Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HAN University of Applied Sciences

Afstudeerverslag

HISSINK CUSTOM MADE MACHINERY

Hybride onkruidborstel

Afstudeerder:
Robert Vos
576166

Bedrijfsbegeleider:
Dhr. H.J. Hissink

Afstudeerdocent:
Dhr. S. van Sterkenburg

Datum:
04-06-2019

HAN Automotive
Arnhem

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie ‘Hybride onkruidborstel’. Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Automotive Engineering aan de Hogeschool van Arnhem & Nijmegen te Arnhem in opdracht van de firma Hissink. Van 4 januari 2019 tot en met 4 juni 2019 ben ik bezig geweest met het onderzoeken, configureren en construeren van de aansturing van een hybride onkruidborstel en het schrijven van deze scriptie met daarin mijn bevindingen, denkprocessen en resultaten.

Bij dezen gaat mijn dank uit naar mijn bedrijfsbegeleider Harm-Jan Hissink voor het bieden van de opdracht en alle benodigde ondersteuning en adviezen. Ook wil ik mijn dank uitspreken naar mijn schoolbegeleider Stefan van Sterkenburg voor de fijne begeleiding en zijn kritische maar uitermate meedenkende inbreng in zowel het project als in de eindscriptie. Daarbij ben ik ook mijn verdere collega’s bij Hissink en alle betrokken leveranciers enorm dankbaar voor de warme ontvangst en alle hulp die zij geboden hebben om het project tot een goed einde te brengen.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Robert Vos

Oeken, 27 mei 2019

Colofon

Afstudeerbedrijf

Hissink
Buurtweg 42
6971 KM Oeken
Telefoon: 0575-476555
Email: Info@hissink-oeken.nl
Website: www.hissink-oeken.nl

Afstudeerbegeleider

Harm-Jan Hissink
Buurtweg 42
6971 KM Oeken
Telefoon: 06-54266444
Email: harm-jan@hissink-oeken.nl

Afstudeerdocent

Stefan van Sterkenburg
HAN Kenniscentrum Technologie & Samenleving
Telefoon: 06-55206398
Email: Stefan.vanSterkenburg@han.nl

Afstudeerder

Robert Vos
Kleine Enkweg 6
7383DC Voorst
Telefoon: 06-13168367
Email: vossejonk@live.nl
Studentnummer: 576166

Samenvatting (Summary)

The aim of this report is to document the configuration, design and testing of an innovative hybrid electric weed brush to be carried by a Antonio Carraro SP5008 Hydrostaticly articulated multi-purpose maintenance tractor. This project is issued by Hissink Custom Made Machinery, as an graduate assingment for a 4th year Automotive Engineering student at the Hogeschool van Arnhem & Nijmegen.

The main goal of this assingment was to come up with the electrical configuration of a previously designed prototype of the weed brush. Currently most of these weed brushes are driven by a hydraulic motor or via a PTO, resulting in poor efficiency and high noise pollution due to a high working speed of the internal combustion engine of the coupled tractor. By switching this driveline to an electric motor that is powered by an alternator in combination with a battery pack on the back of the tractor, the noise pollution can be severly reduced due to a reduced engine speed of the tractor. This electric driveline also offers a higher effeciency compared to conventional driveline methods.

The previously designed prototype consisted of solely the mechanical parts, including the frame, hydraulic and electric actuators to control the brush and arm, and an induction motor to drive the actual brush.

To be able to control the weed brush from the driver seat of the coupled tractor, the electric actuators that control the tilt of the actual brush are controlled by using a joystick. This joystick is used to switch relays that control the extension and contraction of these electric actuators. The hydraulic actuators that control the sidewise swing of the arm of the weed brush are coupled to the existing hydraulic quick-couplings of the tractor, and can be controlled by using the existing joystick in the cabine of the tractor. A flow control valve has been added to the hydraulic lines, in order to limit the flow and make the control of these hydraulic actuators more precise and manageable .

The main driveline consists of a 48 [V] 5 [kW] three fase induction motor coupled to a high efficiency motor controller and fed by both a 225 [Ah] battery pack and a 100 [A] alternator. This motor drives the actual brush through a reduction gearbox in order to multiply the torque deliverd by the motor and reduce the speed of the actual brush to an allowable level of circa 300 [rpm]. It is controlled via a control panel located in the cabine of the coupled tractor, which allows the operator to switch on the machine, select the motor speed ranging from 0 to 2000 [rpm] (0 and 470 brush [rpm]) and monitor the state of the battery pack along with any occuring faults in the system.

Coupled to the Power Take Off of the machine, is a 48-56 [V] 100 [A] alternator. This alternator allows the machine to operate in a hybrid mode, where the alternator is driven by the internal combustion engine of the tractor, to supply the induction motor with a current of 100 [A] at 48 [V]. By increasing the speed of this alternator, a voltage of 56 [V] can be reached. This voltage will allow the 48 [V] battery pack to be charged when the induction motor is turned off or operates at very light duty. This alternator is driven through a gearbox in order to reach the desired speed needed for supplying the current and voltage to the induction motor, and for charging the battery pack. Using the machine in hybrid mode, will reduce the speed of the combustion engine to 1780 [rpm].

Compared to the engine speed of 2460 [rpm] when using a hydraulic or mechanical brush, a speed reduction of 27,64 [%] is obtained when using the brush in hybrid mode. This coincides with a noise reduction of 41 [%]. This drop in engine speed also offers a reduction in fuel consumption of 10 [g/kWh]. Using the brush in fully electric mode, to be solely fed by the battery pack, the engine speed is almost reduced to idle. Resulting in a speed reduction of 65,44 [%], coinciding with a noise reduction of 74 [%].

Testing of the prototype has revealed that it is capable of competing with conventionaly driven weed brushes, yet offers a significantly lower level of noise pollution, a reduced fuel consumption and a higher efficiency. Thefore the recommendation is to do more extensive testing, tie up any loose ends and take the machine into production, in order to allow for smoother, quieter and greener weed removal.

Begrippenlijst

Term	*Betekenis*
Aftakas	Een aftakas, ook wel bekend als PTO (Power Take-Off), is een mechanische krachtoverbrenging welke vanuit een werktuigdrager of tractor gebruikt wordt om een werktuig aan te drijven.
AC	Afkorting voor 'Alternating Current', waarbij de stroom voortdurend van richting wisselt. In de volksmond wisselspanning genoemd.
DC	Afkorting voor 'Direct Current', waarbij de stroomrichting gelijk blijft. In de volksmond ook wel gelijkspanning genoemd.
Driepuntshef/ hefinrichting	Een driepuntshef of driepuntsophanging is de benaming voor het snelkoppelingssysteem dat tractoren en werktuigdragers gebruiken om werktuigen te koppelen en te bedienen. Deze inrichting bestaat uit twee hefarmen en een topstang, welke tezamen de driepuntshef vormen. Deze hef kan d.m.v. hydraulische actuatoren omhoog of omlaag bediend worden.
Onkruidborstel	Een onkruidborstel is een machine of werktuig dat ingezet kan worden om ongewenste groei van grassen en onkruiden te bestrijden zonder het gebruik van chemische substanties. Deze machine maakt gebruikt van een roterende borstelkop, aan welke er strengen staaldraad zijn gemonteerd, om het onkruid tussen stenen of tegels los te vegen.
Werktuigdrager	Een machine welke is uitgerust met één of twee driepuntsheffen en over het algemeen beschikt over één of twee aftakassen. Deze machines worden voornamelijk ingezet voor groenonderhoud, maar kunnen ook gebruikt worden voor andere doeleinden zoals tuinbouw of andere agrarische toepassingen. Deze machines zijn over het algemeen kleiner dan volledige landbouwtractoren.

Inhoud

1. Introductie 7
2. Aanleiding 7
3. Doelstelling 7
4. Probleemstelling & Onderzoeksvragen 8
4.1 Probleemstelling 8
4.2 Hoofdvraag 8
4.3 Deelvragen 8
5. Pakket van Eisen 9
6. Marktonderzoek 10
7. Inventarisatie huidige prototype Hissink 11
8. Aansturing actuatoren 13
8.1 Aansturing cilinders borstelarm 13
8.2 Aansturing actuatoren borstelkop 14
9. Aansturing inductiemotor 16
9.1 Het configureren van de controller 16
9.2 Plaatsing van de controller 17
9.4 Fase- en accukabels 19
9.5 Bedieningspaneel 23
10. Accupakket 24
10.1 Accu chemie 24
10.2 Accu selectie 25
10.3 Samenstelling accupakket 25
10.4 Accubak 26
11. Dynamo 27
11.1 Keuze dynamo 27
11.2 Aandrijving dynamo 27
11.3 Aansluitingen dynamo 29
12. Testresultaten & verwachtingen 30
12.1 Testresultaten 30
12.2 Geluidsreductie 31
12.3 Inzetduur 32
12.4 Verwachtingen 32
13. Conclusie 33
14. Aanbeveling 34
Bronnenlijst 35
Bijlagen 36

1. Introductie

Dit verslag omvat het werk- en denkproces dat is uitgevoerd tijdens de afstudeerperiode van 2018-2019, ten behoeve van het ontwerpen en aansturen van een elektrisch aangedreven onkruidborstel werktuig. Deze ontwerpopdracht is namens de firma Hissink uitgevoerd door een student van de opleiding Automotive Engineering aan de Hogeschool van Arnhem & Nijmegen, te Arnhem. Dit verslag beschrijft welke stappen er tijdens dit project genomen zijn om een product te ontwerpen en realiseren, welke voldoet aan de verwachtingseisen van de opdrachtgever alsmede de afstudeerder zelf. Dit verslag doet tevens dienst als eindscriptie voor de afstuderende student.

Hissink is een familiebedrijf opgericht in 1953 door Jan (B.J.H.) Nijhof, welke na een directiewijziging in 2004 zijn naam heeft gewijzigd in het huidige Hissink. Hissink specialiseerde zich voornamelijk in de landbouwmechanisatie, maar is in de loop der jaren uitgegroeid tot een bedrijf dat zowel machines levert als repareert binnen de landbouwsector, groene sector en bosbouwsector.

Het leveranciersaspect van het bedrijf kan onderverdeeld worden in 4 categorieën:

- Tractoren
- Maaimachines
- Houtverwerking
- Transport

Daarnaast biedt Hissink de mogelijkheid om machines aan te passen naar wens van de eindgebruiker.

2. Aanleiding

Gezien de nog altijd in populariteit stijgende elektrificering van zowel mobiliteits- als industriële toepassingen, gaan ook de agrarische en groene sectoren zich steeds meer in de elektrificatie en hybridisering van werktuigen en machines verdiepen. Door een reductie in het toerental van de verbrandingsmotor zal naast milieubelastende emissies ook de geluidsemissie afnemen, wat zal resulteren in een vergoot comfort voor zowel de bestuurder als de omgeving. Daarnaast bieden elektrische aandrijvingen ook een significant hoger rendement dan de conventionele hydraulische en mechanische aandrijfmethoden, aangezien er minder verliezen in de vorm van wrijving in mechanische componenten optreden.

Het doel van Hissink is om vroegtijdig in te spelen op deze golf van elektrificering door het bieden van een vernieuwend, elektrisch aangedreven onkruidborstel werktuig, welke gemonteerd kan worden op de driepuntshef van een werktuigdrager of tractor. Deze onkruidborstel is voornamelijk bedoeld voor het gebruik door gemeenten en andere (groen-)onderhoudsinstanties. Waar deze werktuigen voorheen mechanisch (via een aftakas) of hydraulisch aangedreven en bestuurd werden, zal deze aandrijving vervangen worden voor een elektrische variant.

3. Doelstelling

Het doel van dit project is het specificeren, ontwerpen en opleveren van een werkende elektrische aandrijving én besturing voor het huidige fysieke prototype van het elektrisch aangedreven onkruidborstel werktuig, binnen de duur van het afstudeerproject. Dit werktuig zal een vergelijkbare prestatie moeten kunnen leveren als een hydraulisch aangedreven borstel van dezelfde omvang en op gelijke wijze kunnen worden gebruikt en bediend als een conventionele hydraulische onkruidborstel.

4. Probleemstelling & Onderzoeksvragen

Om een beter beeld te vormen van de verschillende stappen benodigd om het doel van de opdracht te behalen, zijn er een bijbehorende probleemstelling en hoofd- en deelvragen opgesteld.

4.1 Probleemstelling

In een voorgaand traject is er voor deze applicatie een frame ontworpen, waarop een elektromotor gemonteerd is, tezamen met enkele hydraulische en elektrische actuatoren. Dit frame is echter enkel een 'proof of concept' om een beeld bij de klant te kunnen creëren. Deze zal dus eerst verdere validatie en aanpassingen moeten ondergaan om exact aan de gestelde eisen voor dit project te kunnen voldoen.

Daarnaast moet er een volledige besturing en aansturing van de elektrische componenten ontworpen worden, welke de bestuurder in staat stelt om het gehele werktuig te kunnen bedienen vanuit de cabine van de werktuigdrager of tractor. Ook moet er een accupakket met een juiste capaciteit en een geschikte opberglocatie van dit accupakket gespecificeerd worden. Daarnaast moet er ook de mogelijkheid bestaan om het accupakket tijdens gebruik van de machine bij te laden om de inzetduur te verlengen.

4.2 Hoofdvraag

Het ontwerpdoel van deze machine kan vertaald worden naar de volgende hoofdvraag:

- Hoe kan een prototype hybride onkruidborstel elektrisch aangestuurd en bediend worden op een Antonio Carraro SP 5008, zodat deze kan concurreren met de prestaties van een conventionele, hydraulisch aangedreven onkruidborstel?

4.3 Deelvragen

Om de hoofdvraag specifieker en breder te kunnen beantwoorden, zijn er enkele deelvragen opgesteld. Deze deelvragen gecombineerd kunnen vervolgens helpen de hoofdvraag te beantwoorden.

- *Zijn er machines met een vergelijkbare aandrijfwijze op de markt?*
- *Hoe ziet de huidige prototype hybride onkruidborstel van Hissink eruit en welke actuatoren en aandrijfmiddelen zijn hier momenteel op verbouwd?*
- *Wat is het ideale bedrijfspunt van de elektromotor om de onkruidborstel aan te drijven en wat is hierbij het benodigde elektrische vermogen?*
- *Op welke wijze zouden deze actuatoren en aandrijfmiddelen aangestuurd kunnen worden om de onkruidborstel vanuit de Antonio Carraro SP 5008 te bedienen?*
- *Wat zijn de benodigde afmetingen en specificaties van het accupakket om de onkruidborstel minimaal 20 minuten zonder bijladen met volledige prestatie te kunnen gebruiken?*
- *Waar op de Antonio Carraro SP 5008 kan er veilig een accupakket geplaatst geworden, welke overeenkomt met de benodigde afmetingen?*
- *Op welke wijze kan het accupakket bijgeladen worden door de verbrandingsmotor van de Antonio Carraro SP 5008?*

5. Pakket van Eisen

Om te garanderen dat het eindproduct uiteindelijk zal voldoen aan de wensen en eisen van de opdrachtgever, is er een Pakket van Eisen opgesteld:

- *Een minimale bedrijfsduur van 20 minuten op enkel het accupakket.*
- *Het systeem moet werken op een bedrijfsspanning van 48 Volt.*
- *Indien het contact van het werktuig uit staat, mag er geen spanning staan op de kabels vanaf het accupakket naar de motor.*
- *Ten alle tijden moeten de aansluitingen van de stroomkabels afgeschermd zijn door middel van een isolerend materiaal of een omkasting, zodat deze niet per ongeluk aangeraakt kunnen worden door personeel of omstanders.*
- *De onkruidborstel moet ten alle tijden inzetbaar zijn, ook tijdens (zware) regenbuien.*
- *De kanteling van de borstelkop tezamen met de schuinte van de borstelkop moeten kunnen worden bediend met één enkele joystick vanuit de cabine van de werktuigdrager.*
- *De kanteling en schuinte van de borstelkop zal met behulp van elektrische of hydraulische actuatoren moeten worden kunnen geregeld.*
- *De zijdelinkse bewegingen van de onkruidborstel arm moeten worden aangestuurd door middel van elektrische of hydraulische actuatoren.*
- *Het toerental van de elektromotor moet vanuit de cabine kunnen worden geregeld door middel van een potentiometer of schuif.*
- *Het systeem moet afgezekerd worden op de maximale piekstroom die de motor kan verdragen, om schade te voorkomen.*
- *De kabels moeten bestand zijn tegen de maximale piekstroom die motor zou kunnen vragen.*
- *Voor het inschakelen van de elektromotor & controller zal er een pre-charge circuit moeten worden aangestuurd om de 'Inrush Current' naar deze componenten te limiteren.*
- *Binnen de cabine van de werktuigdrager zal er een noodstop binnen handbereik van de bestuurder aanwezig moeten zijn, welke direct de elektromotor zal stoppen door het verbreken van het circuit met het aanwezige accupakket.*
- *Er moet een voorziening zijn om tijdens het gebruik van de machine het accupakket op- of bij te laden met een spanning van 48 Volt.*
- *Het aanwezige accupakket moet in staat zijn om vrij ver ontladen te worden zonder blijvende schade op te lopen.*
- *Het aanwezige accupakket inclusief aansluitingen moet passen binnen de huidige box met een afmeting van 820 x 770 x 700 [mm].*
- *De elektromotor moet in staat zijn om een borstel met een diameter van 800 [mm] waaraan 22 stalen borstelplukken zitten, met een minimale snelheid van 330 [rpm] te laten draaien bij een gronddruk van één keer het gewicht van het borstelwerktuig.*

6. Marktonderzoek

Om een idee te vormen van het huidige aanbod van vergelijkbare elektrisch aangedreven onkruidborstel werktuigen, is er een kleinschalig marktonderzoek gehouden. Het voornaamste doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de concurrentie en daarmee ook een evaluatie van de wijze waarop hun product globaal is opgebouwd en wat de betreffende specificaties zijn.

Het marktonderzoek heeft plaats gevonden via twee verschillende kanalen. Het eerste kanaal hierin is 'De Groene Sector Vakbeurs' te Hardenberg, welke plaatsvond op 15, 16 & 17 Januari 2019. Deze beurs biedt jaarlijks plek aan allerlei uiteenlopende richtingen binnen de Groen branche, waaronder ook de firma Hissink en desbetreffende concurrenten binnen dezelfde bedrijfstak.

Uit dit beursbezoek bleek dat er, tegen enige verwachtingen in, vrij weinig elektrische applicaties beschikbaar waren. Een enkeling, Nimos BV, introduceerde hier een volledig elektrische werktuigdrager genaamd de Posi-Trac. Echter was destijds ook bij Nimos de elektrificering van de werktuigen nog volop bezig en konden zij nog geen uitspraken doen over de effectiviteit van deze elektrisch aangedreven werktuigen. Wél is tijdens de beurs gebleken dat er aanzienlijk veel animo was voor de prototype onkruidborstel welke Hissink tentoonstelde op hun stand. Tevens is hiermee de potentie van het product bewezen en is het duidelijk dat er een klantenbasis bestaat waar deze applicatie binnen past.

Het tweede kanaal waarlangs een marktonderzoek is gehouden is via het aanbod op internet. Echter bleek hier wederom dat er, op Nimos BV na, geen andere bedrijven een vergelijkbare machine leveren of bezig zijn met het ontwikkelen van een soortgelijke applicatie. Wel blijkt dat Nimos momenteel ook een elektrische onkruidborstel voor hun elektrische Posi-Trac heeft ontwikkeld. Echter zijn hier nog altijd geen verdere specificaties van beschikbaar. Deze borstel is getoond in afbeelding 6.1, waar het ook doet lijken of deze enkel compatibel is met de Posi-Trac. Ook hier betreft het gezien een aansluitingen op de elektromotor een 3-Fase AC-motor.

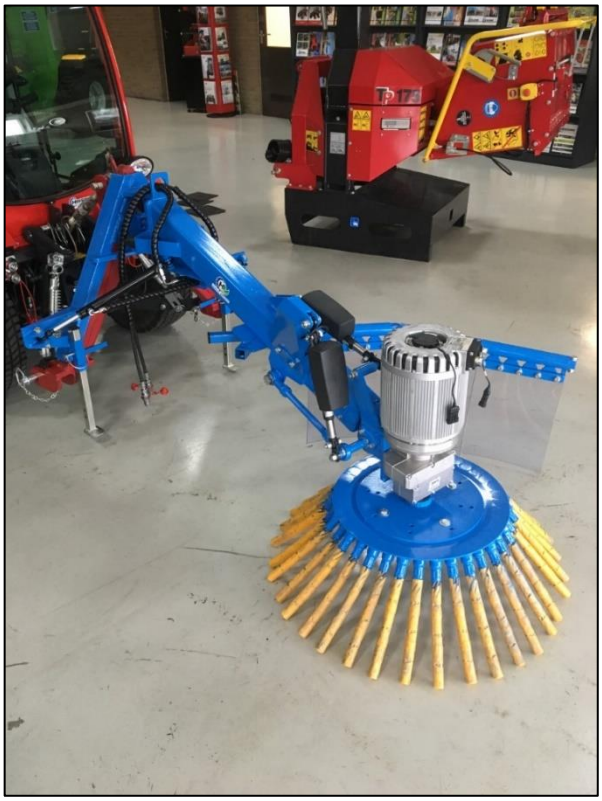
Afbeelding 6.1: Nimos Posi-Trac met gekoppelde onkruidborstel [1]

7. Inventarisatie huidige prototype Hissink

Zoals voorheen beschreven in hoofdstuk 3. *Doelstelling*, is er reeds een prototype van de hybride onkruidborstel ontworpen en gerealiseerd. Dit prototype is getoond in afbeeldingen 7.1 & 7.2, waar deze zit gekoppeld aan de Antonio Carraro SP 5008 werktuigdrager.

De opbouw van de onkruidborstel kan globaal gezien in enkele delen worden uitgezet:

Algemene constructie;
- Driepuntshef adapter
- Borstelarm
- Borstelkop
- Spatscherm
Besturing:
- Hydraulische cilinders t.b.v. verplaatsing borstelarm
- Elektrische actuatoren t.b.v. besturing borstelkop
Aandrijving:
- Inductiemotor
- Tandwielkast
- Borstel

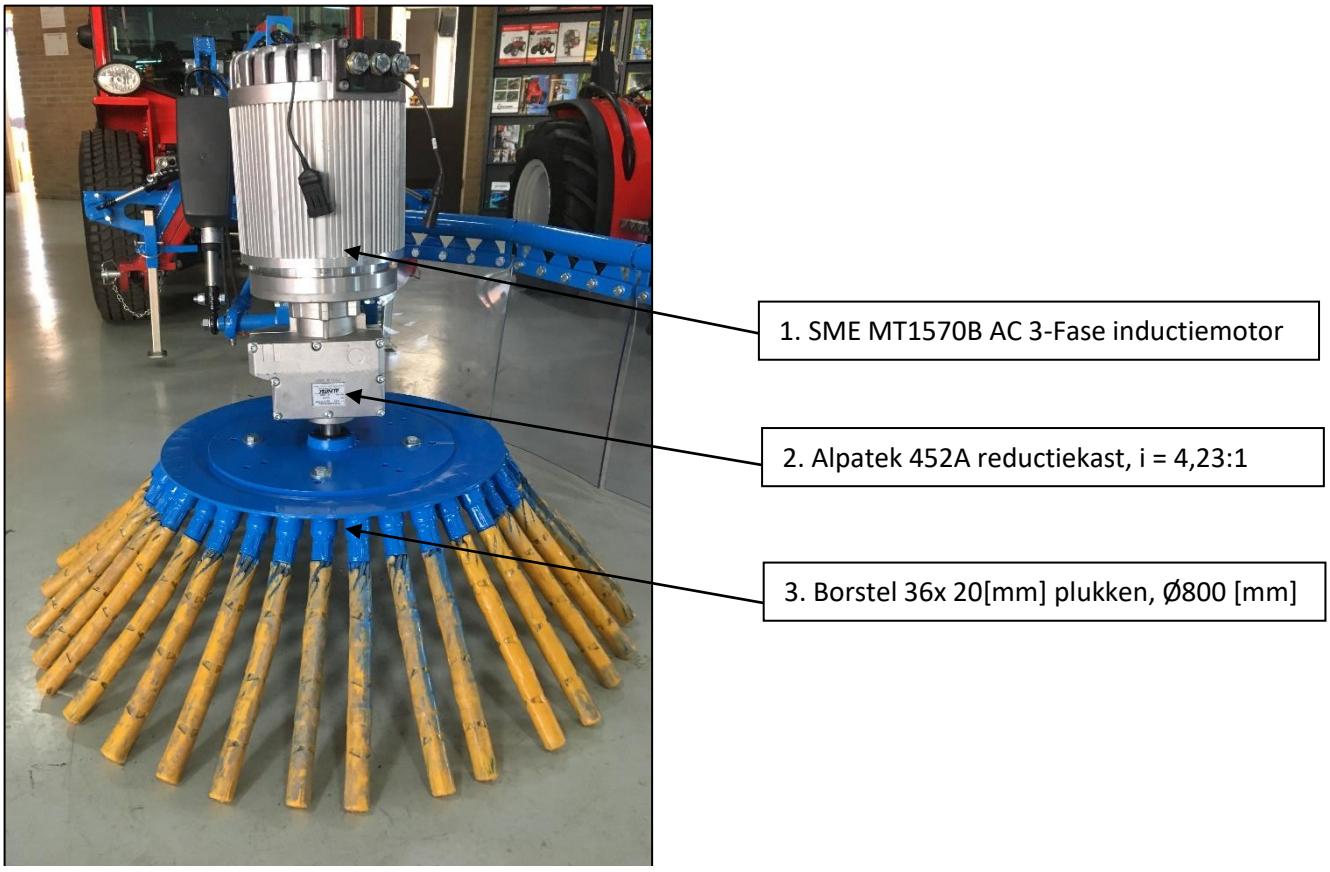


Afbeelding 7.1: Prototype Hybride onkruidborste gekoppeld aan SP 5008 werktuigdrager.

Afbeelding 7.2: Prototype Hybride onkruidborstel gekoppeld aan SP 5008 werktuigdrager (2).

Ten behoeve van de elektrische aandrijving beschikt deze onkruidborstel over een SME MT1570B drie-fase inductiemotor gekoppeld aan een Alpatek 452A coaxiale tandwielkast met een reductie van 4,23 : 1. Deze zit vervolgens verbonden met de uiteindelijke borstel.

In afbeelding 7.3 zijn deze componenten respectievelijk met 1,2 en 3 genummerd.



Afbeelding 7.3: Detailaanzicht configuratie borstelkop & elektrische aandrijving

Daarnaast zijn in afbeelding 7.1 en 7.2 twee elektrische actuatoren te zien (zwarte kasten net boven de borstelkop). Deze bedienen de schuinte (voor-/achterover) en kanteling (links/rechts) van de borstelkop.

Ook is de hoek die de borstelarm maakt ten opzichte van de centrale lijn van de werktuigdrager, vrij te stellen door middel van actuatoren. Het zwenken van de arm wordt geactueerd door middel van twee hydraulische cilinders, aan weerszijden van de arm. Deze arm kan vanuit de middenstand een hoek van 45[°] naar zowel de linker als de rechter kant van de machine maken. Indien deze hoek 45[°] bedraagt, zal een stootrubber de hoek limiteren.

In Bijlage A is het verslag '*Inventarisatie prototype hybride onkruidborstel Hissink'* opgenomen. Hierin is de volledige toelichting over de opbouw en werking van het bestaande prototype en bijbehorende componenten uitgezet.

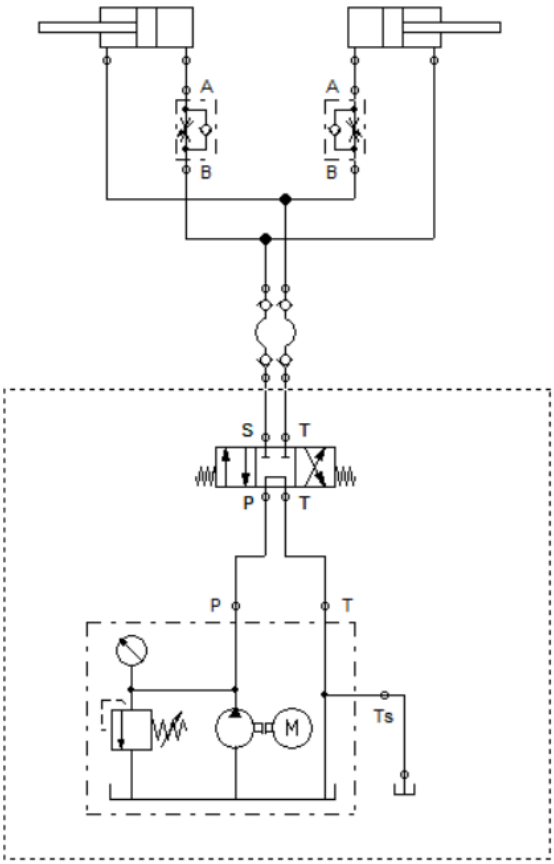
8. Aansturing actuatoren

Zoals beschreven in hoofdstuk 5. *Pakket van Eisen*, zal de onkruidborstel volledig vanuit de cabine van de werktuigdrager bediend moeten kunnen worden. Het besturen van zowel de hydraulische als elektrische actuatoren geschiedt door middel van een joystick.

8.1 Aansturing cilinders borstelarm

De twee hydraulische cilinders welke het links en rechts zwenken van de borstelarm actueren, worden bediend door middel van de joystick aanwezig in de cabine van de werktuigdrager. Deze cilinders zijn aangesloten op de twee oranje hydraulische snelkoppelingen, S & T, welke rechtsvoor op de Antonio Carraro SP5008 gemonteerd zitten. Deze aansluitingen zijn gekoppeld aan een 4/3-weg ventielenblok welke bediend wordt door de joystick. Dit ventielenblok is onderdeel van het hydraulische circuit van de SP 5008 werktuigdrager.

In afbeelding 8.1 is de schematische weergave van het hydraulische circuit weergeven. Door de joystick naar links te verplaatsen (vanuit de bestuurderspositie gezien) zal door het schakelen van het ventielenblok druk op leiding T komen te staan. Aangezien de cilinders omgekeerd doorverbonden zijn (ingaande slag van de linker verbonden met de uitgaande slag van de rechter en vice versa) zal deze druk in combinatie met een volumestroom ervoor zorgen dat de linker cilinder zal inschuiven en de rechter cilinder zal uitschuiven. Hierdoor zal vervolgens de borstelarm naar links verplaatsen. Het bewegen van de joystick naar rechts zal er omgekeerd voor zorgen dat de arm in de andere richting beweegt. In de rustpositie van de joystick zal geen van beide leidingen bekrachtigd worden en zal de borstelarm in de huidige positie blijven staan.



Afbeelding 8.1: Hydraulisch schema bediening borstelarm

Gezien het relatief kleine cilinders betreft, met een stangdiameter van 16 [mm], en de volumestroom aan olie vanuit de SP 5008 vrij hoog is, resulteert dit in een actuatie welke dermate snel is dat de arm niet juist te plaatsen is. Om dit tegen te gaan zijn er in de uitgaande leidingen van de cilinders smoringen geplaatst, welke ervoor zorgen dat de volumestroom aan olie afneemt en de arm beter te bedienen en te plaatsen is. Om intrede van lucht te voorkomen bevatten deze smoringen in de ingaande richting een terugslagklep. Zo geven deze smoringen een vrije doorstroom in de aanvoer van hydrauliekolie, maar smoren deze in de retour.

8.2 Aansturing actuatoren borstelkop

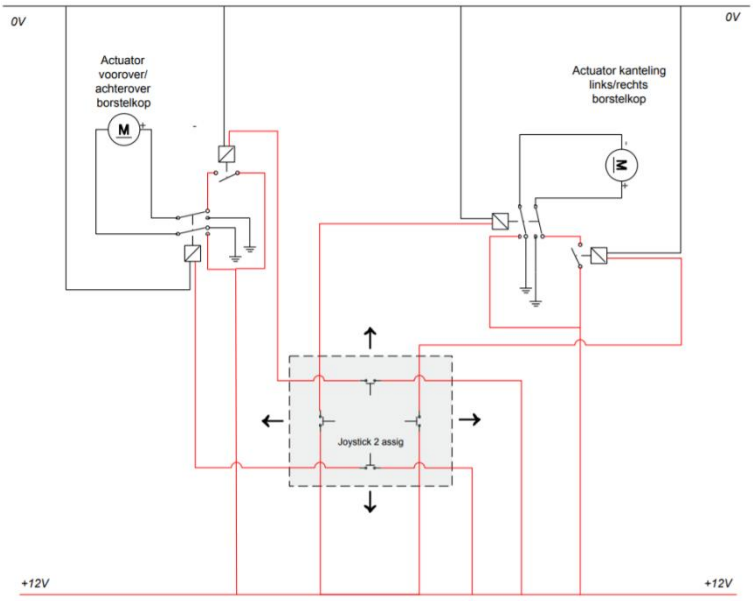
De bediening van de stand van de borstelkop geschiedt via twee elektrische actuatoren. Deze LA28 actuatoren van het merk Linak zijn uitgevoerd met een 12 [V] DC motor, welke via een wormwiel de actuatorstang kan in- of uitschuiven. Het specifieke model actuator dat op de onkruidborstel verbouwd zit, is in staat om zowel 2000 [N] te duwen, als te trekken[3]. Gezien dit overeenkomt met een gewicht van circa 200 [kg], zal het actueren van de 60 kilo wegende borstelkop geen probleem zijn. Deze actuatoren zijn dus verantwoordelijk voor het stellen van de schuinte en kanteling van de borstelkop op het moment dat deze niet in contact is met de bodem.

Zoals reeds vermeld in de inleiding van hoofdstuk 8. *Aansturing actuatoren,* worden deze actuatoren door middel van een bijkomende joystick module bestuurd. Om het gebruiksgemak te vergroten en de bediening te versimpelen, is er gekozen om gebruik te maken van een 2-assige joystick, welke in vier richtingen (boven, onder, links en rechts) te bedienen is. Deze richtingen corresponderen vervolgens met de 4 instelbare standen van de borstelkop. Gezien vrijwel de meeste toepasbare joysticks maximaal een stroom van 5 [A] kunnen schakelen en de actuatoren maximaal 9,5 [A] kunnen vragen, zal de joystick gebruikt worden om verschillende relais te schakelen en niet direct de actuator. Dit om het doorbranden of vast smelten van de contacten van de joystick te voorkomen.

Het omdraaien van de polariteit van de stroom naar de DC motor, waarop deze de andere richting om zal draaien, maakt het mogelijk om de actuator zowel in- als uit te schuiven. Om het systeem simpel en kosteneffectief te houden, geschiedt deze omschakeling van polariteit door middel van een zogenaamd 'DPDT' relais. Dit zogeheten Double Pole Double Throw relais bestaat uit één NC (Normally Closed) contactenpaar, één NO (Normally Open) contactpaar, de aansluitcontacten naar de verbruiker en de aansluitcontacten voor de spoel.

Het NC contact van dit relais staat, wanneer de spoel onbekrachtigd is, altijd in contact met de uitgang naar de motor. Via dit contact zal er +12 [V] op de plus van de motor aangeboden worden en zal de minpool van de motor aan massa liggen. Deze stroomkring zal echter onderbroken worden door een bijkomend standaard 4-polig automotive relais, welke indien bekrachtigd door de joystick en het circuit naar de motor zal sluiten.

Om de polariteit te kunnen wisselen, wordt er via het NO contact geschakeld. Door het aanbieden van een +12 [V] spanning op het NO contact dat in verbinding staat met de minpool van de motor, zal de motor in omgekeerde richting draaien.



Afbeelding 8.2: Schema bediening borstelkop

Het schakelen naar de NO contacten van het relais zal gebeuren indien de spoel van het DPDT relais bekrachtigd wordt. Het bekrachtigen van de spoel zal wederom geschieden door middel van de joystick. Indien deze vooruit bewogen wordt zal het eerste DPDT relais schakelen en indien deze naar achter bewogen wordt zal het tweede DPDT relais schakelen.

Afbeelding 8.2 laat deze schakeling globaal zien, welke in tevens in bijlage B is opgenomen.

Ook is de bijbehorende kabeldoorsnede berekend. De leidraad bij deze berekening is om de spanningsverliezen over de kabel binnen een bepaalde proportie te houden, zodat er theoretisch minder elektrisch vermogen naar de actuator verloren gaat. Hierbij is gebruikt gemaakt van formule 8.1:

$$Kabeldoorsnede\ [mm^2] = \frac{2 * L * I * \rho}{dV}$$ *Formule 8.1 [4]*

Met hierin:

- L = Lengte in [m]
- dV = Acceptabel spanningsverlies in [V]
- ρ = Soortelijke weerstand koper in [Ωm]
- I = Stroomsterkte in [A]

Uitgaande van een acceptabel spanningsverlies over de kabel van 5 [%], overeenkomend met;

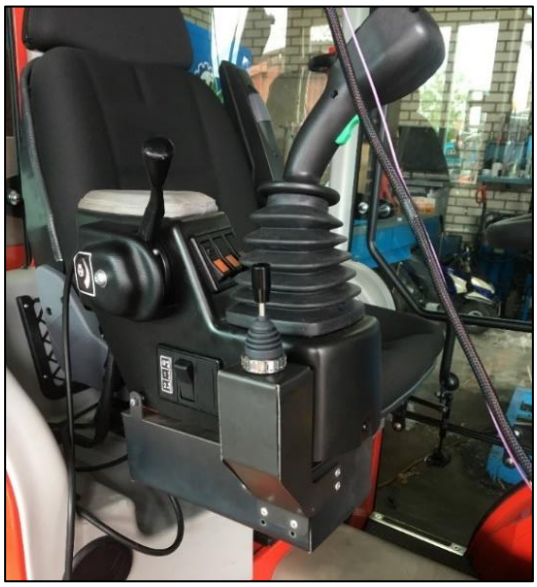
$$\frac{12}{100} * 5 = 0{,}6\ [V]$$

en daarbij een kabellengte van 2,6 [m], waarvan de soortelijke weerstand van het koper 0,0175 [Ωm][4] bij een temperatuur van 15 [°C] is. Dit samen met de maximale stroomsterkte van 9,5 [A] resulteert ingevuld in formule 8.1 in een kabeldoorsnede van:

$$\frac{2 * 2{,}6 * 9{,}5 * 0.0175}{0{,}6} = 1{,}44\ [mm^2]$$

De standaard kabeldoorsnede die hier het dichtstbij ligt, is 1,5 [mm^2].

De relaisschakeling is vervolgens gemonteerd is een metalen bak welke onder de originele joystick van de SP5008 te monteren is (zie afbeelding 8.3 & 8.4). Deze bak huist niet alleen de relais, maar bevat ook de joystick welke gebruikt wordt voor het schakelen van de relais. De plaatsing van de joystick is zo gekozen dat deze goed bereikbaar is vanuit de uitgangspositie van de arm van de bestuurder aan de hydrauliekjoystick. De relais worden voorzien van een +12 [V] voedingsspanning welke geleverd wordt door de sigarettenaansteker die zich aan de andere zijde van de stoel bevindt. Zo is de bak demonteerbaar door het verwijderen van slechts 3 bouten en het ontkoppelen van 1 connector. De werktekeningen van deze bak zijn opgenomen in bijlage F-1.



Afbeelding 8.3: Montage relaisbak aan bestaande console

Afbeelding 8.4: Plaatsing relais in relaisbak

9. Aansturing inductiemotor

De besturing van de inductiemotor geschiedt door middel van een bijbehorende SME AC-M1 inverter-controller. Deze controller zal naast het aansturen van de motor ook dienst doen als inverter, door de DC spanning van het accupakket naar een 3-fase AC spanning om te vormen. In dit hoofdstuk zal het programmeren van de controller en het daarbij horende elektrische circuit toegelicht worden. Voor deze applicatie draait deze inductiemotor op een toerental van tussen de 1000 en 2000 [rpm], met een vermogen variërend tussen de 3 en 7 [kW].

9.1 Het configureren van de controller

Gezien de AC-M1 controller een veelzijdige controller is, welke inzetbaar moet zijn voor vele verschillende doeleinden (zowel tractie- als pompapplicaties), is de controller volledig naar wens te configureren. Zo is het mogelijk om per toepassing een gewenste besturing te creëren, door het inventariseren van de benodigde signalen welke vanuit de bestuurder van belang zijn om de machine te bedienen. Voor deze applicatie zijn deze signalen: het inschakelen van de machine, het inschakelen van de inductiemotor en het kunnen regelen van het toerental van de motor. Daarnaast is het uiteraard wenselijk om een ook een feedback te kunnen krijgen van de status van de motor en het accupakket. Op deze manier kan de bestuurder bijvoorbeeld eventuele foutcodes en de state of charge (SoC) van het accupakket waarnemen.

De controller heeft een totaal van 46 programmeerbare pinnen, onderverdeeld in twee 23-pins aansluitingen (K1 &K2). Van deze pinnen zijn er 16 standaard bezet, om aan de basisbehoeften van de controller te voldoen. Deze signalen zijn terug te vinden in bijlage C. Dit betekent dat er nog een totaal van 30 vrije configuratiepinnen zijn, waarvan 19 digitale inputs, 2 digitale outputs, 2 PWM driver outputs, 6 analoge inputs en 1 resterende temperatuursensor input. Deze pinnen zijn volledig naar wens te configureren, aan de hand van de benodigde signalen voor de applicatie.

Een schakelaar om de motor te activeren en een potentiometer om het toerental van de motor te regelen, zijn respectievelijk op de digitale input pin K1-2 en de analoge input pin K2-12 geplaatst. De potentiometer zal gevoed worden met een spanning van +5 [V]. Deze beide inputs zijn in de bijgeleverde TAU software in te stellen (zie bijlage D). Een bijkomende hoofdschakelaar om de controller te activeren is geplaatst op pin K1-1.

Tevens is er een beveiliging op de potentiometer geconfigureerd. Dit is gedaan met behulp van de zogeheten 'Max Level Check' optie. Hier is het maximale spanningsniveau van de potentiometer in te voeren. Indien er door een kabelbreuk in de massa van de potentiometer +5 [V] direct op het ingangssignaal van de gasstand staat en er dus theoretisch 100% gasstand wordt gevraagd, zal de controller herkennen dat het een kortsluiting betreft en hierop de motor direct uitschakelen. Om er voor te zorgen dat de potentiometer maar een voltage van 0 tot maximaal 4500 [mV] kan doorgeven terwijl deze van 5000 [mV] voorzien wordt, is er een voorschakelweerstand in de +5 [V] input van de potentiometer worden geplaatst. De grootte van deze weerstand is te bereken met behulp van de formule voor een spanningsdeler, formule 9.1:

$$U_{uit} = U_{in} * \frac{R1}{R1 + R2}$$

Formule 9.1 [5]

Met hierin;

- Uuit = Uitgaande spanning in [mV]
- Uin = Ingaande spanning in [mV]
- R2 = Voorschakelweerstand in [Ω]
- R1 = Potentiometer weerstand in [Ω]

Gezien bekend is dat de uitgaande spanning maximaal 4500 [mV] mag zijn, de ingaande spanning 5000 [mV] bedraagt en de weerstand van de potentiometer 4700 [Ω] is, kan met behulp van formule 9.1 de voorschakelweerstand berekend worden:

$$R2 = \frac{R1}{(\frac{U_{uit}}{U_{in}})} - R1 = \frac{4700}{\left(\frac{4500}{5000}\right)} - 4700 = 522.2222\ [\Omega]$$

De dichtstbijzijnde weerstand welke voor handen was is een serieschakeling van twee 270 [Ω] weerstanden, om zo 540 [Ω] te krijgen. Hiermee kwam de theoretische maximale uitgangsspanning op 4484 [mV]. Om eventuele fouten door overshoot bij het inschakelen van de potentiometer te voorkomen, is de limiet in de controller ingesteld op 4575 [mV].

Daarbij is het ook mogelijk om het verloop van het potentiometer signaal naar wens in te stellen. Voor de applicatie van de onkruidborstel is er gekozen voor een simpel lineair verband van de gasstand t.o.v. de verdraaiing van de potentiometer. De reden hiervoor is dat er op deze wijze simpel een toerental in te stellen is, aan de hand van de positie van de potentiometer. Staat deze op 50% van de slag, dan wordt er ook 50% van het maximale toerental gevraagd. Dit resulteert in een voor de bestuurder erg voorspelbaar en makkelijk selecteerbaar verloop van het toerental.

Voor deze applicatie is er gekozen voor een maximaal motortoerental van 2000 [rpm], wat na de reductie door de tandwielkast overeenkomt met een maximaal borsteltoerental van 470 [rpm]. De reden hiervoor is dat de inductiemotor tijdens bedrijf rond de 1000 á 1200 [rpm] zal draaien (230 [rpm] borsteltoerental), gezien een conventionele hydraulisch aangedreven borstel ook in dit toerengebied draait. Indien er onverwachts toch meer vermogen en dus een hoger toerental gevraagd wordt, is dit toerental dus nog tot 470 [rpm] van de borstel op te voeren. Een toerental hoger dan deze 470 [rpm] draagt echter niets meer bij aan de werking van de borstel en zal enkel onnodige slijtage en vibraties met zich mee brengen.

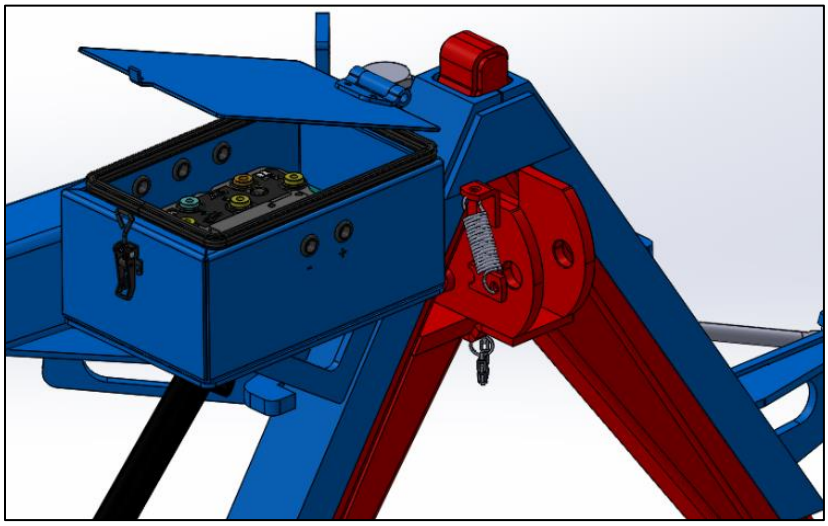
In bijlage D is de complete configuratie van de controller in het Tau programma weergeven. Tevens is er aan de hand van de pinbezetting, gecreëerd door de Tau software, een schematische weergave van de controller en gekoppelde sensoren/actuatoren opgesteld, te vinden in bijlage C.

9.2 Plaatsing van de controller

Voor het bepalen van de juiste kabellengten van zowel de stuurstromen als krachtstromen, is eerst de locatie van de controller bepaald. De insteek bij het plaatsen van de controller is dat de fasekabels naar de motor niet langer zijn dan 3 [m], evenals de kabels naar het accupakket. Om elektromagnetische storingen (overspraak) veroorzaakt door de wisselende spanning in de fasekabels te voorkomen, zullen deze niet onder de cabine doorgeleid kunnen worden naar de accubak. Dit betekent dat de controller zich vóór de cabine en dus op het werktuig bevindt.

Gezien het binnenwerk van de controller volledig opgenomen is in een hittebestendige epoxyhars, is deze bestand tegen de trillingen welke door de machine zullen worden veroorzaakt. Zo is het plaatsen van de controller op de machine geen probleem. Wél is er rekening gehouden met de bescherming van de controller tegen invloeden van buitenaf. Ondanks dat de controller stofvrij en sproeidicht uitgevoerd is (IP65), is het niet wenselijk dat deze open en bloot op het frame gemonteerd wordt. De voornaamste reden hiervoor is dat hierbij de hoofdcontacten niet afgeschermd zijn en opspattende stenen of ander materiaal de controller van buitenaf kunnen beschadigen.

Zodoende is er voor gekozen om de controller te monteren in een behuizing op het driepuntsframe van het werktuig (zie afbeelding 9.1). Hierbij is het compromis tussen de lengte van de accukabels en de fasekabels minimaal, gezien beiden onder de 3 [m] blijven. De behuizing is afgedicht met een rubberen dichtlijst en de onderste bak is rondom gelast. In de bodem van de behuizing zijn twee afvoergaten geplaatst, waar indien zich een lek voordoet, water kan worden afgevoerd en de behuizing niet vol zal lopen.



Afbeelding 9.1: Locatie controller op driepuntshef

De kabels zijn met behulp van rubberen doorvoertules de behuizing in geleid. Deze doorvoertules zorgen voor een waterdichte afsluiting én voorkomen tevens het doorslijten van de kabels op de rand van de metalen behuizing. Ook zijn er twee rubberen doorvoertules aanwezig in de behuizing, waar de kabelbomen vanuit de controller richting de motor en richting de cabine doorheen lopen. Het geheel is sluitbaar doormiddel van een excentrische haak, welke eventueel met een hangslot kan worden afgesloten. Dit om ondeskundige handelingen aan de controller en eventuele diefstal van de controller te vermijden. De onderdelen van de behuizing zijn vervaardigd uit S235JR staal, gezien dit als 'standaard' constructiestaal de goedkoopste keuze is en het goed bestand is tegen een eventuele stoot van buitenaf. De werktekeningen van deze bak zijn opgenomen in bijlage F-2.

Tussen het aluminium koellichaam van de controller en de behuizing is op advies van SME en Alpatek een thermisch geleidend vet aangebracht om de overdracht van warmte vanuit de controller naar de montageplaat te bevorderen. Bij het opgegeven rendement van de controller (>95 [%]) zal er bij de gemiddelde stroom naar de inductiemotor, gemeten op 129 [A], vanuit het accupakket een gedissipeerd vermogen zijn van:

$$\frac{(48 * 129)}{100} * 5 = 310\ [W] = 310[J/s]$$

Indien er geen extra koeling naar de controller wordt toegepast, betekent dit dat de aangeraden maximale temperatuur van de heatsink van 75 [°C][8] tijdens nominaal gebruik snel bereikt zal worden. Dit is te berekenen met behulp van formule 9.2:

$$Q = m * C * \Delta T$$ *Formule 9.2 [6]*

Met hierin:

- *Q = Energie in [J]*
- *C = soortelijke warmte in [J/kgK]*
- *ΔT = Temperatuursverandering in [K]*
- *M = massa in [kg]*

Uitgaande van een soortelijke warmte van 880 [J/kgK] voor aluminium[7] met een gewicht van 1,5 [kg], bij een omgevingstemperatuur van 20 [°C], is er voor het bereiken van deze 75 [°C] een toegevoegde energie benodigd van:

$$Q = 1{,}5 * 880 * (75 - 20) = 72600\ [J]$$

Deze energie, geleverd door het gedissipeerde vermogen van de controller, kan worden geleverd in een tijdsbestek van:

$$\frac{72600}{310} = 234\ [s] \approx 4\ [min]$$

Om niet boven de temperatuur van 75 [°C] te komen, zal tijdens het nominale gebruik per minuut een energie van 18600 [J] overgedragen moeten worden aan de omgevingslucht. Hiervoor is per minuut, uitgaande van een omgevingstemperatuur van 20 [°C], een soortelijke massa van 1.293 [kg/m3][7] en een soortelijke warmte van 1000 [J/kgK][7] voor lucht, een debiet benodigd van:

$$18600 = m * 1000 * 55 \rightarrow m = 0.34\ [kg]$$

$$\frac{0.34}{1.293} = 0.263\ [m^3] \rightarrow 263[\frac{l}{min}]$$

Hierbij is uitgegaan van een overdracht coëfficiënt van 100 [%].

Met een rijsnelheid tijdens het borstelen van 2 [km/h], waarbij uitgaande van een windstille omgeving, kan het debiet van de lucht frontaal op de controller box berekend worden:

$$\frac{2}{3{,}6} * (0{,}12 * 0{,}3) = 0.02 \left[\frac{m^3}{s}\right] = 20 \left[\frac{l}{s}\right] = 1200\ [\frac{L}{min}]$$

Zo is de luchtstroom langs de controller box tijdens het borstelen ruim voldoende om de box continu te kunnen koelen, zelfs gezien de overdracht coëfficiënt geen 100 [%] is.

9.4 Fase- en accukabels

Na het bepalen van de lengte van de accu- en fasekabels aan de hand van de plaatsing van de controller, zijn hiervoor de specifieke kabeltypen en montagepunten bepaald.

9.4.1 Fasekabels

De benodigde aderdoorsnede van de fasekabels is berekend met behulp van formule 9.2, gegeven door de fabrikant SME zelf:

$$A = \frac{I_{gem}}{\vec{J}}\ [mm^2]$$

Formule 9.2 [8]

Met hierin:

- *A = Kabeldoorsnede in [mm²]*
- *I_{gem} = Nominale stroomverbruik inductiemotor in [A]*
- *$\vec{J}$ = Stroomdichtheid in [A/mm²]*

De voorgestelde stroomdichtheid bedraagt volgens SME 5 [A/mm²]. De nominale stroomsterkte naar de motor inductiemotor, gemeten met de Tau software, bedraagt 129 [A]. Hieruit kan de aangeraden aderdoorsnede van de kabels berekend worden met behulp van formule 9.2:

$$A = \frac{129}{5} = 25{,}80\ [mm^2]$$

Volgens de formule wordt er aangeraden om voor de fasekabels een aderdikte van 25,80 [mm^2] te kiezen. De meest voor de hand liggende gestandaardiseerde aderdoorsnede voor de applicatie is 25 [mm^2]. Echter is er voor gekozen om gebruik te maken van de eerstvolgende gestandaardiseerde aderdoorsnede; 35 [mm^2]. De reden hiervoor is het feit dat er gerekend is met de nominale stroomsterkte naar de inductiemotor, terwijl deze onder zware last voor langere tijd een stroom kan vragen welke aanzienlijk hoger is dan de nominale waarde, tot aan de software gelimiteerde 200 [A].

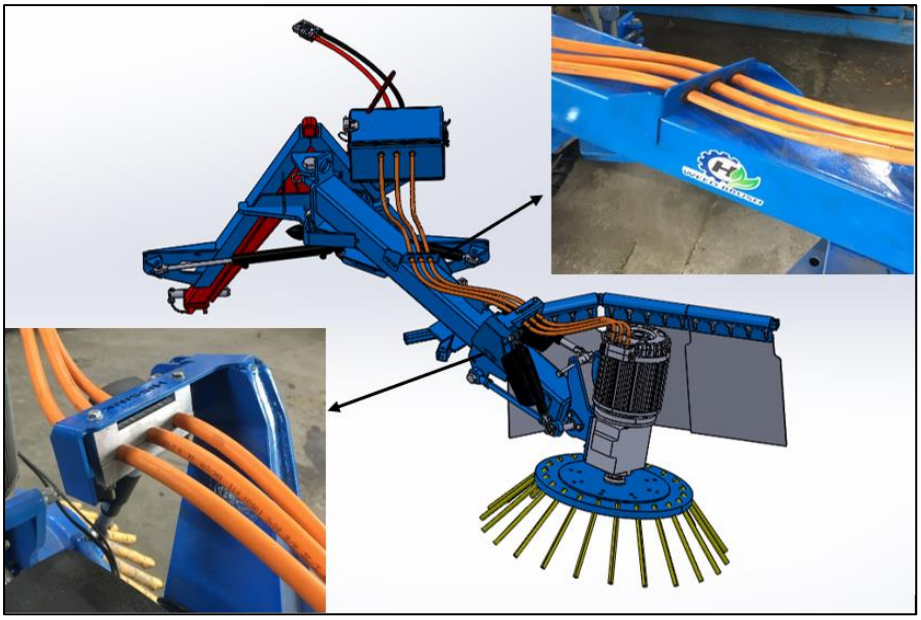
Aan de hand van de gekozen doorsnede is er een toepasbare kabel geselecteerd. De eenvoudigste optie is het gebruik van 35 [mm^2] accukabel. Echter is het nadeel van deze standaard accukabel dat de ommanteling van dit type kabel vrij zacht en slijtgevoelig is. Daarnaast is het gros van deze kabels enkel onafgeschermd verkrijgbaar, wat door de wisselspanning in deze kabels kan resulteren in een overspraak op omringende kabels.

Voor de fasekabels is zodoende gekozen voor een 35 [mm^2] servokabel van het merk Igus. Deze kabel met typenummer *CF270.UL.350.01.D*[9] is weergeven in afbeelding 9.2. Deze kabel is uitgevoerd met een PUR ommanteling, een TPE binnenmantel en gewoven vertinde koperen afscherming. De keuze ging uit naar deze kabel gezien de slijtvastheid van de buitenmantel, de flexibele buigradius van 110 [mm] en het feit dat de kabel juist afgeschermd is.

Afbeelding 9.2: Igus Chainflex CF270.UL.350.01.D kabel sectie [9]

Deze fasekabels zullen vervolgens van de 3 aansluitingen op de inductiemotor (U,V & W), naar de overeenkomende aansluitingen op de AC-M1 controller lopen. De kabels zullen zo veel mogelijk over de arm worden geleid, om de kans op het vasthaken aan externe objecten te vermijden. Hiervoor zijn er aan het prototype twee kabelsteunen toegevoegd.

Deze steunen, vervaardigd uit S235JR staal, zijn weergeven in afbeelding 9.3. Beiden zijn aan de borstelarm gelast en voorzien van rubberen doorvoertulen om het doorslijten van de kabels te voorkomen. In de voorste steun is er een aluminium blok geplaatst, welke de kabels klemt door middel van twee bouten. Het klemmen van de kabels minimaliseert eventuele trekspanningen in de kabels bij het verstellen van de arm of borstelkop. De werktekeningen van deze steunen zijn opgenomen in bijlage F-3.



Afbeelding 9.3: Steunen fasekabels op borstelarm.

Om overspraak van de fasekabels op omringde kabels te verminderen, is de gewoven koperen afscherming aan massa gelegd. Waar over het algemeen de afscherming van de kabel aan beide einden aan massa wordt gelegd, om de volledige elektromagnetische uitstraling van de fasedraad op te vangen, is er hier echter naar advies van de leverancier voor gekozen om de afscherming slechts aan één van beide einden aan massa te leggen. De voornaamste reden hiervoor is het feit dat het aan massa leggen van de afscherming op de inductiemotor, als gevolg kan hebben dat de encoder op de motor gestoord wordt door de opgewekte inductiespanning uit de afscherming.

Zodoende zijn de fasekabels aan massa gelegd aan de zijde van de controllerbox. Hierin zijn de aansluitingen daarnaast afgeschermd voor aanrakingen en bevinden zij zich in een stof- en watervrije omgeving. De gewoven afscherming is door middel van een kabelklem verbonden met een massadraad, welke aan massa is gelegd in de controllerbox. Deze aansluiting is weergeven in afbeelding 9.4 & 9.5.

Afbeelding 9.4: Aansluitingen afscherming fasekabels

Afbeelding 9.5: Aansluiting aan massa (witte stippellijnen)

9.4.2 Accukabels

De inductiemotor wordt tijdens het volledig elektrisch draaien gevoed door het accupakket, geplaatst achter op de SP5008. Hiervoor is de positieve pool van het accupakket aan de B+ van de controller verbonden en de negatieve pool van het accupakket aan de B-. Deze verbinding is gemaakt door middel van standaard accukabels met een doorsnede van 35 [mm^2], zoals berekend in paragraaf 9.4.1 *Fasekabels*. Hierbij maakt een rode kabel de positieve aansluiting en een zwarte de negatieve aansluiting.

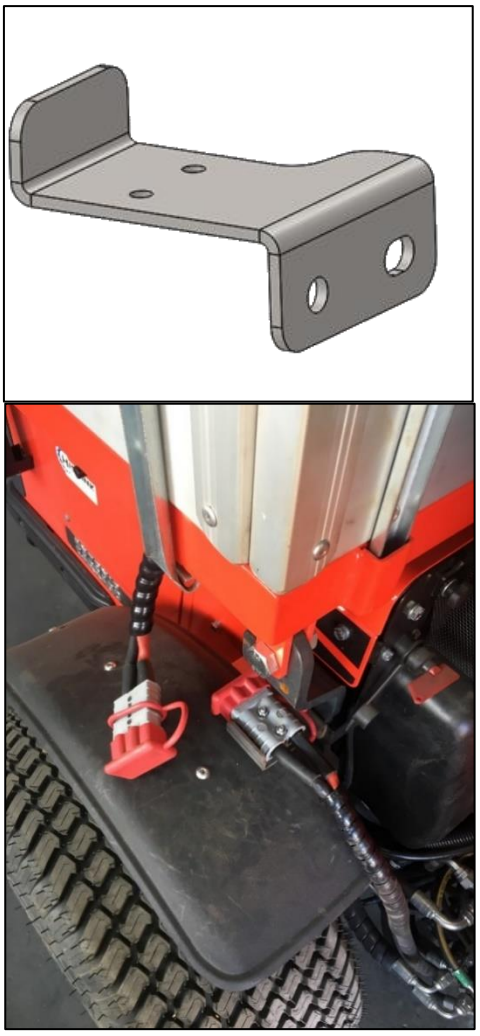
Deze kabels lopen onderlangs de SP5008 door een reeds aanwezige kabelgoot, waar het gros van de hydraulieklangen doorgevoerd is. Gezien er geen beïnvloedbare data- of stuurstroomleidingen door deze kabelgoot lopen en deze metalen goot al dienst doet als afscherming, is er hier geen behoefte aan afgeschermde kabels.

De accukabels zijn op twee punten onderbroken door middel van een connector. Deze connector is vooraan de SP5008 geplaatst om het afkoppelen van het werktuig mogelijk te maken en is eveneens achteraan bij het accupakket afkoppelbaar. De gebruikte connectoren zijn tweepolige laadklepstekkers van het merk Anderson (afbeelding 9.6). Deze stekkers zijn geschikt tot een nominale stroomsterkte van 175 [A]. De keuze voor deze stekkers ligt in het feit dat ze erg compact zijn (55*80*25 [mm]) en er geen contrastekker voor bestaat, maar twee identieke helften omgekeerd op elkaar passen. Ook is het voordeel van dit type connector dat de contacten elkander schoon 'vegen' bij het insteken van de connector. Daarnaast biedt het huis van slagvast polycarbonaat de juiste bescherming aan de contacten tegen mogelijke mechanische stoten van buitenaf.

Afbeelding 9.6: Anderson laadklepstekker [10]

Het monteren van de connectoren is gedaan door middel van metalen steunen welke geplaatst kunnen worden op bestaande boutverbindingen op de SP5008. Afbeelding 9.7 laat de voorste steun zien, waar in afbeelding 9.8 de achterste steun is weergeven. Deze steunen zijn evenals de controller box vervaardigd uit S235JR. Wederom is er gekozen voor dit materiaal omdat het een goedkope optie is, maar de steunen toch bestand zijn tegen een mechanische stoot. De werktekeningen van deze steunen zijn opgenomen in bijlage F-4.

Afbeelding 9.7: Voorste connectorsteun



Afbeelding 9.8: Achterste connectorsteun

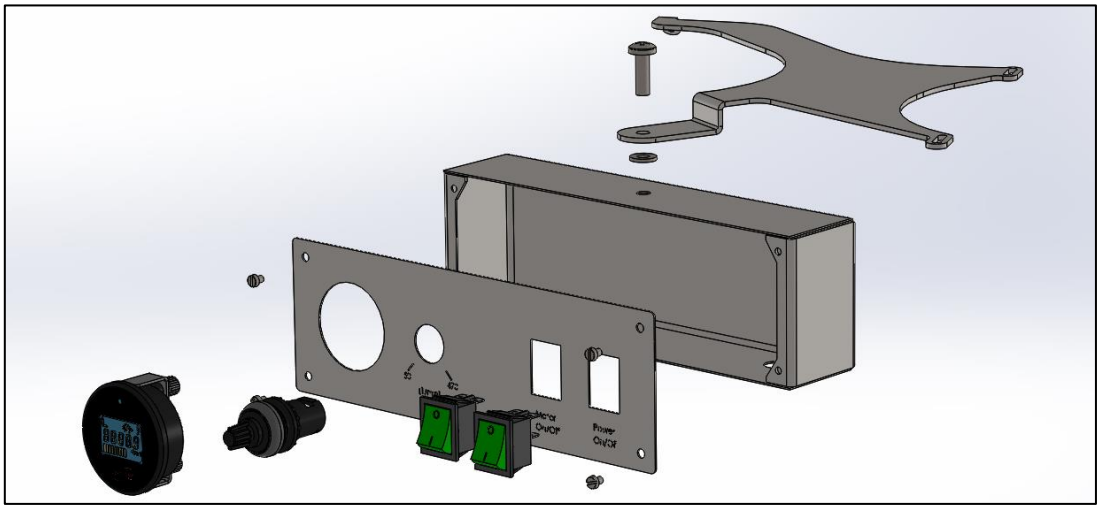
9.5 Bedieningspaneel

De bediening van de inductiemotor geschied volledig vanuit de cabine van de werktuigdrager. Via het bedieningspaneel gemonteerd aan het plafond van de SP5008 kan de controller ingeschakeld worden en kan het toerental van de apart in te schakelen inductiemotor geregeld worden. Ook bevat dit paneel het CR030 mini display, welke is gekoppeld aan de AC-M1 controller. Het bedieningspaneel is weergeven in afbeelding 9.9 en een exploded view van het paneel is weergeven in afbeelding 9.10.

Afbeelding 9.9: Bedieningspaneel operator

Via de oranje schakelaar [Power On/Off] is de controller in te schakelen. De groene schakelaar [Motor On/Off] zal indien ingeschakeld de motor vrijgeven, waarna deze door het naar rechts draaien van de potentiometer op een toerental kan worden ingesteld. De groene schakelaar werkt tevens als een noodstop. Indien de borstel onverwachts door blijft draaien door een fout, zal bij het omzetten van deze schakelaar de borstel direct afremmen en stoppen, binnen een tijd van maximaal 0,6 seconden.

Het CR030 mini display geeft naast de actuele status van het accupakket (State of Charge) ook informatie over de inschakelingsduur van het systeem. Dit is tevens om te zetten naar het totaal aantal draaiuren van de machine. Daarnaast voorziet dit display de operator van actuele foutmeldingen in het systeem. Deze worden weergeven als code ‘AL’ gevolgd door een tweecijferige code. Ook bevat het bedieningspaneel de schakelaar voor het activeren van de dynamo, dit is de zwarte schakelaar in het midden van het paneel. In bijlage F-5 zijn de bijbehorende werktekeningen opgenomen.



Afbeelding 9.10: Exploded view Bedieningspaneel

10. Accupakket

Om minimaal 20 minuten volledig elektrisch te kunnen borstelen zal er een adequaat formaat accupakket moeten worden geïnstalleerd. Dit accupakket zal de elektromotor moeten kunnen voorzien van de benodigde nominale stroom van 129 [A] (gemeten via de Tau software met gebruik van tijdelijk geplaatste startaccu's ter test). Maar moet ook in staat zijn om kortstondig pieken tot de gelimiteerde 200 [A] te kunnen leveren. Gezien de hoge continue stromen zal er geen gebruik gemaakt kunnen worden van 'standaard' startaccu's. Startaccu's kunnen slechts kortstondig een hoge stroom leveren, waarna ze vrij snel zullen inzakken. Tevens is het langdurig vragen van een hoge stroom aan zo een type accu funest voor de levensduur en is het ontladen van dit type accu onder 50 [%] van de capaciteit niet wenselijk, wederom gezien de reductie in levensduur en eventuele blijvende schade.

Voor de onkruidborstel applicatie zal er gebruik moeten gemaakt van een semi-tractie of een volwaardige tractie accu. Deze beide types zijn in staat om zonder blijvende schade een constante hoge stroom te leveren en kunnen daarbij voor 80 tot 90 [%] van de capaciteit ontladen worden zonder invloed op de levensduur van de accu.

10.1 Accu chemie

Voor het bepalen van de specifieke chemie welke het meest geschikt is voor de toepassing, zijn in tabel 10.1 zijn de mogelijke types opgesomd, met daarbij de voor- en nadelen.

Tabel 10.1: Voor- en nadelen verschillende accu typen

Type Chemie		*Voordelen*	*Nadelen*
Loodzuur	Natte cel	+ Goedkoop + Simpel implementeerbaar + Lage zelfontlading	- Vereist onderhoud - Relatief lage energiedichtheid - Alleen rechtop te plaatsen i.v.m. lekken elektrolyt - Lange laadtijd (ca. 8 uur)
Loodzuur	AGM (Absorbed Glass Mat)	+ Relatief goedkoop + Simpel implementeerbaar + Minder kans op lekken	- Vereist onderhoud - Relatief lage energiedichtheid - Lange laadtijd (ca. 8 uur)
Loodzuur	Gel	+ Relatief goedkoop + Simpel implementeerbaar + Geen kans op lekken	- Vereist onderhoud - Relatief lage energiedichtheid - Lange laadtijd (ca. 8 uur)
NiCd (Nikkel-Cadmium)		+ Hoog aantal cycli (ca. 1000) + Diep te ontladen + In elke stand plaatsbaar + Snel laadbaar	- Lage energiedichtheid - Hoge zelfontlading - Geheugeneffect - Hogere prijsklasse
NiMH (Nikkelmetaalhydride)		+ Relatief hoge energiedichtheid + Simpel implementeerbaar + Snel laadbaar	- Laag aantal cycli (ca. 300) - Slecht bestand tegen diep ontladen - Hogere prijsklasse (á 2 maal kostprijs van loodzuur)
Li-ion (Lithium-Ion)		+ Hoge energiedichtheid + Korte laadtijd (ca. 30 min) + Hoge ontlaadstroom + Onderhoudsvrij + Hoog aantal cycli (ca.2500-3000)	- Implementatie benodigd extra management hardware - 5 á 6 maal de kostprijs van lood-zuur

10.2 Accu selectie

Uit tabel 10.1 kan worden opgemaakt dat voor deze applicatie, waar de inzetduur van belang is en relatief hoge stromen benodigd zijn, een Lithium-ion accu het meest geschikt is. Dit type accu heeft naast de hoge ontlaadstroom ook een bijzonder lange levensduur en is erg snel bij- of op te laden. Echter brengt de implementatie van zo een accu naast een relatief hoge kostprijs, ook met zich mee dat hier een zogeheten Battery Management System (BMS) aan gekoppeld moet worden. Dit BMS monitort de status van de accu en voorkomt schade aan de accu door een te laag celvoltage. Dit BMS brengt uiteraard ook kosten met zich mee en gezien de motorcontroller gegevens van de accu status benodigd, zal er een extra CAN-Bus netwerk voor deze connectie opgezet moeten worden.

Gezien de kostprijs is er voor de 'Proof of Concept' van de onkruidborstel toch gekozen om hier geen gebruik te maken van een Lithium-ion accu. Wel zal er, indien er veel vraag is naar de onkruidborstel, in de toekomst een optie mét Lithium-ion accu aangeboden kunnen worden. De benodigde implementatie van dit type accu zal echter niet tijdens dit project uitgewerkt worden.

De uiteindelijke keuze van het type accu is desondanks enkele limitaties toch gevallen bij een deep-cycle tractie loodzuur accu. De reden dat er ondanks de lage energiedichtheid en relatief lange laadtijd gekozen is voor dit type accu, is te vinden in het feit dat dit type accu simpel te implementeren is en daarbij voldoende prestatie kan leveren voor de laagste kostprijs. Daarnaast kan er worden gesteld dat indien de machine naar verwachting functioneert met een loodzuur accu, het concept bewezen is gezien een andere accuchemie de prestaties immer alleen nog maar kan verbeteren.

10.3 Samenstelling accupakket

De capaciteit van het accupakket in [Ah], ofwel Ampère-uur, geeft aan hoeveel stroom de accu in een bepaald tijdbestek van leveren. Een accu met een capaciteit van 100 [Ah] kan theoretisch een uur lang circa 100 [A] leveren. Gezien de inductiemotor een gemeten nominale stroom uit het accupakket vraagt van 129 [A] en daarbij minimaal 20 minuten moet kunnen draaien, is de theoretisch benodigde capaciteit:

$$129 * \frac{20}{60} = 43\ [Ah]$$

Echter is de maximale continue ontlaadstroom hierin een beperkende factor. Daarbij is het van belang dat de 1C capaciteit van de accu minimaal 129 [A] kan leveren, wat overeenkomt met een capaciteit van 129 [Ah]. Echter is het niet aangeraden (en vaak niet mogelijk) om de volle 100 [%] van de accu te ontladen, maar tot maximaal 80 [%][11]. Dit resulteert in een minimale 1C capaciteit van:

$$\frac{129}{0{,}8} = 161.25\ [Ah]$$

Deze uitkomst is vervolgens nogmaals met 20 [%] gecompenseerd worden om er voor te zorgen dat de accu's niet continu tot deze 80 [%] leeg worden getrokken. Hiermee wordt tevens de levensduur van de accu's verlengd en is er rekening gehouden met een eventueel hogere stroomvraag boven de nominale stroom. Dit resulteert in een capaciteit van:

$$161.25 * 120\ [\%] = 193{,}50\ [Ah]$$

Gezien echter de meeste accu's enkel een C/5 en C/20 capaciteit opgeven, welke altijd hoger zijn dan de 1C capaciteit maar hier niet in lineair verband mee staan, is er gekozen om in overleg te gaan met de acculeverancier van Hissink. Hierbij is meegenomen dat de accu's minimaal een nominale stroom van 129 [A] kunnen leveren, maar ook bestand zijn tegen kortstondige hogere stroomvragen tot maximaal 200 [A].

Na overleg met de leverancier van de accu's, Boerkamp Auto-elektronica te Deventer, is er gekozen voor het gebruik van 4 225 [Ah] Trojan J185H-AC 12 [V] deep-cycle loodzuur accu's. De werkspanning van 48 [V] is bereikt door het in serie schakelen van deze accu's. Er is gekozen voor het gebruik van 4 losse 12 [V] accu's, om de verliezen in bekabeling over het accupakket zo laag mogelijk te houden en het feit dat er geen 24 en 48 [V] accu's beschikbaar waren. Deze accu's bezitten voldoende capaciteit om minimaal 20 minuten continu te kunnen borstelen en zijn bestand tegen een diepe ontlading zonder hier bij te beschadigen.

Het totaalgewicht van de accu's bedraagt 224 [kg], wat uitkomt op de helft van het toelaatbare gewicht achterop de SP5008. Het in serie zetten van de accu's geschied door middel van 35 [mm^2] accukabel, welke via een standaard automotive accupoolklem de negatieve pool van een accu met de positieve pool van de volgende accu verbindt. Dit resulteert in volledig geladen toestand in een spanning van 50,92 [V]. In bijlage E zijn de specificaties van de J185H-AC opgenomen.

10.4 Accubak

Uiteraard is het noodzakelijk dat het accupakket degelijk bevestigd wordt, waar anders de kans op het verschuiven door de bak en het hierdoor beschadigen van de accu's of andere componenten bestaat. Ook zullen de accu's in een afgeschermde bak moeten worden geplaatst, om eventuele lekken van het accuzuur op te vangen en de accupolen af te schermen.

Gezien er geen pasklare accubak is waar alle accu's tegelijk in passen, is er de keuze gemaakt om gebruik te maken van twee losse Noco HM462 accubakken. Per accubak passen er na het inkorten van een rand exact twee J185H-AC accu's in. Het aanpassen van deze bakken is vele malen goedkoper dan het op maat laten van een bak. Deze bakken zijn voorzien van 8 doorvoerpunten voor kabels, zijn bestand tegen zuur, olie en brandstof en zijn intern geventileerd om de gasvorming uit de accu's af te kunnen voeren.

In afbeelding 10.1 zijn deze bakken gemonteerd te zien achterop de SP5008. Waar deze zowel met als zonder deksels weergeven zijn.

Afbeelding 10.1: Noco HM462 Accubakken

11. Dynamo

Het hybride aspect van de borstel bestaat uit een dynamo welke het accupakket zowel bij kan staan, als kan opladen indien dit gewenst is. Deze dynamo wordt via de aftakas van de SP5008 aangedreven door de verbrandingsmotor van het voertuig. Door het inschakelen van deze aftakas wanneer de borstel niet in bedrijf is, bijvoorbeeld wanneer er vanaf de werf naar de borstellocatie, of van locatie X naar locatie Y gereden moet worden, voorziet de dynamo het accupakket van een laadstroom. Hiermee kan het accupakket tussen het borstelen door bijgeladen worden om de inzetduur van de machine te vergroten. Ook kan deze dynamo het accupakket bijstaan door een deel van de stroom naar de last te leveren. Hiermee reduceert het voordeel van een verlaagd toerental van de verbrandingsmotor enigszins, maar zal de gebruiksduur van de machine significant toenemen.

11.1 Keuze dynamo

Gezien het aanbod van dynamo's in deze spanningsklasse erg beperkt is, was hierin de enige keuze een 48 [V] dynamo welke gebruikt wordt op een John Deere 2500[12]. Deze dynamo is in staat om een laadstroom van 100 [A] te produceren, echter alleen op een werkspanning van 48 [V]. Dit zou betekenen dat de dynamo wel in staat zou zijn om het accupakket bij te staan tijdens het borstelen, maar niet in staat zou zijn om het accupakket daadwerkelijk bij te laden tussendoor.

Nu wil het toeval dat Boerkamp, de leverancier van de accu's en accubakken, deze exacte dynamo heeft uitgevoerd met een 56 [V] spanningsregelaar. Hierdoor is deze toch te gebruiken om zowel het accupakket bij te staan als het accupakket daadwerkelijk te laden.

11.2 Aandrijving dynamo

Zoals eerder vermeld, wordt de dynamo aangedreven via de aftakas van de SP5008. Deze aftakas wordt via een tandwielkast in de SP5008 direct vanaf de verbrandingsmotor aangedreven, met een verhouding van 2,46:1 [-].

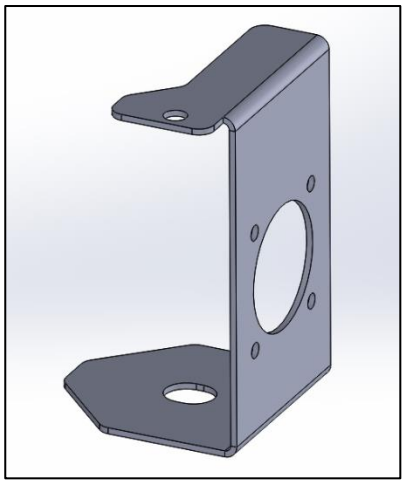
Indien de verbrandingsmotor 2460 [rpm] draait, zal de aftakas op 1000 [rpm] meedraaien. Op 1000 [rpm] zal de dynamo echter nog niet het voltage en de stroom kunnen leveren waar deze op gespecificeerd is. Dit punt wordt pas bij 2200 [rpm] van de dynamo bereikt.

Afbeelding 11.1: BG-2-1:3 tandwielkast [13]

Om het toerental van de aftakas met minimaal factor 2,2 te verhogen, is er een extra tandwielkast toegepast. Deze BG-2-1:3 tandwielkast van het merk Granit, beschikt aan de ingaande zijde over een 1 3/8'' aftakas opname en aan de uitgaande zijde over een 25x22 14-tandige conische koppelbus.

Deze tandwielkast met een verhouding van 1 op 3, maakt van het ingaande aftakas toerental van 1000 [rpm] een maximaal uitgaand toerental naar de dynamo van 3000 [rpm]. Aangezien dit toerental 800 [rpm] boven het te bereiken toerental van de dynamo ligt, kan het motortoerental tijdens het draaien van de aftakas teruggebracht worden naar circa 1800 [rpm]. Dit komt overeen met een zakking in motortoerental van circa 27[%] en hiermee wederom een afname in geluidshinder en emissies.

Om te garanderen dat de tandwielkast op de aftakas niet zal gaan meedraaien met de aftakas, is deze geborgd aan de SP5008. Dit is gedaan door middel een gezette plaat, welke het huis van de tandwielkast koppelt met de pin in het voorste trek oog van de SP5008. Deze plaat is weergeven in afbeelding 11.2. De werktekening van deze adapter is opgenomen in bijlage F-6.



Afbeelding 11.2: Borgplaat BG-2-1:3

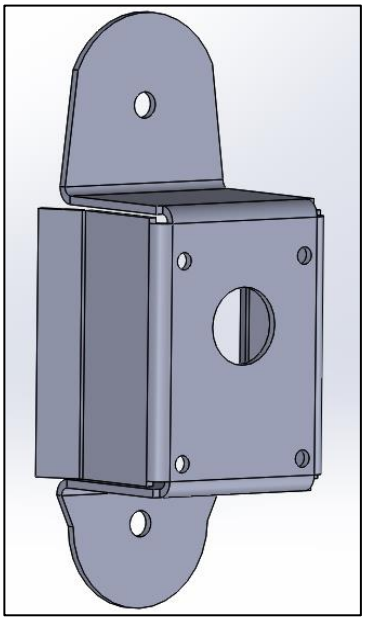
De verbinding tussen de BG-2-1:3 tandwielkast en de rotor as van de dynamo is gemaakt door middel van zogeheten 'Spidex' koppelingen. Deze Spidex koppelingen zijn in feite twee identieke helften, welke gekoppeld zitten met een rubberen ster (zie afbeelding 11.3). Deze rubberen ster werkt hier tevens als trillingdemper.

Afbeelding 11.3: Spidex koppeling [14]

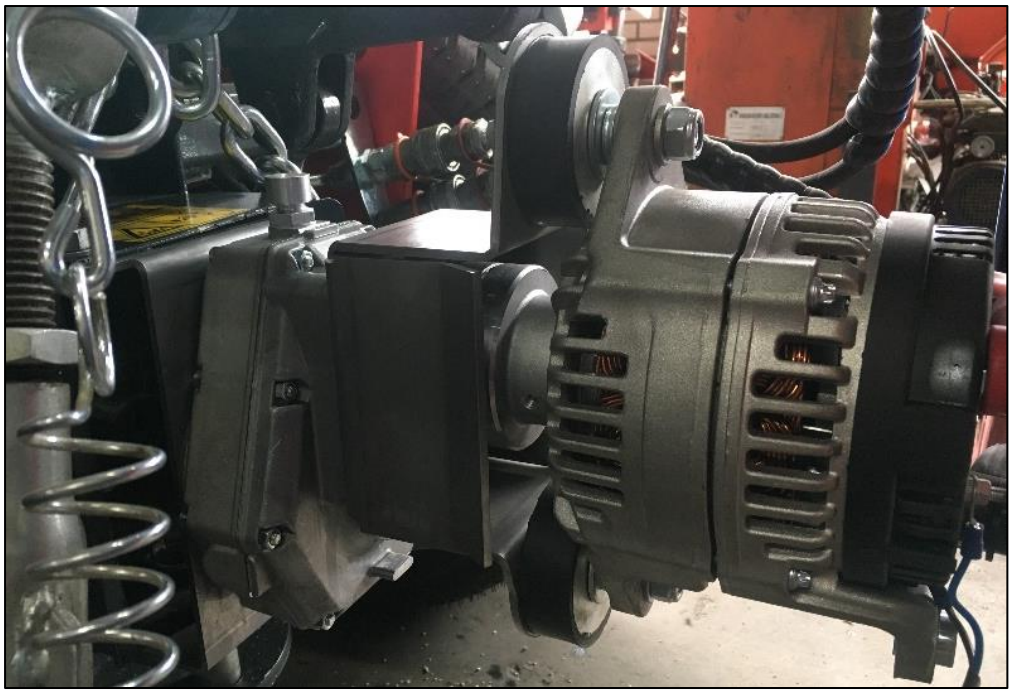
Deze is verbonden met de as van de dynamo, welke met een diameter van 22.22 [mm] exact in de 22.22 [mm] opname van de Spidex past. Vervolgens is deze Spidex vastgezet met de moer waar voorheen de poelie van de dynamo mee geborgd zat. De andere helft van de Spidex is verbonden met de 14-tandige koppelbus in de BG-2-1:3 tandwielkast. Hiervoor is er een adapter gemaakt op de draaibank, welke aan de ene zijde exact in de 22.22 [mm] opname van de Spidex past en aan de andere zijde conisch toeloopt om de 14-tandige koppelbus te kunnen verbinden met de Spidex. De werktekening van deze adapter is opgenomen in bijlage F-7.

Het verbinden van het dynamohuis aan het huis van de tandwielkast, is gedaan door middel van een gezette steun, weergeven in afbeelding 11.4. Deze steun is aan de kant van de tandwielkast door middel van 4 M8 bouten gemonteerd in de bestaande schroefdraad van de tandwielkast. Aan de dynamo zijde van deze steun zijn eerst twee trillingdempers gemonteerd waarop vervolgens de dynamo bevestigd is. De werktekening van deze steun is opgenomen in bijlage F-8.

Afbeelding 11.5 laat de uiteindelijke aandrijving van de dynamo zien, gemonteerd aan de SP5008.



Afbeelding 11.4: Steun dynamo naar tandwielkast



Afbeelding 11.5: Montage aandrijving Dynamo aan SP5008

11.3 Aansluitingen dynamo

Naast de mechanische montage aan de aftakas van de SP5008, benodigd de dynamo ook een voorbekrachtigingspanning van 12 [V] om de rotor te kunnen magnetiseren. Deze spanning komt direct van de startaccu van de SP5008 op het 'L' contact van de dynamo en kan via een schakelaar op het bedieningspaneel in- of uitgeschakeld worden. Indien deze ingeschakeld is en de dynamo aangedreven wordt door de aftakas, zal de dynamo een spanning en daarbij een stroom opwekken.

Op de dynamo zitten naast dit 'L' contact ook een 'B+' en 'B- 'contact. Deze contacten zijn respectievelijk verbonden met de B+ en B- contacten op de AC-M1 motorcontroller. Deze verbinding is gemaakt door middel van 35 [mm^2] accukabels, identiek aan de kabels naar het accupakket. Er is gekozen voor het gebruik van 35 [mm^2] kabels gezien deze volgens formule 9.2 toepasbaar zijn voor de maximale laadstroom van 100 [A] en er geen kabel met andere doorsnede besteld hoeft te worden.

De doorsnede van de bedrading naar het L contact van de dynamo is berekend met behulp van formule 8.1. Het betreft een lengte van circa 4,5 [m], waarbij wederom een spanningsverlies van 5 [%] acceptabel is. De stroomsterkte naar het L contact is te bereken via de wet van Ohm, geformuleerd in formule 11.1:

$$U = I * R$$ *Formule 11.1*

Hieruit kan worden berekend dat bij een spanning van 12 [V] en een gemeten rotor weerstand van 3,3 [Ω], er een stroom van 3,6 [A] benodigd is.

Het invullen van formule 8.1 geeft vervolgens een doorsnede van:

$$\frac{2 * 4{,}5 * 3.6 * 0.0175}{0.6} = 0.945\ [mm^2]$$

Zodoende is er voor gekozen om een kabeldoorsnede van 1 [mm^2] toe te passen voor dit voorbekrachtigingscircuit.

12. Testresultaten & verwachtingen

Het evalueren van de prestaties van de machine is gedaan door deze te vergelijken met de prestaties van een conventioneel aangedreven hydraulische onkruidborstel. Hierbij is er gekeken naar:

- De borstelprestatie van de machine, ofwel hoe schoon laat deze het geborstelde oppervlak achter
- De neiging tot blokkeren, ofwel hoe snel loopt de borstel vast bij hogere belastingen
- De werking van de bediening
- De inzetduur
- De geluidsreductie

Gezien er tijdens deze fase helaas geen conventioneel aangedreven onkruidborstel ter beschikking was, zijn de resultaten beoordeeld door enkele verkopers van Hissink, welke bekend zijn met de borstelprestaties van hydraulisch aangedreven varianten. Waar dit enigszins kan worden opgevat als een erg subjectieve manier van beoordelen, moet in acht worden genomen dat deze verkopers graag een uiteindelijk product willen kunnen verkopen waar zij wel degelijk van kunnen beweren dat deze niet onder doet voor een hydraulisch aangedreven onkruidborstel.

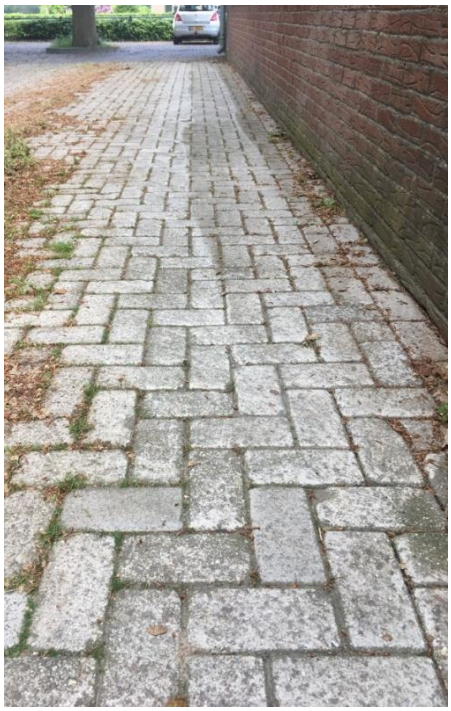
Het uitvoeren van deze test is gedaan met een rijsnelheid van 1,5 [km/h] en een borsteltoerental van 230 [rpm], overeenkomend met circa 1000 [rpm] van de inductiemotor. Hierbij is de schuinte van de borstelkop op de maximale tilt gesteld, om de meest efficiënte verwijdering te waarborgen, zoals dit tijdens daadwerkelijk gebruik zou worden gedaan.

Een geluidsmeting is gedaan met behulp van een telefoon applicatie genaamd NIOSH. Hoewel deze app niet voor een 100 [%] accuraat resultaat zal zorgen ($\pm$2 Decibel), zal er weliswaar wel een duidelijk verschil tussen de geluidsniveaus kunnen worden vastgesteld. De meting is gedaan op 2 meter direct achter de machine, waarbij de uitlaat en verbrandingsmotor van de machine zich dus het dichtst bij de microfoon bevonden.

12.1 Testresultaten

Afbeelding 12.1 weergeeft het te borstelen oppervlak weer, waar afbeelding 12.2 ditzelfde oppervlak ná het borstelen weergeeft. Hierbij is ook het overgrote deel aan mos tussen de tegels verwijderd.

Afbeelding 12.1: begroeid oppervlak voor het borstelen



Afbeelding 12.2: Schoon oppervlak ná het borstelen

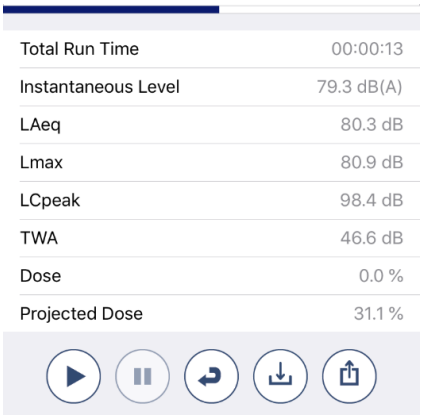
De bediening van de borstelkop en borstelarm bleek tijdens de test goed hanteerbaar. Zo is het mogelijk om kleine afstellingen door te voeren naar de borstel op het moment dat deze net te zwaar begint te lopen, zonder de complete druk op de bodem te verliezen of de borstel onbedoeld op te tillen of weg te trekken.

Het vermogen van de borstel om een plots hogere weerstand te overwinnen is tot dusverre voldoende gebleken om met een hydraulische aandrijving te kunnen concurreren. Tijdens het testen bleek dat de borstel af en toe zichtbaar begon af te remmen, op het moment dat de borstel als ware 'tegen de berg op' moest borstelen. Echter was dit snel te corrigeren zonder dat hierbij de borstel vastliep of geheel opgetild moest worden.

12.2 Geluidsreductie

Voor het vergelijken van de geluidsproductie, is er een nulmeting gedaan op het toerental gebruikt bij een conventionele machine, van 2460 [rpm]. Dit is het toerental waarop de machine zijn maximale olieopbrengst heeft en het toerental waarop de aftakas 1000 [rpm] zal draaien in het geval van een mechanische aandrijving.

De geluidproductie op dit toerental bedroeg gemiddeld 80,3 Decibel, zie het gewogen gemiddelde 'LAeq' in afbeelding 12.3.



Total Run Time	00:00:13
Instantaneous Level	79.3 dB(A)
LAeq	80.3 dB
Lmax	80.9 dB
LCpeak	98.4 dB
TWA	46.6 dB
Dose	0.0 %
Projected Dose	31.1 %

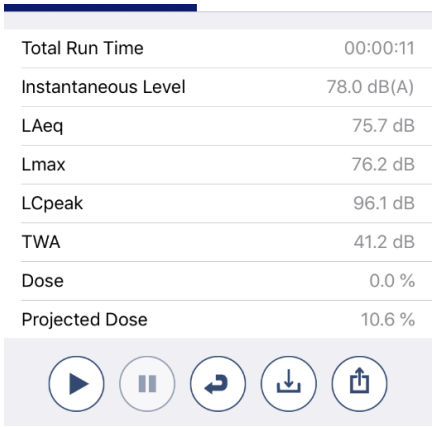
Afbeelding 12.3: Nulmeting geluidsproductie

Het toerental van de verbrandingsmotor tijdens het borstelen, waarbij de dynamo ondersteuning gaf aan het accupakket, lag op 1780 [rpm]. Hiermee is er een reductie in toerental behaald van 27,64 [%] bij een vergelijkbare borstelprestatie.

Het gemeten omgevingslawaai achter de werktuigdrager bedroeg gemiddeld 75,7 Decibel, zie afbeelding 12.4. Dit is een gemiddelde reductie van 4,6 Decibel, ofwel een reductie in de geluidsdruk van 41 [%].

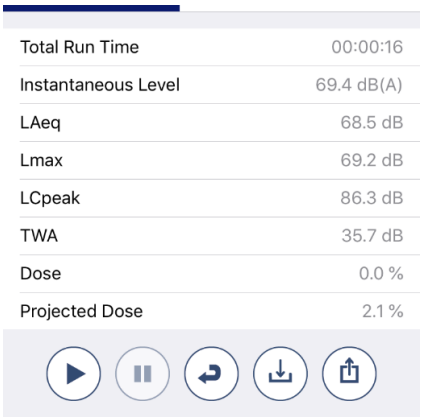
Tijdens het volledig elektrische gebruik van de borstel, waarbij de dynamo uitgeschakeld was en de verbrandingsmotor enkel de werktuigdrager aandreef, bleek het mogelijk om nagenoeg met het stationaire toerental van 850 [rpm] te werken. Dit komt overeen met een reductie van 65,44 [%] vergeleken met een hydraulisch aangedreven onkruidborstel.

Het gemeten omgevingslawaai tijdens de volledig elektrische bediening van de borstel was gemiddeld 68,5 Decibel (zie afbeelding 12.4), overeenkomend met een reductie in geluidsdruk van 74[%].



Total Run Time	00:00:11
Instantaneous Level	78.0 dB(A)
LAeq	75.7 dB
Lmax	76.2 dB
LCpeak	96.1 dB
TWA	41.2 dB
Dose	0.0 %
Projected Dose	10.6 %

Afbeelding 12.4: Geluidsproductie hybride modus



Total Run Time	00:00:16
Instantaneous Level	69.4 dB(A)
LAeq	68.5 dB
Lmax	69.2 dB
LCpeak	86.3 dB
TWA	35.7 dB
Dose	0.0 %
Projected Dose	2.1 %

Afbeelding 12.5: Geluidproductie volledig elektrische modus

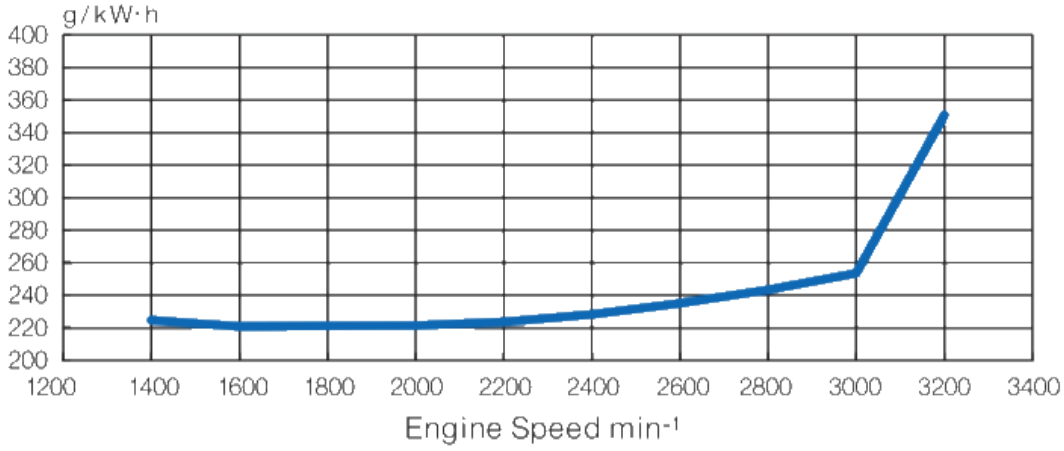
12.3 Inzetduur

Het gebruik van de machine in de hybride modus voor een tijdsduur van 20 minuten, resulteerde in een ontlading van het accupakket van 5 [%]. Hierbij is er vrijwel continu en voornamelijk door zwaar zand geborsteld om niet te licht te testen.

Het volledig elektrisch borstelen voor een tijdsduur van 20 minuten resulteerde in een ontlading van het accupakket van 53 [%]. Ook hierbij is er vrijwel continu en voornamelijk door zwaar zand geborsteld.

12.4 Verwachtingen

De toerentalreductie tijdens het hybride gebruik zorgt daarnaast voor een theoretische afname in het specifieke brandstofverbruik van de motor van 230 [g/kWh] naar 220 [g/kWh][15]. Over het specifieke brandstofverbruik bij de toerentalreductie tijdens het volledig elektrisch gebruik, nagenoeg het stationair toerental, is wegens het ontbreken van meetgegevens bij de producent van de verbrandingsmotor geen exacte uitspraak te doen. Echter is de verwachting dat wegens het geringe rendement tijdens het stationair lopen van een verbrandingsmotor, het specifieke brandstofverbruik op dit punt niet significant hoger of lager zal zijn dan bij het gebruik van een hydraulische aangedreven onkruidborstel.



Afbeelding 12.6: Specifiek brandstofverbruik verbrandingsmotor SP5008 in [g/kWh][15]

Daarnaast zal het gebruik van Shell GTL brandstof in plaats van standaard EN590 Diesel in de Stage 4 verbrandingsmotor naar verwachting zorgen voor een extra reductie van 31 tot 38 [%] op roetvorming (PM), 5 tot 16 [%] op stikstofmonoxide en -dioxide (NO_x), 10 tot 28 [%] op koolwaterstoffen (HC) en 9 [%] op koolstofmonoxide (CO)[16]. Het meten van de exacte reductie in uitstoot van de werktuigdrager was wegens het ontbreken van de juiste meetapparatuur niet mogelijk.

Hierbij is de maximaal toelaatbare uitstoot van de verbrandingsmotor volgens de Stage 4 norm:

Tabel 12.1: Vergelijking verwachte uitstoot EN590 diesel & Shell GTL a.d.h.v. Stage 4 emissie

	Max. uitstoot EN590 Diesel Stage 4 [17]	Max. uitstoot Shell GTL Stage 4[16]
PM	0.025 [g/kWh]	0.01725 [g/kWh]
NO_x	4,70 [g/kWh]	4.465 [g/kWh]
HC	0.19 [g/kWh]	0.171 [g/kWh]
CO	-	-
CO^2	5,00 [g/kWh]	5,00 [g/kWh]

13. Conclusie

Terugblikkend op de hoofdvraag van het project;

- *Hoe kan een prototype hybride onkruidborstel elektrisch aangestuurd en bediend worden op een Antonio Carraro SP 5008, zodat deze kan concurreren met de prestaties van een conventionele, hydraulisch aangedreven onkruidborstel?*

en de doelstelling om het prototype van de onkruidborstel volledig operationeel en volledig bestuurbaar vanuit de cabine van de gekoppelde werktuigdrager te maken, kan er aan de hand van de behaalde resultaten worden geconcludeerd dat middels het gebruik van een juist geselecteerde motorcontroller in combinatie met een goed afgestemde bediening en een adequaat accupakket, het prototype hybride onkruidborstel werktuig kan concurreren met de prestaties van een conventioneel aangedreven variant.

Aan de hand van de resultaten van het borstelen kan er worden gesteld dat de hybride onkruidborstel wel degelijk een concurrerende prestatie kan leveren vergeleken met een conventioneel hydraulisch aangedreven borstel. Daarbij levert de hybride versie deze gelijkwaardige resultaten met een significant verlaagd toerental, drastische vermindering in de geluidsemissie en tevens een verminderd brandstofverbruik.

Daarnaast zijn de keuzes voor het accupakket, de dynamo, de besturing en de wijze van aansturing van de inductiemotor, allemaal conform de gestelde eisen in het pakket van eisen. Zo kan er al met al gesteld worden dat de proof of concept van de hybride onkruidborstel geslaagd is.

14. Aanbeveling

Gezien het project zich voornamelijk op het bewijzen van het concept heeft gericht, laten enkele aansluitingen en onderdelen nog enigszins iets te wensen over. Zo zal zowel de dynamo als de inductiemotor nog moeten worden voorzien van een passende bescherming om te kunnen voldoen aan de CE-keuring voor het werktuig. Ook zal de huidige kabelboom, opgesteld uit verschillende 1,5 [mm^2] draden, vervangen moeten worden voor één enkele meeraderige stuurstroomkabel.

Indien mogelijk is het gewenst om de controller bak enige centimeters naar beneden te verplaatsen, om zo meer zicht op de borstel te kunnen creëren indien deze naar de linkerzijde van de machine gericht staat.

Het esthetische aspect van zowel het bedieningspaneel als de bak voor de relais zal daarnaast nog enige aandacht vereisen. Hiervoor zou bijvoorbeeld kunnen worden gedacht aan het 3D-printen van een behuizing. Tevens kan hierbij de plaatsing van het bedieningspaneel gewijzigd worden, gezien deze bij langere personen enigszins in het zicht van de spiegel komt te zitten.

Om het toerental van de werktuigdrager tijdens het hybride gebruik nog verder te kunnen reduceren, zal er nog een ander ratio van de tandwielkast op de aftakas kunnen worden gekozen.

Hoewel de dynamo tijdens licht werk de stroomvraag redelijk bij kan houden, komt deze bij het zwaardere borstelwerk toch enigszins te kort. Echter is er gezien het ontbreken van andere wezenlijke opties tot op heden geen directe vervanger aanwezig.

Ook zal het kostentechnische aspect van de machine nader onderzocht moeten worden. De kostprijs van het prototype is nu ruwweg het dubbele van een mechanisch aangedreven variant. Daarbij zal ook kunnen worden onderzocht of er mogelijkheid tot subsidies bestaat voor zowel eventuele klanten als het bedrijf zelf.

Ten slotte zal er uiteraard nog een verdere duurtest van de machine moeten worden gedaan om de werkelijke inzetduur te kunnen bepalen en aan de hand hiervan waar mogelijk nog aanpassingen door te kunnen voeren.

Bronnenlijst

[1] Nimos Posi-Trac elektrische werktuigdrager met onkruidborstel. Nimos B.V. [Geraadpleegd 25-02-2019]
https://nimos.nl/producten/positrac/posi-trac-2/

[2] Joystick console Antonio Carraro SP5008 werktuigendrager. Landwirt [Geraadpleegd 27-02-2019]
https://www.landwirt.com/en/used-farm-machinery,2047215,Antonio-Carraro-SP-5008-HST-SUPERPARK-Schlepper-Traktor-Holder.html

[3] Linak L28 elektrische actuator datasheet. Linak [Geraadpleegd 04-03-2019]
https://www.linak.nl/producten/lineaire-actuatoren/la28/#/productdatasheet

[4] Bereken draaddikte a.d.h.v. spanningsval. VDLN [Geraadpleegd 08-03-2019]
http://vdln.nl/watersport/draaddikte.htm

[5] Formule spanningsdeler. Infonu [Geraadpleegd 15-03-2019]
https://wetenschap.infonu.nl/natuurkunde/136077-de-spanningsdeler.html

[6] Formule warmteontwikkeling. Zonnecollector-info [Geraadpleegd 20-05-2019]
https://zonnecollector-info.nl/nl/deltat.html

[7] Soortelijke warmten en massa's. BINAS [Geraadpleegd 20-05-2019]
http://www.agtijmensen.nl/hv%203/Basis_BINAS.pdf

[8] Rendement en temperatuurhuishouding ACM1 controller. SME [Geraadpleegd 20-05-2019]
AC Induction Motor Controller - USER MANUAL – Model ACM1 (Rev. 3.0: March 2016), SME

[9] CF270.UL.350.01.D kabel specificaties. IGUS [Geraadpleegd 03-04-2019]
Catalogus Igus.de, Chainflex Leitungen, Stand 09/2018, MAT0070582

[10] Anderson krachtstroom connector. Kramp [Geraadpleegd 23-04-2019]
https://www.kramp.com/shop-nl/nl/1027774/2858678/372263/LASB175+Stekker+175A

[11] Capaciteitsgebruik tractiebatterijen. Tractiebatterijen [Geraadpleegd 06-05-2019]
https://tractiebatterijen.com/technische-uitleg/ [11]

[12] 48V 100A generator Mahle/Letrika. A-I-shop [Geraadpleegd 08-05-2019]
https://www.a-l-shop.de/6482-Lichtmaschine-Mahle-MG1-IA1627-fuer-JOHN-DEERE-2500E-100A-48V.html

[13] Granit BG-2-1:3 tandwielkast met 1 3/8'' profielbus. Granit [Geraadpleegd 02-05-2019]
https://www.granit-parts.nl/product/87000762?q=tandwielkast

[14] Spidex koppeling. Amacoo [Geraadpleegd 21-05-2019]
https://www.amacoo.nl/hydrauliek-1/hydrauliek-motoren-pompen/pomp-toebehoren-1/flexibele-koppeling-voor-tandwielpomp-3-5-5-gr-1

[15] Specifiek brandstofverbruik 4TNV88-B. Yanmar [Geraadpleegd 21-05-2019]
https://www.yanmarindustrial.eu/theme/yanmarportal/uploadedFiles/Industrial/productDownloads/Diesel-Engines/TNV-Series-v0115.pdf

[16] Shell GTL emissie reducties. Shell [Geraadpleegd 21-05-2019]
https://www.shell.com/business-customers/commercial-fuels/shell-gtl-fuel/technical-information/_jcr_content/par/relatedtopics.stream/1496056917944/5bbe2047ad53280f54ce84ba3f824c68ef8be723/shell-gtl-fuel-knowledge-guide-en.pdf

[17] Stage 4 emissie limiet. Worldpowerfaqs [Geraadpleegd 21-05-2019]
https://www.worldpowerfaqs.com/nl/categories/emission/118-what-is-the-difference-between-stage-iiia-iiib-and-iv

Bijlagen

Bijlage A

Inventarisatie verslag

Inventarisatie prototype hybride onkruidborstel Hissink

Afstudeerder:
Robert Vos
576166

Bedrijfsbegeleider:
Dhr. H.J. Hissink

Afstudeerdocent:
Dhr. S. van Sterkenburg

Inhoud

1. Inleiding 38
2. Globale opbouw prototype 38
2.1 Algemene constructie 39
2.2 Besturing 40
2.3 Aandrijving 41
3. Inductiemotor 42
3.1 MT1570B AC-inductiemotor 42
3.2 Werking drie-fase inductiemotor 43
4. Hydraulische & elektrische actuatoren 46
4.1 Hydraulische cilinders 46
4.2 Elektrische actuatoren 46
6. Reductiekast 49
Bronvermelding 50
Bijlagen 51

1. Inleiding

In dit tussenverslag zal de opbouw van de prototype onkruidborstel van de firma Hissink worden uitgezet. Dit verslag zal dienen ter ondersteuning van het afstudeerverslag 'Hybride onkruidborstel', geschreven ter eindscriptie van een student Automotive Engineering. Hierin zullen alle componenten welke betrekking hebben tot het prototype en de hierbij behorende functies worden toegelicht.

2. Globale opbouw prototype

Op het beginmoment van het afstuderen (Februari 2019) was er reeds een prototype van de hybride onkruidborstel ontworpen en gerealiseerd door een externe technisch tekenaar. Dit prototype is getoond in afbeeldingen 2.1 & 2.2, waar deze zit gekoppeld aan de Antonio Carraro SP 5008 werktuigendrager. Het doel van dit prototype is het valideren van het concept om de conventionele hydraulische aandrijving te vervangen voor een elektrische aandrijving, welke gevoed wordt door een accupakket dat wordt bijgeladen door de verbrandingsmotor van de werktuigdrager.

De opbouw van dit prototype kan globaal gezien in een paar delen worden uitgezet:

Algemene constructie;
- Driepuntshef adapter
- Borstelarm
- Borstelkop
- Spatscherm
Besturing:
- Hydraulische cilinders t.b.v. verplaatsing borstelarm
- Elektrische actuatoren t.b.v. besturing borstelkop
Aandrijving:
- Inductiemotor
- Tandwielkast
- Borstel

Afbeelding 2.1: Prototype Hybride onkruidborstel gekoppeld aan SP 5008 werktuigdrager.

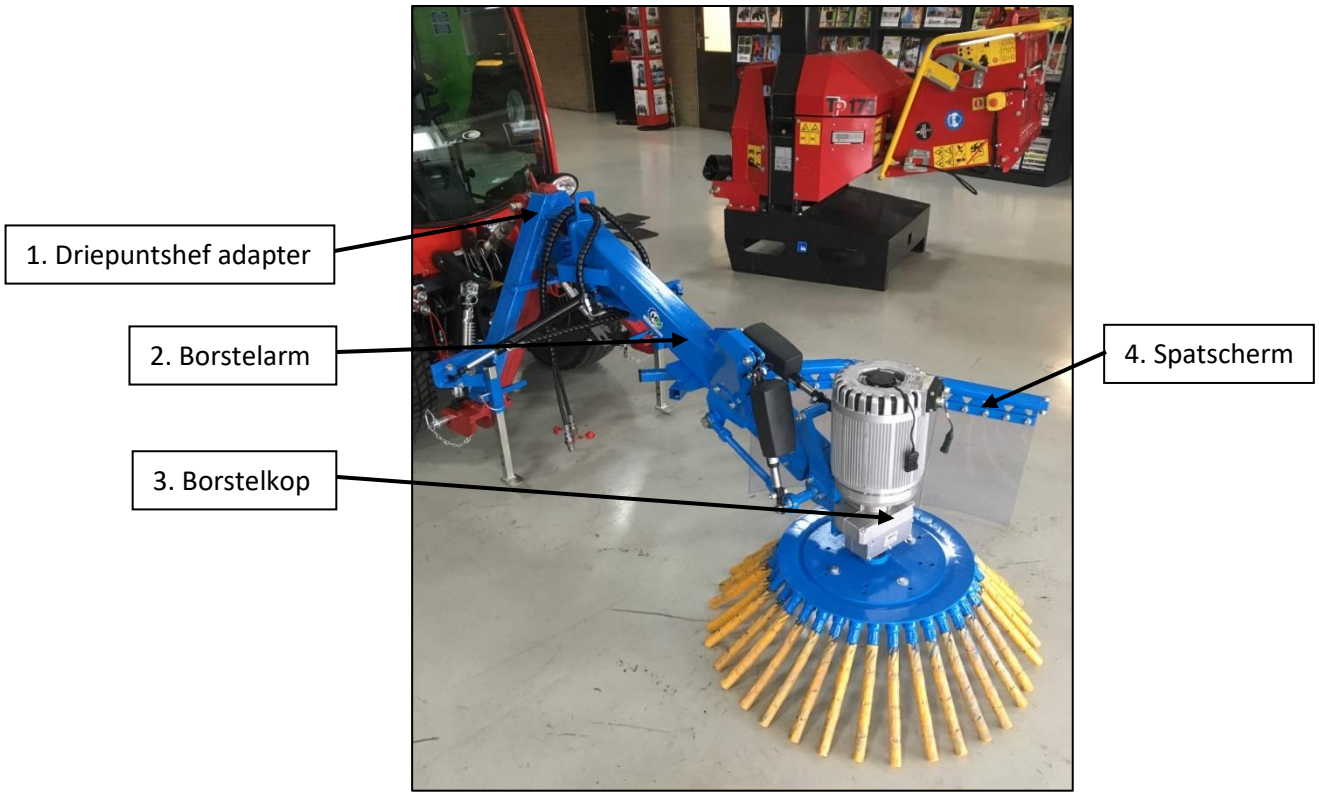
Afbeelding 2.2: Prototype Hybride onkruidborstel gekoppeld aan SP 5008 werktuigdrager.

2.1 Algemene constructie

De onkruidborstel is in te delen in 4 hoofddelen, dit zijn:

-De driepuntshef adapter
-De borstelarm
-De borstelkop
-Het spatscherm

In afbeelding 2.3 zijn deze delen met de nummers 1 tot en met 4 aangegeven.



Afbeelding 2.3: Onderdelen algemene constructie onkruidborstel

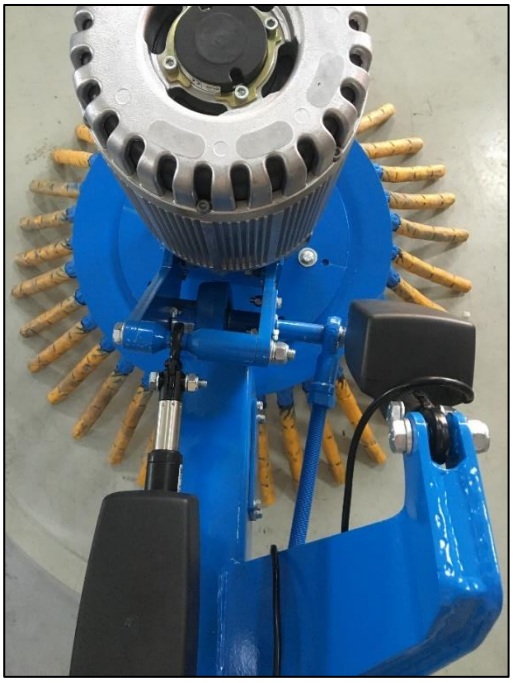
De functie van de driepuntshef adapter is het aankoppelen van het werktuig aan de werktuigdrager, in dit geval de Antonio Carraro SP5008. Deze adapter kan opgenomen worden door de rode driepuntsbok, welke gemonteerd zit in de hefinrichting van de SP5008. Aan deze adapter zit de borstelarm gebouwd welke, via de twee pennen waar deze mee gemonteerd zit, kan scharnieren om zo naar links of naar rechts te kunnen bewegen. Deze beweging wordt geregeld door middel van twee hydraulische cilinders. De borstelarm bevat ook de steunen voor de elektrische actuatoren welke de borstelkop kunnen verstellen, alsmede de ophangpunten voor het spatscherm en het kogelgewricht waar de borstelkop mee verbonden is.

De borstelkop bestaat uit een tandwielkast, een inductiemotor en de borstel zelf. De tandwielkast zit via een plaat verbonden met het kogelgewricht op de borstelarm. Dit oog maakt het verstellen van de borstel in alle 4 richtingen mogelijk. Om te voorkomen dat opspattende stenen en ander materiaal tijdens het borstelen weg kan schieten en schade kan toebrengen aan omringende objecten of mensen, is er een spatscherm gemonteerd. Dit scherm vangt het grootste deel van het rondvliegende materiaal op en legt dit tevens netjes op een rij, wat het opvegen van de resten door een veegborstelwagen vereenvoudigd.

2.2 Besturing

Om de arm effectief te kunnen gebruiken moet deze uiteraard ook goed manoeuvreerbaar zijn. Daar kan de borstelarm binnen een hoek van 90+ graden versteld worden en is ook de borstelkop zowel voor- en achterover als links en rechts te verstellen. De verstelling van deze borstelkop is mogelijk door middel van twee elektrische actuatoren, weergeven in afbeelding 2.4 & 2.5. Deze actuatoren zijn LA28 12 [V] actuatoren van het merk Linak.

Afbeelding 2.4: Detailaanzicht elektrische Linak LA28 actuator ten behoeve van de kanteling van de borstelkop.



Afbeelding 2.5: Detailaanzicht elektrische Linak LA28 actuator (links) ten behoeve van de schuinte van de borstelkop.

Ook de hoek die de borstelarm maakt ten opzichte van de centrale lijn van de werktuigdrager, is vrij te stellen door middel van actuatoren. Deze arm kan vanuit de midden stand een hoek van 45° naar zowel de linker als de rechter kant van de machine maken. Indien deze hoek 45° bedraagt, zal deze met een stootrubber de hoek limiteren.

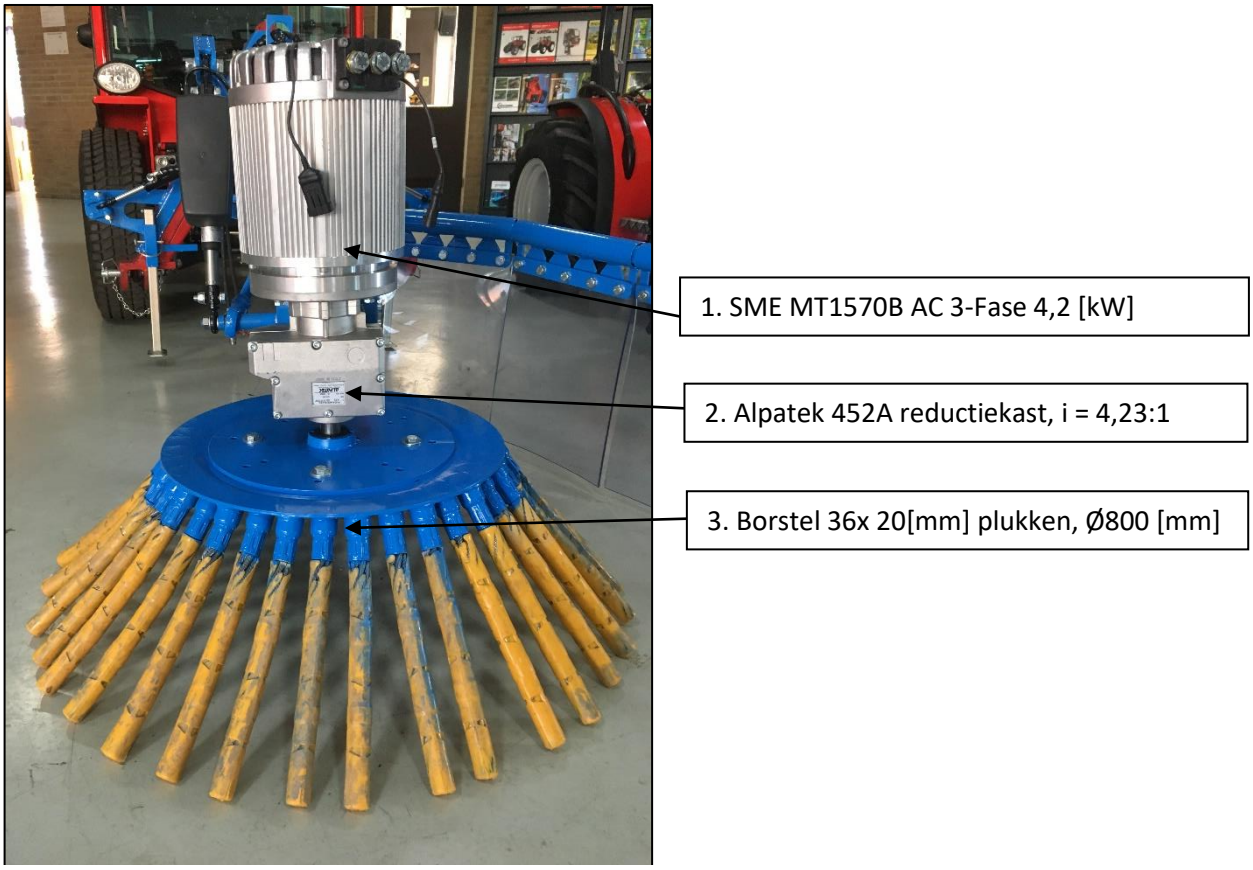
Het zwenken van de arm wordt geactueerd door middel van twee hydraulische cilinders, aan weerszijden van de arm. Een gedetailleerder beeld van deze cilinders is te zien op afbeelding 2.6. Deze cilinder zijn omgekeerd aangesloten op een ander, zodat de uitgaande slag van de ene cilinder is gekoppeld met de ingaande slag van de andere cilinder en vice versa. Hierdoor is er geen behoefte aan een ingewikkelde schakeling met verschillende kleppen etc.

Afbeelding 2.6: Detailaanzicht hydraulische actuator ten behoeve van het bewegen van de borstelarm.

2.3 Aandrijving

Als aandrijving beschikt deze onkruidborstel over een SME MT1570B 4.2 [kW] drie-fase AC inductiemotor gekoppeld aan een Alpatek 452A coaxiale tandwielkast met een reductie van 4,23 op 1. Deze zit vervolgens verbonden met de uiteindelijke borstel.

In afbeelding 2.3 zijn deze componenten respectievelijk met 1,2 en 3 genummerd. In hoofdstuk 3 zal de inductiemotor en de werking hiervan toegelicht worden.



Afbeelding 2.3: Detailaanzicht borstelkop & elektrische aandrijving

Deze inductiemotor dient ter vervanging van de conventionele hydrauliekmotor welke in het gros van soortgelijke borstels toegepast wordt. Gezien het feit dat een conventionele borstel een toerental van tussen de 250 en 300 omwentelingen per minuut draait en de inductiemotor bij dit toerental niet voldoende koppel en vermogen kan leveren om een hydraulische aandrijving te evenaren, is er tussen de borstel en de inductiemotor een reductiekast geplaatst.

Deze reductiekast, met een reductie van 4,23 op 1, zal er voor zorgen dat het ingaande toerental vanuit de inductiemotor met factor 4,23 gereduceerd wordt. Zo kan de inductiemotor bij een borsteltoerental van 300 omwentelingen per minuut, in de ordergrootte van 1300 omwentelingen per minuut draaien. Op dit toerental kan de inductiemotor een significant hoger vermogen leveren, terwijl het toerental van de borstel nagenoeg vergelijkbaar is met dat van een hydraulische aandrijving. Tevens werkt deze reductie juist ook als een vergroting van het geleverde koppel. Gezien het toerental met de reductieverhouding zal afnemen, zal het uitgaande koppel tegenovergesteld met deze factor toenemen. Waar gemiddelde vergelijkbare hydrauliekmotor tot 160 [Nm] kan leveren, hoeft de inductiemotor om dit te evenaren slecht een koppel van 37 [Nm] te leveren.

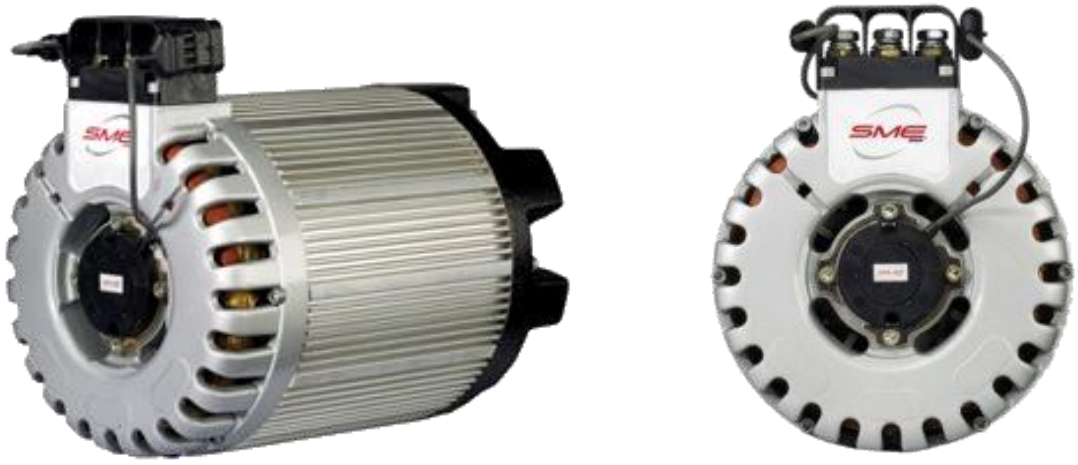
3. Inductiemotor

In dit hoofdstuk zal de gebruikte inductiemotor en de werking hier van worden toegelicht. Het voordeel van een elektromotor ten opzichte van een hydraulische motor is dat deze veel fijner af te regelen is en over het algemeen een hoger rendement kan behalen dan een hydraulische aansturing omdat er amper mechanische verliezen zijn. Bij een hydraulische aandrijving is er minimaal sprake van twee pompen, één pomp welke olie levert en een andere pomp welke deze olie gebruikt. Indien beide pompen een rendement van 90 [%][1] halen, wat al aanzienlijk hoog is, resulteert dit in een gecombineerd rendement van 81 [%]. Hierbij zijn verliezen over de leidingen daargelaten. Een elektrische aandrijving bestaat daarnaast hoofdzakelijk over een elektromotor en een controller voor deze motor. Waar beide nominaal een rendement van meer dan 95 [%][2] kunnen behalen, resulteert dit in een gecombineerd rendement van 90 [%], wat aanzienlijk hoger is dan de hydraulische aandrijfmethode.

3.1 MT1570B AC-inductiemotor

Zoals vermeld in hoofdstuk *2.3 Aandrijving*, wordt er voor de applicatie gebruik gemaakt van een MT1570B drie-fase AC-inductiemotor van het Italiaanse merk SME (zie afbeelding 3.1). Deze motor is een asynchrone drie-fase inductiemotor, wat betekend dat deze motor gevoed wordt met een wisselspanning bestaande uit 3 fasen. Het grote voordeel het gebruik van een drie-fase asynchrone motor is het feit dat het een onderhoudsvrije constructie betreft. Gezien er, in tegenstelling tot synchrone elektromotoren, bij een asynchrone motor geen sprake is van sleepringen of commutatoren, zijn de enkele slijtgevoelige delen binnen de motor de lagers van de rotor as. Afhankelijk van de applicatie van de motor hebben deze lagers een levensduur van circa 10000 tot 25000 draaiuren[3] afhankelijk van de belasting. Dit vertaalt zich in, mocht de motor elke dag 8 uur lang de gehele dag in bedrijf zijn, een levensduur van tot circa $8_{1/2}$ jaar. Afhankelijk van de fasestroom aangeboden aan de MT1570B kan deze een vermogen leveren van 4,5 [kW] tot wel 12,4 [kW]. De exacte datasheets van deze inductiemotor zijn opgenomen in Bijlage 1.

Deze inductiemotor is tevens voorzien van een interne temperatuursensor welke direct op de statorring geplaatst is om zo een juiste temperatuur af te kunnen lezen. Daarnaast is er op het uiteinde van de as een 64-tands encoder geplaatst, welke het toerental registreert.

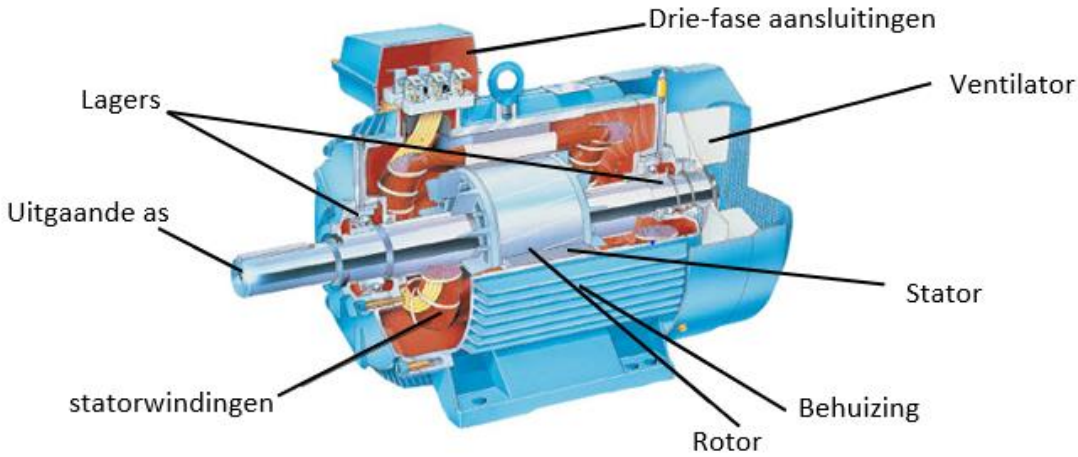


Afbeelding 3.1: SME MT1570B 3-fase inductiemotor [4]

3.2 Werking drie-fase inductiemotor

Om een beter beeld te geven van het werkingsprincipe van de gebruikte elektromotor, zal er in dit hoofdstuk globaal beschreven worden hoe een drie-fase elektromotor werkt en uit welke componenten deze opgebouwd is.

Een drie-fase asynchrone elektromotor is opgebouwd uit slechts enkele componenten. Dit zijn de rotor, stator met windingen, aansluitingen voor de drie fasen, uitgaande as, lagers en de behuizing van de motor. Over het algemeen zit er aan de uitgaande as ook een ventilator om de windingen te koelen tijdens het motorbedrijf. In afbeelding 3.2 is een doorsnede van een drie-fase asynchrone inductiemotor te zien. Zoals eerder vermeld in hoofdstuk *3.1 De inductiemotor*, zijn de enige slijtagedelen in deze motor de lagers welke op de uitgaande en rotor as zijn gemonteerd.



Afbeelding 3.2: Doorsnede asynchrone drie-fase inductiemotor [5]

Het werkingsprincipe van een asynchrone motor komt vrijwel overeen met het principe van een synchrone motor. Het verschil tussen een synchrone en asynchrone motor is te vinden in de opbouw van de rotor. Bij een synchrone motor bestaat deze rotor uit een ijzeren kern waar koperdraad omheen is gewikkeld. Deze wikkelingen zijn vervolgens via sleepringen en koolstofborstels verbonden met de voedingsspanning. Omdat deze voedingsspanning ook over de windingen van de statorring staat, lopen de magnetische velden van de rotor en stator gelijk of 'synchroon'.

Een asynchrone motor werkt door middel van een zogeheten 'kooi rotor' constructie. Deze kooi rotor is opgebouwd uit koperen staven welke aan beide einden kortgesloten zitten aan een ronden ijzeren ring. Op de statorwindingen staat evenals de synchrone versie een voedingsspanning welke op zijn beurt een magnetisch veld opwekt. Dit magneetveld uit de stator 'induceert' vervolgens in deze koperen staven een spanning. Het induceren van deze spanning gaat via de *wet van Lenz* of de *wet van Faraday*:

$$\vec{E} = -\vec{B} * L * \vec{v}$$

Met hierin:

E = Geïnduceerde spanning in een geleider in [V]
B = Magnetische fluxdichtheid in [T]
L = Lengte van de geleider in [m]
v = Snelheidsverschil tussen het statorveld en de rotor in [m/s]

Deze geïnduceerde spanning veroorzaakt vervolgens een wervelstroom in de geleidende staven van de rotor. Deze wervelstroom zorgt er vervolgens voor dat er in de rotor een magnetisch veld opgewekt wordt. Hierop zal er een zogeheten 'Lorentzkracht' ontstaan, dit is de kracht die op de geleider uitgeoefend zal worden aan de hand van de formule:

$$\overrightarrow{F_L} = \vec{B} * \vec{I} * \ L$$

Met hierin:

F_L = Lorentzkracht in [N]
B = Magnetische fluxdichtheid in [T]
I = Stroomsterkte in de geleider in [A]
L = Lengte van de geleider in [m]

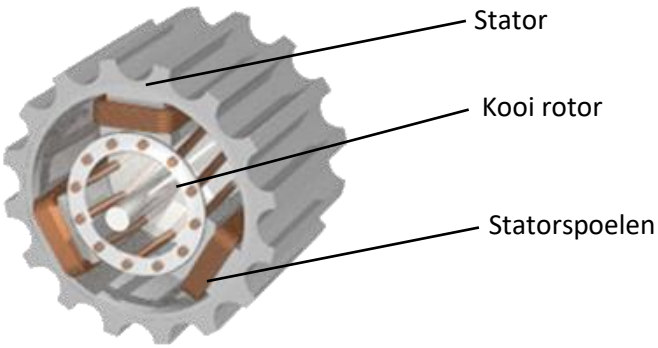
Deze Lorentzkracht zorgt vervolgens voor een koppel op de uitgaande as aan de hand van de formule:

$$M = F * L$$

Met hierin:

M = Koppel in [Nm]
F = Kracht in [N]
L = Afstand van aangrijppunt kracht tot center van de uitgaande as in [m]

In een drie-fase inductiemotor is dit principe drievoudig uitgevoerd. Hierin is de statorspoel opgedeeld in 3 segmenten (1^e,2^e en 3^e fase) welke met een verschuiving van 120° uit elkaar liggen. Hierdoor wordt er continu een veranderend magnetisch veld aan de rotor aangeboden, onafhankelijk van de positie van de rotor ten opzichte van de statorspoelen. Zie afbeelding 7.9.



Afbeelding 7.9: 120° faseverschuiving van de statorspoelen [6]

Het snelheidsverschil 'v' gebruikt in de *wet van Lenz* en *wet van Faraday* staat bij de inductiemotoren bekend als 'slip'. Deze slip is uitgedrukt in de formule:

$$s = \frac{\mathrm{n}_s - \mathrm{n}_r}{\mathrm{n}_s} * 100\%$$

Met hierin:

s = Slip in [%]
n_s = Snelheid van het statorveld in [m/s]
n_r = Snelheid van de rotor in [m/s]

Uit deze formule kan worden opgemaakt dat indien de rotor langzamer draait dan het magnetische veld in de stator, er sprake is van positieve slip. Indien er sprake is van een positieve slip, dus een snelheidsverschil tussen het statorveld en de rotor, is er aan de hand van de *wet van Lenz* en *wet van Faraday* ook sprake van een geïnduceerde spanning in de geleider van de rotor. Hierop is er dus ook sprake van een Lorentzkracht op de geleider in de rotor.

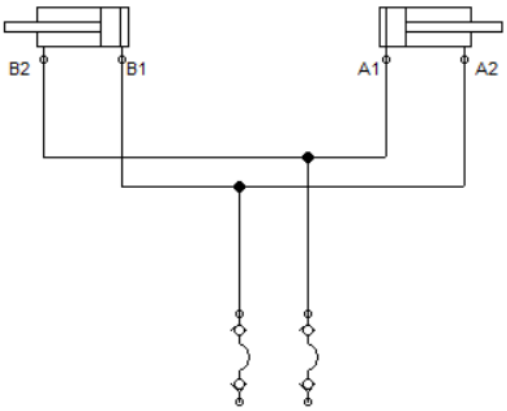
Hoe groter de slip, des te groter het snelheidsverschil, wat resulteert in een hogere geïnduceerde spanning en stroom en zodoende een grotere Lorentzkracht, wat weer garant staat aan een hoger koppel op de uitgaande as. Indien de slip gelijk is aan 0, waar de rotor even snel draait als het magnetische veld in de stator, zal er dus geen snelheidsverschil zijn en er dus geen spanning geïnduceerd worden in de rotor. Daarmee zal er ook geen stroom gaan lopen in de rotor en zal er zodoende geen Lorentzkracht en dus geen koppel gecreëerd kunnen worden. Indien de slip negatief is, waar de rotor sneller draait dan het magnetische veld, werkt de motor in generatormodus en zal deze dus stroom leveren aan de voeding.

4. Hydraulische & elektrische actuatoren

Zoals voorheen beschreven in hoofdstuk *2.3 Besturing*, zijn er ook enkele actuatoren op het prototype verbouwd. Deze actuatoren zijn verantwoordelijk door de verplaatsing van de borstelarm en de besturing van de borstelkop. In dit hoofdstuk zullen deze componenten verder toegelicht worden.

4.1 Hydraulische cilinders

Voor het verplaatsen van de borstelarm is er gekozen voor het gebruik van hydraulische actuatoren. Deze hydraulische actuatoren of cilinders zitten aan één zijde gemonteerd aan de achterplaat welke op de driepuntshefinrichting gemonteerd zit en aan de andere zijde gekoppeld aan de scharnierbare arm van het onkruidborstel werktuig. De cilinders zitten gekruist aangesloten (zie afbeelding 4.1), wat inhoudt dat bij een uitgaande slag van een cilinder, de andere cilinder een ingaande slag maakt en vice versa.



Afbeelding 4.1: Schematische cilinderaansluiting borstelarm

De bediening van deze cilinders geschiedt door middel van de hydraulische bediening binnen de werktuigdrager in de vorm van een hydraulische pomp, aangedreven door de verbrandingsmotor van deze werktuigdrager en een ventielenblok waar de stroomrichting van de hydrauliekolie geregeld kan worden. Dit ventielenblok wordt elektronisch bediend met behulp van een joystick aanwezig in de cabine van de werktuigdrager.

De reden dat er gekozen is voor het gebruikt van hydraulische actuatoren in plaats van elektrische, is te vinden in het feit dat elektrische actuatoren van een gelijke omvang/krachtlevering een erg langzame actuatie hebben, in de ordergrootte van 15 [mm/s]. Het verplaatsen van de arm kan dan afhankelijk van de last een goede 10 seconden duren, waar dit met de hydraulische cilinders in slechts 2 á 3 seconden gedaan kan worden.

4.2 Elektrische actuatoren

Voor de bediening van de borstelkop is er destijds wél gekozen voor het gebruik van elektrische actuatoren. Deze LA28 actuatoren van het merk Linak (zie afbeelding 4.2), werken met een voltage van 12 [V] en kunnen respectievelijk 2000 [N] trekken en duwen. Deze capaciteit is ruim voldoende om de borstelkop te kunnen bewegen, echter is hier wederom de actuatiesnelheid een beperkende factor. Deze snelheid bedraagt onder last circa 6,2 [mm/s].

Echter is er gekozen om wél gebruik te maken van deze actuatoren. De reden hiervoor is het feit dat het elektrisch aansturen van deze actuatoren het mogelijk maakt om het werktuig te koppelen aan eventuele elektrische werktuigdragers, welke niet beschikken over een hydraulische installatie. Daarnaast is het ombouwen naar een hydraulische werking altijd nog mogelijk indien gewenst.

Afbeelding 4.2: Linak L28 elektrische actuator [7]

Ook is het voordeel van deze elektrische actuatoren ten opzichte van een hydraulische versie, dat het leidingwerk vele malen eenvoudiger is. Waar het hydraulisch regelen van de verstelling van de borstelkop vraagt om minimaal 1/4'' hydrauliekleiding met een diameter van 12 [mm] en een extra ventielenblok op de borstel (om van de twee dubbelwerkende aansluitingen op de werktuigdrager naar vier aansluitingen voor de cilinders te kunnen gaan). Vervolgens moet dit ventielenblok daarbij ook nog elektronisch aangestuurd worden om de juiste cilinder te kunnen bedienen, wat weer een extra kabel met zich meebrengt.

Een elektrische actuator daarentegen heeft slecht twee 1,5 [mm^2] aansluitdraden. Door +12 [V] aan te bieden op één van deze twee draden en de andere aan massa te leggen, zal de gelijkspanningsmotor van de actuator bekrachtigd worden. Het omwisselen van de polariteit zal vervolgens de draairichting van de motor omdraaien, waardoor de actuator in omgekeerde richting kan bewegen. Zo beperkt de aansluiting van twee elektrische actuatoren zich tot slecht één 4-polige kabel met een diameter van 7 [mm].

5. Motorcontroller

Niet direct verbouwd op het prototype, maar wel hoofdzakelijk onderdeel van de machine, is een motorcontroller inclusief programmeringssoftware voor het regelen van de elektromotor. Deze motorcontroller is een AC-M1 van het merk SME, welke tegelijkertijd met de gebruikte 3-fase AC-inductiemotor zijn geïntroduceerd door SME.

Deze AC-M1 motorcontroller (afbeelding 5.1) werkt zowel als de regelaar van de motor alsmede de inverter om een directe spanning (DC) naar een alternerende spanning (AC) om te zetten. Deze conversie is nodig om een AC-inductiemotor te kunnen voeden met een accupakket, welke een DC-spanning heeft. Deze motorcontroller, weergeven in afbeelding 7.11, werkt op een bedrijfsspanning van zowel 36 als 48 [V] en is in staat om stroomsterkten tot 500 [A] te kunnen verwerken. Dit houdt in dat de controller theoretisch, met een opgegeven rendement van ca. 95 [%][8], een vermogen van 22.8 [kW] zou kunnen aanleveren aan de inductiemotor, zolang de bedrijfstemperatuur dit toelaat. Gezien de inductiemotor zelf een opgegeven nominaal vermogen van 4.2 [kW] heeft, zal de AC-M1 echter nooit op dit vermogen belast gaan worden.

Naast de inverter functie van de AC-M1, dient deze ook als het regelorgaan voor de inductiemotor. Via het softwareprogramma 'Tau' is deze controller te programmeren om deze naar wens te kunnen inzetten in een scala aan verschillende doeleinden. Denk hierbij aan tractiedoeleinden zoals de aandrijving van een heftruck of warenhuisvoertuig, maar ook als toepassing voor een hydrauliekpomp aangedreven door een inductiemotor.

Afbeelding 5.1: SME AC-M1 motorcontroller [9]

De AC-M1 beschikt over twee 23-pins Ampseal connectoren op welke in het totaal 19 vrij programmeerbare digitale inputs en 8 vrij programmeerbare analoge inputs beschikbaar zijn. Naast het regelen van de inductiemotor is de AC-M1 ook in staat om via een LIN-bus display actuele informatie naar een bestuurder of operator te versturen en om via een CAN-bus connectie met meerdere controllers of externe apparatuur te communiceren. Zo is het mogelijk om bij de implementatie van een Lithium Ion accupakket te communiceren met het managementsysteem van dit accupakket, om zo live de status van het accupakket te kunnen monitoren en indien nodig de stroomafname te beperken of aan te passen, om eventuele schade aan het kostbare accupakket te voorkomen.

Ook bestuurd de AC-M1 de 'Main Contactor' ofwel hoofdschakelaar, welke zich tussen het accupakket en de controller bevindt. In het geval dat zich een conditie voordoet welke schadelijke gevolgen kan hebben voor één of meerdere componenten in het aandrijfsysteem, zal de controller (afhankelijk van de prioriteit van de fouten ingesteld door de programmeur) de verbinding met het accupakket verbreken door het sluiten van deze hoofdschakelaar. Ook bij het gebruiken van een noodstop zal deze verbinding direct verbroken worden door de controller.

De exacte specificaties van de AC-M1 zijn opgenomen in bijlage 2.

6. Reductiekast

Om een koppel vergelijkbaar met een hydraulische motor te kunnen leveren, 160 [Nm] bij een opbrengst van 20 [L/min] @ 150 [bar] (maximaal leverbaar door SP 5008 werktuigdrager)[10], zal er gebruik moeten worden gemaakt van een reductiekast om het koppel van de inductiemotor te vergroten en de draaisnelheid van de borstel te verlagen. Hiervoor is er gekozen voor het gebruik van een 452A coaxiale tandwielkast (afbeelding 6.1) geleverd door de firma Alpatek, welke ook de motor en controller heeft geleverd.

Deze tandwielkast, bruikbaar tot 300 [Nm] heeft een vertraging van 4,23 op 1. Wat betekend dat de ingaande as van de motor 4,23 maal zo snel roteert als de uitgaande as naar de borstel toe. Gezien het ingaande vermogen gelijk is aan het uitgaande vermogen (indien het rendement van de tandwielkast verwaarloosd wordt, betekend het dat bij een reductie van het toerental met factor 4,23, het uitgaande koppel juist met deze factor toeneemt.

Afbeelding 6.1: 452A coaxiale tandwielkast [11]

Bronnenlijst

[1] Hydraulisch vermogen berekenen. Hydrauliek24 [Geraadpleegd 25-2-2019]
https://www.hydrauliek24.nl/blog/hydraulisch-vermogen-berekenen

[2] ACM1 controller rendement. SME Group [Geraadpleegd 25-2-2019]
https://sme-group.com/wp-content/uploads/2015/12/ACM1_TAU_Datasheet_En.pdf

[3] Levensduur van lagers. Bing Bearings [Geraadpleegd 26-2-2019]
http://www.bingbearings.com/index.php?id=30

[4] AC inductie motoren. SME Group [Geraadpleegd 25-2-2019]
https://sme-group.com/products/ac-induction-motors/

[5] Doorsnede van een inductiemotor. - [Geraadpleegd 26-2-2019]
https://www.imagenesmi.com/im%C3%A1genes/electric-motor-system-5a.html

[6] Faseverschuiving statorwindingen. - [Geraadpleegd 27-2-2019]
http://teamalvl.unblog.fr/2015/05/18/differents-types-de-generateurs/

[7] Linak L28 Actuator. Linak [Geraadpleegd 28-2-2019]
https://www.linak.nl/producten/lineaire-actuatoren/la28/

[8] AC-M1 specificaties. SME AC-M1 gebruikshandleiding [Geraadpleegd 28-2-2019]
http://www.holdun.com.cn/index.php?_m=mod_download&_a=download&dw_id=24

[9] AC-M1 motor controller. Alpatek [Geraadpleegd 28-2-2019]
http://alpatek.nl/product/acm1/

[10] Antonio Carraro SP5008 Hydrauliek specificaties. Antonio Carraro [Geraadpleegd 4-3-2019]
https://www.antoniocarraro.it/na/catalogue/sp

[11] 452A coaxiale tandwielkast. Hydromec [Geraadpleegd 4-3-2019]
http://hydromec.com/en/products/light-coaxial/

Bijlagen tussenverslag

Bijlage 1 - SME MT1570B inductiemotor specificaties

INDUCTION MOTOR PARAMETERS

NOMINAL DATA

Motor Type	SME MA125-81	-
Nominal Voltage	27,2	V
Nominal Current	112,0	A
Nominal Frequency	49,8	Hz
Nominal Torque	26,1	Nm
Nominal Speed	1468	RPM
Nominal Power	4017	W
Poles Number	4	-
Rotor Inertia	0,0230	Kg*m2

TAU Motor Parameters: SME MA125-81

Phase Connection: U V W

Description: SME MA125-81

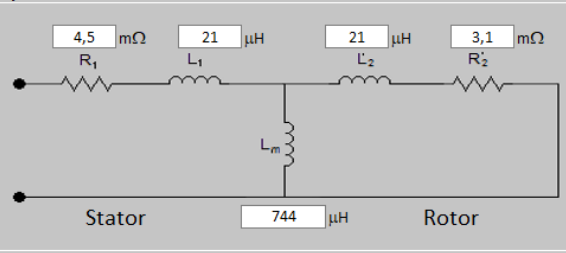
Function: -

Electrical Parameters

Nominal Values

Voltage	Frequency	Torque
27,2 Vrms	49,8 Hz	26,1 Nm

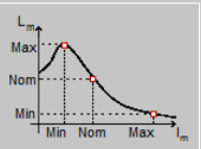
Equivalent Circuit Values IEEE Standard



Rotor Flux Model Parameters

Model Values

Type: Linear



	Minimum	Nominal	Maximum	
Current	30,8	67,2	221,6	Arms
Inductance	308	744	897	µH

Loss Optimization Values

Max Rotor Flux Reduction: 0 %

Mechanical Parameters

Rotor Values

Pole Pairs	Inertia
2	23 g x m2

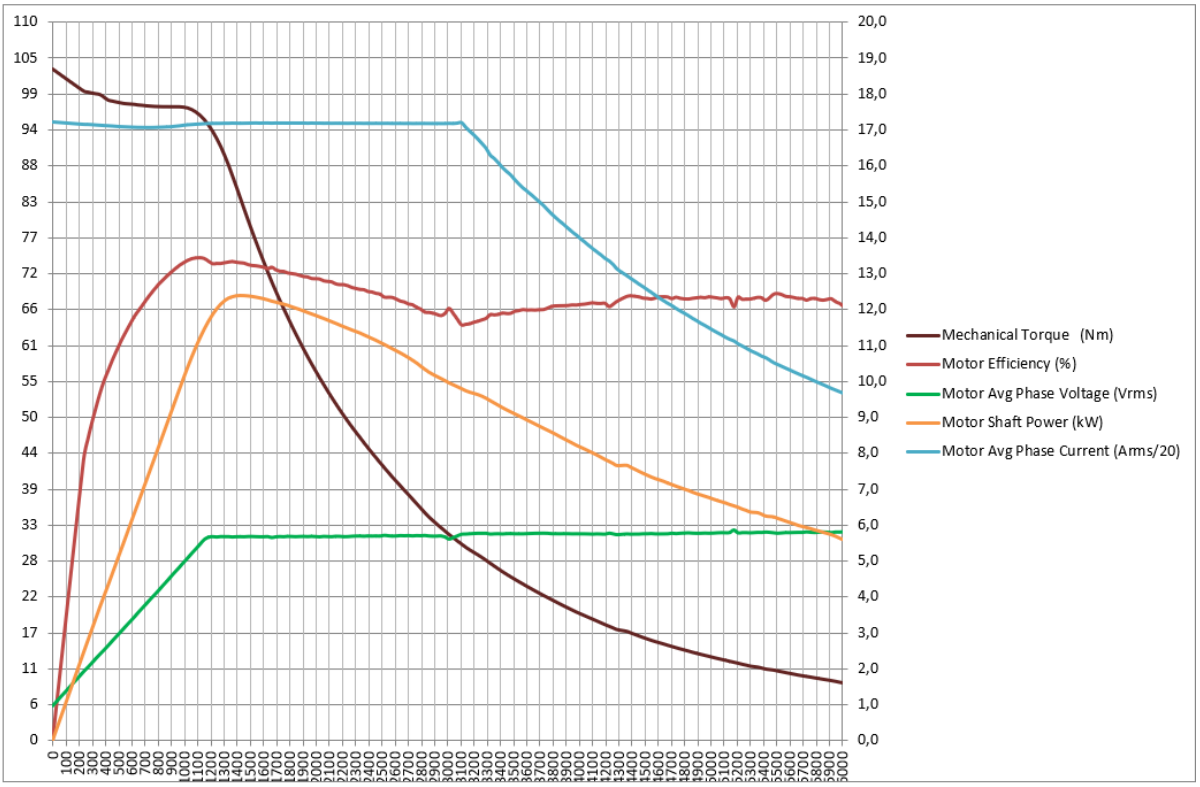
Feedback Sensor Values

Pulses Per Rev	Type
64	Quad Encoder A/B

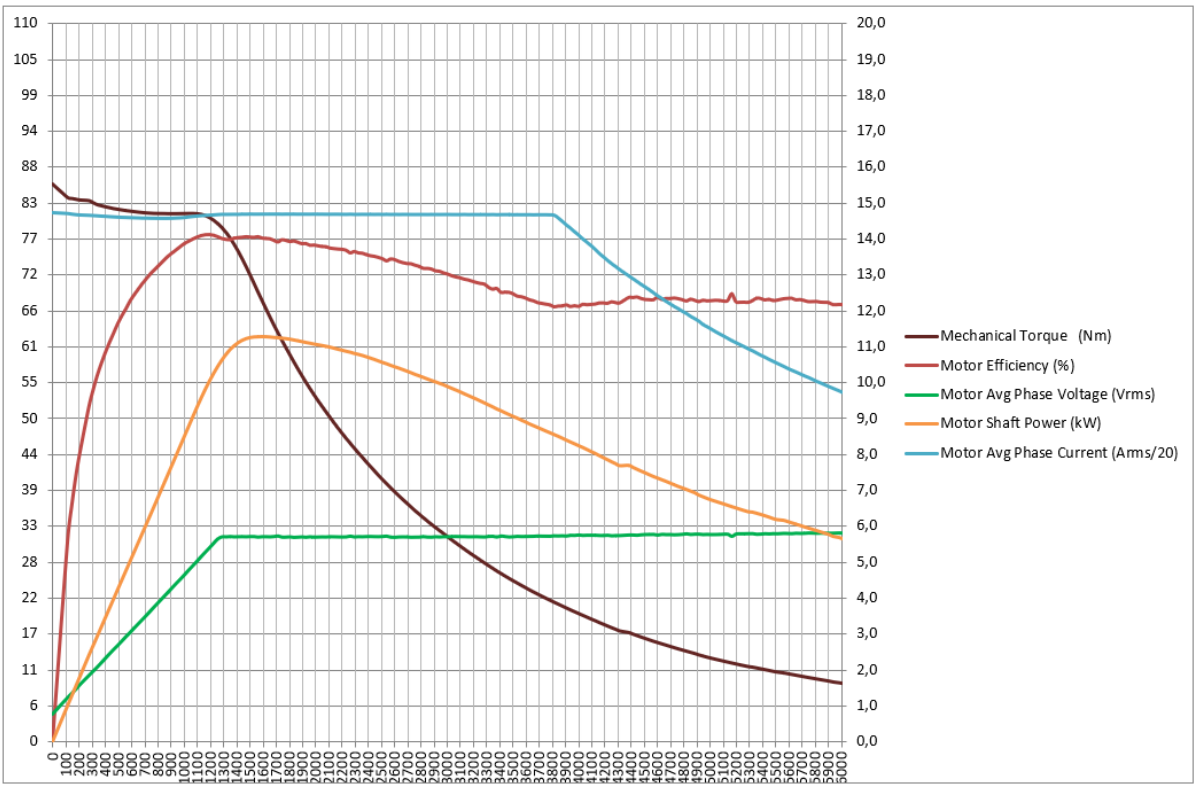
Thermal Parameters

Probe Type	Input
NTCDKF103N3 (SME)	Thermal Probe 1

MT1570B @ 345 [A]

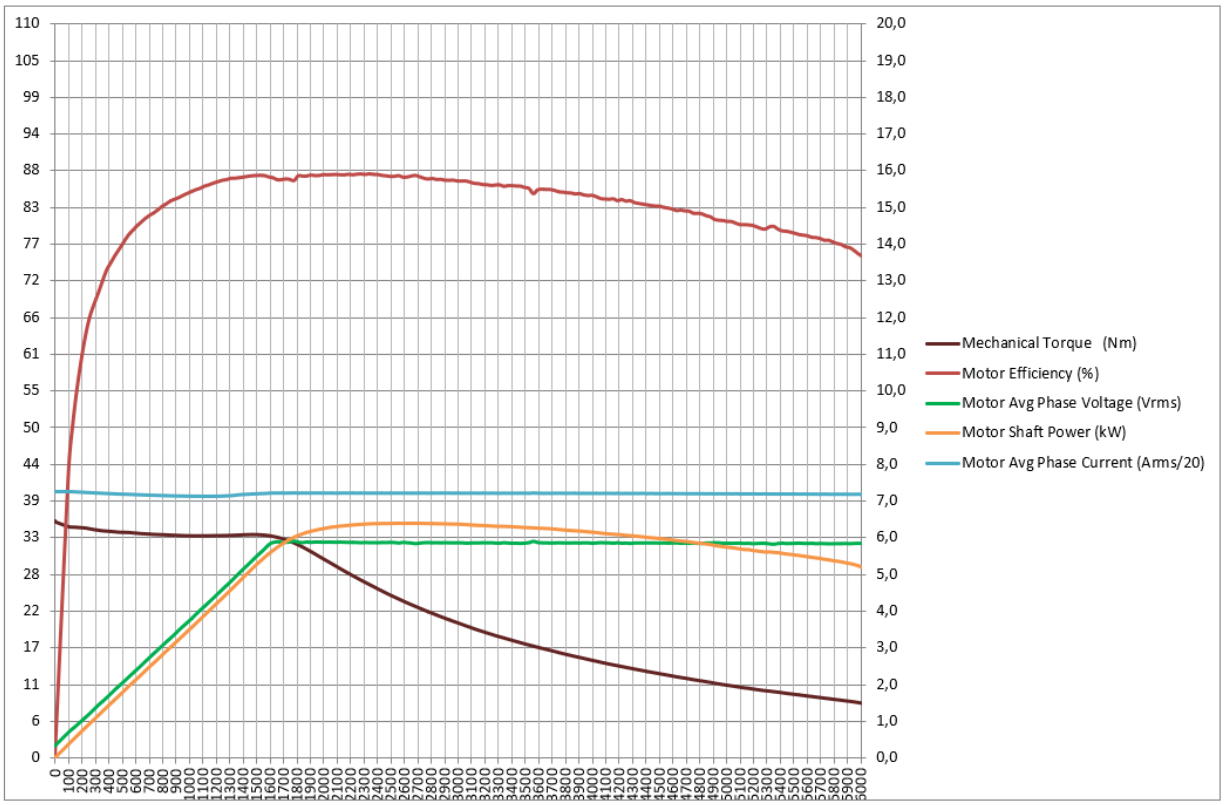


MT1570B @ 295 [A]

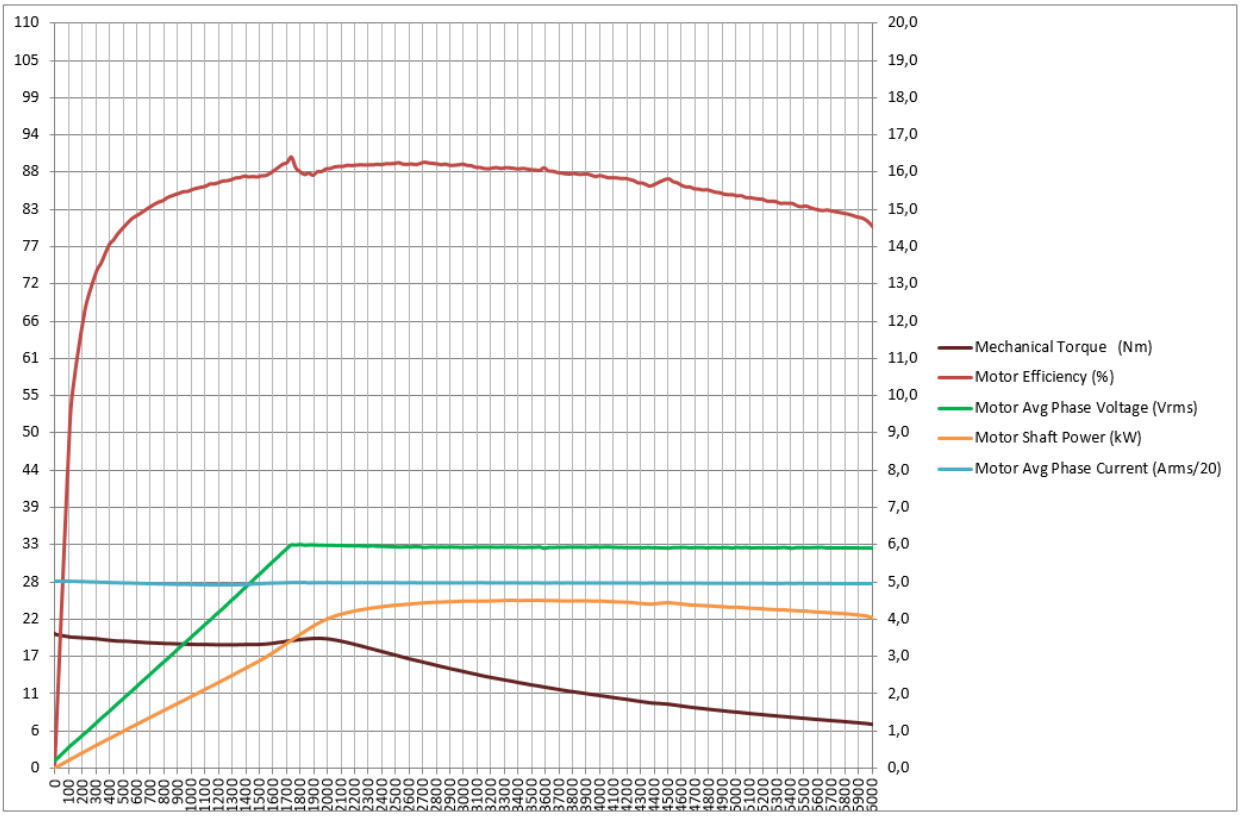


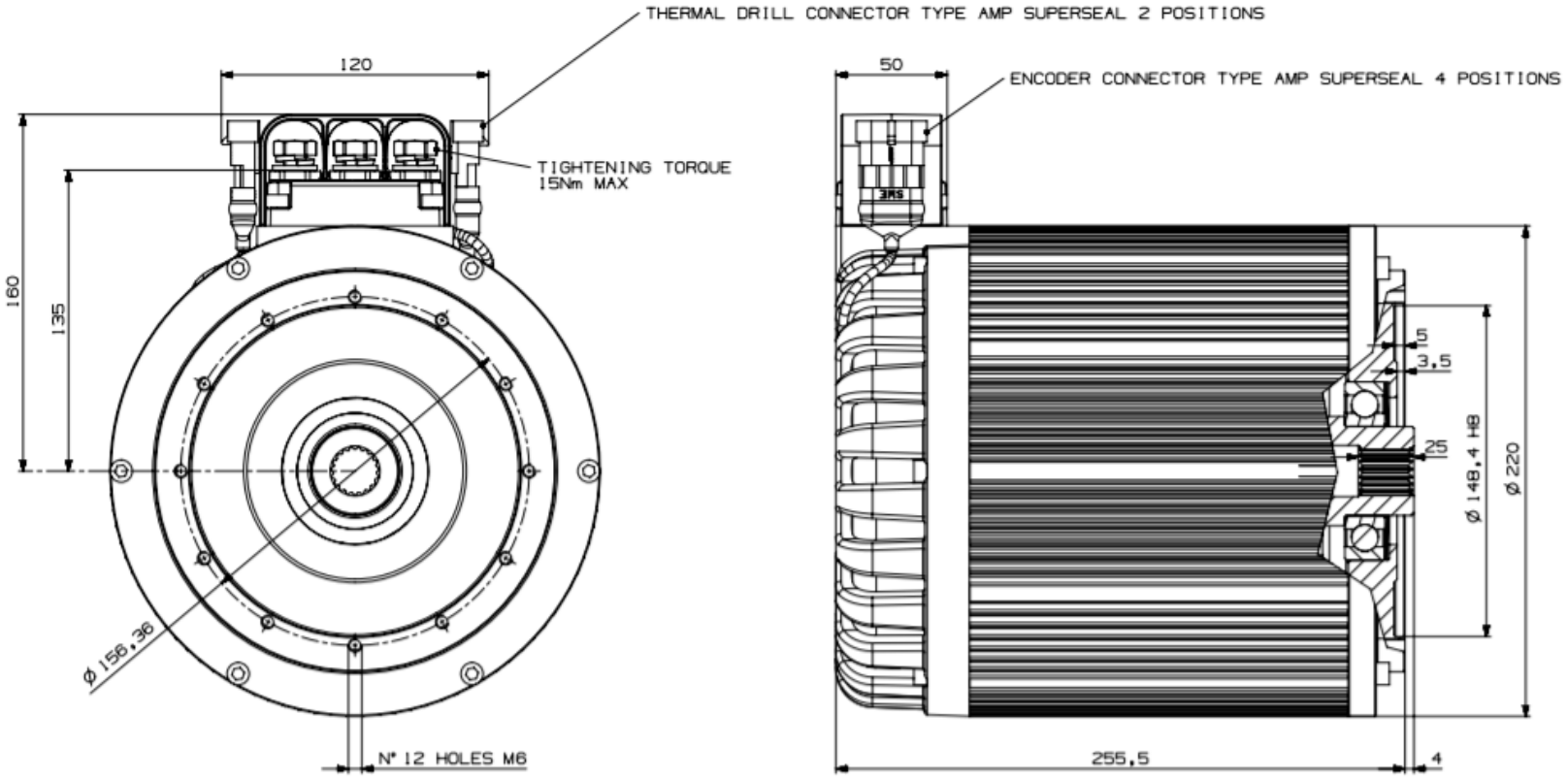
MT1570B @ 195 [A]

MT1570B @ 145 [A]



MT1570B @ 100 [A]





RATING DATA ACCORDING TO EN 1175-1 APPENDIX B	
POWER	4,2 KW
VOLTAGE	34,4 V
CURRENT	151 A
RATED SPEED	1500 RPM
MAXIMUM SPEED	4500 RPM
FREQUENCY	50 Hz
Cos φ	0,6
SERVICE	S2 60'
INSULATION CLASS	F
PROTECTION DEGREE	IP 66
WEIGHT	34 Kg

FLAT ROOT SIDE FIT STANDARD : ANSI B92.1-1996 TOLERANCE CLASS 5	
NUMBER OF TEETH	19
PRESSURE ANGLE	45°
NOR DIAMETRAL PITCH	24/48
PITCH DIAMETER	20.1083
BASE DIAMETER	14,2187
FORM DIAMETER	21.2852
MAJOR DIAMETER	21.8186/21.59
MINOR DIAMETER	19.4818/19.6088
MAX ACTUAL CIRCULAR TOOTH	1.941
MAX MEAS. BETWEEN PIN	17.021/17.054
MEAS PIN DIA	2.032

COMPONENT	CODE
ROTOR	MT795B
STATOR	MT1352B
WINDING	MT1353B
FRONT COVER	MT1094A
REAR COVER	MT614B

MAGNETIC SENSOR	
PIN 1	POSITIVE
PIN 2	GROUND
PIN 3	CHANNEL A
PIN 4	CHANNEL B

Rev.	Modification	Date	Signature

Scale: 1:2

MEDIUM LIMIT OF ACCURACY	UP TO 5	OVER 5 UP TO 30	OVER 30 UP TO 120	OVER 120 UP TO 315	OVER 315 UP TO 1000	OVER 1000 UP TO 2000	OVER 2000 UP TO 4000	UP TO 10	REFERENCE MINOR ANGLE SIDE OVER 10 UP TO 50	OVER 50 UP TO 120	OVER 120 UP TO 400
DEVIATION	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'
TOLERANCE	0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	2°	1°	0°40'	0°20'

DRAWN WITH CAD MANUALLY ON CAD SYSTEM ONLY

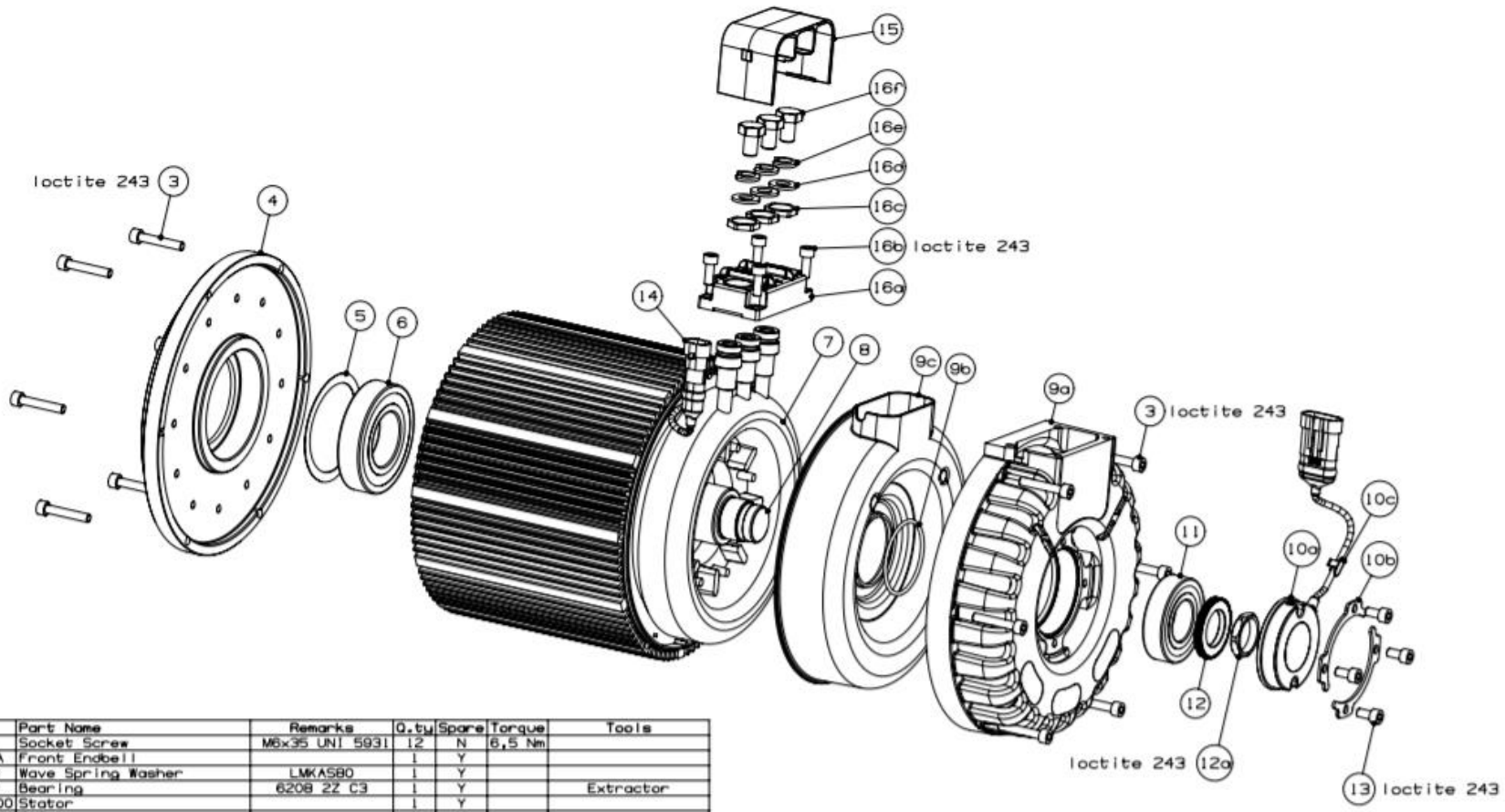
THIS DRAWING IS OUR EXCLUSIVE PROPERTY. IT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED, TRANSMITTED TO OTHER PEOPLE OR USED IN ANY WAY WITHOUT OUR CONSENT. ANY INFRINGEMENT WILL BE LEGALLY PURSUED.

SMC

Drawn A.C.
Approved A.C.
Date 22/07/14

Product Code: 800MT1570B00
Substitute Product Code:
Product Description: MA125-81T48/66 D695
Drawing Code: MT1570B
Sheet 1 of 2

HISSINK CUSTOM MADE MACHINERY
Hogeschool van Arnhem en Nijmegen HAN University of Applied Sciences



No	Cod.	Part Name	Remarks	Q.ty	Spare	Torque	Tools
3		Socket Screw	M6x35 UNI 5931	12	N	6,5 Nm	
4	E65MT1094A	Front Endbell		1	Y		
5	333680079	Wave Spring Washer	LMKAS80	1	Y		
6	346110400	Bearing	6208 2Z C3	1	Y		Extractor
7	E60MT1352B00	Stator		1	Y		
8	E60MT795B01	Rotor		1	Y		
9	R00KMT704	Kit Rear Endbell IP66		1	Y		
9a		Rear Endbell IP66		1	N		
9b		O-Ring	OR 3200 VITON	1	N		
9c		Rear Cover IP66		1	N		
10	R00KMT028	Kit Speed Sensor		1	Y		
10a		Speed Sensor		1	N		
10b		Locking Flange		2	N		
10c		Fastener		1	N		
11	346110295	Bearing	6206 2RS1 C3	1	Y		Extractor
12	E62EC058A	Speed Sensor Gear		1	Y		
12a		Ring Nut		1	N	30 Nm	Pneumatic Screwer
13		Socket Screw	M6x12 UNI 5931	4	N	6,5 Nm	
14	E96CMT386A	Thermal Drill		1	Y		
15	768MT397A	Terminal Board Protection		1	Y		
16	R00KMT029	Kit Terminal Board IP66		1	Y		
16a		Terminal Board IP66		1	N		
16b		Socket Screw	M6x16 UNI 5931	4	N	4 Nm	
16c		Ring Nut	M18x1,5	3	N	17 Nm	Special Wrench
16d		Washer	Ø10 UNI 6592	3	N		
16e		Spring Washer	Ø10 UNI 1751	3	N		
16f		Hexagonal Screw	M10x16 UNI 5739	3	N	15 Nm	

Rev.	Modification	Date	Signature

Scale: 1:3

MEDIUM LIMIT OF ACCURACY	UP TO 8	RESIDES 8 UP TO 30	RESIDES 30 UP TO 120	RESIDES 120 UP TO 315	RESIDES 315 UP TO 1000	RESIDES 1000 UP TO 2000	RESIDES 2000 UP TO 4000	REFERENCE WHEN ANGLE SIDE UP TO 10	RESIDES 10 UP TO 50	RESIDES 50 UP TO 120	RESIDES 120 UP TO 400
DEVIATION	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'
TOLERANCE	0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	2°	1°	0°40'	0°20'

DRAWN WITH CAD
HANDLING ON CAD SYSTEM ONLY

THIS DRAWING IS OUR EXCLUSIVE PROPERTY. IT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED, TRANSMITTED TO OTHER PEOPLE OR USED IN ANY WAY WITHOUT OUR CONSENT. ANY INFRINGEMENT WILL BE LEGALLY PURSUED.

SMC

Drawn A.C.
Approved A.C.
Date 22/07/14

Product Code: B00MT1570B00
Substitute Product Code:

Product Description: MA125-81T48/66 D695

Drawing Code: MT1570B

Sheet 2 of 2

Bijlage 2 - SME AC-M1 AC motor controller specificaties

Technical specification for ACM1 Smartmotion inverter series

Electrical and Power

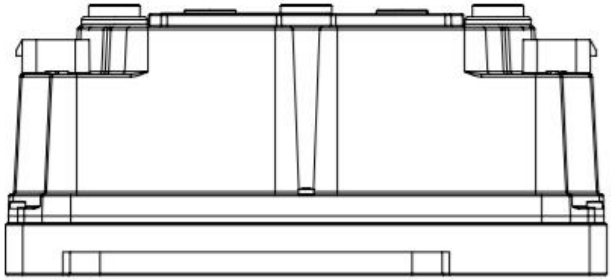
Maximum RMS inverter current (2')	ACM1 24V	350Arms 450Arms
	ACM1 36-48V	375Arms 500Arms
	ACM1 72-80V	350Arms 450Arms
PWM operating frequency		9KHz
Efficiency		> 95%
Protection level		IP65
Mechanical size		210 x 145 x 91 [mm]
Weight		3 kg
Vibration		5g, 10÷500Hz, 3 axes
Working temperature range		-30 / +40°C
Storage temperature range		-40 / +50°C
Maximum case temperature		100°C
Regulatory compliance	- EN1175 for safety - EN12895 for Electromagnetic compatibility - UL Recognized Component; meets UL583 dielectric test The vehicle OEM takes full responsibility of the regulatory compliance of the vehicle system with the controller installed.	

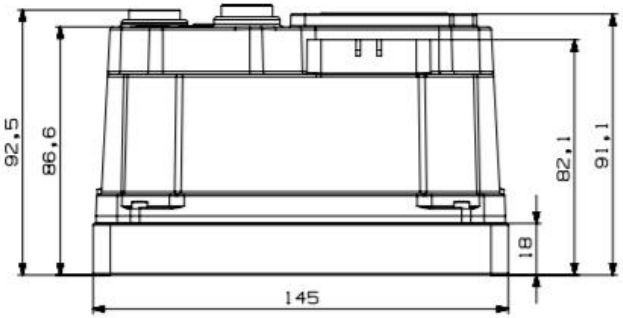
Controller Inputs and Outputs

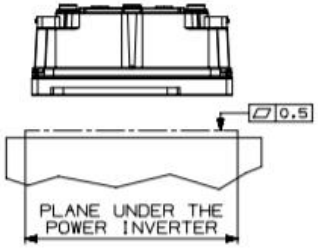
Digital Inputs	19
Analogue Inputs	8
Outputs (inductive or resistive load)	2 ON/OFF 3 PWM
Motor speed sensor inputs	2 *A + B channels*

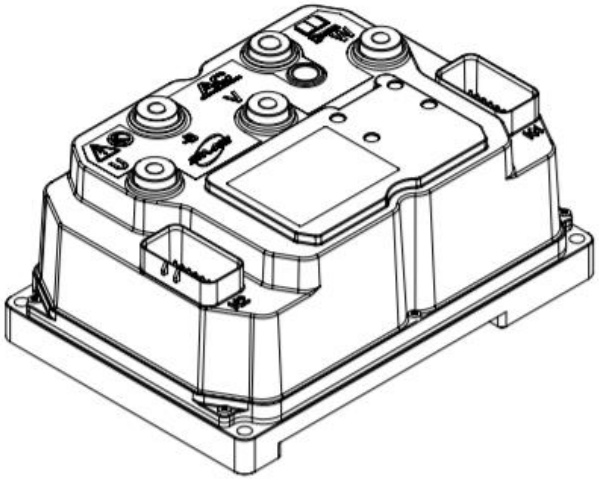
Interfaces

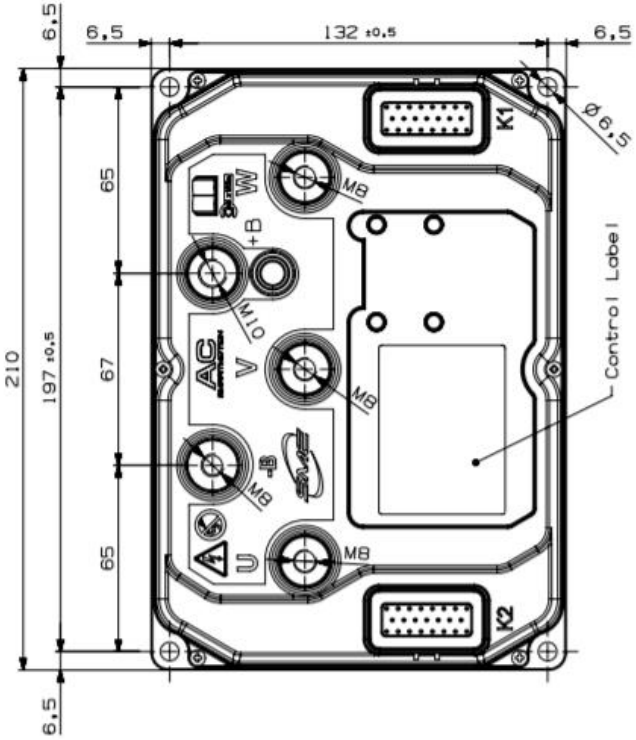
CAN Protocol	CANOpen Physical layer uses ISO11898-2 Baud rates: 1Mbps, 800kbps, 500kbps, 250kbps, 125kbps
Serial communication	RS-232
LIN bus	Yes











MOUNTING RULES
SUGGESTED THERMAL GREASE TYPE : HTS ELECTROLUBE
PAINT OF PLANE UNDER AC PANEL MUST TO BE THERMIC CONDUCTIVE
FIXING MAX TORQUE FOR THE AC PANEL M6 SCREWS IS 6,4Nm

UNIT OF MEASUREMENT IN mm

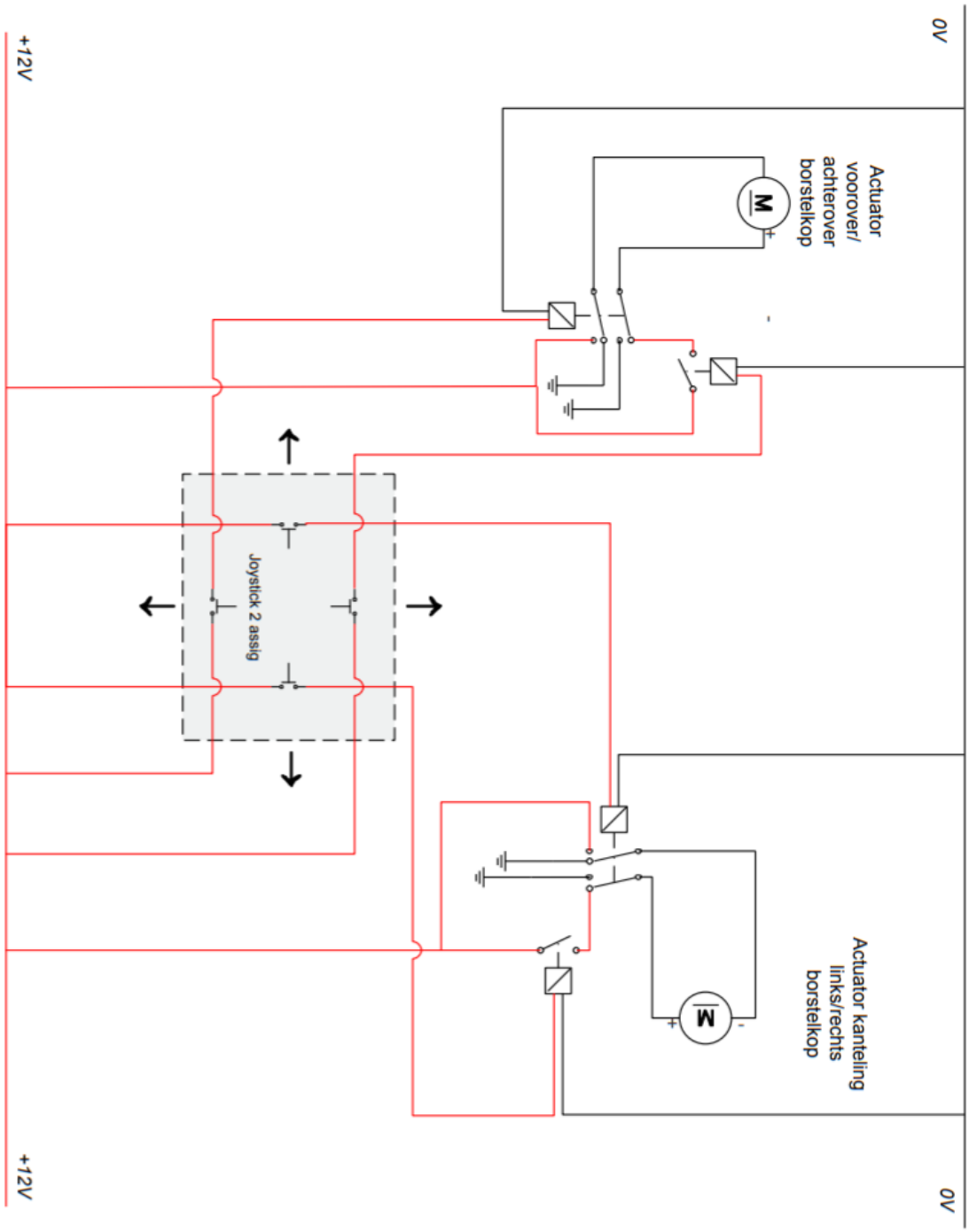
K1-K2 CONNECTOR AMPSEAL 23 POSITION	
PLUG ASSEMBLY	AMP CODE N° 770680-1
CONTACT 0,5-1,4mm²	AMP CODE N° 770854-1

AC SMARTMOTION SERIES AC-M1

HISSINK CUSTOM MADE MACHINERY
Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HAN University of Applied Sciences

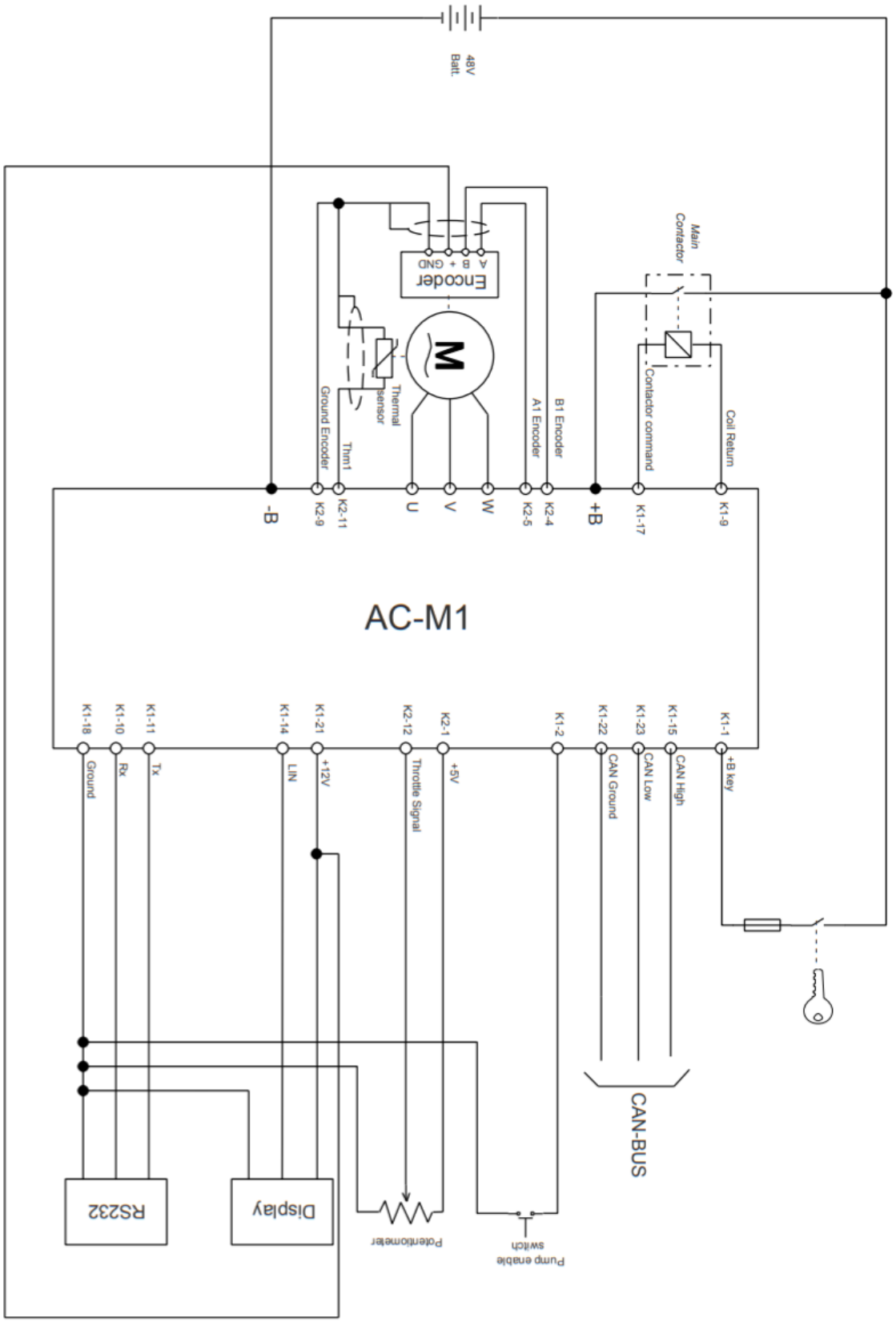
Bijlage B

Elektrisch schema aansturing actuatoren borstelkop



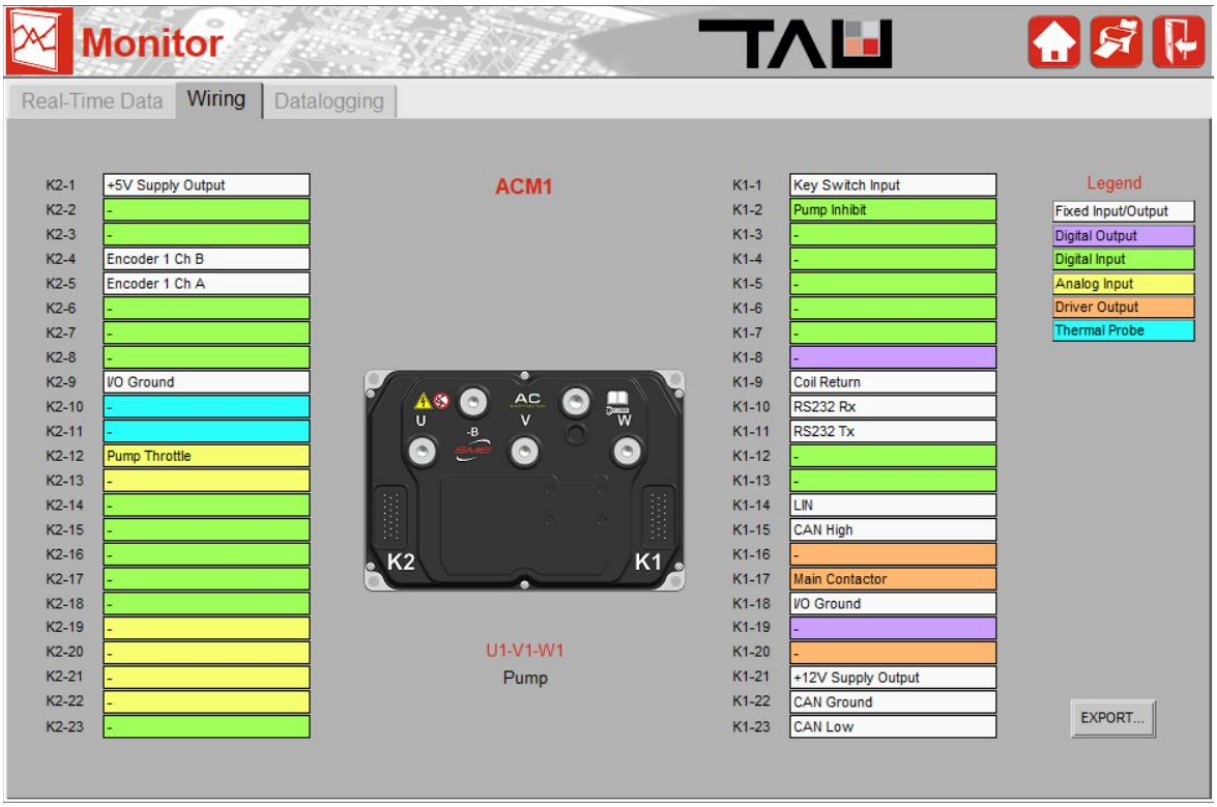
Bijlage C

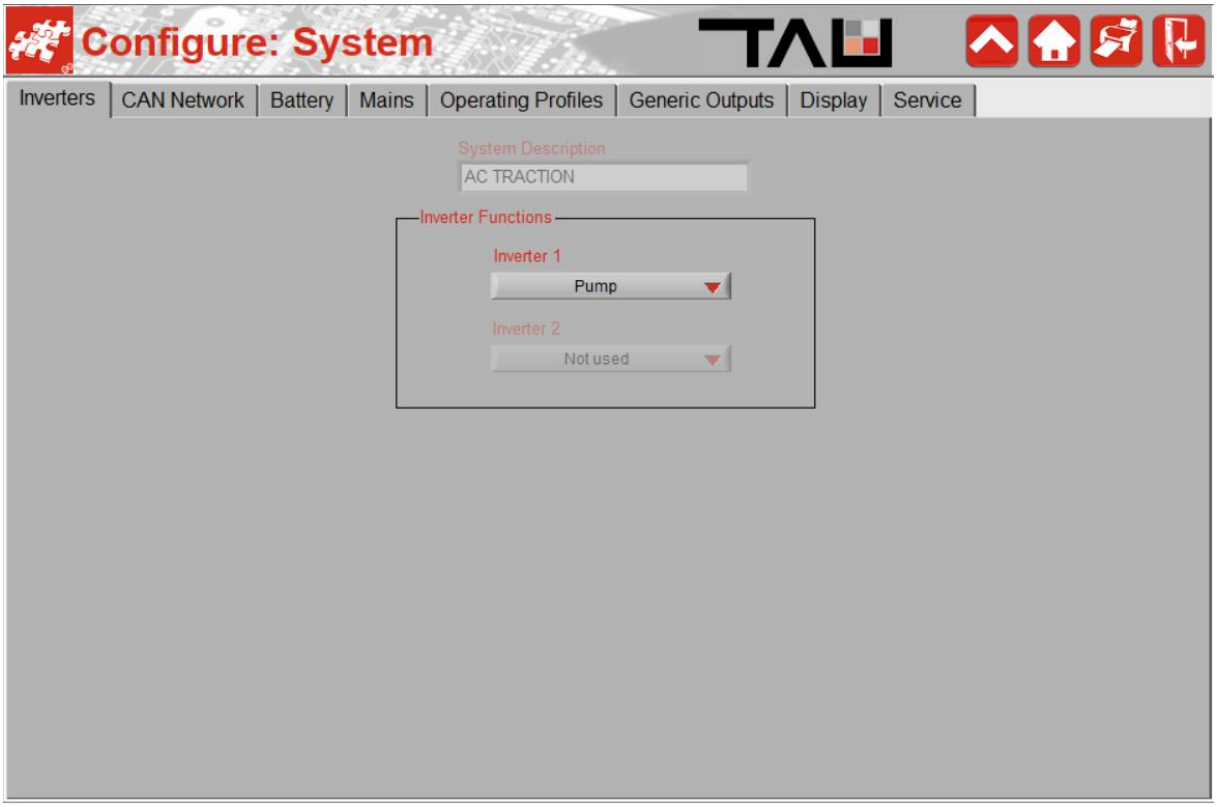
Schematische weergave aansluitingen AC-M1 controller

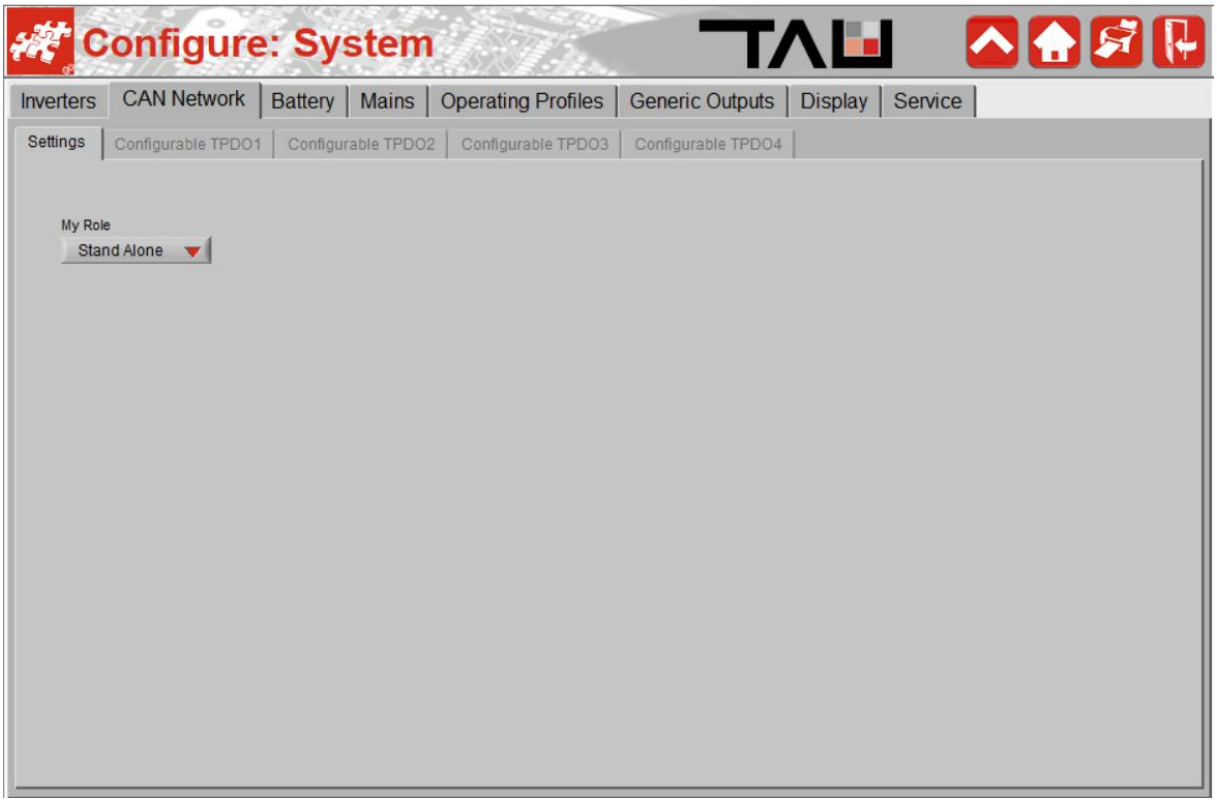


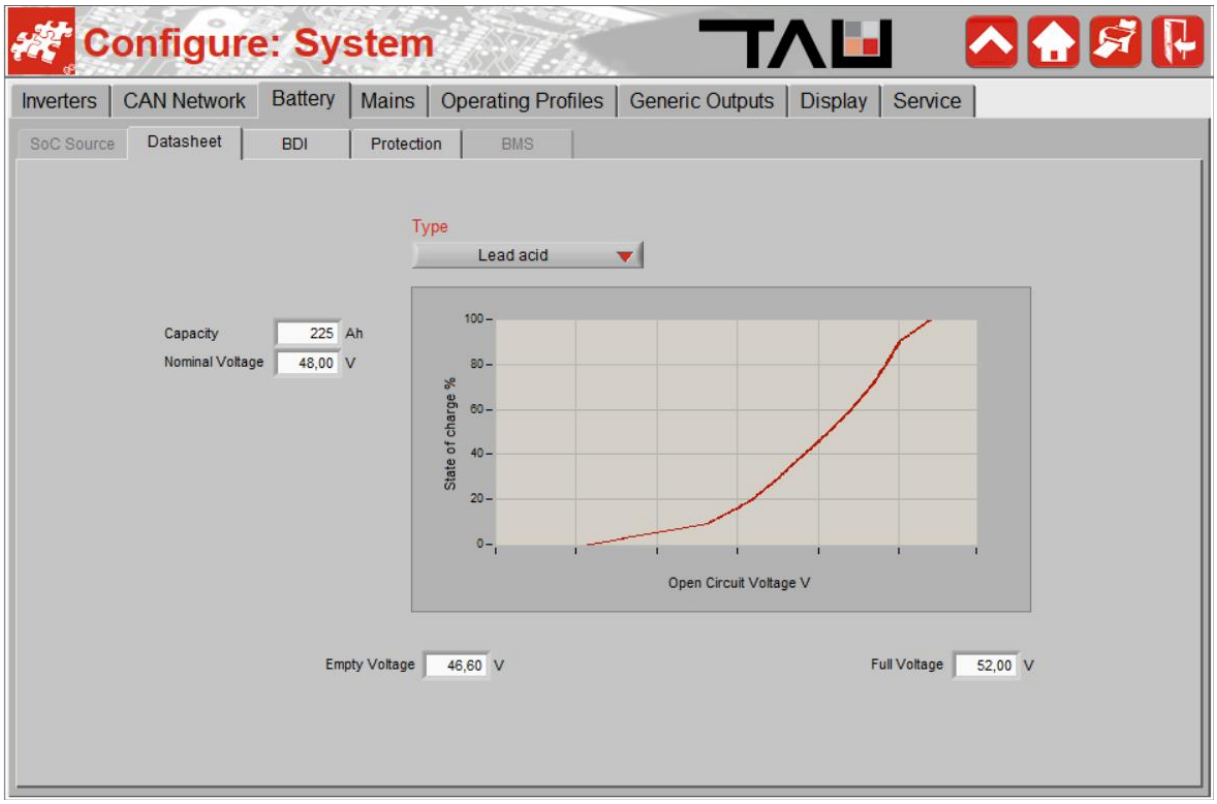
Bijlage D

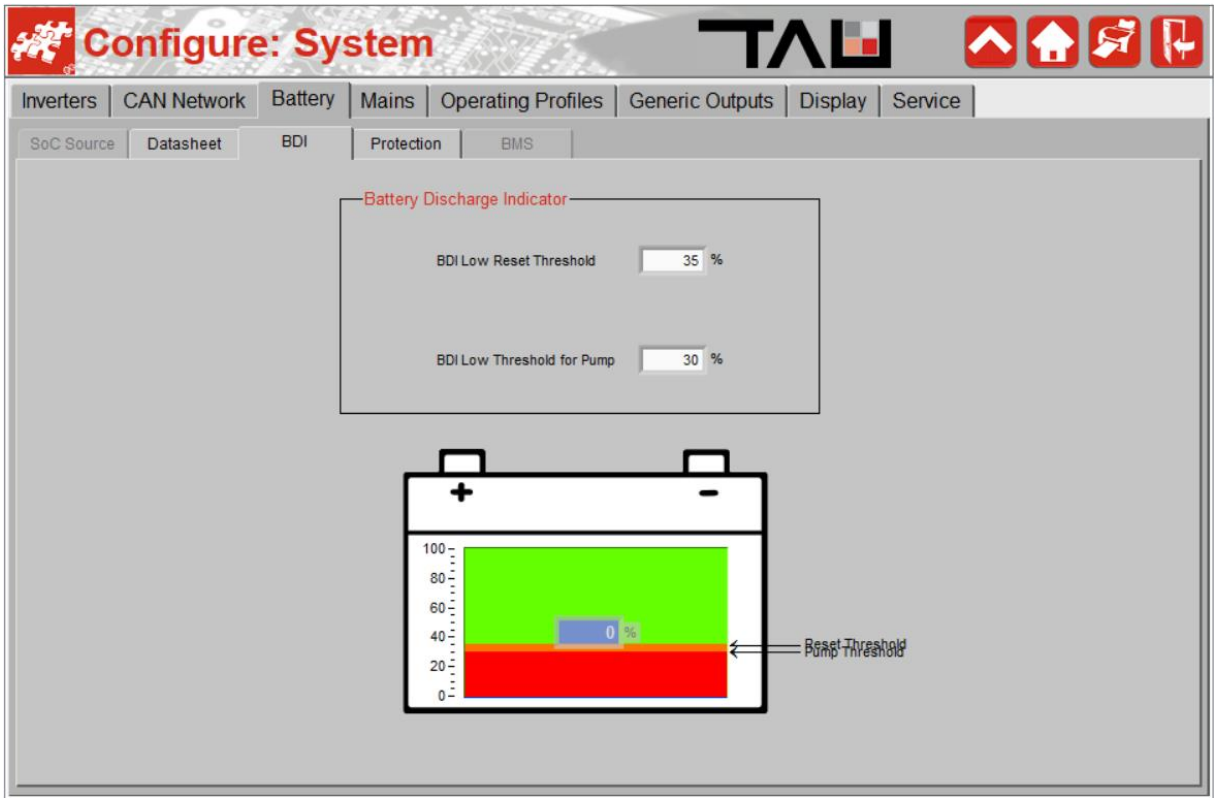
Configuratie AC-M1 motorcontroller in Tau software

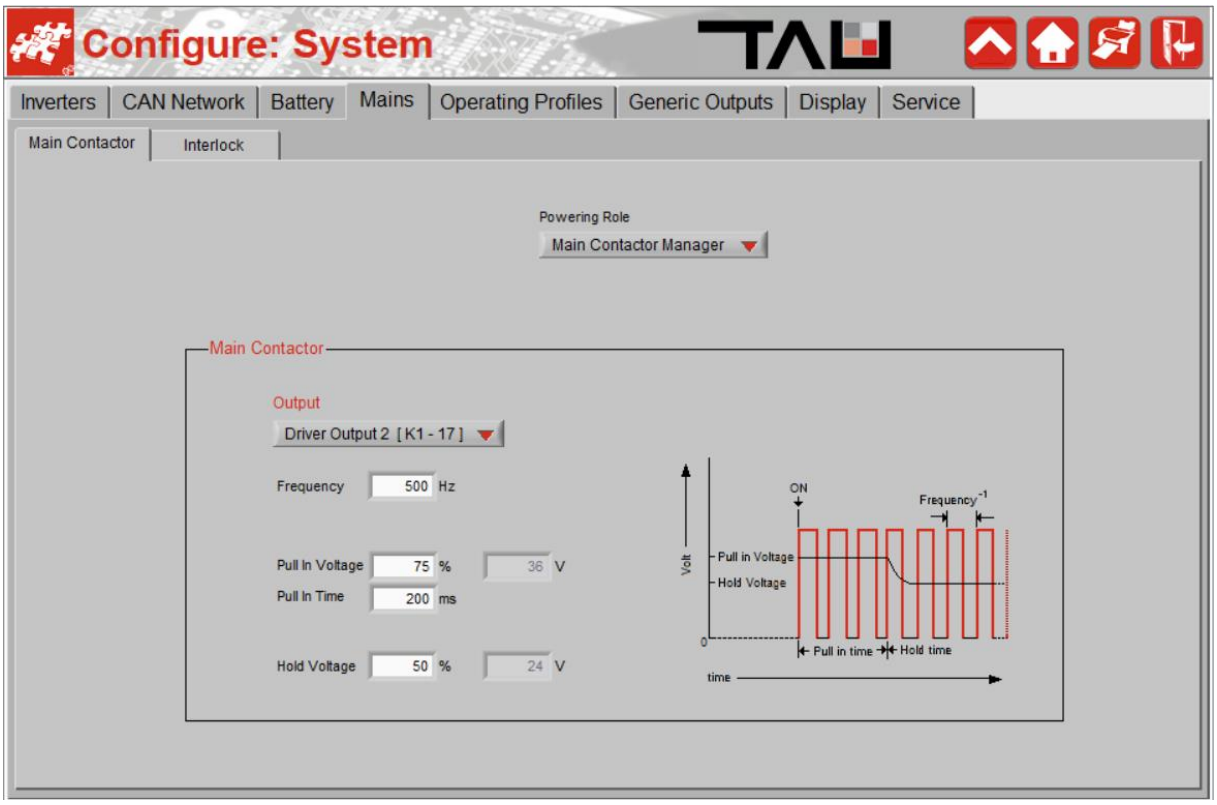


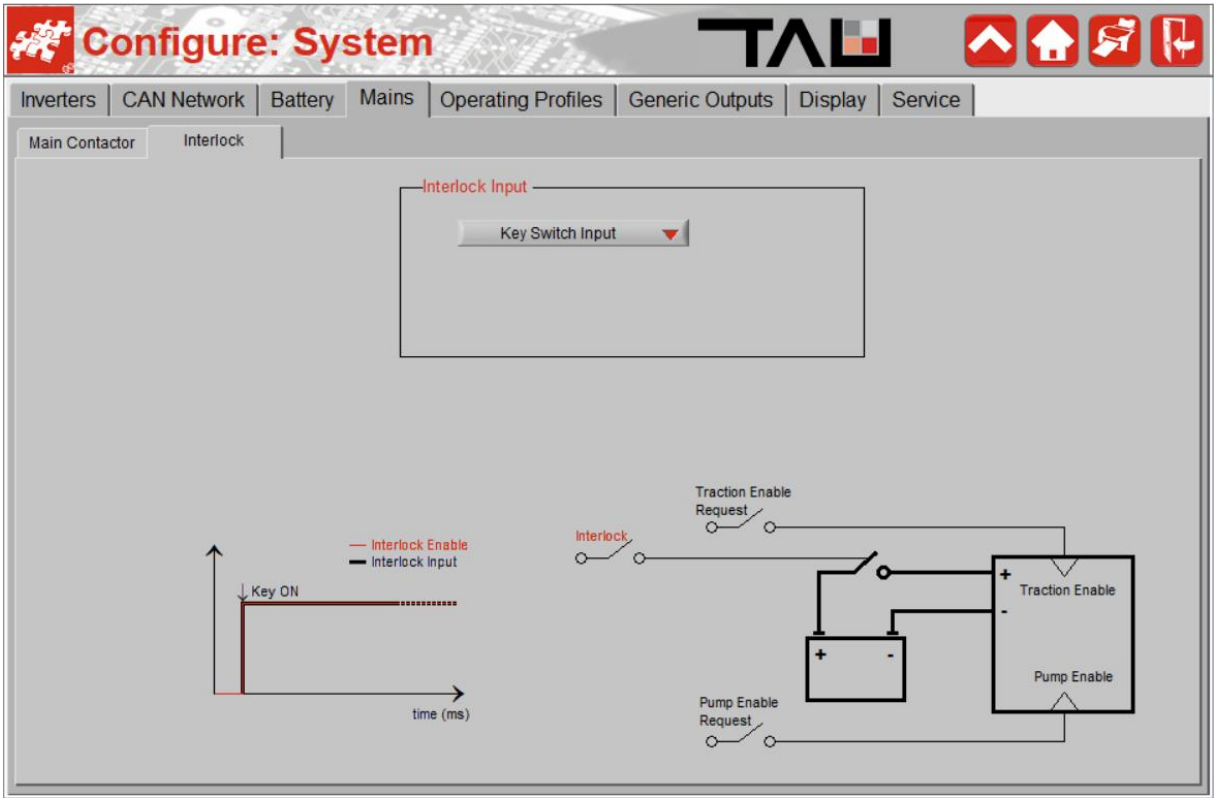


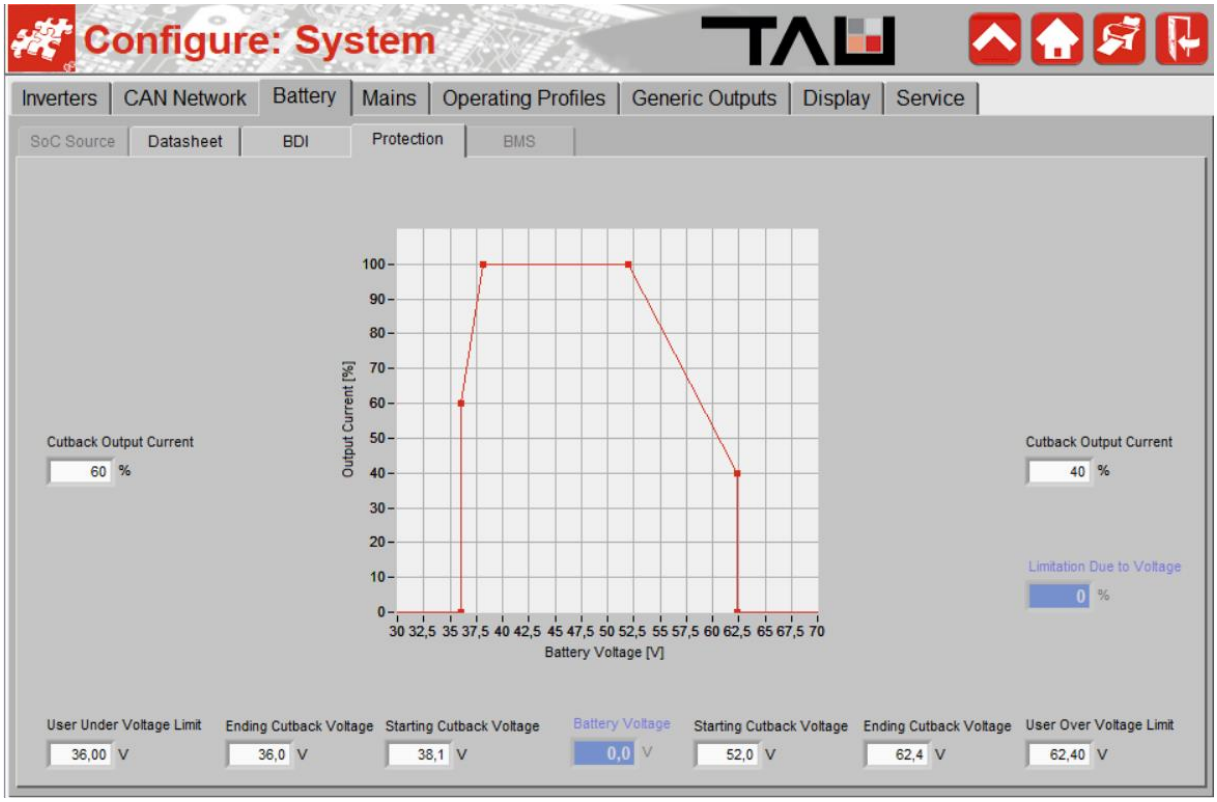

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
Settings
Configurable TPDO1
Configurable TPDO2
Configurable TPDO3
Configurable TPDO4
My Role
Stand Alone

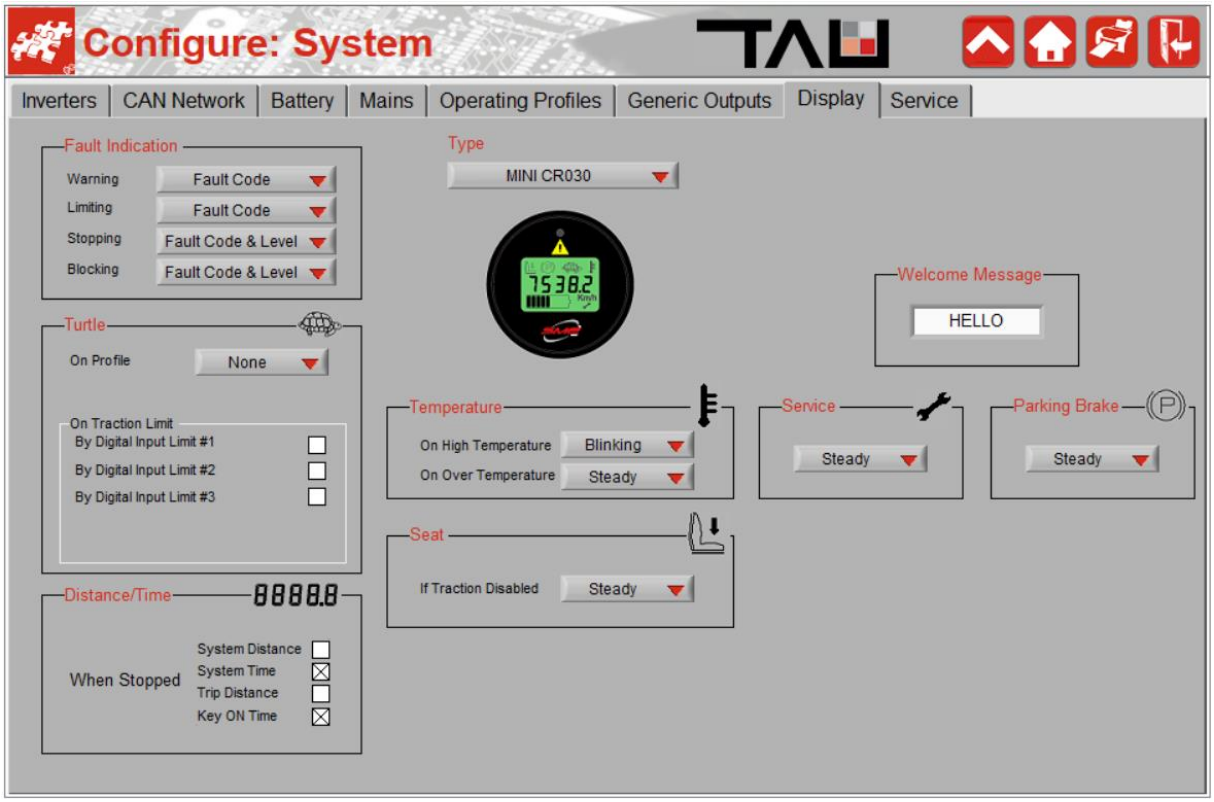

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
SoC Source
Datasheet
BDI
Protection
BMS
Type
Lead acid
Capacity
225
Ah
Nominal Voltage
48,00
V
State of charge %
100
80
60
40
20
0
Open Circuit Voltage V
Empty Voltage
46,60
V
Full Voltage
52,00
V

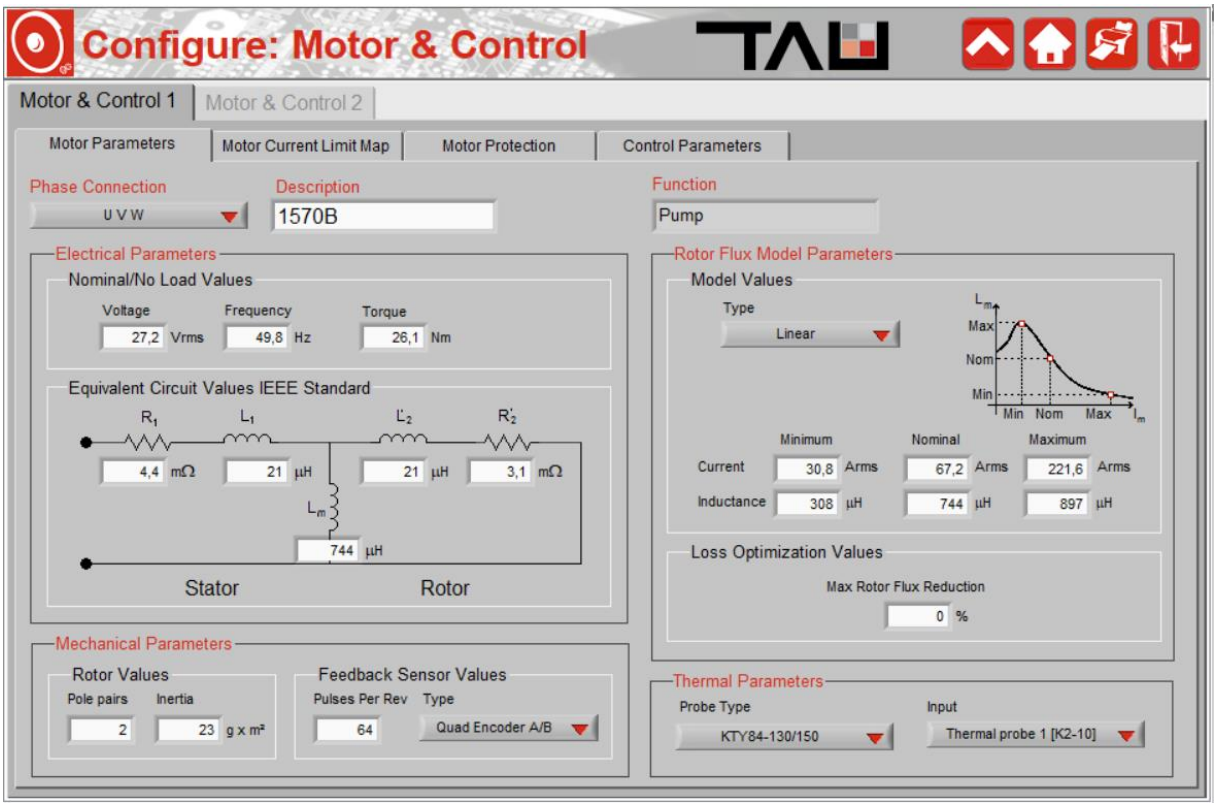

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
SoC Source
Datasheet
BDI
Protection
BMS
Battery Discharge Indicator
BDI Low Reset Threshold
35
%
BDI Low Threshold for Pump
30
%
100
80
60
40
20
0
0
%
Reset Threshold
Pump Threshold

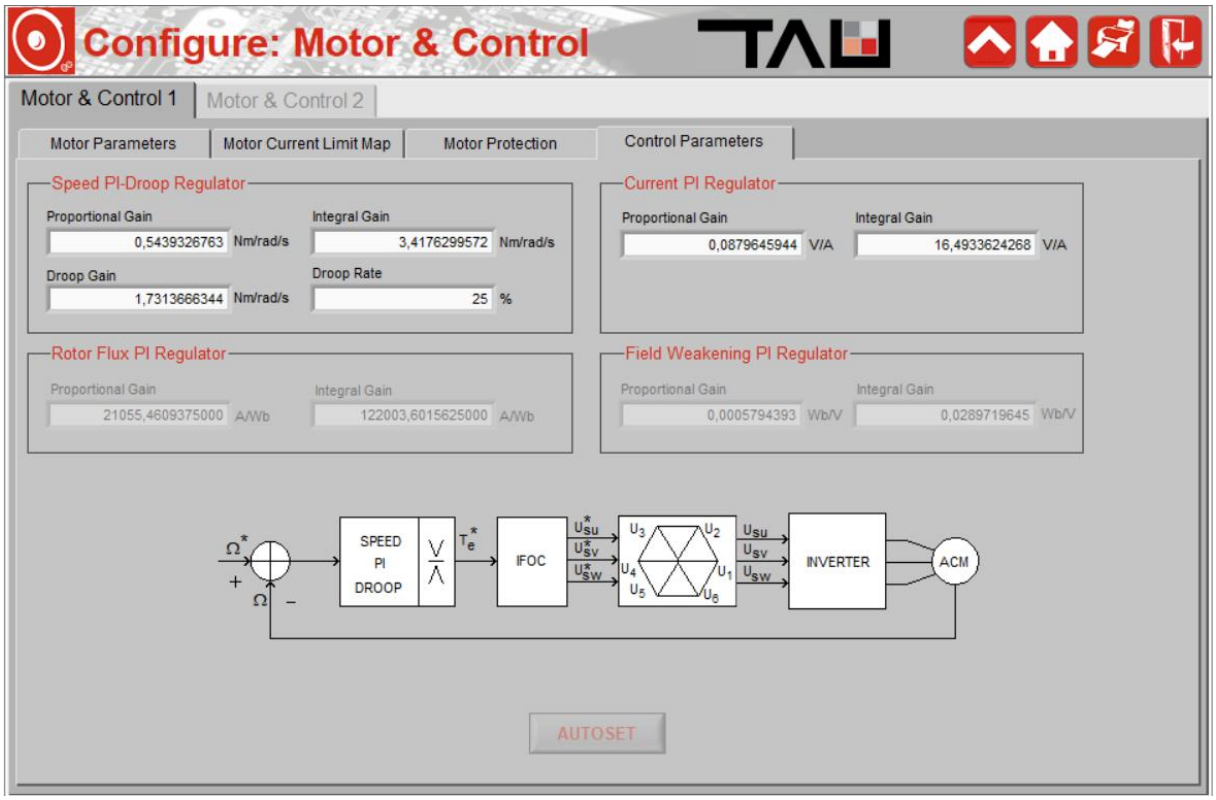

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
Main Contactor
Interlock
Powering Role
Main Contactor Manager
Main Contactor
Output
Driver Output 2 [K1 - 17]
Frequency
500
Hz
Pull In Voltage
75
%
36
V
Pull In Time
200
ms
Hold Voltage
50
%
24
V
ON
Frequency^{-1}
Volt
Pull in Voltage
Hold Voltage
0
Pull in time
Hold time
time

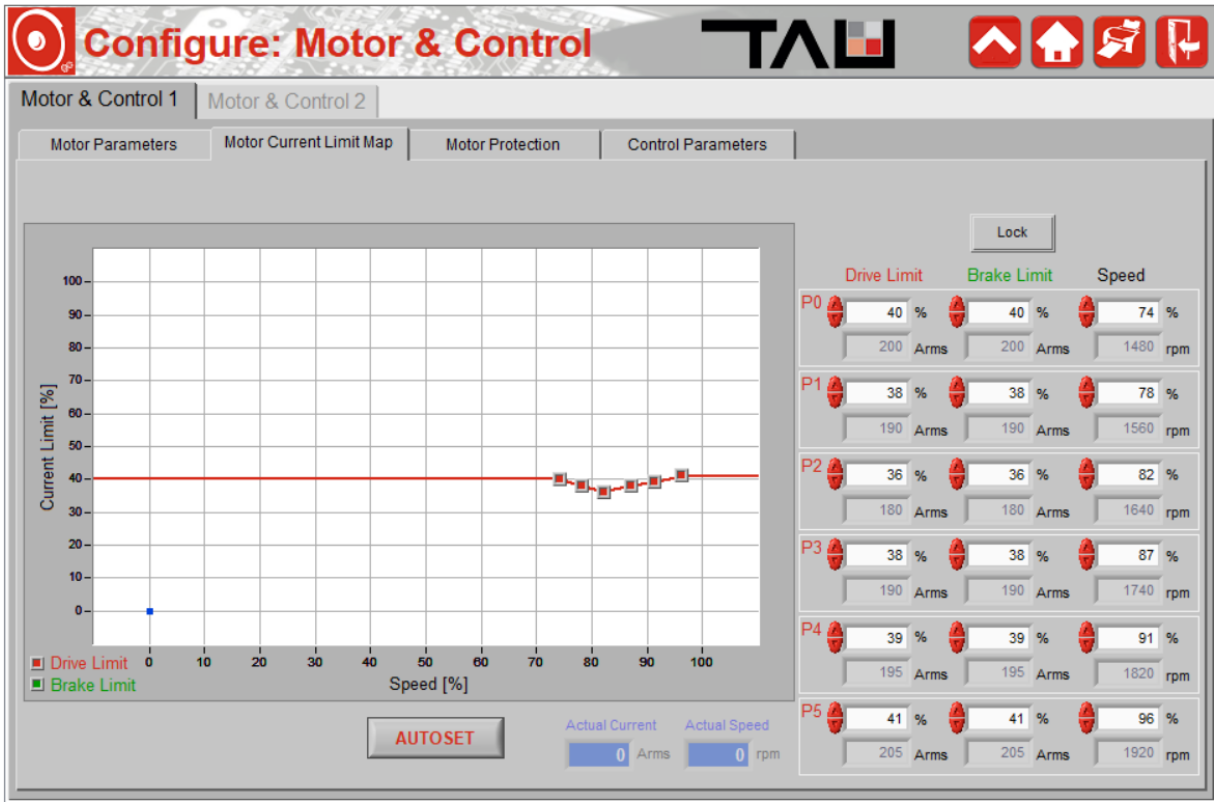

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
Main Contactor
Interlock
Interlock Input
Key Switch Input
Interlock Enable
Interlock Input
Key ON
time (ms)
Traction Enable Request
Interlock
Traction Enable
Pump Enable
Pump Enable Request

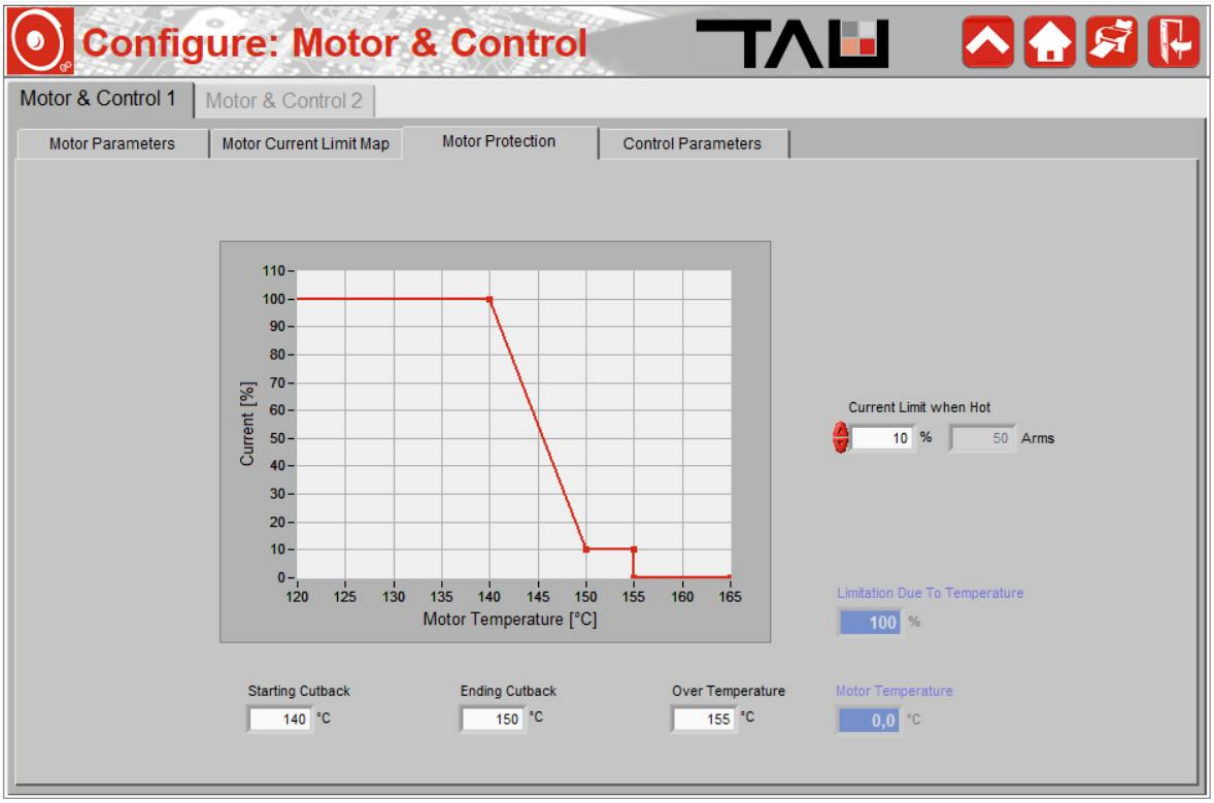

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
SoC Source
Datasheet
BDI
Protection
BMS
Output Current [%]
Battery Voltage [V]
Cutback Output Current
60 %
Cutback Output Current
40 %
Limitation Due to Voltage
0 %
User Under Voltage Limit
36,00 V
Ending Cutback Voltage
36,0 V
Starting Cutback Voltage
38,1 V
Battery Voltage
0,0 V
Starting Cutback Voltage
52,0 V
Ending Cutback Voltage
62,4 V
User Over Voltage Limit
62,40 V

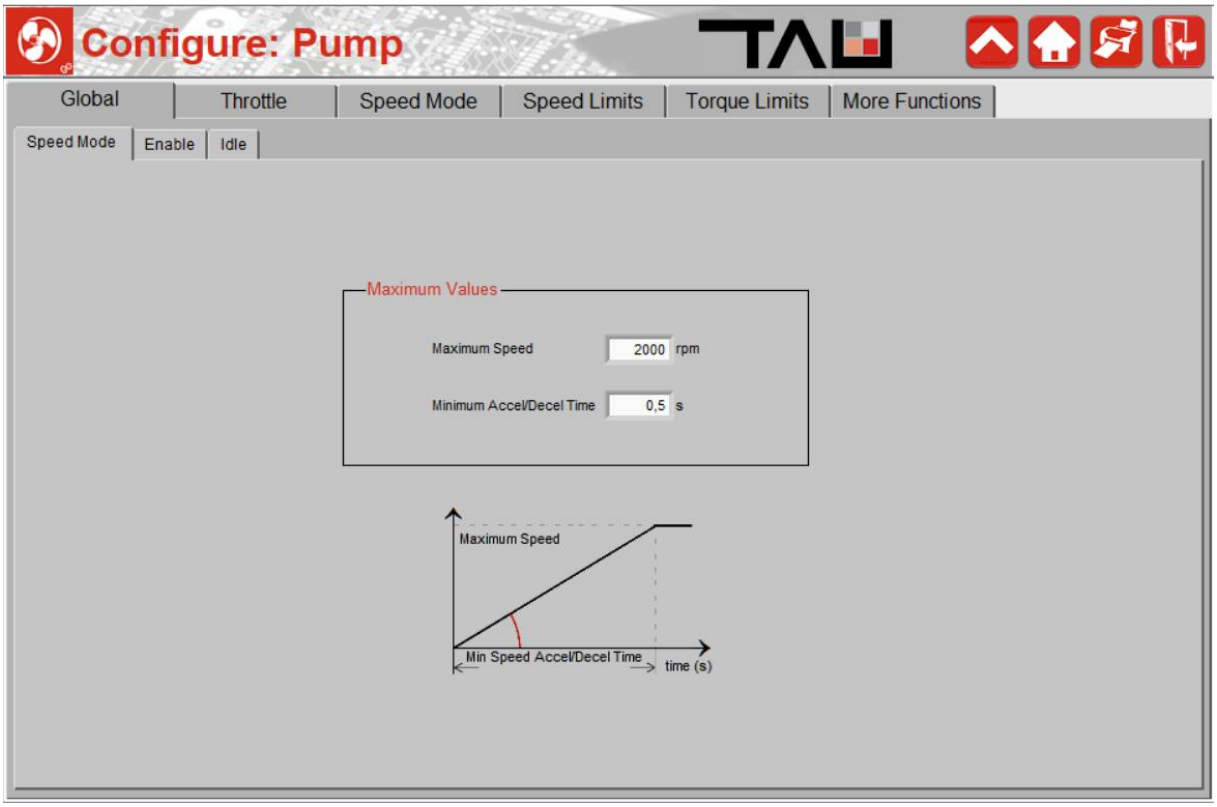

Configure: System
TAU
Inverters
CAN Network
Battery
Mains
Operating Profiles
Generic Outputs
Display
Service
Fault Indication
Warning
Fault Code
Limiting
Fault Code
Stopping
Fault Code & Level
Blocking
Fault Code & Level
Type
MINI CR030
Turtle
On Profile
None
On Traction Limit
By Digital Input Limit #1
By Digital Input Limit #2
By Digital Input Limit #3
Welcome Message
HELLO
Temperature
On High Temperature
Blinking
On Over Temperature
Steady
Service
Steady
Parking Brake
Steady
Seat
If Traction Disabled
Steady
Distance/Time
When Stopped
System Distance
System Time
Trip Distance
Key ON Time

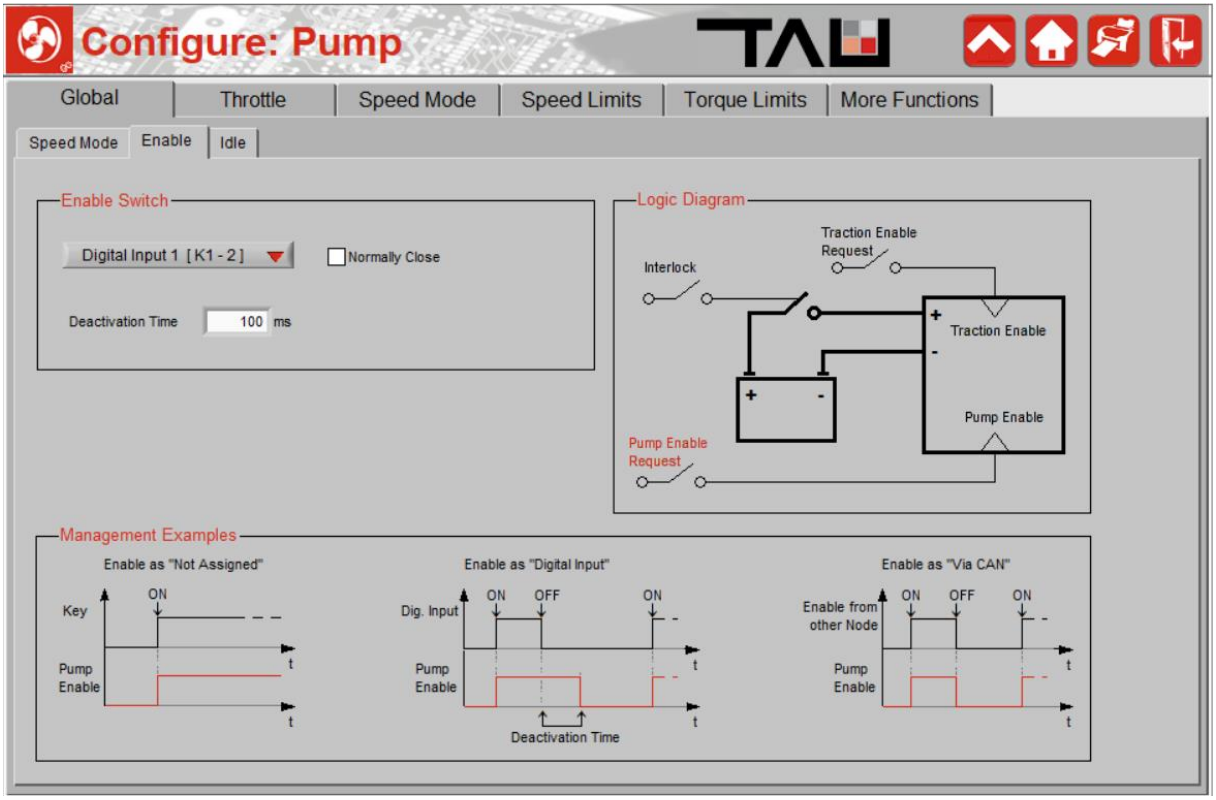

Configure: Motor & Control
TAU
Motor & Control 1
Motor & Control 2
Motor Parameters
Motor Current Limit Map
Motor Protection
Control Parameters
Phase Connection
U V W
Description
1570B
Function
Pump
Electrical Parameters
Nominal/No Load Values
Voltage
27,2 Vrms
Frequency
49,8 Hz
Torque
26,1 Nm
Equivalent Circuit Values IEEE Standard
R1
L1
L'2
R'2
4,4 mΩ
21 µH
21 µH
3,1 mΩ
Lm
744 µH
Stator
Rotor
Rotor Flux Model Parameters
Model Values
Type
Linear
Max
Nom
Min
Min
Nom
Max
Minimum
Nominal
Maximum
Current
30,8 Arms
67,2 Arms
221,6 Arms
Inductance
308 µH
744 µH
897 µH
Loss Optimization Values
Max Rotor Flux Reduction
0 %
Mechanical Parameters
Rotor Values
Pole pairs
Inertia
2
23 g x m²
Feedback Sensor Values
Pulses Per Rev
Type
64
Quad Encoder A/B
Thermal Parameters
Probe Type
KTY84-130/150
Input
Thermal probe 1 [K2-10]

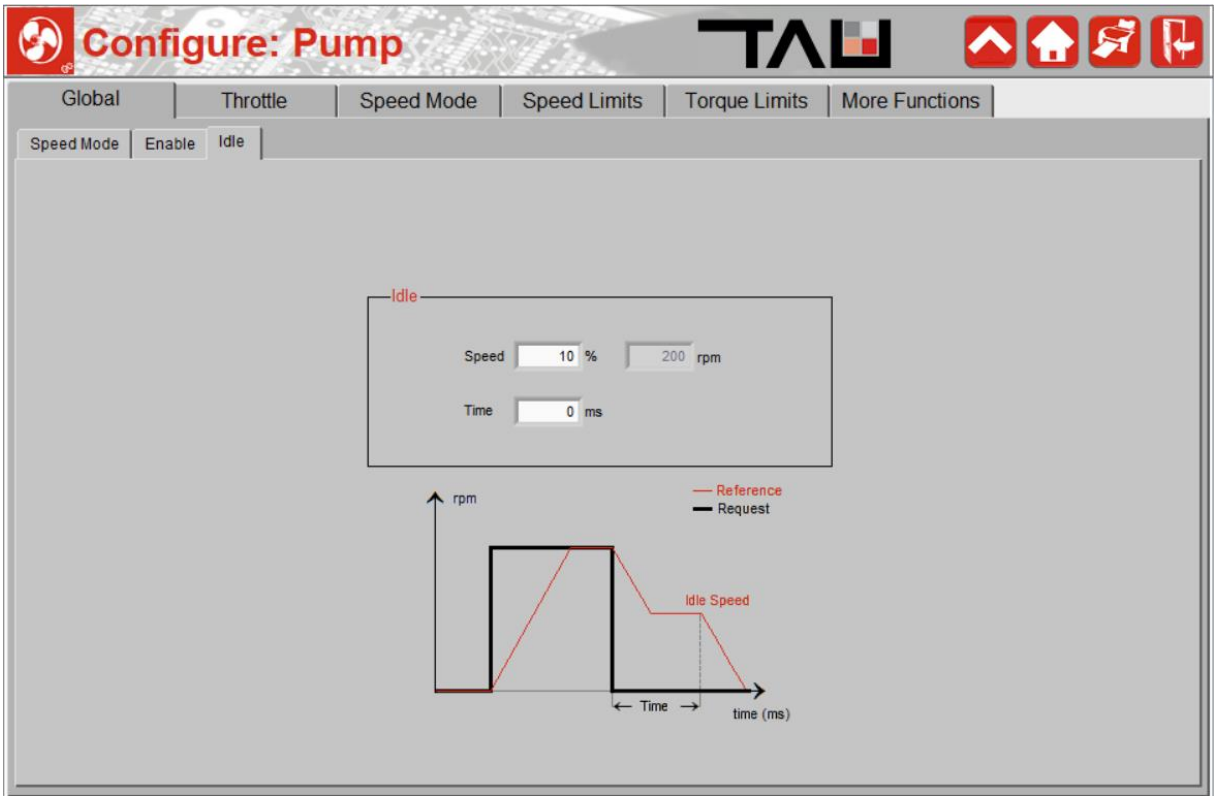

Configure: Motor & Control
TAU
Motor & Control 1
Motor & Control 2
Motor Parameters
Motor Current Limit Map
Motor Protection
Control Parameters
Speed PI-Droop Regulator
Proportional Gain
0,5439326763 Nm/rad/s
Integral Gain
3,4176299572 Nm/rad/s
Droop Gain
1,7313666344 Nm/rad/s
Droop Rate
25 %
Current PI Regulator
Proportional Gain
0,0879645944 V/A
Integral Gain
16,4933624268 V/A
Rotor Flux PI Regulator
Proportional Gain
21055,4609375000 A/Wb
Integral Gain
122003,6015625000 A/Wb
Field Weakening PI Regulator
Proportional Gain
0,0005794393 Wb/V
Integral Gain
0,0289719645 Wb/V
SPEED PI DROOP
IFOC
INVERTER
ACM
AUTOSET

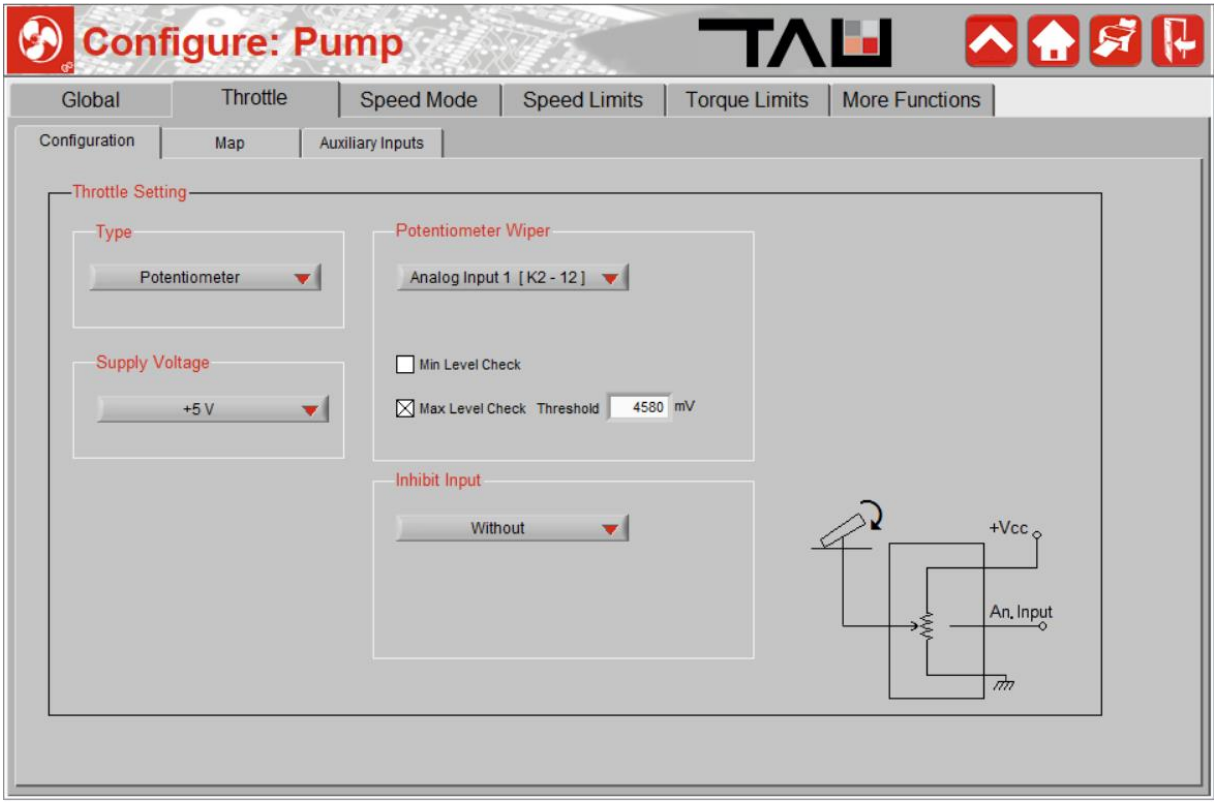

Configure: Motor & Control
TAU
Motor & Control 1
Motor & Control 2
Motor Parameters
Motor Current Limit Map
Motor Protection
Control Parameters
Current Limit [%]
Speed [%]
Drive Limit
Brake Limit
Lock
Drive Limit
Brake Limit
Speed
P0 40 % 40 % 74 %
200 Arms 200 Arms 1480 rpm
P1 38 % 38 % 78 %
190 Arms 190 Arms 1560 rpm
P2 36 % 36 % 82 %
180 Arms 180 Arms 1640 rpm
P3 38 % 38 % 87 %
190 Arms 190 Arms 1740 rpm
P4 39 % 39 % 91 %
195 Arms 195 Arms 1820 rpm
P5 41 % 41 % 96 %
205 Arms 205 Arms 1920 rpm
AUTOSET
Actual Current
0 Arms
Actual Speed
0 rpm

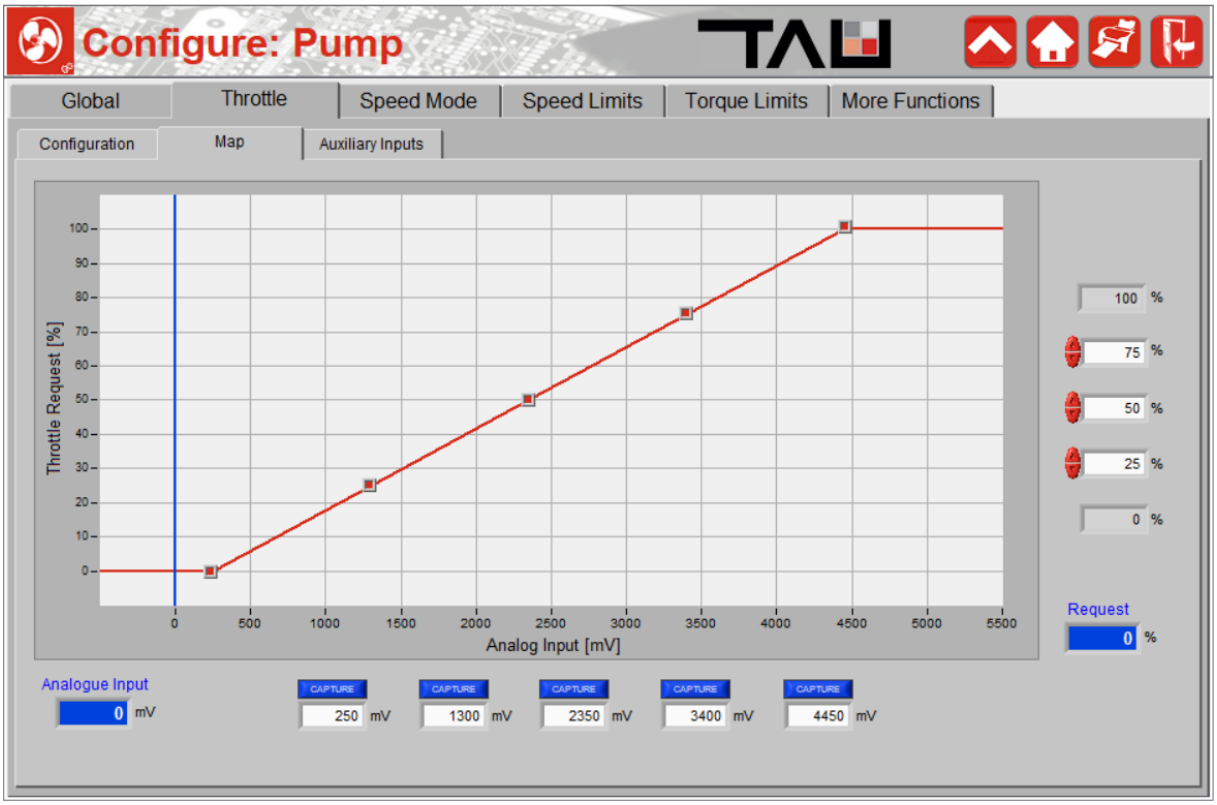

Configure: Motor & Control
TAU
Motor & Control 1
Motor & Control 2
Motor Parameters
Motor Current Limit Map
Motor Protection
Control Parameters
Current [%]
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
120 125 130 135 140 145 150 155 160 165
Motor Temperature [°C]
Current Limit when Hot
10 %
50 Arms
Limitation Due To Temperature
100 %
Starting Cutback
140 °C
Ending Cutback
150 °C
Over Temperature
155 °C
Motor Temperature
0,0 °C

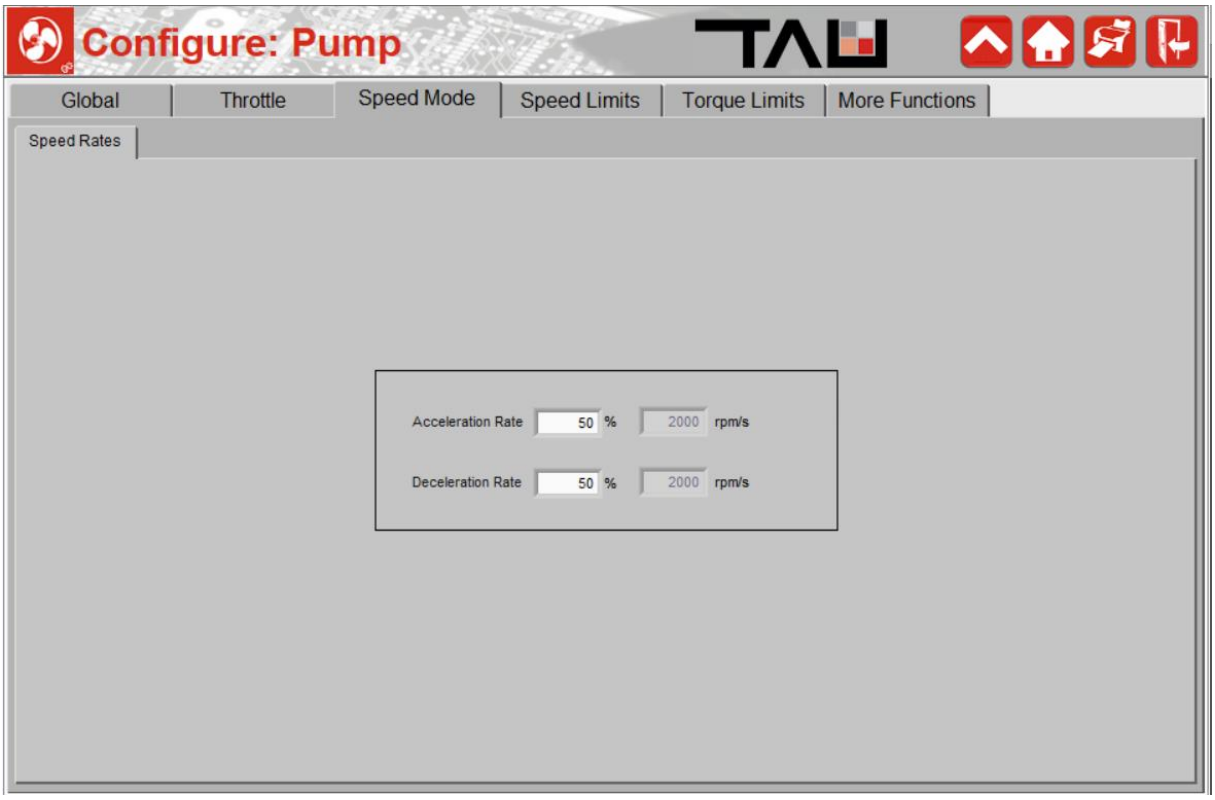

Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Speed Mode
Enable
Idle
Maximum Values
Maximum Speed
2000 rpm
Minimum Accel/Decel Time
0,5 s
Maximum Speed
Min Speed Accel/Decel Time
time (s)

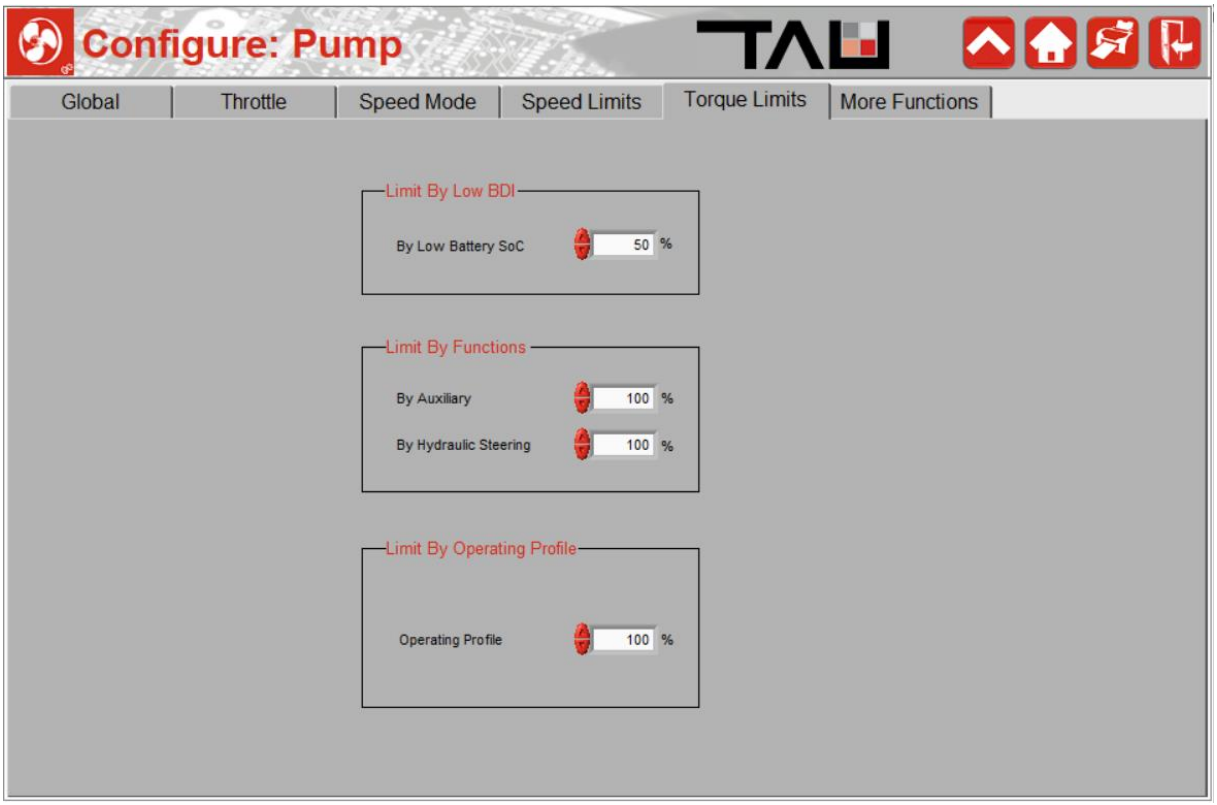

Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Speed Mode
Enable
Idle
Enable Switch
Digital Input 1 [K1 - 2]
Normally Close
Deactivation Time
100
ms
Logic Diagram
Traction Enable Request
Interlock
Traction Enable
Pump Enable
Pump Enable Request
Management Examples
Enable as "Not Assigned"
Key
ON
Pump Enable
t
Enable as "Digital Input"
Dig. Input
ON
OFF
ON
Pump Enable
Deactivation Time
Enable as "Via CAN"
Enable from other Node
ON
OFF
ON
Pump Enable


Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Speed Mode
Enable
Idle
Idle
Speed
10
%
200
rpm
Time
0
ms
rpm
Reference
Request
Idle Speed
Time
time (ms)


Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Configuration
Map
Auxiliary Inputs
Throttle Setting
Type
Potentiometer
Supply Voltage
+5 V
Potentiometer Wiper
Analog Input 1 [K2 - 12]
Min Level Check
Max Level Check
Threshold
4580
mV
Inhibit Input
Without
+Vcc
An. Input


Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Configuration
Map
Auxiliary Inputs
Throttle Request [%]
Analog Input [mV]
100 %
75 %
50 %
25 %
0 %
Request
0 %
Analogue Input
0 mV
CAPTURE
250 mV
1300 mV
2350 mV
3400 mV
4450 mV


Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Speed Rates
Acceleration Rate
50
%
2000
rpm/s
Deceleration Rate
50
%
2000
rpm/s


Configure: Pump
TAU
Global
Throttle
Speed Mode
Speed Limits
Torque Limits
More Functions
Limit By Low BDI
By Low Battery SoC
50
%
Limit By Functions
By Auxiliary
100
%
By Hydraulic Steering
100
%
Limit By Operating Profile
Operating Profile
100
%

Bijlage E

Trojan J185H-AC Deep-Cycle tractie accu specificaties

TROJAN BATTERY COMPANY

DATA SHEET

MOTIVE J185H-AC

MODEL	**J185H-AC with Bayonet Cap**
VOLTAGE	**12**
MATERIAL	**Polypropylene**
DIMENSIONS	**Inches (mm)**
BATTERY	**Deep-Cycle Flooded/Wet Lead-Acid Battery**
COLOR	**Maroon**
WATERING	**Single-Point Watering Kit**

MADE IN THE USA

WITH T2 TECHNOLOGY

*Polyon™ Case

12 VOLT

PHYSICAL SPECIFICATIONS

BCI	MODEL NAME	VOLTAGE	CELL(S)	TERMINAL TYPE [G]	DIMENSIONS [C] INCHES (mm)			WEIGHT [H] LBS. (kg)
					LENGTH	WIDTH	HEIGHT [F]	
921	J185H-AC*	12	6	6	14.97 (380)	6.91 (176)	14.67 (373)	123 (56)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

CRANKING PERFORMANCE		CAPACITY [A] MINUTES		CAPACITY [B] AMP-HOURS (Ah)				ENERGY (kWh)	INTERNAL RESISTANCE (mΩ)	SHORT CIRCUIT CURRENT (amps)
C.C.A.[D] @ 0°F (-18°C)	C.A.[E] @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 75 Amps	5-Hr	10-Hr	20-Hr	100-Hr	100-Hr	—	—
—	—	440	121	185	207	225	249	2.99		

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
SYSTEM VOLTAGE	12V	24V	36V	48V
Bulk Charge	14.82	29.64	44.46	59.28
Float Charge	13.50	27.00	40.50	54.00
Equalize Charge	16.20	32.40	48.60	64.80

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

ADD	SUBTRACT
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

OPERATIONAL DATA

OPERATING TEMPERATURE	SELF DISCHARGE
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

RECYCLE RESPONSIBLY

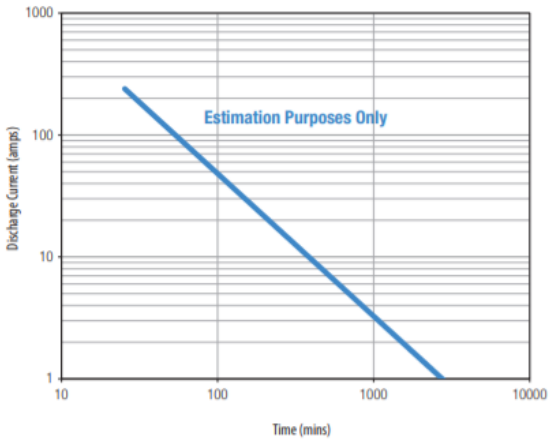
99% RECYCLABLE

12V Flooded

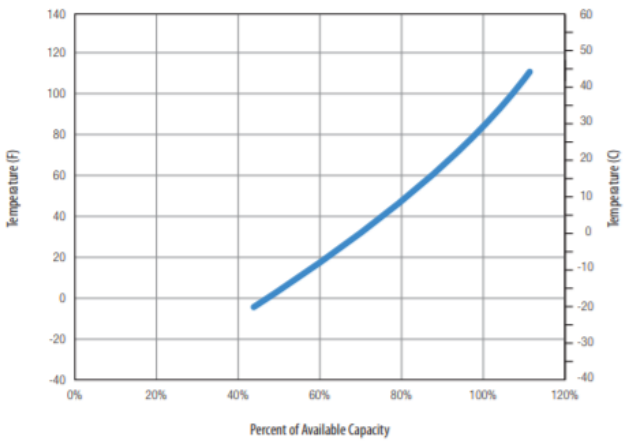
STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

PERCENTAGE CHARGE	SPECIFIC GRAVITY	CELL	12 VOLT
100	1.277	2.122	12.73
90	1.258	2.103	12.62
80	1.238	2.083	12.50
70	1.217	2.062	12.37
60	1.195	2.040	12.24
50	1.172	2.017	12.10
40	1.148	1.993	11.96
30	1.124	1.969	11.81
20	1.098	1.943	11.66
10	1.073	1.918	11.51

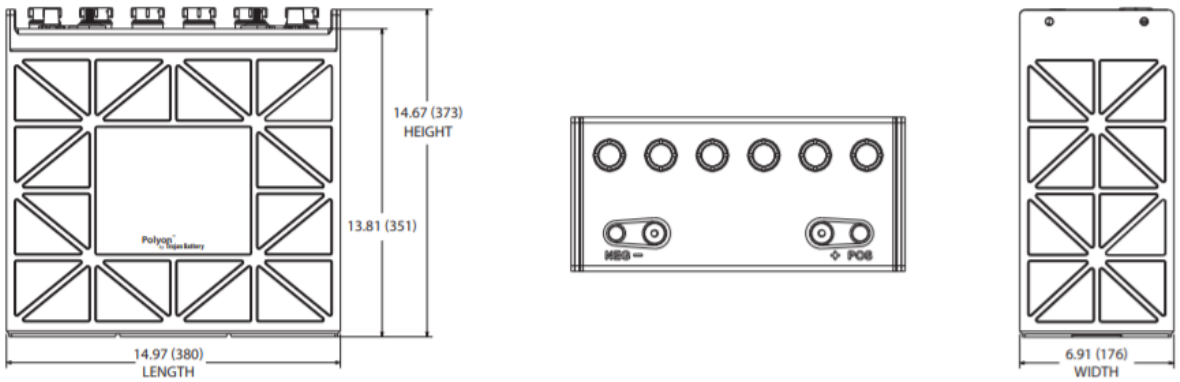
TROJAN J185H-AC PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



BATTERY DIMENSIONS (shown with DT)



TERMINAL CONFIGURATIONS[G]

6 DT	AUTOMOTIVE POST & STUD TERMINAL
	Terminal Height Inches (mm) 0.79 (20) **Torque Values in-lb (Nm)** 95 – 105 (11 – 12) / AP: 50 - 70 (6 - 8) **Bolt** 5/16"

A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
B. The amount of amp-hours (Ah) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
C. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries should be mounted with 0.5 inches (12.7 mm) spacing minimum.
D. C.C.A. (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F (-18°C) at a voltage above 1.2 V/cell.
E. C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F (0°C) at a voltage above 1.2 V/cell. This is sometimes referred to as marine cranking amps @ 32°F or M.C.A. @ 32°F.
F. Height taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
G. Terminal images are representative only.
H. Weight may vary.

Battery Council International
TROJAN BATTERY COMPANY WITH QUALITY SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 9001:2015 =

Designed in compliance with applicable BCI, DIN, BS and IEC standards.
Tested in compliance to BCI and IEC standards.

TROJAN BATTERY COMPANY

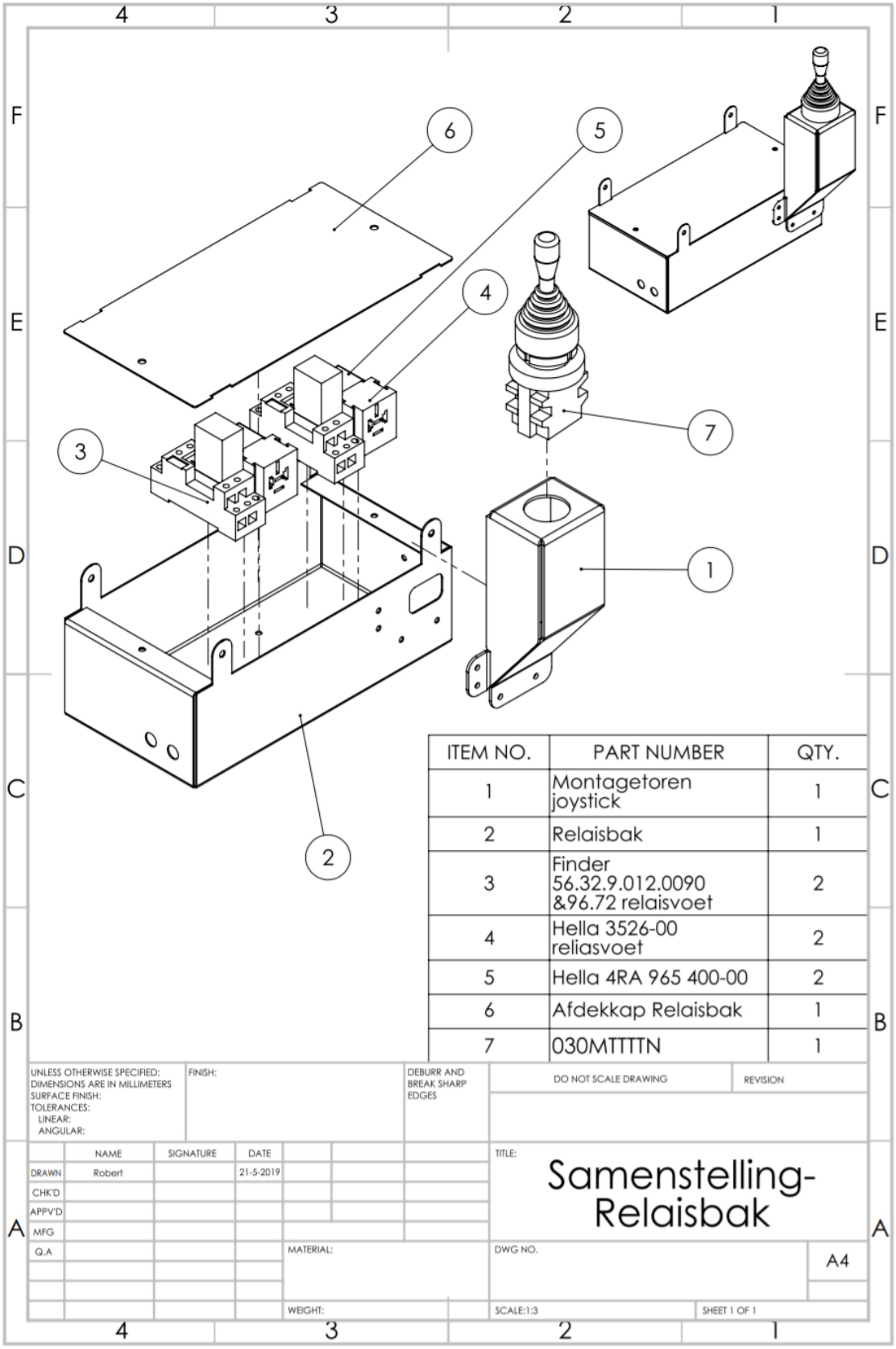
800.423.6569 / +1.562.236.3000 / trojanbattery.com

J185H-AC.DS_020819

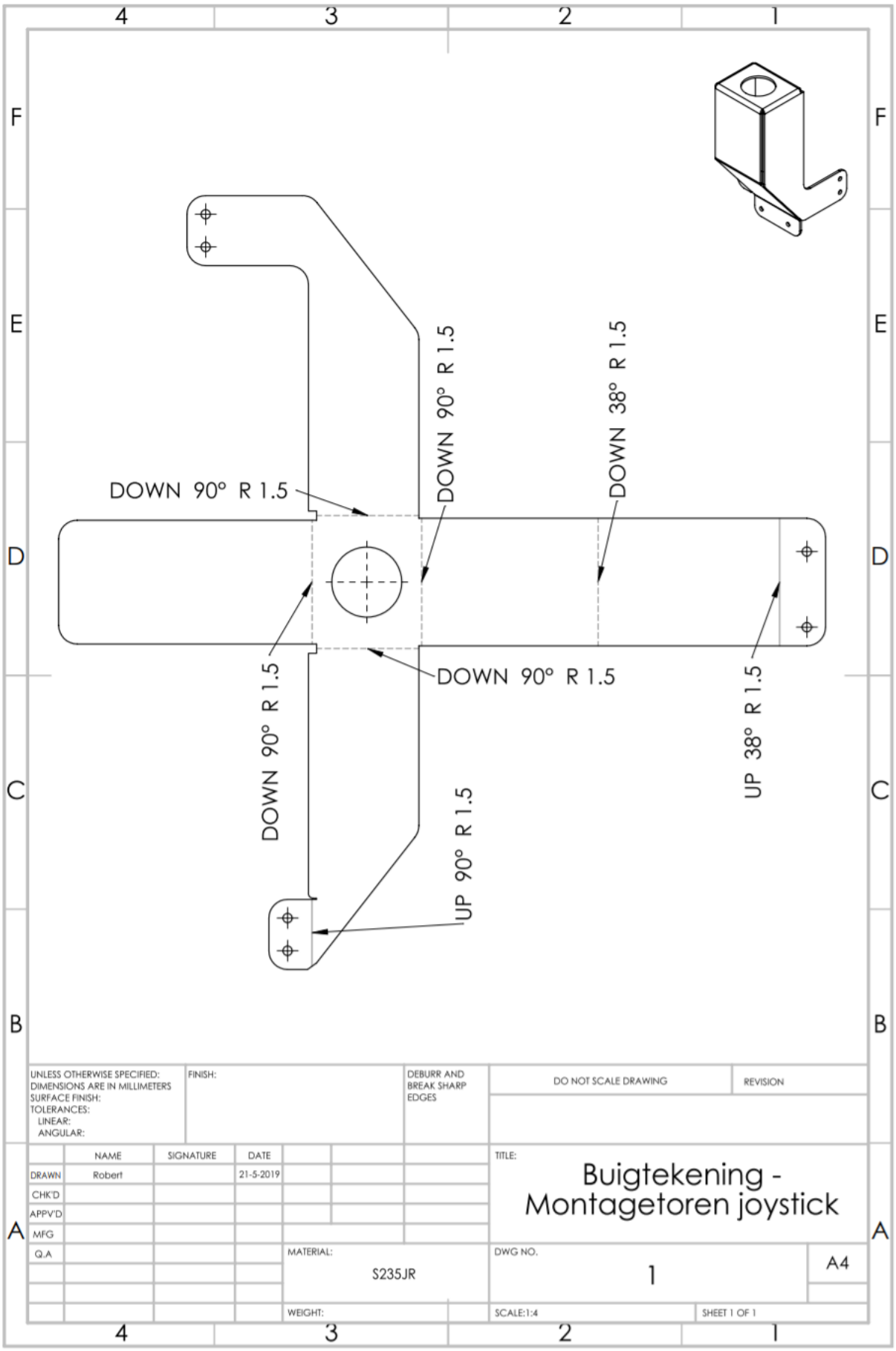
© 2019 Trojan Battery Company, LLC. All rights reserved. Trojan Battery Company is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstances. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notice or obligation.

Bijlage F

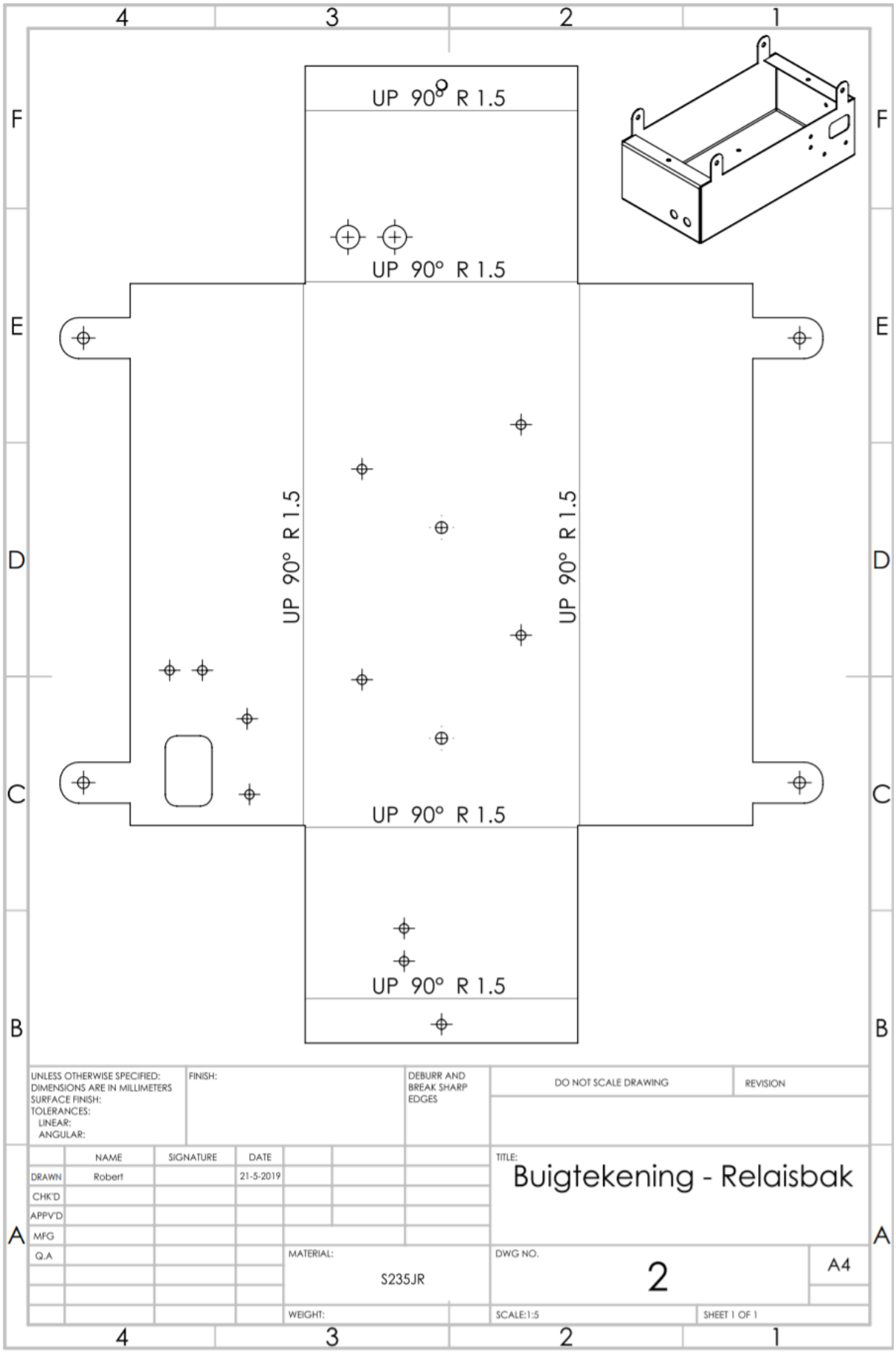
F-1: Werktekeningen Relaisbak



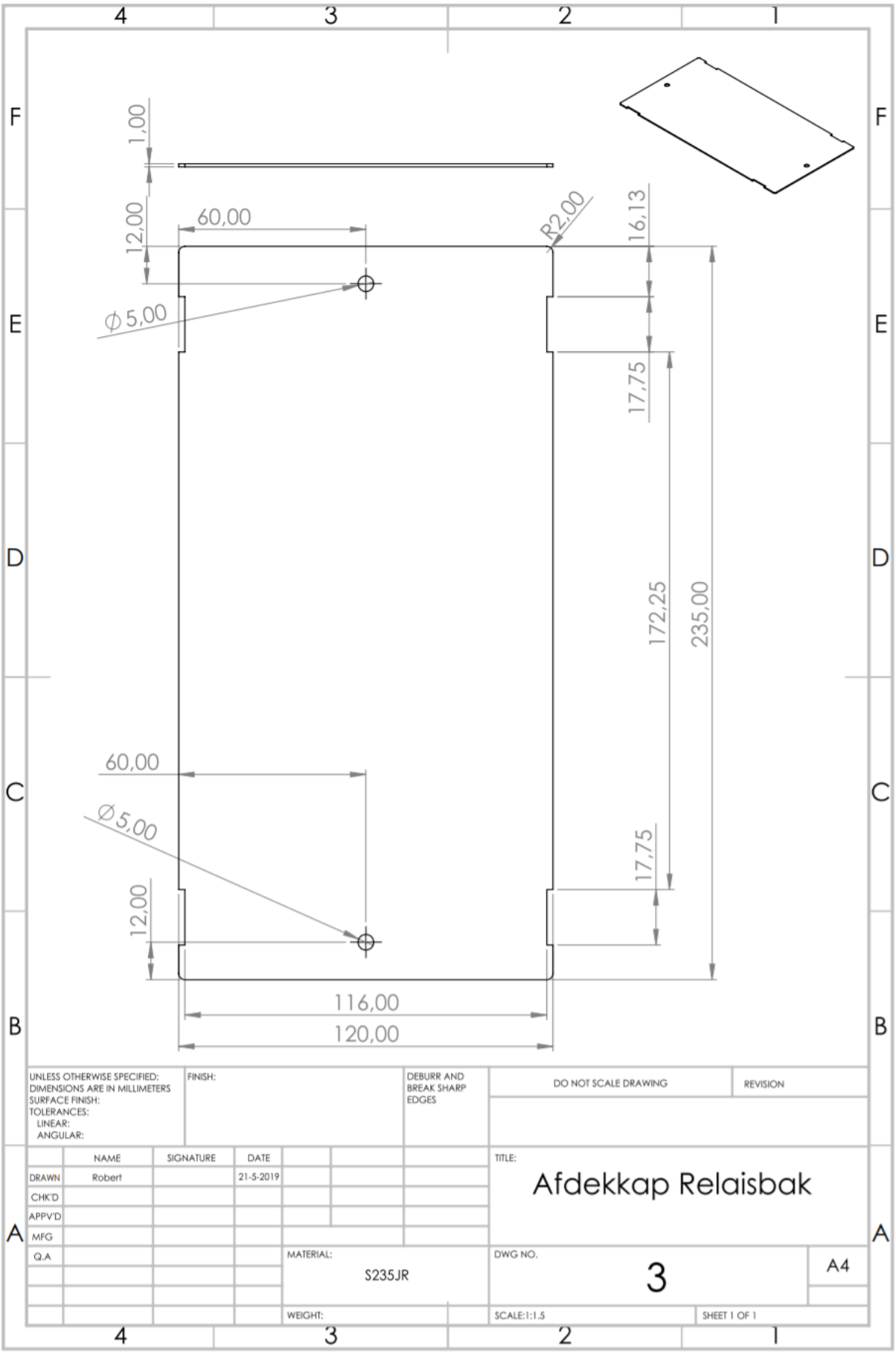
S235JR



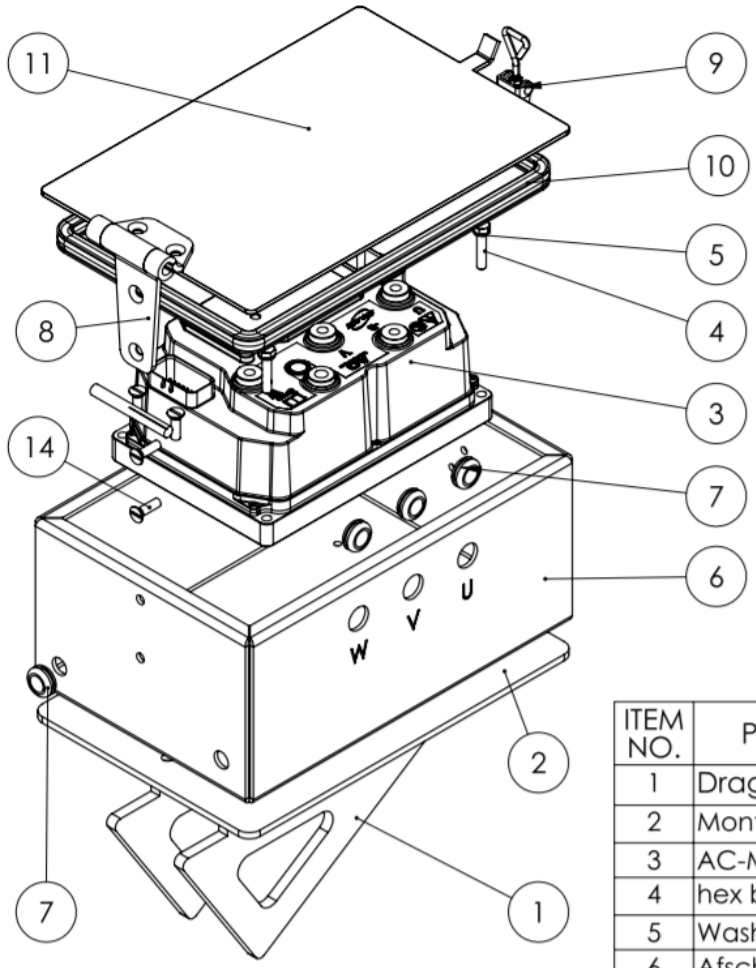
* Betreft een snijdeel & kantdeel direct af fabriek, bemating is hierbij achterwege gelaten i.v.m. nietszeggende waarden.



* Betreft een snijdeel & kantdeel direct af fabriek, bemating is hierbij achterwege gelaten i.v.m. nietszeggende waarden.


1,00
12,00
60,00
R2,00
16,13
Ø5,00
17,75
172,25
235,00
60,00
Ø5,00
17,75
12,00
116,00
120,00
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
Robert
21-5-2019
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
Afdekkap Relaisbak
MATERIAL:
S235JR
DWG NO.
3
A4
WEIGHT:
SCALE:1:1.5
SHEET 1 OF 1

F-2: Werktekeningen controller box



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Dragers	2
2	Montageplaat	1
3	AC-M1	1
4	hex bolt gradeb_din	4
5	Washer DIN 433 - 6.4	4
6	Afschermbak	1
7	KR9GT999148091P004	6
8	730005KR	1
9	91007031 Sluiting	1
10	CA8959	1
11	Deksel-afschermbak	1
12	KR9GT999148411P008	1
13	DIN EN ISO 8745-M8x70-St	1
14	DIN EN ISO 2009 - M6 x 20 - 20N	4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Robert		21-5-2019
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: Samenstelling - Montagesteun AC-M1 motorcontoller

MATERIAL:

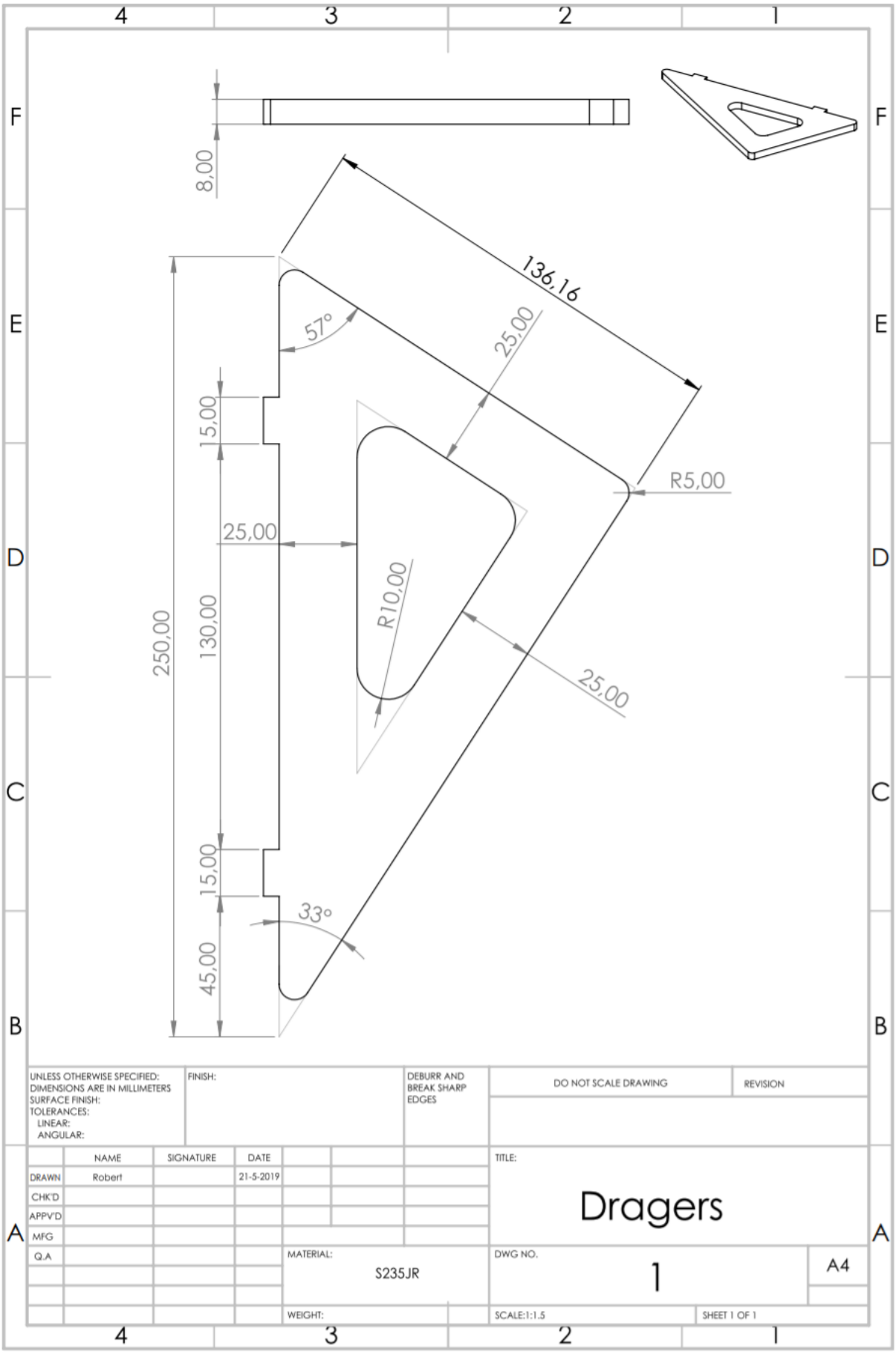
DWG NO.

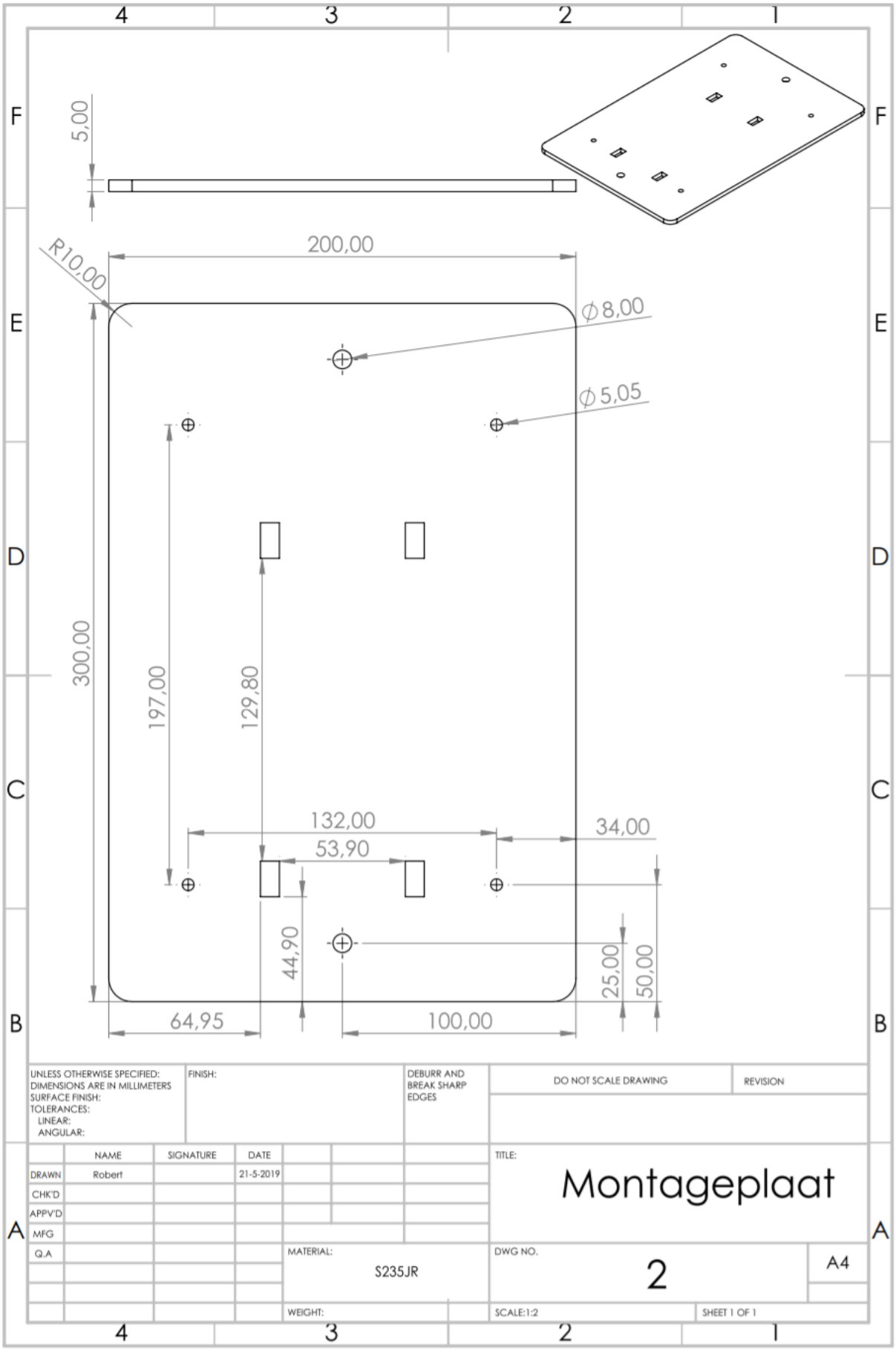
A4

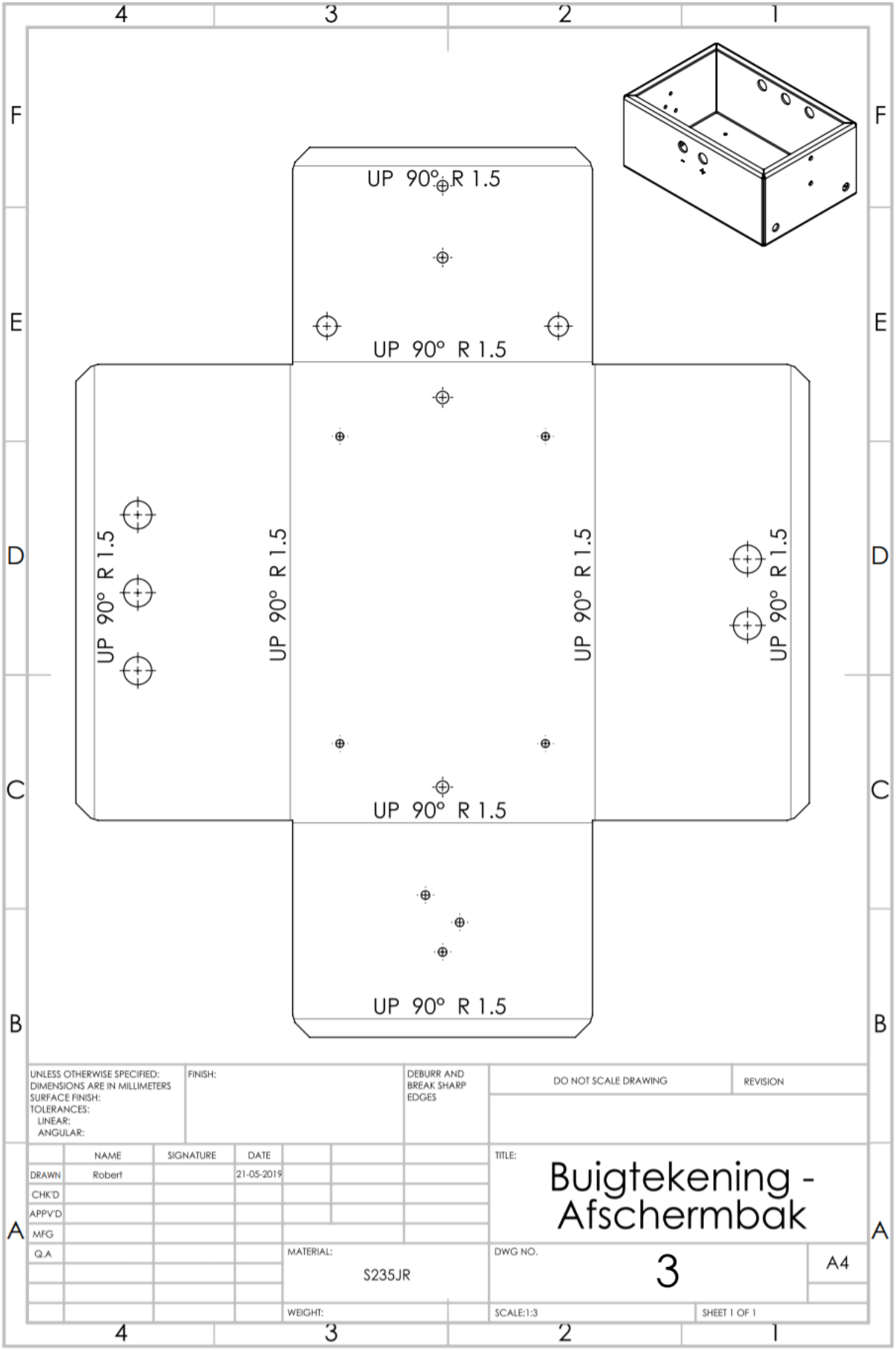
WEIGHT:

SCALE:1:10

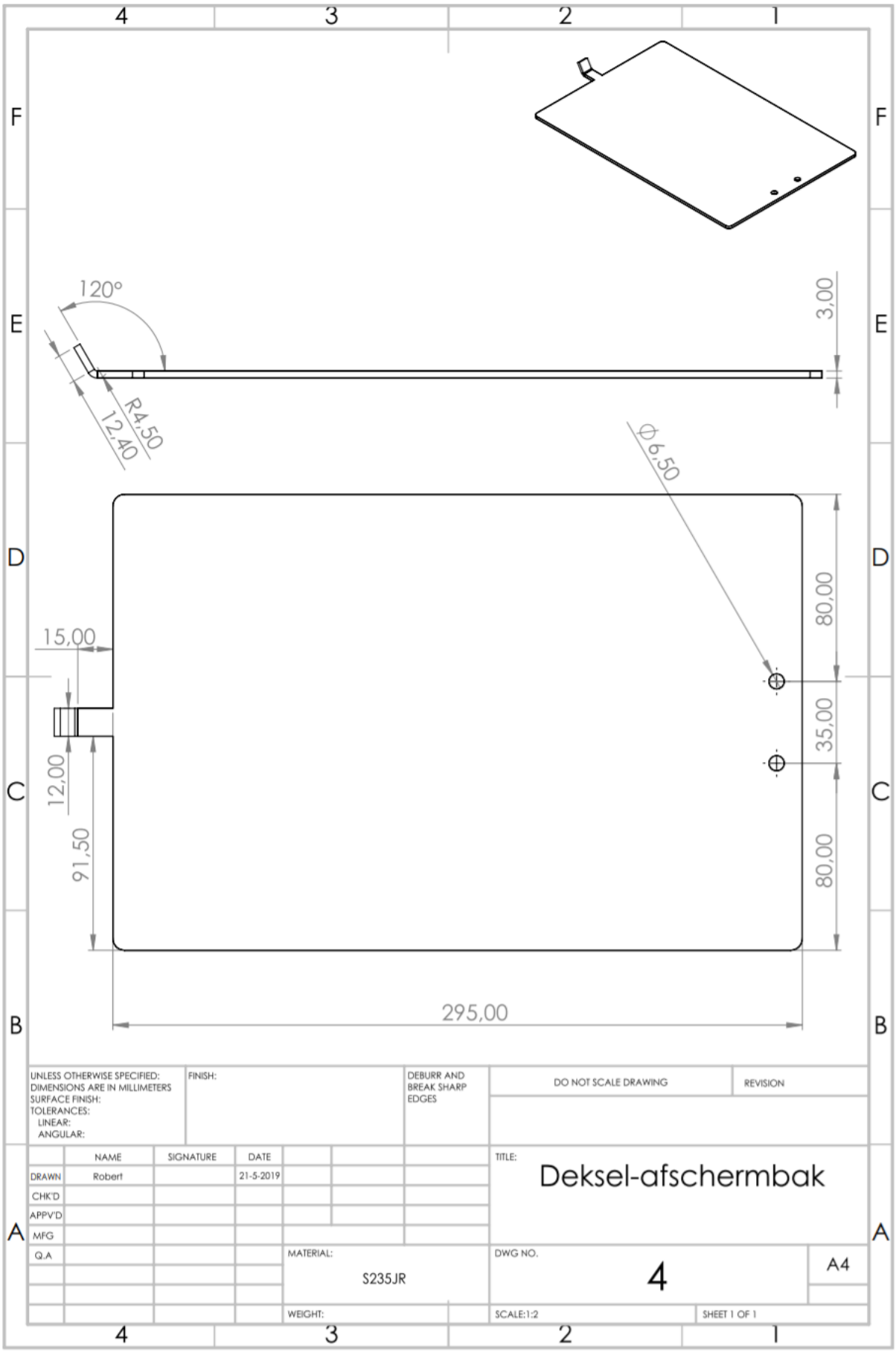
SHEET 1 OF 1


8,00
136,16
57°
25,00
15,00
R5,00
25,00
R10,00
250,00
130,00
25,00
15,00
33°
45,00
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
Robert
21-5-2019
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
Dragers
MATERIAL:
S235JR
DWG NO.
1
A4
WEIGHT:
SCALE:1:1.5
SHEET 1 OF 1

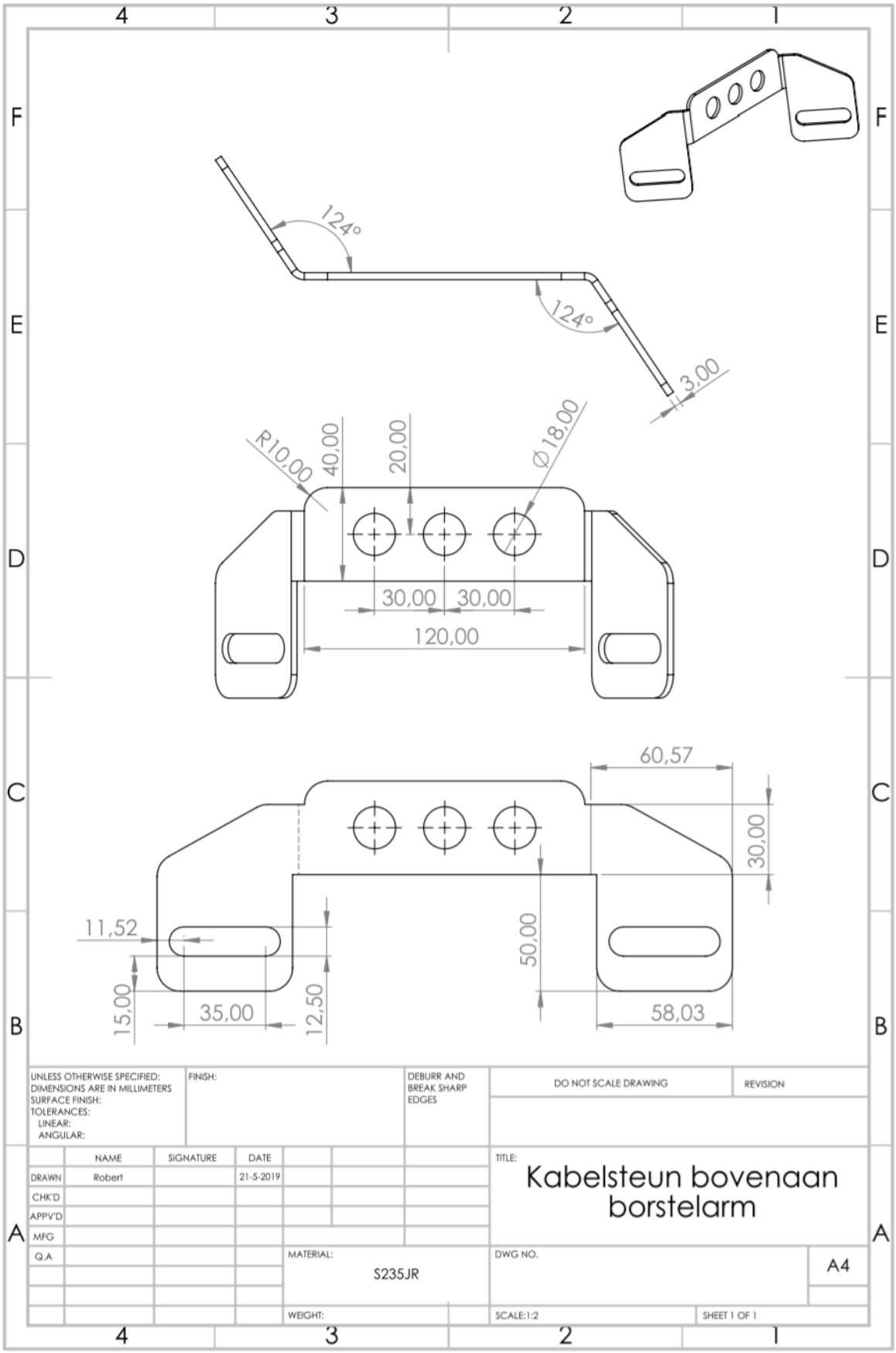

5,00
200,00
R10,00
⌀8,00
⌀5,05
300,00
197,00
129,80
132,00
53,90
34,00
44,90
25,00
50,00
64,95
100,00
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
Robert
21-5-2019
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
Montageplaat
MATERIAL:
S235JR
DWG NO.
2
A4
WEIGHT:
SCALE:1:2
SHEET 1 OF 1

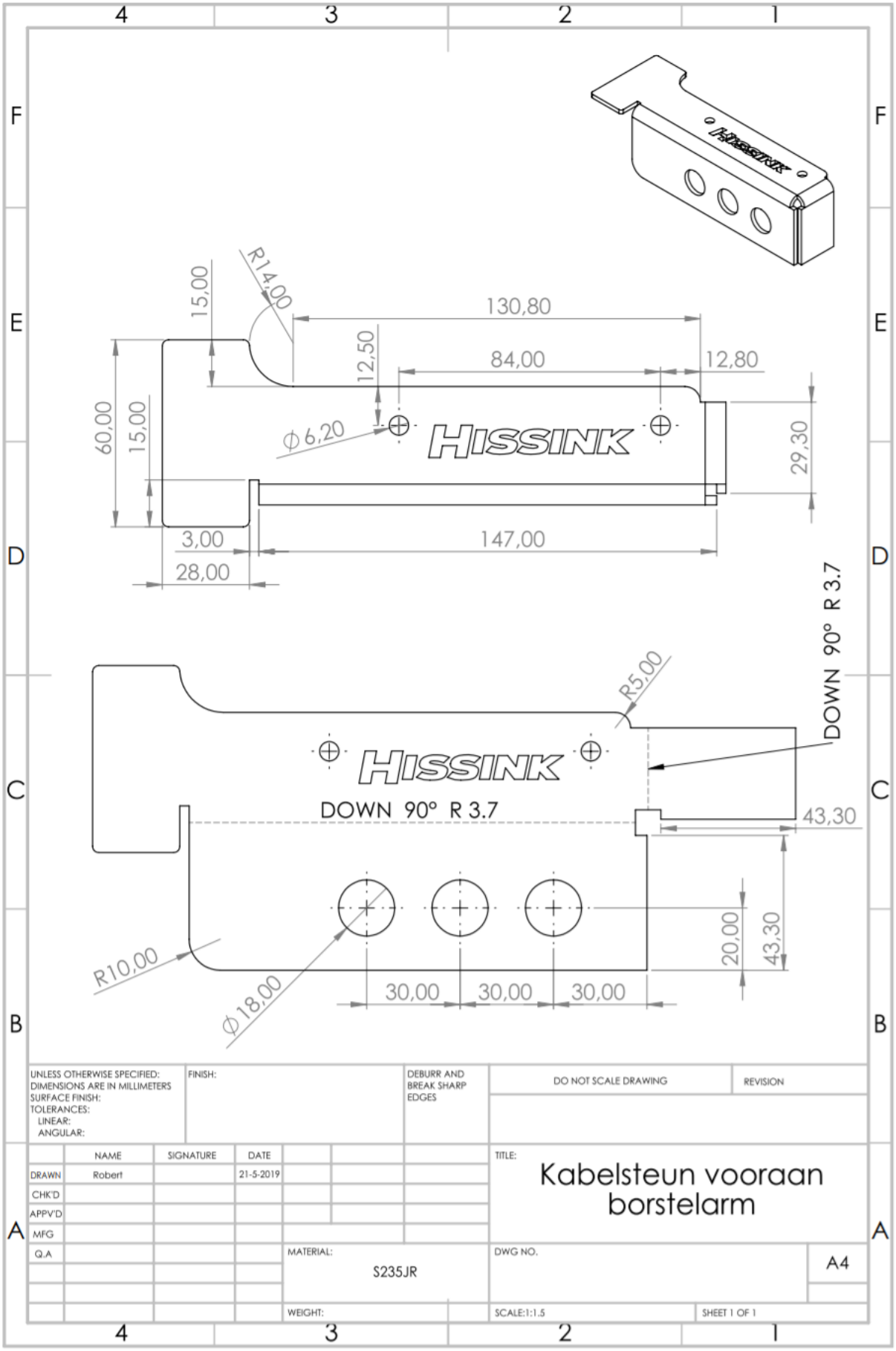


* Betreft een snijdeel & kantdeel direct af fabriek, bemating is hierbij achterwege gelaten i.v.m. nietszeggende waarden.

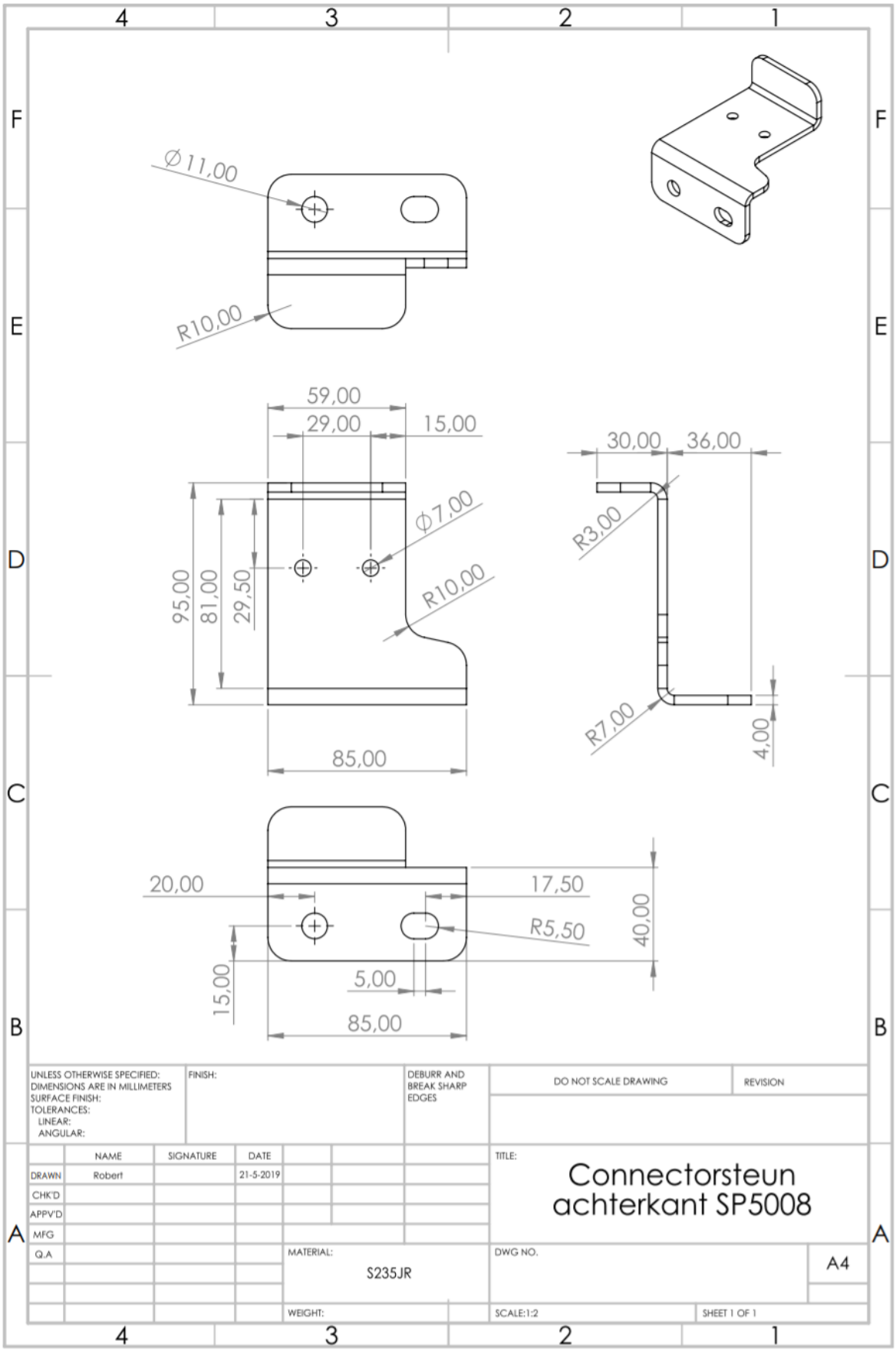

120°
3,00
R4,50
12,40
Φ6,50
80,00
35,00
80,00
15,00
12,00
91,50
295,00
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
Robert
21-5-2019
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
Deksel-afschermbak
MATERIAL:
S235JR
DWG NO.
4
A4
WEIGHT:
SCALE:1:2
SHEET 1 OF 1

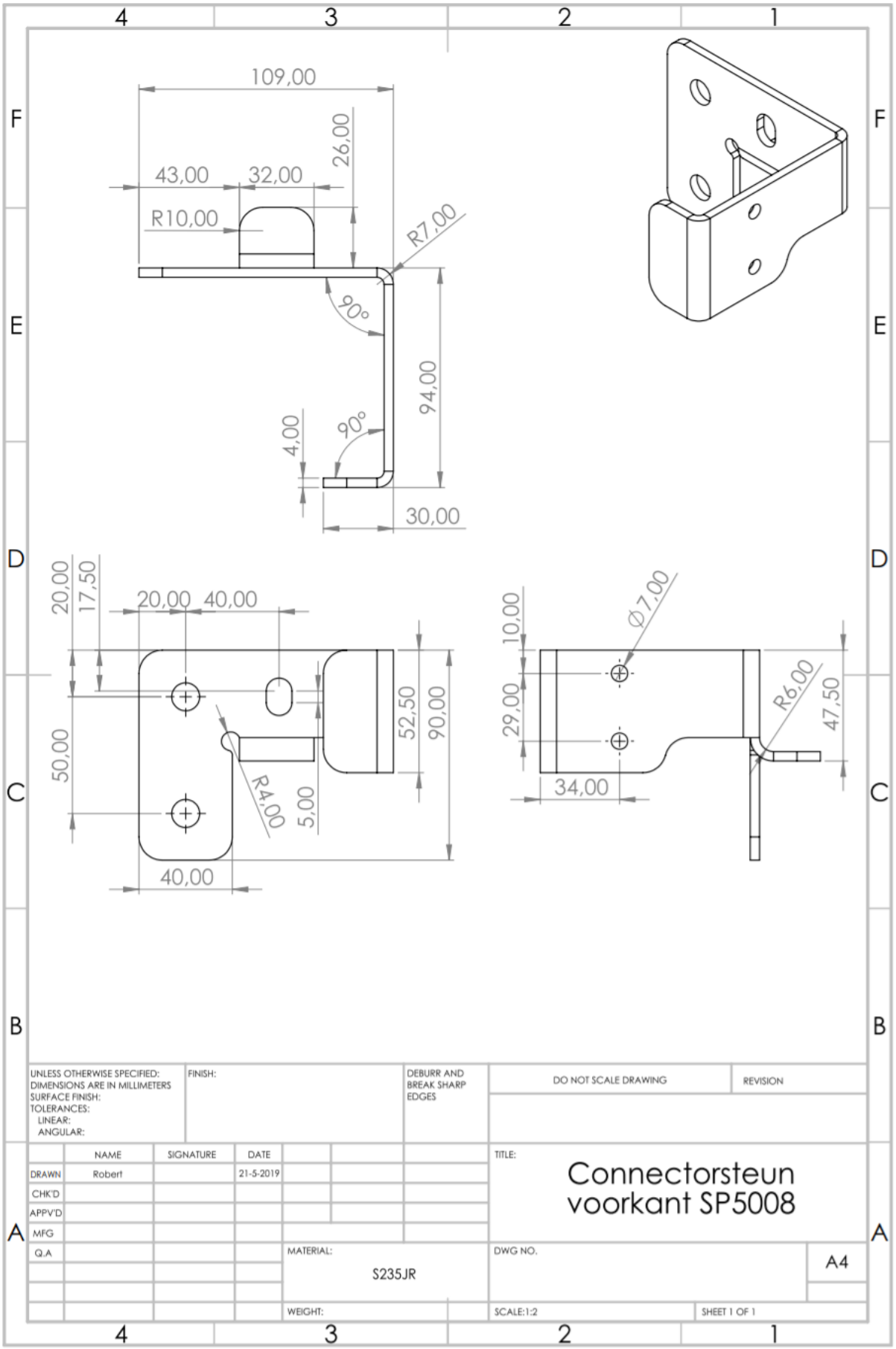
F-3: Werktekeningen steunen fasekabels



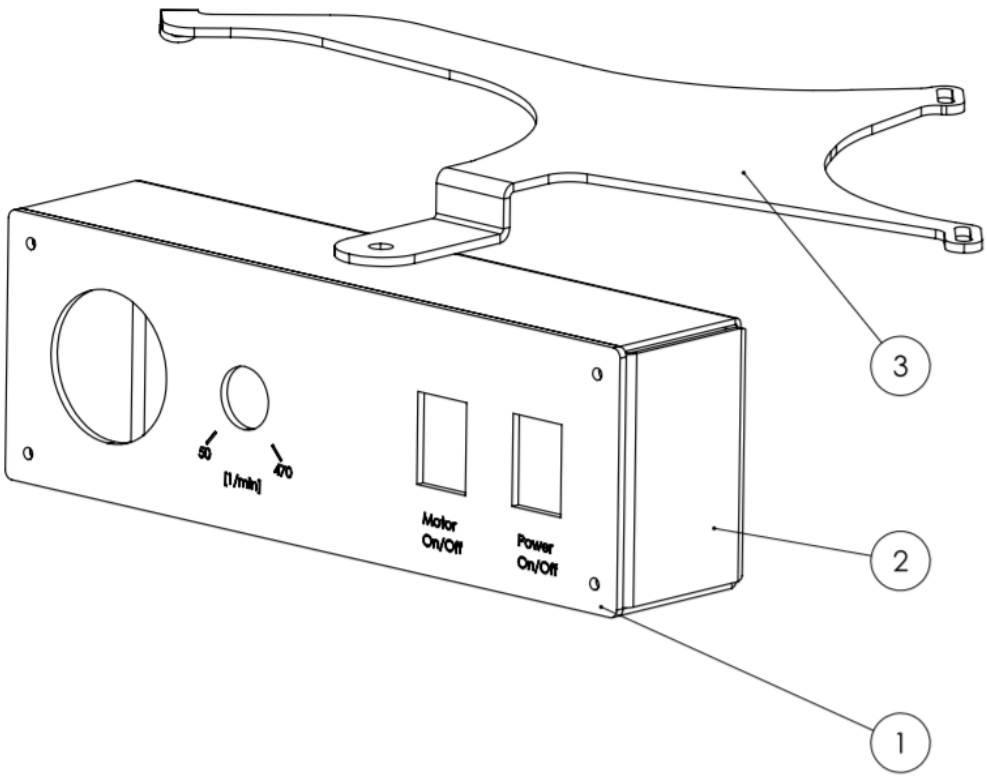

15,00
R14,00
130,80
12,50
84,00
12,80
60,00
15,00
⌀6,20
HISSINK
29,30
3,00
147,00
28,00
DOWN 90° R 3.7
R5,00
HISSINK
DOWN 90° R 3.7
43,30
20,00
43,30
R10,00
⌀18,00
30,00
30,00
30,00
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
Robert
21-5-2019
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
Kabelsteun vooraan borstelarm
MATERIAL:
S235JR
DWG NO.
A4
WEIGHT:
SCALE:1:1.5
SHEET 1 OF 1

F-4: Werktekeningen steunen connectoren




109,00
26,00
43,00
32,00
R10,00
R7,00
90°
94,00
4,00
90°
30,00
20,00
17,50
20,00
40,00
50,00
52,50
90,00
R4,00
5,00
40,00
10,00
Ø7,00
29,00
R6,00
47,50
34,00
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
Robert
21-5-2019
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
Connectorsteun voorkant SP5008
MATERIAL:
S235JR
DWG NO.
A4
WEIGHT:
SCALE:1:2
SHEET 1 OF 1

F-5: Werktekeningen bedieningspaneel



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Voorplaat instrumenten	1
2	Behuizing	1
3	Steun motorcontrols	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Robert		21-5-2019
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Samenstelling - Bedieningspaneel

MATERIAL:

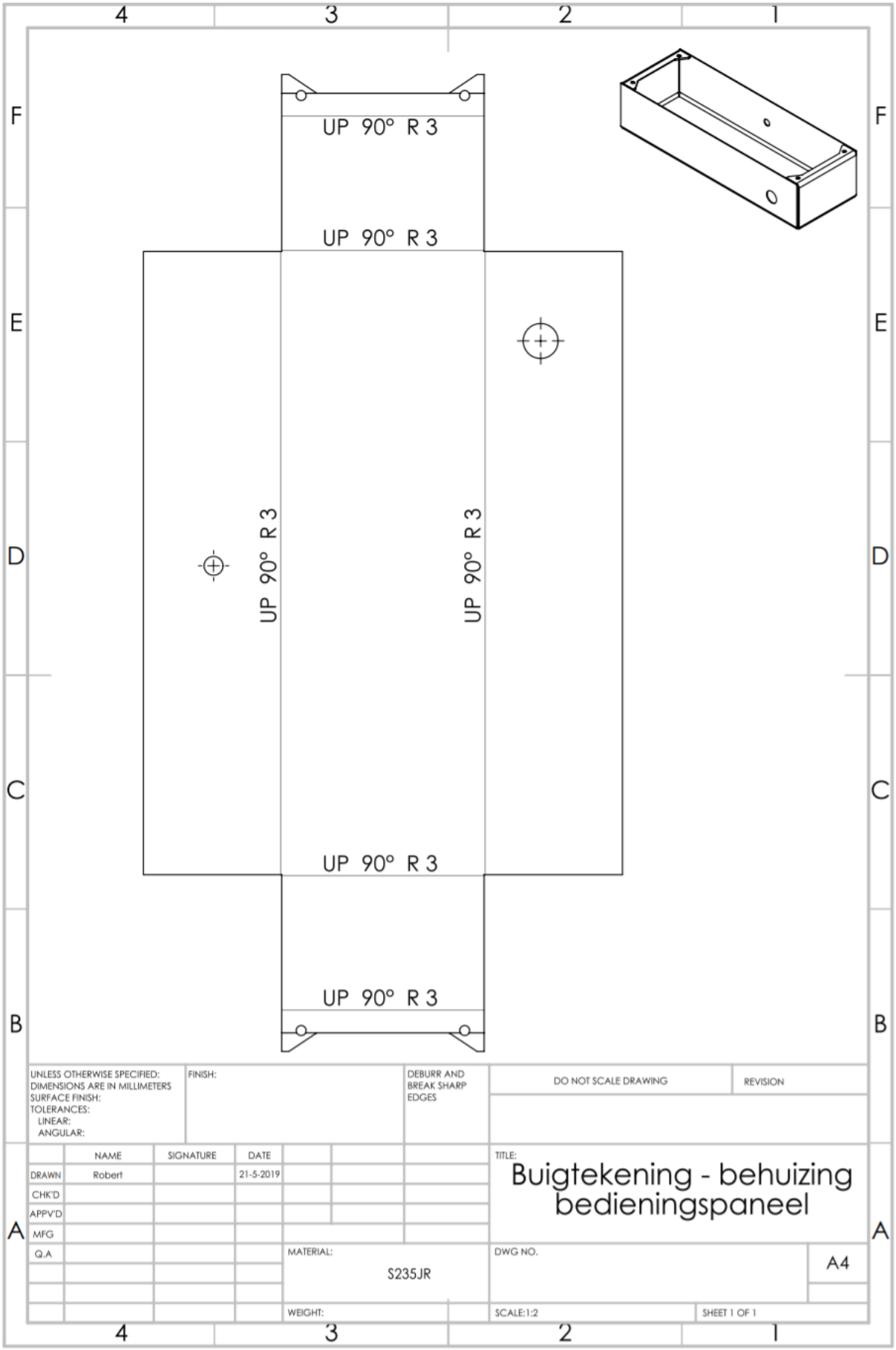
DWG NO.

A4

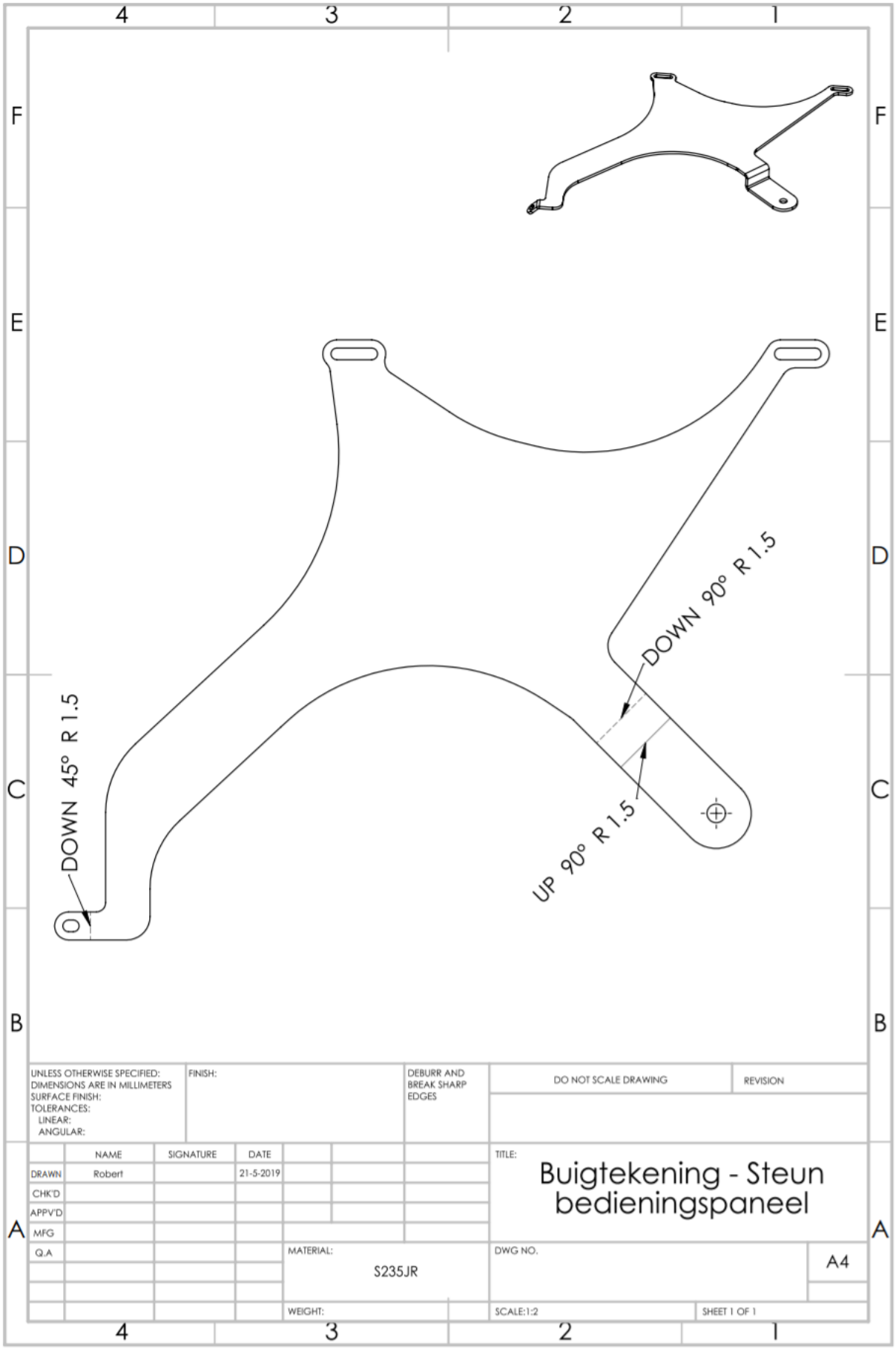
WEIGHT:

SCALE:1:2

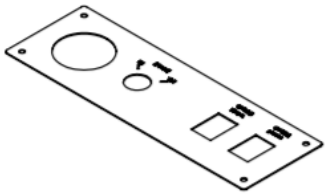
SHEET 1 OF 1

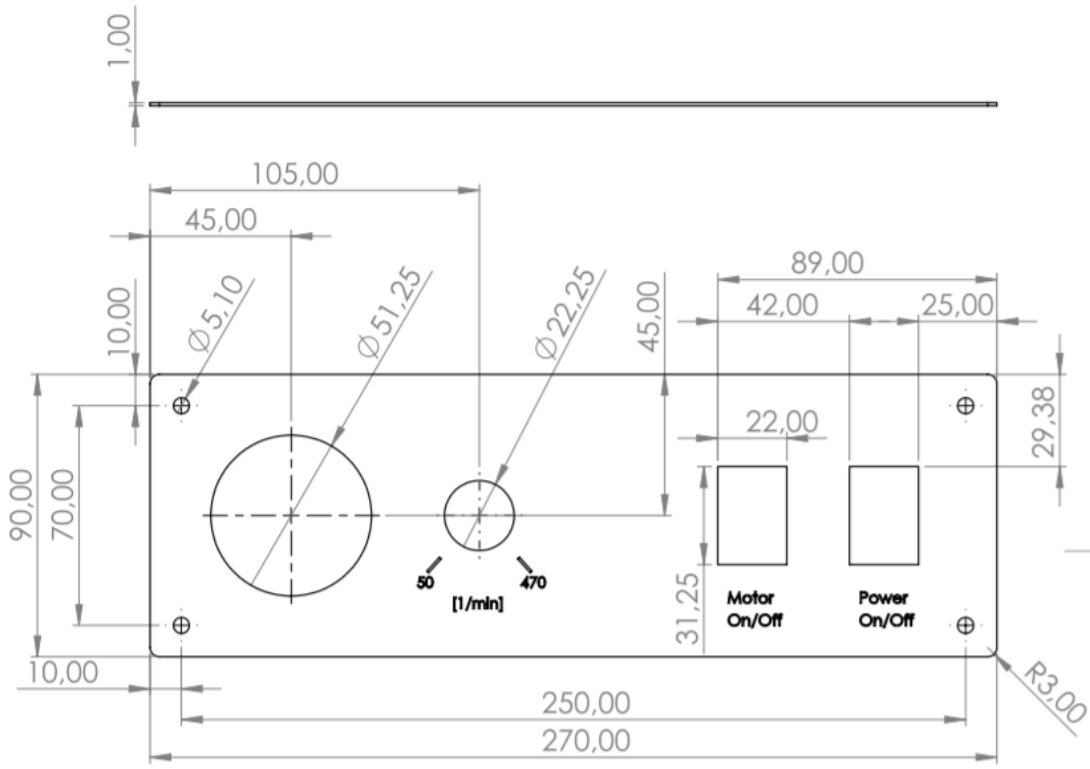


* Betreft een snijdeel & kantdeel direct af fabriek, bemating is hierbij achterwege gelaten i.v.m. nietszeggende waarden.



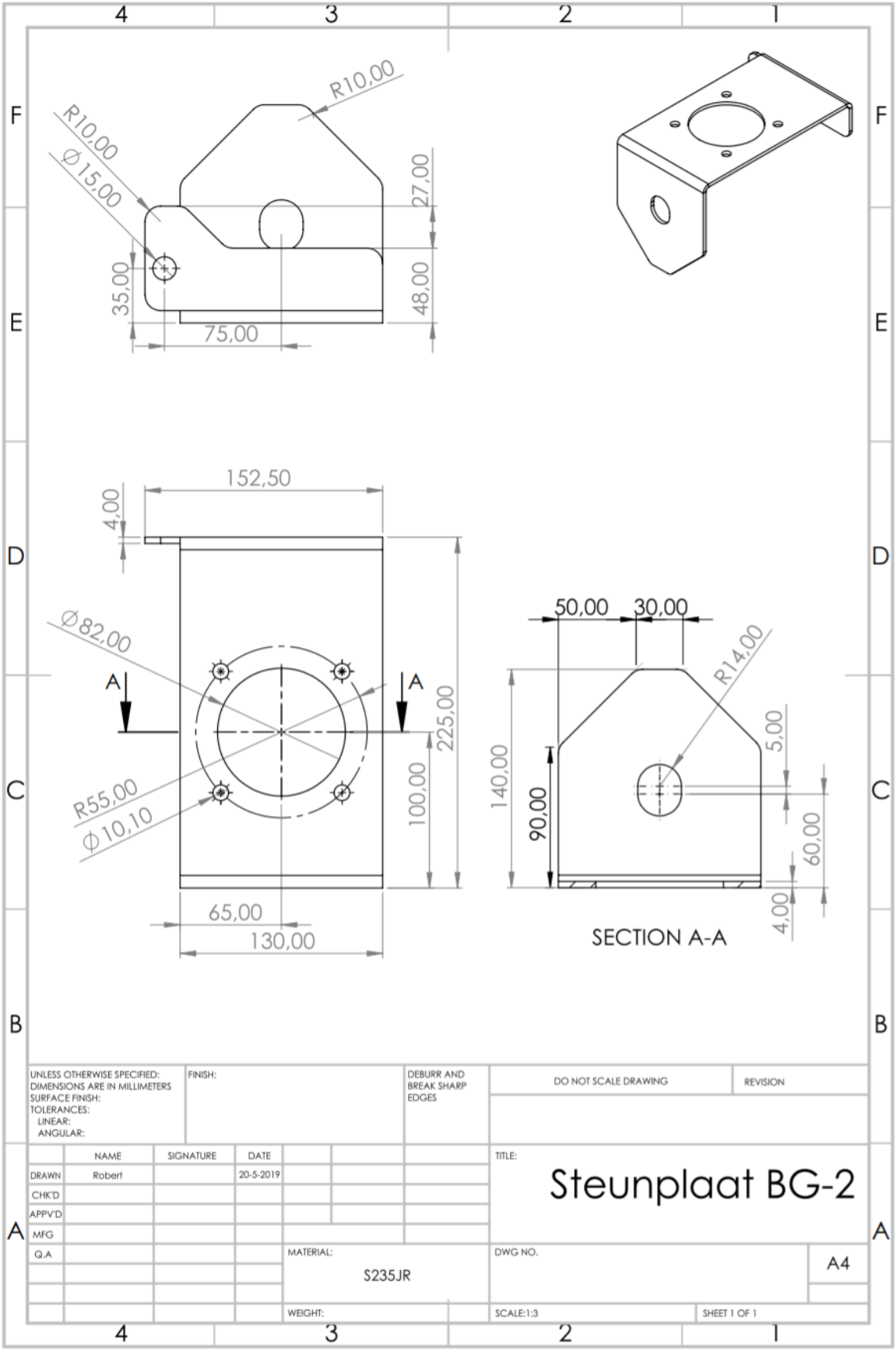
* Betreft een snijdeel & kantdeel direct af fabriek, bemating is hierbij achterwege gelaten i.v.m. nietszeggende waarden.



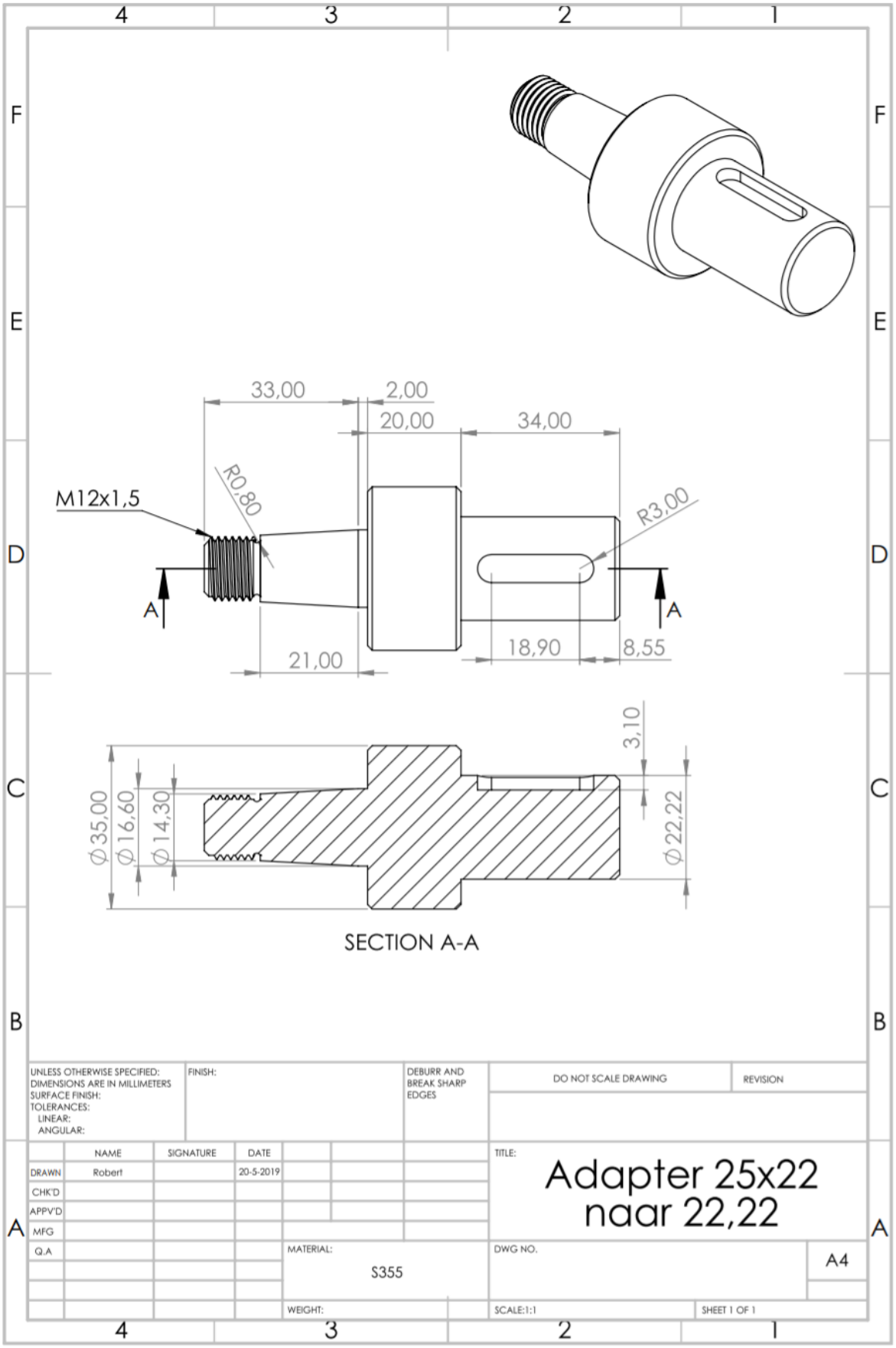


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Voorplaat bedieningspaneel		
DRAWN	Robert		21-5-2019			
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL: S235JR	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

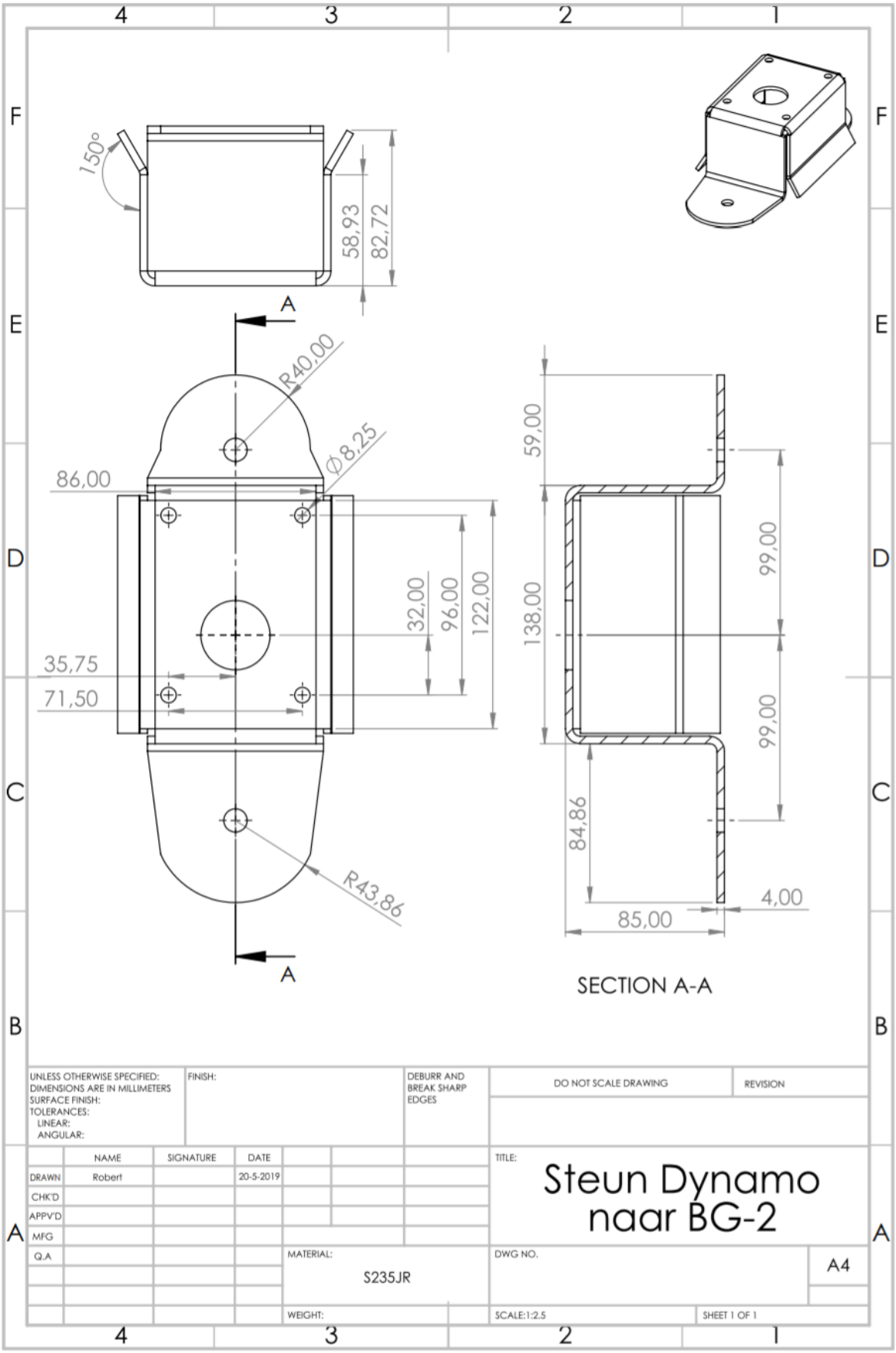
F-6: Werktekeningen Steunplaat BG-2



F-7: Werktekeningen Adapter 25x22 bus naar 22,22 [mm]



F-8: Werktekeningen Steun BG-2 naar dynamo



Bijlage 1: SLB-Verklaring

	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen HAN Automotive Datum : 7-1-2019
SLB-verklaring Stage / Afstuderen	

Privacy

Ingevuld formulier inleveren bij Praktijkbureau Automotive of via e-mail (afstuderen.automotive@han.nl).
** Doorhalen wat niet van toepassing is*

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HAN University of Applied Sciences

Bijlage 2: Plan van Aanpak Hissink Hybride Onkruidborstel

Plan van aanpak

Hybride onkruidborstel

Afstudeerder:
Robert Vos
576166
22-02-2019

Bedrijfsbegeleiders:
Harm-Jan Hissink

Afstudeerdocent:
Stefan van Sterkenburg

Inhoud

Colofon ... 3
- Afstudeerbedrijf ... 3
- Afstudeerbegeleider ... 3
- Afstudeerdocent ... 3
- Afstudeerder ... 3

Achtergrond ... 4
Probleemstelling ... 4
Mindmap ... 5
Scope ... 6
- Uit te voeren activiteiten ... 6
- Op te leveren producten ... 6

Afbakening ... 6
Doelstelling ... 6
Hoofd- & deelvragen ... 7
- Hoofdvraag ... 7
- Deelvragen ... 7

Methodische aanpak ... 8
Product Breakdown Structure ... 9
Work Breakdown Structure ... 10
Organization Breakdown Structure ... 11
Stakeholder analysis ... 12
- Primaire stakeholders ... 12
- Secondaire stakeholders ... 12
- Tertiaire stakeholders ... 12

RACI-model ... 13
Risicoanalyse ... 14
Kwaliteitsverzekering & -behoud ... 15
Gantt Chart ... 16
Bronnenlijst ... 17
Figuren- & tabellenlijst ... 17
- Figurenlijst ... 17
- Tabellenlijst ... 17

Bijlagen ... 18

Colofon

Afstudeerbedrijf

Hissink
Buurtweg 42
6971 KM Oeken
Telefoon: 0575-476555
Email: Info@hissink-oeken.nl
Website: www.hissink-oeken.nl

Afstudeerbegeleider(s)

Hendrie van Dijk
Telefoon: 0622914957
Email: hvandijk@hissink-oeken.nl

Harm-Jan Hissink
Telefoon: 0654266444
Email: harm-jan@hissink-oeken.nl

Afstudeerdocent

Stefan van Sterkenburg
HAN Kenniscentrum Technologie & Samenleving
Telefoon: 0655206398
Email: Stefan.vanSterkenburg@han.nl

Afstudeerder

Robert Vos
Kleine Enkweg 6
7383DC Voorst
Telefoon: 0613168367
Email: vossejonk@live.nl
Studentnummer: 576166

Achtergrond

Hissink & Zonen is een familiebedrijf opgericht in 1953 door Jan (B.J.H.) Nijhof, welke na een directiewijziging in 2004 zijn naam heeft gewijzigd in het huidige Hissink & Zonen. Hissink specialiseerde zich voornamelijk in de landbouwmechanisatie, maar is in de loop der jaren uitgegroeid tot een bedrijf dat zowel machines levert als repareert binnen de landbouwsector, groene sector en bosbouwsector.
Het leveranciersaspect van het bedrijf kan onderverdeeld worden in 4 categorieën:

- Tractoren
- Maaimachines
- Houtverwerking
- Transport

Daarnaast biedt Hissink ook de mogelijkheid om machines aan te passen naar wens van de eindgebruiker.

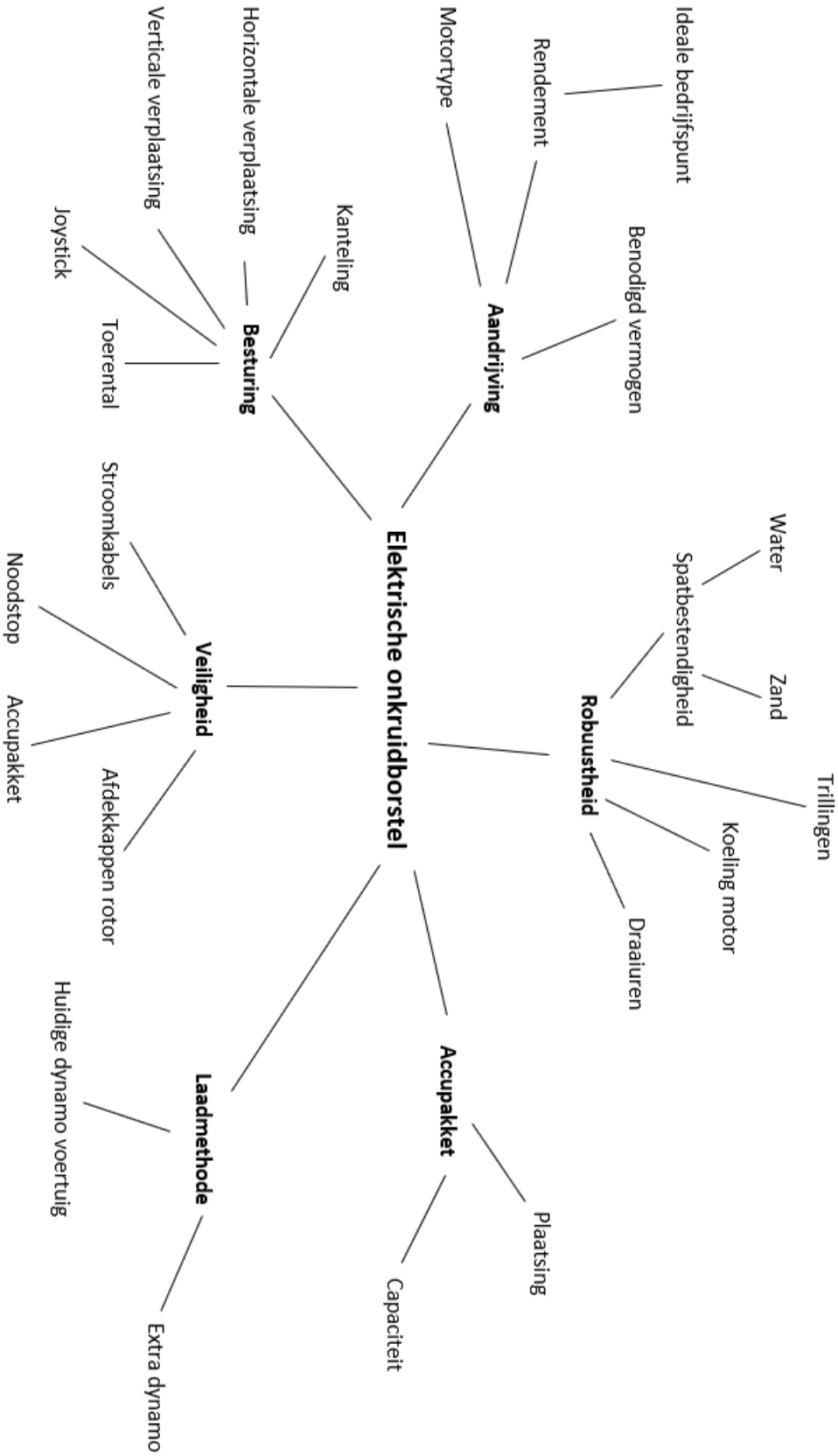
Probleemstelling

Gezien de nog altijd in populariteit stijgende elektrificering van zowel mobiliteits- als industriële toepassingen, zullen ongetwijfeld ook de agrarische en groene sectoren zich steeds meer in de elektrificatie en hybridisering van werktuigen en machines gaan verdiepen. Naast het terugdringen van milieubelastende emissies en het vergroten van het comfort, voor zowel de bestuurder als omgeving, door een reductie in geluidsniveau, bieden elektrische aandrijvingen ook een significant hoger rendement dan de conventionele hydraulische en mechanische aandrijfmethoden.

Het doel van Hissink & Zonen is om vroegtijdig in te spelen op deze golf van elektrificering door het bieden van een vernieuwende, elektrisch aangedreven onkruidborstel werktuig, welke voornamelijk bedoeld is voor het gebruik door gemeenten en andere (groen)onderhoudsinstanties. Waar deze toepassingen voorheen mechanisch (via een aftakas) of hydraulisch aangedreven en bestuurd werden, zal dus een volledig elektrische vervangende aandrijvings- en besturingsmethode moeten worden ontwikkeld.

In een voorgaand traject is er voor deze applicatie een frame ontworpen, waarop een elektromotor gemonteerd is, tezamen met enkele hydraulische en elektrische actuatoren. Dit frame is echter enkel een ‘proof of concept’ om een beeld bij de klant te kunnen creëren. Deze zal dus eerst verdere validatie en aanpassingen moeten ondergaan om exact aan de gestelde eisen voor dit project te kunnen voldoen. Daarnaast moet er ook een complete elektrische besturing en aansturing, tezamen met een accupakket én een wijze om dit pakket bij te laden worden ontwikkeld.

Mindmap



Afbeelding 1: Mindmap

Scope

Om een goed beeld te vergaren van de activiteiten en producten die tijdens het project uitgevoerd en opgeleverd moeten worden, is er een scope van het project opgesteld. Deze scope bevat alle activiteiten en producten die minimaal tijdens de loop van het project behaald en geproduceerd moeten worden.

Uit te voeren activiteiten

- Houden van een marktonderzoek betreft de elektrische aandrijfmethode.
- Vergaren CAD-tekeningen en documentatie van prototype.
- Onderzoek naar mogelijkheid volledig elektrische besturing van borstel & borstelarm.
- Onderzoek naar benodigde vermogens, rendementen en energiestromen.
- Vaststellen specificaties benodigd accupakket.
- Onderzoek naar optimale (op)laadmethode & systeem.
- Opstellen elektrische schema's van bediening en aandrijving
- Creëren van CAD-modellen voor benodigde onderdelen.
- Opstellen bouwhandleiding machine.
- Opstellen testplan & daadwerkelijk valideren van product.
- Eventueel doorvoeren van nodige aanpassing a.d.h.v. validatie.

Op te leveren producten

- Elektrische aansturingschema's van zowel de motor als de bediening van de arm.
- CAD-tekeningen oplaadsysteem.
- Handleiding voor bouw/installatie machine.
- Testplan ter validatie ontwerp.
- Volledige documentatie van ontwerp.
- Beknopte Specificatielijst van de machine.

Afbakening

Uiteraard bevat het project ook aspecten die wel in de scope zouden kunnen passen, maar daarentegen niet tijdens de uitvoering van dit afstudeerproject behandeld zullen worden. Deze producten en activiteiten staan vermeld in de afbakening en zullen dus niet behandeld worden binnen dit afstudeerproject, dit zijn:

- Vergaren CE-keur voor machine.
- Bepalen exacte kosten & financiële aspecten machine.
- Marketing aspecten zoals reclame/ verkoop advertenties.
- Uitgebreide handleiding voor eindgebruiker.

Doelstelling

Het doel van dit project is het specificeren, ontwerpen en opleveren van een werkende elektrische aandrijving én besturing op het huidige hybride onkruidborstelprototype van Hissink, binnen de duur van het afstudeerproject. Deze onkruidborstel zal een vergelijkbare prestatie moeten leveren als een hydraulisch aangedreven borstel van dezelfde omvang, echter met een minimale geluidreductie van 3 dB ten opzichte van het hydraulisch aangedreven model.

Hoofd- & deelvragen

Hoofdvraag

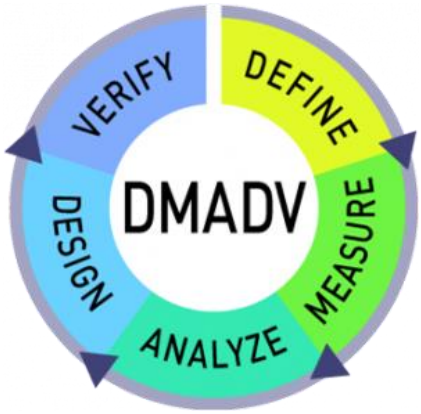
- Hoe kan een prototype hybride onkruidborstel elektrisch aangestuurd en bediend worden op een Antonio Carraro SP 5008, zodat deze kan concurreren met de prestaties van een conventionele, hydraulisch aangedreven onkruidborstel?

Deelvragen

- Zijn er vergelijkbare hybride machines op de markt?
- Hoe ziet de huidige prototype hybride onkruidborstel van Hissink eruit en welke actuatoren en aandrijfmiddelen zijn hier momenteel op verbouwd?
- Op welke wijze zouden deze actuatoren en aandrijfmiddelen aangestuurd kunnen worden om de onkruidborstel vanuit de Antonio Carraro SP 5008 te bedienen?
- Wat is het ideale bedrijfspunt van de elektromotor om de onkruidborstel aan te drijven en wat is hierbij het benodigde elektrische vermogen?
- Wat zijn de benodigde afmetingen en specificaties van het accupakket om de onkruidborstel minimaal 20 minuten zonder bijladen te kunnen gebruiken?
- Waar op de Antonio Carraro SP 5008 kan er veilig een accupakket geplaatst geworden, welke overeenkomt met de benodigde afmetingen?
- Op welke wijze kan het accupakket bijgeladen worden door de verbrandingsmotor van de Antonio Carraro SP 5008?

Methodische aanpak

Tijdens dit project zal er gewerkt worden met een DMADV-aanpak. De reden dat er gekozen is om het project een DMADV-aanpak, in plaats van een DMAIC-aanpak te doen is het feit dat het hier een prototype betreft. Er kan dus geen directe 'improvement' worden gedaan op een voorgaand ontwerp, gezien dit voorgaande ontwerp enkel als 'proof of concept' en ter visuele representatie bestond.



Afbeelding 2: DMADV cirkel [1]

Define: In de Define fase van het project zal de opzet van het project en daarmee ook de doelen en grenzen vastgesteld worden. Hierin zal besloten worden wat er wel en wat er niet binnen het project valt.

Measure: In de Measure fase zullen de wensen van de opdrachtgever bepaald worden. Tevens zal er in deze fase gekeken worden naar concurrerende ontwerpen. Ook zal hier de benodigde informatie over het prototype verzameld worden.

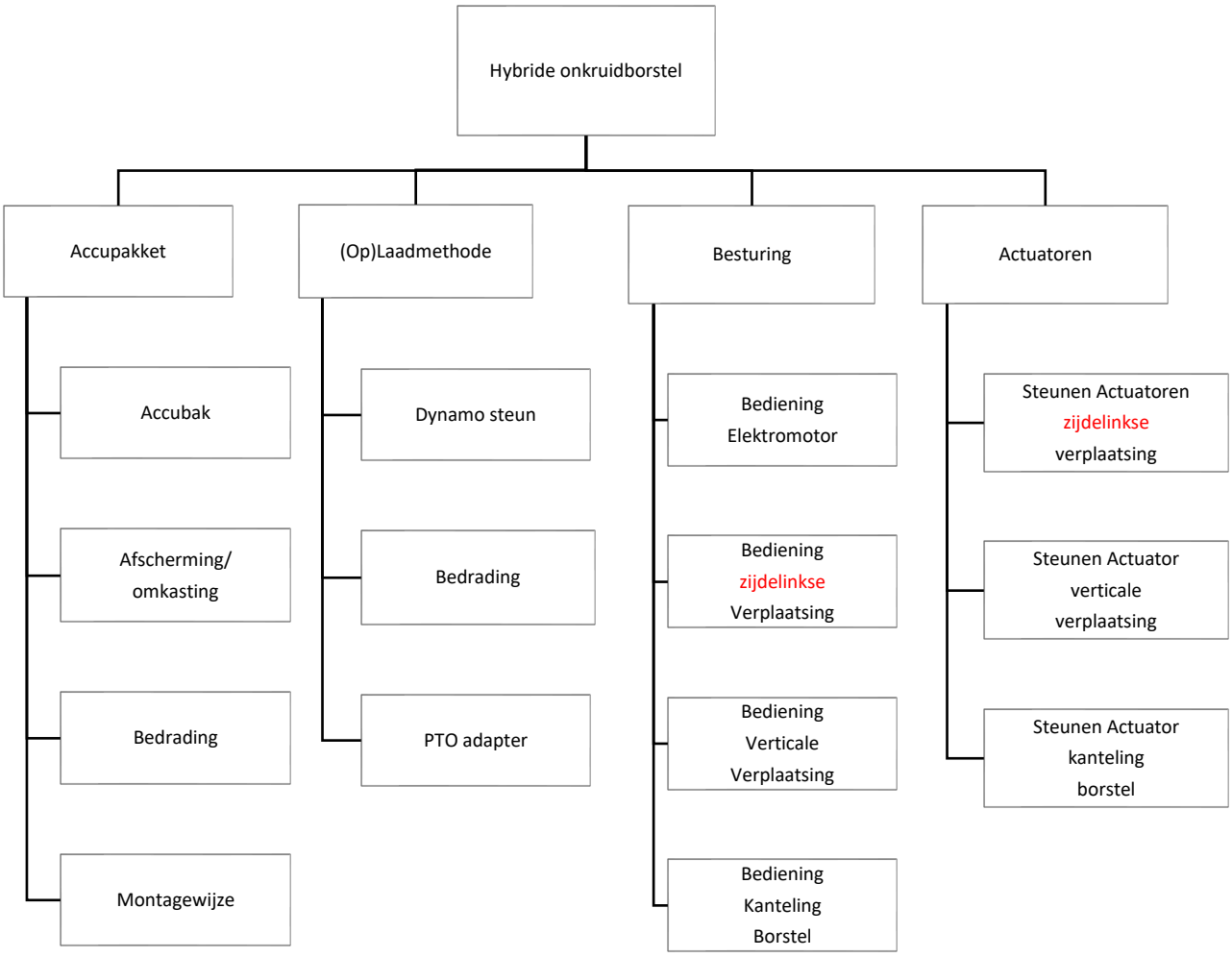
Analyze: Deze fase zal gericht zijn op het analyseren van de vergaarde data uit de voorgaande fase. Hierin zal er aan de hand van opgestelde eisen en criteria een ruw idee/ontwerp voor het type aansturing, de benodigde componenten en een algemene systeems-layout worden gecreëerd.

Design: In de Design fase zal het algemene ontwerp uit de Analyze fase gedetailleerd uitgewerkt worden. Hierin zullen de elektrische schema's, CAD-modellen en de bijbehorende tekeningen gemaakt worden. En zal na goedkeuring begonnen worden met het afbouwen en werkend maken van het prototype.

Verify: In de laatste fase, de Verify fase, zal het afgebouwde prototype getest worden. Hierin zal er worden bepaald of het opgeleverde prototype voldoet aan de gestelde eisen. Eventuele gebreken of ontwerpfouten die in deze fase aan het licht komen, zullen hierop worden aangepast zodat deze daarna wél aan de eisen voldoen.

Product Breakdown Structure

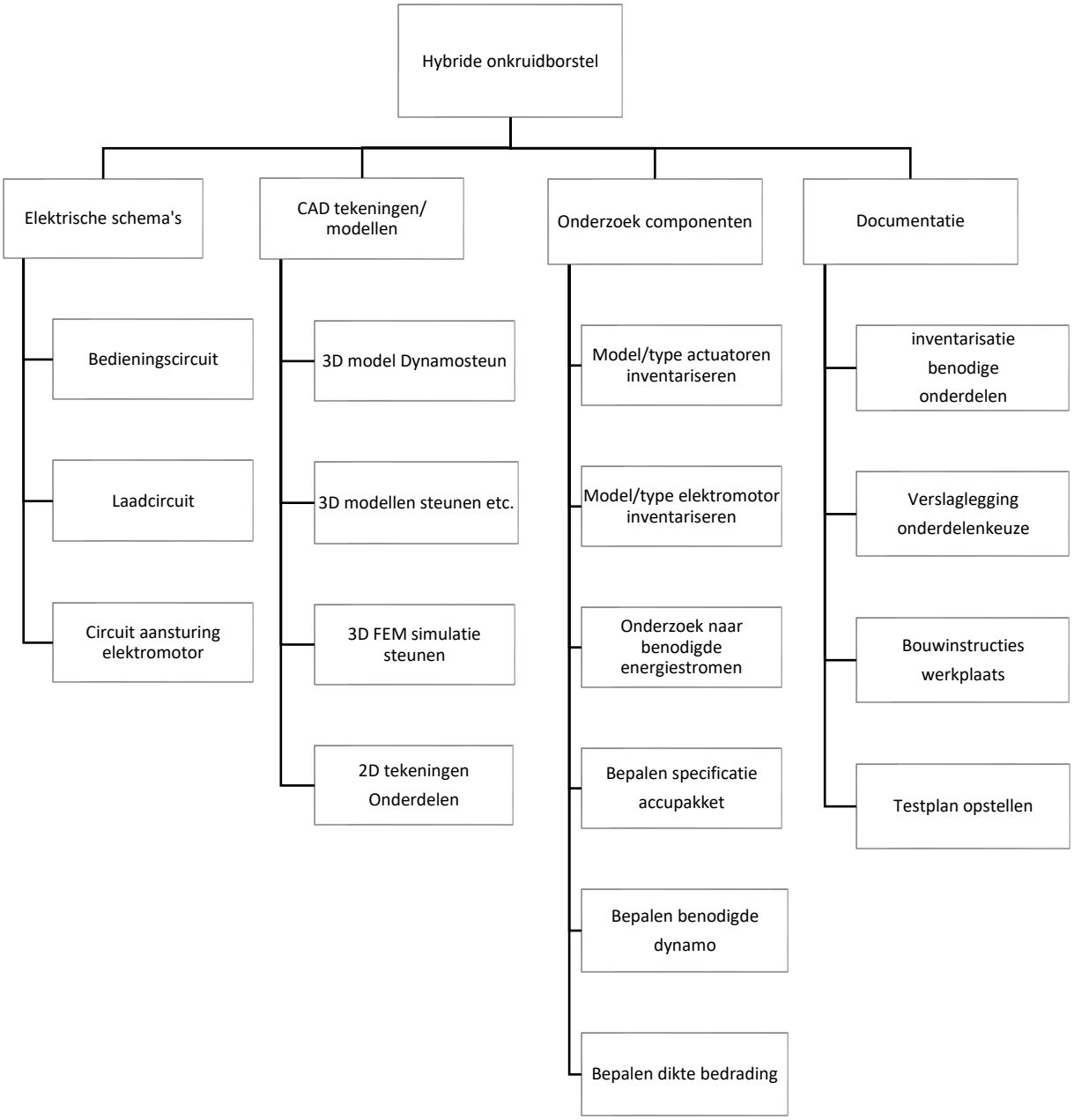
Voor een betere beeldvorming over de op te leveren producten tijdens het project, is er een PBS-diagram opgesteld. Dit PBS (Product Breakdown Structure) diagram verdeelt het algehele product in verschillende subsystemen, welke vervolgens wederom worden verdeeld in de basisproducten.



Afbeelding 3: PBS Diagram

Work Breakdown Structure

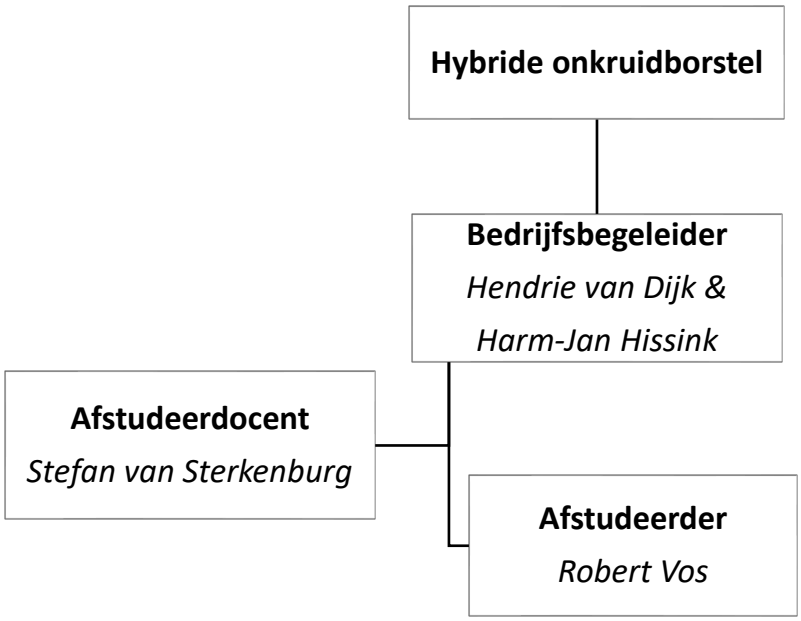
Evenals het PBS-diagram uit het hoofdstuk *'Product Breakdown Structure'*, kan er een vergelijkbaar diagram worden opgesteld voor de uit te voeren werkzaamheden. Dit zogeheten WBS (Work Breakdown Structure) diagram, verdeeld de uit te voeren taken in het project onder in verschillende categorieën, welke vervolgens wederom onderverdeeld worden in losse werkzaamheden.



Afbeelding 4: WBS Diagram

Organization Breakdown Structure

Naast de op te leveren producten en werkzaamheden, kan ook de verdere organisatie omtrent het project in kaart gebracht worden. Dit wordt gedaan door middel van een OBS (Organization Breakdown Structure) diagram. In dit diagram is weergeven wie er allemaal van doen hebben met het project en wat hun positie hierbinnen is.



Afbeelding 5: OBS Diagram

Stakeholder analysis

Door de groepen/individuen die baat hebben bij het project te identificeren en daarnaast diens invloeden in kaart te brengen, kan er rekening worden gehouden met de hierbij horende gevolgen voor het project.

Primaire stakeholders

Hissink & Zonen:	Gezien Hissink het bedrijf is dat de afstudeeropdracht heeft vergeven, zijn zij een belangrijke en dus primaire stakeholder in het project. Het belang van Hissink bij dit project is dat er na afloop een compleet werkende, nagenoeg verkoopbare machine beschikbaar is, welke voldoet aan de gestelde eisen en in lijn ligt met de verwachting van het bedrijf.
Afstudeerder:	Een tweede primaire stakeholder is uiteraard de afstudeerder zelf. Het belang voor de afstudeerder is het tot een goed einde brengen van het project om hiermee zijn bekwaamheid als ingenieur te kunnen bewijzen en zo zijn diploma voor de opleiding te kunnen behalen.

Secondaire stakeholders

Afstudeerdocent:	Een secundaire stakeholder binnen het project is in dit geval de afstudeerdocent welke is benoemd vanuit de HAN. Het belang van de afstudeerdocent is het controleren en behouden van het niveau van de opdracht en het controleren van het werk van de afstudeerder. Mocht het niveau te laag en zodoende niet acceptabel zijn, dan zal er op een andere, meer verdiepende manier naar het project gekeken moeten gaan worden. Dit kan betekenen dat er wijzigingen binnen het Plan van Aanpak moeten worden gedaan, wat (afhankelijk van de timing) kan zorgen voor meer tijdsdruk of een eventueel tijdstekort.
Klanten:	Klanten/afnemers zijn uiteraard ook belanghebbende stakeholders tijdens dit project. De voornaamste reden hiervoor is dat de klant uiteindelijk de eindgebruiker/afnemer zal zijn, waaraan het bedrijf uiteindelijk zijn machines kan slijten. Zodra er vanuit de klant geen vraag is naar een hybride onkruidborstel of het product niet aan de eisen van de klant voldoet, zal het bedrijf ook geen winst kunnen behalen.

Tertiaire stakeholders

Er zijn geen noemenswaardige tertiaire stakeholders in dit project.

RACI-model

In het RACI-model worden alle betrokken partijen uit het OBS ingedeeld naarmate hun positie binnen de uit te voeren werkzaamheden en producten, gespecificeerd in het WBS en PBS. De betrokken partijen worden ingedeeld als Responsible (R), Accountable (A), Consulted (C) of Informed (I). Dit bepaalt hun rol in de desbetreffende taak.

Functie / *Taak*	*Afstudeerder*	*Bedrijfsbegeleider*	*Afstudeerdocent*
Opstellen Plan van Aanpak	R	I	I
Inventarisatie huidige prototype	R	C	I
Verkrijgen bestaande documentatie	R	C	I
Uitdenken concepten	R	C	C
Keuze maken concepten	R	A,I	C,I
Uitwerken elektrische schema's	R	I	C
CAD-modellen creëren	R	I,C	C
2D tekeningen productie maken	R	I	I
Opstellen productiehandleiding	R	C	I
Inkoop benodigde onderdelen	R	R,A	I
Productie machine	R	R,A	I
Opstellen eindverslag	R	I	I,C
Opstellen testplan	R	I,C	I,C
Uitvoeren test machine	R	I,C	I
Rapporteren test uitkomsten	R	I	I
Opstellen en houden van eindpresentatie	R	I	I,C

Tabel 1: RACI mode [2]

Risicoanalyse

Om een beeld te vormen van mogelijke risico's en vertragingen, welke de loop van het project enigszins of cruciaal kunnen beïnvloeden, zal er een risicoanalyse opgesteld worden. Deze risicoanalyse zal bestaan uit een inventarisatie van mogelijke invloeden op het project, zowel intern als extern aan het bedrijf. Vervolgens zullen de geïnventariseerde risico's een waarschijnlijkheid en mate van impact meekrijgen en zal op een schaal van 1 tot 5 de prioriteit op controle van de risico's vastgesteld worden. Hierbij is 1 een lage prioriteit en 5 de hoogst mogelijke prioriteit. Ten slotte zal er per risico een oplossing en/of preventiemaatregel vermeld worden.

Risico	*Waarschijnlijkheid*	*Impact*	*Prioriteit*	*Preventie/oplossing*
Langdurige afwezigheid afstudeerder wegens ziekte	Onwaarschijnlijk	Groot	3	In het geval van langdurige afwezigheid melden bij afstudeerdocent. Zorgen voor goede documentatie zodat werk eventueel later of door een ander persoon kan worden opgepakt.
Verlies van bestanden/documenten door hardware problemen en/of brand.	Plausibel	Zeer groot	4	Zorgen voor de digitalisering van alle niet-digitale documentatie. Eenmaal daags zorgen voor een juiste back-up of opslag op een online opslag dienst (in dit geval Dropbox).
Afkeur van project door school als gevolg van een niet toereikend niveau.	Onwaarschijnlijk	Groot	2	Tijdig zorgen dat de opdracht goedgekeurd is door het expertteam. Indien late wijziging van de opdracht bespreken met afstudeerdocent én bedrijfsbegeleider over hoe het project verder aan te pakken.
Spontane desinteresse in project vanuit het bedrijf.	Zeer onwaarschijnlijk	Zeer groot	1	Op dit punt zal er moeten worden overlegd over de vervolgstappen met de afstudeerder, afstudeerdocent & bedrijfsbegeleider.
Late grote wijziging in projectdoel of visie over eindproduct vanuit school en/of bedrijf.	Zeer onwaarschijnlijk	Zeer groot	2	Wederom zal er op dit punt moeten worden overlegd over de vervolgstappen met de afstudeerder, afstudeerdocent & bedrijfsbegeleider, over hoe het project verder zal moeten verlopen.
Afhankelijk van derden	Plausibel	Matig	2	Mogelijkheid dat leveringen vertraagd worden waardoor de bouwtijd langer kan duren dan verwacht en zo de planning negatief kan beïnvloeden.
Missen van specifieke benodigde kennis door de afstudeer, welke van belang is voor het project	Plausibel	Matig	3	Indien de afstudeerder niet beschikt over heel specifieke kennis, welke wel van belang is, kan hij daar de afstudeerdocent en/of begeleider om verdere informatie/kennis benaderen.
Onveilige werkplek/ drukkende werksfeer	Onwaarschijnlijk	Matig	2	Bij een onveilige werkplek of een nare werksfeer zal dit besproken worden met zowel de afstudeerdocent als de bedrijfsbegeleider, om tot een oplossing te komen.
Onvoldoende budget voor productie benodigde onderdelen	Onwaarschijnlijk	Groot	2	Ter preventie van het creëren van een hoge kostenpost aan het project, zal het van belang zijn om de concepten simpel te houden en het gebruik van onnodige ingewikkelde technieken te vermijden.
Tijdtekort door té perfectionistisch te werk te gaan	Plausibel	Matig	3	Zorgen van het houden van een goede afweging tussen beschikbare tijd en de kwaliteit van het product. (Niet in de zin dat de kwaliteit van het product ongeschikt raakt).

Tabel 2: Risico Analyse

Kwaliteitsverzekering & -behoud

Uiteraard is het van belang dat het uiteindelijk opgeleverde product voldoet aan de verwachtingen van zowel de opdrachtgever als de afstudeerder. Om te voorkomen dat het eindproduct aan het projecteinde ook werkelijk voldoet aan de verwachtingen, zal er tijdens het project op verschillende momenten gepeild worden hoe het met het project staat en of het geleverde werk op dat moment van voldoende niveau en kwaliteit is.

Ook is de communicatie tussen zowel afstudeerder en bedrijfsbegeleider, als tussen afstudeerder en afstudeerdocent van essentieel belang. Een foutieve interpretatie van een eis of wens kan ertoe leiden dat het eind- of tussenproduct niet in lijn ligt met de verwachting van de opdrachtgever. Om dit te voorkomen zal er regelmatig (minimaal eens in de twee weken) een kort feedback/status overleg zijn met de bedrijfsbegeleider. Zo weet deze ook waar in het proces de afstudeerder zich bevindt en hoe het met het project staat. Daarnaast zal bij alle 'grote' beslissingen (lees go/no-go momenten) de bedrijfsbegeleider zowel geïnformeerd als geconsulteerd worden over de te maken keuze of te nemen hindernis.

Ook de afstudeerdocent zal minimaal eens in de vier weken (zoals gespecificeerd in de handleiding afstuderen van de HAN) een update ontvangen over de gedane werkzaamheden en het verloop van zowel het project als de omgang van de student met het bedrijf. Indien aangegeven door de afstudeerdocent kan dit moment ook eens in de twee weken, of binnen een ander tijdsbestek plaatvinden. Wanneer de afstudeerder tegen problemen aanloopt welke hij zelf niet kan oplossen binnen het bedrijf of zijn kunnen, zal de afstudeerdocent hier direct over ingelicht worden.

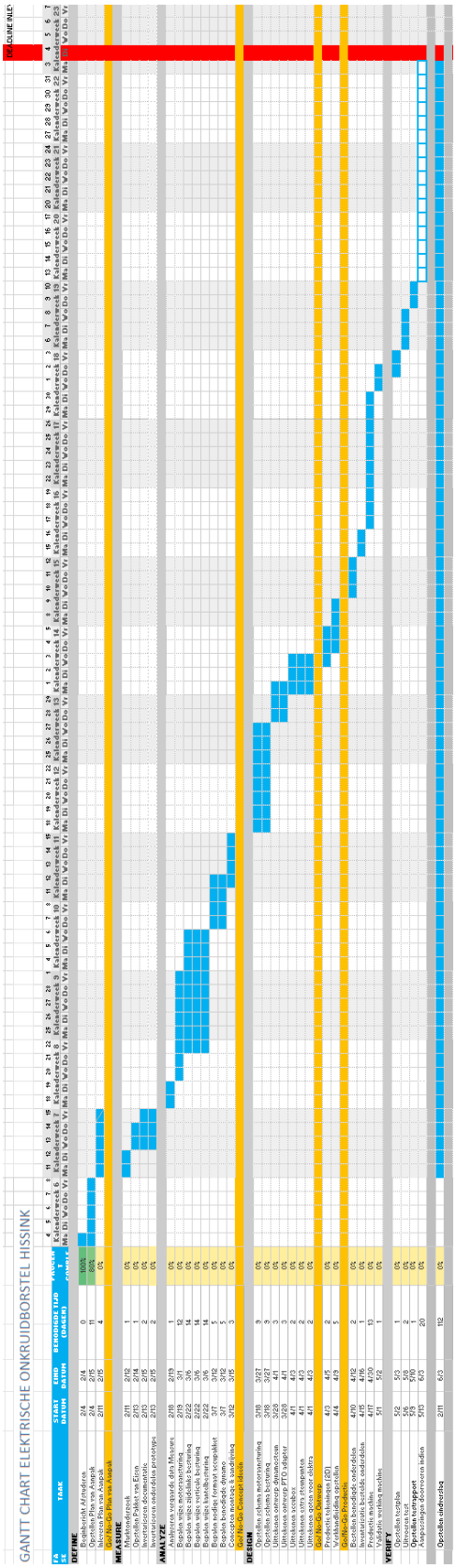
Om snel en eenvoudig te kunnen zien waar het project staat en welke zaken afgerond of juist niet, zal er gebruik worden gemaakt van een 'project monitoring tool'. Deze project monitor zal in de vorm van een vooraf gemaakte 'Gantt Chart' zijn. Deze Gantt Chart zal een indicatie geven van de uit te voeren taken en binnen welke tijdsduur deze taken afgerond zouden moeten zijn om het project volgens schema te laten verlopen. Zodoende kan er in één oogopslag worden gezien in hoeverre het project volgens planning verloopt en zal het tijdig duidelijk zijn als er bijvoorbeeld een tijdstekort dreigt.

Gantt Chart

Zoals beschreven in het hoofdstuk ‘Kwaliteitsverzekering & -behoud’, zal tijdens het project de voortgang bijgehouden worden met behulp van een Gantt Chart. Deze Gantt Chart is een visuele weergave van de uit te voeren activiteiten en de daarbij verwachte tijdsduur per activiteit. Ook zijn hierin belangrijke Go/ No-Go momenten in opgenomen, welke staan voor punten waarop een doorslaggevende beslissing gemaakt moet worden.

Gezien de omvang van de Gantt Chart is in *Afbeelding 5* een verkleinde versie van deze Gantt Chart afgebeeld. De werkelijke Gantt Chart is bij dit document bijgevoegd onder de naam: ‘*Gannt Chart Afstudeerproject Hissink*’.

Deze Gantt Chart kan tevens geconsulteerd worden als de project monitor. Hierin kan aan de hand van de huidige datum de verwachtte voortgang van het project bekeken worden en kan in combinatie met de procentuele voortgang ook bekeken worden of het project op schema loopt.



Afbeelding 6: Gantt Chart

Bronnenlijst

[1] Six sigma daily. (2012). *What is DMADV?*. Geraadpleegd op 4 Februari 2019, van https://www.sixsigmadaily.com/what-is-dmadv/

[2] Itsmtransmition.com. (2014). *What's a RACI Chart and how do I use it?* Geraadpleegd op 5 Februari 2019, van http://itsmtransition.com/2014/07/basic-raci-chart/

Figuren- & tabellenlijst

Figurenlijst

Afbeelding 1: Mindmap

Afbeelding 2: DMADV cirkel

Afbeelding 3: PBS Diagram

Afbeelding 4: WBS Diagram

Afbeelding 5: OBS Diagram

Afbeelding 6: Gantt Chart

Tabellenlijst

Tabel 1: RACI-model

Tabel 2: Risico Analyse

Bijlagen

1. Beoordelingsformulier PvA Afstuderen

Studentnaam	Robert Vos	
Studentnummer	576166	
Studiebegeleider (1e Assessor)	Stefan van Sterkenburg	
Afstudeertitel	Hybride onkruidborstel	Versie 1
Afstudeerbedrijf	Hissink Oeken	
Bedrijfsbegeleider	Hendrie van Dijk	
Datum	11-02-2019	

Onvoldoende	O
Voldoende	V
Goed	G

Go	Alle onderdelen minimaal voldoende
No Go	Eén of meerdere onderdelen onvoldoende

#	Omschrijving	Score
1	Aanleiding & Probleemstelling	
2	Mindmap, Scope & afbakening	
3	Doelstelling(en) SMART geformuleerd, hoofdvraag & deelvragen	
4	Methodische aanpak (a.d.h.v. projectfasering met theoretische onderbouwing) → voorbeeld DMAIC of DMADV	
5	Organigram (incl. plek van student), activiteiten en producten overzicht → voorbeeld Product Breakdown Structure & Work Breakdown Structure	
6	Risicoanalyse (doormiddel van waarschijnlijkheid, impact, prioritering & incl.dekking)	
7	Planning a.d.h.v. een Gantt-Chart vanuit onderzoeks/projectfasering, met daar gekoppeld activiteiten per fase, deadlines & Go/NoGo-momenten	
8	Orde, netheid, spelling & taal	
9	Projectmonitor/dashboard (op basis van Q, T, C,)	
	Go / No Go	

Opmerkingen: Zie pagina 2

Handtekeningbedrijfsbegeleider	
Handtekening studiebegeleider (1e assessor)	
Handtekening projectleider (student)	

Opmerkingen

1	Aanleiding & Probleemstelling
2	Mindmap, Scope & afbakening
3	Doelstelling(en) SMART geformuleerd, hoofdvraag & deelvragen
4	Methodische aanpak (a.d.h.v. projectfasering met theoretische onderbouwing) → voorbeeld DMAIC of DMADV
5	Organigram (incl. plek van student), activiteiten en producten overzicht → voorbeeld Product Breakdown Structure & Work Breakdown Structure
6	Risicoanalyse (doormiddel van waarschijnlijkheid, impact, prioritering & incl. dekking)
7	Planning a.d.h.v. een Gantt-Chart vanuit onderzoeks/projectfasering, met daar gekoppeld activiteiten per fase, deadlines & Go/NoGo-momenten
8	Orde, netheid, spelling & taal
9	Projectmonitor/dashboard (op basis van Q, T, C,)

2. Pakket van eisen

- *Een minimale bedrijfsduur van 20 minuten op enkel het accupakket.*

- *Het systeem moet werken op een bedrijfsspanning van 48 Volt.*

- *Indien het contact van het werktuig uit staat, mag er geen spanning staan op de kabels vanaf het accupakket naar de motor.*

- *Ten alle tijden moeten de aansluitingen van de stroomkabels afgeschermd zijn door middel van een isolerend materiaal of een omkasting, zodat deze niet per ongeluk aangeraakt kunnen worden door personeel of omstanders.*

- *De onkruidborstel moet ten alle tijden inzetbaar zijn, ook tijdens (zware) regenbuien.*

- *De kanteling van de borstelkop tezamen met de schuinte van de borstelkop moeten kunnen worden bediend met één enkele joystick vanuit de cabine van de werktuigdrager.*

- *De kanteling en schuinte van de borstelkop zal met behulp van elektrische of hydraulische actuatoren moeten worden kunnen geregeld.*

- *De zijdelinkse bewegingen van de onkruidborstel arm moeten worden aangestuurd door middel van elektrische of hydraulische actuatoren.*

- *Het toerental van de elektromotor moet vanuit de cabine kunnen worden geregeld door middel van een potentiometer of schuif.*

- *Het systeem moet afgezekerd worden op de maximale piekstroom die de motor kan verdragen, om schade te voorkomen.*

- *De kabels moeten bestand zijn tegen de maximale piekstroom die motor zou kunnen vragen.*

- *Voor het inschakelen van de elektromotor & controller zal er een pre-charge circuit moeten worden aangestuurd om de 'Inrush Current' naar deze componenten te limiteren.*

- *Binnen de cabine van de werktuigdrager zal er een noodstop binnen handbereik van de bestuurder aanwezig moeten zijn, welke direct de elektromotor zal stoppen door het verbreken van het circuit met het aanwezige accupakket.*

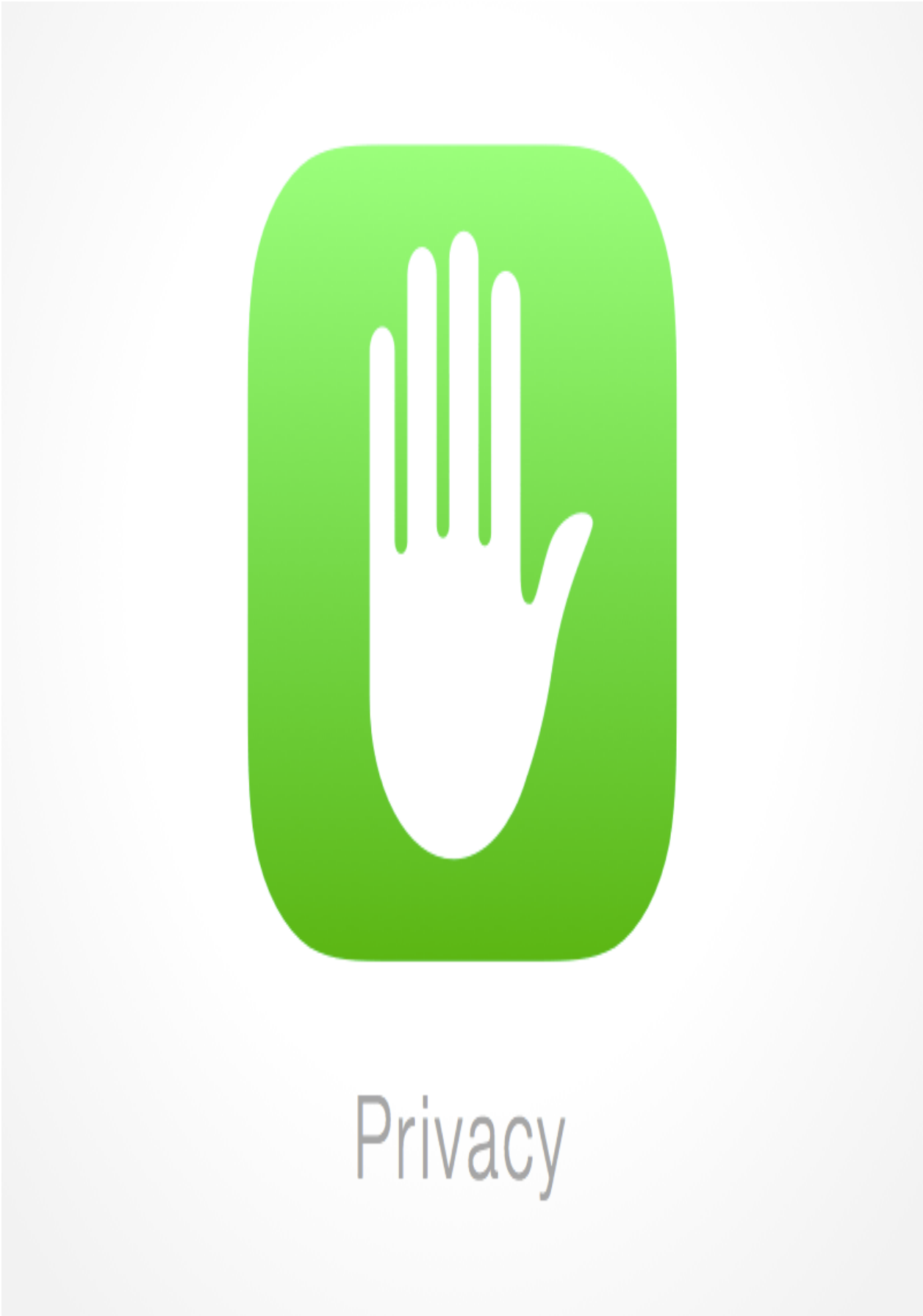
-*Er moet een voorziening zijn om tijdens het gebruik van de machine het accupakket op- of bij te laden met een spanning van 48 Volt.*

- *Het aanwezige accupakket moet in staat zijn om vrij ver ontladen te worden zonder blijvende schade op te lopen.*

- *Het aanwezige accupakket inclusief aansluitingen moet passen binnen de huidige box met een afmeting van 820 x 770 x 700 [mm].*

- *De elektromotor moet in staat zijn om een borstel met een diameter van 800 [mm] waaraan 22 stalen borstelplukken zitten, met een minimale snelheid van 330 [rpm] te laten draaien bij een gronddruk van één keer het gewicht van het borstelwerktuig.*

Bijlage 3: Reflectieverslag



Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HAN University of Applied Sciences

HISSINK
CUSTOM MADE MACHINERY

Privacy

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HAN University of Applied Sciences

HISSINK
CUSTOM MADE MACHINERY

HISSINK
CUSTOM MADE MACHINERY