[](http://www.google.be/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&docid=kBNcEOi-HWY42M&tbnid=IqmYvrjKP1o8hM:&ved=0CAUQjRw&url=http://www.europeanshoulderconference.ugent.be/venue.html&ei=SzOxUsWKAuWg0QX83YF4&bvm=bv.58187178,d.bGQ&psig=AFQjCNH0umYUz46DU3SobK8e7yCpEjBKcQ&ust=1387431089413689)

Verslag Ingenieursproject Elektronica-ICT

Elektronische sturing voor een hoogrenderend elektromotor

door

Groep 5

Frederic Anthierens

Maxim Eeckhout

Mike Standaert

[Jonas Vandamme](https://www.facebook.com/JonasVD2?fref=grp_mmbr_list)  
Jente Vansteenkiste

Coaches:

Ing. Gianni Allebosch

Ing. Maarten Slembrouck

Ing. Dimitri Van Cauwelaert

Universiteit Gent  
Faculteit Ingenieurswetenschappen en architectuur  
Opleiding Toegepaste Ingenieurswetenschappen

Academiejaar 2014-2015

[](http://www.google.be/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&docid=kBNcEOi-HWY42M&tbnid=IqmYvrjKP1o8hM:&ved=0CAUQjRw&url=http://www.europeanshoulderconference.ugent.be/venue.html&ei=SzOxUsWKAuWg0QX83YF4&bvm=bv.58187178,d.bGQ&psig=AFQjCNH0umYUz46DU3SobK8e7yCpEjBKcQ&ust=1387431089413689)

Verslag Ingenieursproject Elektronica-ICT

Elektronische sturing voor een hoogrenderend elektromotor

door

Groep 5

Frederic Anthierens

Maxim Eeckhout

Mike Standaert

[Jonas Vandamme](https://www.facebook.com/JonasVD2?fref=grp_mmbr_list)  
Jente Vansteenkiste

Coaches:

Ing. Gianni Allebosch

Ing. Maarten Slembrouck

Ing. Dimitri Van Cauwelaert

Universiteit Gent  
Faculteit Ingenieurswetenschappen en architectuur  
Opleiding Toegepaste Ingenieurswetenschappen

Academiejaar 2014-2015

Inhoud

[Inleiding 5](#_Toc415837517)

[1. Prototype 5](#_Toc415837518)

[2. Werking BLCD 5](#_Toc415837519)

[3. Definitief ontwerp 5](#_Toc415837520)

[3.1. Elektrisch circuit 5](#_Toc415837524)

[3.2. Programmeren van Arduino 5](#_Toc415837525)

[Besluit 5](#_Toc415837526)

[Lijst met figuren 5](#_Toc415837527)

[Lijst met tabellen 5](#_Toc415837528)

[Referentielijst 5](#_Toc415837529)

# Inleiding

# Prototype

1) Het bouwen

Als vertrekbasis wordt het prototype van de coaches gebruikt. Het prototype is een magnetengelijkstroommotor. De motor bevat deze componenten: een reed-contact, een LED (die hier dienst doet als verbruiker), twee magneten, een rotor en een spoel.

Eerst wordt de werking van een magnetengelijkstroommotor van naderbij bestudeerd. Het reed-contact bestaat uit twee kleine metalen platen, die niet met elkaar in verbinding staan. Het contact wordt gemaakt wanneer een van de twee magneten dicht genoeg bij de magneetschakelaar is. Wanneer de 2 platen tegen elkaar komen, sluit het circuit waardoor er stroom vloeit naar de spoel. Die spoel wekt een magnetisch veld op. Terwijl magneet A nabij het reed-contact is, bevindt de andere zich op 180 graden van de eerste. Het prototype is zodanig gebouwd dat de tweede magneet voorbij de as van de spoel is, als het circuit gelsoten wordt. Hierdoor ondervindt de tweede magneet een afstootkracht, waardoor de rotor gaat draaien. Tijdens het roteren verwijdert de eerste magneet zich van het contact, zodat het circuit terug open is. De rotor bevat genoeg energie door de stoot en het draait ver genoeg, totdat magneet B aan de schakelaar is. Het proces herhaalt zich. Vervolgens wordt de magnetengelijkstroommotor van de coaches.

2) De oscilloscoop

In deze stap van het project wordt de spoel van het prototype getest. Het prototype wordt namelijk aangesloten op een oscilloscoop. De oscilloscoop geeft figuur(1) weer, die het gedrag van de spoel representeert. In de grafiek wordt de spanning in functie geplaatst van de tijd. Wanneer de figuur(1) van naderbij bekeken wordt, valt te concluderen dat de spoel oplaadt tot ongeveer 7 V. Vervolgens ontlaadt de spoel zich en vertoont de curve van de grafiek bijgevolg eerst een lichte daling om vervolgens zeer snel het minimum te bereiken. Het verschil tussen de maximum waarde en de minimum waarde bedraagt 42 V. Het verschil tussen deze waarden valt te verklaren aan de hand van de wet van Lenz. Verder betekent het verschil tussen beide waarden dat de spoel een verliesstroom creëert, wat zeer nadelig is voor het rendement van de elektrische motor. Figuur (1): uitslag test

3) Arduino

Voor het definitieve ontwerp van de motor is het echter de bedoeling dat de motor wordt aangestuurd door de Arduino, dit wordt verwezelijk in verschillende tussenstappen. Eerst wordt er een transistorschakeling gebouwd door gebruik te maken van een breadboard, hierbij valt te vermelden dat er nog geen gebruik wordt gemaakt van een Arduino. In deze schakeling werd er een MOSFET gebruikt als transitor, deze dient om de hoeveelheid stroom in de schakeling te variëren. Verder bestond deze schakeling nog uit een reed-contact en een LED. In deze stap is er bewust voor gekozen om een MOSFET te gebruiken in plaats van een bipolaire transistor. Het is namelijk zo een MOSFET compacter is dan een bipolaire transistor en bovendien verbruikt de MOSFET minder stroom.

Vervolgens wordt er overgaan naar de tweede tussenstap. In deze stap wordt er eerst een programma geschreven naar de Arduino. Dat programma werd geschreven zodat de Arduino het signaal kan analyseren van het reed- contact en zo een beslissing gaat maken. De Arduino gaat dan verder de transistor aansturen die op zijn beurt de spoel aanstuurt.

De code voor het programma wordt geschreven in de bijgeleverde software van Arduino dat terug te vinden is op hun site. Het programma ziet eruit als in figuur(2) en bestaat uit twee grote delen. Het eerste deel is de *setup*, alles wat in de setup staat wordt maar 1 keer doorlopen. Hierin worden meestal de pinnen geïnitialiseerd, in dit geval pin 2 als *input*-pin en pin 11 als *output*-pin. Het tweede deel is de *loop*, alles wat in de loop staat wordt oneindig keer doorlopen. Hierin wordt het algemene programma geschreven, in dit geval wordt er gekeken of pin 2 laag is. Als dit het geval is, dan zal pin 11 laag zijn. Anders zal pin 11 hoog zijn en de transistor dus schakelen.

In de laatste stap moeten de twee schakelingen samengevoegd worden tot één geheel. Het eerste prototype van de motor en de transistorschakeling met de LED. Belangrijk om hierbij op te merken is dat de transistorschakeling gebouwd was in functie van het implementeren in de motor. De aansturing van de LED gebeurde hierbij op dezelfde manier als de aansturing van de spoel zou verlopen.

Het reed-contact moest hierbij de functie van de drukknop op zich nemen. Dat signaal werd opgevangen door de Arduino, welk op zijn beurt een signaal gaf aan de MOSFET. Zoals eerder vermeld moest nu niet de led maar de spoel bekrachtigd worden. Wanneer één van de twee vaste magneten op de rotor in de buurt kwam van het reed-contact werd de spoel bekrachtigd door de MOSFET volgens het bovenstaande principe. Eenmaal alle componenten correct gepositioneerd waren draaide de motor met de transistor.

# Werking BLDC

Een brushless DC motor bestaat uit een lager waarop er een rotor is bevestigd. Op deze rotor zijn er permanente magneten bevestigd. Verder worden er rond de rotor een paar spoelen geplaatst, die dienst doen als elektromagneten. Om de werking van de brushless DC motor beter te kunnen uitleggen, wordt het volgende voorbeeld gebruikt, zoals weergegeven in de figuur(...). Op deze figuur worden zes spoelen afgebeeld. Verder worden de spoelen die over elkaar staan, met elkaar verbonden. Vervolgens zijn die spoelen zo gewikkeld dat als er een stroom wordt doorgestuurd; in de ene spoel een noordpool wordt geïntroduceerd en in de andere spoel er een zuidpool wordt geïntroduceerd. Hierna worden de beide magneten aangetrokken waardoor de rotor beweegt. Vervolgens wordt dit proces voor de volgende magneten herhaald waardoor er een draaiend magnetisch veld gecreëerd die de permanente magneten volgen. Verder wordt dit principe nog verbeterd door de magneten te laten aantrekken door twee spoelen, waardoor de aantrekkingskracht vergroot wordt. Als laatste bevat een brushless DC motor ook nog sensors zodat men weet waar de permanente magneten zich bevinden, hierdoor kan er een beter draaiend magnetisch veld worden gecreëerd waardoor de rotor ook beter draaid.

**figuur(...): voorbeeld brushless DC motor**

**bron:** https://www.youtube.com/watch?v=bCEiOnuODac

# Definitief ontwerp

## Elektrisch circuit

## ontwerpess DC motor wordt als vertrekbasis genomen voor het ontwerp van deze motor. Verder worden er wel een paar belangrijke wijzigingen doorgevoerd. Eerst en vooral wordt bestaat de motor uit twee grote delen. Het ene deel is de eigenlijke motor en het andere deel is dient als generator. Waarom er een generator wordt gebruikt heeft te maken met het bepalen van het rendement, hierover wordt in hoofdstuk vier van deze paper uitgelegd. Elk van deze motors heeft drie spoelen in plaats van de zes spoelen om de motor aan te drijven. Verder valt hierbij op te merken dat in dit ontwerp ook de generator kan gebruikt worden om de motor aan te drijven waardoor we een brushless DC motor krijgen die aangedreven wordt door zes spoelen.

1.1 opstelling

Het tweede punt waarop deze elektromotor zich verschilt met een klassieke brushless DC motor, berust zich in het feit dat er gebruik wordt gemaakt van afstoting in plaats van aantrekking, hierdoor wordt de elektromotor zuiniger omdat de stroomduur korter is bij afstoting in plaats van aantrekking.

Op figuur(...) wordt het bouwplan dan de elektromotor weergegeven. Als het circuit wordt overlopen, worden de twaalf MOSFETS als eerste tegen gekomen. Deze MOSFETS worden door de Arduino aangestuurd, dit gebeurt op basis van het signaal dat de Arduino ontvangt van de drie hall sensoren.

Op figuur(...) wordt het bouwplan dan de elektromotor weergegeven. Als het circuit wordt overlopen, worden de twaalf MOSFETS als eerste tegen gekomen. Deze MOSFETS worden door de Arduino aangestuurd, dit gebeurt op basis van het signaal dat de Arduino ontvangt van de drie hall sensoren.

1.2 bepaling rendement

In deze stap wordt het rendement van de motor bepaald. Wanneer men het rendement van een motor wilt bepalen, moet men eerst weten welke vormen van energie er zijn. Bij een Brushless DC motor zijn er drie vormen van energie.

Eerst en vooral is er elektrische energie, hierbij treden er al verschillende verliezen op. Zo treden er twee verliezen op in de spoel. Eerste verlies zit men in het feit dat de spoel een verliesstroom opwekt, verder bezit de draad van de spoel ook nog een kleine weerstand.

Vervolgens wordt de elektrische energie omgezet in magnetische energie, dit is de tweede vorm van energie. In een Brushless DC motor treden bij magnetische energie verlies op in de kern van de spoel, dit verlies hangt af van drie factoren. Eerste factor is uit welk materiaal de kern van de spoel vervaardigd is. Verder hangt het ook af of de kern al dan niet gelamineerd is. In dit project wordt dit niet gedaan ondanks het wel beter is als de kern van de spoel gelamineerd zou zijn. Het zou beter zijn omdat er dan minder foucaultstromen optreden in de kern. De voornaamste redenen waarom de kern niet gelamineerd zijn: het is eerst en vooral te moeilijk om de kern te lamineren, vervolgens is het ook te duur.

Als laatste wordt magnetische energie omgezet in mechanische energie, dit is de derde vorm van energie. In een Brushless DC motor treden bij mechanische energie twee verliezen op. Zo treedt er door wrijving energieverlies op in de rotor. Bijgevolg moet er voor de rotor het beste mogelijke model voor de rotor gekozen worden zodat de wrijvingskracht beperkt blijven. Vervolgens moet er ook voor gekeken worden dat de rotor goed uitgebalanseerd is. Zo is de Brushless DC motor 3D geprint en wordt die achteraf nog uitgelijnd zodat er zo weinig mogelijk verlies optreedt.

## eerste versie motor

2.1 opstelling

2.2 programeren in Arduino

2.3 bepaling rendement

## 3. tweede versie motor

3.1 opstelling

3.2 programeren in Arduino

2.3 bepaling rendement

# Lijst met figuren

# Lijst met tabellen

# Referentielijst