

Gestructureerde aanpak, systeemanalyse, modelvorming en simulatie. Deel 10. Epiloog

Citation for published version (APA):

Hezemans, P. M. A. L. (1988). Gestructureerde aanpak, systeemanalyse, modelvorming en simulatie. Deel 10. Epiloog. *Aandrijftechniek*, (11), 66-67.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1988

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

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
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Simulatie met computers, ook voor aandrijftechnische toepassingen komt steeds meer voor. In een artikelenreeks gaat de auteur in op dit fenomeen en verklaart technieken en methoden om tot een goed resultaat te komen.

GESTRUCTUREERDE AANPAK SYSTEEMANALYSE, MODEL- VORMING EN SIMULATIE (10)

Ing. P. M. A. L. Hezemans

Wetenschappelijk hoofdmedewerker
vakgroep Aandrijftechniek, TU Eindhoven

Na „Systeeminterpretatie”, behandeld in de delen 8 en 9, wordt deze serie artikelen betreffende een gestructureerde aanpak van systeemanalyse, modelvorming en simulatie afgesloten met een Epiloog.

Epiloog

Wat de systeemleer wil beogen is het volgende: men wordt gevraagd, een technisch systeem, waarin een bepaald probleem zich voordoet of dat ontworpen moet worden, te analyseren resp. te synthetiseren. De systeemleer geeft een aantal elementaire richtlijnen aan voor het vormen van een daartoe geschikt model, dat gebruikt kan worden voor bovenvermelde systeemanalyse en systeemsynthese.

De systeemanalyse geeft op eigen manier (voor elk specifiek geval) effectieve en efficiënte methoden uit eigen methodenverzameling om (modellen van) systemen te analyseren. In concreto, de systeemanalyse bepaalt en/of onderzoekt niet alleen de functie van het beschouwde systeem (lees: wat het moet kunnen), maar ook de kwantitatieve omvang daarvan (lees: hoeveel het moet kunnen), dus zijn prestatie. De grootste prestatie waartoe het systeem onder de gegeven omstandigheden in staat is, noemen we zijn capaciteit ofwel prestatievermogen, dat als maat voor de maximale inzetbaarheid beschouwd mag worden.

Uit de systeemanalyse weten wij natuurlijk dat het leveren van een bepaalde prestatie door het betrokken systeem gepaard gaat met belasting van zijn systeemelementen. De belastingen kunnen onder andere van mechanische, chemische en/of thermische aard zijn en kunnen bijgevolg leiden tot functieverlies van de systeemelementen (bijv. het lekken van een afdichting) en/of tot structuurverlies van het systeem, dat wil zeggen tot ongewenste veranderingen waardoor de onderlinge samenhang minder goed functioneert (bijv. het toenemen van

speling tussen de tanden van een tandwielenaar).

In dit aftakelingsproces kan eerder of later een kritiek punt worden bereikt waarop het systeem zijn functie niet meer naar behoren kan uitoefenen, omdat zijn capaciteit de minimale vereiste kwaliteit en/of kwantiteit overschrijdt. Kortom, het systeem faalt op een min of meer natuurlijke wijze. Een langzame en onontkoombare aftakeling; dit is niets anders dan de consequentie van de tweede hoofdwet van de thermodynamica: toeneming van entropie en toeneming van wanorde. Aan de andere kant bestaat er een extreme vorm van falen: het abrupt beëindigen van het functioneren, oftewel de onafwendbare „systeembreuk”, hetzij door menselijke fouten (denk bijv. aan Tjernoby), hetzij door natuurkrachten opgeroepen calamiteiten. De systeemanalyse heeft (volledigheidshalve) tot taak de gevolgen van dit faalgedrag te analyseren en te bestuderen.

Het tempo waarin belasting van systeemelementen leidt tot beschadiging, vermindering en/of veroudering hangt af van hun belastbaarheid, die op zijn beurt de technische levensduur bepaalt. Uitgekiende of verantwoorde vormgeving van systeemelementen kan van grote invloed zijn op hun belastbaarheid. Vorm en functie gaan hier blijkbaar hand in hand. Geen wonder dat industriële vormgevers het „Vorm en Functie”-concept als hun credo belijden. Bovendien weten we uit de systeemanalyse dat lage en hoge belastbaarheid respectievelijk tot overdimensionering met lange levensduur als resultaat en tot kortere levensduur met verhoogde storingsgevoelig-

Dit is het laatste deel van deze artikelenreeks. Vanwege (onder andere) het gecompliceerde karakter van de materie, zijn er in de voorafgaande delen hier en daar enkele fouten ingeslopen. In het volgende nummer (12/88) zal derhalve aan lijst met errata worden afgedrukt.
(Redactie)

heid leiden. De systeemanalyse heeft eveneens als taak uit te zoeken waar de juiste belastbaarheid ligt.

Ten slotte moet de systeemanalyse na gaan of het beschouwde systeem economisch haalbaar is.

Resumerend: de systeemanalyse onderzoekt, in hoeverre het beschouwde systeem aan zijn doelstelling beantwoordt: doeltreffendheid versus doelmatigheid.

Het is duidelijk dat de systeemsynthese gericht moet zijn op het ontwerpen van een systeem, dat ten aanzien van de doelstelling:

- haar functie vervult;
- voldoende capaciteit toont;
- juiste belastbaarheid bezit;
- eventueel een veilig faalgedrag zal moeten vertonen; en
- economisch verantwoord is.

De systeemsynthese verzamelt de ontwerpmethodieken op basis van analogie (gegeneraliseerde behandelingen) en kiest er naar gelang de aard van het ontwerpprobleem de beste uit.

De systeemanalyse en systeemsynthese kunnen echter niets zonder een goed systeemmodel. Om tot een goed model te komen, is het bittere noodzaak het modelvormingsproces tot in de finesses te kennen en te beheersen.

De grootste hinderpalen in het modelvormingsproces blijken te zitten in de juiste vertolking van een systeem door zijn systeemmodel en de juiste interpretatie van het systeemgedrag en van de systeemeigenschappen. Dit impliceert dat van ons extra aandacht gevraagd wordt voor het modelleren van het betrokken systeem en het aanleren van het maken van juiste gevolgtrekkingen uit haar systeemmodel.

Om gecompliceerde systemen te kunnen ontwerpen of te kunnen analyseren moeten deze op eenvoudige en systematische wijze worden weergegeven. Daarbij is het niet mogelijk en zelfs niet wenselijk alle details aan te geven.

Wij he
bindir
verge
slecht
wijze
systeem
echte
van 1
streef

He
een c
zo ee
kelijk
zicht
Ande
tails
door
W
ding:
worc
litati
Zijn
gehe
kerb
een
van
gedr
„ge
lijk

V
zijn
1: h
en
2: h
I
en
pur
me:
„st
tee:
mic
din

be
ge
sta
ter
an
ter
tra
ma
zij

m
he
zu
di
or
H
af
di
vi

d
h
p
c
g
s

r
t

Wij hebben gezien dat de toepassing van bindingsgrafen het modelvormingsproces vergemakkelijkt. De bindingsgraaf beoogt slechts op eenvoudige en overzichtelijke wijze de relevante eigenschappen van een systeem weer te geven. Wat relevant is, is echter weer afhankelijk van de beschouwer van het systeem en het doel dat hij nastreeft.

Het maken van een model betekent altijd een compromis. Enerzijds moet het model zo eenvoudig mogelijk zijn opdat er gemakkelijk mee kan worden gewerkt en het inzicht niet door details wordt belemmerd. Anderzijds leidt het verwaarlozen van details ertoe dat de realiteit niet meer goed door het model wordt weergegeven.

Wij hebben gezien hoe uit een verbindingsgraaf systeemvergelijkingen afgeleid worden. Deze vergelijkingen vormen, kwalitatief gezien, een mathematisch model. Zijn deze vergelijkingen kwantitatief niet geheel bekend, dat wil zeggen dat er onzekerheid over parameters is, dan kunnen we een model door het kiezen en/of variëren van parameters zodanig manipuleren dat gedragingen van model en werkelijk (of „gewenst“) systeem elkaar zo veel mogelijk benaderen.

Wat de parameterkeuze/-variatie betreft, zijn er twee fasen te onderscheiden:

1: het „statische“ ontwerp

en

2: het „dynamische“ ontwerp

Bij het statische ontwerp worden alle α -en γ -grootheden in het stationaire bedrijfspunt berekend, alsmede de vermogenstromen in bindingen. Aan de hand van de „statische“ rekenresultaten wordt het systeem voorlopig ontworpen en wellicht door middel van veiligheidsfactoren wat overgedimensioneerd.

Bij het dynamische ontwerp moet men bedenken dat het te bereiken dynamische gedrag afhankelijk is van de reeds bij de statische analyse gekozen systeemelementen. Immers door de keuze in de statische-analyse fase zijn de verschillende capaciteiten, inducties, dissipaties, bronsterkten, transformatie- en gyratieverhoudingen, numeriek vastgelegd. De beide analyse-fasen zijn daarom niet los van elkaar te zien.

Het statische (of stationaire) gedrag zal moeten leiden tot een eerste benadering van het ontwerp. Voor het dynamische gedrag zullen enkele systeemelementen, als het nodig is, nog meer overgedimensioneerd of ondergedimensioneerd moeten worden. Hoeveel groter resp. hoeveel kleiner hangt af van de informatie uit het goed bestudeerde systeemmodel. Het is wel duidelijk, hoeveel voordelen computersimulaties bieden.

Evenzo is het ook goed mogelijk, dat uit de dynamische analyse blijkt dat de veiligheidsfactoren te hoog zijn gekozen. Aanpassing van deze factoren aan het door de computer zichtbaar gemaakte dynamische gedrag, natuurlijk met een bepaalde toetslag, ligt dan voor de hand.

„Zo goed mogelijk“

We weten natuurlijk dat „het zo goed mogelijk ontwerpen van een technisch systeem“ twee interpretaties kan inhouden,

die leiden tot twee, economisch gezien, verschillende opvattingen:

— het ontwerpen van een zo goed mogelijk systeem

en

— het zo goed mogelijk ontwerpen van een systeem.

Bij de eerste opvatting wordt het systeem steeds geperfectioneerd zonder rekening te houden met de ontwerptijd en ontwikkelingskosten; het ontwerpen zonder tijd- en geldlimiet dus.

Bij de tweede opvatting overheerst de idee-fixe, dat het ontwerpen snel en goedkoop moet verlopen waarbij de eigenschappen (eventueel de kwaliteit) van het systeem op het tweede plan raken. Hierbij moet logischerwijs aan de gestelde eisen worden voldaan met een minimum aan ontwikkelingskosten en research-tijd, hetgeen dus ten aanzien van de eerste opvatting volkomen tegengesteld is.

Het vinden van een zo goed mogelijk compromis in zowel perfectie als „goedkoopte“ van een systeem is een aparte studie: de onderzoeker is geneigd het accent te leggen op het ontwerpen van steeds geperfectioneerder systemen, terwijl de fabrikant gebaat meent te zijn bij het snel afzetten op de markt door in eerste instantie de ontwerpfasen zo kort mogelijk te houden.

Optimalisatie

De ontwikkeling van de systeemleer heeft de laatste jaren geleid tot het benadrukken van het systeemkarakter door de ontwikkeling van optimaliseringstechnieken.

De toepassing van één of meer optimaliseringstechnieken geeft voor de systeemanalyse de optimale oplossing voor de probleemstelling en voor de systeemsynthese één optimaal ontwerp.

Na het bestuderen en toepassen van verschillende optimaliseringstechnieken zal men spoedig tot de ontdekking komen dat er vele wegen tot een goede oplossing leiden waarbij het echter niet meer de kunst is een goede oplossing te vinden, maar uit een veelheid van oplossingen de optimale oplossing te kiezen. Spoedig zal men er achter komen dat het begrip „optimaal“ betrekkelijk is.

Welslagen systeemaanpak

Of de systeemaanpak geslaagd is, hangt af van de nader te noemen kwaliteiten:

— een juiste weergave van de probleembeschrijving;

— een voldoende dekking van het systeemmodel voor deze probleembeschrijving; het systeemmodel zal namelijk nooit ingewikkelder gemaakt moeten worden dan nodig is voor de systeemanalyse en -synthese;

— de juistheid van de interpretaties met betrekking tot het systeemgedrag en -eigenschappen.

Consequente beoefening van de systeemleer verlangt van ons, inzicht te ontwikkelen en eventueel te vergroten in een complex geheel van voornoemde kwaliteiten. Met dit inzicht zal men gauw tot besef komen dat de systeemleer zich in feite

bezighoudt met het bestuderen, ontwerpen, realiseren, corrigeren en optimaliseren van fysisch-verschillende systemen op basis van analogie van beschouwing en aanpak. Juist dit „analogie-zien“ maakt de systeemleer multidisciplinair!

Kortom, de essentie van de systeemleer is nu duidelijk aan te geven: niet het probleem is van belang, noch de gevonden oplossing, doch slechts de wijze van beschouwing en van aanpak. Alleen op die manier kan uit de probleembeschrijving een juiste probleemstelling geformuleerd worden om vervolgens aan te geven hoe daarvoor de oplossingsstrategie optimaal bedacht en met bekwame spoed uitgevoerd kan worden.

Voorts geeft de systeemleer aan hoe bij het ontwerpen van bijv. aandrijvingen de volledige ontwerpcyclus wordt doorlopen, te weten modelvorming, systeemanalyse, technische interpretaties van het stationair en dynamisch systeemgedrag en systeemsynthese. Het karakter van deze ontwerpcyclus ligt besloten in het feit dat de resultaten van de vergaarde informatie, computerberekeningen en uitgevoerde metingen als basis dienen voor aan te brengen modelverfijningen of door te voeren constructieve veranderingen.

Evaluatie van de bruikbaarheid van de door de systeemleer aangegeven methoden en van de effectiviteit van parametervariatie bepaalt het succes van de systeemleer voor de werktuigbouwkunde (in het bijzonder voor de aandrijftechniek), die zich in dit geval het snel oplossen van ontwerp-, stuur-, regel-, inschakel- en optimaliseringsproblemen van technische systemen ten doel stelt.

Dit succes zal echter weinig effect sorteren wanneer het veel te laat bereikt wordt. Men begrijpe wel dat men hier gebaat is met opvoering van de omloopsnelheid van de ontwerpcyclus. Deze snelheid is echter synoniem met de vaardigheid van de systeemanalist/-ontwerper in de systeemleer met systematiek en methodiek. Hierin speelt de computer, met simulatie-talen als een krachtige katalysator, natuurlijk een grote rol. Simulatieprogrammatuur moet dus gebruikersvriendelijk zijn met „easy-to-use“-vormen opdat simulaties eenvoudig en snel uit te voeren zijn.

Het inzicht in de samenhang tussen en de mogelijkheden/beperkingen van de analyse- en simulatietechnieken bepaalt te zamen met de competentie van de systeemanalist/-ontwerper de werkwijze van de systeemanalyse en -synthese. Of deze aanpak aan de eerdergenoemde voorwaarden en criteria voldoet, hangt ook af van het oordeel van de systeemanalist/-ontwerper, die zijn eigen capaciteiten en intellectuele beperkingen natuurlijk beter kent dan anderen. Bovendien komt daar nog bij dat de formulering en/of interpretatie van voorwaarden en criteria persoonsgebonden zijn. ■