

MASTER

Analyse van overspraakmechanismen tussen volgsystemen in een CD-speler

Schenk, Emile J.W.

Award date: 1987

Link to publication

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Technische Universiteit Eindhoven Fakulteit Elektrotechniek Vakgroep Meten en Regelen

.

Analyse van overspraakmechanismen tussen volgsystemen in een CD-speler

Emile J.W. Schenk

Rapport van het afstudeerwerk uitgevoerd van Okt. 1986 – Aug. 1987 in opdracht van Prof. Ir. F.J. Kylstra onder leiding van Ir. H.M.M. Lonij

Philips Compact Disc Laboratorium, Eindhoven.

De fakulteit Elektrotechniek van de Technische Universiteit Eindhoven aanvaardt geen verantwoordelijkheid voor de inhoud van afstudeerverslagen.

1

.

Samenvatting

In een CD-speler regelen twee servosystemen de radiële en vertikale positiefout, van uitleessysteem ten opzichte van plaat, naar een minimum. Tussen deze servosystemen bestaan overspraakmechanismen, waardoor de interpretatie van meetresultaten complex is. Analyse van het systeem moet uitgevoerd worden door middel van metingen bij een werkende speler, omdat procesverstoring de overspraakmechanismen verandert.

Dit rapport beschrijft een nieuwe methode van systeemidentifikatie, waarbij met een aantal eenvoudig te meten overdrachtsfunkties een model gevormd kan worden. Dit systeemmodel bevat, naast de twee servosystemen, optische overspraak van radiëel naar vertikaal en mechanische overspraak in beide richtingen. Alle overdrachtsfunkties, inklusief de overspraakmechanismen, zijn gedefinieerd in dit model.

Het is mogelijk de optische overspraak elektrisch te kompenseren, het effekt hiervan op de systeemoverdrachten kan met het model geanalyseerd worden.

Abstract

Two servosystems control disc readout in a CD-player, the radial and vertical servosystem respectively. Crosstalk exists between these two systems which makes interpretation of measurements complex. If the system is to be accurately characterised, measurements must be performed on an undisturbed process (i.e. a working player), since altering the system in any way changes the cross-talk mechanisms.

This report describes a new method of system identification, in which a system model is defined by means of a number of simply measured transfer functions. In addition to the two servosystems, this system model consists of optical crosstalk from radial to vertical and mechanical crosstalk in both directions. All transfer functions, including cross-talk mechanisms, are defined in this model.

It is possible to electrically compensate optical cross-talk and the effect of this on the system transfer functions can readily be analysed using this model.

Inhoudsopgave

1	Inleiding			
2	7			
	2.1 Het loopwerk	. 7		
	2.2 Het vertikale servosysteem	. 10		
	2.3 Het radiële servosysteem	. 14		
3	Overspraak	21		
	3.1 Optische overspraak	. 24		
	3.2 Elektrische overspraak	. 28		
	3.3 Mechanische overspraak	. 30		
	3.3.1 Buigen van de bladveer	. 30		
	3.3.2 Andere componenten van mechanische overspraak .	. 37		
4	Metingen bij een werkende speler	38		
5	Modelidentifikatie van de volgsystemen	44		
	5.1 Systeemanalyse met A_{xz} als onbekende.	. 45		
	5.2 Systeemanalyse met A_{xz} , A_x en A_z als onbekenden.	. 46		
	5.3 Modeluitbreiding	. 47		
	5.4 Systeemanalyse met A_x , A_z , A_{xz} en A_{zx} als onbekenden	. 48		
6	Openloop overdrachtsfunkties	53		
	6.1 Loopwerk A	. 54		
	6.2 Loopwerk B	. 55		
	Conclusies & Aanbevelingen			
7	Conclusies & Aanbevelingen	56		
7	Conclusies & Aanbevelingen 7.1 Conclusies	56 . 56		

	Referenties	59
A	Meetresultaten	60
В	Resultaten bij § 5.1	64
С	Resultaten bij § 5.2	66
D	Programma voor het berekenen van de 4 mechanische overdrachten m.b.v. de 4 metingen	68
E	Listing van de <i>Philpac</i> -file	77
F	Schakelingen voor toevoeging van 'optische' overspraak	79
G	Resultaten bij § 5.4, loopwerk A	80
Ħ	Resultaten bij § 5.4, loopwerk B	86
I	Openloop overdrachten, loopwerk A	92
J	Openloop overdrachten, loopwerk B	95

.

.

Hoofdstuk 1

Inleiding

De informatie op een Compact Disc is vastgelegd op een spiraalvormig spoor van putten en dammen, dat door de speler kontaktloos wordt gelezen met behulp van een lichtspot. De lichtspot moet nauwkeurig gefocusseerd zijn en het spoor moet exact gevolgd worden. Twee servosystemen reduceren continu de afwijkingen van de ideale positie van lichtspot ten opzichte van spoor. De lineaire aftastsnelheid van de plaat is konstant, waardoor het toerental van de binnenkant naar de buitenkant afneemt. Aan de regeling die dit verzorgt wordt in dit verslag geen aandacht besteedt.

Servosystemen De twee volgsysteemregelingen bestaan grofweg uit de volgende componenten:

- 1. Lichtweg. De laser stuurt een lichtbundel naar de plaat, die na terugkaatsing op fotodiodes valt. Deze diodes genereren een signaal dat een maat is voor de afwijking van de spot ten opzichte van het spoor, in respektievelijk de radiële en vertikale richting.
- 2. Versterker. Een elektrische regelaar en een eindversterker verzorgen de stabiliteit en het benodigde vermogen.
- 3. Actuator. Deze zet de elektrische energie om in mechanische, waarbij de opgewekte beweging de fout tegengaat. Hierdoor zal het door de diodes gegenereerde foutsignaal afnemen (tegenkoppeling).

Overspraak Het is de bedoeling dat de twee regelsystemen (radiëel en vertikaal) onafhankelijk van elkaar werken. De praktijk is echter niet ideaal,

een radiële fout kan een vertikale beweging veroorzaken en omgekeerd. Deze wederzijdse beïnvloeding heeft enkele belangrijke gevolgen:

- De modelvorming is complexer. Een één ingangs-één uitgangs model voldoet niet meer.
- Metingen moeten anders geïnterpreteerd worden, aangezien bij elke meting overspraakeffecten meespelen.
- Op één ingangs-één uitgangs model gebaseerde servoregelaars hebben niet exact het gewenste effect.
- Het ontwerp van een regelaar is ingewikkelder, een twee ingangs-twee uitgangs regelaar is gewenst.

In de huidige speler zijn experimenteel variabelen van de één ingangs-één uitgangs regelaar aangepast om niet te veel last te hebben van overspraak.

Doel Het doel van het afstudeerwerk is:

- 1. De analyse van de invloed van een aantal overspraakmechanismen op de nauwkeurigheid en stabiliteit van de radiële en vertikale regeling.
- 2. De ontwikkeling van een praktische meetmethode om de systeemparameters in het tweedimensionale positioneersysteeem (radiële en vertikale regeling) te bepalen.
- 3. Het ontwerpen van een regelaar die de nadelige invloed van de overspraakmechanismen minimaliseert.

De in dit verslag gehanteerde modellen zijn fenomenologisch, het is geen doel fysische verklaringen voor overdrachtsfunkties te vinden.

Simulatie De modellen van de volgsystemen zijn geanalyseerd met het simulatieprogramma *Philpac*, een programma voor simulatie van elektrische netwerken op componentenniveau waarin echter ook mathematische modellen zijn gedefiniëerd zodat overdrachtsfunkties rechtstreeks en eenvoudig kunnen worden ingevoerd.

Hoofdstuk 2

Volgsystemen in een CD-speler

2.1 Het loopwerk

In huidige Philips CD-spelers wordt een ééntrapsloopwerk gebruikt, wat inhoudt dat een radiëel volgsysteem uit een enkel positioneersysteem bestaat dat aan de eisen van zowel hoge nauwkeurigheid als groot positioneerbereik voldoet. De arm met opnemer beschrijft een boogbaan over de disc (hetzelfde principe als bij een conventionele platenspeler). De spoorvolgactuator (zie fig. 2.1) bestaat uit een om de stator gewikkelde spoel en een in de arm verwerkte magneet. Aan het ene uiteinde bevindt zich de optische opneemeenheid, aan het andere het kontragewicht. Indien een stroom door de spoel gestuurd wordt zal een koppel op de arm uitgeoefend worden en zal deze gaan roteren. Dit kan over een grote afstand zijn om een andere track op te zoeken, of een kleine afstand om de volgafwijking van het spoor kleiner dan $0.1\mu m$ te houden. Dit laatste is bijvoorbeel nodig om de opnemer de excentriciteit van de sporen (max $300\mu m$ bij een frekwentie van 4-10 Hz) te laten volgen.

De opnemer (zie fig. 2.2) bestaat uit een laser, objektief, halfdoorlatende spiegel en fotodiodes. De laser met golflengte $\lambda = 800nm$ stuurt een lichtbundel door het objektief, zodat de bundel exact op de plaat gefocusseerd is. De teruggekaatste hoeveelheid licht wordt gemoduleerd door de putten en dammen op het spoor, waarna via fotodiodes het muzieksignaal geregenereerd kan worden. Vanwege de hoge frekwentie wordt dit signaal het HF-signaal genoemd. Het focuspunt van de lichtspot moet zich binnen $\pm 0.5 \mu m$ van de plaat bevinden, anders kan geen informatie uitgelezen worden. Vandaar dat het objektief op en neer kan bewegen, wat gerealiseerd wordt door het op te hangen tussen twee bladveren. Een spoel waartussen de lens met magneet zich kan bewegen staat los hiervan. Ten gevolge van een stroom door de spoel zal de lens met magneet zich zover verplaatsen tot de tegenkracht van de bladveren en van de zwaartekracht gelijk is aan de kracht die door de stroom in de spoel wordt veroorzaakt.

In [Bouwhuis] en [McGee] staat verdere informatie over CD-principes.



1.radiële arm 2.objektief 3.fotodiodes 4.as van radiële arm 5.kontragewicht 6.magneetring

Figuur 2.1: Onderaanzicht van de arm van een CD-speler



1.objektief 2.focusspoel 3.magneetring 4.bladveren 5.fotodiodes 6.weerkaatst licht 7.laser 8.radiële arm

Figuur 2.2: Zijaanzicht van de opneemeenheid, waarbij de fotodiodes 90° verdraaid zijn ter wille van de tekening

2.2 Het vertikale servosysteem

De optiek O_z

In fig. 2.3 staat de lichtweg afgebeeld zoals deze volgens het Foucault focusseerprincipe bij CDM3 (Compact Disc Mechanisme, 3^e generatie) gebruikt wordt. Hieruit kan een foutsignaal evenredig met de vertikale afwijking van het focuspunt afgeleid worden. Als de spot precies in focus is vallen de gesplitste bundels precies tussen D₁ en D₂ en tussen D₃ en D₄. Bij defocussering zullen de bundels dichter naar elkaar toe of uit elkaar schuiven. Het signaal (D₁+D₄) - (D₂+D₃) kan dus gebruikt worden als FE(focuserror)-signaal. In fig. 2.4 staat FE als funktie van de vertikale afwijking, het lineaire verband geldt voor ongeveer $\pm 5\mu m$ van het focuspunt.

Meting Het doel van de meting is de overdracht van vertikale positie naar spanning te bepalen voor kleine afwijkingen van het focuspunt.

Ik stuur de focusactuator aan met een wisselspanning waardoor deze op en neer gaat door het focuspunt. Op de oscilloscoop ziet FE er uit als in fig. 2.4. De spanningsval over het lineaire gebied van $10\mu m$ bedraagt 12.4 V.

De verhouding FE/vert.afstand rond het focuspunt wordt gegeven door:

$$\frac{FE}{z} = O_z = 1.2 \cdot 10^6 \ V/m$$

Het blokschema van de vertikale regeling staat in fig. 2.5.

Het elektrische netwerk E_z

 E_z , de elektrische overdracht voor de vertikale regeling bestaat behalve uit versterking uit een lag- en een leadnetwerk. De benodigde overdrachten zijn in [Doren] berekend.

Het lag-netwerk (pool op 8 Hz, nulpunt op 80 Hz) reduceert fouten van lage frekwenties met een extra factor.

Het lead-netwerk (pool op 3.8 kHz, nulpunt op 380 Hz) voorkomt instabiliteit door de fasemarge bij 0dB te vergroten.

De overdracht wordt gegeven in A/V, omdat de actuator stroomsturing vereist.

$$\frac{I_z}{FE} = E_z = K \cdot \frac{1 + 1.99 \cdot 10^{-3}s}{1 + 1.99 \cdot 10^{-2}s} \cdot \frac{1 + 4.19 \cdot 10^{-4}s}{1 + 4.19 \cdot 10^{-5}s} A/V$$

De versterkingsfaktor K bepaalt de bandbreedte, die gedefinieerd is als de frekwentie waar de versterking van de open lus van de regeling (inclusief





Figuur 2.3: lichtweg en ontstaan van vertikaal foutsignaal

1

•

•



Figuur 2.4: FE als funktie van de afwijking van het focuspunt



 Z_p = Vertikale positie van de plaat Z_a = Vertikale positie van de actuator

Figuur 2.5: Blokschema van de vertikale servoregeling

actuator) 0dB is. Met K = 0.482 is de bandbreedte vastgelegd op 1200Hz. De Bodekarakteristiek van E_z staat in fig. 2.6. De grafiek is het resultaat van een *Philpac*-analyse, de assen bij al deze grafieken zijn als volgt:

X-as:	frekwentie
linker Y-as:	schaal in dB, behorende bij de amplitudegrafiek
	(doorgetrokken lijn).
rechter Y-as:	schaal in graden, behorende bij de fasegrafiek

(gestippelde lijn).



Figuur 2.6: Bode karakteristiek van het vertikale elektrische netwerk

De actuator A_z

 A_z is de overdracht van spanning naar vertikale beweging van het objektief. Het is een massa-veer-systeem met demping (zie [Doren]), wat in eerste instantie als tweede orde systeem gemodelleerd wordt:

$$\frac{Z_a}{I_z} = A_z = \frac{2.6 \cdot 10^{-3}}{1 + 2.89 \cdot 10^{-4} s + 8.37 \cdot 10^{-6} s^2} m/A$$

De openloop karakteristiek van de totale lus staat in fig. 2.7.



Figuur 2.7: De vertikale openloop karakteristiek

2.3 Het radiële servosysteem

De optiek O_x

De generatie van het radiële foutsignaal geschiedt met de *push-pull* methode, die berust op interferentie van afgebogen gereflecteerde lichtstralen. Een lichtbundel met golflengte λ die door een rooster met gatengrootte $\approx \lambda$ gaat zal gesplitst worden in meerdere afgebogen stralen die elkaar gedeeltelijk overlappen (zie fig. 2.8). Op eenzelfde manier wordt de laserbundel die op een CD valt door de putdiepte van $\lambda/6.7$ gesplitst als hij gereflecteerd wordt (zie fig. 2.9). Theoretisch ontstaan er een oneindig aantal afgebogen stralen, maar hier worden alleen de 0^e en 1^e orde beschouwd, omdat van hogere ordes de intensiteit klein is en de bundels buiten het objektief vallen. Als de spot precies op een spoor gericht staat zullen de eerste orde bundels (beide gelijke intensiteit) de 0^e orde bundel gedeeltelijk uitdoven. Indien de spot zich van het spoormidden verwijdert zullen de fases van de 1^e orde bundels veranderen (ook ten opzichte van elkaar) en zal aan de ene of andere kant minder uitdoving optreden. Fig. 2.10 laat de intensiteiten zien zoals deze door het objektief gaan. De *push-pull* generator van foutsignalen detecteert de intensiteitsverschillen zoals in fig. 2.11 aangegeven, er geldt: $RE = (D_1+D_2) - (D_3+D_4)$. RE als funktie van de spoorafwijking kan geschreven worden als:

$$RE = a\sin\frac{2\pi x}{\delta}$$

waarbij δ de spoorafstand, x de afwijking van het spoormidden en a een constante is. Het feit dat de funktie een sinus is komt doordat de spoorafstand $1.6\mu m$ is. Als δ kleiner of groter is wordt de sinus verstoord. De spot zal zich de meeste tijd ongeveer op het spoor bevinden, dus van belang is de overdracht voor kleine afwijkingen van het spoor. De gemodelleerde gelineariseerde overdracht van spoorafwijking naar RE is de afgeleide van de funktie van fig. 2.12 in een punt waar RE=0.

Meting Het doel van de meting is de overdracht van radiële foutpositie naar spanning te bepalen voor kleine afwijkingen van het spoor.

Ik heb de radiële arm over een aantal sporen laten bewegen en daarbij op een oscilloscoop het *RE*-signaal bekeken. Zoals verwacht is het signaal een sinus, zoals in Fig. 2.12. De top-top-waarde van de sinus komt overeen met een halve spoorsteek $(0.8 \ \mu m)$ en bedraagt 0.6 V.

De verhouding RE/hor.afstand op het spoor is de afgeleide van de sinus in de oorsprong:

$$\frac{RE}{x} = O_x = 1.2 \cdot 10^6 \ V/m$$

Het blokschema van de horizontale regeling staat in fig. 2.13.

Het elektrische netwerk E_x

 E_x bestaat uit de volgende componenten:

- Een lag-netwerk (pool bij 8Hz, nulpunt bij 90Hz).
- Een lead-netwerk (pool bij 1580Hz, nulpunt bij 158Hz).

Vanwege de stroomsturing wordt de overdracht gegeven in A/V:

$$\frac{I_x}{RE} = E_x = K \cdot \frac{1 + 1.77 \cdot 10^{-3}s}{1 + 1.99 \cdot 10^{-2}s} \cdot \frac{1 + 1.01 \cdot 10^{-3}s}{1 + 1.01 \cdot 10^{-4}s} A/V$$

K = 1.47 legt de bandbreedte van de open lus inclusief actuator vast op 500Hz. Deze is zo laag gekozen vanwege overspraak en de mechanische eigenschappen van de actuator. De Bodekarakteristiek van E_x staat in fig. 2.14.



Figuur 2.8: Een lichtbundel wordt gesplitst en afgebogen in gedeeltelijk overlappende bundels. Het gearceerde gebied wordt door de fotodiodes 'gezien'.



Figuur 2.9: Af buiging van de door de disc gereflecteerde bundel



Figuur 2.10: Som van de intensiteiten van de drie belangrijke afgebogen lichtbundels



Figuur 2.11: Generatie van het RE-signaal



Figuur 2.12: RE als funktie van de radiële spoorafwijking

.



 X_a : Radiële positie van de actuator

Figuur 2.13: Blokschema van de radiële servoregeling



Figuur 2.14: Bode karakteristiek van het horizontale elektrische netwerk

De actuator A_x

De radiële actuator wordt voorlopig gemodelleerd zonder enige verstoring in de frekwentiekarakteristiek. De overdracht wordt gegeven door twee polen in de oorsprong:

$$\frac{X_a}{I_x} = A_x = \frac{19.85}{s^2} m/A$$

De openloop karakteristiek staat in figuur 2.15.



Figuur 2.15: De radiële openloop karakteristiek

Hoofdstuk 3

Overspraak

De tot nu toe beschouwde modellen van de volgsystemen zijn onafhankelijk, een signaal in de ene servolus zal dan nooit een reaktie in de andere lus teweegbrengen. In de praktijk is de situatie niet ideaal, er zijn verscheidene overspraakmechanismen waardoor de regelingen wederzijds beïnvloed worden. Deze overspraak kan worden onderverdeeld in de volgende soorten, waarvan het model in fig. 3.1 staat.

- optisch RE en FE zijn beide afhankelijk van zowel de radiële als de vertikale foutpositie. Deze optische overspraak is frekwentieonafhankelijk. (Gemodelleerd als O_{zz} en O_{xz} .)
- elektrisch Elektrische overspraak kan optreden in de servo-elektronika (gemodelleerd als E_{zx} en E_{xz}), en op een folie met kopersporen waarop stromen vloeien van μA (afkomstig van de diodes) naast stromen van honderden mA (aansturing van de vertikale actuator). (Niet gemodelleerd.)
- **mechanisch** Bij aansturing van de vertikale of radiële actuator kunnen door de eindige stijfheid van de materialen frekwentieafhankelijke translatiebewegingen in andere dan de gewenste richting optreden. (Gemodelleerd als A_{xz} en A_{zx} .)
- magnetisch De magneten in de hoofdmotor kunnen invloed hebben op de actuatoren, vooral als ze aan de binnenkant van de plaat staan. (Niet gemodelleerd.)
- via de plaat Een actuatorbeweging kan via het loopwerk en de hoofdmotor de plaat aanstoten, waardoor een extra foutpositie ontstaat waarop de

regeling zal reageren. (Niet gemodelleerd.)

Alle mechanismen zijn zeker aanwezig, sommige zijn echter essentieel groter dan andere. Verwacht wordt dat de grootste overspraakcoëfficiënten geleverd worden door optische overspraak van radieel naar vertikaal (O_{zz}) en mechanische overspraak van vertikaal naar radieel (A_{xz}) . De analyse van de overspraak zal zich daarom in eerste instantie op deze twee componenten concentreren, andere overspraakpaden zullen echter niet zonder meer verwaarloosd worden.

Overspraak in een regelsysteem kan twee gevolgen hebben, ten eerste wordt een verstoring toegevoegd, de reaktie hierop veroorzaakt een positiefout. Een tweede effect treedt op als tussen twee regellussen overspraakmechanismen beide kanten op bestaan. Naast een wederzijdse excitatie wordt dan ook het dynamische en statische gedrag van de regelingen beïnvloed, en de overdrachtsfunkties veranderen. Het is dus mogelijk dat door overspraak de fase- of amplitudemarge verkleind wordt of zelfs instabiliteit optreedt.

Meetprincipes

Het doel van de metingen is een model te vormen dat zo goed mogelijk lijkt op de werkelijkheid, en de overdracht van alle blokken in het model zo exact mogelijk te bepalen. Dit is mogelijk door een regellus te onderbreken, een blok te isoleren en zijn overdracht te meten of door het hele systeem intakt te laten, enkele metingen uit te voeren en daarna analytisch de overdracht van elk blok te berekenen. Deze methodes worden respektievelijk openloopen closedloop meting genoemd.

- **Openloop** Het nadeel van deze methode is dat vaak alleen indirekte metingen mogelijk zijn. Bij voorbeeld de lichtspotverplaatsing op de plaat is moeilijk te meten, dit kan met een fotodiode-kwadrantencel boven de spot of een versnellingsopnemer op de acuator. De meting vereist een complexe meetopstelling en de meetgrootheid is een afgeleide van de gewenste grootheid. Versnellingsopnemers kunnen bovendien met hun relatief grote gewicht de meting verstoren. Het voordeel van deze methode is dat je precies één bepaalde overdracht meet.
- Closedloop Deze methode heeft het voordeel dat de meetopstelling eenvoudig is, waardoor hij snel toepasbaar is op verschillende



Figuur 3.1: Servosystemen met alle mogelijke overspraakpaden

loopwerken, om bv. de uitwerking van een bepaalde wijziging te bekijken. Een nadeel is dat een goed model bekend moet zijn om de overdracht van een blok te kunnen bepalen.

Een inventarisatie van door anderen verrichte overspraakmetingen staat in [Duijvestijn].

Meetstrategie Ik tracht zo veel mogelijk te meten zonder complexe meetopstelling, liefst met een werkende speler. Dit houdt in openloop als de overdracht eenvoudig te meten is, verder closedloop.

Meetloopwerken Alle metingen zijn in eerste instantie verricht aan 'loopwerk A', ter controle is de analysemethode toegepast op 'loopwerk B'. Alle metingen zijn aan de buitenkant van de plaat verricht.

3.1 Optische overspraak

Verwachting

Optische overspraak ontstaat in de lichtweg van de servoloop. De door de plaat teruggekaatste laserbundel moet drie informatiestromen opwekken:

- RE, een maat voor de radiële afwijking laserspot-spoor.
- FE, geeft aan in hoeverre de spot uit focus is.
- HF, de hoogfrekwente audio-data.

De optisch-elektrische omzetting geschiedt door fotodiodes, die exact gepositioneerd moeten zijn voor een goede signaaltransformatie. Bij een kleine afwijking is het al mogelijk dat een elektrisch signaal afhankelijk wordt van meerdere positiegrootheden, tevens leiden optische aberraties tot onnauwkeurigheden.

Een dergelijke fout kan versterkt worden door het feit dat de arm, waar de diodes op gemonteerd zijn, een cirkelbeweging over de plaat maakt. Hierdoor verandert de oriëntatiehoek van de plaatsporen ten opzichte van de diodegeometrie tijdens het afspelen van een plaat. De lobben van de eerste orde bundels staan niet altijd als in fig. 2.10, maar hun positie verandert bij een andere stand van de arm zoals in fig. 3.2 is aangegeven.

De verandering van de intensiteiten van de spot zoals die door het objektief vallen is niet direkt te vertalen naar een intensiteitsverschil op de



Begin van de plaat

Halverwege de plaat

Einde van de plaat

Figuur 3.2: Projectie van spoor op diodes op verschillende plaatposities.

diodes. Het is echter aannemelijk dat bij verandering van de oriëntatiehoek als in fig. 3.2 de lichtintensiteiten op de diodes ook veranderen waardoor optische overspraak kan ontstaan.

Het is mogelijk dat de optische overspraak afhankelijk is van de mate van defocussering van de spot. In dit verslag hebben echter alle metingen betrekking op een werkende speler, en aangenomen mag worden dat daarin de defocussering niet groot zal zijn. Vandaar dat dit effect verwaarloosd wordt.

Meetprincipe

Bij deze meting wordt gewerkt met een continue plaat. Dit wil zeggen dat het spoor niet bestaat uit putten en dammen, maar alleen uit een lange spiraalvormige put. Hierdoor is het mogelijk metingen met een stilstaande plaat uit te voeren doordat de volgsystemen op elk punt kunnen detecteren of ze op het spoor zitten danwel ernaast, wat normaal op een dam niet mogelijk is. Dit heeft het voordeel dat de meting van één variabele minder (namelijk de tangentiële plaats op de plaat) afhankelijk is. Deze plaat heeft een andere reflectiecoëfficient dan een normale, bij eenzelfde positieuitwijking is de spanning van RE of FE anders. Met de manier van blz. 10 en 15 heb ik de overdrachten bepaald:

$$\frac{RE:0.5 \text{ V}/\mu m}{FE:0.5 \text{ V}/\mu m}$$

De doelstelling van deze meting is te bepalen hoe FE afhangt van de radiële foutpositie, voor de interpretatie van de meting is het echter duidelijker om deze overspraak in μm vertikaal per μm horizontaal te weten.

Tijdens de meting wordt de radiële actuator sinusvormig aangestuurd, zodat de arm over een aantal sporen heen en weer beweegt. De radiële lus is niet gesloten. Het FE-signaal is afhankelijk van de radiële positie van de spot op het spoor. De verhouding van de signalen in de radiële en de vertikale lus is te bepalen door FE uit te zetten tegen RE.

Bij het meten met de stilstaande plaat moet de lichtspot natuurlijk op de plaat gefocusseerd staan. Dit is mogelijk door de vertikale lus te onderbreken en de actuator aan te sturen of door de lus gesloten te laten. De meting is uitgevoerd met de tweede methode. De frekwentie van het overspraaksignaal is zo hoog gekozen dat de vertikale lus dit niet zal reduceren. Het toegevoerde signaal in de radiële lus wordt zodanig ingesteld dat er over 10 sporen heen en weer gesprongen wordt met een frekwentie van 2500 sporen/sec. Deze frekwentie vinden we terug in het RE- en FE-signaal.

Meetresultaten

Voor de twee loopwerken is de overdracht gemeten op verschillende punten van een plaat. Bij alle metingen zien wij een ellips (zie Fig. 3.3).

De optische overspraak van RE naar FE is dus niet éénduidig, maar omdat RE van spoor tot spoor twee keer dezelfde waarde aanneemt is de relatie tussen de plaats op de plaat en FE dat wel. Voor de servoregeling is alleen het stuk van $-\frac{1}{4}\delta$ tot $+\frac{1}{4}\delta$ van belang, en daar is ook RE-FEéénduidig.

Het feit dat de overspraak aan het begin van een plaat niet gelijk is aan die op het einde valt te verklaren door de verandering van de oriëntatiehoek van de sporen ten opzichte van de diodegeometrie (zie blz. 24).

Om te bepalen welke van de twee punten waar RE=0 op het spoor ligt voeren wij de volgende meting uit. De speler wordt op dezelfde manier aangestuurd als bij de overspraakmeting, op de oscilloscoop zetten wij nu echter het somsignaal van alle diodes tegen FE uit. Het somsignaal zal minimaal zijn op het spoor, omdat daar het minste licht teruggekaatst wordt.





binnenkant van de plaat





e

halverwege de plaat



buitenkant van de plaat

Figuur 3.3: Optische overspraakmetingen van radieel naar vertikaal

Het is dan mogelijk te bepalen of FE positief of negatief is op het spoor. Het punt van het spoor is dan terug te vinden op de FE-RE-grafiek. Voor beide loopwerken geldt: FE > 0 op het spoor.

De overspraakcoëfficient kunnen we definiëren als de raaklijn aan de ellips in het punt op het spoor, in μm vertikaal per μm radiëel.

> Overspraak 'loopwerk A' : -5 % tot -50 %'loopwerk B' : +20 % tot +51 %

Conclusie

Uit de metingen blijkt dat de optische overspraak van radiëel naar vertikaal per loopwerk verschilt. Tevens is bij een loopwerk de overspraak afhankelijk van de positie van de spot op de plaat. Het is niet mogelijk een algemene funktie voor O_{zz} te bepalen, tenzij de radiële positie als parameter genomen wordt. In het model heb ik bij frekwentieanalyses voor O_{zz} een konstante aangenomen (loopwerk A: $O_{zz} = -0.3$, loopwerk B: $O_{zz} = 0.5$).

Overspraak van vertikaal naar radiëel

De verwachting is dat de optische overspraak van vertikaal naar radiëel klein zal zijn.

Gemeten is met een gesloten vertikale loop en een open radiële loop, waarvan de arm vastgezet is. In de vertikale loop wordt een wisselspanning geïnjecteerd, zodat de vertikale actuator op en neer beweegt. Daarbij blijft het objektief binnen het scherptedieptegebied van $\pm 1 \mu m$.

Op de oscilloscoop is nu RE tegen FE uitgezet. De maximale overspraak (in V/V) is nu zo klein (≈ 1 %), dat deze verwaarloosd mag worden.

3.2 Elektrische overspraak

De elektrische overspraak bestaat uit twee belangrijke onderdelen. Ten eerste de overspraak in de servo-IC's, deze is te modelleren als in fig. 3.1, en zal verwaarloosd worden.

Het tweede onderdeel treedt op op een folie die de verbinding maakt tussen de opneemeenheid (met laser, vertikale actuator en fotodiodes) en de elektronika-print. Op deze folie liggen op enkele mm van elkaar kopersporen waardoor stromen vloeien met een grootte van enkele μA (afkomstig van de fotodiodes) en van enkele honderden mA (aansturing van de vertikale actuator).

Meetmethode Doel van de meting: Bepaling van de overspraak op de folie.

De laser is uitgeschakeld, waardoor beide servosystemen openloop zijn. Een stroom I stuurt via de folie de focusactuator aan, gemeten worden de overdrachten RE/I en FE/I. Het resultaat staat in fig. 3.4. De helling van beide grafieken is +20dB/decade, dit duidt op een capacitieve overdracht, wat te verwachten is bij dicht naast elkaar lopende stromen. De fase is bij RE/I 90° (capaciteit); bij FE/I -90° voor hoge frekwenties (capaciteit, spanning geïnverteerd), dit wordt minder bij lagere frekwenties, wat op ook een resistieve overdracht duidt.



Figuur 3.4: Overspraak op de folie

De grootte van de overspraak zegt weinig over de invloed ervan, omdat dit getal relatief is. Het is belangrijk te weten hoe bij normaal bedrijf de verhouding van de signalen RE en FE ten opzichte van I zijn. Hiervoor zijn van de drie signalen de vermogensspectra gemeten. Zolang geldt dat het vermogen van RE of FE groter is dan van I heeft de overspraak minder invloed dan vanuit fig. 3.4 verwacht kan worden. Dit is waar voor het hele



Figuur 3.5: Vermogensspectrum van RE en FE t.o.v. focusstroom

frekwentiegebied, vandaar de conclusie dat de invloed van de elektrische overspraak te verwaarlozen is.

3.3 Mechanische overspraak

3.3.1 Buigen van de bladveer

De mechanische constructie van een bladveer brengt met zich mee dat een vertikale beweging een horizontale beweging impliceert. In fig. 2.2 is de vertikale actuator vereenvoudigd tot twee stangen met een scharnier, hiermee is de horizontale beweging als funktie van de vertikale te berekenen.

In figuur 3.7 staat deze funktie afgebeeld voor 0mm < z < 0.5mm, waarbij d voor CDM3 7mm is. De overspraakcoëfficient is de overspraak voor kleine bewegingen vanuit een bepaalde vertikale uitwijking, deze is in fig. 3.8 afgebeeld. De overspraak neemt duidelijk toe naarmate de bladveer verder uit de ruststand komt. De overspraakcoëfficient verandert van 0 in de ruststand tot 7% bij de maximale uitwijking van $\pm 0.5mm$.

Absoluut is de horizontale afwijking $17.9\mu m$ bij een vertikale uitwijking van 0.5mm van de bladveer-ruststand. Dit lijkt veel ten opzichte van de spoorafstand van $1.6\mu m$, maar aangezien een speler een plaat met een



Figuur 3.6: Horizontale beweging veroorzaakt door bladveerbuigen



Figuur 3.7: Overspraak door het buigen van de bladveer



Figuur 3.8: Overspraakcoëfficient door het buigen van de bladveer

excentriciteit van $200 \mu m$ kan afspelen valt het wel mee.

Afhankelijkheid van de positie op de plaat

Door de overspraak van de bladveer worden bewegingen in horizontale richting uitgevoerd. Deze bestaan uit twee componenten, een in radiële en een in tangentiële richting. De radiële component staat loodrecht op de sporen en is belangrijk voor de radiële regeling, de horizontale component moet daarom verder ontleed worden.

De oorsprong van het assenstelsel wordt verondersteld in de as van de plaat.

Richting van een plaatspoor

Vergelijking voor de sporen: $x^2 + y^2 = r^2$

$$\Rightarrow \frac{\delta y}{\delta x} = -\frac{x}{y}$$

Positie van de bladveer als funktie van de hoek ψ

$$x = -rsin\psi$$



Figuur 3.9: Hoek van de bladveer ten opzichte van plaatsporen



Figuur 3.10: Hoek tussen bladveer en plaatspoor

$$y=rcos\psi-l$$

.

Richting van de bladveer

Vergelijking voor de cirkel:

$$x^{2} + (y - l)^{2} = r^{2}$$

 $\Rightarrow \frac{\delta y}{\delta x} = \frac{-x}{y + l}$

Hoek φ

 φ is de hoek tussen de richting van een plaatsporen en van de bladveer.

$$arphi = arctan rac{-x}{y} - arctan rac{-x}{y+l}$$

Vermenigvuldigingsfactor

De factor waarmee de horizontale bladveerverandering (v) vermenigvuldigt moet worden om de radiële fout (w) te krijgen is (zie Fig. 3.10):

$$\frac{w}{v} = sin\varphi$$

Maten voor CDM3

Afstand tussen as hoofdmotor en radiële motor: l = 43mmAfstand tussen radiële motoras en objektief: r = 30.3mm

Tijdens het afspelen van een plaat geldt $25^{\circ} < \psi < 95^{\circ}$. In figuur 3.11 is te zien dat $sin\varphi$ in dit gebied continu tussen 0.8 en 1 ligt. Buiten dit gebied is deze faktor veel kleiner, het zou dus gunstig zijn om de hoek tussen actuatorarm en bladveer te veranderen.

Verandering van de hoek tussen actuatorarm en bladveer

Om de foutfaktor $sin\varphi$ te verkleinen is het mogelijk de bladveer zodanig te monteren dat de hoek tussen actuatorarm en bladveer groter is.

De foutfaktor wordt bij de grotere hoek:

$$sin\beta = sin(\varphi - \alpha)$$

Getracht is de hoek α zo te bepalen dat

 $\int_{25}^{95} |foutfaktor| \, \delta\psi$

wordt geminimaliseerd. In figuur 3.13 is de relatie tussen α en de integraal over de foutfaktor uitgezet. De huidige situatie is bijna de ongunstigste, een rotatie van de bladveer over 104° zou optimaal zijn.

$$lpha = 104^\circ$$
 : $\int |foutfaktor| = 17.95$

 $\alpha = 0^\circ$: $\int |foutfaktor| = 65.40$



Figuur 3.13: $\int | foutfaktor | als funktie van hoek \alpha$

Het vergroten van hoek α heeft als voordeel een kleinere overspraak, het heeft echter ook nadelen:

• Als de bladveer in het verlengde van de actuatuatorarm staat (dit geldt voor $\alpha = 90^{\circ}$) zal de bladveer bij draaiing van de arm veel eerder de neiging tot kantelen vertonen dan wanneer hij loodrecht op de arm staat (oude situatie). Met kantelen wordt een draaibeweging om de lengteas van de bladveer bedoelt. Deze beweging vermindert de radiële positioneernauwkeurigheid.
• De horizontale overspraakfout van de bladveer wordt ontleed in een radiële en een tangentiële component. Bij een grotere α wordt de radiële fout kleiner en dus de tangentiële fout groter. Dit impliceert een tijdfout bij het uitlezen van de bits, aangezien deze in tangentiële richting op de plaat staan. Door de excentriciteit van de plaat (max. 200 μ m) treedt een tijdfout op, die geen invloed heeft op de informatieverwerking, de overspraak-tijdfout moet hierbij opgeteld worden. Als de fout door overspraak veel kleiner dan de totale fout is zal deze verwerkt kunnen worden, dit is waarschijnlijk het geval.

Conclusie t.a.v. het buigen van de bladveer

De statische overspraak van vertikaal naar radiëel, die veroorzaakt wordt door het buigen van de bladveer, is veel kleiner dan wat de radiële servolus kan verwerken.

Het verkleinen van deze overspraak door de hoek tussen actuatoras en bladveer te vergroten zal daarom vermoedelijk meer nadelen (kantelen van de bladveer) dan voordelen hebben.

De overspraak is het kleinste als de bladveer in de ruststand staat. Het is dus wenselijk de hoogte van de bladveer zodanig in te stellen dat hij bij een normale platte plaat recht staat.

3.3.2 Andere componenten van mechanische overspraak

Indien de bladveer oneindig stijf was in alle richtingen behalve de vertikale zou de mechanische overspraak alleen uit het buigen bestaan. Er treden echter ook trillingsvormen en torsieresonanties in alle andere richtingen op die een bijdrage aan mechanische overspraak kunnen leveren.

Een andere component van de mechanische overspraak wordt bij voorbeeld geleverd door het actie = -reactie principe. Als het objektief omlaag of omhoog gaat zal volgens de theorie van de vorige paragraaf ook de horizontale positie veranderen. Er wordt een horizontale kracht op de bladveer uitgeoefend, waardoor een tegenkracht vanuit de radiële actuator geactiveerd wordt, die de actuator van plaats laat veranderen omdat de spot op het spoor moet blijven.

Deze twee verschijnselen, en ook andere moeilijker te analyseren effecten, zullen geanalyseerd worden met de closedloop-methode.

Hoofdstuk 4

Metingen bij een werkende speler

Een analyse van de volgsystemen terwijl de speler in bedrijf is betekent het analyseren van de responsie op een bekende excitatie van een van de volgsystemen. De excitatie en meting van de responsie kunnen het best *elektrisch* uitgevoerd worden, aangezien elektrische signalen het gemakkelijkst te meten zijn. In het model komen vier elektrische signalen voor: RE, I_x , FE en I_z , tussen $RE - I_x$ en $FE - I_z$ zit alleen een bekende elektrische overdracht, dus er zijn twee praktische meetpunten, ik kies voor RE en FE. De signalen worden toegevoerd en gemeten als in fig. 4.1. De plaatfouten X_p en Z_p zijn gemiddeld 0, dus als van elke meting het gemiddelde van een aantal monsters genomen wordt gaat het model over in fig. 4.2.

In het model kunnen vier overdrachtsfunkties gedefinieerd worden:

Overdrachtsfunktie M_1 :

 $I_1 \neq 0$ $I_2 = 0$ Meting: $\frac{RE}{-I_1}$ De overdrachtsfunktie hiervan wordt gegeven door:

$$\frac{RE}{-I_1} = \frac{O_x E_x A_x}{O_x E_x A_x + O_x A_{xz} O_{zx} \frac{E_z A_z}{1 + O_z E_z A_z}}$$

Hierop wordt de berekening $\frac{X}{1-X}$ met $X = \frac{RE}{-I_1}$ toegepast waarbij de oplossing de overdracht voorstelt van I_1 naar RE als bij de opteller



Figuur 4.1: Meetschema voor closedloop metingen



Figuur 4.2: Meetschema bij het middelen van een aantal closedloop metingen

.

 (I_1+RE) de RE-ingang losgemaakt wordt. Dit is M_1 , de funktie wordt gegeven door:

$$M_1 = \frac{O_x E_x A_x}{1 + O_x A_{xz} O_{zx} \frac{E_z A_z}{1 + O_x E_z A_z}}$$

Overdrachtsfunktie M_2 :

$$\begin{split} I_1 &\neq 0 \\ I_2 &= 0 \\ \text{Meting: } \frac{FE}{RE} \\ \text{Dit is } M_2 \text{, de funktie wordt gegeven door: } \end{split}$$

$$M_2 = \frac{O_{zx}}{1 + O_z E_z A_z}$$

Overdrachtsfunktie M_3 :

$$\begin{split} I_1 &= 0\\ I_2 &\neq 0\\ \text{Meting: } \frac{FE}{-I_2}\\ \text{De overdrachtsfunktie hiervan wordt gegeven door: } \end{split}$$

$$\frac{FE}{-I_2} = = \frac{O_z E_z A_z + O_{zz} A_{zz} E_z A_z \frac{O_z}{1 + O_z E_z A_z}}{1 + O_z E_z A_z + O_{zz} A_{zz} E_z A_z \frac{O_z}{1 + O_z E_z A_z}}$$

Hierop wordt de berekening $\frac{X}{1-X}$ met $X = \frac{FE}{-I_2}$ toegepast waarbij de oplossing de overdracht voorstelt van I_2 naar FE als bij de opteller (I_2+FE) de FE-ingang losgemaakt wordt. Dit is M_3 , de funktie wordt gegeven door:

$$M_3 = O_z E_z A_z + O_{zz} A_{zz} E_z A_z \frac{O_z}{1 + O_z E_z A_z}$$

Overdrachtsfunktie M_4 :

$$\begin{split} I_1 &= 0\\ I_2 &\neq 0\\ \text{Meting: } \frac{RE}{FE}\\ \text{Dit is } M_4 \text{, de funktie wordt gegeven door: } \end{split}$$

$$M_4 = \frac{A_{xz}}{(1 + O_x E_x A_x) \frac{O_x}{O_x} + O_{zx} A_{zz}}$$

Van beide loopwerken zijn deze overdrachten gemeten, de meetresultaten staan in appendix A.

Om berekeningen met de metingen te kunnen uitvoeren moeten de amplitude- en fasewaardes bij elke frekwentie bekend zijn. Hiervoor zijn polen en nulpunten van een meting bepaald door de signalanalyser, of, als een meting veel onregelmatigheden bevat, zijn van alle frekwentiepunten de reëele en imaginaire waarden overgenomen en in de computer ingevoerd.

Metingen versus openloop overdracht

Een openloop overdrachtsfunktie in het systeem met twee in- en uitgangen is de overdracht van X_p naar X_a als de radiële terugkoppellus onderbroken is respektievelijk van Z_p naar Z_a als de vertikale terugkoppellus onderbroken is. Wanneer het effect van de optische en mechanische overspraakpaden verwaarloosd mag worden is M_1 gelijk aan de radiële openloop overdracht (van plaatfout naar actuatorbeweging), en is M_1 zonder meer bruikbaar voor stabiliteitsanalyse van de radiële lus. Wanneer de overspraak niet verwaarloosd mag worden zal een parallelpad via de vertikale lus invloed hebben op zowel M_1 als de radiële openloop overdrachtsfunktie. Er is echter een verschil tussen deze twee: Bij M_1 (zie fig. 4.3) wordt het pad via vertikaal teruggekoppeld over $-O_x$, terwijl bij de openloop funktie (zie fig. 4.4) het parallelpad een feedforward over $E_x A_x$ voorstelt. Dit verschil zal resulteren in verschillende funkties, daarom wordt bij de huidige methode ter bepaling van openloop overdrachten (waaruit M_1 verkregen wordt) een fout geïntroduceerd.

Voor M_3 en de vertikale openloop overdracht geldt natuurlijk iets soortgelijks, bij M_3 (zie fig. 4.5) is het parallelpad via radieel een feedforward over $-O_z$, bij de openloop overdracht (zie fig. 4.6) is het een terugkoppeling over $E_z A_z$. M_3 wordt vaak foutief als vertikale openloop overdracht geïnterpreteerd.



 P_z = Overspraak via de vertikale lus: $A_{xz}O_{zx}\frac{E_zA_z}{1+O_zE_zA_z}$





Figuur 4.4: Radiële openloop overdracht gemodelleerd



 P_x = Overspraak via de radiële lus: $A_{xz}O_{zx}\frac{O_x}{1+O_xE_xA_x}$

Figuur 4.5: meting M_3 gemodelleerd



Figuur 4.6: Vertikale openloop overdracht gemodelleerd

Hoofdstuk 5

Modelidentifikatie van de volgsystemen

Het doel van de modelidentifikatie is het vormen van een model dat goed lijkt op de werkelijkheid, en het bepalen van alle overdrachtsblokken daarin. In eerste instantie wordt uitgegaan van het model volgens fig. 4.1, met als bekende overdrachten:

Als enige onbekende in het model blijft de mechanische overspraak van vertikaal naar radieel, A_{xz} , over.

Indien dit model niet voldoet zal in eerste instantie getracht worden de hierboven aangegeven mechanische overdrachtsfunkties beter te modelleren, in tweede instantie wordt het model aangepast.

Bekend van de werkelijke speler zijn de gemeten overdrachtsfunkties M_1 t/m M_4 , die uiteindelijk door het model goed gereproduceerd moeten kunnen worden.

5.1 Systeemanalyse met A_{xz} als onbekende.

Bij deze analyse worden alle overdrachtsfunkties van het model als hierboven aangenomen, de enige onbekende is de mechanische overspraak A_{xz} . In de formules van de overdrachtsfunkties M_1 , M_3 en M_4 (zie blz. 38 e.v.) komt A_{xz} voor. Met één van de gemeten overdrachten is A_{xz} op te lossen en kan het model geverifieerd worden. Hierna kan worden nagegaan of met een andere gemeten overdrachtsfunktie hetzelfde resultaat geldt. De formule voor M_4 is om te schrijven als:

$$A_{zz} = \frac{(1 + O_z E_z A_z) \frac{O_z}{O_z} M_4}{1 - O_{zz} M_4}$$

Deze funktie wordt in *Philpac* ingevoerd en geanalyseerd, de uitkomst staat in appendix B. De overdracht bevat enige resonanties, bij 400, 750, 1400 en 2500Hz, bij 750 Hz wordt de amplitude zelfs groter dan 0dB.

Nu de enige onbekend veronderstelde overspraakoverdracht A_{zz} bekend is kunnen we de overdrachtsfunkties M_1 , M_2 en M_3 berekenen (zie appendix B). Deze overdrachten zijn al gemeten (zie appendix A), het is nu mogelijk de berekende met de gemeten karakteristieken te vergelijken.

- M_1 : De berekende en de gemeten karakteristiek vertonen een piek bij 750Hz, de berekende heeft echter nog een tweede bij 400Hz.
- M_2 : De gemeten karakteristiek vertoond enkele pieken, terwijl de berekende dat niet doet.
- M_3 : De gemeten karakteristiek is glad terwijl in de berekende enkele pieken voorkomen.

Uit deze vergelijking kunnen we concluderen dat het model nog niet voldoet. Een mogelijke verklaring is dat de actuatoroverdrachten A_x en A_z niet zo eenvoudig zijn als verondersteld, maar één of enkele resonantiepieken vertonen.

Omdat het model duidelijk nog niet voldoet heeft het geen nut de analyse uit te voeren door A_{xz} op te lossen uit de gemeten overdrachtsfunktie M_1 of M_3 .

5.2 Systeemanalyse met A_{xz} , A_x en A_z als onbekenden.

Na de conclusie van de vorige paragraaf zijn er drie onbekenden in het model: de mechanische overspraak A_{zz} en de actuatoroverdrachten A_z en A_z . Er zijn vier gemeten overdrachtsfunkties, hiervan kunnen drie gebruikt worden om de onbekende modelblokken te berekenen, waarna de vierde overblijft ter verifikatie van het model. De berekening van de model-overdrachten wordt uitgevoerd met een combinatie van de gemeten overdrachten. Na verifikatie van het model met de vierde gemeten overdracht is verdere verifikatie mogelijk door de procedure te herhalen met een andere combinatie van gemeten overdrachten. De formules voor de mechanische overdrachten berekend uit de gemeten overdrachtsfunkties M_1 , M_3 en M_4 staan in tabel 5.1, de door *Philpac* berekende grafieken staan in appendix C.

$$A_{z} = \frac{M_{3} - O_{zx}O_{x}E_{z}A_{z}\frac{M_{4}}{1 - M_{4}O_{zx}}}{O_{z}E_{z}}$$

$$A_{xz} = \frac{(1 + M_{1})\frac{O_{z}}{O_{x}}M_{4}}{1 - O_{zx}M_{4} + \frac{O_{zx}O_{z}E_{z}A_{z}}{1 + O_{z}E_{z}A_{z}}M_{4}}$$

$$A_{x} = \frac{\frac{M_{1}}{O_{x}} - O_{zx}A_{xz}\frac{E_{z}A_{z}}{1 + O_{z}E_{z}A_{z}}}{E_{x}}$$

Voor de berekening in *Philpac* maakt het niet uit dat $A_z = f(A_z)$, dit betekent een terugkoppeling.

Tabel 5.1: Funkties voor het berekenen van A_x , A_z en A_{xz} .

Vergelijken we de berekende actuatoroverdracht A_x met de eenvoudige aanname van de vorige paragraaf dan valt op dat de berekende overdracht een duidelijke resonantie bevat. A_z bevat slechts kleine oneffenheden, A_{zz} heeft dezelfde resonantiefrekwenties als de in de vorige pargagraaf berekende, alleen bij 400Hz is de amplitude groter. Geconcludeerd kan worden dat de aanname dat A_x resonanties bevat juist is, bij A_z treden slechts kleine verschillen op ten opzichte van de vorige paragraaf.

De controle van het model wordt uitgevoerd door de gemeten.

overdrachtsfunktie M_2 te vergelijken met de door het model berekende. De gemeten overdrachtsfunktie heeft een resonantiefrekwentie bij 700Hz en een sterke stijging van de amplitude bij 3kHz. De amplitude van de berekende karakteristiek stijgt snel bij 400Hz en 700-800Hz en heeft een kleine resonantiepiek bij 1400Hz. Deze effecten zijn klein ten opzichte van de de effecten bij de gemeten overdrachten.

De beide karakteristieken lijken niet goed op elkaar, het vermoeden rijst dat het model van de praktijk afwijkt.

De resultaten van het model zijn niet goed, daarom blijft verdere verifikatie, door de mechanische overdrachten met een andere combinatie van gemeten overdrachten uit te rekenen, achterwege.

5.3 Modeluitbreiding

De verschillen tussen de met het model berekende en de gemeten overdrachtsfunktie M_2 nodigen uit tot een nadere beschouwing van het model. De formule voor M_2 luidt:

$$M_2 = \frac{O_{zz}}{1 + O_z E_z A_z}$$

De optische overdrachten O_{zz} en O_z zijn frekwentieonafhankelijk.

De elektrische regelaar E_z bestaat alleen uit reëele polen en nulpunten.

 A_z is berekend en blijkt een gladde karakteristiek te zijn.

Dit laatste wordt verklaard door de gemeten overdracht M_3 , dit is een gladde karakteristiek. Het model voor M_3 (zie fig. 4.5) bestaat uit $O_z E_z A_z$ + een parallelpad, waarschijnlijk zal het parallelpad weinig invloed hebben en A_z een gladde karakteristiek zijn. (De andere mogelijkheid dat een piek in A_z door het parallelpad precies gecompenseerd wordt lijkt onwaarschijnlijk.)

De konstatering dat A_z , net als E_z , een gladde karakteristiek is, en O_{zx} en O_z frekwentieonafhankelijk zijn, leidt tot de conclusie dat M_2 (zie bovenstaande formule) een funktie met weinig oneffenheden moet zijn. In de praktijk bevat overdracht M_2 echter oneffenheden die veel duidelijker tot uiting komen dan in de berekende overdracht. Deze discrepantie kan niet opgelost worden met dit model.

Conclusie: Er moet een ander pad tussen de radiële en vertikale lus zijn, dit zou een mechanische overdracht van radiëel naar focus kunnen zijn, A_{zz} . Een andere mogelijkheid is dat er tegen de verwachting in elektrische overspraak van betekenis is. Dit maakt echter in het mathematische model geen verschil met mechanische overspraak omdat de blokken E en A direkt achter elkaar zitten, eventuele elektrische overspraak wordt nu in de mechanische overspraak gemodelleerd.

Bij modeluitbreiding met de overspraakoverdracht A_{zx} verkrijgen we het model volgens fig. 5.1, wat bij het middelen van enkele metingen (dan geldt $X_p = Z_p = 0$) overgaat in fig. 5.2.

De overdrachten M_1 t/m M_4 worden nu ook funkties van de overdracht A_{zx} , ze staan uitgewerkt in tabel 5.2.

$$M_{1} = \frac{O_{x}E_{x}A_{x} - \frac{O_{x}E_{x}A_{x}O_{z}E_{z}A_{z}A_{xz}A_{zx}}{1 + O_{z}E_{z}A_{z}}}{1 + \frac{O_{zx}O_{x}E_{z}A_{z}A_{xz}}{1 + O_{z}E_{z}A_{z}}}$$

$$M_{2} = \frac{O_{zx} + \frac{O_{z}}{O_{x}}A_{zx}}{1 + O_{z}E_{z}A_{z} - O_{z}E_{z}A_{z}A_{zx}A_{xz}}$$

$$M_{3} = O_{z}E_{z}A_{z} - \frac{O_{x}E_{x}A_{x}O_{z}E_{z}A_{z}A_{zx}A_{xz}}{1 + O_{x}E_{x}A_{x}} + \frac{O_{zx}O_{x}E_{z}A_{z}A_{xz}}{1 + O_{x}E_{x}A_{x}}$$

$$M_4 = \frac{\frac{O_x}{O_z} A_{xz}}{1 + O_x E_x A_x + \frac{O_x}{O_z} O_{zx} A_{xz} - O_x E_x A_x A_{xz} A_{zx}}$$

Tabel 5.2: $M_1 t/m M_4$ als funktie van de modelblokken

5.4 Systeemanalyse met A_x , A_z , A_{xz} en A_{zx} als onbekenden.

In het model van de vorige paragraaf zijn vier blokken niet of niet exact bekend, namelijk de radiële en vertikale actuatoroverdracht A_x en A_z en de mechanische overspraakmechanismen A_{xz} en A_{zx} . Met de vier gemeten overdrachtsfunkties M_1 t/m M_4 zijn deze te berekenen, zie tabel 5.3.

In vorige paragrafen zijn oplossingen van formules als in tabel 5.3 met Philpac berekend. Hiervoor moet een blokschema van de formule gemaakt



Figuur 5.1: Meetschema voor closedloop metingen



Figuur 5.2: Meetschema bij het middelen van een aantal closedloop metingen

•

$$A_{x} = -\frac{M_{1} + M_{1}M_{2}M_{3}M_{4}}{(M_{1}M_{2}M_{3}M_{4} - 1)O_{x}E_{x}}$$
$$A_{z} = -\frac{\frac{M_{3} + M_{1}M_{2}M_{3}M_{4}}{M_{1}M_{2}M_{3}M_{4} - 1} - O_{zx}M_{3}M_{4}\frac{M_{1} + 1}{M_{1}M_{2}M_{3}M_{4} - 1}}{O_{z}E_{z}}$$

$$A_{xz} = -\frac{M_3 M_4 \frac{M_1 + 1}{M_1 M_2 M_3 M_4 - 1}}{O_x E_z A_z}$$

$$A_{zx} = \frac{O_{zx} \frac{M_1 + M_1 M_2 M_3 M_4}{M_1 M_2 M_3 M_4 - 1} - M_1 M_2 \frac{M_3 + 1}{M_1 M_2 M_3 M_4 - 1}}{O_z E_x A_x}$$

Tabel 5.3: Funkties voor het berekenen van A_x , A_z , A_{zz} en A_{zx} .

worden dat bij verdere analyse van het model als overdrachtsfunktie in het model gebruikt wordt, *Philpac* moet dus voor elke analyse de formule van het blokschema opnieuw uitrekenen. Hierdoor kost het analyseren via deze methode veel rekentijd, naast het nadeel van het benodigde blokschema van de formule.

In dit geval moeten vier vergelijkingen opgelost worden, wat eenvoudiger en sneller gaat met een FORTRAN-programma (zie appendix D) dat op 100 frekwentiepunten de waardes berekent en een file maakt die in de *Philpac*file (zie appendix E) gebruikt kan worden voor verdere analyse. De op deze manier berekende mechanische overdrachten staan in appendix G.

Het verkregen model is voor alle vier de overdrachtsfunkties zeker gelijk aan de gemeten overdrachten, want dat was de invoer voor de berekeningen. Een verifikatie met een van de gemeten overdrachten is niet mogelijk, toch moet een modelcontole uitgevoerd worden om de juistheid van het model te testen.

In de speler kan extra 'optische overspraak' toegevoegd worden. Dit gebeurt natuurlijk elektrisch, door met een opamp-optelschakeling (zie appendix F) een signaal $FE + \alpha RE$ (α variabel) te maken en dit voor verdere signaalbewerking te gebruiken in plaats van FE. Voor kleine afwijkingen van het spoor mag O_{zx} konstant verondersteld worden (zie de ellipsen van fig 3.3), dan mag α er zonder meer bij opgeteld worden. De nieuwe O_{zx} is dan gelijk aan $O_{zx} + \alpha$.

Met $\alpha = -0.7$ $(O_{zx} + \alpha = -1)$ is de optische overspraak vergroot. Met $\alpha = 0.3$ $(O_{zx} + \alpha = 0)$ is de overspraak gecompenseerd, wat te meten is met behulp van de grafieken waarin *FE* tegen *RE* wordt uitgezet (zie § 3.1). De afgeleide in het punt *RE*=0 is 0 bij gecompenseerde overspraak. Met deze twee waardes van α zijn de overdrachtsfunkties M_1 t/m M_4 opnieuw gemeten. In het model is de optische overspraak overeenkomstig veranderd en zijn de karakteristieken berekend. De gemeten en berekende overdrachtsfunkties worden vergeleken in appendix G.

- M_1 : De berekende en de gemeten karakteristiek tonen weinig verschil bij verschillende O_{zx} . De piek bij 750Hz wordt iets lager bij hoge O_{zx} , dit klopt bij het model.
- M_2 : Bij $\alpha = 0.3$ bij 1.2kHz vertoont de berekende karakteristiek een amplitude dip terwijl de gemeten karakteristiek dit niet doet. Bij $\alpha = -0.7$ ligt de berekende karakteristiek tussen 1 en 2kHz horizontaal, de gemeten karakteristiek stijgt licht. Bij 3kHz is de amplitude van de berekende karakteristiek even groot als bij $\alpha = 0$, bij de gemeten karakteristiek ligt deze hoger. Dit laatste verschijnsel kan een gevolg zijn van het verschil bij 1-2kHz.
- M_3 : De karakteristieken kloppen heel goed met elkaar.
- M_4 : De karakteristieken kloppen heel goed met elkaar.

De conclusie voor dit model is dat het goed klopt tot 3kHz, daarboven klopt het bij M_2 niet meer. De juistheid van het model wordt nu verder getest door de procedure toe te passen op loopwerk B.

Loopwerk B

De optische overspraak hiervan is normaal 0.5, de extra overspraak bedraagt:

$$\alpha = -0.5 (O_{zx} + \alpha = 0)$$
$$\alpha = 1.2 (O_{zx} + \alpha = 1.7)$$

De resultaten van zowel de praktijk als het model staan in appendix H.

Bij loopwerk B zijn de berekeningen ongeveer gelijk aan de metingen, behalve bij M_2 boven 3kHz. Net als bij het loopwerk A stijgt hier de meetwaarde voor grotere O_{zx} , maar de berekende waarde blijft gelijk.

Conclusie

Het verkregen model komt goed overeen met de praktijk, op één discrepantie na: Bij variatie van optische overspraak komt de berekende waarde van M_2 bij 3kHz niet met de meting overeen, dit geldt voor beide loopwerken. Deze fout kan veroorzaakt worden door:

- 1. Meetfouten. Een meting is afhankelijk van de plaats op de plaat waar gemeten wordt, soms geven kleine afwijkingen behoorlijke veranderingen in een meting. De vier metingen zijn niet tegelijk uitgevoerd, het is mogelijk dat de meetposities op de plaat niet exact gelijk zijn.
- 2. Niet lineaire overdrachten. In het model komen alleen lineaire overdrachtsfunkties voor, de servoregelingen zijn niet op nietlineariteiten onderzocht.
- 3. Modelfouten. Het model is niet volledig en er moet een blok toegevoegd worden.
 - Mechanische overspraak is reeds beide kanten op gemodelleerd, dus een extra blok is niet mogelijk.
 - Elektrische overspraak toevoegen biedt geen oplossing, omdat E en A direkt achter elkaar zitten en een eventuele elektrische overspraak nu in de mechanische gemodelleerd wordt.
 - De gemeten optische overspraak van vertikaal naar horizontaal is zo klein dat het opnemen ervan in het model geen effect heeft.
 - De overspraak op de folie is zoals in hoofdstuk 3.2 uitgerekend te verwaarlozen.
 - Een mogelijke modeluitbreiding is de overspraak via de plaat. Het trillen van een actuator kan via de hoofdmotor de plaat aanstoten wat weer invloed heeft op de foutsignalen. In [McGee] is de belangrijkste resonantiefrekwentie van een disc gemeten, deze is 110Hz, het is onwaarschijnlijk dat de invloed van overspraak via de disc bij 3kHz groot zal zijn.

Geen van de hier besproken uitbreidingen van het model biedt een goede oplossing voor de modelfout.

Hoofdstuk 6

Openloop overdrachtsfunkties

Onder een openloop overdrachtsfunktie bij een systeem met n ingangen en n uitgangen wordt de overdracht verstaan van ingang i naar uitgang i als alleen de terugkoppellus van uitgang i naar ingang i onderbroken is.

Voor het uiteindelijk gevormde model gelden de volgende formules voor de openloop overdrachten:

Vertikale openloop overdracht:

$$\frac{Z_a}{Z_p} = \frac{O_z E_z A_z + O_z E_z A_z O_x E_x A_x + O_z E_z A_z O_x E_x A_x A_{zz} A_{zz}}{1 + O_x E_z A_z O_z E_z A_z O_{zz} A_{zz}}$$

Radiële openloop overdracht:

$$\frac{X_a}{X_p} = O_x E_x A_x + \frac{O_x E_z A_z O_{zx} A_{xz} + O_z E_z A_z O_x E_x A_x A_{zx} A_{zz}}{1 + O_z E_z A_z}$$

Deze overdrachten bepalen de reaktie van de radiële respektievelijk vertikale actuator op een plaatfout in radiële respektievelijk vertikale richting, en moeten voldoende amplitude en fasemarge hebben om bij terugkoppeling stabiel te zijn.

De oorzaak van een storende piek in een openloop overdrachtsfunktie kan toegeschreven worden aan één of meerdere overdrachtsblokken, aangezien deze allemaal bekend zijn.

Omdat M_1 respektievelijk M_3 vaak geïnterpreteerd worden als openloop overdracht is het nuttig deze twee te vergelijken met de werkelijke openloop karakteristieken. Natuurlijk is het gunstig om zo weinig mogelijk overspraak te hebben, het ontkoppelen van één overspraakpad hoeft echter niet altijd een verbetering te betekenen. Omdat optische overspraak in de praktijk het gemakkelijkst te kompenseren is zijn de openloop karakteristieken van het model voor $O_{zx} = 0$ berekend.

Deze analyses zijn in onderstaande paragrafen voor loopwerk A en loopwerk B uitgevoerd.

6.1 Loopwerk A

Alle karakteristieken die betrekking hebben op loopwerk A staan in appendix I.

De vertikale openloop overdracht

De openloop overdrachten bevatten twee pieken, bij 400 en 750Hz. De 400Hz piek is alleen in overdracht A_{xz} te vinden, dus deze zal de oorzaak zijn. Bij 750Hz bevatten alle overdrachten een piek, er is dus iets wat bij die frekwentie zowel radieel als vertikaal trilt. Deze frekwentie valt precies op het punt waar de grafiek de 0dB lijn doorsnijdt. Dit betekent dat het frekwentiegebied waar de versterking ≈ 0 dB groter is. In dit gebied treedt een fasedip op waardoor de fasemarge klein is.

Meting M_3 (zie appendix A), die vaak als openloop overdracht geïnterpreteerd wordt is in dit geval duidelijk niet gelijk hieraan, M_3 vertoont geen van de twee pieken die wel in de echte openloop karakteristiek zitten.

De radiële openloop overdracht

De vorm van de radiële openloop overdracht lijkt sterk op die van A_x , wat betekent dat de overspraak slechts geringe invloed heeft. Alleen de piek bij 750Hz wordt door overspraak vergroot en krijgt een fasedraaiing. Door deze piek komt de amplitudegrafiek boven de OdB lijn op een punt waar de fasemarge klein is en bovendien een piek vertoont. Dat dit deck neiging tot instabiliteit vertoont is hiermee verklaart.

Het verschil tussen M_1 (zie appendix A) en de openloop overdracht is klein door de geringe invloed van overspraak op deze twee overdrachten.

Overspraakcompensatie

Als de optische overspraak gecompenseerd wordt zien de pieken van de

vertikale openloop karakteristiek er anders, maar niet minder hoog uit. De fasemarge wordt bij 750Hz echter duidelijk minder.

Bij dezelfde frekwentie vertoont de radiële overdracht nu een snelle fasedraaiing. Doordat de amplitudepiek de OdB-lijn doorsnijdt zal dit deck bijna instabiel zijn. (In de praktijk is het deck inderdaad moeilijk stabiel te krijgen als de optische overspraak gecompenseerd wordt.)

Hier blijkt duidelijk dat bij dit loopwerk optische overspraakeliminatie de stabiliteit van de regellussen nadelig beïnvloedt.

6.2 Loopwerk B

Alle karakteristieken die betrekking hebben op loopwerk B staan in appendix J.

De vertikale openloop overdracht

De karakteristiek bevat een duidelijke piek bij 500Hz, die van overspraak afkomstig moet zijn omdat A_z een gladde funktie is. Bij deze frekwentie zal A_{zz} grote invloed uitoefenen. De piek zit bij een frekwentie waar hij geen invloed op de stabiliteit heeft.

Als meting M_3 (zie appendix A) als openloop overdracht geïnterpreteerd wordt, wordt een belangrijke fout gemaakt, aangezien M_3 in tegenstelling tot de openloop geen onregelmatigheid bevat.

De radiële openloop overdracht

De karakteristiek wordt praktisch alleen door A_x bepaald, de overspraak heeft weinig invloed. Hierdoor lijkt M_1 op de openloop overdracht.

Overspraakcompensatie

Bij overspraakcompensatie wordt de vertikale karakteristiek minder grillig, terwijl bij de radiële de piek naar beneden bij 3kHz iets groter wordt. Geen van de twee effecten heeft genoeg invloed om de stabiliteit in gevaar te kunnen brengen.

Hoofdstuk 7

Conclusies & Aanbevelingen

7.1 Conclusies

Een praktische meetmethode is ontworpen, waarbij slechts eenvoudige openloop metingen nodig zijn:

- De optische overdrachten O_x, O_z , en O_{zx} .

- De elektrische overdrachten E_x en E_z .

Verder moeten metingen in een werkende speler, zonder beïnvloeding van het gedrag van het positioneersysteem, uitgevoerd worden.

Deze metingen verschaffen voldoende informatie om een model te vormen dat bestaat uit de twee servosystemen (vertikaal en radieel) inclusief optische overspraak van radieel naar vertikaal en mechanische overspraak in beide richtingen. In dit model zijn alleen lineaire overdrachten opgenomen, nietlineaire effecten zijn niet beschouwd. Ter verifikatie van het model zijn de metingen herhaald met gewijzigde optische overspraak en zijn in het model de overeenkomstige overdrachtsfunkties berekend. Het model benadert de realiteit van de servosystemen redelijk, alleen bij variatie van optische overspraak geeft het model bij 3kHz in één geval andere resultaten dan de werkelijkheid.

Overspraak heeft niet verwaarloosbare invloed op de servosystemen, waardoor de metingen die vaak als openloop responsie geïnterpreteerd worden $(M_1$ respektievelijk M_3), niet gelijk zijn aan de gewenste overdrachten.

Een analyse met optische overspraakreduktie is uitgevoerd, het blijkt dat de invloed hiervan afhankelijk van het loopwerk zowel positief als negatief kan zijn.

Hiermee zijn twee punten van het doel (zie hoofdstuk 1) bereikt, het

ontwerpen van een overspraakcompenserende regelaar zou een voortzetting van het werk kunnen zijn (zie volgende paragraaf).

7.2 Mogelijke toekomstige ontwikkelingen

Verdere modelcontrole

- Het is mogelijk een extra verifikatie van het model uit te voeren in het tijddomein. Als op een plaat een bekende spoorfout staat kan de reaktie hierop gemeten worden. Met *Philpac* is het niet direkt mogelijk een analyse in het tijddomein te berekenen omdat de overdrachtsfunkties in reële en imaginaire componenten bij elke frekwentie opgegeven zijn. Op deze gegevens moet eerst een inverse Fourier-transformatie toegepast worden, waarna de reaktie op de spoorfout berekend kan worden, en vergeleken met de werkelijkheid.
- Als een andere parameter dan de optische overspraak gevarieerd wordt, kunnen de opnieuw gemeten overdrachtsfunkties M_1 t/m M_4 vergeleken worden met de overeenkomstige funkties berekend met het model. Parametervariaties zijn bij voorbeeld mogelijk met de vertikale en radiële versterking in het elektrische netwerk.

Mechanische oorzaken

Met het bereikte model is het mogelijk te analyseren welke blokken oorzaak zijn van verstoringen van een openloop karakteristiek. Een onderzoek naar de mechanische oorzaak van belangrijke pieken kan meer inzicht verschaffen in het gedrag van actuatoren en hun invloed op de servosystemen. Naar aanleiding hiervan kan de konstruktie verbeterd worden waardoor stabielere regelingen ontstaan.

Modelwijziging

Bij een nadere beschouwing van de verschillen tussen model en werkelijkheid zou kunnen blijken dat een modelblok toegevoegd of verwijderd moet worden. Misschien hebben overspraakmechanismen die in dit verslag zijn verwaarloosd in bijzondere gevallen wel invloed op het systeem.

MIMO-regelsysteem

Met de ontworpen analysemethode kan een twee ingangs-twee uitgangs model berekend worden waarin alle overdrachten bekend zijn. Hiermee is het mogelijk een MIMO(Multiple Input-Multiple Output)-regelsysteem te ontwerpen waarmee de gewenste openloop overdrachten verkregen worden.

.

Referenties

 [Duijvestijn] Duijvestijn, A.J. 'Inventarisatie van overspraakmetingen aan CI Philips intern rapport nr. AR59-CD-1868, Apr [Bouwhuis] Bouwhuis et al. 'Principles of Optical Disc systems' Adam Hilger Ltd., 1985. [McGee] McGee, P.J. 'A fast trackloss recovery strategy for Compac Afstudeerverslag, Technische Universiteit Eind [Doren] Doren, E. van 'Radiële en vertikale volgsystemen voor een n compact disc spelers' Afstudeerverslag, HTS Eindhoven, 1986. 			
 [Bouwhuis] Bouwhuis et al. 'Principles of Optical Disc systems' Adam Hilger Ltd., 1985. [McGee] McGee, P.J. 'A fast trackloss recovery strategy for Compac Afstudeerverslag, Technische Universiteit Eind [Doren] Doren, E. van 'Radiële en vertikale volgsystemen voor een n compact disc spelers' Afstudeerverslag, HTS Eindhoven, 1986. 	[D	Duijvestijn]	Duijvestijn, A.J. 'Inventarisatie van overspraakmetingen aan CDM3' Philips intern rapport nr. AR59-CD-1868, April 1987.
 [McGee] McGee, P.J. 'A fast trackloss recovery strategy for Compac Afstudeerverslag, Technische Universiteit Eind [Doren] Doren, E. van 'Radiële en vertikale volgsystemen voor een n compact disc spelers' Afstudeerverslag, HTS Eindhoven, 1986. 	[B	30uwhuis]	Bouwhuis <i>et al.</i> 'Principles of Optical Disc systems' Adam Hilger Ltd., 1985.
[Doren] Doren, E. van 'Radiële en vertikale volgsystemen voor een n compact disc spelers' Afstudeerverslag, HTS Eindhoven, 1986.	[M	AcGee]	McGee, P.J. 'A fast trackloss recovery strategy for Compact Disc' Afstudeerverslag, Technische Universiteit Eindhoven, 1987.
0,	[D	Doren]	Doren, E. van 'Radiële en vertikale volgsystemen voor een nieuwe generatie compact disc spelers' Afstudeerverslag, HTS Eindhoven, 1986.

Appendix A





Loopwerk A: gemeten overdrachtsfunktie M_1



Loopwerk A: gemeten overdrachtsfunktie M_2



Loopwerk A: gemeten overdrachtsfunktie M3



Loopwerk A: gemeten overdrachtsfunktie M_4



Loopwerk B: gemeten overdrachtsfunktie M_1







Loopwerk B: gemeten overdrachtsfunktie M_3





•

.

Appendix B



•







Met het model berekende overdrachtsfunktie M_3

.

Appendix C

Resultaten bij § 5.2



Berekende overdracht A_x



Berekende overdracht A_z



Met het model berekende overdrachtsfunktie M_2

Appendix D

Programma voor het berekenen van de 4 mechanische overdrachten m.b.v. de 4 metingen

```
program OVERSPRAAKMODEL
C
С
       С
С
С
      PROGRAMMA BEREKENT 4 ONBEKENDEN (AX, AZ, AXZ, AZX) MET VIER
C
      VERGELIJKINGEN (METINGEN: M1, M2, M3, M4).
С
         *******
C
С
С
С
       c >>>>
      INITIALISATIE
C
      integer i
C
      real*8 ox,oz,ozx,exgain,ezgain,m3gain,
    S.
            omega,f(0:100),fbegin,fend,pi2,t
С
      complex*16 expl(0:30), exz(0:30), ezp(0:30), ezz(0:30),
    £
                m3p(0:30),m3z(0:30),ex(0:100),ez(0:100),
    &
                ax(0:100),az(0:100),axz(0:100),azx(0:100),
    &
                m1(0:100),m2(0:100),m3(0:100),m4(0:100),
    8
                a,b,c,d,p,q,r,s
C
С
      pi2=2*3.1415927
      fbegin=100
       fend=4000
      open(5,file='sys$output',status='old')
С
```

с

```
С
c >>>>
       INLEZEN OVERDRACHTEN EN METINGEN
С
       open(1,file='opt',status='old')
       read(1,*)ox,oz,ozx
       close(1)
С
С
       call in('ex',expl,exz,exgain)
       call in('ez',ezp,ezz,ezgain)
       call inpoint('radpoint',ml)
       call inpoint('fere',m2)
       call in('focal',m3p,m3z,m3gain)
       call inpoint('refepoint',m4)
С
С
        С
c >>>>
       FREKWENTIELOOP 100-4000Hz IN 100 STAPPEN
С
       do 100 i=0,100
        f(i)=exp(dlog(fbegin)+i*(dlog(fend)-dlog(fbegin))/100)
       omega=pi2*f(i)
С
С
        С
       BEREKENEN OVERDRACHTSWAARDE M.B.V. POLEN EN NULPUNTEN
c >>>>
С
        ex(i)=(1,0)
        ez(i)=(1,0)
       m3(i)=(1,0)
С
        call pz(expl,exz,ex(i),omega)
        ex(i)=ex(i)*exgain
С
        call pz(ezp,ezz,ez(i),omega)
        ez(i)=ez(i)*ezqain
С
        call pz(m3p,m3z,m3(i),omega)
        m3(i)=m3(i)*m3gain
С
С
С
        c >>>>
       BEREKENEN 4 ONBEKENDEN UIT 4 VERGELIJKINGEN
С
        a=(ml(i)+ml(i)*m2(i)*m3(i)*m4(i))/(ml(i)*m2(i)*m3(i)*m4(i)-1)
        d = (m3(i) + m1(i) * m2(i) * m3(i) * m4(i)) / (m1(i) * m2(i) * m3(i) * m4(i) - 1)
        b=-m3(i)*m4(i)*(1-a)
        c=-m1(i)*m2(i)*(1-d)
С
```

С

```
p=-a
       q=-b
       r=-c-p*t
       s=-d-q*t
С
       ax(i)=p/(ox*ex(i))
       az(i)=s/(oz*ez(i))
       axz(i)=q/(ox*ez(i)*az(i))
       azx(i)=r/(oz*ex(i)*ax(i))
С
С
        С
c >>>>
       EINDE LOOP
С
100
       continue
С
С
С
        c >>>> WEGSCHRIJVEN DATA IN PHILPAC FORMAT
С
       open(1,file='[schenk.phil4]table4.',status='new')
       write(1,500)
500
       format('circuit $',/)
       write(1,510)ox,oz,ozx
510
       format('ox = ',el0.3,' $',/,'oz = ',el0.3,' $',
              /,'ozx = ',f5.2,' $')
    &
С
       call out('ezz',ez,f)
       call out('azz',az,f)
       call out('exx',ex,f)
       call out('axx',ax,f)
       call out('axz',axz,f)
       call out('azx',azx,f)
       call out('mll',ml,f)
       call out('m22',m2,f)
       call out('m33',m3,f)
call out('m44',m4,f)
С
       close(1)
        close(5)
С
С
С
        c >>>>
       EINDE PROGRAMMA
С
        end
С
c
```

t=ozx

```
_____
      *******************
С
      *** SUBROUTINES ***
С
C
С
      _____
      _____
C
      subroutine in(file,apole,azero,gain)
С
      ******
С
С
      INLEZEN VAN DATAFILE MET POLEN EN NULPUNTEN (in Hz) EN DC-GAIN
С
С
      STRUCTUUR DATA-FILE :
С
¢
      #POLEN, #NULPUNTEN, DC-GAIN,
С
      POOL(PAAR)1, (REEEL IN A: A,O, ; IMAG. IN A +/-Bj: A,B,
С
С
      POOL(PAAR)2,
С
      . . . ,
      NULP.(PAAR)1,
С
С
      NULP.(PAAR)2,
с
      . . .
С
      *****
С
С
С
      complex*16 apole(0:30),azero(0:30)
      integer p,z
      real*8 real,imag,pi2,gain
c
      open(1,file=file,status='old')
С
      pi2=2*3.1415927
С
      read(1,*)p,z,gain
      apole(0)=dcmplx(p,0)
      azero(0)=dcmplx(z,0)
```

С

С

Ç ¢

```
i=1
C
        i: INDEX VAN VOLGENDE POOL
С
С
С
        p: BEGIN LOOP: AANTAL POLEN
С
           EINDE LOOP: AANTAL REGELS WAARIN POLEN STAAN
                                      (COMPLEX POOLPAAR=1 REGEL /
С
С
100
        if (i .le. p) then
           read(1,*)real,imag
           apole(i)=dcmplx:pi2*real,pi2*imag)
           if (imag .ge. le-8) then
              p=p-1
                    P WORDT EEN VERMINDERD BIJ EEN COMPLEXE POOL
C
           endif
           i=i-l
           goto 100
        endif
¢
        i=1
110
        if (i .le. z) then
           read(1,*)real,imag
           azero(i)=dcmplx(pi2*real,pi2*imag)
           if (imag .ge. Le-8) then
              z=z-l
           endif
           i=i+1
           goto 110
        endif
C
        close(1)
C
        return
С
        end
C
С
```

.
```
С
      subroutine inpoint(file,array)
С
       *****
С
С
с
      INLEZEN VAN EEN DATAFILE MET OVERDRACHT IN REELE EN IMAGINAIRE
с
      COMPONENT.
      FREKWENTIE IN 100 STAPPEN LOGARITHMISCH VAN 100-4000 Hz.
с
с
      STRUCTUUR DATA-FILE :
С
С
      REEEL, IMAG, (FREKWENTIE 1)
С
      REEEL, IMAG, (FREKWENTIE 2)
С
с
       • • •
      REEEL, IMAG, (FREKWENTIE 100)
С
С
       *****
С
С
С
      complex*16 array(0:100)
      real*8 real,imag
С
      open(1,file=file,status='old')
С
      do 100 i=0,100
         read(1,*)real,imag
         array(i)=dcmplx(real,imag)
100
      continue
С
      close(1)
С
       return
С
       end
С
С
```

С

```
С
      subroutine pz(pol,zer,t,omega)
С
       С
С
      BEREKENEN VAN OVERDRACHT (REEEL EN IMAG. GEDEELTE) OP FREKWENTIEPUNT
С
С
      MET BEHULP VAN POLEN EN NULPUNTEN
С
       ********
С
С
С
      integer pi,pj,zi,zj
      real*8 omega
      complex*16 c,t,po1(0:30),zer(0:30)
С
      pi=l
      pj=l
      zi=l
      zj=1
С
       pol(0)=AANTAL POLEN
С
С
       zer(0)=AANTAL NULPUNTEN
      pi= AANTAL VERWERKTE POLEN +1
С
      pj= INDEX VAN DE VOLGENDE POOL
С
С
      zi= AANTAL VERWERKTE NULPUNTEN +1
       zj= INDEX VAN HET VOLGENDE NULPUNT
С
С
С
100
       if ((pi .gt. int(pol(0))) .and. (zi .gt. int(zer(0)))) then
         goto 110
       endif
С
       С
c >>>> POLEN
С
       if (pi .le. int(pol(0))) then
         if (dimag(pol(pj)) .ge. le-8) then
             c=dcmplx(-omega**2+dreal(pol(pj))**2+
              dimag(pol(pj))**2,-2*dreal(pol(pj))*omega)
    8
             pi=pi+1
         else
            c=dcmplx(-dreal(pol(pj)),omega)
         endif
         t=t/c
         pj=pj+l
         pi=pi+l
       endif
```

С

С

```
С
       _____
c >>>> NULPUNTEN
С
       if (zi .le. int(zer(0))) then
          if (dimag(zer(zj)) .ge. le-8) then
              c=dcmplx(-omega**2+dreal(zer(zj))**2+
                dimag(zer(zj))**2,-2*dreal(zer(zj))*omega)
    S.
              zi=zi+l
          else
             c=dcmplx(-dreal(zer(zj)),omega)
          endif
          t=t*c
          zj=zj+l
          zi=zi+l
        endif
       goto 100
С
110
       return
С
        end
C
С
```

•

a

```
С
        subroutine out(name,array,f)
С
             -----
С
       WEGSCHRIJVEN VAN DATA IN PHILPAC FORMAT
С
             TABEL VAN FREKWENTIE, REELE GEDEELTE OVERDRACHTSFUNKTIE
С
               EN VAN FREKWENTIE, IMAG. GEDEELTE OVERDRACHTSFUNKTIE
С
С
         _____
С
С
        real*8 f(0:100)
        complex*16 array(0:100)
        character name*3
С
        write(1,100)name
100
        format(/,'table: ',lh',a, 5hreal',$)
С
        do 120 i=0,32
        write(1,110)f(3*i),dreal(array(3*i)),
     &
                    f(3*i+1),dreal(array(3*i+1)),
     8
                    f(3*i+2),dreal(array(3*i+2))
110
        format(3(f6.1,',',e10.3,';
                                     '))
120
        continue
С
        write(1,130)f(99),dreal(array(99)),f(100),dreal(array(100))
130
        format(f6.1,',',el0.3,'; ',f6.1,',',el0.3,'$')
С
С
С
С
        write(1,200)name
200
        format(/,'table: ',lh',a,5himag',$)
С
        do 220 i=0,32
        write(1,210)f(3*i),dimag(array(3*i)),
     8
                    f(3*i+1),dimag(array(3*i+1)),
     8
                    f(3*i+2),dimag(array(3*i+2))
210
        format(3(f6.1,',',e10.3,';
                                    '))
220
        continue
С
        write(1,230)f(99),dimag(array(99)),f(100),dimag(array(100))
230
        format(f6.1,',',e10.3,'; ',f6.1,',',e10.3,'$')
С
        return
С
        end
С
С
```

С

Appendix E

Listing van de Philpac-file

Dit is de Philpac-file om de vertikale openloop karakteristiek te berekenen. Elke andere gewenste overdracht kan berekend worden door de ingang op een ander punt aan te sluiten en de gewenste uitgangsgrootheid te kiezen.

Aan het begin van de file staat de file die geproduceerd wordt door het Fortran programma (zie bijlage D). c: INPUT \$ c: ---- \$ el (1,0)sw(1,0)\$ rl (1,0)lg \$ vl (1,0)\$ c: RADIAL LOOP \$ c: ----- \$ ecl0 (10,0) -v50 \$ r10 (10,0)lg \$ v10 (10,0)\$ (20,0) ox*v10\$ ec20 r20 (20, 0)\$ lg v20 (20,0) \$ ec30 (30, 0)cmplx(smth('exxreal'(f)), smth('exximag'(f)))*v20 \$ (30,0)r30 lg Ś **v**30 (30,0) S ec40 (40,0)cmplx(smth('axxreal'(f)), smth('axximag'(f)))*v30 \$ r40 (40, 0)\$ lg v40 (40, 0)\$ ec45 (45,0) cmplx(smth('axzreal'(f)), smth('axzimag'(f)))*v140 \$ r45 (45,0) lg \$ v45 (45, 0)\$

(50,0)v45+v40 \$ ec50 r50 (50,0) \$ lg v50 (50,0)Ś c: VERTICAL LOOP \$ c: ----- \$ ec110 (110,0) vl \$ r110 (110,0)S lg v110 (110,0)\$ ec120 (120, 0)oz*v110+ozx*v20 \$ r120 (120, 0)\$ lg \$ **v**120 (120,0)ec130 (130,0) cmplx(smth('ezzreal'(f)), smth('ezzimag'(f)))*vl20 \$ r130 (130, 0)\$ lg \$ v130 · (130,0)(140,0) cmplx(smth('azzreal'(f)), smth('azzimag'(f)))*v130 \$ ec140 r140 (140,0)\$ lg \$ v140 (140,0)(145,0) cmplx(smth('azxreal'(f)), smth('azximag'(f)))*v40 \$ ec145 r145 (145,0)lg \$ v145 (145,0) \$ ec150 (150,0)v140 \$ r150 (150,0)lg \$ v150 (150,0)Ś end\$ ac \$ f=gn(100,4k,100) \$ file:db(v150),pha(v150)\$ end \$ run \$ finish \$

Appendix F

Schakelingen voor toevoeging van 'optische' overspraak







Schakeling voor toevoeging van 'optische overspraak', $\alpha > 0$

r

Appendix G









Berekende overdracht A_z









.









Appendix H



Resultaten bij § 5.4, loopwerk B





Berekende overdracht A_z



`















Appendix I

-

Openloop overdrachten, loopwerk A



Vertikale openloop karakteristiek



Radiële openloop karakteristiek

Invloed van eliminatie van optische overspraak



Radiële openloop karakteristiek



Appendix J

Openloop overdrachten, loopwerk B



Vertikale openloop karakteristiek

•



Radiële openloop karakteristiek

Invloed van eliminatie van optische overspraak



Radiële openloop karakteristiek



.