
Interface

herausgegeben von
der Abt. Hybridrechenanlage
des Rechenzentrums
der Technischen Universität Wien

Nummer 7
Oktober 1976



Polfigur von Röntgentexturmessungen
am Graphic Display

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Benützung des neuen Betriebssystems JCS/TS 7	3
Technischer Betrieb	8
Kurse	10
Graphic Display	12
Neue Maschineninstruktionen im Assembler	13
EAI User's Group Meeting 1976	14
JOYGRAPH - Ein System zur graphischen Signaleingabe	15
Iterative Simulationen mittels CSMP	17
Softwarepaket zur digitalen Unterstützung von Simulationen am Analogrechner	18
GREY	20
Auswertung von Röntgentexturaufnahmen am Hybridrechner	21
EAI-Award-Programme	26
Erzeugung nichtlinearer Funktionen von mehreren Veränderlichen am Hybridrechner	27
Simulierung eines statischen Frequenzvervielfachers mit nichtlinearem Eisenkern am Analogrechner	32
Lösung der Dichtematrix eines Atoms für monochromatische Anregung mit Hilfe eines hybriden Analogrechners	35
Experimentelle Überprüfung eines Identifikationsverfahrens für lineare zeitvariante Systeme auf dem Hybridrechner	39

Redaktion: Irmgard Husinsky

Eigentümer, Herausgeber, Verleger: Rechenzentrum der Technischen Universität Wien, Abteilung Hybridrechenanlage, Vervielfältigung: Österreichische Hochschülerschaft Technik, für den Inhalt verantwortlich: Dipl.Ing.W. Kleinert, alle: Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien

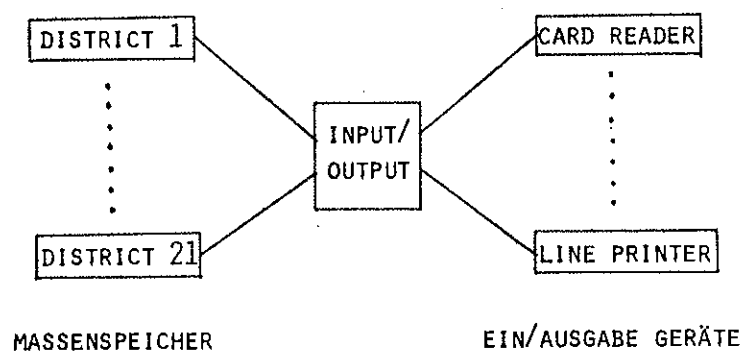
Benützung des neuen Betriebssystems JCS/TS 7

Ab 1. Oktober 1976 wird an der Hybridrechenanlage der TU Wien das neue Betriebssystem JCS/TS 7 für alle Jobs eingesetzt, mit Ausnahme von hybriden Jobs, die mit Interrupts oder DMA-Transfer arbeiten. Diese Jobs werden vorläufig noch in JCS/MP 6 gerechnet.

Für den Benützer ergeben sich keine wesentlichen Umstellungen, da die Steuerkarten fast dieselben sind wie im bisherigen Betriebssystem JCS/MP 6 und auch die Struktur der Programmbibliothek und der Run-Time-Library gleich bleibt.

Der wesentliche Vorteil von JCS/TS 7 ist eine erhöhte Durchsatzleistung im Multiprogramming sowie im Input/Output. Außerdem treten keine Behinderungen des Rechenbetriebs durch Jobs auf, die mehr als 12 k Kernspeicherplatz benötigen. Dennoch ist es vorteilhaft, Jobs so speicherplatzsparend wie möglich zu halten, damit während der Exekution des Jobs der restliche Kernspeicherplatz noch optimal genützt werden kann.

Alle Programme und Datenfiles werden auf 21 virtuellen Massenspeichern, sogenannten "Districts", abgespeichert. Die Districts 19, 20 und 21 stehen allen Benützern zur Verfügung. Auf diesen Districts können von jedem Benutzer Unterprogramme, Programme und Datenfiles zur späteren Verwendung abgespeichert werden. Diese Programme und Unterprogramme können später, ohne neu übersetzt werden zu müssen, von einem solchen District wieder geladen werden.



Zur Programmierung von Datenfiles in JCS/TS 7 sind Unterlagen an der Hybridrechenanlage erhältlich.

STEUERKARTEN UND STEUEROPTIONS:

Jeder Job wird durch eine /JOB-Steuerkarte (neu !) initialisiert und durch eine /END-Karte abgeschlossen. Ein Job kann mehrere Tasks beinhalten, wie z.B. Übersetzen, Binden und Exekutieren eines Programmes.

Allgemeine Steuerkartenreihenfolge:

```
/JOB,USER=jnr,PRIORITY=3
/FOR
  [
    FORTRAN-Programm mit Unterprogrammen
  ]
/BUILD
  [
    LOAD-Karten
  ]
/RUN
  [
    Datenkarten
  ]
/END
```

Auf der /JOB-Karte muß die Jobnummer des Benützers (jnr) angegeben werden. Das CALL JOB (jnr,time) im FORTRAN-Programm ist nicht mehr notwendig. Die maximal zur Verfügung stehende CPU-Zeit für die Exekution eines Benutzerjobs ist allgemein auf 5 Minuten beschränkt. Wenn mehr CPU-Zeit benötigt wird, muß dies auf der /RUN-Karte angegeben werden (siehe Steueroptions). Die Betriebsmittel für Line Printer und Data Plotter Ausgabe sind ebenfalls beschränkt.

Steueroptions können, durch Beistriche getrennt, auf Steuerkarten angegeben werden. Sie aktivieren zusätzliche Systemfunktionen.

STORE=d auf der /FOR oder /BUILD-Karte:
Abspeichern des FORTRAN-Programmes (oder Unterprogrammes)
bzw. des exekutablen Core Image Programmes auf dem
District d. Für das Programm muß ein Name spezifiziert
werden (z.B. /FOR NAMEFF,STORE=19 bzw.
/BUILD NAMERR,STORE=21).

LOAD=d auf der /RUN-Karte:
Laden und Exekutieren eines Core Image Programmes vom
District d (z.B. /RUN NAMERR,LOAD=21).

COMMON=c auf der /BUILD-Karte:
es werden c Kernspeicherplätze für Common-Variable
zur Verfügung gestellt. Standardmäßig sind es 100.
(z.B. /BUILD,COMMON=2000).
Für die Berechnung des benötigten Common-Kernspeicher-
platzes sind auch die Common-Blöcke in den verwendeten
Bibliotheksunterprogrammen zu berücksichtigen (siehe File Map)

TIME=t auf der /RUN-Karte:
die maximale CPU-Zeit für die Exekution des Programmes
wird auf t Minuten festgelegt. Standard: 5 Minuten.
(z.B. /RUN,TIME=10).

PLOTTER auf der /RUN-Karte:
für Jobs mit Data Plotter Ausgabe obligatorisch
(/RUN,PLOTTER).

NOLIST auf der /FOR-Karte: keine FORTRAN Source Liste,
NOMAP keine Mapliste

IO:dv=n auf der /RUN-Karte:
Festlegung des Input/Output Limits (in n Kiloworten)
für eine Device (dv) (z.B. /RUN,IO:LP=320).

Output Device	dv	Standard I/O Limit K Worte	FORTRAN Device Nummer	Input Device	dv	Standard I/D Limit K Worte	FORTRAN Device Nummer
Data Plotter	DT	200	-	Nodevice	NO	200	0
Line Printer	LP	200	6	Card Reader	CR	200	5
Paper Tape Punch	PP	200	7	Paper Tape Reader	PR	200	3
Teletype	TT	200	1	Teletype	KY	200	2
Video	V2	200	26	Video	K2	200	26
Graphic Display	V3	200	90	Graphic Display	K3	200	90

Die Steueroptions können in beliebiger Reihenfolge und Anzahl auf den Steuerkarten angegeben werden (alle Zahlenangaben sind dezimal).

Auf den Steuerkarten /FOR, /BUILD und /RUN kann nach einem Blank ein Programmname (6 alphanumerische Zeichen, beginnend mit einem Buchstaben) angegeben werden. Anschließend folgen die Steueroptions.

z.B. /FOR UNTERP,STORE=20 das vom FORTRAN-Compiler
 übersetzte Programm erhält den Namen UNTERP und
 wird auf District 20 abgespeichert
 /BUILD TESTPR das executable Core Image Pro-
 gramm erhält den Namen TESTPR
 /RUN TESTPR das Programm TESTPR wird
 exekutiert

Falls kein Programmname auf den Steuerkarten spezifiziert wird, wird vom System intern ein Name vergeben. Falls keine Districtangaben auf den Steuerkarten angegeben sind, wird vom System ein Standard-district bestimmt.

Die /DELETE-Steuerkarte dient zum Löschen von Programmen auf einem District, der mit der Option DISTRICT=d definiert wird.

z.B. /DELETE UNTERP,DISTRICT=20

ÜBERSETZEN EINES PROGRAMMES:

Mit der Liste des Source-Programmes am Line Printer wird eine Mapliste erstellt, die die Kernspeicheradressen der Variablen und Statementnummern enthält. Alle Fehlermeldungen werden in Textform (englisch) ausgegeben. Ein Verzeichnis dieser Meldungen und deren Ursachen befindet sich im Benutzerhandbuch für JCS/TS 7.

BINDEN EINES PROGRAMMES:

Die LOAD-Karten für den Core Image Generator, die nach der /BUILD-Karte gelegt werden müssen, laden Unterprogramme zum Benutzerprogramm, die auf Files zusammengefaßt sind. Neu gegenüber dem Betriebssystem JCS/MP 6 ist, daß der District angegeben werden muß, auf dem sich der File befindet.

z.B. LOAD,Dnr FILESR

ladet alle benötigten Unterprogramme vom File FILESR (auf District nr). Solche Files mit Unterprogrammen kann der Benutzer durch

 /FOR FILESR,STORE=nr

selbst anlegen (nr = 19, 20, 21).

Die Mapliste des Core Image Generators enthält wie in JCS/MP 6 die Einsprungadressen aller geladenen Unterprogramme. Außerdem werden folgende Werte angegeben:

- RSOC: restlicher zur Verfügung stehender Common-Kernspeicherplatz (in Worten dezimal)
- CORE: für das Programm benötigter Kernspeicherplatz (in Worten dezimal)
- FREE: maximal noch zur Verfügung stehender Platz im gesamten Kernspeicher (in Worten dezimal)

Eine Liste der Bibliotheksfiles (plus Districtnummer) ist bei der Hybrädrechenanlage angeschlagen. Die gesamte Programmbibliothek steht dem Benützer wie bisher zur Verfügung.

EXEKUTIEREN EINES PROGRAMMES:

Run-Time Fehlermeldungen werden in Textform (englisch) ausgegeben. Besonders schwerwiegende Fehler bewirken den Abbruch des Programmes. Ein Verzeichnis der Meldungen und ihrer Ursachen befindet sich im Benützerhandbuch für JCS/TS 7.

Der Line Printer Output eines Jobs beginnt mit einer Titelseite, auf der der Codename des Benützers und der Name des Jobs, sowie Datum und Uhrzeit des Exekutionsstarts angegeben sind. Anschließend folgen die Line Printer Outputs aller im Job enthaltenen Tasks. Den Abschluß bildet ein Auszug aus dem Dayfile.

SYSTEMUNTERPROGRAMME:

Jedes Benutzerprogramm muß wie bisher mit einem CALL EXIT beendet werden. Folgende Systemunterprogramme stehen zur Verfügung:

TIME	verbleibende Rechenzeit	HOUR	Uhrzeit
DATUM	Datum	TOP	Balkenschrift
LINES	Zeilenvorschub am LP	PAGE	Seitenvorschub am LP

A. Blauensteiner

Technischer Betrieb

ÖFFNUNGSZEITEN:

Montag bis Freitag
von
8 Uhr bis 20 Uhr

Jeden Montag von 8 bis 14 Uhr sowie ganztägig jeden ersten Montag im Monat ist die Hybridrechenanlage wegen Hardware- und Softwarewartung für den Open-Shop Benutzer geschlossen.

Closed-Shop Programme werden jedoch nach Möglichkeit gerechnet.

Open-Shop Betrieb

Rechenzeit zur Benützung des Analogrechners oder des gesamten Hybridsystems kann im Ausmaß von maximal 2 Stunden zweimal pro Woche beim Operator (Zimmer 1404/05 oder telephonisch unter 65 37 85 / 803 DW) reserviert werden. Ausnahmen sind nur nach Rücksprache mit dem Leiter der Hybridrechenanlage möglich.

Die Reservierung verfällt, wenn der Benutzer eine Viertelstunde nach Beginn der reservierten Zeit noch nicht eingetroffen ist. Bei Verhinderung wird gebeten, den Operator rechtzeitig zu verständigen, damit die Rechenzeit neu vergeben werden kann.

Datenstation für CYBER 74

Seit August läuft der Pacer 100 auch als Remote Batch Datenstation zum Digitalrechner CDC CYBER 74.

Benutzer, die sowohl an der Hybridrechenanlage als auch an der Digitalrechenanlage eine Jobnummer besitzen, können ab sofort ihre CYBER - Jobs auch an der Hybridrechenanlage eingeben und erhalten hier auch die Ausgabe (Achtung: der Line Printer an der Hybridrechenanlage hat nur 80 Spalten).

Nähere Auskunft beim Operator.

Neuer Closed-Shop Betrieb

Ab 1. Oktober 1976 wird an der Hybridrechenanlage ein neues Betriebssystem (JCS/TS 7) im Closed-Shop-Betrieb eingesetzt. Für den Benutzer ergeben sich nur sehr geringe Änderungen gegenüber dem bisherigen Betriebssystem. Eine Beschreibung der Steuerkarten und Steueroptions befindet sich auf Seite 3 ("Benützung des neuen Betriebssystems JCS/TS 7"). Aufgrund der Durchsatzsteigerung des neuen Betriebssystems kann die Eingabe für Kurzjobs öfter als bisher erfolgen.

KURZJOBS:

bis zu 5 Minuten reine CPU-Zeit,
bis zu 200 K Worte Line Printer
Output (~30 volle Seiten),
bis zu 200 K Worte Data Plotter
Output (~10 A3-Zeichnungen)

EINGABE: jede volle Stunde
(8 bis 19 Uhr)

AUSGABE: spätestens 2 Stunden
nach der Eingabe

JOBS,

die mehr CPU-Zeit benötigen
(Time-Option !),
oder mit mehr Betriebsmittel-
verbrauch (IO-Option !)

EINGABE: einmal täglich:
17 Uhr

AUSGABE: spätestens am nächsten
Tag 9 Uhr

NEUE DRUCKSORTEN:

Seit Anfang September ist eine völlig neu überarbeitete Beschreibung der Verwendung des Data Plotters erhältlich.

KURSE

Folgende Kurse werden im Wintersemester 1976/77 an der Hybridrechenanlage abgehalten werden:

RH2 BENÜTZUNG DES BETRIEBSSYSTEMS JCS/TS 7

Optimale Ausnutzung der Möglichkeiten des Systems (Operating, Programmierung), Systemprogrammierung

Dauer: 1 Woche

Termin: 1976/10/04 bis 1976/10/08 9 - 12 Uhr

Vortragender: Dipl.Ing. A. Blauensteiner

RH3 HINWEISE FÜR FORTRAN-PROGRAMMIERER AN DER HYBRIDRECHENANLAGE

1 Vortrag

Termin: 1976/10/14 14 - 16 Uhr

Vortragender: F. Blöser

RH4 HYBRIDE FORTRAN-PROGRAMMIERUNG

mit Übungen

Einführung in das Hybrid Linkage Softwarepaket

Dauer: 1 Woche

Termin: 1976/11/15 bis 1976/11/19 9 - 12 Uhr

Vortragender: H. Hummer

RH7 SOFTWAREUNTERSTÜTZUNG FÜR DIE BENÜTZUNG DES PACER 600 ALS PLOTTER SYSTEM

Einführung in das Programmpaket IPP1

1 Vortrag

Termin: 1976/11/23 14 - 16 Uhr

Vortragender: F. Blöser

Die Kursorte werden noch rechtzeitig im Schaukasten der Hybridrechenanlage bekanntgegeben.

Auskünfte und Anmeldungen bei Herrn M. Schandl (Zimmer 1404/05, Tel.: 65 37 85 / 803 DW).

RH9 EINFÜHRUNGSKURS IN DIE HYBRIDE PROGRAMMIERUNG

Dieser Kurs wird nach Bedarf, mindestens aber alle zwei Monate für wissenschaftliche Benützer, die keinerlei Vorkenntnisse auf dem Gebiet der hybriden Programmierung besitzen und an einer möglichst raschen Problemlösung interessiert sind, abgehalten. Der Kurs ist als Anregung zum Selbststudium gedacht.

Dauer: 2 Tage

Vortragender: D. Solar

Nähere Auskünfte und Anmeldungen bei Herrn D. Solar (1040 Wien, Gußhausstraße 27-29, 4. Stock, Zimmer 1401, Tel.: 65 37 85 / 747 DW).

Vom Institut für Technische Mathematik werden folgende Kurse abgehalten:

AH1 AH2 PROGRAMMIEREN VON ANALOGRECHENANLAGEN

Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten des Analogrechners mit praktischen Übungen an den Rechnern EAI-180 und EAI-680
Termin: 1977/01/31 - 1977/02/04

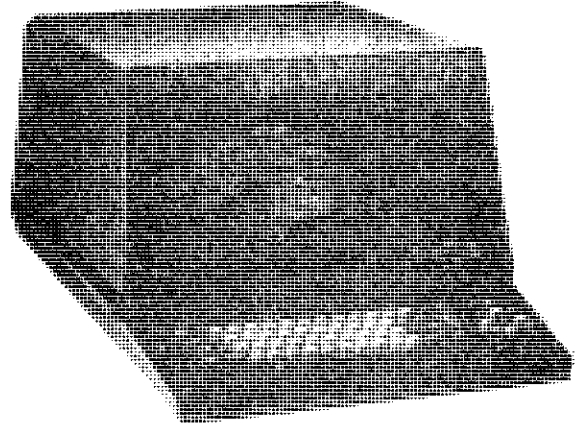
AH3 AH4 HYBRIDE SPRACHEN UND VERFAHREN

Grundprinzipien und Einsatzgebiete des Hybridrechnens, aufbauend auf Vorkenntnisse über Analogrechnen, wie sie in den Kursen AH1 und AH2 vermittelt werden. Simulationssprache CSMP, hybride Programmiersprachen HOI, FORTRAN-Hybridergänzungen.

Termin: 1977/02/21 - 1977/02/25

Auskünfte und Anmeldungen zu den Kursen bei Dipl.Ing. Frank Rattay (Klappe 899), Institut für Technische Mathematik, Gußhausstr. 27-29, A-1040 Wien.

NEU: Graphic Display



Seit kurzem steht an der Hybridrechenanlage ein Graphic Display Terminal der Type Tektronix 4006-1 zur Verfügung. Zusätzlich zur Ein- und Ausgabe von alphanumerischen Zeichen, wie dies schon bisher beim EAI C101 Datensichtgerät möglich gewesen ist, können auf dem Bildschirm des Graphic Display auch Zeichnungen angefertigt werden. Mit dem Elektronenstrahl können in der x-Richtung (horizontal) 1024 Punkte und in der y-Richtung (vertikal) 780 Punkte einzeln angesteuert werden. Das ergibt auf einer Bildschirmfläche von ca. 18 x 13.7 cm insgesamt 798.720 Punkte, also eine recht beachtliche Auflösung.

Eine Zeichnung entsteht durch Steuerung des Elektronenstrahls zu einzelnen Punkten des Bildschirms, der Weg von einem Punkt zum anderen erscheint sichtbar auf dem Schirm (Speicherröhre). Natürlich kann der Weg des Elektronenstrahls auch unsichtbar bleiben, entsprechend der gehobenen Zeichenfeder beim Data Plotter. Die Zeichengeschwindigkeit beträgt für einen Vektor etwa 3.6 Millisekunden, unabhängig von der Länge der zu zeichnenden Strecke.

Das Graphic Display ist als Konsole für Hybridbenutzer gedacht, und zwar für Ein- und Ausgabe von alphanumerischen Daten und auch für Zeichnungen, solange ein Programm nicht ausgetestet ist und keine Zeichnung auf Papier (vom Data Plotter) benötigt wird. Da das EAI Datensichtgerät demnächst nicht mehr im Rechenraum zur Verfügung stehen wird, weil es in einem anderen Raum als Terminal aufgestellt werden soll, wird empfohlen, schon jetzt Ein- und Ausgabe statt über das EAI Video über das Graphic Display durchzuführen.

Die Einheitennummern für FORTRAN Read-/Write-Befehle sind im Betriebssystem JCS/MP 6 für Eingabe 3, für Ausgabe 7. Im Betriebssystem JCS/TS 7 ist die Einheitenummer für Ein- und Ausgabe 90. Bereits existierende Programme mit Ein- und/oder Ausgabe am EAI Datensichtgerät (Einheitenummer 26) brauchen im JCS/TS 7 nicht geändert werden. Durch die Option "ASSIGN:K3=19" auf der /RUN-Steuerkarte wird die Eingabe, durch "ASSIGN:V3=5" die Ausgabe vom EAI Video auf das neue Tektronix Graphic Display verlegt.

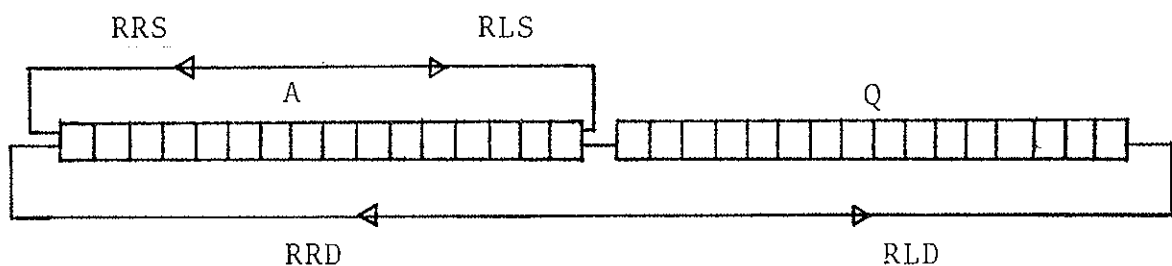
Die Verwendung des Graphic Display als Zeichengerät erfolgt genauso wie die Verwendung des Plotters (siehe "Programmieranleitung für EAI 145 Data Plotter", Neuauflage in der Programmberatung erhältlich). Die Bildschirmfläche entspricht einem Doppelblatt auf dem Data Plotter (17 x 11 Inch). Es sollte für jedes Doppelblatt (jede neue Zeichnung) die Subroutine "PLOTS" aufgerufen werden, damit die alte Zeichnung am Bildschirm gelöscht wird. Um die Zeichnung auf dem Graphic Display und nicht am Data Plotter zu bekommen, ist es notwendig, den File TEKPLT vor dem File PLOTS zum Programm hinzuzuladen (also LOAD TEKPLT vor LOAD PLOTS). Sobald man die Zeichnung auf dem Papier erhalten möchte, braucht man nur die Filekarte LOAD TEKPLT aus dem Kartenpaket entfernen.

F. Blöser

NEUE MASCHINENINSTRUKTIONEN IM ASSEMBLER

Für den Digitalrechner PACER 100 wurde der Befehlssatz des Assemblers um 4 "ROTATE" - Instruktionen erweitert, deren Exekution bisher nicht erlaubt war und durch eine an der Hybridrechenanlage durchgeführte Hardwaremodifikation möglich wurde.

- RRS a Rotate right single
 Verschieben der Bits im Akkumulator, um a Stellen nach rechts wobei rechts verlorene Bits links wieder eingefügt werden.
- RLS a Rotate left single
 Rotate nach links wie RRS
- RRD a Rotate right double
 Verschieben der Bits des Akkumulators zusammen mit der Extension um a Stellen nach rechts, wobei rechts von der Extension verlorene Bits links im Akkumulator wieder eingefügt werden.
- RLD a Rotate left double
 Rotate nach links wie RRD



A. Blauensteiner

EAI USER'S GROUP MEETING 1976

In Delft fand im August ein Treffen von 44 Benutzern von EAI-Hybridrechenanlagen aus 10 Ländern statt.

Neben Vorträgen über die Tätigkeit verschiedener Forschungslaboratorien, z.B. über die Simulation von Landepisten, die in den Flugsimulator projiziert werden, oder der Simulation einer Kommandobrücke für große Schiffe, galt das Interesse den multi-variablen Funktionsgebern sowie hybriden Compilern.

Es wurden neuerlich Auto-Patch Systeme diskutiert, die nur als Eigenanfertigungen bereits ausgeliefert werden, die aber gerade an Rechenzentren wie der Hybridrechenanlage der Technischen Universität Wien als rentabel und zukunftsweisend erscheinen.

Die Firma EAI stellte einen neuen Digitalrechner EAI 3200 vor, der mit den bisherigen Analogrechnern verbunden werden kann.

Dieser Rechner ist als 32 Bit Rechner für größere Systeme konzipiert, stellt aber keine notwendige Erweiterung gegenüber dem 16 Bit Rechner EAI Pacer 100 für hybride Aufgaben dar.

Von Angehörigen der Hybridrechenanlage der TU Wien wurden zwei Vorträge gestaltet:

Dipl. Ing. Kleinert gab einen Überblick über die Organisation und die Aktivitäten der Hybridrechenanlage an der TU Wien und Dipl. Ing. Blauensteiner stellte das Betriebssystem JCS/TS 7 vor.

A. Blauensteiner

JOYGRAPH - EIN SYSTEM ZUR GRAPHISCHEN SIGNALEINGABE

Einleitung und Zusammenfassung

An der Hybridrechenanlage der TU Wien wurde als Ersatz für einen Lichtschreiber oder ein graphisches Tablett ein hybrides X-Y-Eingabeprogramm samt der zugehörigen zusätzlichen Hardware entwickelt.

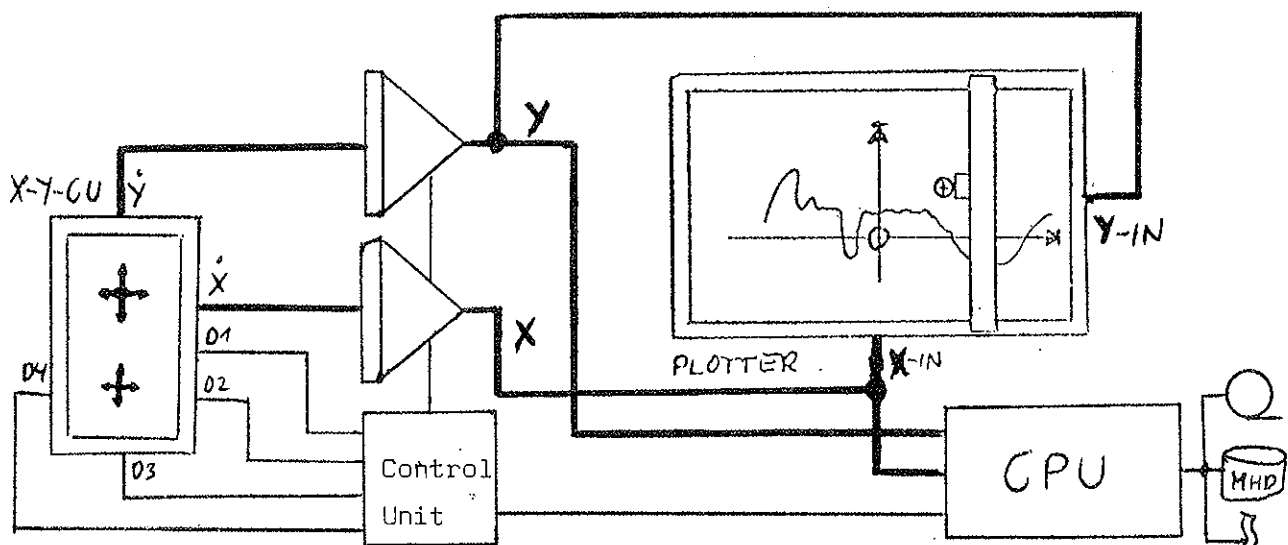
Die graphische Eingabe wird nach einer "Kimmen-und-Korn"-Methode über Joystick und Analogplotter durchgeführt. Zum Vergleich der Ist- und Soll-Position ist am Plotter statt des Schreibers ein Fadenkreuz montiert. Die Auslösung der Digitalisierung erfolgt über einen in seinen Funktionen vorprogrammierten Vierpositionsschalter. Das System kann auf zwei Arten arbeiten, im X-Y-Mode und im Y-t-Mode. Der Unterschied besteht darin, daß bei Y-t-Mode nur die Y-Ablenkung mittels Joystick eingegeben wird, während die X-Ablenkung vom Digitalrechner gesteuert wird (wie etwa im Standardfall der äquidistanten Abtastung).

Die beschriebene Art der graphischen Eingabe ist zwar nicht die eleganteste Methode, kann aber mit äußerst geringem finanziellen Aufwand an Hybridrechenanlagen implementiert werden. Konkret beliefen sich die Hardwarekosten auf etwa 2000.- öS.

Realisierung

Als Hardware wurden Steuerknüppel aus der Fernsteuerungselektronik verwendet, nämlich ein 2-Signal-Analogknüppel (X-Y-Joystick) und ein 4-Position-Digitalschalter S1 bis S4 in Kreuzform und one-out-of-four-System. Diese Schalter sind entprellt, S1 und S3 geben in Ruhelage logisch "0" und bei Betätigung logisch "1", während S2 und S4 bei jeder Betätigung den zugehörigen Ausgang in den anderen logischen Zustand überführen. Die 4 Ausgänge werden D1 bis D4 benannt. Die Analogsignale haben in Ruhelage des Joysticks etwa 0 Volt, in der äußersten Auslenkung etwa 2.5 V. Diese 6 Ausgänge werden über Trunks in den Analogrechner geführt, von wo auch die Stromversorgung für die X-Y-Control-Unit kommt. Im Analogrechner werden die Signale vorverarbeitet, synchronisiert, überprüft und korrigiert. Die Analogausgänge der X-Y-CU steuern Integratoren, die ihrerseits wieder den Analogplotter bewegen. Ist das Fadenkreuz schließlich über dem Zielpunkt, so wird durch einen Impuls von D1 die Digitalisierung der Ausgangsspannungen der Integratoren ausgelöst. D2 steuert die Schnelligkeit der Plotterbewegungen, D3 signalisiert dem Digitalrechner das Ende eines Kurvenzuges und setzt das System in den Ruhe- und Anfangszustand. D4 steuert den Mode: Achsdefinition oder Kurvendigitalisierung.

Die folgende Schaltung zeigt - grob vereinfacht - das System JOYGRAPH in seiner analogen Implementierung.



Der Vorgang der graphischen Eingabe mittels JOYGRAPH

Die Eingabe läuft so ab, daß der Operator die Vorlage in den Analogplotter einspannt und durch die Digitalisierung von drei Punkten (Ursprung, Maximum oder Minimum in X- und Y-Richtung) ein Koordinatensystem in Lage und Skalen festgelegt wird. Die Intervalle der digitalisierten Daten sind (-1,0,1,0), die Skalierung wird erst im Digitalrechner nach Eingabe der Koeffizienten über digitale Peripherie durchgeführt. Die Abtastung läuft dann so weiter, daß nach Eingabe der Kurvennummer, -länge und -anzahl der Digitalrechner die Kontrolle an den Analogrechner bzw. an die X-Y-CU abgibt. Zuerst wird die oben erwähnte Festlegung der Achsen durchgeführt und mittels S4 in den Digitalisierungszustand übergegangen. Nun wird mittels Joystick in den Zielpunkt gefahren und durch Betätigung von S1 digitalisiert. Durch Betätigung von S2 läßt sich die Armgeschwindigkeit verzehnfachen oder zehnteln (abwechselnd). Das Ende der Digitalisierung wird mit S3 angezeigt. Der Rechner wird wieder von der CPU gesteuert und erwartet die Eingabe der Skalierungsfaktoren. Vor dem Übergang in den Ruhezustand des nächsten Kurvenzugs wird ein kleines Protokoll ausgegeben.

Programme zur Verbesserung der eingegebenen Daten

Zur automatischen Korrektur der Ungenauigkeiten, die notgedrungen bei jeder graphischen Eingabe passieren, ist ein Glättungspaket in Entwicklung, das selbständig die Qualität der Signale verbessert. Dieses Paket wird etwa Anfang 1977 verfügbar sein. Ausgabe des Systems JOYGRAPH sind jedenfalls standardisierte Daten, die wahlweise auf verschiedenen peripheren Medien gespeichert werden können (Platte, Band, Lochstreifen, Analogband). Ein Programmpaket zur Verarbeitung dieser Standardfiles wird noch 1976 verfügbar sein.

Einsatzmöglichkeiten von JOYGRAPH

Geht man von der Erfahrungstatsache aus, daß es vor der Verwendung eines Hybrid-systems einige Vorurteile und Barrieren zu überwinden gilt, so ergibt sich speziell beim System JOYGRAPH ein recht schwieriges "Marketing". Nur wer je am eigenen "Leib" den Rationalisierungseffekt durch den Einsatz eines Hybrid-systems erlebt hat, kann die objektiv recht starken Barrieren überwinden, die um den Hybridrechner leider nun einmal existieren. Doch diese Frage ist hier nicht zu behandeln, kann aber die Einsatzschwierigkeiten von JOYGRAPH umfassend beschreiben.

JOYGRAPH wurde in seiner ersten Version erstmalig Anfang 1975 eingesetzt und laufend verbessert. Einige der im INTERFACE vorgestellte Projekt arbeiten mit JOYGRAPH oder zumindest mit der X-Y-Control-Unit. So etwa:

- Pacer Musicale (Eingabe der Notenpoligonzüge)
- Laufkatzensimulation (Handsteuerung des Krans)
- Programmsystem Textur (Wiedereingabe eines Registrierschreiberstreifens)
- EKG-Verarbeitung am Hybridrechner (noch nicht veröffentlicht)

Zur routinemäßigen Verwendung von JOYGRAPH ist eine Einarbeitungszeit von etwa 2 Stunden notwendig. Genauere Kenntnisse auf dem Gebiet des Hybridrechnens sind NICHT erforderlich.

Es besteht die Möglichkeit, JOYGRAPH in Serie zu produzieren und samt genauer Dokumentation zum Selbstkostenpreis abzugeben. Anfragen bzw. Anforderungen von Angeboten sind gegebenenfalls an den Autor zu richten.

A. Gsandtner

ITERATIVE SIMULATIONEN MITTELS CSMP

Die an der Hybridrechenanlage implementierte Version der Simulationssprache CSMP, die bereits im INTERFACE 3 vorgestellt wurde, ist für kleinere Digitalrechner entwickelt worden und basiert auf dem Konzept des analogen Schaltplans. Für den mit dem Analogrechner vertrauten Benutzer ergibt sich somit die Möglichkeit, ein Problem, für das ein Analogschaltplan erstellt wurde, digital ohne viel Programmieraufwand zu simulieren, da für jedes Element des Schaltplans (Integrierer, Summierer, Potentiometer usw.) lediglich eine Datenkarte abzulochen ist.

Die digitale Simulation bietet vor allem aus zeitlichen Gründen keinen vollwertigen Ersatz für die analoge Berechnung, daher wird CSMP vor allem zur Lösung kleinerer Probleme oder als Vorbereitung für die Skalierung bzw. zur Kontrolle analoger Berechnungen eingesetzt. Dadurch ergibt sich mitunter der Wunsch, auch Simulationsaufgaben mit iterativem Charakter mit CSMP durchzuführen. Es sind hier Simulationen gemeint, deren Endwerte die Anfangsbedingungen für den nächsten Lauf bestimmen. Die notwendige Datenübermittlung zwischen den einzelnen Runs kann auf drei Arten vorteilhaft durchgeführt werden:

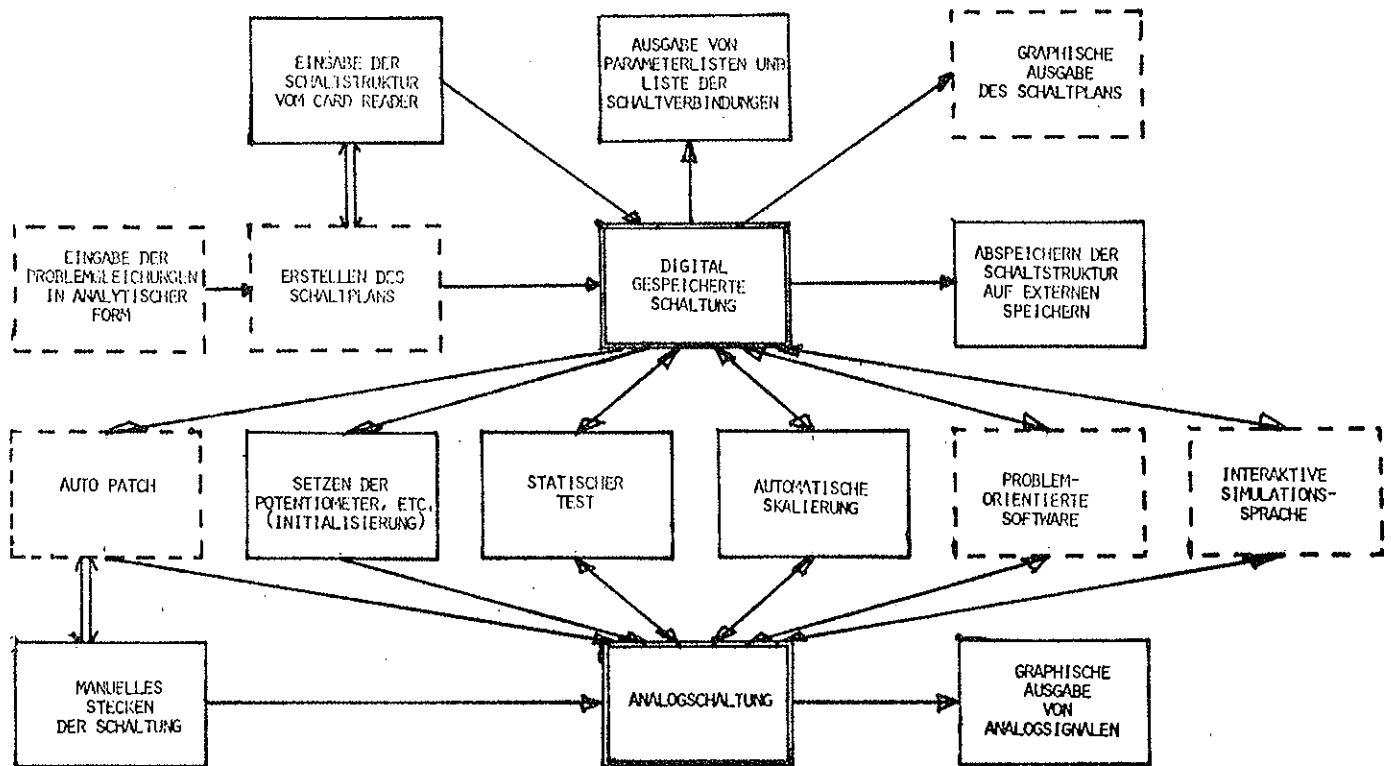
1. Verwendung des STORE-Elements
Dieses CSMP Element behält als einziges seinen Wert zwischen einzelnen Runs, die durch Steuerkarten zu einem Job zusammengefaßt sind.
2. COMMON-Block
Es wird eine Subroutine geschrieben, die die Iterationsvorschrift vollzieht und somit die Werte für den nächsten Run auf COMMON Plätzen übergibt. Eine weitere Subroutine dient zum Einlesen dieser Werte. Mittels BLOCK DATA-Anweisung können Anfangswerte für den ersten Run eingegeben werden.
3. Ausgabe von Daten auf Platte oder Band
Ähnlich wie unter 2 angeführt, können Daten in Subroutinen auch über die Platte ausgegeben bzw. für die nächste Iteration herangezogen werden. Das empfiehlt sich vor allem bei Aufgaben, die einer Datennachbehandlung, wie etwa Zeichnen am Data Plotter, unterzogen werden.

Die Verwendung von FORTRAN-Subroutinen ist eine von CSMP vorgesehene Möglichkeit, das Rechnen mit den vorhandenen CSMP-Elementen zu ergänzen. Diese Subroutinen werden ebensooft wie die anderen CSMP-Elemente aufgerufen, nämlich nach jedem Schritt (keine äquidistante Schrittweite) der digitalen Simulation, also etwa 50 mal öfter als der Koordinatenausdruck des Ergebnisses erfolgt. Aus diesem Grund ist es günstig, Subroutinenaufrufe, die keine Datenauswertung erwirken, mittels Sprunganweisung vorzeitig abzukürzen. Da in jedem CSMP-Job die Anzahl der Runs (maximal 99) durch die Programmsteuerungskarte a priori festgelegt wird, soll auch an ein vorzeitiges Abbrechen des Jobs (CALL EXIT) bzw. der einzelnen Runs mit dem CSMP-Element END gedacht werden.

F. Rattay

SOFTWAREPAKET ZUR DIGITALEN UNTERSTÜTZUNG VON SIMULATIONEN AM ANALOGRECHNER

An der Hybridrechenanlage wird im Rahmen einer Diplomarbeit des Instituts für Technische Mathematik an der Entwicklung eines Teiles eines Softwarepakets zur digitalen Unterstützung von Simulationen am Analogrechner gearbeitet, das in der endgültigen Form folgende Struktur haben soll:



Von diesem Programmsystem sind die im Diagramm stark umrandeten Teile bereits als FORTRAN - Unterprogramme verfügbar; d.h. jeder Benutzer der Hybridrechenanlage kann seine Schaltung mit dem vorhandenen System aufbereiten, einen statischen Test und eine automatische Skalierung durchführen lassen. Die graphische Ausgabe von Analogsignalen ist vorläufig nicht in das System integriert, sondern als unabhängiges Hauptprogramm zu verwenden, die logische Steuerung ist jedoch kompatibel mit dem vorliegenden System (siehe letztes INTERFACE: HYPLOT - Zeichnen von Analogsignalen am Dataplotter).

Kurzbeschreibung der Unterprogramme:

Eingabe: Definition der Anlogschaltung durch Eingabe einer Variablenliste und einer Liste der Schaltverbindungen vom Cardreader oder einem externen Speicher

Initialisierung: Berechnung der Potentiometerwerte und Setzen der Potentiometer
 Automatisches Einstellen der Rechenzeit mit der Real Time Clock
 Automatische Zeittransformation zur Realisierung der Potentiometerwerte oder um Umstecken auf andere Eingangswiderstände zu vermeiden (steuerbar durch Vorgabe eines kleinsten erlaubten Potentiometerwertes)

Statischer Test: Durchführung eines statischen Tests zu einem beliebigen Problemzeitpunkt, Kontrollausdruck am Lineprinter oder einer anderen Ausgabeeinheit

Skalierung: Optimale Skalierung oder Nachskalieren mit Speicherung der Maxima und Minima der Verstärkerausgänge und laufender Fehlerkontrolle

Ausgabe: Ausdruck einer Variablenliste und der Schaltverbindungen am Lineprinter oder Speichern der momentanen Schaltung (vorläufig nur auf Papertape)

PROBLEM-TIME = ,1500E+02 MACHINE-TIME = 231

TIME-TRANSFORMATION BETA = ,1540E+01

VARIABLE	ADRESSE	TYP	SKAL,FAKTOR	MAXIMUM	MINIMUM
X(1)	05	INT	,400000E+01	,9287	,0000
X(2)	35	INT	,100000E+02	,0002	-,9291
Y(1)	36	SUM	,102500E+01	-,0071	-,9780
Y(2)	90	SUM	,132500E+01	,9982	,0001
Z(1)	43	DIV	,250000E+01	,4557	-,9464
Z(2)	93	MULT	,125000E+02	,4473	-,9579
Z(3)	13	SQR	,250000E+02	,9763	,3274
V(1)		KON	,000000E+00	=	
V(2)		KON	,000000E+00	LO0	
V(3)		KON	,785400E+00	*0	

POTLISTE

AUSGANG	TYP	NUMMER	WERT	EINGANG	VERSTAERKER
INT 35	POT	62	,162338E+00	10	INT 65
=REF 7	POT	65	,750000E+00	IC	
INT 65	POT	66	,381818E+00	10	INT 35
INT 40	POT	71	,721251E-01	1	
MULT 33	POT	30	,649351E+00	10	
=REF 2	POT	60	,000000E+00	IC	
=REF 11	POT	68	,992197E+00	10	

Benützer, die an der Verwendung dieses Programmsystems interessiert sind, werden gebeten, sich an Herrn D. Solar zu wenden.

AUSWERTUNG VON RÖNTGENTEXTURAUFGABEN AM HYBRIDRECHNER

Das an der Hybridrechenanlage entwickelte Programmsystem TEXTUR dient zur Auswertung von Röntgen-Texturmessungen. Diese Messungen wurden im Rahmen einer Dissertation über die bei der superplastischen Verformung wirksamen Verformungsmechanismen am II. Physikalischen Institut der Universität Wien durchgeführt.

Unter dem Begriff "Superplastizität" versteht man die Fähigkeit von Materialien, sich extrem stark homogen, das heißt gleichmäßig über die ganze Länge einer Zugprobe, dehnen zu lassen, ohne einzuschnüren oder zu reißen. Durch superplastische Verformung lassen sich Dehnungen bis über 1000 % erzielen, während die maximale Gleichmaßdehnung bei den meisten Werkstoffen weit unter 100 % liegt. Diesem Phänomen der Superplastizität liegt eine hohe Abhängigkeit der Zugspannung von der Dehngeschwindigkeit zugrunde [1]. Das heißt, diese Materialien lassen sich ähnlich dehnen wie viskose Stoffe, etwa wie heißes Glas. Es ist gelungen, eine ganze Reihe von Metallegierungen, aber auch nichtmetallische Werkstoffe durch geeignete mechanische und thermische Vorbehandlung in einen Zustand zu bringen, der bei geeigneten Temperaturen und geeigneten Dehngeschwindigkeiten eine superplastische Verformung ermöglicht. Da die Superplastizität bei jedem Material jeweils an einen gewissen Temperaturbereich gebunden ist und da weiters nach der Verformung das Gefüge oft durch eine Nachbehandlung so verändert werden kann, daß die Materialien eine brauchbare Festigkeit erreichen, eröffnet sich für die superplastische Verformung ein breites technisches Anwendungsfeld. Insbesondere ermöglicht sie die Fertigung von komplizierten Metallstücken, die bisher aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden mußten. Die technische Anwendung wurde auch schon von mehreren Betrieben erprobt.

Eine der verwendeten Untersuchungsmethoden ist die Messung der Textur von Proben vor und nach der superplastischen Verformung. Unter der Textur eines polikristallinen Materials versteht man bevorzugte Orientierungen der einzelnen Kristallite. Die Änderung der Textur ermöglicht Rückschlüsse auf die wirksamen Verformungsmechanismen. Sie kann auf röntgenographischem Weg verfolgt werden. Es wird dabei die räumliche Verteilung der Netzebenen der Kristallite vermessen, die starke Röntgenreflexe liefern. Bei den durchgeführten Messungen wurde dazu ein Röntgentexturgoniometer der Firma Siemens mit Ni-gefilterter Cu-Ka-Strahlung verwendet.

DAS PRINZIP DER BESTIMMUNG DES ORIENTIERUNGSZUSTANDES MITTELS RÖNTGENTEXTURAUFGABEN

Legt man eine unorientierte Probe in eine Lagenkugel (Abb. 1a), so sind die Durchstoßpunkte auf eine bestimmte Netzebenenart völlig gleich über die Kugeloberfläche verteilt. Ist die Probe orientiert, so erhält man an bestimmten Punkten der Lagenkugel Häufungsstellen. Da die gestreute Röntgenintensität I der Zahl der streuenden Netzebenen proportional ist, kann man durch die Vermessung dieser Intensität die Orientierung der Netzebenen feststellen. Das Texturgoniometer ist nun so eingerichtet, daß die Lagenkugel längs einer Spiralbahn beim Pol beginnend abgefahren wird und die Intensität bei festem Bragg-Winkel laufend registriert wird. Durch Vermessung von zwei Netzebenen kann man die Orientierung jeder beliebigen anderen Netzebene bestimmen und somit auch die Orientierung der Kristallachsen.

Die Textur eines Materials bzw. einer Phase des Materials wird in der Regel durch die Polfiguren von verschiedenen Kristallebenen graphisch dargestellt. In einer Polfigur werden die Häufigkeiten der Orientierung einer Kristallebene nach den verschiedenen räumlichen Richtungen eingezeichnet. Sie ist also ein dreidimensionales Diagramm Richtung (Kugelkoordinaten ϕ , θ) gegen Häufigkeit. Man bedient sich dabei der stereographischen Projektion. Es genügt natürlich, die Häufigkeiten innerhalb eines Halbraumes anzugeben. Ist die Textur, wie im vorliegenden Fall, zu zwei aufeinander normal stehende Richtungen symmetrisch (Zugrichtung und Walznormale), so genügt die Betrachtung eines Oktanten.

Für die Auswertung der Messung ist es außerordentlich vorteilhaft, wenn die Messung einen ganzen Oktanten der Lagenkugel überdeckt. Um die Messungen nämlich untereinander vergleichen zu können, muß man sie auf eine Gleichverteilung beziehen. Dazu integriert man die Intensität über die ganze Kugeloberfläche und normiert auf Eins. Liegt eine Probe vor, deren Orientierung bezüglich zweier orthogonaler Achsen symmetrisch ist, so genügt eine Normierung über einen Oktanten der Kugeloberfläche. Die normale Messung ist jedoch in einem Winkelbereich von $\pm 20^\circ$ um den Äquator aufgrund zunehmender Strahlendivergenz nicht mehr auswertbar.[2].

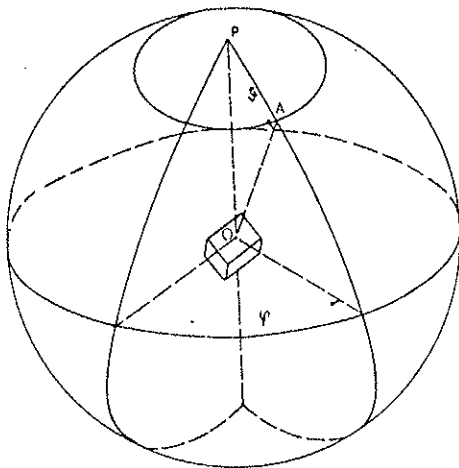


Abbildung 1 a

Lage einer Ebenennormale A, gekennzeichnet durch Kugelkoordinaten θ und ϕ .

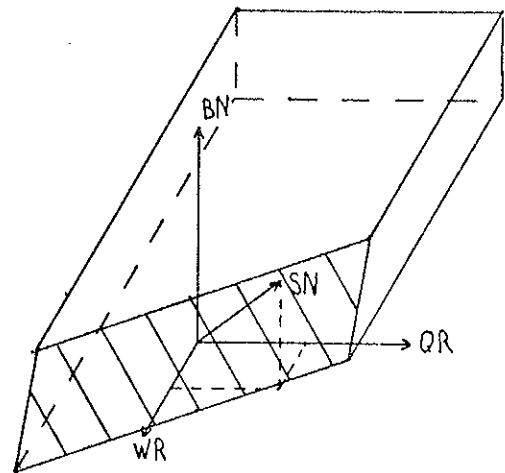


Abbildung 1 b

WR - Walzrichtung, BN - Blechnormale
QR - Querrichtung, SN - Schnittnormale

Um zu gewährleisten, daß der ganze Oktant innerhalb des auswertbaren Bereichs liegt, wird sein Mittelpunkt als Anfangspunkt der Messung gewählt. Dieser Punkt ist der Durchstoßpunkt der $[111]$ -Richtung durch die Lagenkugel und hat die auf 1 normierten Koordinaten $x=1/\sqrt{3}$, $y=1/\sqrt{3}$, $z=1/\sqrt{3}$. Dieser Vektor schließt mit der z-Richtung einen Winkel von $54^\circ 44'$ ein, sodaß nach $\theta=55^\circ$ der ganze Oktant von der Spirale überstrichen wurde.

Die Durchführung der Messung erfolgt nun so, daß die Probe längs einer Ebene geschnitten wird, deren Normalvektor in die $[111]$ -Richtung, bezogen auf die Vorzugsrichtungen der Probe, zeigt (Abb. 1b). Die Normale der Schnittebene wird dann mit der z-Richtung identifiziert und die Messung in der üblichen Weise durchgeführt.

Die Parameterdarstellung der Meßspirale erhält man durch Drehung einer Spirale mit dem Durchstoßpunkt $(0,0,1)$. Die Drehung kann bezüglich der Vorzugsrichtungen durch eine Matrix R dargestellt werden.

$$(1) \begin{pmatrix} x(\phi) \\ y(\phi) \\ z(\phi) \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} \cos\phi \sin\theta(\phi) \\ \sin\phi \sin\theta(\phi) \\ \cos\theta(\phi) \end{pmatrix} \quad \text{mit} \quad R = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \sqrt{6} & \sqrt{2} & \sqrt{3} \\ \sqrt{6} & \sqrt{2} & \sqrt{3} \\ \sqrt{2} & 0 & 1 \\ \sqrt{3} & 0 & \sqrt{3} \end{pmatrix}$$

und $\theta(\phi) = \frac{\phi}{72}$

ϕ, θ Kugelkoordinaten $0 \leq \phi \leq 24\pi$

Die Messung liefert also die Intensitäten $I(\phi)$ in Abhängigkeit des Winkels ϕ (Registrierkurve) längs der Meßspirale.

AUSWERTUNG DER MESSDATEN

Die klassische Methode ist die Auswertung mittels sogenannter Polfiguren. Diese erhält man, wie gesagt, indem man die Intensitätswerte von der Lagenkugeloberfläche mit einer stereographischen Projektion auf die Äquatorebene der Kugel abbildet. Durch Verbinden von Punkten gleicher Häufigkeit erhält man Höhenschichtenlinien proportional der Häufigkeitsverteilung der vermessenen Netzebenenart. Aus mindestens zwei Polfiguren von verschiedenen Netzebenen einer Probe können sofort Aussagen über die Art und Stärke der Orientierung getroffen werden.

Das an der Hybridrechenanlage erstellte Programmsystem TEXTUR geht von der Registrierkurve aus, die bei der Messung mit dem Siemens-Texturgoniometer aufgezeichnet werden, führt die Integration über einen Dktanten durch, normiert die Meßwerte und zeichnet die Polfigur für einen Quadranten (Abb. 2), bzw. für mit der herkömmlichen Methode durchgeführte Messungen, für die inneren 60° (Abb. 3).

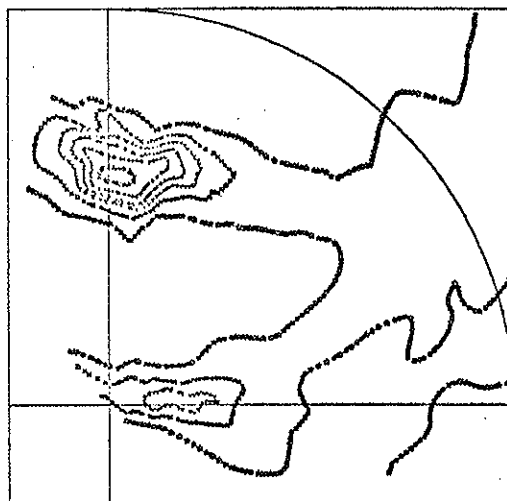


Abbildung 2
Polfigur für einen Quadranten

Die Möglichkeit der Aufzeichnung der Registrierkurve der Röntgenmessung auf Lochstreifen oder Magnetband stand nicht zur Verfügung. Die Werte konnten nur mittels eines Siemens Kompensograph-Schreibers registriert werden. Eine direkte Eingabe in eine EDV-Anlage war somit unmöglich. Statt dessen wurde die graphische Eingabemethode JDYGRAPH verwendet (siehe Artikel auf Seite 15).

Diese Methode des Einlesens, bei der der Experimentator selbst durch die statistischen Schwankungen der Intensität des reflektierten Strahls eine Ausgleichskurve legt, hat den Vorteil, daß offensichtlich fehlerhafte Stellen des Meßdiagramms leicht erkannt und korrigiert werden können.

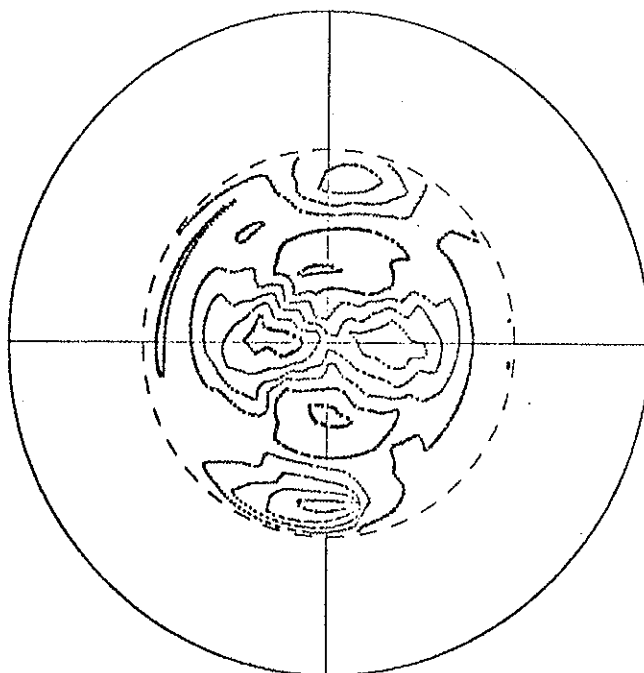


Abbildung 3
Polfigur für die inneren 60°

DAS PROGRAMMSYSTEM TEXTUR

besteht aus 4 Programmen (TEXTØØ, TEXTØ1, TEXTØ2, TEXTØ4), die alle weniger als 12 k Kernspeicherzellen benötigen und teilweise parallel verarbeitet werden können. Es werden drei Datenfiles auf der Wechselplatte mit insgesamt 3Ø k Worten und 2 Datenfiles auf der Festkopfplatte mit 2 k Worten als Zwischenspeicher verwendet.

TEXTØØ dient zur Abtastung der Meßstreifen nach dem JOYGRAPH-Verfahren. Der 72 cm lange Meßstreifen wird in zwei Teilen abgetastet und das Programm speichert bis zu 399 in ϕ monotone Paare $(\phi_i, I(\phi_i))$ auf einen Plattenfile und druckt sie zur Kontrolle aus. Die Abszissenabstände $\Delta\phi_i$ werden vom Experimentator gewählt. Bei der Abtastung wird die maximale Genauigkeit des Analogrechners ausgenützt. TEXTØØ verwendet keine REAL-Arithmetik.

TEXTØ1 skaliert und normiert $I(\phi)$. Ferner werden mit Hilfe des Unterprogramms AKIMA alle nötigen Informationen für eine stückweise kubische Polynominterpolation zwischen den Stützstellen ϕ_i berechnet und auf Platte abgespeichert.

TEXTØ2 liefert die Intensitätswerte auf einem quadratischen Raster, der einen Quadranten in der x,y-Ebene der stereographischen Projektion überdeckt (Abb.4) und speichert sie auf Platte ab.

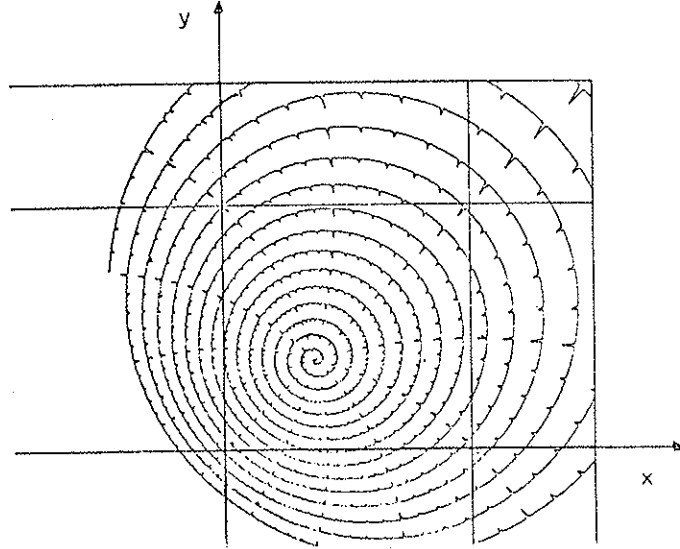


Abbildung 4
Meßspirale in der stereographischen Projektion

Zur Ermittlung der Intensitätswerte wurde ein Funktionsunterprogramm $F(X,Y)$ geschrieben, das für zwei beliebige Koordinaten (X,Y) in der Projektionsebene den interpolierten Intensitätswert aus der Information der Registrierkurve liefert. Da die Meßspirale in der Projektionsebene nur durch äußerst komplizierte und unhandliche Formeln analytisch dargestellt werden kann, wurde der folgende Weg eingeschlagen:

- 1) Rücktransformation der Koordinaten X,Y aus der stereographischen Projektion auf die Lagenkugel.
- 2) Rückdrehung auf der Lagenkugel mit R^{-1} (Inverse von R aus (1))
- 3) Stereographische Projektion auf die Äquatorebene liefert die neuen Koordinaten X^* und Y^* .

Nach dieser Transformation besitzt die Meßspirale in der x^*,y^* -Ebene die folgende einfache Polarkoordinatendarstellung:

$$(2) \quad r = \operatorname{tg} \frac{\phi}{144}$$

wobei ϕ mit dem Argument von $I(\phi)$ in (1) übereinstimmt.

Durch den Punkt (X^*,Y^*) wird nun ein Strahl durch den Ursprung gelegt. In den beiden nächstgelegenen Schnittpunkten ϕ_1 und ϕ_2 mit der Spirale (2) werden die Intensitätswerte I_1 und I_2 durch Auswertung des Interpolationspolynoms von $I(\phi)$ bestimmt und man erhält $F(X,Y)$ durch lineare Interpolation zwischen I_1 und I_2 .

TEXT04 zeichnet nun in einem Durchgang sämtliche gewünschte Höhenschichtlinien der Intensität (Polfigur), wobei der Raster systematisch abgearbeitet wird und zwischen aufeinanderfolgenden Rasterpunkten eben interpoliert wird. TEXT04 ist universell verwendbar, falls Höhenschichtlinien für Funktionen zweier Veränderlicher gezeichnet werden sollen, deren Werte auf einem Raster bekannt sind.

Das Programmsystem TEXTUR ist so aufgebaut, daß während des Ablaufs von TEXT01, TEXT02 und TEXT04 im Hintergrund bereits im Vordergrund neue Meßstreifen mit TEXT00 abgetastet werden können. Das gewährleistet eine optimale Überlappung bei Vielfachauswertungen und die Verarbeitungszeit konnte dadurch auf die Hälfte reduziert werden.

LITERATUR

- [1] H.P. Stüwe: z. Metallkunde 61 (1970) S. 704
- [2] K.N. Melton, J.W. Edington: J.Inst.of.Met. (1973) S. 122

H. Spindler, P.F. Mayer
II. Physikalisches Institut der Universität Wien
W. Kleinert
Hybridrechenanlage der Technischen Universität Wien

"EAI - AWARD - PROGRAMME"

Die Firma EAI kündigt unter dem Titel "Thesis Awards Available" Prämien für Doktorarbeiten auf dem Gebiet der Analog/Hybridrechen-technik an.

Jedes Jahr sollen drei Preise für die besten Arbeiten vergeben werden:

1. Preis US\$ 2500.-
2. Preis US\$ 1500.-
3. Preis US\$ 1000.-

Die Dissertation soll sich mit einem Thema befassen, das entweder

- ein typisches Anwendungsgebiet des Analog/Hybridrechners aufzeigt,
- die Anwendungsmöglichkeiten des Analog/Hybridrechners um einen bedeutenden technischen Problemkreis erweitert,
- oder in bedeutender Weise die Nützlichkeit und/oder Leistungsfähigkeit des Analog/Hybridrechners verbessert.

Das "Publication Award Program" belohnt Publikationen von Lehrpersonen im Bereich der Analog/Hybridrechen-technik zum Thema

"Die Verwendung und die Bedeutung von Hybridrechnern und verwandten Technologien im Lehrplan für Ingenieurwesen, Technik, Mathematik und Rechen-technik"

mit Honoraren in der Höhe von US\$ 200.- bis US\$ 500.-.

EAI bietet dazu Unterstützung bei der Vorbereitung der Manuskripte (Reinschrift, Reinzeichnung) an. Die Veröffentlichung kann in jeder beliebigen Sprache abgefaßt sein.

Die Auswahl trifft ein unabhängiges Komitee.

Nähere Auskünfte erteilt die Hybridrechenanlage der Technischen Universität Wien.

ERZEUGUNG NICHTLINEARER FUNKTIONEN VON MEHREREN VERÄNDERLICHEN AM HYBRIDRECHNER

Dieser Artikel wurde von Arthur Rubin, EAI West Long Branch, verfaßt und von Frédéric Nero, Europäisches Rechenzentrum EAI Brüssel, aus dem Englischen übersetzt und der Redaktion freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

KURZINHALT

Dieser Beitrag gibt einen Überblick der geschichtlichen Entwicklung der multi-variablen Funktionserzeugung durch analoge Komponenten und zeigt, wie eine schwere Unzulänglichkeit auf diesem Gebiet dazu geführt hat, digitale Funktionserzeugungstechniken in der hybriden Simulation zu benutzen.

Die Bedeutung der MVFG (Multi-Variable-Funktions Generation) in der modernen Simulation wird analysiert, und seine Hauptrolle an der Flugbahnsimulation eines Luftfahrzeugs wird hervorgehoben. Verschiedene Methoden für die MVFG werden diskutiert und als Schlußfolgerung wird auf die Notwendigkeit eines freistehenden analogartigen MVFG hingewiesen.

EINLEITUNG

Das Problem der multi-variablen Funktionserzeugung stellt sich seit Beginn des Analogrechnens und hat erst in allerletzter Zeit eine befriedigende Lösung gefunden, d.h. Erzeugung der Funktionen mit analoger Geschwindigkeit.

In der Geschichte des Analogrechners wurde verschiedentlich ein Versuch gemacht, analoge Generatoren von zwei Variablen einzusetzen. Es seien hier erwähnt:

- Das BIVAR (Modell 11D - 16 A), eine Halbleitungsebene mit äquipotentiellen Linien, das auf einem Zeichenplotter montiert war, dessen Zeichenstift durch einen kontaktgebenden Stift ersetzt war.
- Ein zwei-variabler Diodenfunktionsgeber (Dimension 16 x 16), in dem 16 Diodenfunktionsgeber (einer Variablen) analog miteinander verknüpft waren. Die Einstellzeit war sehr groß und nur einfache Typen von Funktionen waren anwendbar.
- Ein langsames aber billigeres Gerät, das auf der Benutzung von Spezialservopotentiometern beruhte. Auch hier war die Einstellzeit groß.
- Wegen der gegebenen Hardwareeinschränkungen wurden Funktionen zweier Variablen oft in ein Produkt zweier Funktionen einer Variablen zerlegt.

Von Funktionsgebern dreier Variablen war überhaupt nie die Rede, da schon eine Funktion zweier Variablen einen großen Teil der nichtlinearen Analogkomponenten in Anspruch nahm.

BEDEUTUNG DER MULTI-VARIABLEN FUNKTIONSERZEUGUNG IN MODERNER SIMULATION

Es ist jetzt allgemein bekannt, daß in Hybridrechnersimulationen die MVF-Erzeugung bis zu 40 oder 60 % der digitalen Rechnerzeit in Anspruch nimmt. Dasselbe gilt für die rein digitale Simulation. Hier kommt noch die Bürde der Erzeugung von Funktionen einer Variablen hinzu.

Die MVF-Erzeugung spielt also eine große Rolle in allen typischen Anwendungsgebieten wie Flug- und Raumfahrtsimulation, Kernreaktorsimulation (Wasserdampftabellen, Simulation von Düsenmotoren und Turbinen (Motorkeendaten, Druck/Fluß/Geschwindigkeitskurven), Simulation der Unterwasserschallfortpflanzung (Schallgeschwindigkeit als Funktion von X, Y, Z) usw.

Ein gutes Beispiel ist die Simulation der aerodynamischen Kräfte und Momente, die aus der Wechselwirkung zwischen einem Luftfahrzeug und dessen Kontrollflächen und den Luftmassen entstehen.

Bild 1 zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm zur Errechnung der Flugbahn eines Luftfahrzeugs, ausgehend von den Kräften F_1, F_2, F_3 und den Momenten L, M, N , ausgedrückt im Flugkörperachsensystem. Der Block oben links zeigt die Eingangsvariablen für diesen Block, mit dessen Hilfe die Kräfte und Momente gerechnet werden. Diese Variablen können in zwei Teile geteilt werden: die "externen" und "internen" Variablen.

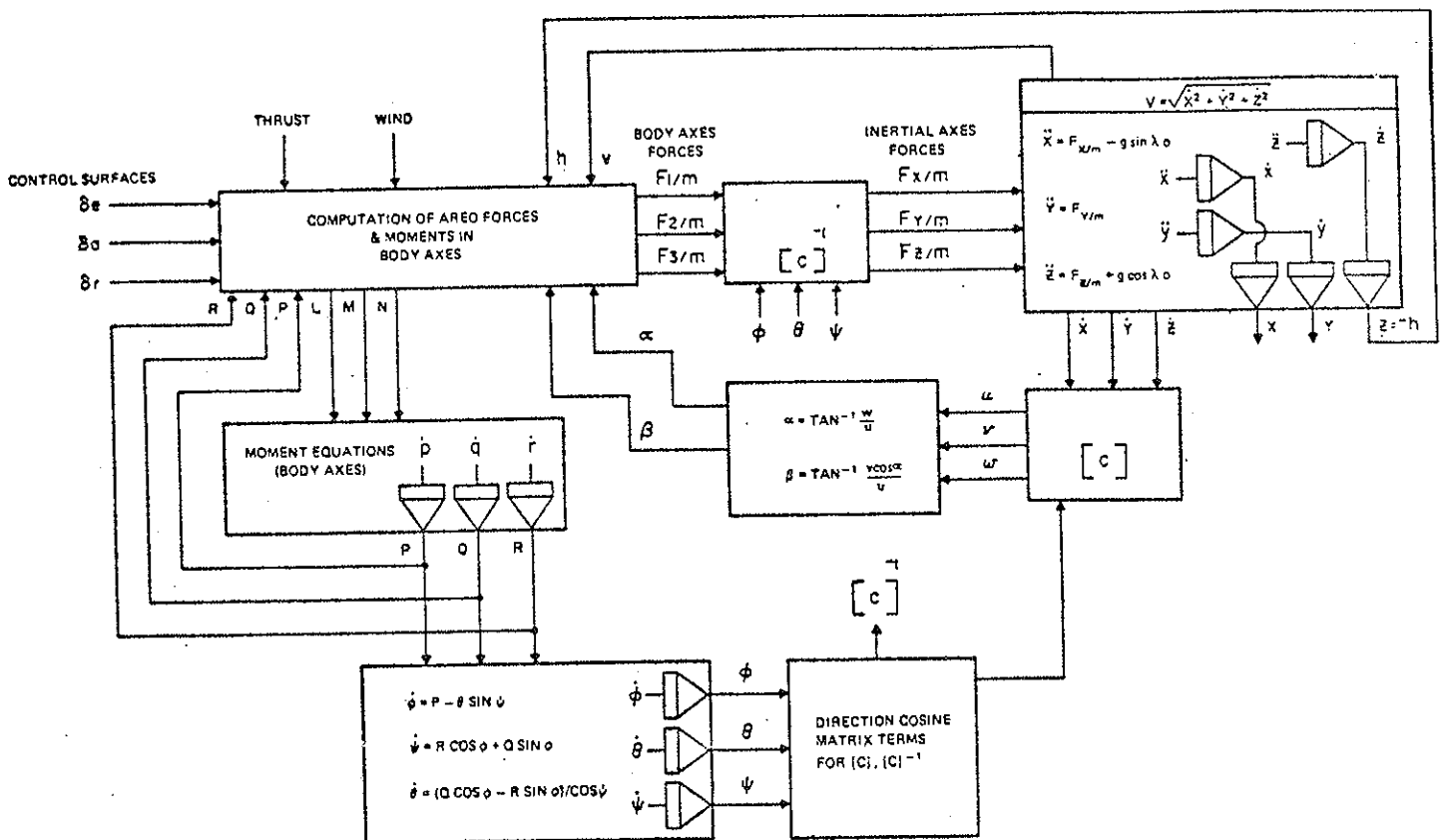


BILD 1

BLOCK DIAGRAM OF AERO TRAJECTORY COMPUTATION

- Die externen Variablen sind im Prinzip I_e , I_a , I_x (Einfluß der Kontrollflächen), Wind und Schub. Diese Variablen bewirken die Fortbewegung des Flugkörpers.
- Die internen Variablen sind aerodynamische Rückkopplungsvariable (Feedback) wie Höhe (h), Translationsgeschwindigkeit (V), Drehgeschwindigkeitsraten P , Q , R , und die wichtigen Angriffswinkel (α) und seitlicher Abrutschwinkel (β).

Vom aerodynamischen Standpunkt sind letztere die wichtigen Variablen. Sie beeinflussen die Stabilität und das Verhalten des Flugzeugs. Hinzu kommen gewöhnlich wichtige Rückkopplungsvariablen, die vom automatischen Piloten (SAS: Stability Augmentation System) aus α , β , P , Q , R errechnet werden. Aus vorhergehender Diskussion und aus Bild 1 entnehmen wir, daß mehrere wichtige Rückkopplungsschleifen im System enthalten sind, wovon die wichtigste die Rückkopplungsschleife ist, die alle Kräfte F_1 , F_2 , F_3 und Momente L , M , N beeinflusst. Die anderen drei Schleifen sind die von Höhe (h), Translationsgeschwindigkeit (V) und Momente (L , M , N).

Der kritische Punkt dieser Simulation ist die Phasenverschiebung des Beitrags der Variablen α , β , P , Q , R zu den aerodynamischen Kräften und Momenten als auch des Beitrags zu I_e , I_a , I_r , falls ein SAS mitsimuliert wird.

Für nur wenige Grad Phasenverschiebung kann eine andernfalls getreue Simulation total wertlos werden (d.h. das wirkliche System ist stabil und dessen Simulation wird instabil).

Woher kommt die Phasenverschiebung in der Simulation? Normalerweise, wenn von einer rein analogen Simulation die Rede ist, haben die nichtlinearen Komponenten typische Phasenverschiebungen in der Größenordnung von Zehntelgraden bei einer Signalfrequenz von 1 Kilohertz und mehr. Der normale Frequenzbereich geht von 1 bis 8 Hz bei Flugzeugen, und von 2 bis 250 Hz bei Raketen.

Dieser Frequenzbereich ergibt also noch annehmbare Phasenverschiebungen bei rein analoger Simulation, sogar wenn die Simulation 10 oder 100 mal beschleunigt ist.

Phasenverschiebungen in der Höhe von einigen Grad bei Realzeitsimulationen werden durch die Diskretisierung der hauptsächlich kontinuierlichen Variablen, wie aerodynamische Kräfte und Momente, hervorgerufen.

Die Hauptursache für die Diskretisierung war die Notwendigkeit, große Mengen von Daten (10.000 bis mehrere 100.000) zu speichern. Diese Daten sind notwendig, um die multi-variablen aerodynamischen Funktionen für eine volle Simulation mit 6 Freiheitsgraden darzustellen. Eine andere Ursache für die Diskretisierung war, daß keine Analogkomponente existierte, die eine MVF-Erzeugung praktisch und preiswert durchführen konnte.

MODERNE METHODEN DER MVF-ERZEUGUNG

In der jetzigen Hybridsimulation werden zwei Methoden für die MVF-Erzeugung angewendet. Die beiden Methoden benützen den Digitalrechner in einer Tabellenaufrufungsprozedur, unterscheiden sich aber in der Interpolationsprozedur. Die erste Methode macht die Interpolation zwischen den Stützpunkten der Variablen im Digitalrechner, und die zweite macht die Interpolation auf dem Analogrechner, wobei der Digitalrechner nur bei der Überquerung eines Stützpunktes benötigt wird.

Beide Methoden haben die gleichen Einschränkungen. Da derselbe Digitalrechner viele Funktionen rechnen muß, geht der effektive Frequenzbereich in rein digitalen Simulationen nur bis zu einigen Hertz und bei hybriden Simulationen bis zu 20 bis 50 Hertz.

Außerdem haben sich zwei Nebeneffekte bemerkbar gemacht. Sie sind das Resultat der Einfügung des Digitalrechners in die "heiße Schleife" der aerodynamischen Kräfte und Momente. Erstens nimmt die Erzeugung der aerodynamischen Funktionen zwischen 40 bis 60 % der Digitalrechnerzeit ein (und 40 bis 100 % des dynamischen Speichers). Zweitens, und das ist die Folge vom ersten Effekt, geht der Trend bei hybriden Luft- und Raumfahrtsimulationen zu größeren und teureren Digitalrechnern.

Da große Digitalrechner für die aerodynamische Funktionserzeugung benötigt werden, blieb öfters noch genug Rechnerkapazität übrig, um einen Teil der Simulation zu übernehmen, der sonst auf dem Analogteil des Hybridrechners gemacht wurde.

Außerdem wurde die Simulationsgeschwindigkeit praktisch aller Luft- und Raumfahrtsimulationen mit 6 Freiheitsgraden auf die Realzeit beschränkt. So wurde den Systemanalytikern der Vorteil großer Mengen von schnellen (und billigen) Lösungen für sinnvolle Studien der kontrollierbaren Systemparameter, der Herstellertoleranzen, der Rauschempfindlichkeit, usw. genommen,

Eine weitere Folge des Bedürfnisses nach einem größeren Digitalrechner für hybride Luftfahrtsimulationen ist die Schwächung der analogen Rechnerkapazität, und führt so zu einer stufenweisen Atrophie des analogen Anteils im Hybridrechnen.

DIE NOTWENDIGKEIT EINES FREISTEHENDEN ANALOGARTIGEN MULTI-VARIABLEN FUNKTIONSGEBERS

Bei der Betrachtung des Blockdiagramms von Bild 1 kann man sehen, daß der Rechenblock der aerodynamischen Funktionen (oben links) das Herz der "heißen" schnellen und kritischen Rückkopplungsschleifen α , β , P , Q , R ist. Hat es einen Sinn, diese Variablen auf dem Analogrechner zu erzeugen, sie zu diskretisieren, in einem Digitalrechner durch eine Tabellenaufrufungsprozedur zu errechnen und zu interpolieren, und das für eine große Anzahl von Variablen, und dann die diskreten Werte der resultierenden aerodynamischen Funktionen auf DAC's oder DMA's in das Herz der kritischen Schleife einzufügen, und so große Phasenverschiebungen zu verursachen, was schließlich das anfängliche Ziel (nämlich Phasenverschiebungen durch schnelle analoge Komponenten zu verhindern) verfehlt?

Falls es vom Standpunkt der Phasenverschiebung und des Frequenzinhalts her gesehen einen Sinn hat, die Variablen α , β , P , Q , R auf Komponenten mit analogartiger Bandbreite zu erzeugen, muß man logischerweise auch die aerodynamischen Funktionen, die von diesen Variablen abhängen, auf Komponenten erzeugen, deren Bandbreite mit der von analogen Elementen vereinbar ist.

Ideal gesehen, sollten diese analogartigen MVF-Erzeuger dieselbe Bandbreite haben wie die der nichtlinearen Analogkomponenten (Multiplizierer, Resolver, usw.).

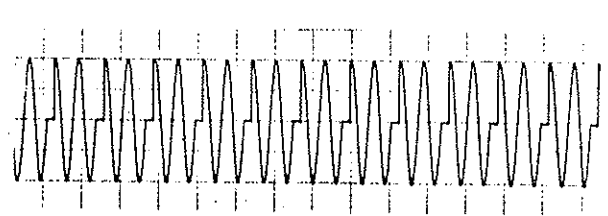
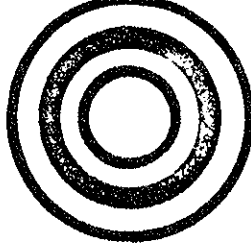
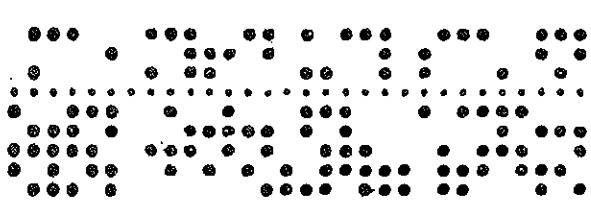
Wenn solche analogartigen MVF-Erzeuger die Analogkonsole bestücken, wird außerdem der Digitalteil des Hybridsystems von der Bürde der mühseligen und zeitraubenden Funktionserzeugung entlastet. Er kann so besser in den Teilen der Simulation, die eine größere Präzision verlangen, eingesetzt werden, und vielleicht dazu benützt werden, um die Resultate "on-line" zu analysieren, weiterzuverarbeiten und zu veranschaulichen. So könnte eine größere Zusammenarbeit zwischen dem Systemanalytiker und der Simulation erreicht werden, und die Wirksamkeit des Hybridrechners, vom Endbenutzer her gesehen, verbessert werden.

Schließlich wird ein analogartiger MVF-Erzeuger eine schnellere als Realzeit Simulation für Parameterstudien ermöglichen, als auch den Systemingenieur von der Sorge befreien, ob nun eine phasenverschiebungsbedingte Unbeständigkeit in der Simulation vom wirklichen System kommt, oder ob sie der Unzulänglichkeit des Simulationsprogrammes zuzuschreiben ist.

DEFINITION DES MVF-ERZEUGERS

Die MVF-Erzeuger, wie sie jetzt von EAI hergestellt werden, verwenden die neuesten hochintegrierten Schaltkreise wie ultraschnelle MSI-Logik und Arithmetik, MOS/RAM Speichertechnik und integrierte Datenwandelsysteme. Diese neuen hybriden Komponenten haben folgende Kenndaten:

1. Automatische Einstellung durch den Digitalrechner; danach ist eine komplette Unabhängigkeit vom Digitalrechner gewährleistet, da die Funktionsgeber eigene Speichermöglichkeiten haben.
2. Ein MVF-Erzeuger kann für eine Funktion von drei Variablen oder für zwei Funktionen von zwei Variablen oder für vier Funktionen von einer Variablen benützt werden.
3. Jede Variable kann bis zu 256 Stützpunkte haben.
4. Zwischen den Stützpunkten findet eine kontinuierliche analoge Interpolation statt.
5. Das Überqueren eines Stützpunktes dauert weniger als fünf Mikrosekunden.
6. Die Funktionen können steile Neigungen (bis zu 100:1) haben.
7. Die eingestellten Funktionen sind exakt wiederholbar von Einstellung zu Einstellung und von Funktionsgenerator zu Funktionsgenerator.
8. Der statische Fehler beträgt 0.1 % für eine Variable und 0.2 % für drei Variable.
9. Für kleine Signale ist die Bandbreite größer als 100 Kilohertz.
10. Für größere Signale ist der dynamische Fehler bei 1 Kilohertz kleiner als 1 %.
11. Eingänge und Ausgänge sind analog. Es findet keine externe Datenkonversion statt.



BENÜTZERFORUM

SIMULIERUNG EINES STATISCHEN FREQUENZVERVIELFACHERS MIT NICHTLINEAREM EISENKERN AM ANALOGRECHNER

Andrzej Nafalski
Abteilung Grundlagen der Elektrotechnik
Technische Hochschule Lublin, Polen
Institut für elektrische Maschinen, TU Wien

Einführung

Die genauere Analyse der Systeme magnetischer Frequenzvervielfacher erfordert die Benutzung einer Rechenanlage, da die Gleichungen nicht-linear sind.

Wenn es eine große Zahl veränderlicher Parameter gibt, ist es meist zweckmäßig, einen Analogrechner zu verwenden, weil die Rechengeschwindigkeit hoch ist und die Möglichkeit der direkten Ergebnisbeobachtung besteht.

Objekt der Analyse

Es wird ein magnetischer Frequenzvervielfacher des Brückentyps, dessen Schema in Bild 1 gezeigt wird, simuliert.

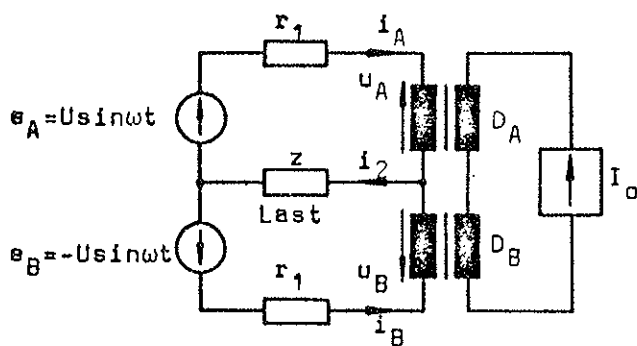


Bild 1

Schema des magnetischen Frequenzvervielfachers des Brückentyps

Notwendige vereinfachende Voraussetzungen:

- 1) Die beiden Drosseln sind identisch
- 2) Man berücksichtigt die Streuflüsse nicht
- 3) Man vernachlässigt die Eisenverluste
- 4) Die Spannungsquellen seien ideal

Im gegebenen System sind die Eisenkerne die Ursache der Nichtlinearität. Die Magnetisierungskennlinien des Eisens werden durch drei Geraden angenähert [2], wie auf dem Bild 2a. Das entsprechende Ersatzschema unter Berücksichtigung des Gleichstromes zeigt Bild 2b.

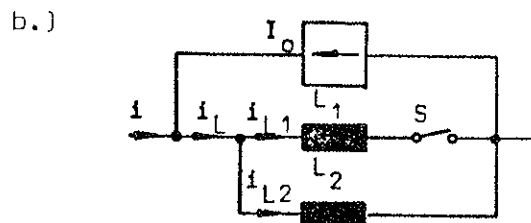
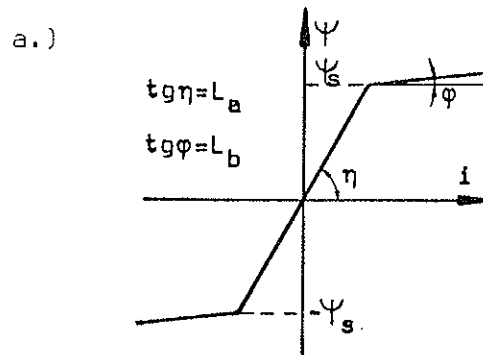


Bild 2

Gesättigte Eisendrossel

- a.) Vereinfachte Magnetisierungskennlinie
- b.) Ersatzschaltung

Zur Kennzeichnung der Stellung des Schalters S dient eine Konstante K, die folgende Werte annehmen kann:

$$\begin{aligned} K &= \infty && \text{bei } -\psi_s < \psi \leq \psi_s \\ K &= 0 && \text{bei } |\psi| > \psi_s \end{aligned} \quad (1)$$

Die approximierte Magnetisierungskennlinie wird folgendermaßen bestimmt:

$$\psi = L_a \cdot i \quad \text{bei } -\psi_s < \psi \leq \psi_s \quad (2)$$

$$\psi = \psi_s - \left(|i| - \frac{\psi_s}{L_a} \right) L_b \quad \text{bei } |\psi| > \psi_s \quad (3)$$

Zwischen den Parametern der Gleichungen (2), (3) und den Parametern des Schemas aus dem Bild 2b besteht folgender Zusammenhang:

$$L_1 = L_a \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{L_a \cdot L_b}{L_a - L_b} \quad (5)$$

Gleichungssystem

Führt man das Ersatzschema (Bild 2b) im Verzweifachersystem ein, so lautet das Gleichungssystem für Phase A:

$$\psi_A = u_A = e_A - i_A r_1 - i_2 r_2$$

$$i_A = i_{AL} - I_0$$

$$i_{AL} = i_{AL1} - i_{AL2} \quad (6)$$

$$i_{AL1} = \begin{cases} \frac{1}{L_1} \int u_A dt & \text{bei } |\psi_A| > \psi_s \\ 0 & \text{bei } -\psi_s < \psi_A \leq \psi_s \end{cases}$$

$$i_{AL2} = \frac{\psi_A}{L_2}$$

Bei (6) hat man ohmsche Belastung angenommen. Für die Phase B des Systems aus Bild 1 hat das Gleichungssystem analoge Form.

Analogkoppelplan

Auf Grund des Gleichungssystems stellt man einen Flußgraph (Bild 3) auf.

Man verwendet eine Struktursimulationsmethode. Jedem Zweig des Schemas, das heißt jeder physikalischen Größe, entspricht ein Element des Analogkoppelplanes aus dem Bild 4.

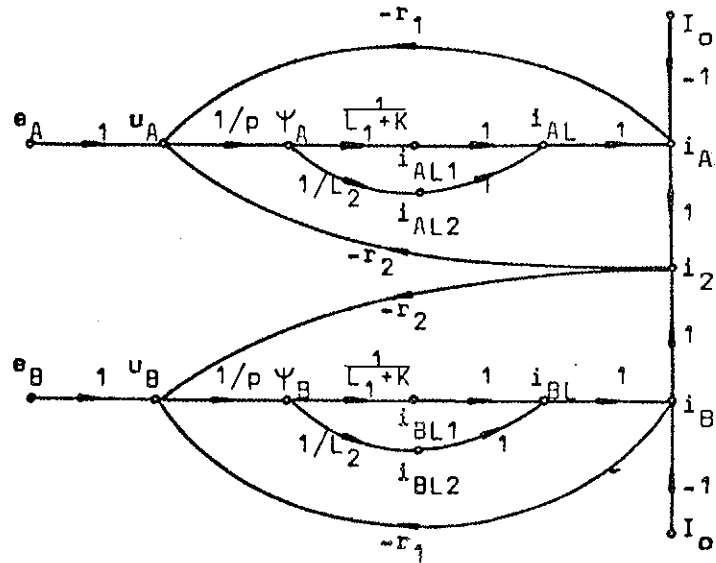


Bild 3

Flußgraph eines magnetischen Frequenzverzweifachers

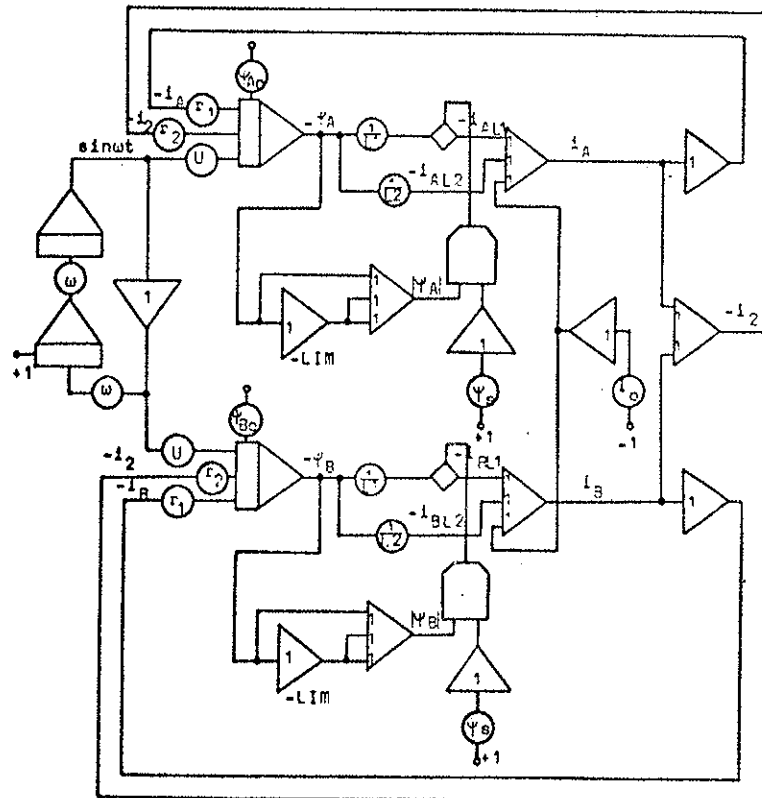


Bild 4

Vollständiger Koppelplan der Anlogschaltung

Ergebnisse

Die Simulationsschaltung unter Verwendung der vereinfachten Annäherung der Magnetisierungskennlinie ergibt für praktische Zwecke ausreichende Genauigkeit, was auch in der Literatur bestätigt wurde ([1], [3]).

Auf dem Bild 5 werden die zeitlichen Verläufe transients Vorgänge eines magnetischen Frequenzvervielfachers, bei Einschaltung der speisenden Spannung, dargestellt. Der Zustand entspricht folgenden Anfangswerten der Integratoren:

$$\begin{aligned} \psi_A &= \psi_B = 0 \\ e_A &= e_B = 0 \end{aligned} \quad \text{bei } t = 0 \quad (7)$$

Bei Benutzung des vorgeschlagenen Schemas kann man mittels eines hybriden Analogrechners alle statischen Kennlinien des Systems für stationären Betrieb bestimmen, ebenso Parameter wie Leistung, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, usw.

In der Praxis verwendete Schaltungen magnetischer Frequenzvervielfacher sind meist komplizierter aufgebaut. Normalerweise schaltet man auf der Primärseite ein LC Filter, auf der Sekundärseite einen Kondensator parallel oder in Reihe zur Bürde. Die Belastung selbst kann auch nichtlinear sein. Die Gleichungen und der Koppelplan dieses Systems sind dann entsprechend komplizierter.

In dieser Arbeit hat man sich auf die Analyse einer einfachen Schaltung beschränkt, da sie als ein Bauelement gilt, aus dem man alle anderen Schaltungen zusammenstellt. Die erhaltenen Ergebnisse bestätigen die Nützlichkeit des vorgeschlagenen Modells.

Literatur

- [1] Leusden G.P.: Vorausberechnung der statischen Frequenzvervielfacher am Digital- und Analogrechner. Elektrowärme International Nr. 3, März 1968
- [2] Nafalski A.: Ersatzschema der Schaltungen von zwei magnetischen Frequenzverdrehern. Wiss. Zeitschrift der TH Lublin Juni 1976 (polnisch)
- [3] Sarw W., Djabeer M., Sakkos T., Chunt Ju.: Magnetische Energieumformer mit Frequenzvervielfachung. Estonische Akademie der Wissenschaften, Tallin, 1972 (russisch)

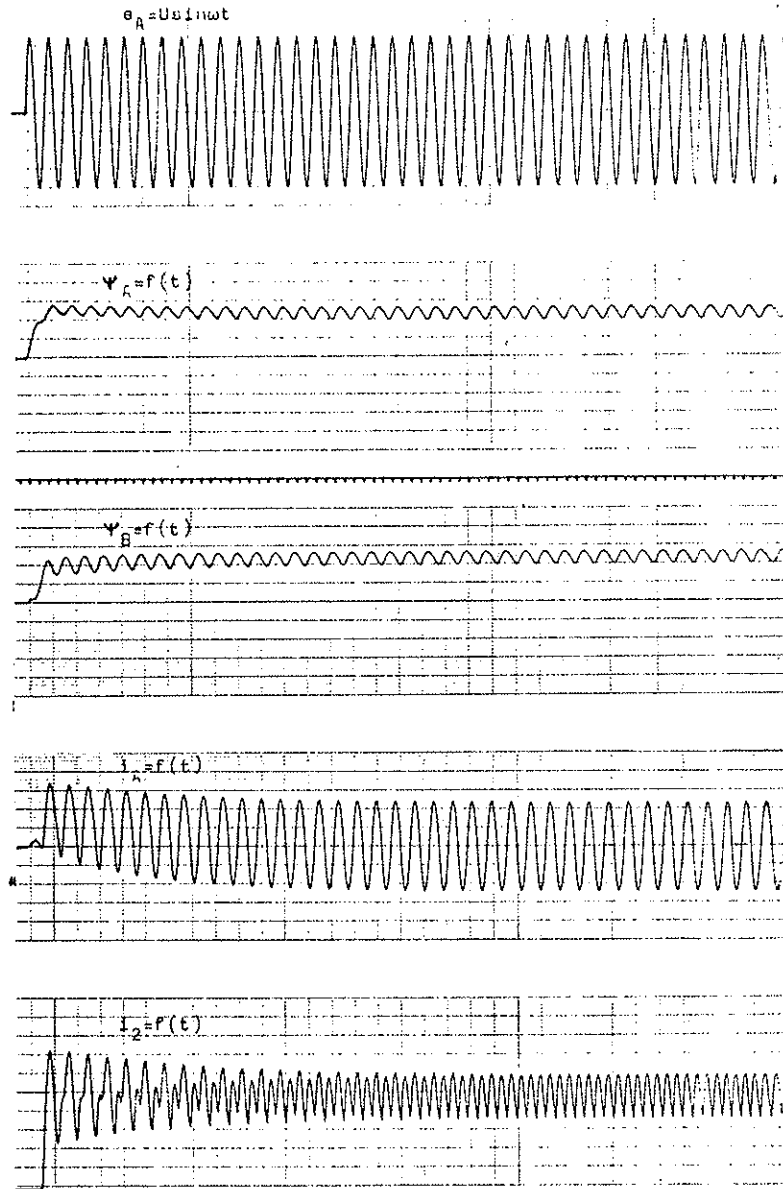


Bild 5
Zeitliche Verläufe bei Einschaltung der speisenden Spannung

LOSUNG DER DICHEMATRIX EINES ATOMS FÜR MONOCHROMATISCHE ANREGUNG MIT HILFE EINES HYBRIDEN ANALOGRECHNERS

W. Husinsky
 Institut für Allgemeine Physik
 Technische Universität Wien

I. Einleitung

In der modernen Spektroskopie hat die Verwendung von durchstimmbaren Farbstofflasern eine große, wenn nicht dominante Rolle übernommen. Die wesentlichen Merkmale dieser Farbstofflaser sind ihre Durchstimbarkeit über ein relativ großes Frequenzintervall und die Konzentration der Intensität in einem relativ kleinen Frequenzintervall (hohe spektrale Dichte). So können heute schon einige Watt Leistung in einem Frequenzintervall von wenigen MHz im Dauerstrichbetrieb erreicht werden. Da man damit die natürliche Linienbreite der meisten Spektrallinien unterschreitet, bietet sich der Farbstofflaser als hervorragendes Hilfsmittel bei hochauflösenden spektroskopischen Untersuchungen an.

Diese Eigenschaften haben aber wesentliche Konsequenzen, wenn man das "optische Pumpen" rechnerisch behandeln will. Die Stärke der induzierten Absorption und Emission ist wesentlich von der spektralen Dichte des Erregerfeldes abhängig. Bei der Verwendung klassischer Lichtquellen ist diese sehr gering und es überwiegt daher die spontane Emission. In diesem Fall können die klassischen Gleichungen für das optische Pumpen verwendet werden [1] und es können bei der Lösung verschiedene Näherungen gemacht werden, die bei Anwendung auf eine intensive monochromatische Strahlung zu falschen Ergebnissen führen.

II. Gleichungen für die Dichtematrix

Das System, das mit der Gleichung für die Dichtematrix beschrieben werden soll, besteht aus dem Strahlungsfeld, dem Atom sowie der Wechselwirkung der beiden Systeme. Sei $|\Psi(t)\rangle$ der Zustandsvektor des Gesamtsystems, dann wird die zeitliche Entwicklung des Systems durch folgende Schrödingergleichung beschrieben:

$$i \frac{d}{dt} |\Psi(t)\rangle = H |\Psi(t)\rangle \quad (1)$$

Im folgenden soll kurz etwas näher auf die Form von $|\Psi(t)\rangle$ in Gleichung (1) eingegangen werden. Dazu ist es notwendig, sich die möglichen Zustände der beiden Untersysteme zu vergegenwärtigen: Die Atome können sich entweder im Grundzustand, der wiederum aus verschiedenen Unterniveaus (magnetische) $|\mu\rangle$ besteht, befinden, oder aber in einem angeregten Zustand, dessen Unterniveaus durch die Zustandsvektoren $|m\rangle$ charakterisiert werden sollen. Der Zustand des Photonenfeldes wird durch die Besetzung der einzelnen Photonenzustände angegeben. Der Zustandsvektor des Strahlungsfeldes hat damit folgende Form:

$|\vec{k}_1, \dots, \vec{k}_1, \dots, \vec{k}_1, \vec{e}_{\lambda_0}\rangle$. Hierin bedeutet \vec{k}_1 den Impuls der emittierten bzw. absorbierten Photonen und \vec{e}_{λ_0} deren Polarisationsvektor. (Absorbierte Photonen werden durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet.) Auf Grund dieser Überlegungen kann nun der Zustandsvektor in (1) folgendermaßen geschrieben werden:

$$|\Psi(t)\rangle = \sum_{\mu} a_{\mu}(t) |\mu\rangle + \sum_{m, i} a_{m, -\vec{k}_1}(t) |m, \vec{k}_1\rangle + \sum_{\substack{\mu, \lambda \\ i, k}} a_{\mu, -\vec{k}_1, \vec{k}, \lambda}(t) |\mu, -\vec{k}_1, \vec{k}\rangle \quad (2)$$

Wenn man sich nur für den Zustand des Atomes interessiert, genügt es, die Wahrscheinlichkeitsemplicituden $a_{\mu}(t)$, $a_{m, -\vec{k}_1}(t)$ usw. zu be-

rechnen, genauer gesagt muß man die Dichtematrix

$$\sigma_{mm'}(t) = \sum_i \overline{a_{m, -\vec{k}_1}(t) a_{m', -\vec{k}_1}(t)} \quad (3)$$

$$\sigma_{\mu\mu'}(t) = \overline{a_{\mu}(t) a_{\mu'}(t)} + \sum_{i, k} \overline{a_{\mu, -\vec{k}_1, \vec{k}, \lambda}(t) a_{\mu', -\vec{k}_1, \vec{k}, \lambda}(t)}$$

berechnen, wobei noch über alle identischen Atome im Gas und alle emittierten und absorbierten Photonen summiert wurde. Ausgehend von dieser Dichtematrix (3) können alle atomaren Größen berechnet werden.

III. Lösungsmöglichkeiten der Dichtematrix

Wie schon in I. erwähnt, ist es primär von der Art des Strahlungsfeldes abhängig, wie das Differentialgleichungssystem für die Dichtematrix, das man durch Einsetzen von (3) in (1) und Umformen erhält, zu lösen ist. Für den Fall einer klassischen Lichtquelle ist dies z.B. in [1], [2] durchgeführt worden. Für den Fall eines Multi-Moden-Lasers wurde es in [3], [4] durchgeführt. Die Schwierigkeit in [3], [4] besteht darin, daß die Lösung des Gleichungssystems mittels eines Näherungsverfahrens durchgeführt wird, welches nur für den Fall gilt, daß die Bandbreite des Lasers viel größer als die der Resonanzlinie ist (Broad Line Approximation). Weiters sind diese Berechnungen sehr komplex und erfordern einen großen mathematischen Aufwand.

Für den Fall des monochromatischen Pumpens wurden solche Berechnungen z.B. in [5] durchgeführt. Dabei wurde ein spezieller Fall sowohl für das Atom als auch für das Laserfeld gewählt. In diesem Fall können die Gleichungen exakt gelöst werden.

IV. Lösung mit Hilfe eines Hybridrechners

Im folgenden soll das Differentialgleichungssystem für die Dichtematrix, wie man sie aus (3) erhält, mit einem hybriden Analogrechner behandelt werden. Die wesentlichen Vorteile dabei sind:

- Die Möglichkeit, die exakten Gleichungen für alle Zeiten zu lösen.
- Man ist nicht auf die beiden Grenzfälle der monochromatischen und breitbandigen Anregung beschränkt.
- Wesentliche Parameter können leicht und übersichtlich geändert werden.

Diese Vorteile sind vor allem dann wichtig, wenn man die physikalischen Zusammenhänge nicht aus dem Auge verlieren will.

Um die Lösung mit Hilfe eines Analogrechners durchführen zu können, ist es nötig, das komplexe Gleichungssystem in seinen Real- und Imaginärteil zu zerlegen. Man erhält dann für Real- und Imaginärteil Gleichungssysteme, die miteinander gekoppelt sind.

V. Dichtematrix für einen Übergang $J_g=0 \leftrightarrow J_e=1$

Als erster Schritt wurde das Gleichungssystem für denselben Fall wie in [5] gelöst, um die Eignung der Methode zu prüfen. Dieses Testbeispiel besteht aus einem Atom, bei dem das optische Pumpen zwischen dem Grundzustand mit einem Drehimpuls $J=0$ und einem angeregten Zustand $J=1$ stattfindet. Weiters soll der Laserstrahl in der y -Richtung laufen; er soll parallel zur x -Achse polarisiert sein; der Teilchenstrahl laufe parallel zur z -Achse, ebenso wie ein Magnetfeld B_z . Auf Grund dieser Bedingungen können nur die $|+1\rangle$ und $|-1\rangle$ magnetischen Unterniveaus des angeregten Zustandes mit dem einzigen $|0\rangle$ Unterniveau des Grundzustandes gekoppelt werden (Auswahlregeln).

In Abb. 1 sind die möglichen Kopplungen zwischen Grund- und angeregtem Zustand dargestellt.

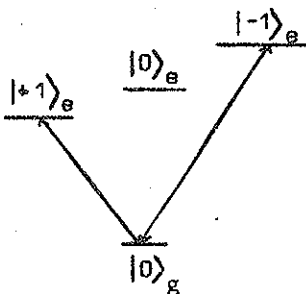
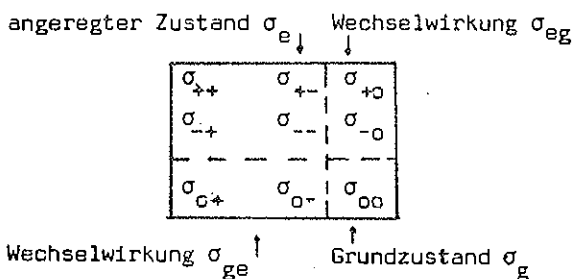


Abbildung 1

Die Dichtematrix für den vorliegenden Fall hat somit folgende Gestalt:



Die zeitliche Entwicklung der Dichtematrix wird durch die Gleichung (4) beschrieben.

$$\frac{d}{dt} \sigma = -i [H, \sigma] \quad (4)$$

Weiters müssen in (4) die Effekte der spontanen Emission (Dämpfungseffekte) berücksichtigt werden. Diese können in der folgenden Form geschrieben werden:

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}_e &= -\Gamma \sigma_e \\ \dot{\sigma}_{eg} &= -\Gamma/2 \sigma_{eg} \\ \dot{\sigma}_g &= \Gamma(\sigma_{++} + \sigma_{--}) \end{aligned} \quad (5)$$

In Gleichung (5) bedeutet Γ die mittlere inverse Lebenszeit des angeregten Zustandes.

Mit einem Hamiltonoperator folgender Gestalt

$$H = \begin{bmatrix} \omega_e + \Omega_0 & 0 & -D_{eg} e^{-i\omega t} \\ 0 & \omega_e - \Omega_0 & -D_{eg} e^{-i\omega t} \\ -D_{ge} e^{i\omega t} & -D_{ge} e^{i\omega t} & \omega_g \end{bmatrix} \quad (6)$$

erhält man folgendes Differentialgleichungssystem:

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}_{++} &= -\Gamma \sigma_{++} - iv(\sigma_{0+} e^{-i\omega t} - \sigma_{+0} e^{i\omega t}) \\ \dot{\sigma}_{--} &= -\Gamma \sigma_{--} + iv(\sigma_{0-} e^{-i\omega t} - \sigma_{-0} e^{i\omega t}) \\ \dot{\sigma}_{\pm} &= 2i\Omega_0 \sigma_{\pm} - \Gamma \sigma_{\pm} + iv e^{-i\omega t} \sigma_{0\pm} + iv e^{i\omega t} \sigma_{\pm 0} \\ \dot{\sigma}_{00} &= \Gamma(\sigma_{++} + \sigma_{--}) - iv(\sigma_{+0} - \sigma_{-0}) e^{i\omega t} + iv(\sigma_{0+} - \sigma_{0-}) e^{-i\omega t} \\ \dot{\sigma}_{0+} &= i(\omega_0 + \Omega_0) \sigma_{0+} - \Gamma \sigma_{0+} / 2 - iv(\sigma_{++} - \sigma_{+-} - \sigma_{00}) e^{i\omega t} \\ \dot{\sigma}_{0-} &= i(\omega_0 + \Omega_0) \sigma_{0-} - \Gamma \sigma_{0-} / 2 + iv(\sigma_{--} - \sigma_{-+} - \sigma_{00}) e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (7)$$

In (6) und (7) bedeuten ω_g , ω_e die Energien des Grund- und angeregten Zustandes, Ω_0 die Larmorfrequenz, ω die Frequenz des Laserfeldes und D_{eg} ist der Operator des elektrischen Dipolmomentes ($D_{eg} = (\vec{u} \cdot \vec{D})_{eg}$). Weiters bedeutet v den Kopplungsparameter zwischen dem Laserfeld und dem Atom. Er ist im wesentlichen durch D_{eg} gegeben. Mit der Transformation $\sigma_{eg} = \rho_{eg} e^{i\omega t}$ kann man in (7) den hochfrequenten Anteil eliminieren. Als nächsten Schritt zerlegt man die Matrixelemente σ_{ij} in ihren realen und imaginären Anteil $\sigma_{ij} = \sigma_{ij} + i\tilde{\sigma}_{ij}$ und erhält so Gleichungssystem (8), wenn man noch die Anfangsbedingungen $\sigma_{00}(0) = 1$ und $\sigma_{ij} = 0$, $ij \neq 00$ beachtet.

$$\dot{\sigma}_{++} = -\Gamma\sigma_{++} + 2v\tilde{\rho}_{0+}$$

$$\dot{\sigma}_{--} = -\Gamma\sigma_{--} - 2v\tilde{\rho}_{0-}$$

$$\dot{\sigma}_{-+} = -2\omega_e\tilde{\sigma}_{-+} - \Gamma\sigma_{-+} + v\tilde{\rho}_{0-} - v\tilde{\rho}_{0+}$$

$$\dot{\sigma}_{00} = \Gamma\sigma_{++} + \Gamma\sigma_{--} + 2v\tilde{\rho}_{0-} - 2v\tilde{\rho}_{0+}$$

$$\dot{\tilde{\rho}}_{0+} = (\omega - \omega_0 - \omega_e)\tilde{\rho}_{0+} - \Gamma/2 \rho_{0+} - v\tilde{\sigma}_{-+} \quad (8)$$

$$\dot{\tilde{\rho}}_{0-} = (\omega - \omega_0 + \omega_e)\tilde{\rho}_{0-} - \Gamma/2 \rho_{0-} - v\tilde{\sigma}_{-+}$$

$$\dot{\tilde{\sigma}}_{-+} = 2\omega_e\sigma_{-+} - \Gamma\tilde{\sigma}_{-+} + v\rho_{0+} + v\rho_{0-}$$

$$\dot{\tilde{\rho}}_{0+} = -(\omega - \omega_0 - \omega_e)\rho_{0+} - \Gamma/2 \tilde{\rho}_{0+} + v(\sigma_{00} + \sigma_{-+}) - v\sigma_{++}$$

$$\dot{\tilde{\rho}}_{0-} = -(\omega - \omega_0 + \omega_e)\rho_{0-} - \Gamma/2 \rho_{0-} - v(\sigma_{00} + \sigma_{-+}) + v\sigma_{--}$$

Gleichungssystem (8) kann nun auf dem Analogrechner realisiert werden.

Die Hauptschwierigkeit bei der expliziten Durchführung der Berechnung stellt die Skalierung dar, da die Größenordnung der einzelnen Konstanten oft um einige Zehnerpotenzen differieren. Eine sinnvolle Durchführung war daher nur mit einem automatischen Skalierungsprogramm möglich (siehe Artikel "Softwarepaket zur digitalen Unterstützung von Simulationen am Analogrechner" auf Seite 18).

IV. Diskussion einiger Ergebnisse

Im folgenden werden einige Ergebnisse diskutiert. Weiters kann die Übereinstimmung der Ergebnisse mit denen in [5] als Test für die Eignung der Methode angesehen werden.

Das Gleichungssystem (8) wurde auf dem Analogrechner verdrahtet. Mit Hilfe des automatischen Skalierungsprogramms wurden zuerst die gewünschten Parameter (v , Γ , ω_0 , ω_e) eingegeben und dann das System optimal skaliert. Mit Hilfe des Programmes HYPLOT wurden die den gewünschten Funktionen entsprechenden Verstärkerausgänge direkt am Data Plotter aufgezeichnet.

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung der charakteristischen Atomfunktionen, so gilt allgemein, daß ein stationärer Zustand nach einer Zeit, die der charakteristischen Zeit Γ entspricht, erreicht wird. Die Form des "Einschwingvorganges" ist wesentlich von der Stärke der Kopplung Atom-Feld abhängig.

1. Sättigung

Als Sättigung bezeichnet man die Eigenschaft, daß die Anzahl der Atome im angeregten Zustand nicht linear mit der Intensität der Strahlung steigt, sondern ab einem gewissen Wert der Strahlungsintensität konstant bleibt. Es können maximal die Hälfte der Atome gleichzeitig angeregt sein (oder: ein Atom kann sich maximal die Hälfte der Zeit im angeregten Zustand aufhalten).

In den Abbildungen 2 bis 6 sind die Besetzungen des Grund- und angeregten Zustandes für die Verhältnisse $v/\Gamma=0.1, 1$ und 10 aufgetragen. Während sich für $v/\Gamma=0.1$

nur ein geringer Anteil der Atome im angeregten Zustand befindet, ist für die Verhältnisse 1 und 10 praktisch Sättigung erreicht.

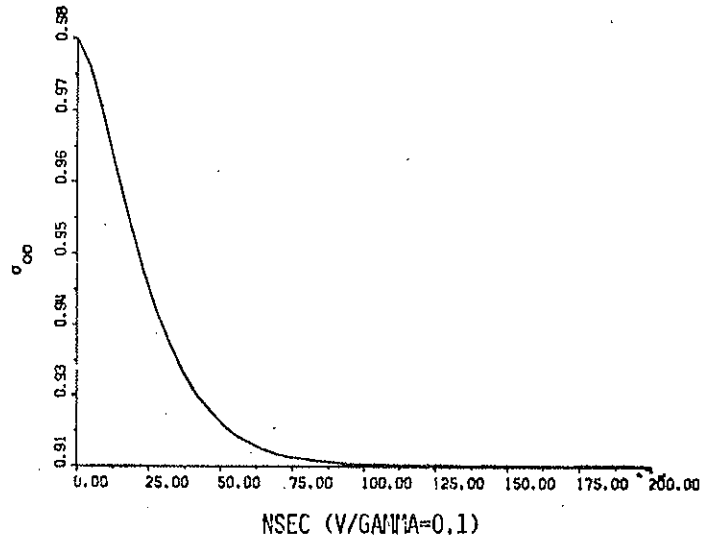


Abbildung 2

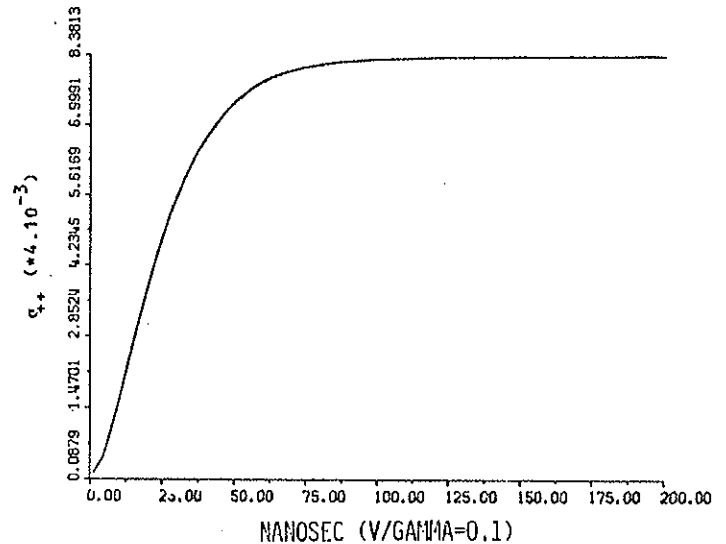


Abbildung 3

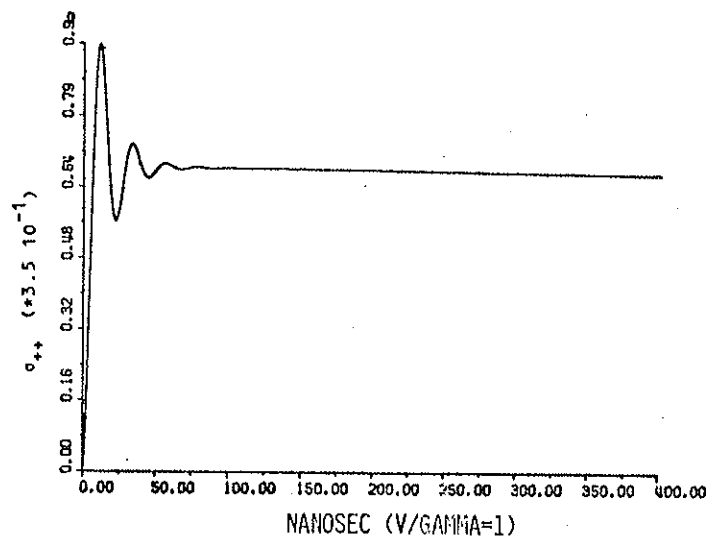


Abbildung 4

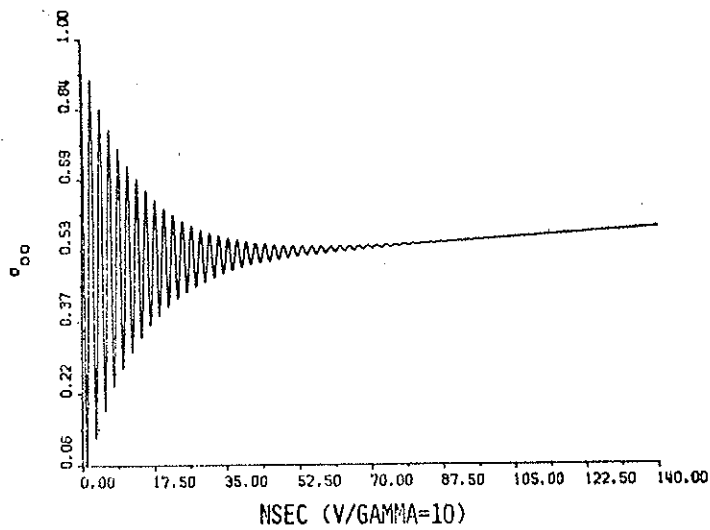


Abbildung 5

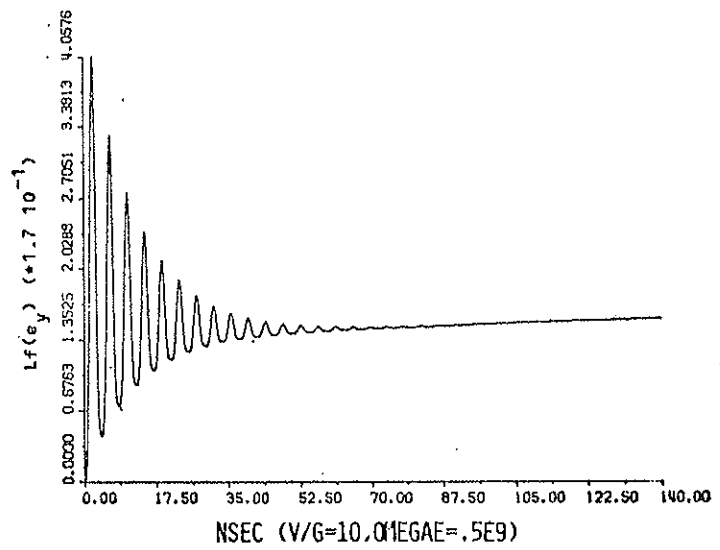


Abbildung 8

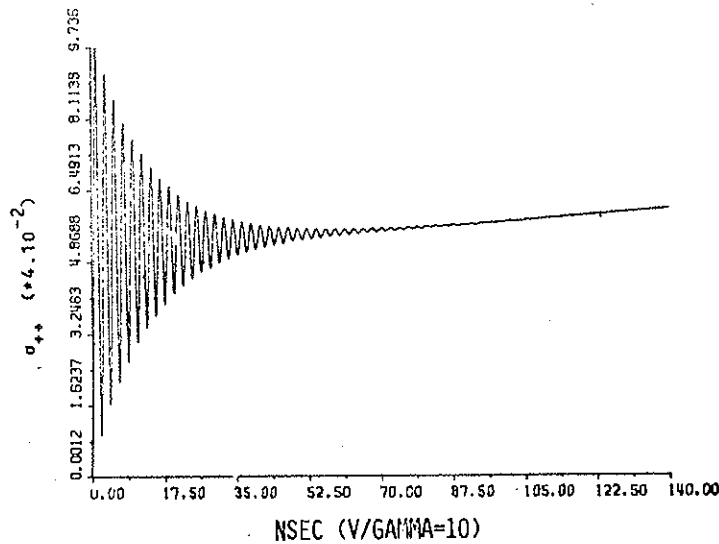


Abbildung 6

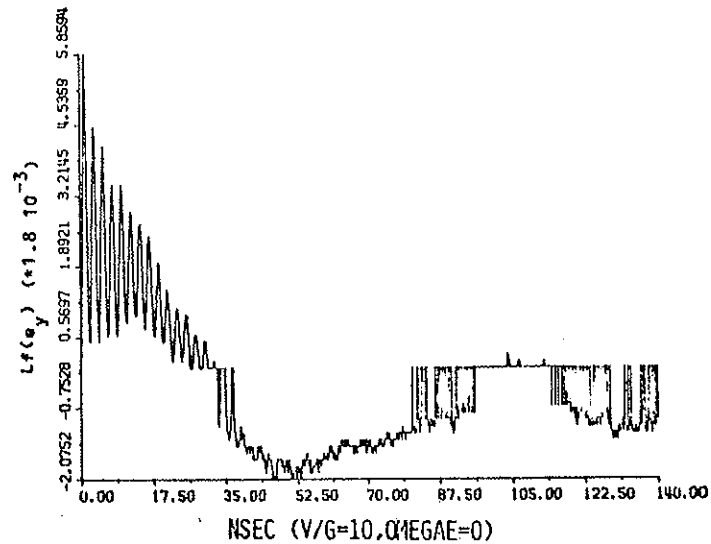


Abbildung 9

2. Hanle Effekt

Untersucht man den Polarisationsgrad der emittierten spontanen Strahlung als Funktion des Magnetfeldes B_0 , so zeigt für den vorliegenden Fall die in y -Richtung polarisierte Strahlung für $B_0=0$ einen Nulldurchgang. Dies ist schematisch in Abb. 7 skizziert.

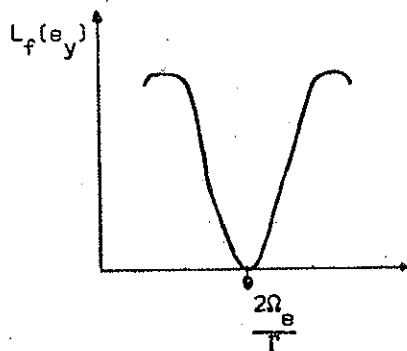


Abbildung 7

In Abb. 8 ist der berechnete Wert für die Intensität der in y -Richtung polarisierten spontanen Strahlung $L_f(e_y) \propto \sigma_{++} + \sigma_{--} + 2\text{Re}\sigma_{+-}$ für $\Omega_e = 0.5 \cdot 10^9$ Hz und in Abb. 9 für $\Omega_e = 0$ dargestellt.

VII. Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß es möglich ist, die exakten Gleichungen der Dichtematrix für den Spezialfall $J=0 \leftrightarrow J=1$ mit Hilfe eines hybriden Analogrechners für monochromatische Anregung zu lösen.

Als nächster Schritt soll der vorliegende Fall auf die Anregung mit einer Lichtquelle endlicher Linienbreite erweitert werden. Der Einfluß der Linienbreite auf Sättigungsphänomene und Hanleeffekt soll untersucht werden.

VIII. Literatur

- [1] C. Cohen-Tannoudji, Thèse, Annales Phys. t. 7, 1962, pp. 423
- [2] J.P. Berrat and C. Cohen-Tannoudji, J.Phys.Rad. 22, 329, 1961
- [3] M. Dumont, Thesis, Université de Paris, 1971 (C.N.R.S., A 0 5608)
- [4] M. Ducloy, Thesis, Université de Paris, 1973 (C.N.R.S., A 0 9381)
- [5] P. Avan and C. Cohen-Tannoudji, Journal d. Phys., Tome 36, L-85, 1975

EXPERIMENTELLE ÜBERPRÜFUNG EINES IDENTIFIKATIONSVERFAHRENS FÜR LINEARE ZEITVARIANTE SYSTEME AUF DEM HYBRIDRECHNER

P. Kopacek, J. Weninger
 Institut für Wasserkraftmaschinen und Pumpen
 Abt. Regelungstechnik
 TU Wien

1. Einleitung

Das dynamische Verhalten vieler industrieller Prozesse ändert sich prozeßbedingt oder ungewollt mit der Zeit. Eine zufriedenstellende Regelung solcher Anlagen setzt möglichst genaue Kenntnisse über ihr dynamisches Verhalten voraus. Ihre mathematischen Modelle müssen bekannt sein. Sie können in der Mehrzahl der Fälle nur experimentell gefunden werden - experimentelle Identifikation.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Überprüfung eines am Institut entwickelten Identifikationsverfahrens für lineare Systeme mit zeitlich veränderlichen Parametern (lineare zeitvariante Systeme).

2. Identifikationsverfahren

Zur Identifikation nach dem vorgeschlagenen Verfahren wird aus dem instationären Ausgangssignal des zu untersuchenden Systems durch Mittelung ein stationäres Ausgangssignal eines zeitvarianten Grund- oder Ersatzsystems bestimmt (Abb. 1); Betrachtet man die Antwort des unbekanntes Systems auf eine Periode eines pseudozufälligen Binärsignals (PZBS) als Ausgangssignal eines zeitvarianten "Teilsystems", ergeben μ Eingangssignalperioden eine Ensemble von μ Ausgangssignalen. Das zu untersuchende System wird gedanklich als Parallelschaltung von zeitvarianten Teilsystemen gleicher Struktur, aber unterschiedlicher Parameteränderung aufgefaßt.

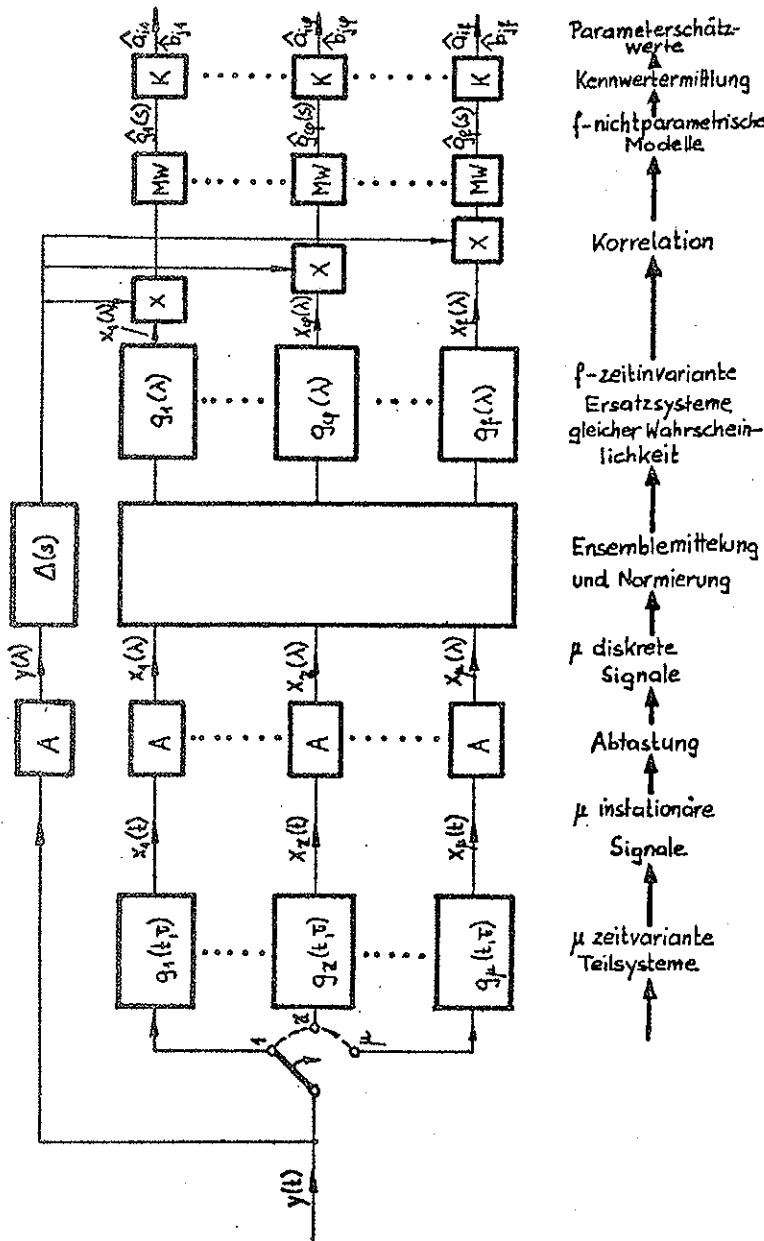


Abbildung 1

Synchrone Abtastung des Ausgangssignals mit der Taktfrequenz des Eingangs-PZBS ergibt μN Ausgangssignalmeßwerte zu äquidistanten Zeitpunkten. Sie sind Elemente der Ausgangsmatrix der Faltungssumme zeitvarianter Systeme und werden in einer "meßbaren Ausgangsmatrix" zusammengefaßt. Die Zeilen der meßbaren Ausgangsmatrix sind die Ausgangssignalmeßwerte einer Eingangssignalperiode oder die Ausgangssignalmeßwerte eines der μ Teilsysteme. Ihre Spalten stellen Meßwerte der Ausgangssignale für einen bestimmten Zeitpunkt eines "Ensembles" von μ Teilsystemen dar. Aus einer Spalte der meßbaren Ausgangsmatrix kann demnach durch Mittelwertbildung näherungsweise ein Ausgangssignalmeßwert des zeitinvarianten Ersatzsystems bestimmt werden. Aus den N -Spalten der meßbaren Ausgangsmatrix ergeben sich daher N -Ausgangssignalmeßwerte des zeitinvarianten Grundsystems für eine Eingangssignalperiode.

Die mit diesen Ausgangssignalmeßwerten und den bekannten Eingangssignalwerten berechnete Kreuzkorrelationsfunktion ist wegen der Autokorrelationsfunktion des PZBS annähernd proportional der Gewichtsfunktion des zeitinvarianten Ersatzsystems. Somit liegen dessen Struktur und Parameter fest.

Nun besteht die Möglichkeit, entweder durch Ermittlung von Ausgangssignalmeßwerten gleicher Wahrscheinlichkeit die Verteilungsdichtefunktionen der zeitvarianten Systemparameter abzuschätzen oder mittels Parameterempfindlichkeitsfunktionen Schätzwerte der Parameter zu bestimmen. Die Parameter des zeitinvarianten Ersatzsystems dienen als Parameternennwerte zur Berechnung der Empfindlichkeitsfunktionen.

Das Identifikationsverfahren liefert ein nicht-parametrisches Modell eines zeitinvarianten Ersatzsystems in Form von Punkten der Kreuzkorrelationsfunktion sowie Schätzwerte für Verteilungsdichtefunktionen oder Momentanwerte der zeitvarianten Systemparameter.

werden die Parameteränderungen durch die Schätzwerte sehr gut dargestellt, bei mittelfrequenten PV liegen die Parameterschätzwerte oft nur mehr im gleichen Bereich wie die gemessenen Werte, ohne deren genauen Verlauf erkennen zu lassen. Die hochfrequenten PV führten zu keinen brauchbaren Ergebnissen, da die Abtastfrequenz des vorliegenden Versuchsaufbaues dafür zu gering war.

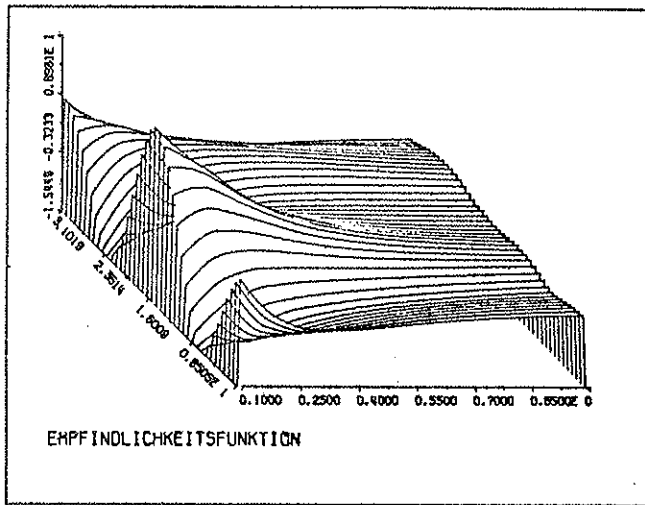


Abbildung 5

Die Verwendung der Parameterempfindlichkeitsfunktion zweiter Ordnung für das Verzögerungsglied zweiter Ordnung dürfte sich vor allem bei kleinen Dämpfungswerten verbessernd auf die Qualität der Parameterschätzwerte auswirken, da die Funktion erster Ordnung dort starke Schwankungen aufweist (Abb. 5). Ob sich auch bei höherer Dämpfung Verbesserungen einstellen würden, kann nach den vorliegenden Ergebnissen nicht abgeschätzt werden.

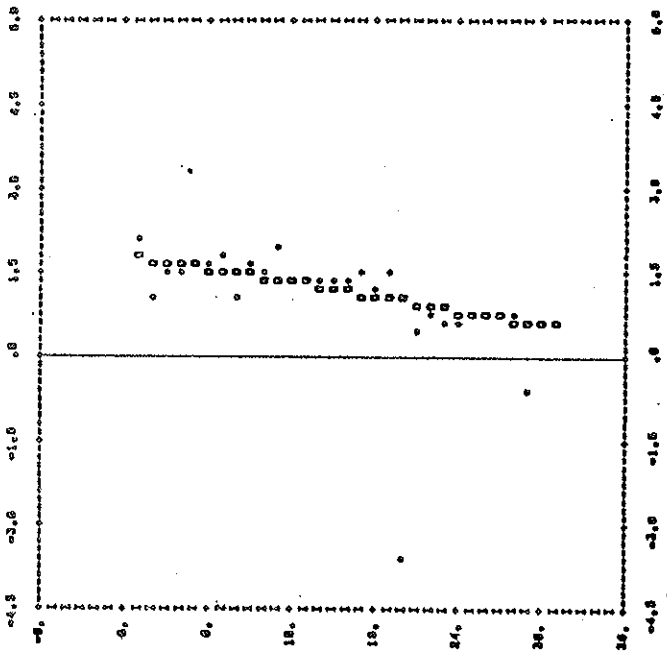


Abbildung 6
Parameterschätzwerte
Verzögerungsglied 1. Ordnung
niederfrequent

Ungenau Parameterschätzwerte ergeben sich vor allem an den Stellen, wo die Empfindlichkeitsfunktion ihre kleinsten Werte annimmt. Dort wirken sich wegen der auszuführenden Division die Meßungenauigkeiten am stärksten aus. Sucht man jedoch aus der Empfindlichkeitsfunktion die entsprechenden Stellen heraus und läßt die betreffenden Parameterschätzwerte außer acht, erhält man eine wesentlich bessere Übereinstimmung der Schätzwerte mit den gemessenen Werten, im niederfrequenten Fall sogar eine sehr gute Annäherung.

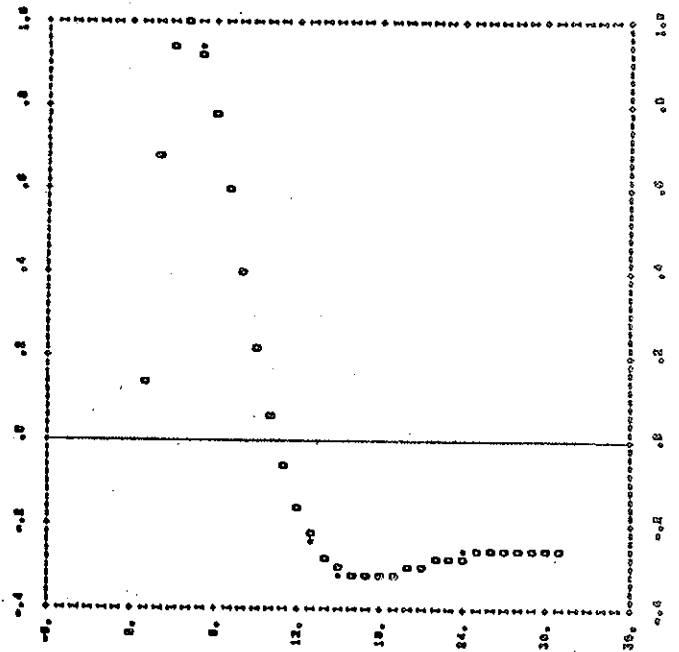


Abbildung 7
Kreuzkorrelationsfunktion
Verzögerungsglied 2. Ordnung

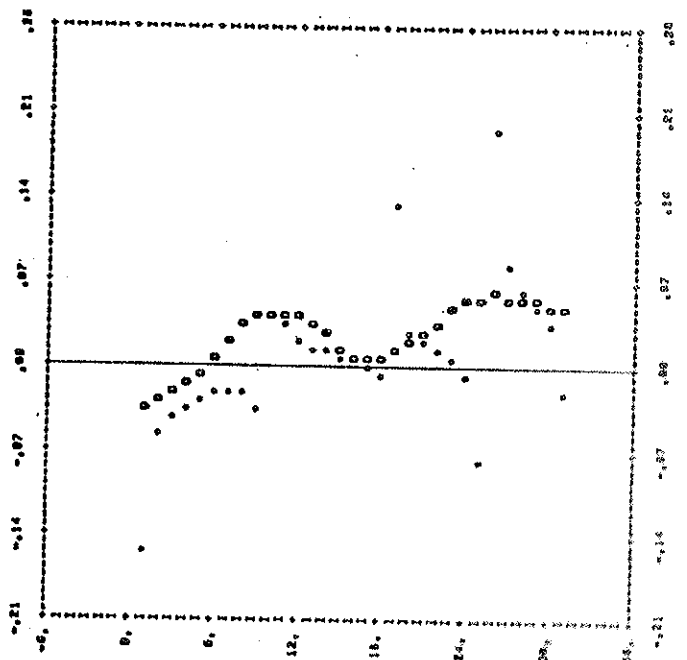


Abbildung 8
Parameterschätzwerte
Verzögerungsglied 2. Ordnung
mittelfrequent

INTERFACE Oktober 1976