

Piëzotechnologie voor aandrijven en positioneren

• Ing. D.P. Moerman •

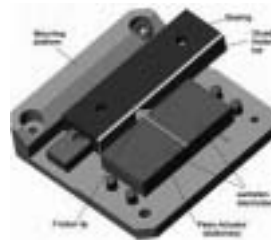
De laatste ontwikkelingen in de piëzotechnologie, gecombineerd met fijnmechanische overbrengingen, hebben geleid tot systemen met een grotere slag, met resoluties in het nanometerbereik. Daarnaast neemt de piëzomotor een steeds belangrijkere plaats in bij lange-slagverplaatsingen; ook doordat de aandrijfkraft steeds groter wordt met behoud van een zeer compacte behuizing.

Werking van de Pline piëzo-motor

De Pline piëzomotor bestaat uit een piëzo-elektrische oscillator, gemaakt van een rechthoekig piëzo-elektrisch element. Hierop wordt een keramische frictietip gemonteerd. Door het piëzo-element elektrisch aan te sturen gaat de tip bewegen volgens een elliptische baan, waarbij drukkrachten worden uitgeoefend op een frictiestaaf die gemonteerd is op het bewegend deel van een translatieslede (zie figuur 1). De aandrijfkraft die de actuator levert komt in principe uit de energie van de longitudinale golf; in de actuator in de figuur is de longitudinale golf de 'aandrijfgolf'.

De buiggolfenergie in de actuator wordt gebruikt om de longitudinale golf als het ware met regelmatige periodes te 'schakelen', door de frictietips tegen de aan te drijven frictiestaaf te drukken. De buiggolfkracht reguleert daarbij de maximaal beschikbare wrijvingskracht tussen frictietips en frictiestaaf op het bewegend element. Hierdoor vervult de buiggolf een soort van vasthoud-/loslaatfunctie.

De fase tussen de buiggolf en de longitudinale golf bepaalt uiteindelijk de richting waarin de frictiestaaf zal gaan bewegen. Weliswaar is de verplaatsing per periode van de longitudinale golf erg klein, maar door de hoge (ultrasone) frequentie worden per seconde dusdanig veel kleine verplaatsingen doorgegeven, dat er nettosnelheden gehaald kunnen worden tot circa 800 mm/s bij zeer hoge acceleraties (20G). De minimale stapgrootte is dan beter dan 0,1 μ m.



Afbeelding 1. Principe van werking van een Pline piëzomotor (Bron: Physik Instrumente, Karlsruhe)

Aansturing van de piëzomotor

De fase tussen de buiggolf en de longitudinale golf bepalen de richting; met de amplitude kan de snelheid worden geregeld. Dit wordt in een losse regeleenheid gedaan. Deze regeleenheid is zó ontworpen dat deze aan de ingangen de 'normale' signalen verwacht die door een standaard (DC-) servomotorcontroller worden geleverd. Deze worden dan door de piëzomotor regeleenheid verder vertaald naar richting en snelheid voor de piëzomotor. Bij closed-loop systemen wordt daarnaast de positie van het bewegend deel gemeten met conventionele encoders. Dit zal meestal ook een compact systeem zijn, bijvoorbeeld een glaslineaal. Het is daarbij van belang dat de resolutie en/of nauwkeurigheid een goede 'match' hebben met de applicatie en de mogelijkheden van de piëzomotor. Er worden op dit moment standaardoplossingen aangeboden met een resolutie beter dan 0,1 μ m.

Een idee van de afmetingen van een set wordt goed weergegeven in de volgende figuur.



Afbeelding 2. Voorbeeld van een Pline piëzomotor met frictiestaf en regelelektronica. De cd is ter verduidelijking van de compacte afmetingen (Bron: Physik Instrumente, Karlsruhe)

Praktische toepassing van een piëzomotor in een compacte, zeer platte XY tafel

Een samenwerking tussen ALT, PI en Technobis resulteerde in een praktische toepassing van een piëzomotor in een zeer compacte low-profile XY-tafel. Deze beweegt bijna geruisloos en haalt een reproduceerbaarheid van 0,2 μ m. Voor de slag is in dit ontwerp gekozen voor een 200 x 200 mm verplaatsing; grotere verplaatsingen zijn mogelijk zonder dat er een ander concept gekozen hoeft te worden. De totale hoogte van de slede wordt uitsluitend bepaald door de gekozen lagers. Om optimaal gebruik te kunnen maken van de mogelijkheden die de piëzomotor biedt, dienen deze ook van hoge kwaliteit te zijn. Als optisch meetsysteem wordt een lineaire encoder gebruikt op beide assen. De hoge snelheid (honderden mm/s), de snelle acceleratie en een MTBF groter dan 20.000 uur, maken dit type sledes ideaal voor de industriële toepassingen van dit mechatroniek tijdperk.



Afbeelding 3. Pline piëzomotoren ingebouwd in een low-profile XY-slede met grote slag (Bron: Technobis, Uitgeest)

Nieuwe ontwikkelingen in Flexure-ontwerpen

Naast de nieuwe piëzomotortechnologie wordt ook in de bestaande piëzotechnologie nog doorontwikkeld, en met succes. De nieuwste PIHera nano-stap sledes halen in een compacte behuizing een slag tot 0,5mm, waarbij nog steeds een subnanometer-resolutie wordt gehaald. De lange slag wordt gehaald door gebruik te maken van nieuwe zogenaamde 'flexure'-ontwerpen (gedraadvonkte gat-veer-constructies), waardoor tevens een uitstekende rechtheid van de beweging wordt gerealiseerd bij een snelle settling-time. Voor weglengte-controle in optische interferometrie of bijvoorbeeld bij het positioneren van een sample onder een microscoop, is deze langere slag nodig bij nanometer positioneer-nauwkeurigheid. Om naast een hoge resolutie ook een hoge reproduceerbaarheid/nauwkeurigheid te halen, kan gebruik worden gemaakt van contactloze, wrijvingsloze tweeplaats capacitieve sensoren. Anders dan bijvoorbeeld bij rekstroken en/of piëzoresistieve sensoren is hun signaal direct proportioneel met de verplaatsing. Er kunnen met capacitieve sensoren bewegingslineariteiten van beter dan 0,01% gehaald worden bij een resolutie in het subnanometer gebied.

Samen met hun hoge bandbreedte zijn capacitieve sensoren daarmee ideaal als sensor in dynamische applicaties; door hun compacte bouwvorm zijn ze de perfecte match met de compacte piëzosystemen. Door een goed mechanisch ontwerp is het daarbij mogelijk om geïntegreerde XYZ verplaatsingssystemen te bouwen, met een hoge resolutie/nauwkeurigheid en met een voor piëzosystemen lange slag in een zeer compacte bouwvorm. (figuur 4.)



Afbeelding 4. PIHera compacte XYZ manipulator (Bron: Physik Instrumente, Karlsruhe)

Dick Moerman is Commercieel Directeur bij Applied Laser Technology. Met dank aan Physik Instrumente en Technobis voor het ter beschikking stellen van beeldmateriaal.