



SAMENVATTING AFSTUDEERVERSLAG

Studentgegevens student

Naam : Robert Vos
Studentcode : 576166
Specialisatie : C/B -> Automotive Development

Afstudeerbedrijf: Hissink – Custom Made Machinery

Titel: Hybride Onkruidborstel

Samenvatting:

Het doel van het hybride onkruidborstel project was het zodanig samenstellen van een aansturing en besturing op een elektrisch aangedreven onkruidborstel werktuig, dat deze een prestatie vergelijkbaar met een conventionele, hydraulisch aangedreven onkruidborstel kon leveren. Hierbij is de hydrauliekmotor welke normaal gesproken de borstel rond laat draaien, vervangen door een 3-fasige inductiemotor welke gevoed wordt via een combinatie van een accupakket en een dynamo.

Gezien de agrarische en groen sectoren zich steeds meer gaan verdiepen in het gebruik van elektrische alternatieven aan hydraulische en mechanische aandrijvings- en besturingsmethoden, is er vanuit Hissink de vraag gekomen of het mogelijk was om een onkruidborstel werktuig op een elektromotor te kunnen laten functioneren. De voornaamste reden voor deze conversie is het behalen van een flinke reductie in omgevingslawaai, gezien de geluidsproductie bij het nominale werktoerental van een werktuigendrager met een conventioneel aangedreven borstel al snel boven de 80 Decibel stijgt. Door het toepassen van een hybride aandrijving van de onkruidborstel in combinatie met een accupakket, kan het nominale werktoerental van de verbrandingsmotor omlaag gebracht worden, wat zal resulteren in minder geluidsproductie en minder brandstofverbruik.

Dit project was voor het begin van de afstudeerperiode al opgestart, waarbij het grootste deel van de mechanische opbouw van de machine is ontworpen en gerealiseerd. Zo was er bij aanvang een prototype van de borstel aanwezig, bestaande uit een beweegbare arm van 1,8 [m] met daaraan een 3-fasige inductiemotor welke door middel van een tandwielkast verbonden is met de uiteindelijke borstel. De stand van deze borstel in door middel van twee elektrische Linak L28 actuatoren in 4 richtingen te stellen. Zo kan deze voorover en achterover gekanteld worden, maar kan deze ook naar links en rechts gesteld worden, om alle mogelijke borstelstanden te realiseren. Het kunnen stellen van deze standen is van belang om tijdens het gebruik van de borstel de juiste 'agressiviteit' te verkrijgen. Indien de borstel vlak op de grond gesteld staat, zal deze voornamelijk als bezem werken door het feit dat alle 36 stalen plukken aan de borstel de gronddruk van de borstel verdelen. Zo levert elke pluk slechts een minimale borstelkracht op de grond, welke niet hoog genoeg zal zijn om het diepere onkruid tussen bijvoorbeeld stenen in te verwijderen. Het voorover stellen van de borstelkop heeft als gevolg dat slechts de voorste 6 á 8 borstelplukken contact hebben met de grond. Dit resulteert in een borstelkracht per pluk welke circa 6 maal zo hoog is. De combinatie van deze geconcentreerde gronddruk tezamen met een steilere hoek van de plukken ten opzichte van het te borstelen oppervlak, resulteert in een vele malen betere verwijdering van het onkruid, ook tussen de stenen in.

Daarnaast is ook de arm van de borstel 45 [°] naar zowel de linker- als de rechterkant te verstellen. Dit wordt gedaan met behulp van hydraulische actuatoren welke bediend worden door de hydrauliekfuncties van de werktuigdrager waaraan de onkruidborstel verbonden is.

Om een deel van de borstelkop zit een spatscherm gemonteerd, welke het gros van het geborstelde onkruid en ander materiaal opvangt, om te voorkomen dat het nabije auto's, huizen of omstanders kan raken. Het onkruidborstel werktuig wordt door middel van een zogeheten driepuntshef adapter gemonteerd op de werktuigdrager. Deze gestandaardiseerde adapter maakt het mogelijk om de machine aan een breed scala van werktuigdragers en tractoren te monteren. Echter zal deze vanuit Hissink hoofdzakelijk worden opgebouwd en ontworpen voor gebruik met een Antonio Carraro Superpark 5008 werktuigdrager, om zo een direct inzetbare combinatie te kunnen aanbieden.

Tijdens het voorgaande ontwerpproces is er bij het kiezen van de elektromotor ook een bijhorende motorcontroller gekozen. Zo was er bij aanvang van het afstudeerproject een fysiek prototype om aan te werken, maar moest de complete aansturing, plaatsing en implementatie van de machine en bijkomende onderdelen nog gedaan worden.

Voordat er werkelijk met het ontwerpen van een aansturing en besturing begonnen kon worden, is er aan de hand van het projectdoel en de projecteisen een plan van aanpak geformuleerd. In dit plan van aanpak is er gesteld dat het hoofddoel van de opdracht het werkend maken van het prototype en het bewijzen van de potentie van de elektrische aandrijfmethode is. Er is voor gekozen om het project via de DMADV-methode uit te voeren. Deze methode bestaande uit Define, Measure, Analyze, Design en Verify omvatte het definiëren van het op te leveren product, het verkrijgen van de achtergrond informatie over het toenmalige prototype, het analyseren van de wijze waarop de aansturing en besturing van het werktuig conform de eisen tot stand zou kunnen worden gebracht en het werkelijke ontwerp- en realisatiewerk om de machine operationeel te krijgen. Ook is dit 'proof of concept' prototype getest om de uiteindelijke werking van het werktuig te kunnen valideren en een aanbeveling te kunnen doen over het wel of niet conform de eisen functioneren van de machine.

Om het project behapbaar te maken voor de duur van de afstudeerperiode, is er besloten om het project af te bakenen tot enkel het werkend maken van het prototype, om hiermee de potentie van de elektrische aandrijving te kunnen bewijzen. Zaken als de CE-keur, handleidingen, kosten & financieringen en de verdere marketing aspecten zoals reclames vallen daarom dus ook buiten de scope van dit project.

Tijdens de eerste fase van het project is het toenmalige prototype in kaart gebracht, tezamen met onderdelen welke nog niet op het fysieke model gebouwd waren. Dit betrof ook de AC-M1 motorcontroller-inverter, welke de DC spanning van de dynamo en het accupakket omzet naar een AC spanning om de inductiemotor te kunnen voeden. Deze controller met bijgeleverde software is volledig naar wens in te stellen, om zo toepasbaar te zijn voor vrijwel elke denkbare toepassing. De controller en inductiemotor werken met een spanning van 48 [V]. De reden voor deze werkspanning is het feit dat ten opzichte van de 24 en 36 [V] variant van deze controller en motor, de 48 [V] variant eenzelfde vermogen kan leveren bij een lagere stroomsterkte. Zo kunnen de krachtstroomkabels naar de controller en de motor tot 50 [%] minder dik worden uitgevoerd door het halveren van de stroomsterkte. Hoewel deze controller en motor ook als 80 [V] versie beschikbaar zijn waarbij de kabeldikte nog verder af zal nemen, is er toch voor een 48 [V] systeem gekozen gezien enkele volledig elektrische werktuigdragers op de markt op deze spanning werken. Zo is er altijd de mogelijkheid om het product met eventuele kleine aanpassingen ook los aan te kunnen bieden aan fabrikanten of klanten van deze elektrische werktuigdragers.

Het aansturen van de inductiemotor zal evenals het bedienen van de standen van de arm volledig vanuit de cabine van de werktuigdrager gedaan kunnen worden. Via twee aparte schakelaars op een bedieningspaneel zijn het systeem en de inductiemotor apart in te schakelen. Na het inschakelen van het systeem en het vrijgeven van de motor, kan het toerental van de inductiemotor door middel van een potentiometer traploos worden ingesteld tussen 0 en 2000 [rpm]. Deze snelheid komt na de reductie van de gekoppelde tandwielkast overeen met een borsteltoerental van 0 tot 470 [rpm]. Tijdens normaal gebruik zal een toerental van circa 250 [rpm], vergelijkbaar met een conventioneel aangedreven onkruidborstel, voldoende zijn voor een goede werking van de borstel. In zwaardere omstandigheden, zoals bij het borstelen door een zanderige ondergrond, kan het toerental van de borstel nog tot de maximale 470 [rpm] opgevoerd worden.

Het bedieningspaneel bevat ook een display, verbonden met de controller, waarop de State of Charge van het accupakket weergegeven wordt. Dit display weergeeft ook eventuele foutcodes in het systeem, waarop de bestuurder ter plekke kan zien waarom de borstel gestopt is. Ten slotte is er op dit paneel een schakelaar gemonteerd welke de het voorbetrachtigingscircuit van de dynamo in- of uitschakelt.

In de hybride modus van de machine zal een dynamo de inductiemotor grotendeels van de gevraagde stroom voorzien. Deze dynamo, welke werkt tot 56 [V] en 100 [A], wordt aangedreven door de aftakas (PTO) van de werktuigdrager. Deze aftakas wordt via een tandwielkast binnen in de SP5008 direct aangedreven door de dieselmotor van de werktuigdrager. Gezien deze aftakas maximaal 1000 [rpm] kan draaien, maar dit toerental niet hoog genoeg is om een laadspanning van 56 [V] uit de dynamo te krijgen, is er een extra tandwielkast tussen de aansluiting van de aftakas en de dynamo geplaatst. Deze tandwielkast, welke direct op de 1 3/8" aftakas-stomp is te monteren, voert het toerental dusdanig op dat de dynamo de maximale laadspanning van 56 [V] kan behalen. Deze maximale laadspanning zorgt ervoor dat het 48 [V] accupakket achterop de SP5008 bijgeladen kan worden indien de inductiemotor slechts een lichte last hoeft te draaien, of wanneer er van locatie A naar locatie B gereden moet worden waarbij de borstel niet in bedrijf is. Ook is het mogelijk om, door het reduceren van het toerental van de dynamo, een laadspanning van 48 [V] te creëren. Hierbij voorziet de dynamo de inductiemotor van stroom, maar zal deze het accupakket niet bijladen. Echter is hierbij het toerental van de verbrandingsmotor wederom gereduceerd.

Achterop de werktuigdrager bevindt zich een laadbak, waarin een 48 [V] accupakket is geplaatst. Tijdens volledig elektrisch gebruik van de borstel, waarbij de dieselmotor in de werktuigdrager enkel de hydrostatisch aangedreven werktuigdrager van aandrijving voorziet, zal dit accupakket de inductiemotor voeden. Waar het gebruik van een lithium-ion of lithium-ijzer-fosfaat zich ideaal leent voor deze toepassing door de hoge energiedichtheid van deze pakketten en het vermogen om enorm snel te kunnen laden, is er voor de 'proof of concept' van het prototype toch gekozen voor het gebruik van deep-cycle, loodzuur tractie accu's.

De voornaamste reden voor deze keuze zijn de kosten van een lithium-ion pakket, welke 4 á 5 maal hoger zijn dan de simpele loodzuur tractie accu's. Indien het na de aanschaf van zo een lithium pakket bleek dat het concept niet voldeed aan de verwachtingen, en het project hierbij zou eindigen, zat men wél opgescheept met een duur lithium pakket welke vervolgens niet gebruikt zal worden. Daarnaast kan er gesteld worden dat indien het prototype presteert naar verwachting met standaard loodzuur tractie accu's, dat de implementatie van een dergelijk lithium pakket deze prestaties enkel kan verbeteren.

De capaciteit van dit accupakket is berekend naar de eis om minimaal 20 minuten volledig elektrisch te kunnen borstelen. Tijdens een test in het vroege stadium met standaard loodzuur startaccu's, is er via de live logging optie van de software uit de controller tijdens het borstelen een nominale stroom van circa 130 [A] gemeten. Waar er in theorie voor deze 20 minuten slechts een capaciteit van 43 [Ah] benodigd is, moet de gebruikte accu wél in staat zijn om een nominale stroom van 130 [A] te kunnen leveren. Na overleg met de leverancier is er gekozen voor het gebruik van 4, 225 [Ah] 12 [V] tractieaccu's welke in serie worden geschakeld als accupakket. Waar de theoretische capaciteit van dit pakket vele malen langer mee kan dan de gevraagde 20 minuten, is de reden voor dit formaat accu's het feit dat deze in staat zijn om de gevraagde nominale stroom en kortstondige pieken tot de software gelimiteerde 200 [A] te kunnen leveren.

Deze accu's zijn vervolgens in geventileerde accubakken geplaatst, welke eventuele accu-urlekken opvangen en de contacten van de accupolen afschermen tegen aanrakingen en voorwerpen van buitenaf.

Het testen van de uiteindelijke 'proof of concept' is gedaan door het vergelijken van de borstelprestaties van de machine met die van een hydraulisch aangedreven onkruidborstel. Deze test vond daarbij plaats met een vergelijkbare snelheid van de werktuigdrager (1,5 km/h) en een vergelijkbaar toerental van de borstel (250 [rpm]). Uit de test was te concluderen dat het geborstelde oppervlak vrijwel volledig ontdaan was van het eerder aanwezige onkruid, inclusief het merendeel van de fijne begroeiing tussen de tegels in. Zodoende kan er gesteld worden dat de prestaties van de onkruidborstel vergelijkbaar, al dan niet beter zijn als die van een hydraulisch aangedreven variant.

Tijdens het hybride gebruik van de borstel, waarbij de dynamo op 48 [V] de inductiemotor van stroom voorzag, bedroeg het toerental van de verbrandingsmotor in de werktuigdrager 1780 [rpm]. Waar deze bij een hydraulisch aangedreven machine minimaal 2460 [rpm] zou bedragen, is er een reductie van circa 27 % in het toerental behaald. Dit komt overeen met een geluidsreductie van 4,6 Decibel, ofwel een afname in geluidsdruk van 41 %. Tevens zorgt deze afname in toerental voor een theoretische afname in het specifieke brandstofverbruik van 10 [g/kWh], uitgaand van de specificatie van de motor. Het 20 minuten continu borstelen, door een zanderige ondergrond, resulteerde in een ontlading van het accupakket van 5 %.

Het volledig elektrische gebruik van de borstel resulteerde in een toerental van de verbrandingsmotor welke niet boven stationair kwam, op 850 [rpm]. Dit is een reductie van circa 65 % in het toerental en resulteerde in een geluidsreductie van 11,8 Decibel, overeenkomend met een reductie van 74 % in geluidsdruk. Het volledig elektrisch borstelen voor 20 minuten continu, door vrij zanderige ondergrond, resulteerde in een daling in het accupakket van 53 %.

Er kan aan de hand van de resultaten dus geconcludeerd worden dat de 'proof of concept' van de machine wel degelijk geslaagd is. Deze voldoet aan de door de opdrachtgever gesteld eisen, en behaald daarbij een significantie reductie in de geluidsproductie.

Wel zal er naar de mogelijkheid voor een andere dynamo/generator moeten worden gekeken, gezien de huidige dynamo tijdens het zware werk niet genoeg stroom kan leveren om de vraag bij te houden. Gezien het aanbod van 48 [V] generatoren echter erg nihil is, lijkt er voor nu niet direct een ander alternatief beschikbaar. Ook zal het in de toekomst interessant zijn om een lithium-ion pakket toe te passen, gezien deze aanzienlijk betere prestaties zou moeten kunnen leveren. Ook rest het compleet afbouwen van de machine en het vergaren van een CE-keurmerk, welke in benodigd om de machine te mogen verkopen.