuti aitas kulused kokku hoida olemasoleva kontrolleri kasutamine. Järgneb seadme koostamise kogukulu (va tööjõukulu).

Tabel 7.1 Monitooringuseadme kogumaksumus ning selle komponendid

Kategooria	Surveandurid	Vooluandurid	Kontaktid	Weidmüller gateway	Elektrikilp	Analog sisendi kaardid	Digitaalsisendi kaardid	Siemens toiteplokk
Kogus (tk)	6	9	100	1	1	2	2	1
1tk hind	161.25	109.35	0.36	219.9	293.6	174	46.6	69
Kogu hind	967.5	984.15	36	219.9	293.6	348	93.2	69
Monitooringuseadme kogumaksumus:			3011.35	(eur)				

7.2 Võrdlus turul pakutavate seadmetega

Hüdraulikaseadmete seisukorrareseadmeid on turul saadavad. Suurem osa nendest on suunatud hüdraulikasüsteemi vedeliku seisundi hindamisele. Hüdraulikasüsteemide

komponentide tootja HYDAC pakub mobiilset ning statsionaarset monitooringusüsteemi hüdraulikasüsteemi rõhkudele ning mitmeotstarbelistele analoog ja digitaalsisenditele.

7.2.1 Võrdlus HYDAC CMU 1000-ga

HYDAC CMU 1000 on statsionaarne monitooringuseade hüdraulilistele süsteemidele. On võimalik näha, et valitud mõõtepunktide ning andmetüüpide tarbeks jääb seade puudulikuks. Mõõtepunktides on kirjeldatud 6 analoogväärtusena mõõdetavat survet ning 9 diskreetse väärtusena mõõdetavat suunaventiili solenoidi voolu. Sellise mõõtepunktide valikuna jääks puudu 5 digitaalsisendit. Selleks, et see seade sobiks, siis peaks tegema muudatusi mõõdetavate andmete tüüpides. Voolu mõõtmine peaks toimuma analoogväärtuste ja digitaalväärtuste kombinatsioonina. Kuna voolumõõtjad täidaks tavalised analoogsisendid, siis peaks süsteemi survete mõõtmiseks kasutama HYDAC-i toodetud HSI (Hydac Sensor Interface) funktsionaalsusega andureid või SMART andureid, mis on märgatavalt kallimad kui tavalised, 4-20 mA väljundiga andurid. Antud andureid ei saaks kasutada mujal süsteemides, sest selle tööpõhimõttega andurid pole mujal tehases kasutusel.

Technical data:

Supply		
Input voltage	18.0 .. 35.0 V DC	
Current consumption	max. 1.5 A	
Reverse polarity protection	-30 V	
Insulation voltage	+40 V	
Connection of sensors	Up to 8 sensors with HSI functionality or up to 8 SMART sensors ¹⁾ and in addition up to 8 analogue sensors and up to 4 digital sensors 4 x digital / 2 x digital + 2 x frequency / 3 x digital + 1 x frequency	
Analogue inputs		
Channels I and J (accuracy)	4 .. 20 mA 0 .. 20 mA 0.5 .. 4.5 V 0 .. 10 V	($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.)
Channels K and L (accuracy)	4 .. 20 mA 0 .. 20 mA 0.5 .. 4.5 V 0 .. 50 V -10 .. +10 V	($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.2$ % FS max.) L only!
Channels M and N (accuracy)	4 .. 20 mA 0 .. 20 mA 0.5 .. 4.5 V	($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.)
Channels O and P (accuracy)	4 .. 20 mA 0 .. 20 mA 0.5 .. 4.5 V -10 .. +10 V	($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.1$ % FS max.) ($\leq \pm 0.2$ % FS max.) P only!
Digital inputs		
Quantity	4, of which 2 are for frequency measurements (channels Q and R)	
Trigger threshold	approx. 2 V	
Dynamics	30 kHz	
Measurement channels		
Quantity	32 – one measurement channel can be a value of a connected sensor (also a subchannel of a SMART sensor) or a value derived (calculated) from sensor data.	
Analogue outputs		
Quantity	2	
Type	Individually selectable, current (4 .. 20 mA) or voltage (0 .. 10 V)	
Digital outputs		
Quantity	4	
Type	Relay output, change-over contact	
Switching capacity	30 V DC / 1 A	
Calculation unit		
Analogue value recording	12 bit A/D converter	
Note: ¹⁾ SMART sensors (Condition Monitoring Sensors) are a generation of sensors from HYDAC which can provide a variety of different measured values.		

11

Interfaces	
Keypad	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 arrow keys (up, down, right, left) ● OK key ● ESC key
Display (with LED backlight)	<ul style="list-style-type: none"> ● Two-line LCD display (2 x 16 characters) ● Additional display of status information via 3 different-coloured LEDs possible
USB mass storage device ²⁾	<ul style="list-style-type: none"> ● USB 1.1 / USB 2.0 full speed interface for connection of a mass storage device (memory stick) ● Female connection type "A".
Ethernet, supported protocols	<ul style="list-style-type: none"> ● RJ 45 8/8 Ethernet interface ● HTTP Server ● TCP/IP
Serial Interface 0 (UART 0)	<ul style="list-style-type: none"> ● Implementing an RS 232 or an HSI master interface ● Change-over user-programmable ● Connection via plug-in terminals ● No handshake lines
HSI Master	Cascading the CMU
USB device	<ul style="list-style-type: none"> ● USB 1.1 / USB 2.0 full speed interface for connecting a PC/laptop for configuration of the CMU ● Female connection type "B".

Cycle time	
Determined independantly at program start	
Current cycle time can be displayed in CM Editor	
Operating and environmental conditions	
Operating temperature	-20 .. +70 °C
Storage temperature	-30 .. +80 °C
Relative humidity	0 .. 70 %, non-condensing
Dimensions and weight	
Dimensions	approx. 212 x 106 x 36 mm
Weight	approx. 600 g
Technical standards	
EMC	EN 61000-6-1 / 2 / 3 / 4
Safety	EN 61010
Protection class	IP 40

Note.: ²⁾ Recorded data from the CMU can be transferred to a memory stick via this interface. The USB host supports exclusively mass storage devices.

Joonis 7.1 Statsionaarse monitooringusüsteemi HYDAC CMU 1000 tehnilised andmed.

7.2.2 Võrdlus HYDAC HMU 4000-ga

HYDAC HMU 4000 on kaasaskantav seade hüdraulikasüsteemide diagnostikaks ning monitooringuks. Mobiilse seadme puhul on probleemid sarnased püsipaigaldusega tekkinutega. Puudu jääb digitaalsisenditest. Seade pakub 2 digitaalsisendit, mis tähendab, et 7 jääks puudu. Selle saaks korrigeerida kasutades puuduvate digitaalsisendite asemel analoogsisendeid voolu mõõtmiseks. Kuid selle parandusega kaasneks HYDAC-i mobiilsete seadmetele spetsiifiliste HCSI (Hydac Can Sensor Interface) tüüpi surveandurite kasutamine, mille probleemiks oleks samuti kasutus muudes tehase seadmetes. Nimelt ei kasutata sellise tööpõhimõttega andureid teistes tehase süsteemides.

Technical data:

Analogue inputs	
Input signals	HYDAC HSI analogue sensors HYDAC HSI SMART sensors
8 channels M12x1 Ultra-Lock flange sockets (5 pole) channel A .. channel H	Voltage signals: e.g. 0.5 .. 4.5 V, 0 .. 10 V etc. (input ranges for 0 .. 50 V, 0 .. 10 V, 0 .. 4.5 V, -10 .. 10 V) Current signals, e.g. 4 .. 20 mA, 0 .. 20 mA (input range 0 .. 20 mA) 1 x PT 100 / PT 1000 (at channel H)
Accuracy dependent on the input range	≤ ± 0.1 % FS at HSI, voltage, current ≤ ± 1 % FS at PT 100 / PT 1000
Digital inputs	
Input signals	Digital status (high/low)
2 channels M12x1 Ultra-Lock flange socket (5 pole) channel I, J	Frequency (0.01 .. 30,000 Hz) PWM duty cycle Durations (e.g. period duration)
Level	Switching threshold/switch-back threshold: 2 V / 1 V Max. input voltage: 50 V
Accuracy	≤ ± 0.1 %
CAN	
Input signals	HYDAC HCSI sensors, CAN, J1939,
28 channels M12x1 Ultra-LockCANopen PDO, CANopen SDO flange socket (5 pole) channel K1 .. K28	
Baud rate	10 kbit/s .. 1 Mbit/s
Accuracy	≤ ± 0.1 %
Calculated channels	
Quantity	4 channels via virtual port L (channel L1 .. channel L4)
Programming interface	
For HYDAC I/O-Link devices	1 channel via M12x1 Ultra-Lock flange socket (5 pole)
Voltage supply	
Network operation	9 .. 36 V DC via standard round plug 2.1 mm
Battery	Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxide 3.6 V; 9300 mAh
Battery charging time	approx. 5 hours
Battery life	w/o sensors approx. 11 hours with 2 sensors approx. 9 hours with 4 sensors approx. 7 hours with 8 sensors approx. 4 hours
Display	
Type	TFT-LCD Touchscreen
Size	5.7"
Resolution	VGA 640 x 480 Pixel
Backlight	10 .. 100 % adjustable
Interfaces	
USB Host	
Plug-in connection	USB socket, Type A, screened
USB Standard	2.0 (USB Full speed)
Transmission rate	12 Mbit/s
Supply voltage	5 V DC
Power supply	100 mA max.
Protection	Short-circuit protection to GND (0 V)
USB Slave	
Plug-in connection	USB socket, Type B, screened
USB Standard	2.0 (USB High speed)
Transmission rate	480 Mbit/s
Supply voltage	5 V DC
Power supply	100 mA max.
Protection	Short-circuit protection to GND (0 V)
Memory	
Measured value memory	16 GB for min. 500 measurements, each containing

Order details:

HMG 4000 – 000 – X

Operating manual and documentation

D = German
E = English
F = French

Scope of delivery

- HMG 4000
- Power supply unit for 90 .. 230 V AC
- Tether strap
- Operating manual
- Data carrier with USB drivers and HMGWIN software
- USB connector cable

Accessories

- Pressure, temperature and flow rate measuring transmitter with HSI sensor detection as well as CAN pressure measuring transmitter with HCSI sensor detections – see separate data sheet
- Additional accessories, such as the push-pull sensor connection cables, connection accessories for the HCSI CAN sensors, mechanical connection adapters, etc. can be found in the "Accessories Service Devices" catalogue section.

Joonis 7.2 Mobiilse monitoringuseadme HYDAC HMU 4000 tehnilised parameetrid

KOKKUVÕTE

Töö käigus kirjeldati detailselt pakipressi töötsükli, töödeldavat toodet ning pakipressi eesmärki tootmisliinil. Pakipressi hüdraulikasüsteemist valiti sobivad mõõtepunktid süsteemi komponentide seisukorra jälgimiseks. Kirjeldati mõõtepunktide omadusi ning komponente, mille vigu saab tuvastada mõõtepunktide andmete kogumisega. Valiti mõõdetavad andmetüübid ning põhjendati nende valikut. Lähtudes mõõtepunktide kirjeldusest ning mõõdetavatest andmetüüpidest valiti sobivad komponendid, arvestades lisaks varem mainitule ka komponentide maksumust. Koostati seadme tööks vajalik programm ning lõppkasutajatele arusaadav kasutajaliides. Seade koostati ning kontrolliti kasutajaliidese tööd. Viimaseks võrreldi koostatud süsteemi turul pakutavatega ning näidati, miks turul pakutavad seadmed ei sobi antud lõputöö eesmärgi lahenduseks.

Lõputöö käigus valmis seisukorrareire süsteem hüdraulilisele puitmassipaki pressile. Autori hinnangul täidab töö käigus valminud seade ülesande püstituses seatud eesmärgid. Seoses eriolukorra poolt kehtestatud piirangutega jäi lõputööst välja monitooringuseadme paigaldamine pakipressile. Kehtestatud eriolukorrast sõltuvalt liikusid tehase planeeritud hooldusseisakud lõputöö valmimisega sobivatest piiridest välja.

Tulevikus on ettevõtte plaan jätkata seisukorrareire seadmete paigaldamisega tootmisseadmetele. Varasem kogemus selliste süsteemidega on hea ning võimaldab kokku hoida hoolduskuludelt, kui ka suurendab tehase töötajate turvalisust tootmisalal. Seisukorrareiresüsteemi laienduseks on praegu valikus mitmed seadmed tootmisliinil mille jälgimine käsiseadmetega on kas võimatu, raskendatud või ohtlik. Samuti on kaalukausil ka tehase keerukamad, probleemsemad seadmed, mille diagnostika ilma pideva jälgimiseta ning salvestatud andmeteta on raskendatud.

SUMMARY

During the course of the thesis the following was described extensively: operation cycle of the bale press, the product to be processed, and the purpose of bale press. Suitable choice of measuring points was chosen from bale press' hydraulic system for monitoring the devices' condition. Measuring points were described and components were listed which could be monitored from each measuring point. Choice was also made for types of data to be measured and reasoning behind the choices was given. From the choice of measuring points and types of data suitable components for the system were chosen. In addition to the functionality of the device a key point for component choice was cost. A program was made to work with the chosen components. A human machine interface was made that is understandable by maintenance personnel. Afterwards, the device was assembled and functioning of the human machine interface was tested. Finally, the assembled system was compared to products readily available from vendors which showed that none of the devices in comparison could fully stand in as a replacement for the system designed in the thesis.

During the course of thesis a condition monitoring system for hydraulic pulp bale press was constructed. In the author's opinion the system fulfils the requirement previously set. The final placement of the system on the bale press was delayed by the declared national emergency, as planned maintenance stops were moved to dates which did not correspond to the level of completion of the monitoring system.

In the future it is planned to continue installing similar systems on other machines in the production line. Previous experience with monitoring systems in the plant is favourable, as they can decrease maintenance costs while increasing safety of plant employees.

Currently, multiple machines in the production line are candidates for a similar system. Mainly because of impossible or difficult measurement capability by handheld condition monitoring devices. Many complex machines are also under observation for possible installation, as they can't be properly diagnosed without real time monitoring and large amounts of data.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] M. P. Beining, 'The New Wave of Hydraulic System Monitoring', p. 3.
- [2] R. C. Kryter, 'Aging and service wear of solenoid-operated valves used in safety systems of nuclear power plants. Volume 2, Evaluation of monitoring methods', Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (United States). Div. of Engineering; Oak Ridge National Lab., TN (United States), NUREG/CR-4819-Vol.2; ORNL/TM-12038-Vol.2, Jul. 1992. Accessed: May 12, 2020. [Online]. Available: <https://www.osti.gov/biblio/10167892-aging-service-wear-solenoid-operated-valves-used-safety-systems-nuclear-power-plants-volume-evaluation-monitoring-methods>.
- [3] D. McMillan and G. W. Ault, 'Quantification of Condition Monitoring Benefit for Offshore Wind Turbines', *Wind Engineering*, vol. 31, no. 4, pp. 267–285, May 2007, doi: 10.1260/030952407783123060.
- [4] J. Liniger, S. Stubkier, M. Soltani, and H. C. Pedersen, 'Early Detection of Coil Failure in Solenoid Valves', *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 25, no. 2, pp. 683–693, Apr. 2020, doi: 10.1109/TMECH.2020.2970231.
- [5] 'Toodang - Tootmine - AS Estonian Cell | a member of Heinzl Group'. <https://www.estoniacell.ee/tootmine/toodang/> (accessed May 11, 2020).
- [6] 'Media Directory - Media Directory'. https://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/index.jsp?language=en-GB&publication=NET&filterMediatype=1584&search_query=92050&search_action=submit (accessed May 17, 2020).
- [7] 'Media Directory - Media Directory'. https://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/index.jsp?language=en-GB&publication=NET&filterMediatype=1584&search_query=92711&search_action=submit (accessed May 17, 2020).
- [8] 'SMT 60500L - SMT Screw Pump | Parker NA'. <https://ph.parker.com/us/en/smt-screw-pump/smt-60500l> (accessed May 17, 2020).
- [9] 'HDA 4700: HYDAC'. https://www.hydac.com/de-en/products/sensors/pressure-sensors/pressure-transmitters/hda-4700/show/Material/index.html?tx_hypdb_pi1%5Bsolr-q%5D=hda&tx_hypdb_pi1%5Bsolr-q-cad%5D=1 (accessed May 17, 2020).

- [10] 'Rõhuandur 0-400 bar; 4-20 mA'. <https://www.hydroscand-service.ee/Details/07PBTRB400SG1SSNALA0?lang=et> (accessed May 17, 2020).
- [11] '1510240000 ACT20C-CMT-10-AO-RC-S | Weidmüller Product Catalogue'. [https://catalog.weidmueller.com/procat/Product.jsp?page=Product&productId=\[1510240000\]](https://catalog.weidmueller.com/procat/Product.jsp?page=Product&productId=[1510240000]) (accessed May 17, 2020).
- [12] 'PHOENIX CONTACT | Current transducers - MCR-S-1/5-UI-DCI - 2814634'. <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?uri=pxc-oc-itemdetail;pid=2814634&library=pien&tab=1> (accessed May 17, 2020).

LISAD

Lisa 1 Monitooringusüsteemi elektriskeem

SOLIDWORKS Electrical

EC_BALE_PRESS_CMS_REV_2

EC_Bale_Press_CMS

REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	27/03/2020	Maarek	

CONTRACT :

User data 1

User data 2

REVISION
0

SCHEME
01

Document created with version: 2018.0.3.18

SOLIDWORKS Electrical

Drawing	Function	Location	Revision	Date	Created by	Description	Folder designation
01	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Cover page	
02	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Drawings list	
03	=F1	+L1	0	27/04/2020	Maarek	SIBEMES MODULES	
04	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Wiring_diagram_A1	
05	=F1	+L1	0	31/03/2020	Maarek	Wiring_diagram_A2	
06	=F1	+L1	0	31/03/2020	Maarek	Wiring_diagram_D1	
07	=F1	+L1	0	31/03/2020	Maarek	Wiring_diagram_D2	
08	=F1	+L1	0	31/03/2020	Maarek	Wiring_diagram_D1	
09	=F1	+L1	0	31/03/2020	Maarek	Wiring_diagram_A1	
10	=F1	+L1	0	16/04/2020	Maarek	Wiring_diagram_PS	
11	=F1	+L1	0	27/04/2020	Maarek	Wiring_diagram_GATE	
12	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Block_diagram_cards	
13	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Block_diagram_A1	
14	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Block_diagram_A2	
15	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Block_diagram_D1	
16	=F1	+L1	0	27/03/2020	Maarek	Block_diagram_D2	

CONTRACT :

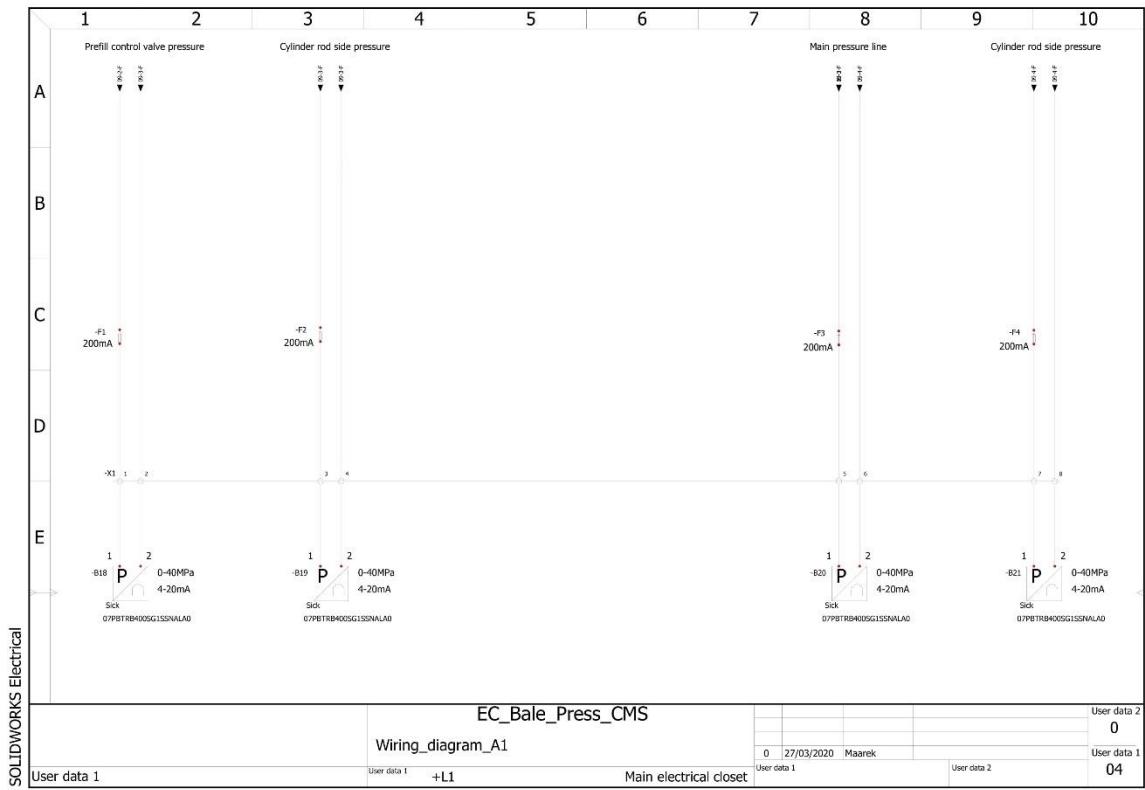
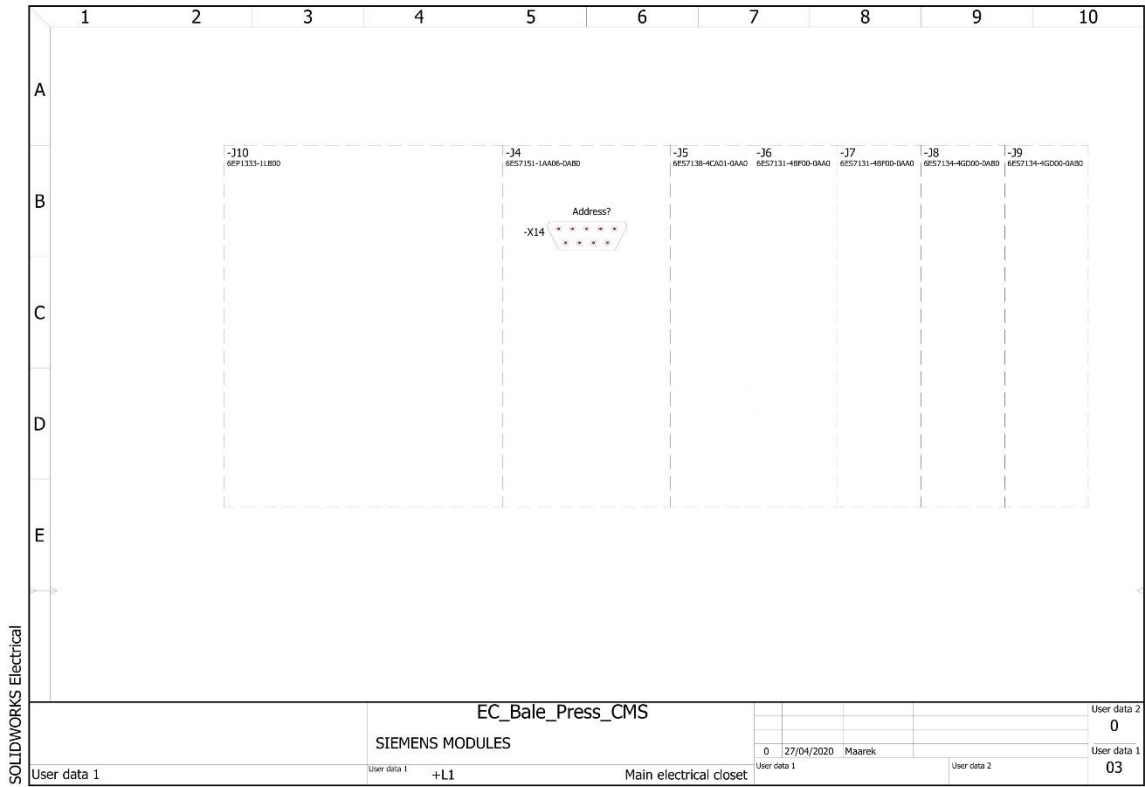
LOCATION: +L1

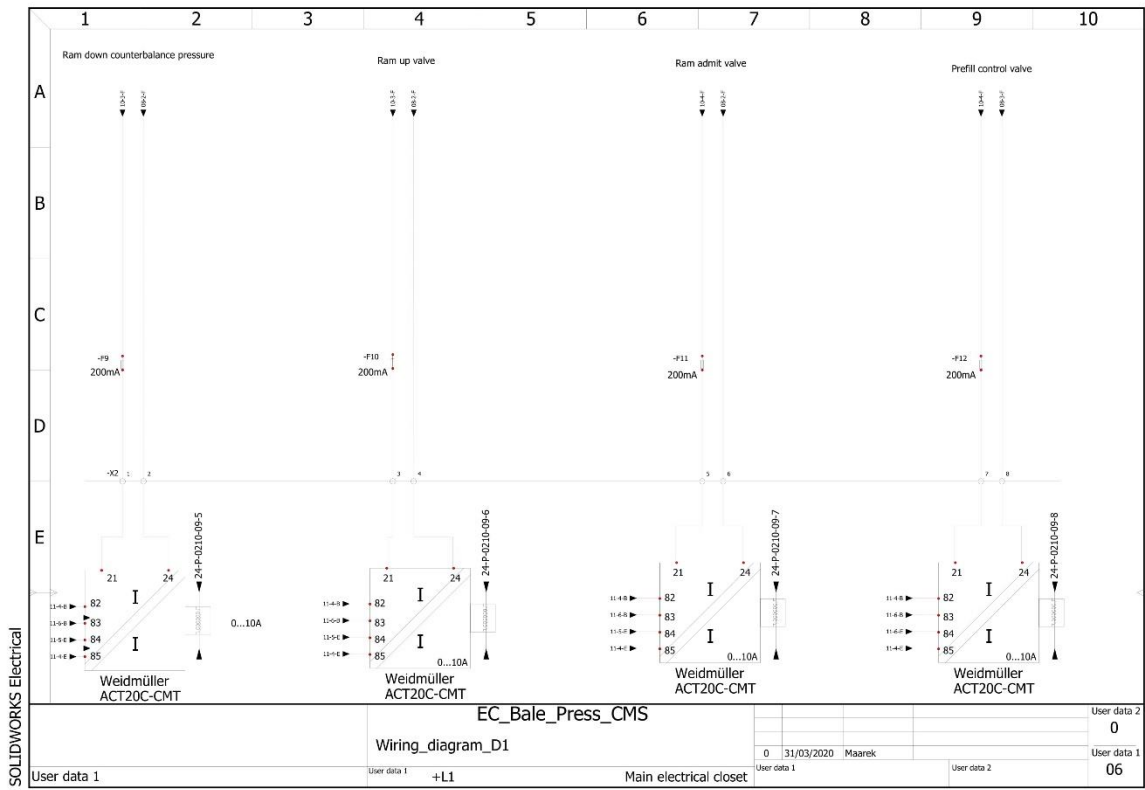
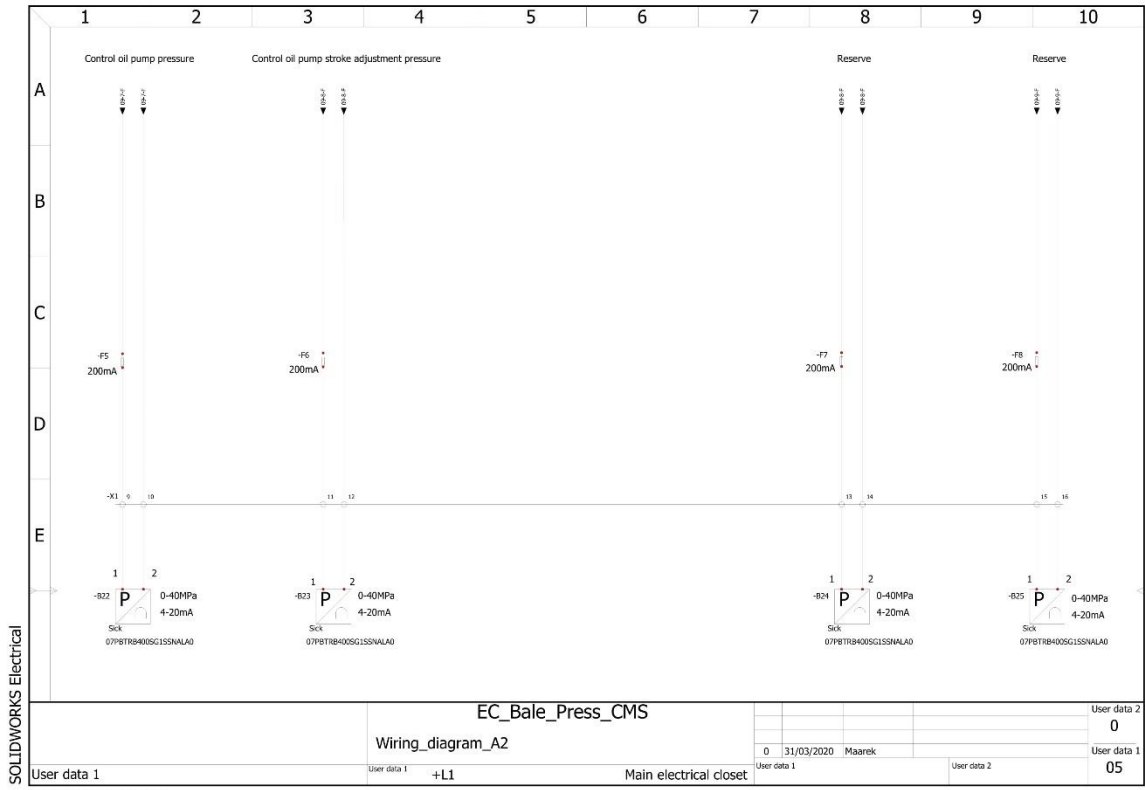
Main electrical closet

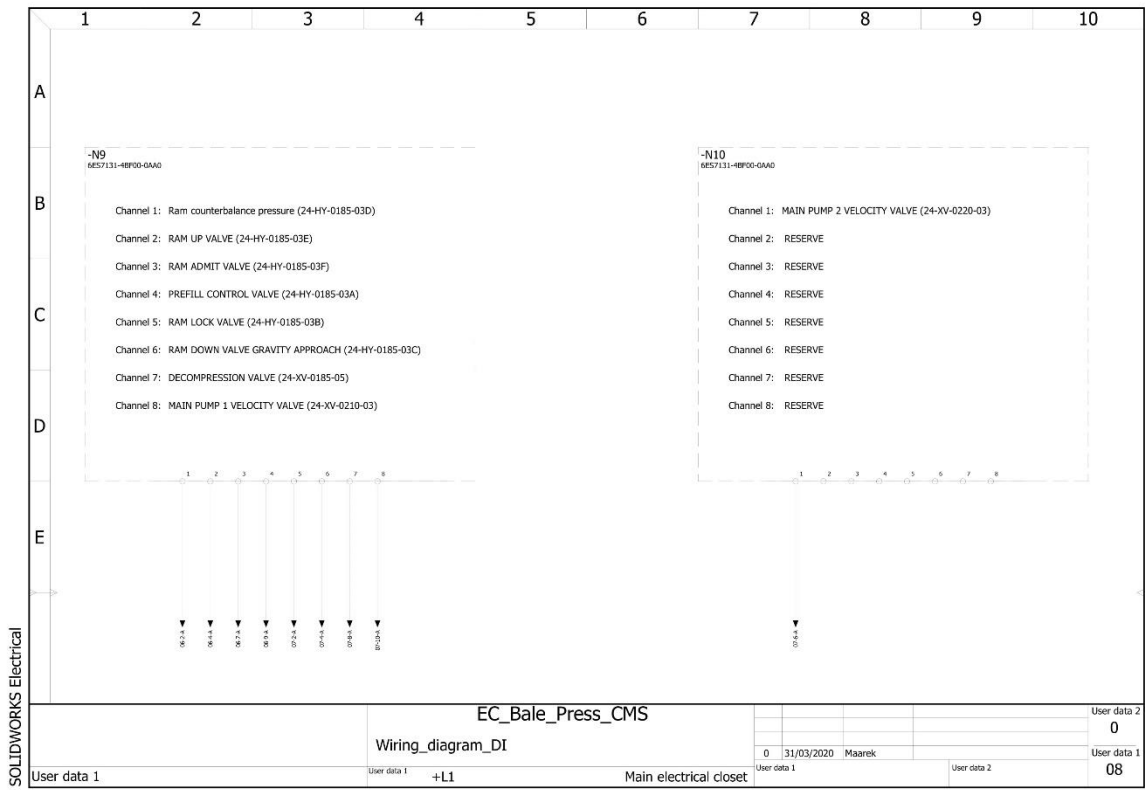
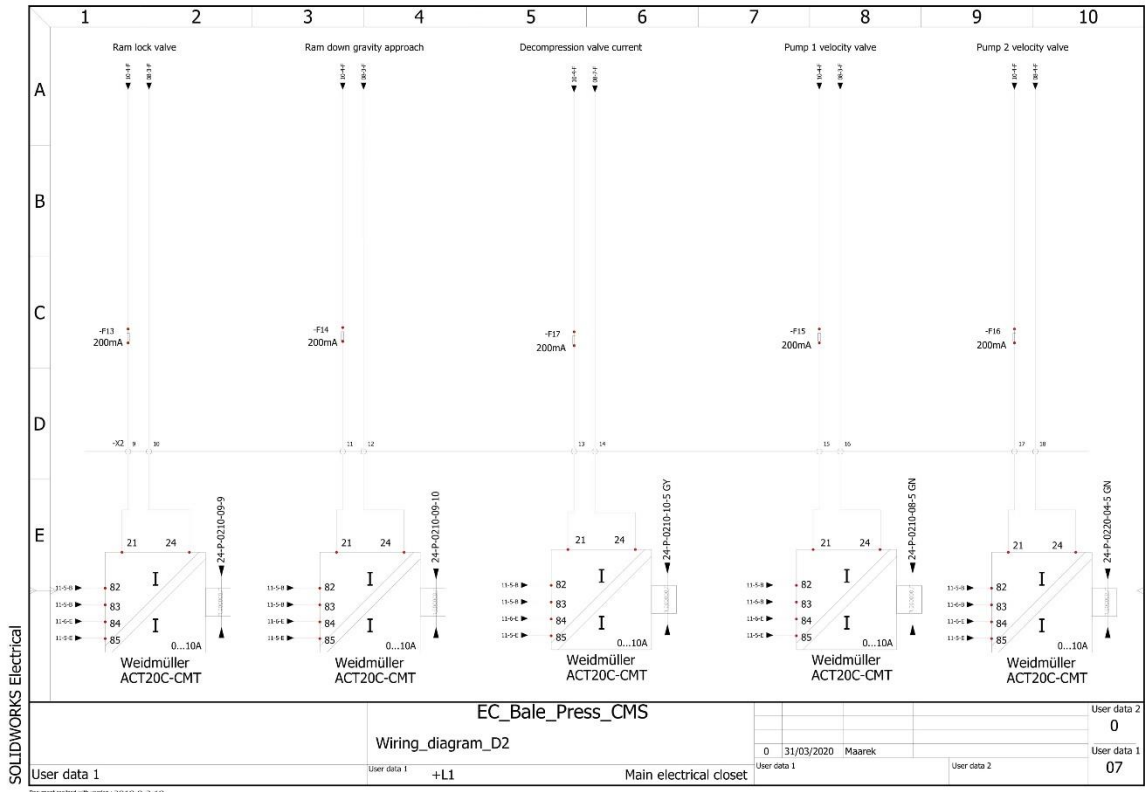
REVISION
0

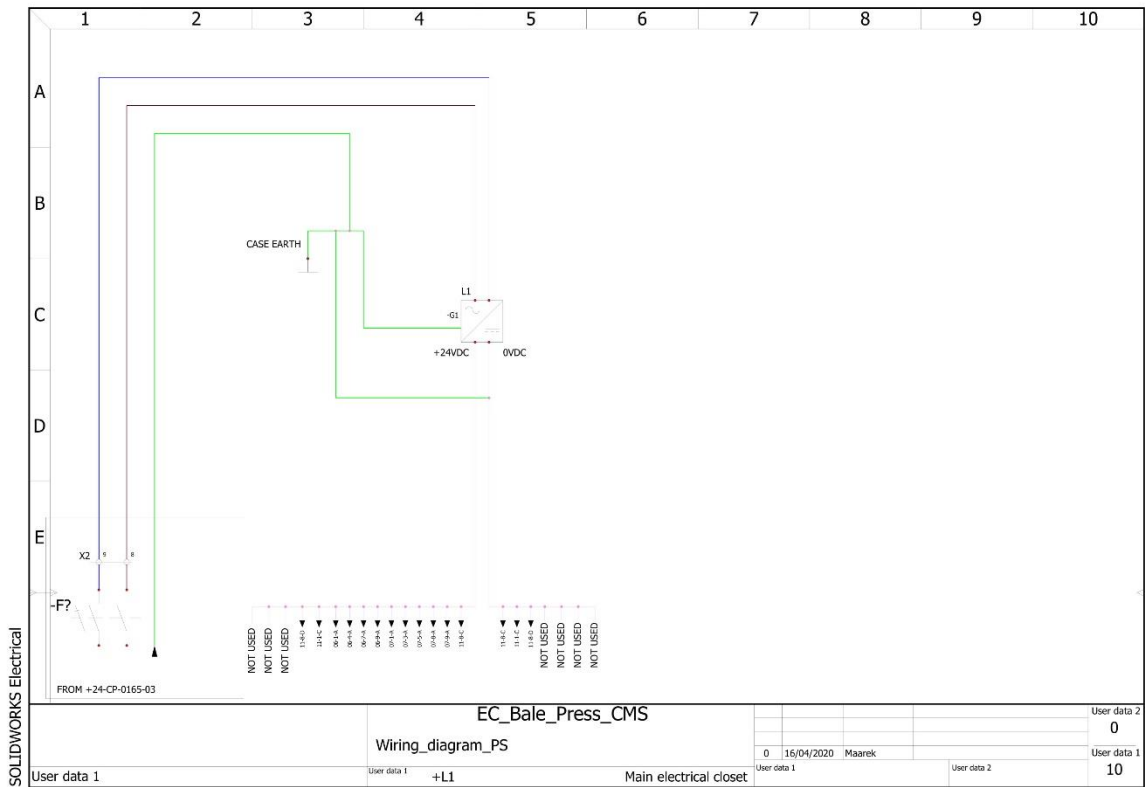
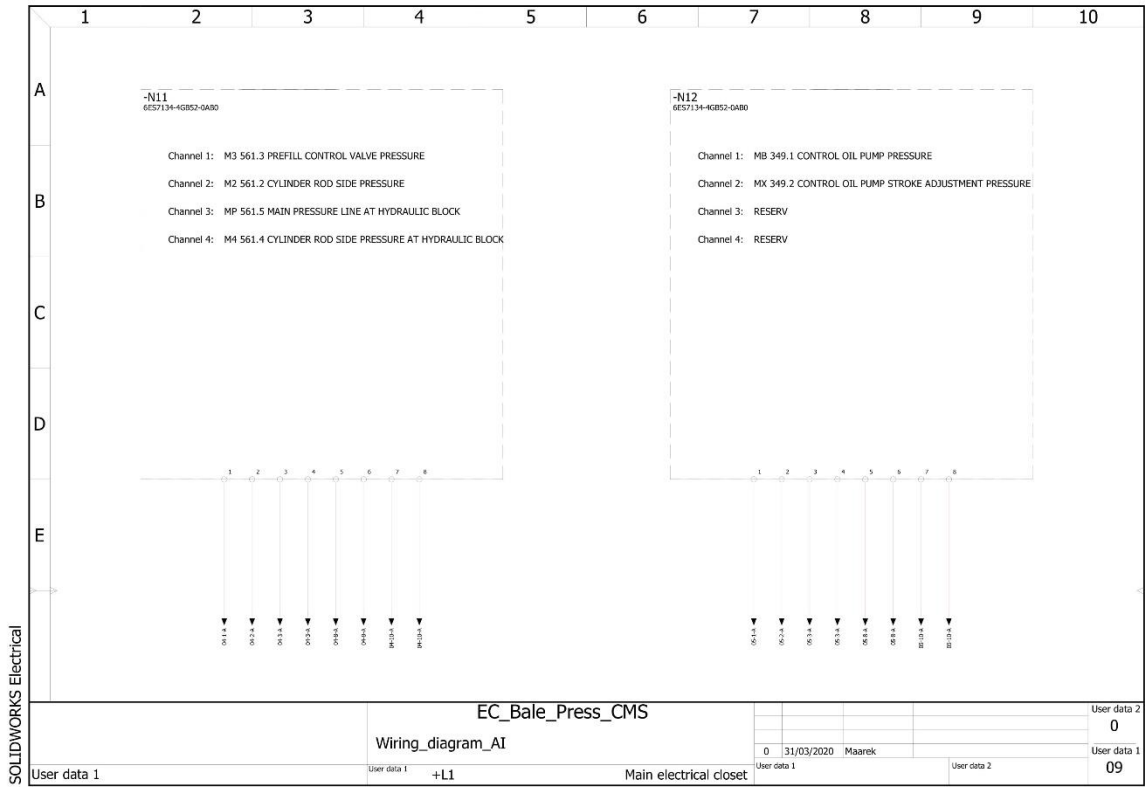
SCHEME
02

Document created with version: 2018.0.3.18

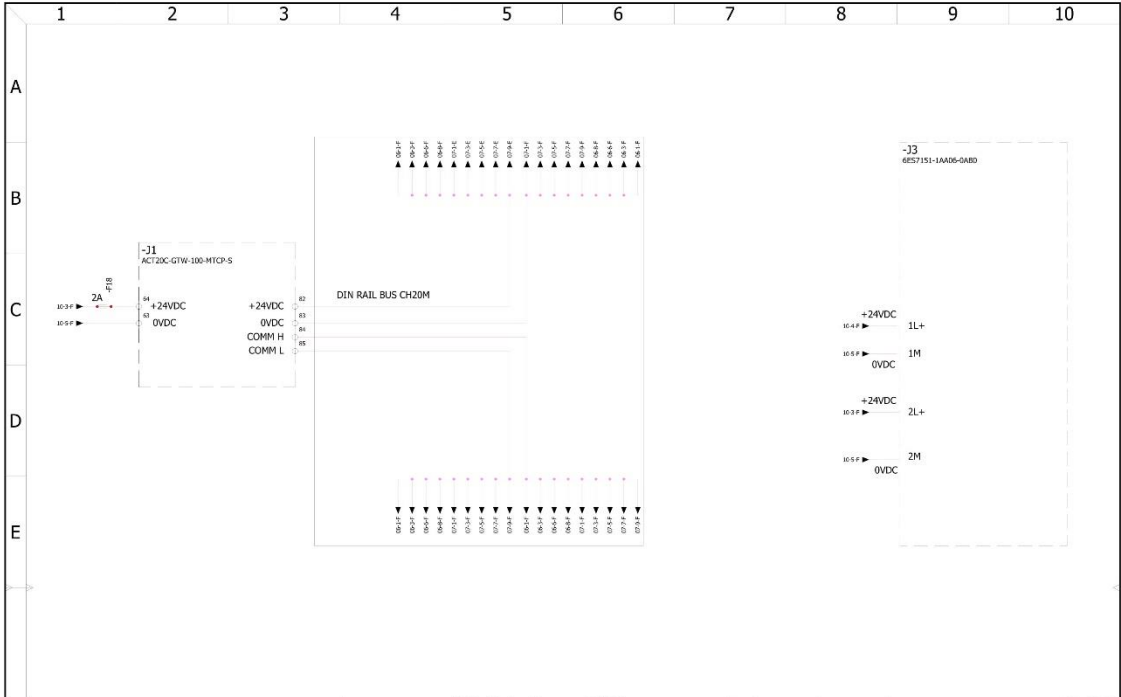








SOLIDWORKS Electrical



EC_Bale_Press_CMS		User data 2	
Wiring_diagram_GATE		0	
0	27/04/2020	Maarek	User data 1
User data 1	+L1	Main electrical closet	11

Document released with version: 2019R-0.3.308

