

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för Elektroteknik

MOMENTBÄNK

- Motortestbänk att användas i utbildningssyfte

Pontus Engblom, Lucas Grönvall



17:2018

Datum för godkännande: 20.05.2018
Handledare: Marcus Karlsson

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Elektroteknik
Författare:	Pontus Engblom, Lucas Grönvall
Arbetets namn:	Momentbänk - Motortestbänk att användas i utbildningssyfte
Handledare:	Marcus Karlsson
Uppdragsgivare:	Högskolan på Åland

Abstrakt

Arbetet går ut på att bygga en så kallad momentbänk bestående av en elmotor, drivenhet för denna samt användargränssnitt, åt Högskolan på Åland. Momentbänken skall användas i undervisningssyfte med möjlighet att testköra och belasta andra elmotorer och -generatorer. Arbetet består av flera delar, innefattande design, byggande, CE-märkning av maskinen och att ta fram en manual. Momentbänken styrs med knappar och potentiometrar på en användarstation och relevanta driftdata kan utläsas på en skärm.

Nyckelord (sökord)

Testbänk, CE-märkning, HMI, motorstyrning, bromsenergi, tillbaka till elnät, industrimotorer

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
17:2018	1458-1531	Svenska	35 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
24.05.2018	15.05.2018	20.05.2018

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Electro-technical Engineering
Author:	Pontus Engblom, Lucas Grönvall
Title:	Torque test bench - Motor test bench for educational purpose
Academic Supervisor:	Marcus Karlsson
Technical Supervisor:	Åland University of Applied Sciences

Abstract
<p>The purpose of this degree thesis is to build a “motor test bench” consisting of an electric motor, control unit for the motor and a user interface for Åland University of Applied Sciences. The motor test bench is to be used for educational purposes with possibilities to test and stress electric motors and generators. The project includes design and construction of the test bench, CE marking and writing a user manual. The machine is controlled with buttons and potentiometers mounted on a user station and relevant data is shown on a display.</p>

Keywords
Test bench, HMI, motor control, CE certification, brake energy, back to grid, industrial motors

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
17:2018	1458-1531	Swedish	35 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
24.05.2018	15.05.2018	20.05.2018

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
2. TEORI	6
2.1 Vridmoment, effekt och varvtal	6
3. FÖRARBETE	8
3.1 Funktion	8
3.1.1 Motordrift	8
3.1.2 Generatordrift	8
3.1.3 Motortestfunktion	8
3.2 Materiel	9
3.2.1 Val av materiel	10
3.2.2 Drivenheten: Driver 9A 9400 Multidrive	10
3.2.3 Säkerhetsmodul SM302	11
3.2.4 Matningsmodul och nätfilter	12
3.2.5 Motor	13
3.2.6 Övrigt	14
4. UTFÖRANDE	15
4.1 Design och konstruktion	15
4.1.1 Elschema	15
4.1.2 Motorställning	16
4.2 CE-märkning	17
4.2.1 Teknisk dokumentation	18
4.2.2 Riskanalys	19
4.2.3 Manual	19
4.2.4 Momentbänkens märkskylt	20
4.2.5 Försäkran om överensstämmelse.	20
4.3 Byggnation	21
4.3.1 Praktisk byggnation	22
4.4 Programmering	24
4.4.1 Programmering av matningsmodul	24
4.4.2 Programmering av drivenhet	24
4.4.3 Programmering av HMI	28

5. RESULTAT	30
6. SLUTSATS	32
KÄLLOR	34
BILAGOR	36
Bilaga 1: Elritning över nätanslutning och kontrollelektronik	
Bilaga 2: Elritning över säkerhetsmodulen SM302	
Bilaga 3: Konstruktionsritning över motorställningen	
Bilaga 5: Riskbedömning del 1	
Bilaga 6: Riskbedömning del 2	
Bilaga 7: Testrapport av säkerhetsfunktioner	
Bilaga 8: Resultat av utförda konstruktionsberäkningar och undersökningar etc.	
Bilaga 9: Generell beskrivning av momentbänken som maskin samt den elektriska utrustningen	
Bilaga 10: Försäkran om överensstämmelse	
Bilaga 11: Materiallista	

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Arbetets beställare Högskolan på Åland är en liten högskola som erbjuder utbildningar inom elektroteknik, företagsekonomi, Hospitality Management, IT, maskinteknik, sjöfart och sjukvård.

I skolans ellaboratorium kan studerande bekanta sig med och laborera på diverse elmaskiner och -materiel. Högskolan var i behov av en ny momentbänk för användning i utbildningssyfte dels för att flera momentbänkar betyder fler laborationsmöjligheter samtidigt för studerande och dels för att de flesta av de redan befintliga momentbänkarna börjar bli ganska gamla.

1.2 Syfte

Grundtanken med den här momentbänken är att den ska ge användaren information om varvtal och moment vid den aktuella belastningen från en via axel påkopplad motor eller generator. Den kan således användas om man exempelvis vill laborera med eller testa en elmotor. Maskinen skall också kunna styras enligt användarens börvärden för moment och varvtal. Själva bänken består av en motor med tillhörande drivenhet och ska kunna kopplas ihop med ett externt testobjekt (elmotor eller -generator) och driva eller belasta denna.

2. TEORI

2.1 Vridmoment, effekt och varvtal

Vridmoment är ett mått på en krafts förmåga att vrida ett objekt kring en axel och kan beskrivas som en kraft som verkar på en hävarm vars ena ända är fixerad vid en punkt. Effekt är en storhet som beskriver mängden arbete utfört under en viss tid. Varför det är så givande att kunna få ut information om momentet vid aktuellt varvtal från en motor eller tvärt om varvtalet vid belastat moment (vilket är momentbänkens uppgift) är att förstå sambandet mellan vridmoment, effekt och varvtal. Kunskap om dessa storheter och deras samband är viktigt ifall man jobbar med motorer eller ska konstruera maskiner för olika ändamål.

Sambandet mellan ovannämnda storheter kan förklaras med några enkla formler:

Roterande effekt:

$$P = M * \omega$$

där M står för moment i Newton meter (Nm), P effekt i Watt (W) och ω för vinkelhastighet.

Vinkelhastighet:

$$\omega = 2\pi * n/60$$

där n är varvtal i varv per minut (*rpm*). 2π är som bekant ett varv uttryckt i radianer. Eftersom $1 \text{ rad/s} = 60/2\pi \text{ rpm}$ blir således enheten för vinkelhastighet rad/minut.

Genom en kombination av de två ovanstående formlerna kan effekten även beskrivas med en formel där moment, effekt och varvtal/min uttrycks samtidigt.

$$P = M * 2\pi * n/60.$$

(Alfredsson, Jacobsson, Rejminger & Sinner, 2002)

Har man således en motor med en given effekt kan man påverka momentet genom att belasta motorn och på så sätt ändra varvtalet. Ju lägre varvtal desto högre moment och vice versa. Ett bra exempel på när det är viktigt att ha kunskap om detta samband är när man kommer i

kontakt med generatorer. Om belastningen (vridmomentet) på exempelvis en dieselgenerator ökar kommer varvtalet att minska. Då måste effekten öka för att motverka inbromsningen. Det gör man genom ökat gaspådraget på dieselmotorn. För en generator är frekvensen på den överförda elenergin direkt proportionell mot varvtalet.

Som elektriker, elingenjör eller maskinist kan man exempelvis få ansvaret över elförbrukningen ombord på ett fartyg. Då behöver man veta hur det här hänger ihop. Ett annat bra exempel på hur de här storheterna hänger ihop kan beskrivas genom att tänka på ett transportband i en fabrik. Om bandet drivs av en elmotor med given effekt och man vill öka farten på bandet, alltså varvtalet på elmotorn, men behålla samma vridmoment måste elmotorn ersättas med en som har mer effekt. En kraftfullare motor behövs alltså för att producera samma moment snabbare. (Alfredsson, Jacobsson, Rejminger & Sinner, 2002)

3. FÖRARBETE

3.1 Funktion

Uppdragsgivaren önskade att med momentbänken både kunna varvtalsstyra en tillhörande elmotor och använda den som generator (*last*) för att testa en annan motor. Dessutom skulle momentbänken förses med ett visuellt användargränssnitt i form av en display där relevant driftdata kan övervakas av användaren. Utöver detta gav uppdragsgivaren fria händer gällande funktion. Här beskrivs de grundläggande drifter och funktioner som planerades för momentbänken.

3.1.1 Motordrift

Då momentbänken används i motorläge ska motorn kunna startas och stoppas med knappar, samt varvtalet ställas med hjälp av vridpotentiometer. I detta läge kan användaren välja mellan att momentet är färdigt inställt på det maximala värdet 55,7 Nm eller att kunna ändra det maximala vridmomentet via potentiometer. Data som ska kunna övervakas är aktuella bör- och ärvärden för varvtal och vridmoment.

3.1.2 Generatordrift

I generatordrift ska användaren kunna ställa in önskat vridmoment med potentiometer, det vill säga bestämma det motstånd som den drivande motorn upplever. Börvärde för varvtal är här inte relevant då maskinen i detta läge ska drivas av en extern motor. I detta driftläge ska övervakning finnas för aktuellt bör- och ärvärde för vridmoment samt aktuellt varvtal.

3.1.3 Motortestfunktion

En annan funktion som kan anses höra till generatordrift är en halvautomatisk vridmomentsmätning vilken ska kunna aktiveras och styras via användargränssnitt.

Funktionen skall vara sådan att användaren bestämmer ett specifikt varvtal där momentvågen kommer att börja bromsa från minsta vridmoment, för att sedan öka belastningen linjärt till maximalt vridmoment vid ett valt högsta varvtal.

Med informationen som kan avläsas från denna inbromsning går det att skapa en effektkurva, alltså en kurva som beskriver den drivande motorns effekt mellan ett visst spann för varvtalet.

En sådan kurva är viktig om man vill veta hur bra en motor presterar vid de olika varvtalen samt veta den maximala effekten en motor kan leverera. När effektkurvan planar ut, vilket betyder att den drivande motorn inte har mer effekt att ge, är den största effekten uppmätt. Själva funktionen går givetvis att återskapa med börvärdespotentiometern för momentet men i praktiken blir det svårt och tidskrävande att göra en liknande bromsning manuellt.

3.2 Materiel

De grundläggande delarna för en momentbänk är en elmaskin (elmotor och/eller generator), en kontrollstation för styrning och någon form av utrustning för mätning av vridmoment. Tidigare var det vanliga utförandet att momentbänkens egen maskin monterades på en mekanisk våg. När axeln utsätts för ett vridmoment verkar en lika stor kraft i motsatt riktning på maskinens fästen vilket ger utslag på vågen. Två av de gamla momentbänkar som finns på sjöfartsgymnasiet är gjorda på detta sätt. Idag (och i detta projekt) beräknas vridmoment i motorns drivenhet utifrån varvtal och förbrukad effekt.

Momentbänkar tillverkas idag ofta med motorer styrda av frekvensomvandlare som går att styra mycket exakt både som drivande motor och som belastning för ett testobjekt. I dessa drivenheter likriktas matningsspänningen för att sedan transformeras till lämplig form för att driva motorn. Problemet som uppstår är att det vid inbromsning produceras energi och den energin måste riktas någonstans, då den annars ger upphov till höjning av spänningen i drivenhetens *mellanled* (mellan likriktardel och växelriktare). (drivteknik.nu, u.å)

Det här problemet har tidigare ofta hanterats genom användning av ett så kallat bromsmotstånd som tar upp överloppsenergin, vilket innebär att den går förlorad i form av värme. Detta motstånd benämns ofta "*bromschopper*" på grund av att funktionen är sådan att motståndet kopplas till och från med ett intervall ("*chopperfrekvens*") när spänningen i mellanledet stiger. (drivteknik.nu)

För denna momentbänk ville vi istället för bromsmotstånd använda oss av "*regenerativ strömmatning*". Idén bakom regenerativ strömmatning är att ta vara på energin från inbromsningen av en elmotor och överföra den tillbaka till elnätet. En regenerativ

matningsmodul i kombination med ett nätmatningsfilter transformerar spänningen från bromsenergin och synkroniserar den med nätspänningen. I dessa miljömedvetna tider är detta en smart lösning för att ta vara på energi som annars skulle gå förlorad. (Kang, 2013)

3.2.1 Val av materiel

Vad som behövdes hade undersökts redan i ett tidigt skede och en materiallista kunde tas fram (se Bilaga 11). Ett antal tillverkare av elmotorer och drivenheter övervägdes. I samråd med handledaren konstaterades att det tyska företaget Lenzes produkter skulle fungera bra för detta projekt. Eftersom projektets handledare har goda erfarenheter av Lenzes produkter blev valet av leverantör naturligt och *HMI* (“*Human Machine Interface*” för användargränssnittet) samt motor och drivenhet med tillbehör beställdes därifrån. I sådana här projekt är det ofta en fördel att använda sig av samma tillverkare för de många olika delarna av maskinen för att säkerställa kompatibilitet och undvika många extra arbetstimmar för att i annat fall få komponenter att kommunicera med varandra. Lenzes support tog fram förslag på drivenhet och motor för projektet. Lenze har även en finsk försäljningsavdelning som erbjuder rådgivning och hjälp, vilket alltid är en fördel.

3.2.2 Drivenheten: Driver 9A 9400 Multidrive

Drivenheten använder sig av frekvensomvandlarteknik för att styra och köra motorn. Detta sätt att styra motorer är vanligt, blir allt vanligare och har många fördelar, exempelvis i form av energieffektivitet och reglernoggrannhet.

I sig självt har drivenheten många funktioner men behöver i praktiken ofta kompletteras med flera tilläggsmoduler. Styrenheten har flera moduler som tillval vid inköp. Utöver en minnesmodul som hör till standardutförandet beställdes säkerhetsmodul SM302 med avancerade säkerhetsfunktioner (se kapitel 3.2.3 Säkerhetsmodul SM302).

I ett skede undersöktes ifall en CAN-bus modul skulle behövas för kommunikation mellan drivenhet och HMI. Av drivenhetens manual framgick dock att detta inte behövdes, då enheten redan i standardutförande erbjuder CAN-kommunikation.

Styrenheten har 14 så kallade “Basic Functions/Function States”, på svenska grundläggande funktioner. Några av dessa har att göra med om drivenheten är under uppstart eller har felkod.

Dessa är några av de grundläggande funktioner och tillstånd som styrenheten erbjuder, vilka man kan ha nytta av vid motorstyrning:

- Manual jog: I manual jog-läget kan man skicka en signal till drivenheten och den följer en förinställd fart.
- Homing: Med homing aktiverat kör styrenheten till en förinställd position.
- Drive is stopped: Drive is stopped stoppar drivenheten enligt vald inställning.
- Drive in standstill: Drive in standstill låser styrenheten i sitt aktuella läge.
- Speed follower: Speed follower och torque follower följer användarens börvärde för varvtal.
- Quick stop: Quick stop är en kombination av Drive is stopped och Drive in standstill. Quick stop duger dock inte som stopp om den ska aktiveras från en eventuell säkerhetskrets. Finns det en säkerhetskrets behöver man använda sig av säkerhetsmodulen SM302.
- Torque follower: Torque follower följer användarens börvärde för vridmoment.

En sådan här drivenhet är således mångsidig och kan användas för många olika applikationer, antingen för att driva en motor i en enskild maskin, eller i kombination med flera drivenheter och motorer som kommunicerar via ett lokalt nätverk, exempelvis CAN-bus, för en mer komplex maskin som kan ha flera motorer utspridda på olika platser. Det är särskilt intressant att jobba med den här moderna typen av motorstyrning, eftersom man som ingenjör eventuellt kommer att jobba med liknande grejer.

3.2.3 Säkerhetsmodul SM302

Säkerhetsmodulen har flera inbyggda säkerhetsfunktioner som kompletterar drivenheten och den behövs enligt Lenze om man har säkerhetsfunktioner i sin applikation. Säkerhetskretsen i projektet består av ett nödstopp. Här används säkerhetsmodulens funktion *Safe Torque Off (STO)*, som stänger av motorstyrningen och därmed förhindrar motorn att skapa ett vridmoment. Förutom STO finns också *Safe stop 1 (SS1)* och *Safe stop 2 (SS2)*. Dessa kan konfigureras med en vald stopptid som motorn bromsas till stillastående inom.

Det finns även andra funktioner SM302 erbjuder vilka kan vara relevanta beroende på applikation. *Safe Maximum Speed (SMS)* exempelvis övervakar hur fort motorn snurrar och

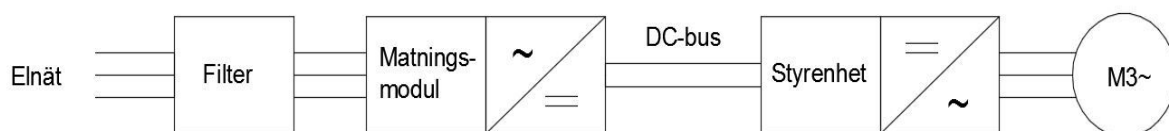
om hastigheten överstiger ett valt värde kan någon av säkerhetsfunktionerna aktiveras. SMS aktiverar antingen STO, SS1 eller SS2 beroende på vad man väljer. *Safe Stop Emergency (SSE)* är en funktion som kan aktivera STO eller SS1 och som enligt Lenze skall användas för ett nödstopp. Vår konfiguration är således sådan att SSE aktiverar STO.

SM302 fungerar genom att skicka ut klocksignaler (pulser) på två utgångar som leds genom en brytare som ska bryta båda signalkablarna samtidigt. Också om bara en av trådarna bryts aktiveras STO, men två kablar används för att ha redundans i säkerhetskretsen. Först var det oklart huruvida det skulle behövas ett separat säkerhetsrelä eller inte. Ett eventuellt säkerhetsrelä skulle ha uppgiften att bryta klocksignalerna. Reläet hade varit styrt från säkerhetskretsen och öppnat när säkerhetskretsen brutits.

En säkerhetskrets byggs ofta som en slinga där tråden med spänning leds genom flera brytare för att i sista ändan skapa en hel strömkrets. När slingan bryts, bryts strömkretsen och reläet slutar dra. Konventionella nödstoppskretsar man ser i exempelvis verkstäder fungerar på detta sätt. Efter att ha studerat manualen för SM302 och Lenzes exempelritningar konstaterades att så länge säkerhetsbrytaren har en dubbelbrytande funktion krävs inget säkerhetsrelä.

3.2.4 Matningsmodul och nätfiler

Momentbänken är utrustad med en regenerativ matningsmodul som kan återmata effekt till elnätet. I momentbänkens planerade funktion ingår att dess motor bromsas ofta, därför passar modulen här. Eftersom ström ska matas tillbaka till elnätet behövs även ett filter som ser till att strömmen är “uppsnyggad”, och inte ger störningar på elnätet. I figur 1 nedan ses en överblicksbild på hur de olika delarna hänger ihop. Motorn får ström från elnätet via filtret, matningsmodulen och styrenheten och på omvänt sätt kan elektrisk energi från bromsningen matas tillbaka på nätet.



Figur 1. Spänningsmatning till och från motorn

Den regenerativa modulen har möjligheten att kompletteras med ett bromsmotstånd. Det kan vara bra om applikationen används i en process som är känslig för driftstörningar. Har man inget bromsmotstånd inkopplat kommer drivenheten, för att skydda sig själv, stänga av ifall det blir för hög spänning på DC-bussen p.g.a. överbelastning. Motståndet kan ta upp överströmmarna och således förhindra att styrenheten stänger av sig i säkerhetssyfte. Momentbänken är inte känslig för att styrenheten skulle stänga av sig, i synnerhet eftersom den har både varvtals- och momentbegränsning, så bromsmotstånd är här onödigt.

3.2.5 Motor

Elmotorn som också fungerar som generator var även den tillverkad av Lenze.

Teknisk information om motorn till momentbänken:

- Motor MCA19S17-RS0B0
- nom. effekt 6,4 kW
- nom. vridmoment 36,3 Nm
- nom. varvtal 1700 r/min
- nom. spänning 390 V
- nom. frekvens 60 Hz
- nom. ström 13,9 A
- Effektfaktor 0,83

Initialt var förslaget en mindre motor av typen MCS14L15 (synkronmotor) men det blev denna motor istället: MCA19S17-RS0B0 (asynkronmotor). Detta på grund av att ifall styrenheten skulle stänga av sig skulle elmotorn kunna fungera som generator utan styrning. Om motorn/generatoren var synkron och drevs upp i för höga varv leder detta följaktligen till att den ger ut väldigt hög spänning. En synkronmotor behöver förses med en magnetiseringsspänning för att skapa rotorns magnetfält medan en asynkronmotor fungerar på så sätt att statorn skapar magnetfältet för rotorn (Alfredsson et al. 2002). Detta betyder att om en asynkronmotor drivs allt för hårt påverkar det ändå inte drivenheten.

Elmotorn var byggd för flänsmontering och ingen färdig monteringsställning fanns vilket

innebar att en ställning för att spänna fast den behövde konstrueras. Ställningen skulle alltså gå att spänna fast i bänken och motorn i ställningen.

3.2.6 Övrigt

En display behövdes för att visa information om vissa bör- och ärvärden. Till det valdes Lenzes p300, en HMI för att vara säkra på kompatibilitet med resten av utrustningen. Lenzes display är byggd för kommunikation via CAN-bus. Skärmen visar alla vanliga färger och har touchskärm. p300 finns i tre skärmstorlekar varav mellanstorleken sju tum valdes till projektet.

En av de viktigaste komponenterna i bygget var skåpet där alla elektriska komponenter skulle placeras. Rittal som är en av de mer kända tillverkarna av elskåp, pulpeter och övriga kopplingsboxar har ett stort utbud och en lämplig pulpet hittades hos dem. Med måtten på det materiel som skulle placeras i skåpet i beaktande valdes en pulpet ut. Fyra modeller av pulpeter fanns. De var identiska till alla mått utom bredden och den minsta, 600 mm bred, konstaterades räcka här.

Pulpeten har en monteringsplåt för montering av utrustning. Monteringsplåten är löstagbar vilket gör det mycket enkelt att borra hål för bultar. Monteringsplåten hade även några hål från början som passar med standardiserade skenor för montering av kopplingsplintar och övrigt vanligt elmateriel.

4. UTFÖRANDE

4.1 Design och konstruktion

Själva designen och konstruktionen var en stor del av arbetet. Redan i ett tidigt skede var det viktigt att börja läsa på om delarna som momentbänken skulle byggas av. I synnerhet behövdes klarhet gällande drivenheten och allt vad den behöver samt elmotorn och displayen.

Även studier av de för arbetet relevanta EU-direktiven som fungerar som regelverk vid konstruktion av maskiner som ska CE-märkas behövde påbörjas tidigt. Vidare behövde elmotorn en ställning att monteras på och ett elschema måste tas fram för hela momentbänken.

4.1.1 Elschema

Med manualerna för drivenheten, filtret och den regenerativa modulen samt Lenzes exempel på kopplingsscheman som bakgrund kunde ett elschema för den elektriska anslutningen utarbetas. Elschemat finns i Bilaga 1.

Den elektriska kretsen består av en 400-voltsdel för anslutning till själva drivenheten (via filter och matningsmodul) och motorns kylfläkt, samt en 24 volts likspänningsdel.

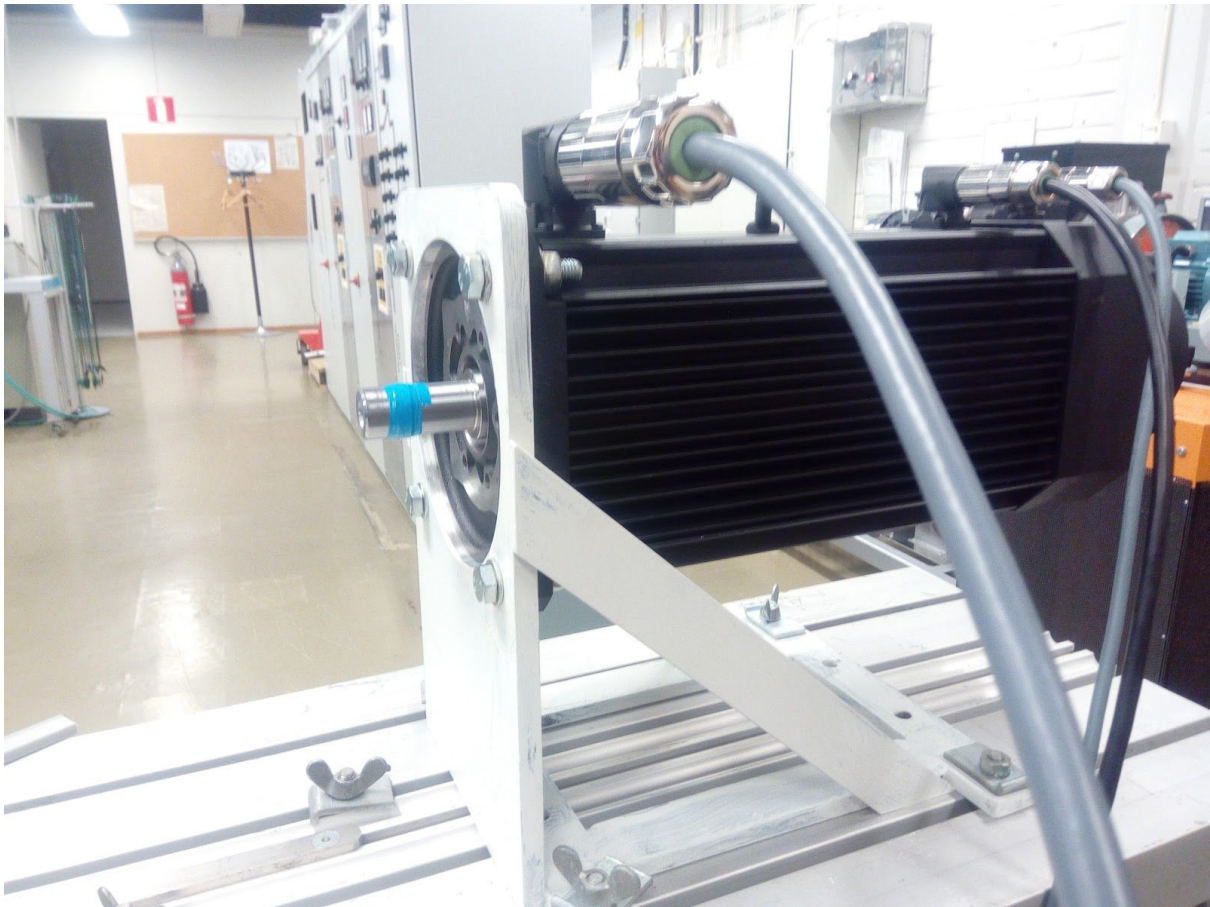
Likspänningsmatning behövs för kontrollelektroniken i drivenhet, matningsmodul och nätfilter, spänningsmatning till knappar, säkerhetsmodul och till digitala in- och utgångar på drivenheten.

24 volts likspänning behöver anslutas till *RFR*-plintar på både drivenheten och matningsmodulen. *RFR* ("*Controller Enable*") fungerar som en aktiveringssignal som måste vara aktiv för att köra det program som är installerat på enheten. Aktiveringen kan vara knappstyrd, men här har valet gjorts att kontinuerligt förse *RFR* med spänning, då start/stopp-knapp, huvudbrytare samt nödstopp gör aktiveringsfunktionen överflödig. (Lenze Automation GmbH, 2018)

4.1.2 Motorställning

Motorn behövde få en ställning att monteras på. Ställningen skall kunna fästas på bänken och den måste vara robust nog att hålla för de påfrestningar den kan tänkas utsättas för, vilket måste beaktas vid design. Inspiration togs från de äldre momentbänkarnas motsvarigheter. Bänken ställningen skulle monteras på bestod av fem metallreglar placerade parallellt med varandra, med en dryg centimeter emellan. Dessa mellanrum är tänkta att användas för att med bultar spänna fast detaljer på bänken, och således måste motorställningen anpassas därefter.

Ett annat viktigt mått var givetvis höjden. Axlarna på alla elmotorer och momentbänkar i ellaboratoriet på sjöfartsgymnasiet måste vara på samma höjd för att de ska kunna kopplas ihop med varandra. I den del av ställningen som motorn skulle fästas behövdes ett stort hål, inte enbart för axeln utan för att motorn har en ring som fungerar som stöd för dess egen tyngd. Ritning av denna del av ställningen skickades till verkstad för tillverkning. De övriga delarna tillverkades av elever på sjöfartsgymnasiet som också svetsade ihop alla delar. Ritningen gjordes i AutoCAD och är bifogad som bilaga. I figur 2 ses motorn monterad på ställningen.



Figur 2. Motorn monterad på ställning

4.2 CE-märkning

CE-märkning behövs om en ny maskin placeras på den europeiska marknaden. Enligt EU är meningen med CE-märkningen att det ska finnas säkra produkter på den europeiska marknaden. Tillverkaren får CE-märka en maskin själv, men det är en viss procedur som måste följas om det ska göras rätt. En CE-märkning utförs på följande sätt (2006/42/EG):

- Ta reda på vilka direktiv som gäller för just din typ av maskin.
- Kolla om det finns harmoniserade EU standarder som du kan följa. Att en standard är harmoniserad mot maskindirektivet innebär att den är framtagen utifrån direktivets krav. Använder du dig av en sådan standard antas du uppfylla kraven i direktivet. Använder du dig inte av en harmoniserad EU standard måste det bevisas att kraven i direktivet uppfylls på annat sätt. Exempelvis i den tekniska dokumentationen.
- Gör en riskanalys.
- Skriv en teknisk dokumentation.

- Ta fram en användarmanual.
- Skriv en försäkran om överensstämmelse. Där intygar man helt enkelt att maskinen uppfyller allt som behövs för CE-certifieringen.

Det finns många direktiv och för flera olika typer av maskiner eller produkter. Direktiven finns för maskiner, medicinsk utrustning, byggnadsmaterial, leksaker, fordon med mera. De direktiv som gäller för momentbänken är lågspänningsdirektivet (*LVD*), maskindirektivet (*MD*) samt direktivet för elektromagnetisk kompatibilitet (*EMC*). Det finns alltså en hel del dokument om alla regler (*2006/42/EG*), (*2014/35/EU*), (*2014/30/EU*).

De viktigaste reglerna är de grundläggande hälso- och säkerhetskraven som finns i Artikel 1 i direktiven samt reglerna i den standard som följs, om en harmoniserad EU-standard följs. De grundläggande hälso- och säkerhetskraven skiljer sig ganska mycket mellan direktiven. Medan MD har en ganska lång lista över säkerhetskrav har LVD och EMC en relativt kort och enkel sådan. Gemensamt för dem är att kraven i princip säger att “maskinen ska byggas säkert”, fast uttryckt på flera olika sätt genom hela artikeln. I MD finns dock flera specifika krav. (*2006/42/EG*, *2014/35/EU*, *2014/30/EU*)

De säkerhetskrav som är relevanta för detta arbete och som uppfylls av momentbänken är att det ska finnas ett nödstopp, något som skyddar användaren från att komma i kontakt med rörliga delar samt att maskinen inte ska starta utan att användaren är beredd på det. Exempel på det sistnämnda är att nödstoppen måste kvitteras för att maskinen ska gå att starta på nytt, samt att maskinen inte startar av sig självt efter strömavbrott. (*2006/42/EG*)

4.2.1 Teknisk dokumentation

Meningen med den tekniska dokumentationen är att fungera som ett bevis för att maskinen uppfyller kraven i de gällande direktiven. Den tekniska dokumentationen ska innehålla (*2006/42/EG*):

- En generell beskrivning av maskinen.
- Ritningar över maskinen samt elritningarna.
- En riskanalys.
- Lista på tillämpade standarder om sådana använts.

- Kopia av manualen.
- Kopia av maskinens märkskylt och övriga märkningar.
- Kopia av försäkran om överensstämmelse.
- Dokument över eventuella tester.
- Bilder och eventuella övriga ritningar av maskinen.

Det finns inga regler för hur den tekniska dokumentationen ska vara gjord, bara att den ska finnas och vad innehållet ska vara. Meningen med CE-märkning är trots allt att en tillverkare ska kunna göra det själv. I bilagorna 7, 8 och 9 ses några delar av den tekniska dokumentationen. I arbetet har ingen specifik mall använts som utgångspunkt, då det är svårt att hitta eftersom utformningen av den tekniska dokumentationen varierar från produkt till produkt (2006/42/EG).

4.2.2 Riskanalys

En del av processen för CE-märkning är som tidigare nämnts att göra en riskanalys. Då riskanalysen gjordes beaktades alla tänkbara risker som finns med användandet av momentbänken samt sannolikheten för att dessa inträffar. En mall för riskanalys användes som grund. Den är uppbyggd så att ett "risktal" adderas med ett "sannolikhetstal". Sedan utarbetas åtgärder för att minska risk- eller sannolikhetstalet, eller båda och således göra maskinen säkrare.

Som åtgärd för att öka momentbänkens säkerhet byggs en skyddskåpa över axeln för att förhindra åtkomst till rörliga delar. Naturligtvis placeras också ett nödstopp på en plats som är lättillgänglig. Även en förteckning över de grundläggande hälso- och säkerhetskrav som är tillämpliga på maskinen hör till riskanalysen. Riskanalysen finns som bilaga 5 och 6 och är en del av den tekniska dokumentationen (2006/42/EG).

4.2.3 Manual

Målet med manualen var att göra den så lättförståelig och tydlig som möjligt, så att framtida användare ska kunna använda momentbänken rätt och på ett säkert sätt. Vidare ska den också ge tydliga instruktioner på maximal belastning och annat för att minska risken för felanvändning. Dessutom bör användaren få en uppfattning om eventuella risker som kan

uppkomma i samband med användning av maskinen, utifall den berörda personen inte har läst riskanalysen. Manualen finns med som bilaga 4. Enligt EU-kraven skall manualen innehålla (2006/42/EG):

- Information om tillverkaren.
- Maskinens beteckning som märkt på maskinen.
- En kopia av försäkran om överensstämmelse.
- En generell beskrivning av maskinen.
- Ritningar.
- En beskrivning av "arbetsstationen" (i praktiken pulpetens lock där knapparna är).
- Beskrivning över tänkt användningsområde för maskinen.
- Varningar över sätt maskinen inte ska användas på.
- Instruktioner för skyddsåtgärder användaren ska ta i beaktande.
- Hur man ska gå tillväga vid eventuellt fel på maskinen.
- Instruktioner om hur man ska gå tillväga vid underhåll för att det ska göras på ett säkert sätt.
- Uppgifter om eventuella reservdelar som ska användas.

4.2.4 Momentbänkens märkskylt

Uppgifter som ska finnas på märkskylten är bestämt av EU. Följande ska finnas med (2006/42/EG):

- Tillverkarens namn och adress.
- Maskinens beteckning. I detta arbete "Momentbänk".
- CE-märkningen.
- Beteckning på modell/typ. För oss inte relevant.
- Eventuellt serienummer.
- Tillverkningsår.

4.2.5 Försäkran om överensstämmelse.

EG-försäkran om överensstämmelse kan ses i bilaga 10 och skall innehålla följande uppgifter (2006/42/EG):

- Tillverkarens fullständiga namn och adress.

- Namn på och adress till den person som är behörig att ställa samman den tekniska dokumentationen.
- Beskrivning och identifikation av maskinen, inbegripet allmän benämning, funktion, modell, typ, serienummer och varunamn.
- En mening med en uttrycklig försäkran att maskinen uppfyller alla tillämpliga bestämmelser i direktivet och i tillämpliga fall en liknande mening med en försäkran om överensstämmelse med andra direktiv.
- I tillämpliga fall en hänvisning till de harmoniserade standarder som använts.
- I tillämpliga fall en hänvisning till andra tekniska standarder och specifikationer som använts.
- Ort och datum för försäkran.

4.3 Byggnation

Så fort delarna anlände påbörjades den praktiska byggnationen av momentbänken. Placering av knappar, vred och display mätades ut, hål borrades och skars ut ur locket samt pulpetens monteringsplåt och styrenhet, matningsmodul, filter, knappar, vred och display monterades. Sist kopplades allting ihop enligt ritning. I figur 3 ses locket under bearbetningen.



Figur 3. Pulpetens lock under bearbetning.

4.3.1 Praktisk byggnation

På Sjöfartsgymnasiet lånades verktyg och svetsverkstaden användes när pulpetens lock bearbetades för att ge plats åt den utrustning som skulle monteras där. Noggrannhet krävdes när hålet för displayen kapades då det inte fanns stor marginal till godo på grund av displayens yttre mått som inte är mycket större än hålet som behövdes. Före arbetet med locket kunde påbörjas behövde knapparnas placering bestämmas.

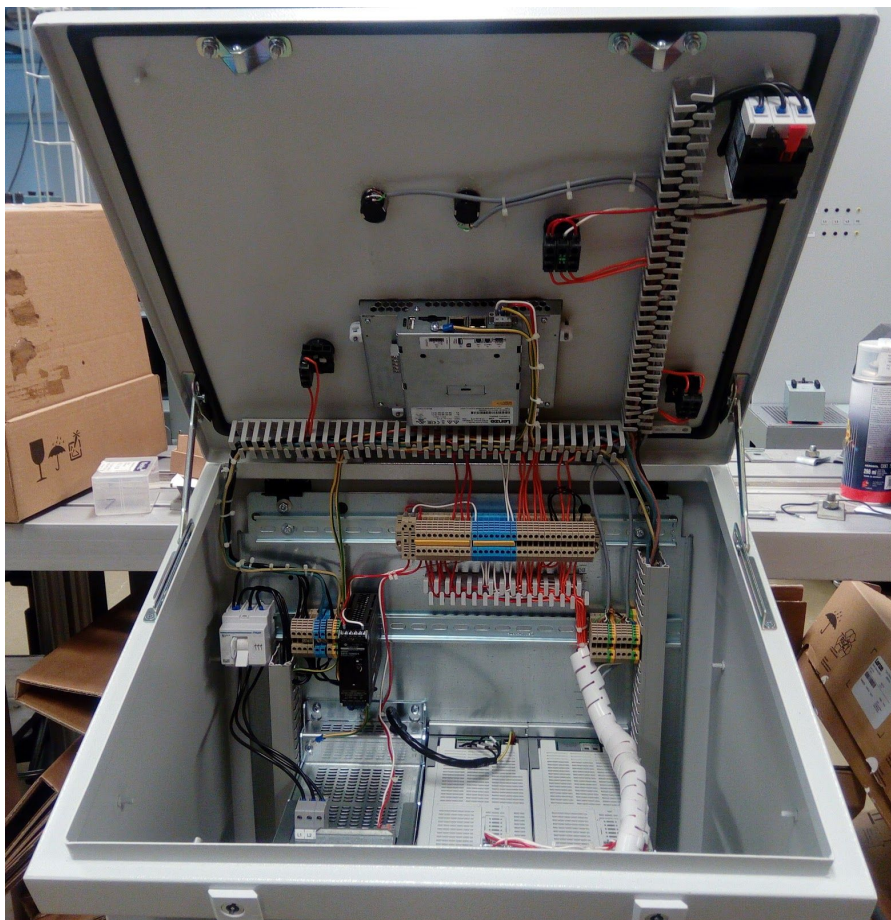
Nödstoppet, som måste anses vara den viktigaste komponenten, placerades på samma plats i locket som nödstoppet på den nyaste av de befintliga momentbänkarna. Detta för att skapa en överensstämmelse så att åtminstone två av bänkarna har nödstoppet på samma plats. Står någon vid en sådan här bänk och blir tvungen att aktivera nödstoppet ska man veta direkt var man ska trycka utan att slösa ett ögonblick på att fundera.

När platsen för knapparna bestämdes togs i beaktande att människor har en tendens att luta sig mot allt möjligt. Ett troligt scenario som kan inträffa med den här momentbänken är att en användare lutar sig mot bänken och av misstag kommer åt potentiometrarna eller lägesväljaren för motor- och generatorläge vilket kan leda till att den pågående användningen störs eller avbryts helt. Därför sitter inte knapparna längst ner mot locket. De är även placerade tillräckligt centrerat av locket för att ge bra plats åt ett papper eller block av storlek A4. Förhoppningsvis kan denna lilla detalj underlätta när studerande använder momentbänken och behöver göra anteckningar. Vredet för val av motor- eller generatordrift placerades en bit ifrån resten av materielen för att förebygga oavsiktligt byte av funktion, vilket skulle leda till att driften avbryts.

Efter design, bearbetning och montering av utrustning i locket kunde kabeldragning påbörjas till kopplingsplintar, styrenhet, regenerativ matningsmodul, nätfilter och säkerhetsmodul. Eftersom vi båda var helt oerfarna av att bygga elskåp som det här valdes svart 2,5 mm² tråd för att koppla knapparna. Det visade sig senare att enligt standarden, eller praxis, används olika färger för olika typer av trådar. Röd används för +24VDC och vit för 0V(-). Till signaltrådarna som går från knappar till drivenheten används ofta orangea eller lila. Här

användes orange. När de gamla trådarna som var fel bytts ut snyggades samtidigt skåpet upp ordentligt och små kabelskenor monterades i skåpet. Före omdragningen gick trådar snett i skåpet och hängde fritt i luften på vissa ställen. Med de nya kabelskenorna, färgade trådarna, noggrannare mätning av trådlängder samt skarpa böjar där trådarna ändrar riktning förvandlades skåpet som förut såg både oestetiskt och slarvigt ut till något som nu gav ett mera fackmannamässigt intryck.

I figur 4 ses hur skåpet blev efter omdragningen. Trådarna som användes den här gången var $0,75 \text{ mm}^2$. Det fanns aldrig något behov av den tjockare trådtypen eftersom det inte går stora strömmar i lågspänningskretsen. Den största enskilda strömförbrukaren i lågspänningskretsen är displayen som maximalt drar ca 0,9 ampere ($0,75 \text{ mm}^2$ trådar får belastas upp till 6A (SFS 2008:600:sv)). En annan orsak till att den klenare trådtypen är att föredra är att den är lättare att handskas med och således kunde dras på ett snyggare sätt.



Figur 4. Pulpetens insida färdigställd.

4.4 Programmering

Programmering behövdes för drivenhet, matningsmodul och HMI. Eftersom apparaterna är helt oprogrammerade från början måste ett program med rätt funktioner för applikationen skapas och laddas ner till enheterna. Till det används Lenzes program *Engineer* samt *VisiWinNET Smart*. I praktiken gjordes programmeringen i många steg, där ett program skrevs och kördes ner till enheten, funktionen testades och felsöktes och en ny version av programkoden utarbetades. Detta upprepades tills önskad funktion uppnåddes.

4.4.1 Programmering av matningsmodul

Matningsmodulen behövde programmeras med ett program utan någon egentlig funktion. Programmet som laddas ner till modulen innehåller endast information om den aktuella enheten, detta behövs eftersom modulen är tom på information och således inte vet vad den själv är för typ. Den behöver också förses med information om aktuell nätspänning eftersom matningsmodulen är byggd för att kunna anslutas till olika typer av nätspänningar.

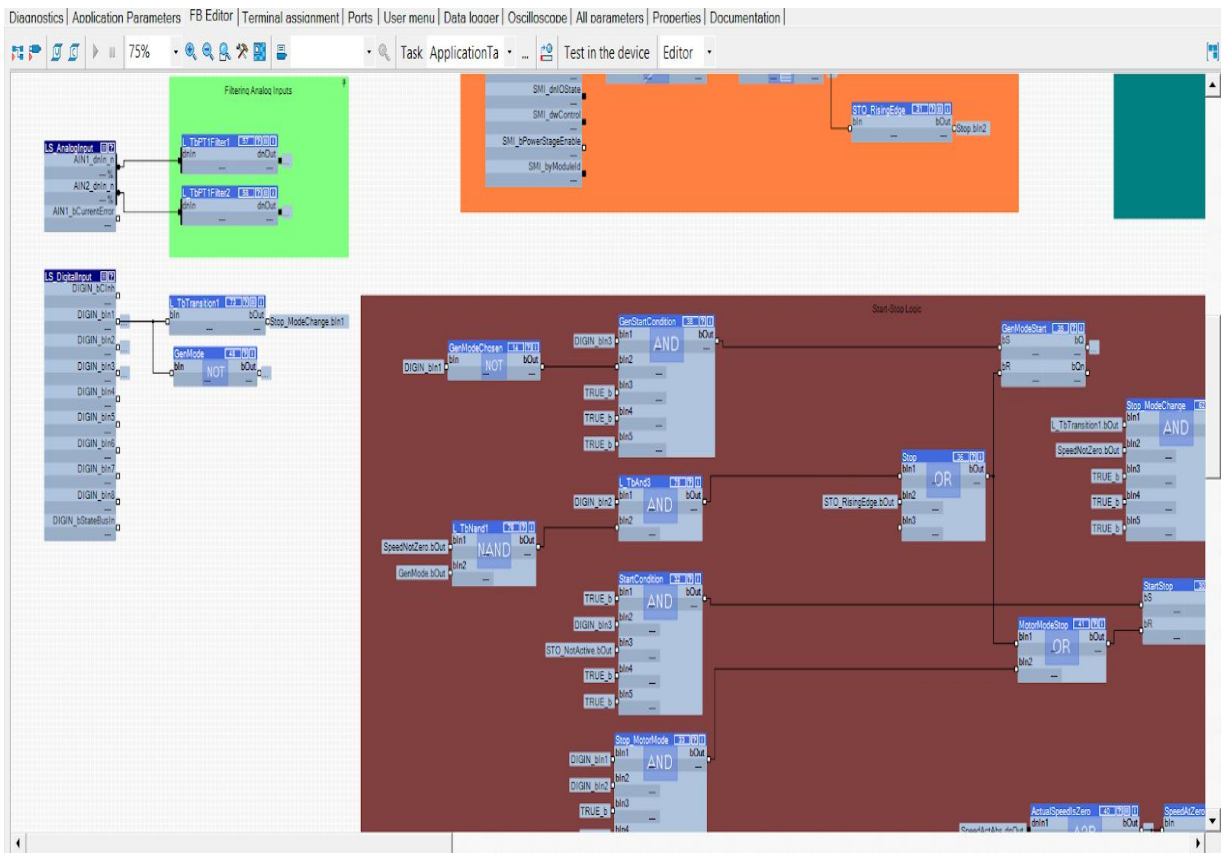
4.4.2 Programmering av drivenhet

Från början var drivenheten mjukvarumässigt tom och ett program behövde skrivas och överföras till den. Detta görs med en nätverkskabel från dator via en “*diagnostic adapter*”. Det program som används för denna Lenzeenhet heter *Engineer*. Det är Lenzes egen mjukvara och önskad funktion utarbetas genom att rita med olika *funktionsblock* som kopplas ihop och genom att ställa in parametrar. I figur 5 ses drivenheten ansluten till dator.



Figur 5. Regenerativ matningsmodul t.v. och drivenhet med programmeringskabel t.h.

Det finns en uppsjö av funktionsblock för inställning av driften, signalbehandling, matematiska operationer och logiska funktioner (såsom och- och ellergrindar). Blockens in- och utgångar kopplas enkelt ihop genom att klicka på en utgång och sedan på önskad ingång. figur 6 är ett skärmbild från Engineer där momentbänkens digitala och analoga ingångar syns, samt en del av logiken för start och stopp av maskinen.



Figur 6. Engineer: F.v. ingångar, följt av start-/stoplogik.

En del inställningar behöver inte behandlas i funktionsblock utan skrivs direkt i *parameterlistan*. Exempel på parametrar som ändrades för att passa projektets specifikationer var inställningar för säkerhetsmodulen SM302 och motorns tillåtna maximala ström (avgörande för uteffekten). Figur 7 visar ett utdrag ur parameterlistan där vita rutor representerar variabler som kan ställas in och gråa är utlästa processdata.

Parameter list		-> Parameter list			
Parameter list		Search parameters in current list			
	Co...	S	Name	Value	Unit
Actuator - Speed	2	0	Device commands	Enable controller	
Diagnostics	3	0	Device command status	0	
Control terminals/T...	4	0	Service password	0	
Controller settings	5	0	Application selection	0	
VFC/SLVC - Settings	6	0	Select motor control	SC: Servo control async. motor	
Motor/feedback syst...	7	0	Active application	0	
Brake chopper/resis...	8	0	Device command progress	0	
CAN	11	0	Motor reference speed	1700	rpm
Monitoring functions	18	0	Chopper frequency	16 kHz var./drive-optimised	
Identification	19	0	Threshold - standstill recognition	5	rpm
Basic drive functions	22	0	Maximum current	20,00	A
Device application	34	0	Config. analog input 1	-10 ... +10 V	
Keypad	50	1	Speed setpoint 1 [rpm]	0	rpm
MSI - SafetyModule...	50	2	Speed setpoint 2 [rpm]	0	rpm
	51	0	Actual speed [rpm]	0	rpm
	52	0	Motor voltage	0	V
	53	0	DC-bus voltage	0	V
	54	0	Motor current	0,00	A
	55	1	Motor current zero system	0,00	A
	55	2	Motor current phase U	0,00	A
	55	3	Motor current phase V	0,00	A
	55	4	Motor current phase W	0,00	A
	56	0	Torque setpoint	0,00	Nm
	57	1	Maximum torque	0,000	Nm
	57	2	Motor reference torque	0,000	Nm
	58	1	Pole position resolver	-90,0	°
	58	2	Pole position encoder	0,0	°
	58	3	Pole position module	0,0	°

C00002:000 Device commands
 PC value: Enable controller
 Default setting: Load Lenze setting

Figur 7. Parameterlista i Engineer.

Vidare länkas in- och utgångar till olika signaler. I praktiken sitter in- och utgångarna för signalerna fysiskt på själva drivenheten så det gäller att ha koll på vad in- och utgångarna heter och inte blanda ihop analoga och digitala signaler. De analoga signaler som behöver läsas in för momentbänkens styrning är från potentiometrar som ska styra motorns moment- och varvtalsbörvärde. Digitala signaler kommer från knappar och vred. Information från och till HMI:n kommer via CAN-kommunikation och behöver tas in i programmet via olika “portar” som behöver konfigureras.

I Engineer finns färdiga applikationer kompletta med block som man kan använda beroende på vilken funktion man är ute efter. Inledningsvis var tanken att använda applikationerna Speed Follower och Torque Follower för motor- respektive generatorläge. Dessa två applikationer slogs ihop men vid test konstaterades att det inte fungerade som vi ville. Torque

Follower var den del av det kombinerade programmet som inte fungerade för vår önskade funktion. Tanken var att Torque Follower skulle aktiveras i generatorläget och då bromsa motorn med inställt vridmoment. Problemet var att drivenheten i detta läge bromsade med fullt vridmoment oberoende vad börvärdet var och således gjordes programmet om och endast Speed Follower användes.

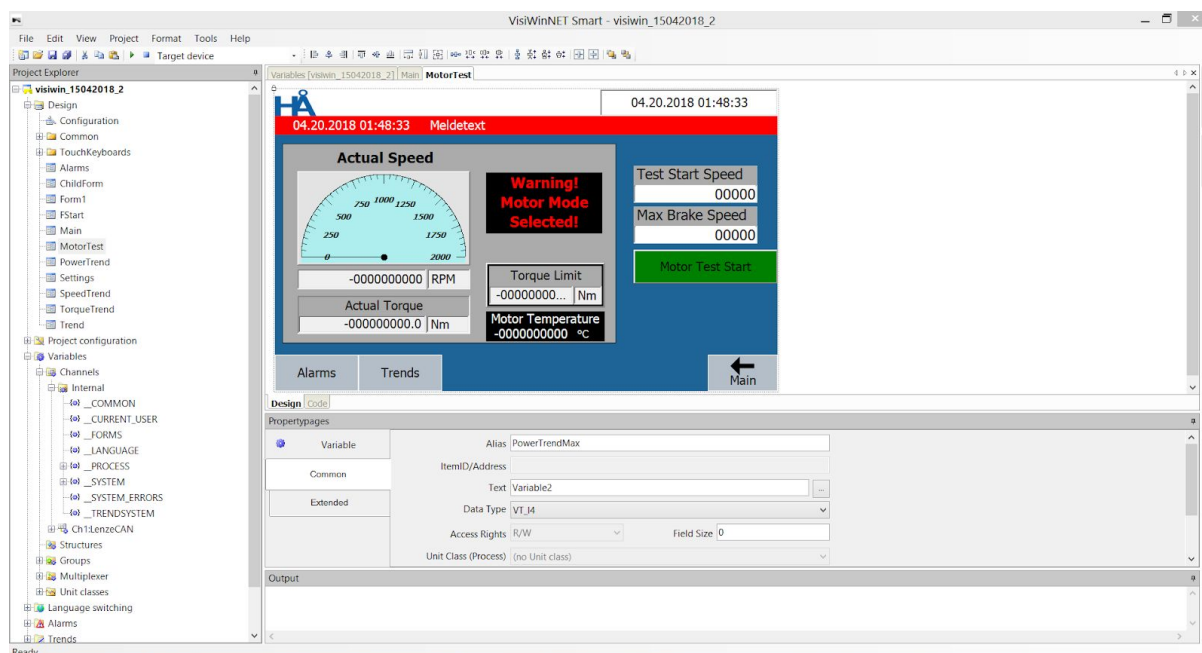
Den grundläggande applikationen kompletterades med länkar till in- och utgångar, logiska väljare av börvärden beroende på användningsläge samt start- och stopplogik och CAN-kommunikationen konfigurerades. Åtskilliga timmar gick åt till att förstå blocken och bygga upp de olika versionerna av programmet.

4.4.3 Programmering av HMI

p300 är en HMI som kan fungera enbart som en visuell display men som även har touchskärm om man vill använda den för att skicka signaler till andra enheter. Vissa insignaler till drivenheten sker via fysiska knappar medan andra styrs från p300. Således kommer displayen fungera som kommunikation åt båda hållen. Denna behöver programmeras med hjälp av ett eget program som heter VisiWinNET. Det som ska visas är aktuellt varvtal och moment, inställda börvärden samt ett överskådligt gränssnitt. Från HMI:n behöver användaren ha möjlighet att starta ett motorbromstest samt ställa två varvtalsvärden som hör därtill.

VisiWinNET är sett till designmöjligheterna relativt simpelt. Dock går det att komplettera programmet genom att importera figurer, exempelvis knappar och övriga visuella tillbehör. Eftersom momentbänken ska kunna köras både som drivande motor och bromsande last samt kunna utföra ett simpelt motortest automatiskt delades användargränssnittet upp i flera olika sidor som användaren kan bläddra mellan genom knapptryck. Motor- och generatorläget syns på samma sida men ett byte mellan dessa visas genom tydliga färgskillnader beroende på vilket läge som valts.

För motortest finns en egen sida där användaren ställer in de varvtalsvärden som önskas för testet och startar testet med ett knapptryck (figur 8). Övriga sidor är en för inställningar och sidor med trendkurvor (grafer) för varvtal, moment och effekt.



Figur 8. VisiWinNET och sida för motortest.

Själva kommunikationen mellan styrenheten och p300 visade sig vara det svåraste i detta moment. Styrenheten har som tidigare nämnts en inbyggd CAN-modul vilken behöver konfigureras via Engineer. HMI:n som naturligtvis också skickar information via CAN behövde på samma sätt ställas in i VisiWinNET.

Något som är viktigt vid kommunikationsinställningarna är att hålla ordning på benämningarna för de olika variabler som skickas samt adresserna dit de ska.

Kommunikationen byggdes upp genom att data skickas via “*Process Data Objects*” (PDO:er). Via en PDO går det att skicka åtta bytes. Totalt åtta PDO:er vilka kan ses som kommunikationskanaler, fanns att tillgå: Fyra för ingående data och fyra för utgående data.

Först i ett sent skede under arbetet konstaterades att det fanns ett enklare sätt att konfigurera CAN-kommunikationen. Från Engineer kunde en fil exporteras innehållande samtliga parametrar i programmet. I VisiWinNET kunde sedan denna fil öppnas och alla önskade variabler läsas och skrivas direkt.

5. RESULTAT

Vid konstruktion och programmering har de grundläggande önskemål på funktion följts, som gavs av beställaren i planeringsskedet. Med hjälp av ett lägesvred kan man välja att använda maskinen som drivande motor eller som last för en extern motor. Dessutom finns möjlighet att göra ett enkelt motortest vid önskat varvtal. Relevanta driftdata och larm är överskådligt presenterade på HMI:n.

I motorläget styrs motorns varvtal med hjälp av en potentiometer. Användaren kan via inställningar bestämma om vridmomentet begränsas med potentiometer eller bestäms av maskinens maximala vridmoment. På HMI:n övervakas inställt samt aktuellt varvtal och vridmoment. Start och stopp aktiveras med motsvarande tryckknappar på pulpeten.

I generatorläge styrs vridmomentet (den kraft med vilken maskinen belastar en drivande motor) med hjälp av en potentiometer. Momentbänkens motor strävar alltså efter att stå stilla. På HMI:n övervakas inställda samt aktuella varvtal och vridmoment. Vid val av funktionen för motortest ställs ett varvtal in för start av test och ett för högsta hastighet. Upp till inställt testvarvtal är maskinens vridmoment noll, för att sedan rampas upp till full belastning vid inställd högsta hastighet.

För att kunna studera prestandan, antingen hos bänkens egen motor eller hos en ansluten extern motor, loggas varvtal, moment och beräknad effekt av enheten. Dessa data sparas på HMI:ns minneskort och visas i grafer på HMI:n. HMI:n visar även aktuella larm.

Säkerhetskretsen består av ett manuellt nödstopp på pulpeten samt en skyddskåpa över motoraxeln. Om nödstoppet trycks ner aktiveras skyddsfunktionen Safe torque off och motorn tappar sitt vridmoment.

Om lägesväljaren för motor- och generatorläge vrids under drift ställs vridmomentet till noll och motorstyrningen förhindras tills axeln är stilla. Detta för att undvika oönskade och plötsliga ryck eller varvtalsförändringar.

Manualen för momentbänken innehåller en kort presentation av maskinen, beskrivning av funktionerna, anvisningar för säker användning samt övrig information i enlighet med de gällande EU direktiven.

6. SLUTSATS

Inledningsvis tyckte vi båda projektet kändes rätt så abstrakt. Ingen av oss hade byggt en så pass avancerad maskin eller kopplat ett styrskåp av detta slag tidigare. Före delarna till bygget kom och kunde ses fysiskt var det svårt att föreställa sig byggnadsprocessen och slutresultatet. Även om Lenze har mängder av manualer fulla med information upplevde vi båda att det var svårt att få ut något användbart ur dem. Vartefter klarnade allt, i synnerhet när elschemat ritades eftersom man då fick en tydlig överblick av alla delar och hur de hängde ihop.

När programmeringen av styrenheten och matningsmodulen inleddes var allt först lite otydligt. Så småningom fick vi klarhet i de viktigaste blockens funktioner och kunde skapa ett fungerande program. När vi började lära oss programmet påminde det oss genast om ABB:s program PCM600 som vi bekantat oss med i utbildningen. Således fick vi göra en sorts jämförelse mellan ABB och Lenzes produkter av detta slag. Det är alltid nyttigt att få testa på olika tillverkare av samma grejer så det blev en extra bonus i arbetet. De två programmen var lika i utformning och eftersom vi jobbat mer med Engineer än PCM600 var det svårt att komma fram till vilket som var bäst.

En av de mera utmanande uppgifterna visade sig vara att förstå sig på VisiWinNET. Från början var ingen av oss särskilt bekymrad om det eftersom vi i vår utbildning har använt liknande typ av HMI-design, då från PLC till dator eller operatörsterminal. I dagens värld med mängder av avancerade och komplexa maskiner som man stöter på är det viktigt att förstå hur man skapar ett gränssnitt så att människan förstår vad en maskin gör. Beroende på maskinen och processen den är delaktig i behöver användaren tydligt kunna ta del av viktig information, exempelvis olika processvärden, få en helhetsbild över processen eller uppmärksammas på larm.

Något som kunde varit intressant är möjligheten att skriva ut loggad data från HMI:n. Den har möjligheter att antingen spara data lokalt i en fil på minneskortet eller att kopplas till ett

nätverk och spara filer på en server. Exempelvis kunde detta användas för att jämföra laborationsresultat i samband med undervisningen.

Som sammanfattning kan konstateras att före detta projekt hade ingen av oss kunskap om att bygga en fullständig maskin som det här och skapa ett kontroll- och övervakningsprogram för processen. Efter detta projekt har vi nu kunskaper om dessa saker.

KÄLLOR

Alfredsson, A., Jacobsson, K.A., Rejminger, A., & Sinner, B. (2002). Elkraftshandboken. Solna: Liber.

drivteknik.nu. (u.å). BERÄKNINGSEXEMPEL - FRAMMATNING. Hämtad från <https://www.drivteknik.nu/skolan/servo/berakningsexempel-frammatning>.

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2006/42/EG
av den 17 maj 2006
om maskiner och om ändring av direktiv 95/16/EG (omarbetning)

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/35/EU av den 26 februari
2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden
av elektrisk utrustning (omarbetning)

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/30/EU av den 26 februari
2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om elektromagnetisk kompatibilitet
(omarbetning)

Finlands standardiseringsförbund. (2008) SFS 2008:600:sv, Lågspännings-elinstallationer
och säkerheten vid elarbeten. Helsingfors: Finlands standardiseringsförbund.

Kang Jun. (2018). Regenerative power units save energy. Hämtad från
<https://www.controleng.com/single-article/regenerative-power-units-save-energy/>.

Lenze Automation GmbH. (2006). L-force 9400 Servo Drives, Software manual, 9400
HighLine, Parameter setting and configuration. Tyskland: Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2011a). PC-based automation, CANopen control technology,
Commissioning and Configuration. Tyskland: Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2011b). L-force drives, 9400, SM301 safety module
(E94AYAE), Software manual. Tyskland: Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2012). L-force drives, VisiWinNET Smart, Software manual.
Tyskland: Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2013). 9400, Servo drives 9400 HighLine, Reference manual.
Tyskland: Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2014). L-force drives, 9400, E94AYAE – SM301, Safety
Module. Tyskland: Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2017). L-force drives, 9400, Mounting instructions. Tyskland:
Lenze Automation GmbH.

Lenze Automation GmbH. (2018). L-force drives, 9400, Hardware manual. Tyskland: Lenze Automation GmbH.

BILAGOR

Bilaga 1 - Elritning över nätanslutning och kontrollelektronik

Bilaga 2 - Elritning över säkerhetsmodulen SM302

Bilaga 3 - Konstruktionsritning över motorställningen

Bilaga 4 - Användarmanual

Bilaga 5 - Riskbedömning del 1

Bilaga 6 - Riskbedömning del 2

Bilaga 7 - Testrapport av säkerhetsfunktioner

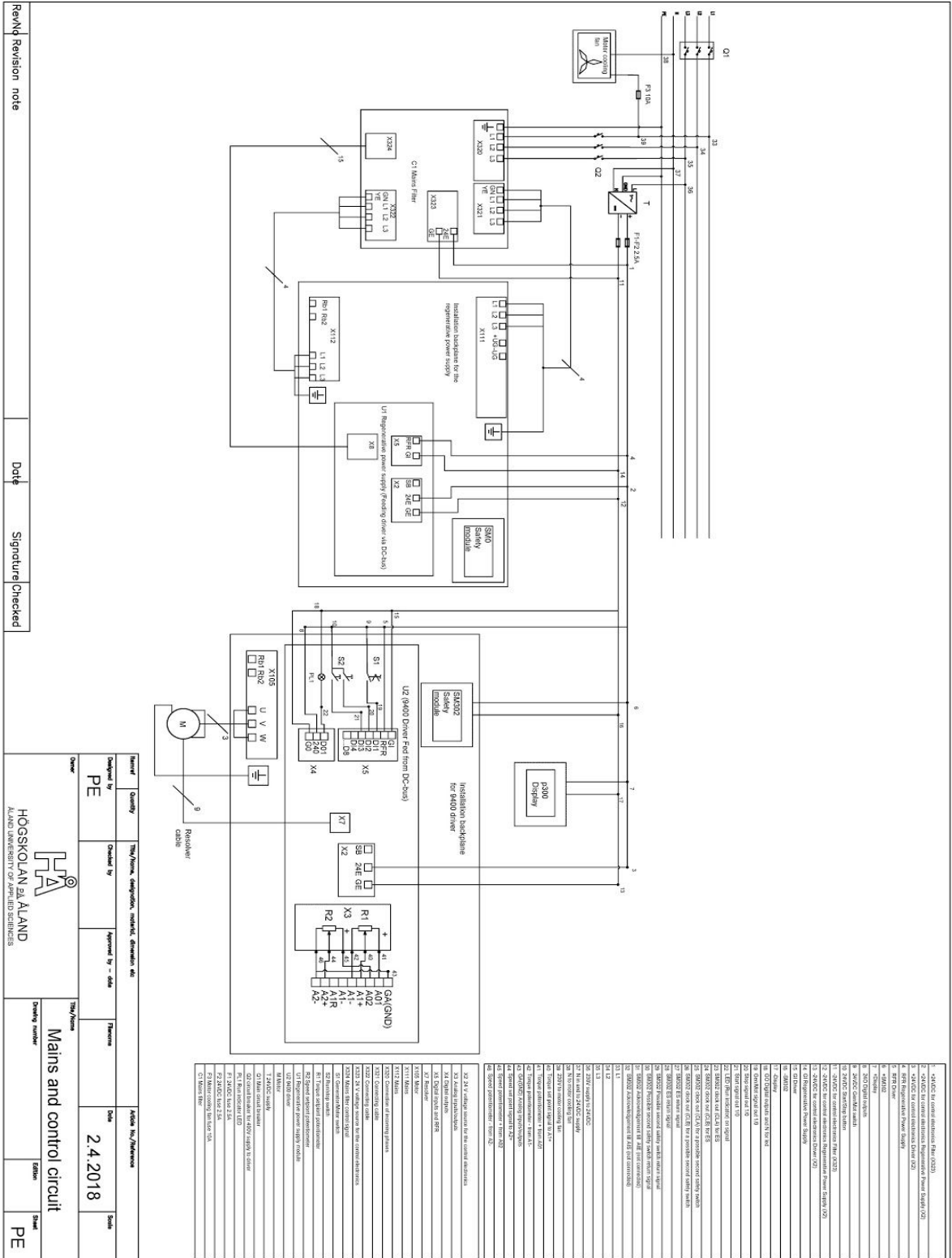
Bilaga 8 - Resultat av utförda konstruktionsberäkningar och undersökningar etc.

Bilaga 9 - Generell beskrivning av momentbänken som maskin samt den elektriska utrustningen

Bilaga 10 - Försäkran om överensstämmelse

Bilaga 11 - Materiallista

Bilaga 1: Elritning över nätanslutning och kontrollektronik



Revised	Revision note	Date	Signature	Checked

Material	Quantity	Qty/Name, description, material, dimension etc	Approved by - date	Checked by	Designed by
					PE

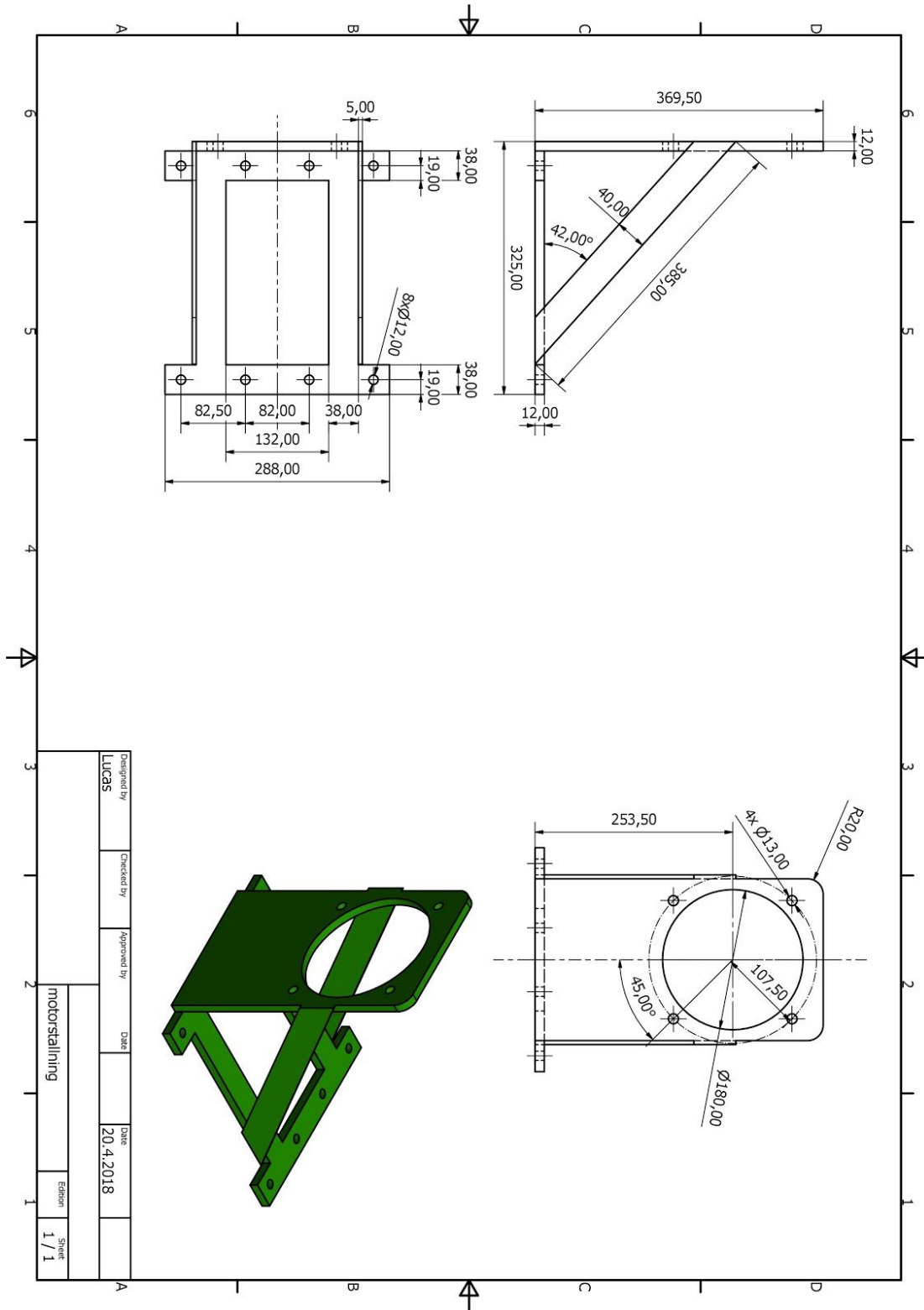
Order	Qty/Name	Param	Date	Scale
			2.4.2018	

Order	Qty/Name	Param	Date	Scale
	Mains and control circuit			

Order	Qty/Name	Param	Date	Scale

Högskolan på Åland
ÅLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bilaga 3: Konstruktionsritning över motorställningen

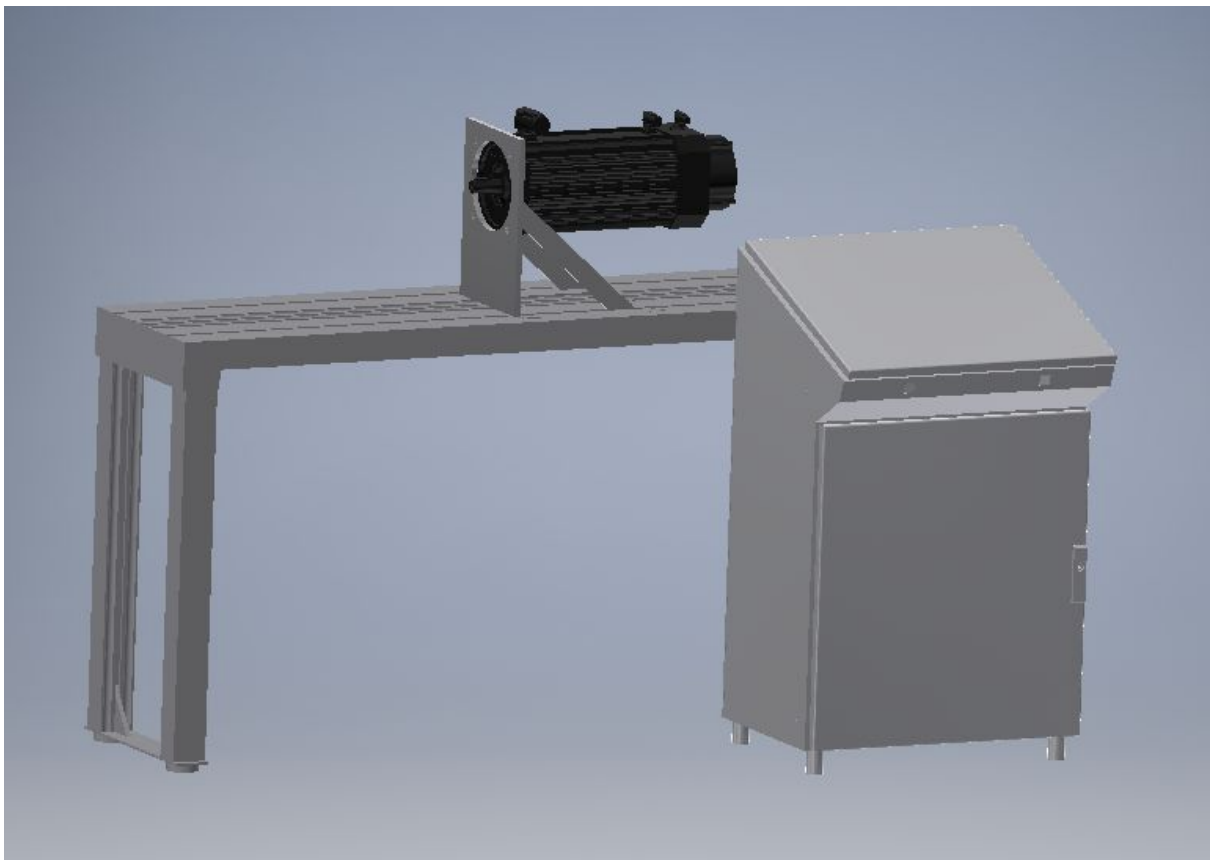


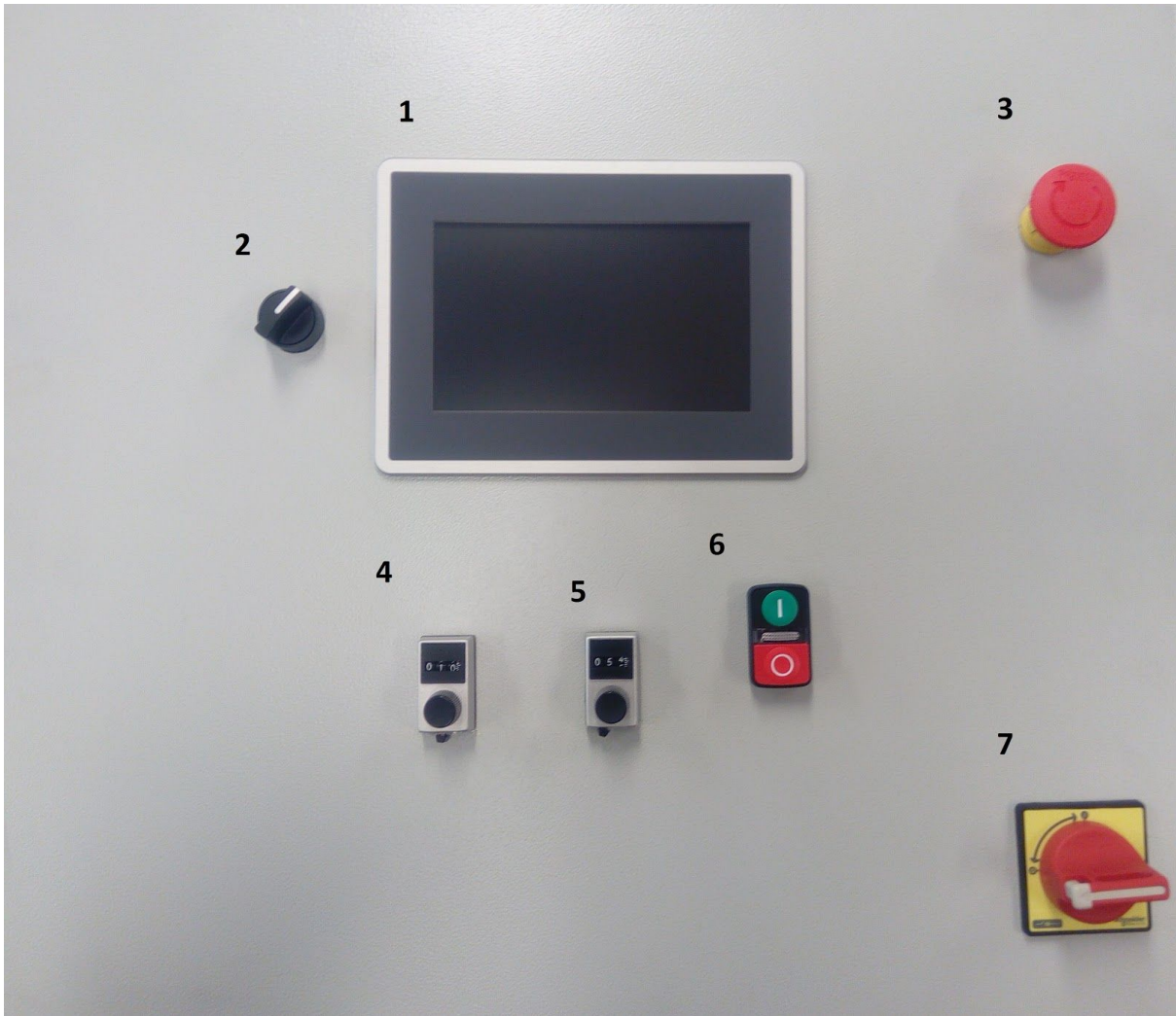
Bilaga 4: Användarmanual

Användarmanual

Momentbänk

Modell 2018-Original manual





1. Display
2. Generator/motor lägesväljare
3. Nödstopp
4. Varvtalsstyrning (pot.1)
5. Momentstyrning (pot.2)
6. Start/Stop knapp
7. Huvudbrytare

Användning

- Momentbänken har två olika användarlägen, generator/motor.
- I motorläge ska momentbänkens elmotor driva en via axelkoppling påkopplad motor.
- I generatorläge ska momentbänkens elmotor drivas av en via axelkoppling påkopplad motor.
- Om man i misstag ändrar användarläge under körning i motorläge stängs vridmomentet av och motorstyrningen kan återaktiveras igen först efter att varvtalet gått till noll (0).
- Det går heller inte att byta från generator till motor förrän varvtalet är noll (0).
- På displayen ser man valt värde för varvtal och moment samt aktuella värden på varvtal och moment.

Styrning av börvärden

- Det finns två 10-varvs potentiometrar med varvtalsräknare (pot.1 och pot.2). I motorläge (lägesväljare i motorläge) används pot.1 för styrning av varvtal. Pot.2 används inte.
- Dock kan man från inställningarna i HMI:n välja att kunna styra momentet med pot.2 i motorläge om man önskar.
- I generatorläge (lägesväljare i gen.-läge) används pot.2 för styrning av vridmoment (belastning). I generatorläge är varvtalsbegränsningen 1700 RPM (nominellt varvtal).
- **Observera att man endast under korta stunder bör belasta momentvågen över 36,3 Nm (nominell belastning)!**

Styrning av motorbromstest via display

- På displayen syns valmöjligheten motorbromstest ("Motor Test").
- I generatorläge kan ett automatiskt motorbromstest utföras.
- Två varvtalsvärden kan ställas in via touchskärmen; "Test Start Speed" och "Max Brake Speed". Vid motortest är vridmomentet noll upp till Test Start Speed och ökar sedan linjärt till full bromskraft vid Max Brake Speed.

- Motortestet startas genom att klicka på “Motor Test Start”. Test kan bara startas om generatorläge är valt och startat (startknapp tryckt, grön startlampa lyser).

Mätvärden och historik

- Enheten loggar aktuella varvtal, moment och uträknad effekt.
- Loggning är aktiv när maskinen är i drift (motorläge eller generatorläge valt och funktion aktiv).
- Uppmätta värden visas i grafer under sidan “Trend”.
- Olika skalor kan väljas för trendkurvorna.

Återställning av säkerhetskrets och felkod:

- Om nödstoppet används stängs motorns drivning av och motorn kan startas som vanligt igen först efter att nödstoppet återställts och man har tryckt på startknappen.
- En eventuell felkod **skall undersökas enligt manual!** Återställning kan sedan ske genom att trycka på stopp.
- Larm kan kvitteras med stoppknappen som fungerar som allmän reset eller från alarmsidan i HMI:n.

Säkerhet:

- **OBS! I generatorläge stannar inte maskinen om man aktiverar momentbänkens nödstopp! Den drivande motorn måste stannas i en nödsituation!**
- Vid byte av påkopplad motor eller **allt** annat underhåll måste **huvudbrytaren vara av.**
- Först **3 minuter efter** att matningsspänningen brutits kan maskinen antas vara ofarlig enligt tillverkaren!
- Det duger alltså **INTE** att bara ha nödstoppen intryckt vid underhåll eller motorbyte!
- All användning av maskinen för ett annat syfte än det som är tänkt kan leda till **skador** på både momentbänken och användaren.
- Användare ska hela tiden vara **uppmärksamma** på maskinen under körning och aldrig lämna den **oövervakad.**
- Eventuella reservdelar skall vara original. En reservdel som inte är original måste testas för att säkerställa att den fungerar på samma

sätt som originaldelen. Vidare ska testas att alla **säkerhetsfunktioner är i skick** efter bytet.

- Användaren måste alltid vara medveten om momentvågens **maximalt tillåtna belastning och varvtal** även om momentbänken är skyddad för att inte kunna överbelastas:
 - Nominellt vridmoment: 36,3 Nm
 - Max varvtal: 1700 RPM
- Ljudnivån överstiger aldrig 70 dB vid användning av maskinen. Hörselkåpor behövs inte.

Tillverkare: Högskolan på Åland, Neptunigatan 17 År 2018

Bilaga 6: Riskbedömning del 2

Riskbedömning-Förteckning över de grundläggande hälso- och säkerhetskrav som är tillämpliga på maskinen

Från EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2006/42/EG av den 17 maj 2006 om maskiner och om ändring av direktiv 95/16/EG (omarbetning) Bilaga 1

- 1.1.2
- 1.1.3
- 1.1.5
- 1.1.6
- 1.2
- 1.3
- 1.4
- 1.5.1
- 1.5.4
- 1.5.6
- 1.6.1
- 1.6.2
- 1.6.3
- 1.6.4
- 1.7.1
- 1.7.1.1
- 1.7.3
- 1.7.4
- 1.7.4.1

Från EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/35/EU av den 26 februari 2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av elektrisk utrustning (omarbetning) Bilaga 1

- 1
- 2
- 3

Från EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/30/EU av den 26 februari 2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om elektromagnetisk kompatibilitet (omarbetning) Bilaga 1

- 1 a
- 1 b

Bilaga 7: Testrapport av säkerhetsfunktioner

Test rapport över säkerhetsfunktioner

Utförd av Pontus Engblom och Lucas Grönvall 2018

Test av säkerhetsfunktion:	STO, Safe Torque Off.	Startar inte utan fullständig återställning	Elskåpet blir helt strömlöst efter huvudbrytaren
Nödstopp	JA	JA	Inte relevant
Huvudbrytare	Inte relevant	Inte relevant	JA

Datum:

Plats:

Underskrift:

Bilaga 8: Resultat av utförda konstruktionsberäkningar och undersökningar etc.

Anledning till val av särskilda säkerhetskomponenter.

(Resultat av utförda konstruktionsberäkningar och undersökningar etc.)

Anledning till val av särskilda säkerhetskomponenter:

- Säkerhetsmodul SM302: **Tillverkaren kräver användning om man har säkerhetsfunktioner i sin applikation.**
- Nödstop: **Krav enligt maskindirektivet.**

Stöd för val av dessa och övriga komponenter med avseende på uppfyllande av:

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/35/EU av den 26 februari 2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av elektrisk utrustning (omarbetning) Bilaga 1 samt EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2006/42/EG av den 17 maj 2006 om maskiner och om ändring av direktiv 95/16/EG (omarbetning) Bilaga 1

- SM302 är konstruerat att överensstämma med standarden: EN 60204-1 samt EN ISO 13849-1
- Nödstoppet tillverkat av Schmersal är konstruerat att överensstämma med standarden: IEC/EN 60947-5-5 samt EN ISO 13850:2006
- Styrenheten överensstämmer med standarden EN 61800-5-1 samt överensstämmer med kraven i lågspänningsdirektivet 2014/35/EU.
- Den regenerativa matningsmodulen överensstämmer med kraven i lågspänningsdirektivet 2014/35/EU.
- Motorn överensstämmer med kraven i lågspänningsdirektivet 2014/35/EU.
- Nätfiltret överensstämmer med kraven i lågspänningsdirektivet 2014/35/EU.

Stöd för val av komponenter med avseende på uppfyllande av:

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/30/EU av den 26 februari 2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om elektromagnetisk kompatibilitet (omarbetning) Bilaga 1 (EMC direktivet)

- Styrenheten uppfyller kraven i EMC direktivet (2014/30/EU)
- Den regenerativa matningsmodulen uppfyller kraven i EMC direktivet (2014/30/EU)
- Nät-filtret uppfyller kraven i EMC direktivet (2014/30/EU)
- Motorn uppfyller kraven i EMC direktivet (2014/30/EU)

Samtliga huvudkomponenter uppfyller kraven i de för dem relevanta direktiven.

Bilaga 9: Generell beskrivning av momentbänken som maskin samt den elektriska utrustningen

Generell beskrivning av momentbänken som maskin samt den elektriska utrustningen

Användningsområde	<ul style="list-style-type: none"> • Momentbänken är tänkt att användas i utbildningssyfte. • Tanken är att kunna testa elmotorer som man kopplar till momentbänkens elmotor/momentvåg via en axel. Momentbänken får inte användas till något annat än detta syfte.
Funktion	<ul style="list-style-type: none"> • Momentbänkens elmotor även kallad momentvåg styrs från styrenheten. • Styr signaler fås från knappar, potentiometrar och en HMI. • Styrenheten styr motorn med frekvensomvandlar teknik.
Användning	<ul style="list-style-type: none"> • Momentbänken har två användarlägen. I motorläge ska momentvågen driva en via axel påkopplad elmotor. Användaren kan i detta läge bestämma börvärdet för varvtal. I generatorläge ska momentvågen drivas av en via axel påkopplad elmotor. I detta läge kan börvärdet för det bromsande momentet väljas. Även en motortest-funktion med upprampning av det bromsande momentet kan användas i detta läge. • Potentiometrarna förser styrenheten med analoga signaler som används för styrning av motorns varvtal eller moment. • Knapparna och HMI:n förser styrenheten med digitala signaler.
Huvudkomponenter	<ul style="list-style-type: none"> • Driver 9A 9400 Multidrive från Lenze. • 13A 9400 Regenerative Power Supply från Lenze. • Mains filter E94AZMR0264SDB från Lenze. • Motor MCA19S17-RS0B0 från Lenze.

Säkerhet	<ul style="list-style-type: none">• Säkerhetskretsen består av ett nödstopp. En skyddskåpa över axeln förhindrar åtkomst till rörliga delar.
Övrigt	<ul style="list-style-type: none">• Bilder, ritningar och manual finns på separata papper.

Bilaga 10: Försäkran om överensstämmelse

EU-försäkran om överensstämmelse

1. Produktmodell:

2. Namn på och adress till tillverkaren eller dennes representant:

Högskolan på Åland

Neptunigatan 17

22100, Mariehamn

Telefon: +358 (0)18 537 000

E-postadress: info@ha.ax

3. Denna försäkran om överensstämmelse utfärdas på tillverkarens eget ansvar.

4. Föremål för försäkran:

Typ av utrustning: Undervisningsmateriel.

Typbeteckning: Momentbänk 2018

5. Föremålet för försäkran ovan överensstämmer med den relevanta harmoniserade unionslagstiftningen:

Lågspänningsdirektivet (LVD) 2014/35/EU

Maskindirektivet 2006/42/EC

6.

Plats och datum

Företagets namn

Namn och befattning av undertecknare

Bilaga 11: Materiallista

Motor MCA19S17-RS0	Specifikation/Tillbehör	Servo Drive E94AMHE0094	Specifikation/Tillbehör
	nom. effekt 6,4 kW		Motor output: Single Axis
	nom. vridmoment 36,3 Nm		Rated power: 4 kW
	nom. varvtal 1700 r/min		Switching frequency: 8 kHz variable
	nom. spänning 390 V		Overload capacity: None
	nom. frekvens 60 Hz		Mains voltage: 3 x 400 V
	nom. ström 13,9 A		Output current: 9,33 A
	Effektfaktor 0,83		Max. output current: 28 A
	Tröghetsmoment motor 72,036 kgcm ²		Ritningsreferens U2
	Skyddsform IP54	Matningsmodul E94ARNE0134	
	Värmeklass F	(regenerativ)	Mains choke required: Ind, J
	Motorbyggsform B5A250 (FF215)		Cooling concept: Design, Standard
	Motoraxel dxl 28x60 med kil		Rated apparent power: 18 kVA
	Elektrisk anslutningseffekt Kontakt		Permissible continuous power: 15 kW
	Elektr. anslutning-återkoppling Kontakt		- in regenerative feedback mode: 7,5 kW
	VMTXXX_KUEHLUNG_ANSCHLUSS kontakt M17		Permissible max. power for 60 s: 22,4 kW
	Motorskydd KTY		- in regenerative feedback mode: 11,2 kW
	VMTXXX_RUECKFUEHR_SICHERH ej enl. IEC 61800-5-2		Permissible max. power for 0,5 s: 44,9 kW
	Aterkoppling, Typ Resolver RS0		- in regenerative feedback mode: 22,4 kW
	Kylning Separatfläkt 1 ~ 230 V +-10%		Regenerative power without support from the brake chopper: 17,2 kW
	Färg RAL 9005 = Djupsvart matt		Permissible max. power in regenerative feedback mode: -39,6 kW
	ybehandling/rostskydd OKS-G (Grundmålad)		Input current at the rated point with mains choke: 26 A
	Godkännande CSAUL		Power loss: 150 W
	statistisk varukod 85015220		Permissible min. mains voltage: 320 V
	Ursprungsland DE (Tyskland)		Conformity/approval: UL
	Vikt / enhet 44,500 KG		
Ritningsreferens M		Ritningsreferens U1	

Materiel	Antal	Specifikation/Tillbehör	Ritningsreferens
Pulpet	1	Rittal Golvpulpet TP 6746.500	
Säkerhetsmodul SM302	1	Till Servo Drive E94AMHE0094	SM302
Säkerhetsmodul SM0	1	Till Matningsmodul E94ARNE0134	SM0
Minnesmodul MM330	1	Till Servo Drive E94AMHE0094	
Minnesmodul MM220	1	Till Matningsmodul E94ARNE0134	
HMI	1	Lenze Panel Controller p300, 17,8 cm	p300
DC-supply	1	Omron S8VK-G06024	T
400-V strömbrytare	1	Hager 40A, SH 040 558040	Q2
Automatsäkring för motorkylning, 10 A	1	Hager MCN 110E, C10	F3
Nätfilter, LenzeE94AZMR0264SDB	1	Filter för regenerativ matningsmodul	C1
Säkringshållare (24-voltssidan)	2	För plintmontering	
Glassäkring, 2,5 A	2		F1, F2
Potentiometer	2	10 kOhm, 10 varv, plus varvräknare	R1, R2
Gavel	2		
Radplint	35		
Radplint, blå	10		
Radplint, GG	4		
Ändplatta	4		
Start-/Stoppknapp	1	Schneider ZB5 AW7L3741	S2
3-pol. isol. lastbrytare (huvudbrytare)	1	Scheider TeSys VARIO V0	Q1
Vred för huvudbrytare	1	Schneider KCD1PZ	
Kontaktblock NC	2	för nödstopp	
Kontaktblock NO	3	för start/stopp och vred	
Vred	1	Schneider ZB5 AD2	S1
Nödstopp	1	Schneider ZB5AS844	ES1
Resistor 120 Ohm	1	Termineringsmotstånd för HMI:ns CAN-port	