

Kleinschalige aandrijf high-end

De Nederlandse industrie zal het in toenemende mate moeten hebben van hoogwaardige precisieproducten met veel toegevoegde waarde. Wie 'precisie' zegt, zegt vaak in één moeite door 'miniaturisering' – en inderdaad zijn in hightech producten vaak meerdere functies samengebracht in een compacte ruimte. Voor het aandrijven van die functies worden onder meer micromotoren en daarmee geïntegreerde componenten als encoders en reductiekasten ingezet. Aan de hand van het programma van een grote aanbieder op dit gebied worden de aandrijftechnische mogelijkheden besproken.

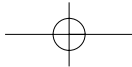
• **Diego Kennis** •

Anders dan soms wordt gedacht, is het principe van de micromotor al ruim een halve eeuw oud. Niet lang na de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde de Duitser Fritz Faulhaber de ijzerloze rotor en legde daarmee de basis voor de micromotor, een concept dat zich vervolgens ontwikkelde tot de diverse uitvoeringsvormen die ook in de macro-wereld voorkomen, zoals de borstelloze DC-motor. Achter de naam Faulhaber gaat inmiddels een wereldwijd opererend concern schuil, met productiestvestigingen in Duitsland, Zwitserland (Minimotor SA) en de Verenigde Staten (MicroMo Electronics, Inc.). Behalve diverse typen micromotoren (zie Figuur 1) omvat het programma ook precisie-reductiekasten (hoewel 'kasten' geen erg passende benaming lijkt voor precisiecomponenten met een diameter van enkele millimeters), servocomponenten en aandrijf-elektro-

nica. De grens waar het 'micro'-gebied wat betreft de buitendiameter van de motoren ophoudt en overgaat in 'gewoon', is willekeurig; de grootste Faulhaber-motor meet 44 mm in diameter. Overigens ontwikkelt de onderneming, die samen met concurrent Maxon het leeuwendeel van de wereldmarkt bedient, ook zeer klantspecifieke aandrijfo oplossingen naast het standaardprogramma.

Ijzerloze rotor

Bij de klassieke draaistroommotor draait een ijzeren kooi met koperdraadwikkelingen rond een stationaire weekijzeren kern, de stator. Bij de Faulhaber-micromotor roteert een lichtgewicht ijzerloze koperen spoel rond een stationaire permanente magneet (niet vervaardigd van ijzer, maar bijvoorbeeld van een NdFeB-legering), waardoor in tegenstel-



techniek in applicaties

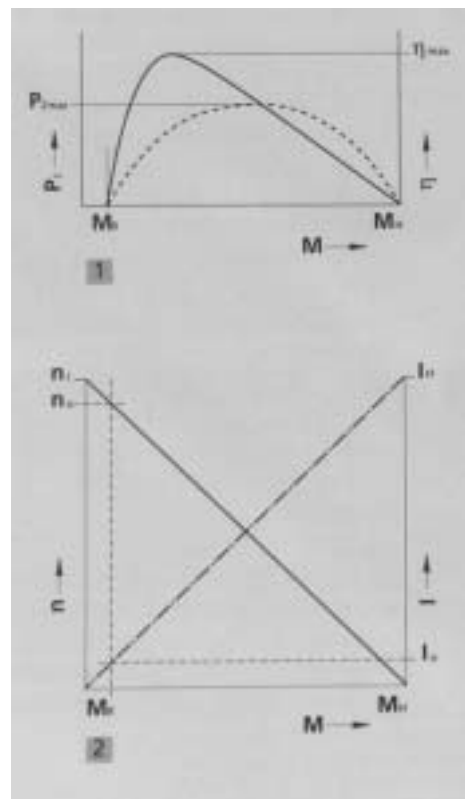


Figuur 1. Micromotoren zijn er in vele typen en afmetingen.

ling tot bij de klassieke draaistroommotor geen remanent magnetisch veld wordt opgewekt, zodat er ook geen sprake is van een nullastkoppel. De vederlichte ijzerloze rotor heeft een extreem gering massastraagheidsmoment en roteert volstrekt gelijkmatig. Deze micromotor kenmerkt zich dan ook door zeer goede dynamische eigenschappen. Bovendien is het rendement hoger dan dat van de klassieke motor; naarmate de motor groter is loopt het rendement op tot circa 90%. Dit hoge rendement is ook te danken aan de wijze waarop de draad is gewikkeld, een productietechniek die tot de bedrijfsgeheimen van de fabrikant behoort. Een hoog rendement is met name gunstig omdat bij microaandrijvingen vaak sprake is van batterijgevoede applicaties. Bovendien gaat een laag rendement gepaard met warmteontwikkeling, waardoor het op zich brede bedrijfstemperatuurgebied (125 °C) zou worden versmald. De door Faulhaber ontwik-

kelde motor kenmerkt zich verder door een luchtspleet van slechts enkele micrometers tussen rotor en stator.

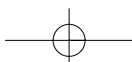
Figuur 2 geeft de bedrijfskarakteristiek van de Faulhaber-micromotor. De bovenste grafiek geeft het uitgaand vermogen en het rendement als functie van het motorkoppel weer,



Figuur 2. Bedrijfskarakteristiek van de micromotor.

Boven: uitgaand vermogen (P₂) en het rendement (η) als functie van het motorkoppel (M).

Onder: stroomsterkte (I) en toerental (n) in functie van het motorkoppel.

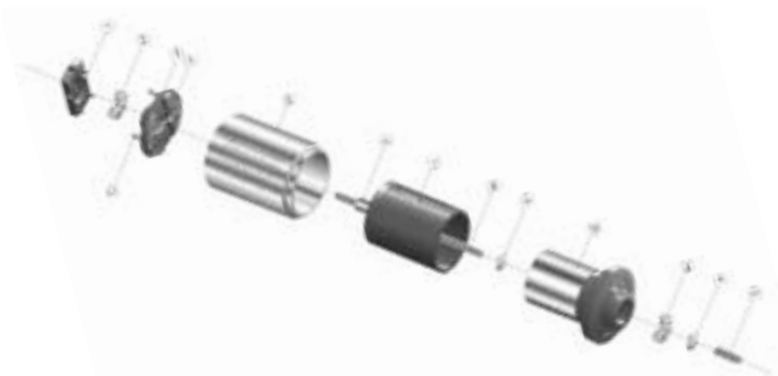


MICROMOTOREN

de onderste grafiek toont stroomsterkte en toerental in functie van het motorkoppel; opvallend is het volledig lineaire verband tussen koppel en toerental, te danken aan de ijzerloze wikkelingen en de wikkelwijze.

Edelmetalen borstel

Qua principe laten de miniatuurmotoren zich in twee hoofdgroepen onderscheiden: de DC-micromotoren met borstels (Figuur 3) en de borstelloze DC-motoren. Bij de eerste groep geschiedt de stroomoverdracht (commutatie) door borstels en collector, zoals bij een standaard elektromotor. De collector is verbonden met de onderling geïsoleerde wikkelingsegmenten; hoe meer segmenten, hoe stabiel het toerental.



Figuur 3. Exploded view van de micromotor met borstels en collector: afdekkapje (1), kogellager (2), borstelaafdekplaatje (3), borstels (4), behuizing (5), commutator (6), spoel (7), as (8), ring (9), magneet (10), busje (11) en aansluitpennen (12).

Bij de borstelmotor fungeren de wikkelingen als rotor en fungeert de magneet als stator. Bij de borstelloze motor is dit net omgekeerd en wordt het onder spanning brengen van de wikkelingen verzorgd door al dan niet geïntegreerde aandrijfelektronica (zie Figuur 4). De borstelloze DC-motoren combineren de voordelen van de bijzondere rotortechnologie met die van elektronische commutatie, te weten eenvoudig onderhoud en een lange levensduur.

Vanwege hun brosheid zijn koolstofborstels in zeer kleine afmetingen moeilijk te produceren. Vandaar dat DC-micromotoren van de eerste categorie worden voorzien van edelmetalen borstels (platina, goud, zilver of legeringen). Edelmetalen kenmerken zich door een lage contactweerstand. Met een koperen commutator en koper-grafietborstels is bij de motoren met een hoger vermogen een lange levensduur gewaarborgd, zelfs onder zware belastingcondities.



Figuur 4. Exploded view van borstelloze motor met geïntegreerde elektronica: printplaat met Hall-sensoren (1), behuizing met lamellenpakket (2), spoel met schuingewonden wikkelingen (3), rotor (4), aansluiting met de aandrijfelektronica (5) en voorzijde van de behuizing met montagegemogelijkheden (6).

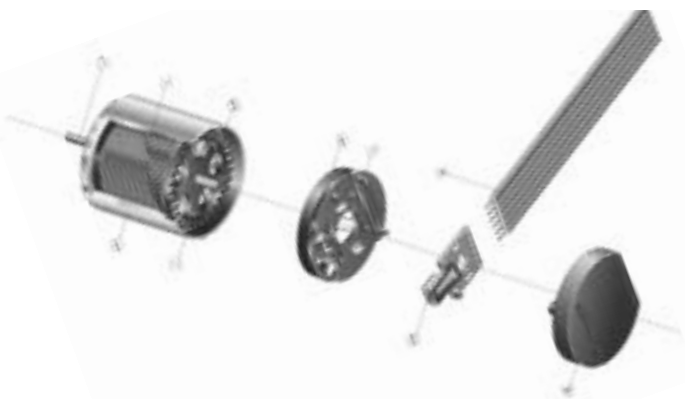
Naast de twee genoemde hoofdgroepen is er nog de aparte categorie van de borstelloze DC-servomotoren. Dit zijn zeer dynamische aandrijvingen met een relatief hoog vermogen voor toepassingen waarbij een lange levensduur en hoge betrouwbaarheid gewenst zijn. De magneten zijn gemaakt van zeldzame aardmetalen, die hoge versnellingen en koppels mogelijk maken. De elektronische commutatie met behulp van Hall-sensoren biedt bij deze motoren uiteenlopende mogelijkheden op het gebied van snelheden en nauwkeurige positiecontrole. Binnen deze productgroep is een speciaal autoclaaf-proof type ontwikkeld voor medische toepassingen waarbij sterilisatie vereist is.

Microaandrijfsysteem

Een micromotor wordt vaak toegepast als basis van een compleet microaandrijfsysteem, dat ook componenten als een microreductiekast (Figuur 5) of een encoder (Figuur 6) omvat. Faulhaber ontwikkelde bijvoorbeeld voor toepassingen waarbij hoge toerentallen en dynamiek worden vereist, een microaandrijfsysteem bestaande uit een borstelloze DC-micromotor, een planetaire reductie en besturingselektronica ondergebracht in een afzonderlijke unit (Figuur 7). De uitwendige diameter van motor en reductie bedraagt slechts 1,9 mm. Het systeem kan bijvoorbeeld worden toegepast voor de aandrijving van micropompen in medische apparatuur, microassemblagesystemen en lineaire positioneersystemen voor precisieoptiek.



Figuur 5. Micromotor met geïntegreerde reductie-'kast'.



Figuur 6. Exploded view van DC-micromotor met geïntegreerde encoder: as (1), spoel (2), commutator (3), DC-micromotor (4), magneetwiel (5), borstelafdekplaatje (6), borstels (7), linkkabel (8), elektronische sensor (9) en afdekkapje (10).

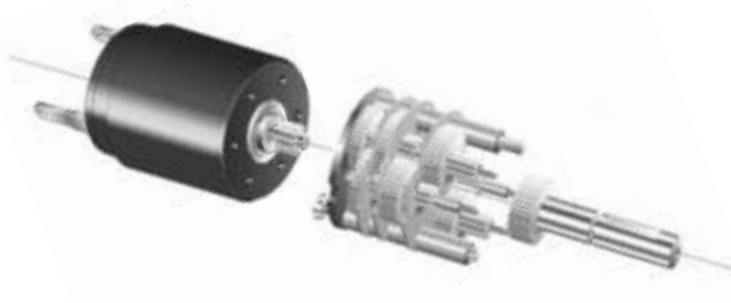


Figuur 7. Exploded view van een microaandrijfsysteem bestaande uit een borstelloze DC-micromotor en een planetaire reductiekast; de besturingselektronica is ondergebracht in een afzonderlijke unit.

Microreductiekasten zijn hoogwaardige staaltjes van precisietechniek. De vertragende functie kan op verschillende manieren worden gerealiseerd: met een klassieke tandwiel-overbrenging, met planeetwielen (zie Figuur 8) of via een hybride systeem. De klassieke reductie is compact en geluidsarm. Er zijn spelingsvrije versies voor toepassingen waarbij een exacte positionering vooropstaat (zie Figuur 9). Planetaire overbrengingen in metalen of kunststof versies zijn vooral geschikt voor compacte toepassingen met hoge koppels. Hybride systemen combineren de soepele loop van het eerste deel van de overbrenging op basis van tandwielen met de hoge koppels van het planetaire deel.



Figuur 8. Toerentalreductie door middel van een planeetwielen-overbrenging.



Figuur 9. Klassieke tandwielkast met spelingsvrije overbrenging.

Besturing en positionering

De besturing van een micromotor kan een eenvoudige versterker (driver) of een motion controller zijn. Deze laatste biedt de mogelijkheid tot intelligente regeling en nauwkeurige positionering. In toenemende mate is er sprake van integratie van beide regelingen (intelligente versterker).

MICROMOTOREN

De commutatie bij borstelloze DC-micromotoren geschiedt, zoals gezegd, elektronisch. Dit gebeurt op basis van positie-meting van de rotor met behulp van Hall-sensoren. Het gedetecteerde magnetische veld wordt omgezet in een elektrisch signaal. De klassieke oplossing, toegepast door de meeste fabrikanten, bestaat uit drie digitale Hall-sensoren; daarmee worden per omwenteling 3 x 2 pulsen, oftewel 6 signalen, gegeven. Dit is voldoende om de zes rotorposities voor commutatie aan te geven. Voor positionering is zes posities uiteraard onvoldoende; daarvoor dient een encoder te worden opgenomen. Faulhaber heeft voor een andere oplossing gekozen. Moet de borstelloze micromotor nauwkeurig kunnen positioneren, dan worden analoge of lineaire Hall-sensoren ingezet, drie stuks die 120° ten opzichte van elkaar zijn verschoven. Anders dan hun digitale tegenhangers geven deze geen pulsen af, maar een sinusvormig signaal dat door sampling een resolutie van bijvoorbeeld 2048 pulsen per omwenteling oplevert. Zo wordt als het ware een encoder gesimuleerd. Het voordeel van deze oplossing is dat een fysieke encoder wordt bespaard, wat niet alleen goedkoper is maar ook bekabeling uitspaart.

Applicatiecategorieën

Hoogwaardige micromotoren vinden in vele sectoren toepassing. Daarbij moet in de eerste plaats een onderscheid worden gemaakt tussen massa- en grootserietoepassing, waarbij doorgaans de prijs vooropstaat en de kwaliteit (levensduur) van secundair belang is, en de kleinserie- of zelfs enkelstuktoepassingen waarbij het net andersom is. De automotive-industrie is een typisch voorbeeld van de eerste categorie: de aantallen zijn groot, en de totale bedrijfstijd bij de aandrijving van bijvoorbeeld buitenspiegels bedraagt per saldo hooguit enkele uren; bovendien is een defect niet desastreus en worden geen bijzondere eisen gesteld aan de aandrijf karakteristiek. In een auto zitten 10 tot 100 low-end micromotoren.

In sectoren als medische techniek en lucht- en ruimtevaart staat ongestoord, langdurig functioneren met een goede bedrijfskarakteristiek voorop en speelt de prijs een ondergeschikte – soms zelfs geen enkele – rol. Faulhaber richt zich met zijn programma vooral op deze markt, die te verdelen is in de volgende sectoren:

- medische en laboratoriumapparatuur;
- instrumentatie (fijnmechanische techniek);
- fabrieksautomatisering en robotica;
- industriële apparatuur;
- kantoormachines (printers en dergelijke);
- beveiligingsapparatuur (onder meer camera's);
- communicatieapparatuur;
- lucht- en ruimtevaart;

- optische, audio- en videoapparatuur;
- apparatuur voor milieu- en persoonlijke beveiliging;
- de hobby- en modelbouwmarkt.

De markt voor hoogwaardige micromotoren – het zal niet verbazen – is groeiende. Motorisering van producten in het algemeen en miniaturisering in het bijzonder stimuleren de toepassing. In absolute waarde gemeten is de markt in de Benelux nog bescheiden: zo'n 10 à 15 miljoen euro.

Enkele recente projecten die door Minimotor Benelux zijn ondersteund, geven een indruk van de wijze waarop micromotoren de toegevoegde waarde van producten kunnen verhogen. Illustratief is de toepassing van borstelloze DC-motoren in een machine voor offset-bedrukking van plastic potjes voor zuivelproducten. Vanuit acht kleurenreservoirs moet de drukinkt nauwkeurig worden aangevoerd; het instellen van de dosering luistert zeer nauw. Voorheen werd dit handmatig gedaan, bij de nieuwe machine zorgen micromotoren hiervoor. Per kleur zijn er vijf motoren, in totaal gaat het dus om veertig motoren. De instelling geschiedt centraal vanuit een computer. De snelheid is indrukwekkend: 700 potjes per minuut worden bedrukt. De meerwaarde is gelegen in deze snelheid en de nauwkeurige, manonafhankelijke instelling. Micromotoren vonden recent ook toepassing in professionele optische systemen voor projectoren. Deze worden ingezet in een 'digitale bioscoop' voor simulatiedoeleinden. Men kan hierbij denken aan beelden die bij de opleiding van piloten worden gebruikt om het beeld na te bootsen dat door de ramen van de cockpit komt. De motoren zorgen daarbij voor nauwkeurige verstelling van de lenzen, 'zooming' en dergelijke. Ook in professionele tv-camera's worden hoogwaardige micromotoren toegepast, voor de verdraaiing van lenzen en filterwielletjes.

Ten slotte nog als voorbeeld machines voor cd-reproductie. De micromotoren zitten in de miniatuurrobots die de cd's van positie naar positie verplaatsen; ook worden ze toegepast tijdens het schrijven van de cd voor rotatie en de lineaire schrijfbeweging. In dergelijke apparatuur wordt circa één cd per seconde geproduceerd. De vereiste nauwkeurigheid gaat dus ook hier met een behoorlijke snelheid gepaard.

Informatie

Diego Kennis is zaakvoerder van Minimotor Benelux.
www.minimotor.nl