

SYNPAC
ETT INTERAKTIVT PROGRAM FÖR
SYNTES AV REGLERSYSTEM.

TORD NOVÉN

RE-104, februari 1972

TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET
UTLÄNAS EJ

SYNPAC

ETT INTERAKTIVT PROGRAM FÖR SYNTES AV REGLERSYSTEM

Examensarbete utfört vid
Institutionen för Reglerteknik
vid
Lunds Tekniska Högskola
av
Tord Novén

Handledare: Johan Wieslander

Februari 1972

<u>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u>	Sid
ABSTRACT	i
FÖRORD	ii
1. BEHANDLING AV DATA	1
2. KOMMANDONAS UTSEENDE OCH FUNKTION	2
2.1 In- och utmatning	2
2.2 Definiering av matriser och variabler	4
2.3 Matrisoperationer	6
2.4 Simulering av öppna och slutna system	7
2.5 Information	8
2.6 Övrigt	9
3. ARBETSBEKRIVNING	10
4. EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING	12

ABSTRACT

Synpac is an interactive program package for working on control systems. It can perform 34 different operations. Each operation has its command and arguments. It is not necessary to perform the operations in a certain order. The program is in this way very flexible and useful on a number of problem types. It is easy to learn to use the program because it has among other things extensive and precise error messages. Considerable time can be saved at for instance optimization of discrete control systems. The decode part for the commands is written in assembler while the calculation routines are written in fortran. The program is written so that future expansion shall be easy to do.

FÖRORD

Synpac är ett interaktivt program för bearbetning av reglersystem. Det kan utföra 34 olika operationer. Varje operation har sitt kommando och argument. Det är inte nödvändigt att utföra operationerna i en viss ordning. Programmet är på detta sätt mycket flexibelt och användbart på ett flertal problemtyper. Det är lätt att lära sig använda programmet, då det bland annat har omfattande och exakta felmeddelanden. Avsevärda tidsbesparingar kan göras vid t ex optimering av diskreta reglersystem. Själva avkodningsdelen för kommandona är skriven i assembler medan beräkningsrutinerna är skrivna i fortran. Programmet är skrivet så att framtida utvidgning skall vara enkel att utföra.

1. BEHANDLING AV DATA.

Alla data lagras binärt i filer på skivan. Varje matris har sin egen fil med det namn, som anges i kommandot. I början av varje fil finns ett filhuvud på fem ord, vilka beskriver de data, som ingår i filen. Första ordet anger hur många records filen består av och andra ordet hur många dubbelord varje record innehåller. Tredje ordet är inlagt för att programpaketet skall vara förberett för tidsvariabla system. Fjärde ordet anger den typ av data, som filen innehåller. En etta betyder numeriska data, tvåa systembeskrivning och trea kommandon. Femte ordet innehåller information om i vilken subrutin filen genererades. Vid inläsning hämtas först filhuvudet från filen och ur detta bestäms hur resten av filen skall läsas. Matriser lagras med varje rad som en record. Ur filhuvudet erhålles då matrisdimensionen ur första och andra ordet, som sedan kan användas för kontroll av att rätt dimension användes vid beräkningar. Systembeskrivningarna består av endast en record och innehåller namn på de matriser, som ingår i ett system. Antalet namn erhålles ur andra ordet i filhuvudet. Består filen av kommandon innehåller varje record ett kommando. Detta lagringssätt medför enkel referering till data med endast ett namn, och programmet får från filhuvudet fullständig beskrivning av filinnehållet. Data på pappersremsa har samma struktur bortsett från att det är formaterat. Dess utseende beskrives under kommando PREAD kap 2.1.

2. KOMMANDONAS UTSEENDE OCH FUNKTION.

Nedan följer en beskrivning av de kommandon, som ingår i programpaketet. Varje kommando inledes med sitt generella utseende och dess standardargument, om sådana är tillåtna. Standardargumentens funktion behandlas i arbetsbeskrivningen. För att förkorta vissa kommandon användes sammanfattande systemnamn, som innehåller information om i systemet ingående matriser. FNAME betecknar namnet på datafiler och SNAME namnet på fil med information om systemets matriser. Tre system finns initierade i programmet. CSYST innehåller A B C D och XØ, DSYST FI GAM TH D och XØ samt DLOSS QØ Q1 och Q2. Dessutom innehåller programmet ett antal reserverade variabler, som beskrives under kommando VPRIN.

2.1 In- och utmatning

ENTER FNAME NX NY

Inmatning av matriser via teletypewritern (enhet 3). Matrisen lagras under angivet namn FNAME. Matrisdimensionen kan anges med hjälp av reserverade variabler eller med entalsiffror. Maximalt antal kolumner är 9 medan antalet rader endast begränsas av resterande utrymme på skivan. Inmatning sker oformaterat. Radnumret skrivs ut på teletypewritern och därefter ett valutecken, varefter inmatning av en rad kan ske. Mellan talen måste det vara minst ett blanktecken. Om raden inte är full erhålles nytt valutecken, annars skrivs nästa radnummer och valutecken. När alla data erhållits skrivs vinkelhake ut för nytt kommando.

PREAD FNAME

Inmatning av data via remsläsaren (enhet 7). Remsan skall innehålla ett kodhuvud enligt '1. Behandling av data'. Inläsning sker emellertid formaterat. Kodhuvudet inläses med format F4.0. Beroende på KOD1 i kodhuvudet användes olika format för olika typer av data. Om KOD1 = 1 användes format E15.7, KOD1 = 2 format A5 och KOD1 = 3 format 14A5. Vid numeriska data skall varje tal avslutas med carriage return och vid

alfanumeriska data avslutas varje rad med carriage return.
Lagring sker under angivet namn FNAME.

DREAD FNAME1+FNAME2

Inläsning av data från dectape (fysisk enhet 2). Filernas utseende samma som på skivan. Filnamnet på dectape står till höger och det namn filen skall ha på skivan står till vänster om vänsterpilen. Om namnen är lika behöver endast det högra anges.

TYPE FNAME

Utmatning av data på teletypewritern (enhet 3). Först skrivs namnet på filen. Därefter sker utmatningen med olika format beroende på KOD1 i kodhuvudet. Om KOD1 = 1 användes format G12.5, KOD1 = 2 format A5 och KOD1 = 3 format 14A5. Utmatning av matriser större än 5x5 tillåtes inte på grund av enhetens långsamhet. Radskrivaren bör användas i stället.

PUNCH FNAME

Utmatning av data via remsstansen (enhet 7). Remsan har det utseende som fordras för inläsning med PREAD. Om KOD1 = 2 användes format (1X,A5) och om KOD1 = 3 format (1X,14A5). I övrigt se PREAD ovan.

PRINT FNAME

Utmatning av data via radskrivaren (enhet 6). Medger utmatning av matriser med maximalt tillåten dimension (antal rader ej begränsat). I övrigt se TYPE ovan.

WRITE FNAME1+FNAME2

Utmatning av data på dectape (enhet 2). I övrigt se DREAD ovan.

DISP FNAME

Utmatning av data via display (enhet 7). Först skrivs namnet på filen. Därefter sker utmatning med olika format beroende

på KOD1 i kodhuvudet. Om KOD1 = 1 användes format G13.6.
I övrigt se TYPE.

DKDLT FNAME

Stryker fil med filnamn FNAME på skivan.

DTDLT FNAME

Stryker fil med filnamn FNAME på dectape.

2.2 Definiering av matriser och variabler

DEFI NAME

Ändrar värdet på reserverad variabel med namn NAME via teletypewritern. Denna svarar med ett valutecken. var- efter inmatning sker med fritt format.

INSI FNAME NR<NAME Standardargument: U NR<STEP

Genererar en kolumn i en insignalmatris. NAME kan vara RAMP, STEP, SINUS, PULSE, NOISE, PRBS och ZERO. Signalerna är normerade till 1 och multipliceras med den reserverade variabeln AMPL. Reserverade variabeln START anger det samplingsintervall signalen börjar i, och signalen är noll dessförinnan. Beroende på vilken typ av signal begär programmet vissa indata. RAMP ger utskriften 'RAMPLENGTH' samt valutecken, och inmatning av det antal samplingsintervall rampen skall vara under sker med fritt format. SINUS ger utskriften 'PERIOD LENGTH, PHASEDEVIATION', periodlängden i antal samplingsintervall och fasläget i grader. PULSE ger utskriften 'PULSE LENGTH', pulslängden i antal samplingsintervall. NOISE ger utskriften 'NUMBER FOR STARTVALUE TO MCNODI', en siffra 1-10 som anger vilken startsiffra av 19, 27, 21, 17, 15, 13, 11, 7, 5 och 3, som skall användas. PRBS ger utskriften 'SHIFT REGISTER LENGTH, STARTING POINT, FOA-TRIX, GROUNDPERIOD', antal bitar i skiftregistret (3-17), startpunkt i sekvensen (1-3), FOA-knep (0,1) och grundperiod (>0). Om en fil med namn FNAME redan finns på skivan användes dess matrisdimensioner och en kolumn i matrisen ändras. Annars genereras

en nollmatris av dimensionen $NPOI \times NU$ (reserverade variabler) varefter en kolumn ändras.

MLINK SNAME+FNAM1 (FNAM2 . . . FNAM9)

Genererar fil med filnamn SNAME innehållande filnamnen FNAM1-FNAM9. Användes för att sammanfatta ingående matriser i ett system.

COMML FNAME

Genererar fil med filnamn FNAME innehållande kommandon. Efter detta kommando lagras följande kommandon på skivan tills kommandot CLOSE påträffas. Kommandona kontrolleras så att de är korrekta men exekveras inte. På grund av nuvarande monitorsystem tillåtes endast kommandona ENTER, PREAD, DREAD, DEFI, MLINK, DKDLT, CLOSE, VPRIN, DTDLT, CLIST, ZEROM och UNITM.

DKXCT FNAME

Medför exekvering av kommandon i fil med filnamn FNAME. Kommandona läses på skivan, utskrivs på teletypewritern och exekveras därefter. Detta pågår tills kommandot CLOSE påträffas.

CLOSE

Avbryter exekvering av kommandona COMML och DKXCT (se ovan).

ZEROM FNAME NX NY

Genererar nollmatris med dimensionerna $NX \times NY$ och filnamnet FNAME. NX och NY kan anges med tal 1-9 eller med reserverade variabler.

UNITM FNAME NX

Genererar enhetsmatris med dimensionen $NX \times NX$ och filnamnet FNAME. NX kan vara ett tal 1-9 eller en reserverad variabel.

2.3 Matrisoperationer

ALTER FNAME NX NY

Ändrar dataelement i matrisen med filnamn FNAME via teletypewritern. NX och NY anger platsen i matrisen för elementet, som skall ändras. Det kan anges med siffra 0-9 eller med reserverade variabler. Teletypewritern svarar med ett valutecken varefter inmatning sker med fritt format. Om endera av NX eller NY är 0 ändras hel rad eller kolumn. Om båda är noll ändras alla data i matrisen.

MATOP FNAM1+FNAM2 (OP FNAM3)

Utför matrisoperationer. OP kan vara +, -, *, -1 och TR. -1 betyder invertering och TR betyder transponering. Med FNAM1 = A, FNAM2 = B och FNAM3 = C kan följande matrisoperationer utföras. $A = B$, $A = -B$, $A = B - C$, $A = B + C$, $A = B * C$, $A = B^{-1}$, $A = B^{-1} * C$ och $A = B^T$.

EXPAN FNAM1+FNAM2 TYPE I1 I2 FNAM3

Medger expanderings av matriser. TYPE är antingen COL eller ROW, d v s FNAM2 skall expanderas med ett antal antingen kolumner eller rader bestående av matrisen FNAM3. I1 anger den rad eller kolumn i matrisen FNAM2 där matrisen FNAM3 skall börja, och I2 anger den rad eller kolumn där matrisen FNAM3 slutar i FNAM2. Resultatet lagras under FNAM1 eller, om FNAM1 utelämnas, FNAM2.

REDUC FNAM1+FNAM2 TYPE I1 I2

Medger reducering av matriser. TYPE är antingen COL eller ROW, d v s FNAM2 reduceras med ett antal antingen kolumner eller rader. I1 anger den första och I2 den sista rad eller kolumn som skall bort ur FNAM2. Resultatet lagras under FNAM1 eller, om FNAM1 utelämnas, FNAM2.

SOLVE FNAM1+FNAM2 FNAM3

Löser matrisekvationen $FNAM2 * FNAM1 = FNAM3$ ($A * X = B$).

2.4 Simulering av öppna och slutna system

SAMP SNAM1+SNAM2 Standardargument: DSYST+CSYST

Genererar ett samplat system från ett kontinuerligt. Med standardbeteckningar erhålles $FI = \exp(AT)$, $GAM = \int_0^T \exp(As) ds \times B$ och $TH = C$.

SIMU FNAME+SNAME FNAM2 Standardargument: Y+DSYST U

Genererar utsignal till ett samplat system med specificerad insignal. Med standardbeteckningar erhålles $X(t+1) = FI \times X(t) + GAM \times U(t)$ och $Y(t) = TH \times X(t) + D \times U(t)$ där $Y(0) = TH \times X_0 + D \times U(0)$.

SRIC FNAME+SNAM1 SNAM2 Standardargument: L+DSYST DLOSS

Utför linjärkvadratisk optimering på systemet $X(t+1) = FI \times X(t) + GAM \times U(t)$ med förlustfunktionen $\sum_{t=1}^N (X^T \times Q1 \times X + U^T \times Q2 \times U)$ stationär lösning. Med standardbeteckningar innehåller DSYST namnen FI och GAM samt DLOSS namnen Q_0 , $Q1$ och $Q2$. Ger återkoppling L och stationärt S (OBS heter alltid S) sådana att $L = (Q2 + GAM^T \times S \times GAM)^{-1} \times GAM^T \times S \times FI$. $S(N) = Q_0$ och $S(t) = FI^T \times S(t+1) \times FI + Q1 - ((Q2 + GAM^T \times S(t+1) \times GAM)^{-1} \times GAM^T \times S(t+1) \times FI)^T \times GAM^T \times S(t+1) \times FI$. Återkopplingen medför att $U(t) = -L \times X(t)$ minimerar förlustfunktionen. Beräkningen avbrytes efter 200 iterationer, om ingen stationär lösning har erhållits, och L samt S skrives ut på skivan.

USRIC FNAME+SNAME FNAM2 FNAM3 Standardargument: U+DSYST L UR

Genererar styrsignal till linjärkvadratisk optimerat system. FNAM3 är referenssignal, FNAM2 återkoppling, SNAME beskriver systemet och FNAM1 är den erhållna styrsignalen. Denna beräknas ur $U(t) = UR(t) - L \times X(t)$ med $U(0) = UR(0) - L \times X_0$ och där $X(t+1) = (FI - GAM \times L) \times X(t) + GAM \times UR(t)$ med standardbeteckningar.

YSRIC FNAM1+SNAME FNAM2 FNAM3 Standardargument: Y+DSYST L UR

Genererar utsignal till linjärkvadratisk optimerat system. FNAM3 är referenssignalen, FNAM2 återkopplingen, SNAME beskriver systemet och FNAM1 är den erhållna utsignalen. Denna beräknas ur $Y(t) = (TH - D \times L) \times X(t) + D \times UR(t)$ där $X(t+1) = (FI - GAM \times L) \times X(t) + GAM \times UR(t)$ med standardbeteckningar.

2.5 Information

VPRIN

Ger utskrift av de reserverade variablerna och deras värden på radskrivaren enligt nedan. Dessa värden initierade vid start av programmet.

```
*****
* LIST OF RESERVED ARGUMENTS AND THEIR VALUE *
*****
NX          2
NY          1
NU          1
NR          1
NPOI       500
START      50
NPT        100
I1         0
I2         0
I3         0
T          1.0000
EPS        0.10000G-05
AMPL       1.0000
R1         0.00000
R2         0.00000
R3         0.00000
R4         0.00000
```

VDISP

Ger utskrift av ovanstående reserverade variabler på display.

CLIST

Ger information om programpaketet på radskrivaren.

2.6 Övrigt

SHOW FNAME N1 (N2 . . . N9)

Ritar en eller flera (max 9) kurvor på display. FNAME är namnet på filen, som skall innehålla numeriska data, och N1-N9 är de kolumnnummer, som skall ritas. De kan anges med tal 1-9 eller med reserverade variabler. Skalning av data sker automatiskt. Antalet samplingsintervall per bild kan väljas med den reserverade variabeln NPT. Gradering i X-led sker i tid med hjälp av reserverade variabeln T. Efter det en bild är klar väntar programmet på ett tecken från teletypewritern. ALT MODE medför uthopp för inläsning av nytt kommando. Varje annat tecken medför ny bild eller, om kurvan är färdig, uthopp för nytt kommando. Om KOD2 innehåller information om att kurvan är en insignal, ritas denna som histogram. När mer än en kurva ritas samtidigt markeras dessa. N1 = □, N2 = o, N3 = Δ, N4 = +, N5 = x, N6 = *, N7 = - och N8 = |.

LOG COMMENTS

Medger kommentarer under körning av programpaketet.

STOP

Avbryter exekvering av programpaketet och kallar in monitorsystemet.

3. ARBETS BESKRIVNING.

Programpaketet består av en resident del och åtta länkar. För att få bättre utnyttjning av kärnminnet har alla I/O-handlers utom diskhandlern lagts diskresidenta. Vid start av programmet måste man därför göra följande assignment till monitorn: A TT 3/NON 4,5,6,7. Därefter startas programmet med ordern E SYN PAC. Då programmet är laddat och initialvärden satta, skrives en vinkelhake '>' på teletypewritern, som anger att kommando kan emottagas. Varje kommando avslutas med en carriage return, varefter raden läses och avkodas. Om allting är korrekt utföres önskad operation och eventuella resultatmatriser skrives under angivet namn på skivan. När operationen är slutförd skrives ny vinkelhake ut.

På grund av begränsat kärnminnesutrymme är matrisdimensionen maximerad till 9×9 bortsett från in- och utsignalmatriser. Då ett kommando är avkodat inläses angivna matriser från skivan. Omfattande kontroll av argument och matrisdimensioner utföres av programmet. Upptäcks något fel erhålles ett felmeddelande på teletypewritern och kommandot ignoreras.

Programpaketet innehåller vissa standardargument enligt kap 2. Om ett standardargument användes vid ett kommando, markeras detta med ett kommatecken. Är alla vänster- eller högerargument standard, kan kommatecknen utelämnas, och om samtliga argument är standard behöver man endast skriva kommandonamnet. Det förkortade skrivsättet är bekvämt, men man måste veta vad man gör. Kommatecken användes även för markering att samma argument som i föregående kommando skall användas på den plats kommatecknet står. Kommandonamnet måste vara detsamma som föregående markerat med kommatecken.

Vänsterpil och kommatecken behöver ej omges med blanktecken. Kommandona har inget speciellt format, utan inledande blanka före ett namn eller kommando ignoreras. Minst ett blanktecken, kommatecken eller vänsterpil måste emellertid skilja två namn åt. Namn får bestå av högst fem alfanumeriska tecken och måste börja med en bokstav. Vänsterpilen har funktionen att de argument, som står till vänster om den, får sina värden på grundval av de argument, som står till höger om den, d v s särskiljer input och output.

4. EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING

Följande exempel är hämtat ur Bryson/Ho sid 173*. Det beskriver en lateral autopilot för ett flygplan för att bibehålla riktning och rollvinkel. Flygplanet beskrives av följande ekvationer:

$$\dot{\beta} + r = \frac{Y_{\beta}}{mV} \cdot \beta + \frac{g}{V} \cdot \phi$$

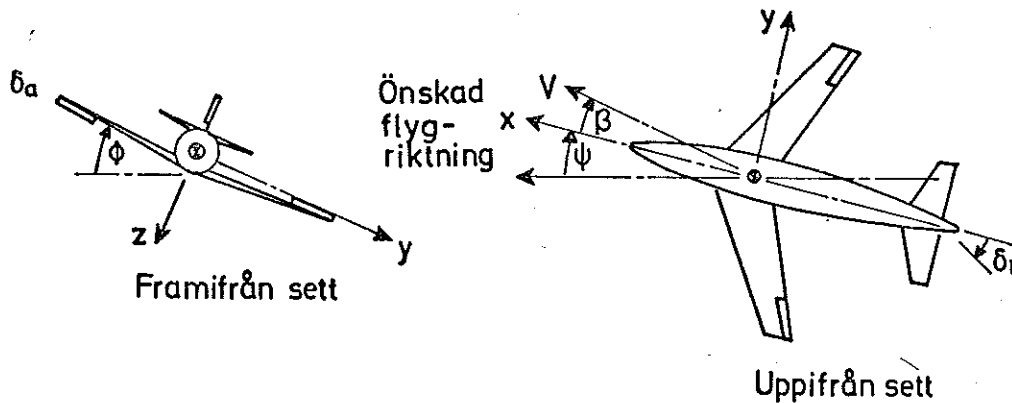
$$\dot{r} + \frac{I_{yz}}{I_{zz}} \cdot \dot{p} = \frac{n_{\beta}}{I_{zz}} \cdot \beta + \frac{n_r}{I_{zz}} \cdot r + \frac{n_p}{I_{zz}} \cdot p + \frac{n_{\delta r}}{I_{zz}} \cdot \delta_r$$

$$\dot{p} + \frac{I_{yz}}{I_{yx}} \cdot \dot{r} = \frac{l_{\beta}}{I_{yx}} \cdot \beta + \frac{l_r}{I_{yx}} \cdot r + \frac{l_p}{I_{yx}} \cdot p + \frac{l_{\delta a}}{I_{yx}} \cdot \delta_a$$

$$\dot{\phi} = p$$

$$\dot{\psi} = r$$

β = snedanflygningsvinkeln, ψ = girvinkeln, r = girvinkelhastigheten, ϕ = rollvinkeln, p = rollvinkelhastigheten, δ_r = rodervinkeln, δ_a = skevrodervinkeln.



Ekvationerna kan omskrivas enligt nedan.

* Bryson/Ho Applied Optimal Control
Ginn and Company 1969

$$\dot{\beta} = \frac{Y}{mV} \cdot \beta - r + \frac{g}{V} \cdot \phi$$

$$(1 - \frac{I_{YZ}}{I_{XX}} \cdot \frac{I_{XZ}}{I_{ZZ}}) \cdot \dot{r} = (\frac{n_{\beta}}{I_{ZZ}} - \frac{I_{YZ}}{I_{ZZ}} \cdot \frac{l_{\beta}}{I_{XX}}) \cdot \beta + (\frac{n_r}{I_{ZZ}} - \frac{I_{YZ}}{I_{ZZ}} \cdot \frac{l_r}{I_{YY}}) \cdot r +$$

$$+ (\frac{n_p}{I_{ZZ}} - \frac{I_{YZ}}{I_{ZZ}} \cdot \frac{l_p}{I_{XX}}) \cdot p + \frac{n_{\delta r}}{I_{ZZ}} \cdot \delta_r - \frac{I_{YZ}}{I_{ZZ}} \cdot \frac{l_{\delta a}}{I_{YY}} \cdot \delta_a$$

$$(1 - \frac{I_{YZ}}{I_{YY}} \cdot \frac{I_{XZ}}{I_{ZZ}}) \cdot \dot{p} = (\frac{l_{\beta}}{I_{YY}} - \frac{I_{XZ}}{I_{YY}} \cdot \frac{n_{\beta}}{I_{ZZ}}) \cdot \beta + (\frac{l_r}{I_{YY}} - \frac{I_{YZ}}{I_{YY}} \cdot \frac{n_r}{I_{ZZ}}) \cdot r +$$

$$+ (\frac{l_p}{I_{YY}} - \frac{I_{YZ}}{I_{YY}} \cdot \frac{n_p}{I_{ZZ}}) \cdot p - \frac{I_{YZ}}{I_{YY}} \cdot \frac{n_{\delta r}}{I_{ZZ}} \cdot \delta_r + \frac{l_{\delta a}}{I_{YY}} \cdot \delta_a$$

$$\dot{\phi} = p$$

$$\dot{\psi} = r$$

För ett flygplan med vikt 45 ton, som flyger på en höjd av 9000 m med en hastighet av 800 km/tim, har koefficienterna följande typiska värden.

$$\frac{Y}{mV} = -0.0297, \quad \frac{n_{\delta r}}{I_{ZZ}} = -0.379, \quad \frac{l_{\delta a}}{I_{YY}} = 1.580, \quad \frac{l_{\beta}}{I_{YY}} = -1.170,$$

$$\frac{l_p}{I_{YY}} = -0.790, \quad \frac{l_r}{I_{YY}} = 0.129, \quad \frac{n_{\beta}}{I_{ZZ}} = 0.379, \quad \frac{n_p}{I_{ZZ}} = -0.0125,$$

$$\frac{n_r}{I_{ZZ}} = -0.0096, \quad \frac{g}{V} = 0.0438, \quad \frac{I_{YZ}}{I_{YY}} = -0.106, \quad \frac{I_{YZ}}{I_{ZZ}} = -0.0423$$

Om

$$X = \begin{bmatrix} \beta \\ r \\ p \\ \phi \\ \psi \end{bmatrix} \quad A\emptyset = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{n_{\delta r}}{I_{ZZ}} & -\frac{I_{YZ}}{I_{ZZ}} \cdot \frac{l_{\delta a}}{I_{YY}} \\ -\frac{I_{YZ}}{I_{YY}} \cdot \frac{n_{\delta r}}{I_{ZZ}} & \frac{l_{\delta a}}{I_{YY}} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$U = \begin{bmatrix} \delta_r \\ \delta_a \end{bmatrix} \quad A3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{I_{yz}}{I_{yy}} \cdot \frac{I_{yz}}{I_{zz}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \frac{I_{yz}}{I_{yy}} \cdot \frac{I_{yz}}{I_{zz}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A1 = \begin{bmatrix} \frac{Y_\beta}{mV} & -1 & 0 & \frac{g}{V} & 0 \\ \frac{n_\beta}{I_{zz}} \cdot \frac{I_{yz}}{I_{zz}} \cdot \frac{l_\beta}{I_{xx}} & \frac{n_r}{I_{zz}} \cdot \frac{I_{yz}}{I_{zz}} \cdot \frac{l_r}{I_{xx}} & \frac{n_p}{I_{zz}} \cdot \frac{I_{yz}}{I_{zz}} \cdot \frac{l_p}{I_{xx}} & 0 & 0 \\ \frac{l_\beta}{I_{yx}} \cdot \frac{I_{xz}}{I_{xx}} \cdot \frac{n_\beta}{I_{zz}} & \frac{l_r}{I_{yx}} \cdot \frac{I_{xz}}{I_{xx}} \cdot \frac{n_r}{I_{zz}} & \frac{l_p}{I_{yx}} \cdot \frac{I_{xz}}{I_{xx}} \cdot \frac{n_p}{I_{zz}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

beskrives systemet av $A3 \cdot \dot{X} = A1 \cdot X + A0 \cdot U$

Nedan följer körning av exemplet på dator. Kommentarererna är på engelska. Först följer uppstartning av programmet.

↑C

MM15 V5A

\$A TT 3/MON 4,5,6,7

\$E SYN PAC

EXECUTE V4A

SYN PAC VIC

```

>LOG SYN PAC IS NOW READY FOR COMMANDS
>LOG ENTER MATRIX A1
>ENTER A1 3 7
ROW 1
#-.0297 -1 0 .2438 0 0 0
ROW 2
#0 0 1 0 0 0 0
ROW 3
#0 1 0 0 0 0 0
>LOG A2 ZEROMATRIX
>ZEROM A2 3 7
>LOG ENTER MATRIX A3
>ENTER A3 1 7
ROW 1
#.379 -.0296 -.0125 0 0 -.379 0
>LOG ENTER MATRIX A4
>ENTER A4 1 7
ROW 1
#-1.17 .129 -.790 2 0 0 1.582
>LOG INSERT A3 AFTER ROW 1 IN A1
>EXPAN←A1 ROW 2 1 A3
>LOG ABOVE THE LEFT ARGUMENT IS SKIPPED AND FIRST
>LOG RIGHT ARGUMENT WILL BE USED AS LEFT ARGUMENT
>LOG INSERT A4 AFTER ROW 2 IN A1
>EXPAN←A1 ROW 3 2 A4
>LOG INSERT A4 AND A3 AFTER ROW 1 IN A2
>EXPAN←A2 ROW 2 1 A4
>,,3 2 A3
>LOG ABOVE THE COMMAS ARE REPLACED WITH EXPAN, A2 AND ROW
>LOG CONTROL A1 AND A2 ON DISPLAY
>DISP A1
>,,A2
>LOG A3 UNITMATRIX
>UNITM A3 5
>LOG A4 AND A5 ZEROMATRICES
>ZEROM A4 5 5
>,,A5,,
>LOG ALTER ELEMENTS 2 2 AND 3 3 IN A4 AND A5
>ALTER A4 2 2
#-.0423
>,,3 3
#-.106
>,,A5,,
#-.0423
>,,2 2
#-.126
>LOG CONTROL A4 AND A5 ON DISPLAY
>DISP A4
>,,A5

```

```

>LOG A5=A4*A5
>MATOP A5←A4 * A5
>LOG A3=A3-A5
>MATOP←A3 - A5
>LOG A2=A4*A2
>MATOP A2←A4 * A2
>LOG A1=A1-A2
>MATOP←A1 - A2
>LOG SOLVE THE MATRIX EQUATION A3*X=A1
>LOG THE RESULT IS STORED UNDER A1
>SOLVE A1←A3 A1
>LOG CONTROL A1 ON DISPLAY
>DISP A1
>LOG MATRIX B IS COLUMN 6 AND 7 IN A1
>LOG SKIP COLUMN 1 TO 5
>REDUC B←A1 COL 1 5
>LOG MATRIX A IS COLUMN 1 TO 5 IN A1
>LOG SKIP COLUMN 6 AND 7
>REDUC A←A1 COL 6 7
>LOG CONTROL A AND B ON DISPLAY
>DISP A
>,B
>LOG DELETE UNNECESSARY FILES
>DKDLT A1
>,A2
>,A3
>,A4
>,A5
>LOG ENTER MATRIX C
>ENTER C 6 5
ROW 1
#1 0 0 0 0
ROW 2
#0 1 0 0 0
ROW 3
#0 0 1 0 0
ROW 4
#0 0 0 1 0
ROW 5
#0 0 0 0 1
ROW 6
#1 0 0 0 1
>LOG D ZEROMATRIX
>ZEROM D 6 2
>LOG ENTER MATRIX X0
>ENTER X2 5 1
ROW 1
#. 1
ROW 2
#0
ROW 3
#0
ROW 4
#.05
ROW 5
#.1
>LOG DEFINE NEW VALUES FOR T AND NU
>DEFI T
#. 5
>,NU
#2
>LOG GET THE SAMPLED SYSTEM
>SAMP

```

```

>LOG ABOVE STANDARD ARGUMENTS WAS USED
>LOG CONTROL FI GAM AND TH ON DISPLAY
>DISP FI
>,GAM
>,TH
>LOG PRINT THE MATRICES IN THE CONTINUOUS SYSTEM
>PRINT A
>,B
>,C
>,D
>,X2
>LOG OUTPUT SEE PAGE 19
>LOG SAVE THESE MATRICES ON PAPER TAPE
>PUNCH A
>,B
>,C
>,D
>,X2
>LOG PRINT THE MATRICES FI GAM AND TH
>PRINT FI
>,GAM
>,TH
>LOG OUTPUT SEE PAGE 19
>LOG THE INSIGNAL TO THE SYSTEM IS ZERO
>INSI U 1←ZERO
>LOG SIMULATE THE OPEN DISCRETE SYSTEM
>SIMU
>LOG SHOW THE RESULT ON DISPLAY
>SHOW Y 4 6
>LOG THE SCALE WAS NOT GOOD
>DEFI NPT
#522
>SHOW Y 4 6
>LOG A COPY OF THE PICTURE ON PAGE 20
>LOG THE OPEN SYSTEM WAS UNSTABLE
>LOG SEARCH FOR THE LINEAR QUADRATIC OPTIMAL
>LOG FEEDBACK CONTROL FOR THE SYSTEM
>ZEROM Q2 5 5
>UNITM Q1 5
>,Q2 2
>LOG TRY FIRST WITH Q2 ZEROMATRIX, Q1 AND Q2 UNITMATRICES
>LOG SOLVE THE RICCATI EQUATION
>SRIC
>LOG REFERENCE INPUT SIGNAL IS ZERO
>INSI UR 1←ZERO
>LOG GET THE INSIGNAL
>USRIC
>LOG GET THE OUTSIGNAL
>YSRIC
>LOG SHOW THE OUTSIGNAL ON DISPLAY
>SHOW Y 4 6
>LOG THE SCALE WAS NOT GOOD
>DEFI NPT
#252
>SHOW Y 4 6
>LOG A COPY ON PAGE 21
>LOG SHOW THE INSIGNAL
>SHOW U 1 2
>LOG A COPY ON PAGE 22
>LOG THE SYSTEM IS TOO SLOW
>LOG AFTER ABOUT FOUR HOURS EXPERIMENT FOLLOWING
>LOG CRITERIA WAS FOUND

```

```
>LOG ALTER MATRICES Q1 AND Q2
>ALTER Q1 1 1
#500
>,,,5
#10
>,,,3 3
#.1
>,,,4 4
#.1
>,,,5 1
#10
>,,,5
#150
>,,Q2 1 1
#20
>,,,2 2
#20
>LOG CONTROL Q1 AND Q2 ON DISPLAY
>DISP Q1
>,,Q2
>LOG GET NEW FEEDBACK
>SRIC
>USRIC
>YSRIC
>LOG SHOW THE OUTSIGNAL
>SHOW Y 4 6
>LOG A COPY ON PAGE 23
>LOG THE SCALE WAS NOT GOOD
>DEFI NPT
#40
>SHOW Y 4 6
>LOG A COPY ON PAGE 24
>LOG SHOW THE INSIGNAL
>SHOW U 1 2
>LOG A COPY ON PAGE 25
>LOG PRINT MATRICES Q0 Q1 AND Q2
>PRINT Q0
>,,Q1
>,,Q2
>LOG PRINT FEEDBACK L
>PRINT L
>LOG OUTPUT ON PAGE 26
>LOG THE EXAMPLE IS FINISHED
>LOG A COPY OF THE RESERVED ARGUMENT USED ON PAGE 27
>VPRIN
>STOP
```

STOP 200000

KM15 V5A

\$

A

-0.29700G-01	-1.0000	0.00000	0.43800G-01	0.00000
0.33099	-0.41620G-02	-0.46124G-01	0.00000	0.00000
-1.1349	0.12856	-0.79489	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	1.0000	0.00000	0.00000
0.00000	1.0000	0.00000	0.00000	0.00000

B

0.00000	0.00000
-0.38071	0.67135G-01
-0.40355G-01	1.5871
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000

C

1.0000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	1.0000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	1.0000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	1.0000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
1.0000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000

D

0.00000	0.00000
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000
0.00000	0.00000

X0

0.10000
0.00000
0.00000
0.50000G-01
0.10000

F1

0.94271	-0.48852	0.97600G-02	0.21429G-01	0.00000
0.16741	0.95548	-0.18436G-01	0.18321G-02	0.00000
-0.45256	0.17528	0.66974	-0.53623G-02	0.00000
-0.12243	0.35303G-01	0.41227	0.99907	0.00000
0.41828G-01	0.49241	-0.49953G-02	0.30496G-03	1.0000

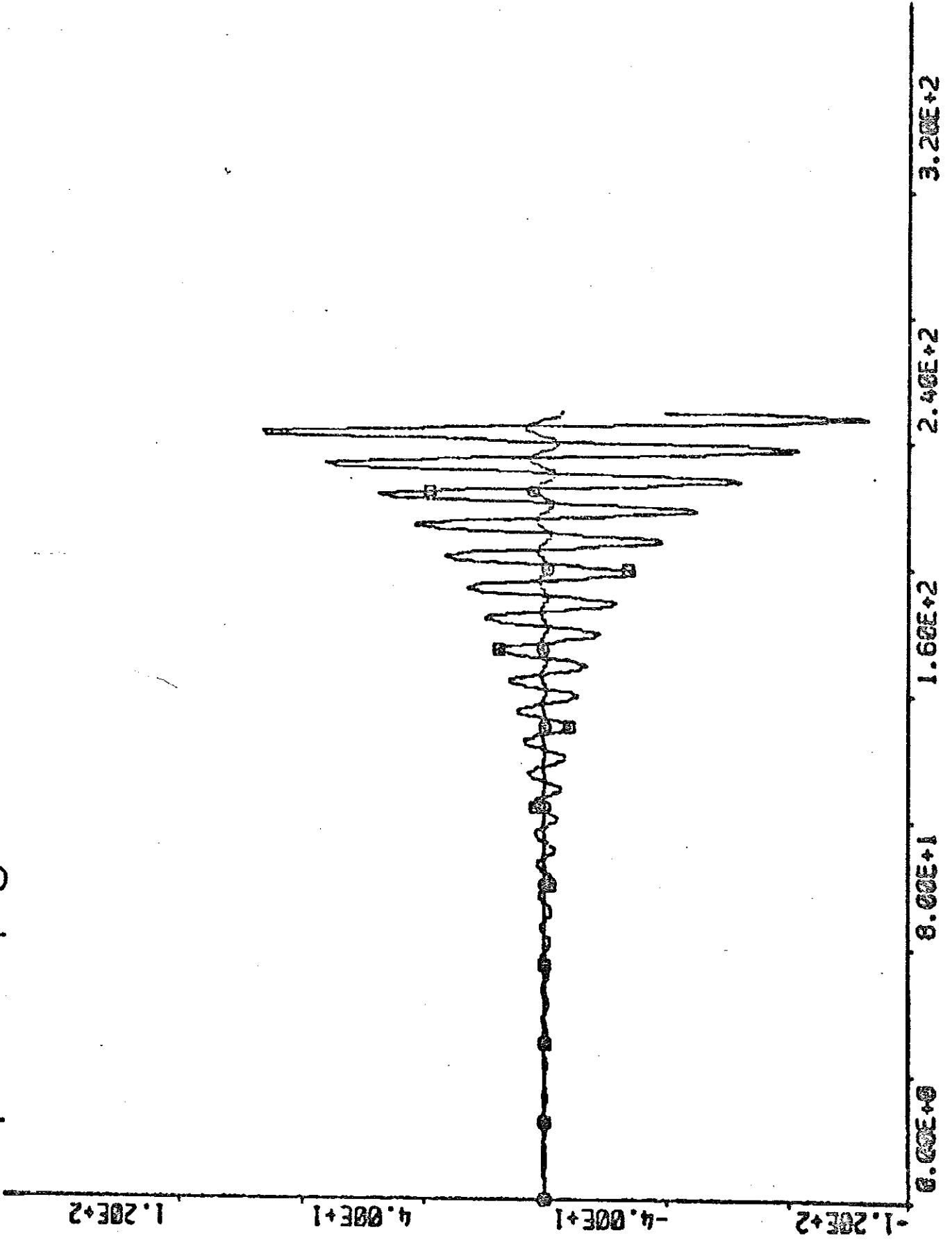
GAM

0.46908G-01	-0.56068G-02
-0.18726	0.25130G-01
-0.30077G-01	0.65668
-0.63921G-02	0.17481
-0.47184G-01	0.69544G-02

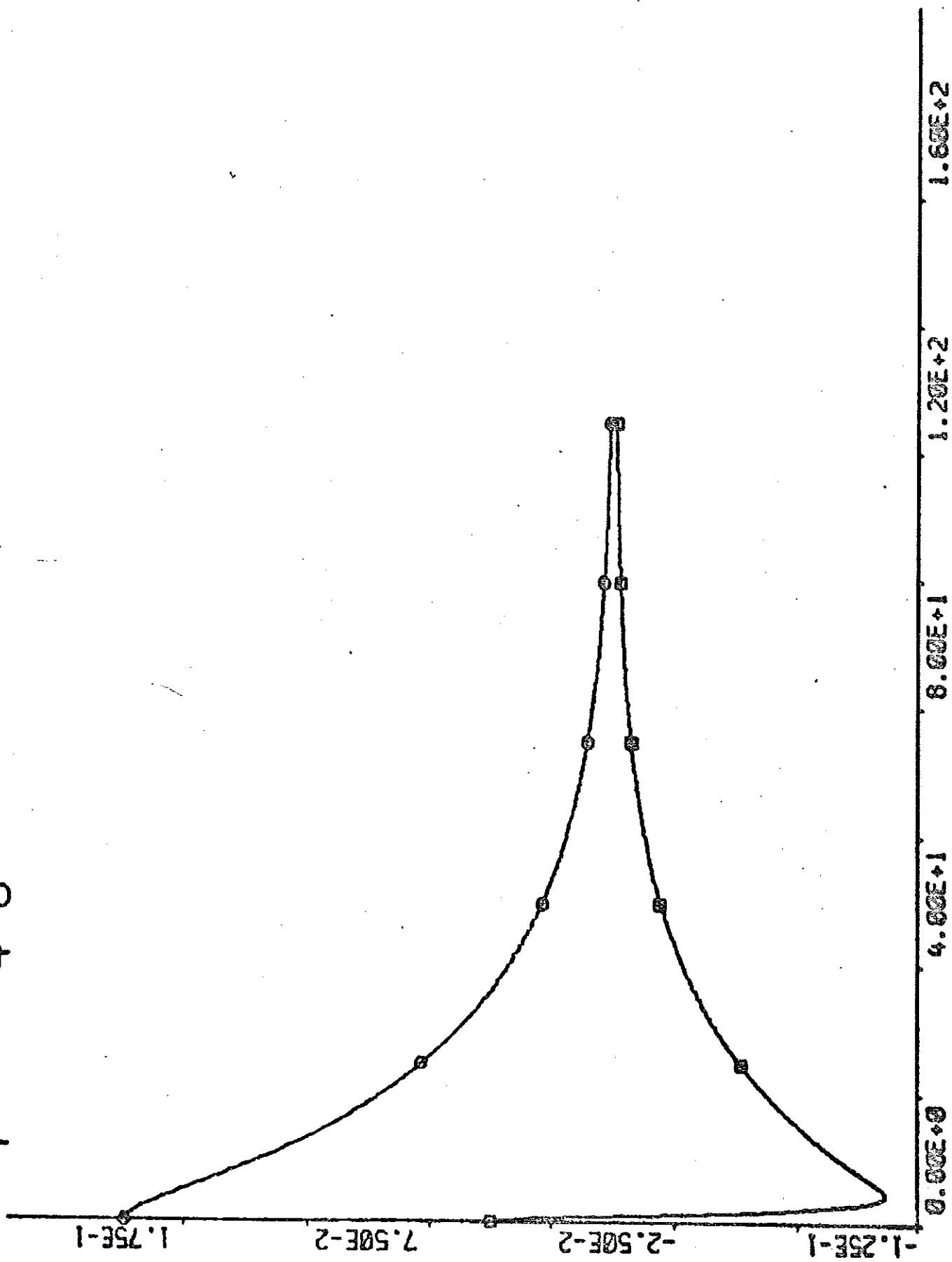
TH

1.0000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	1.0000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	1.0000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	1.0000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
1.0000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000

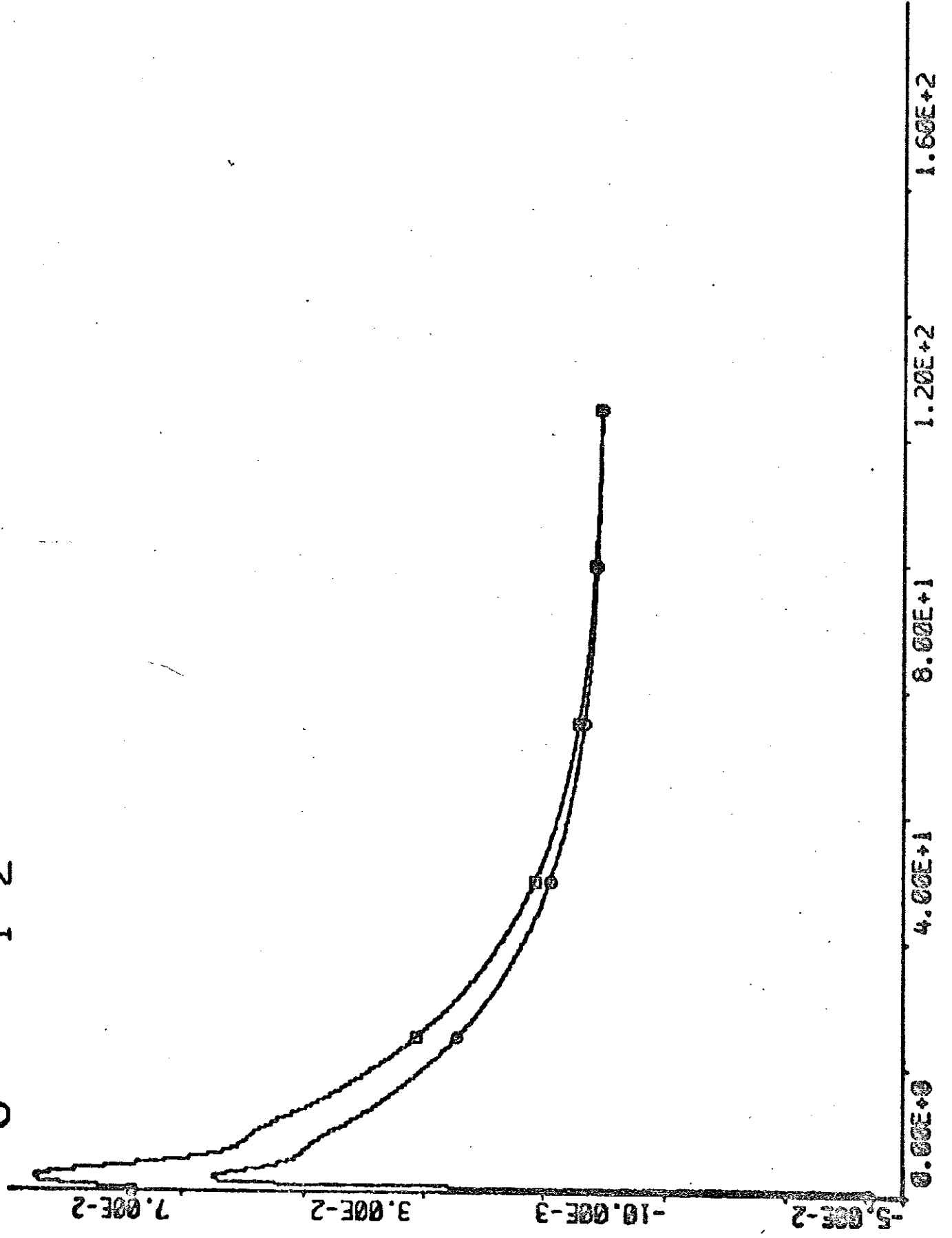
Y 4 6



Y 4 6

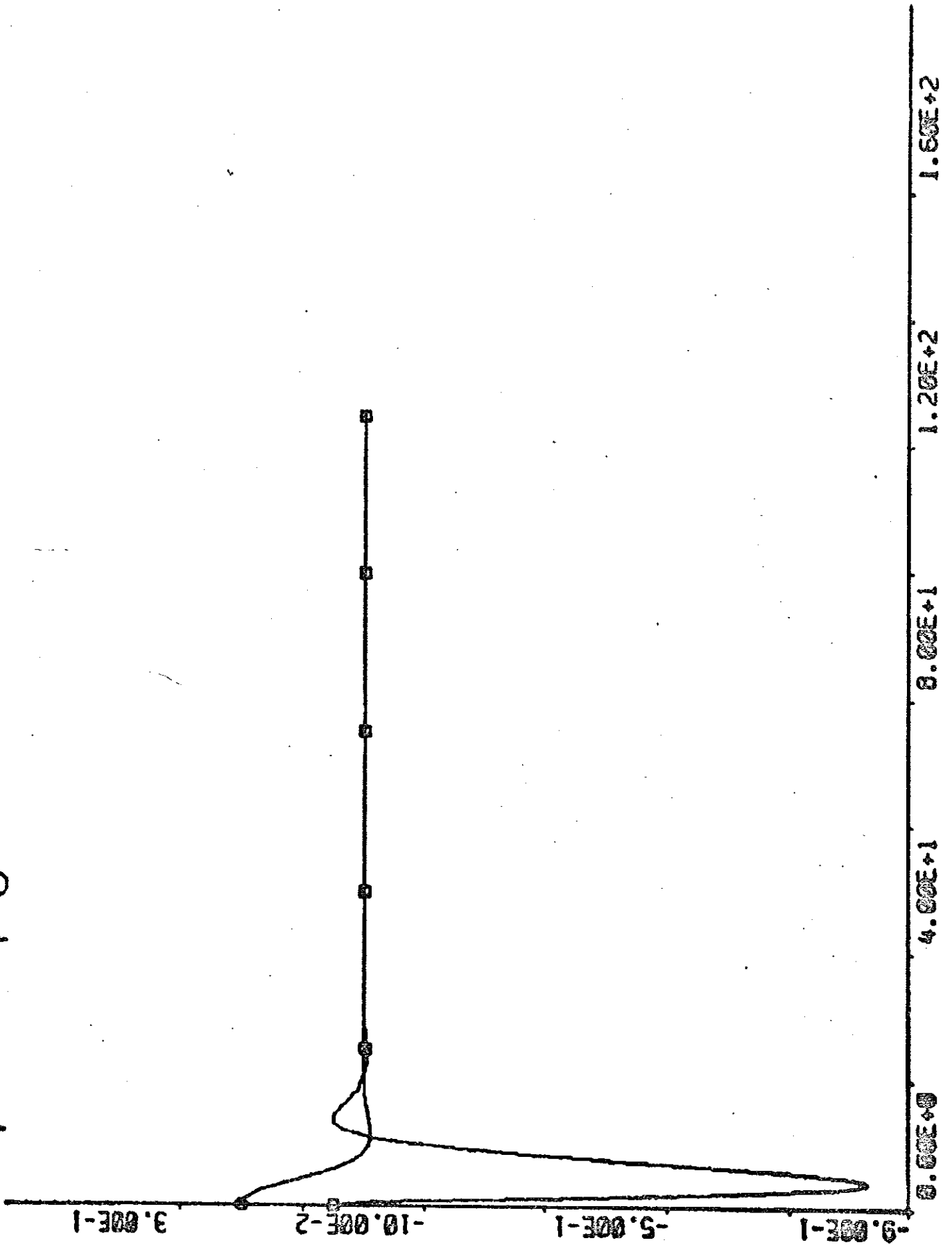


U 12

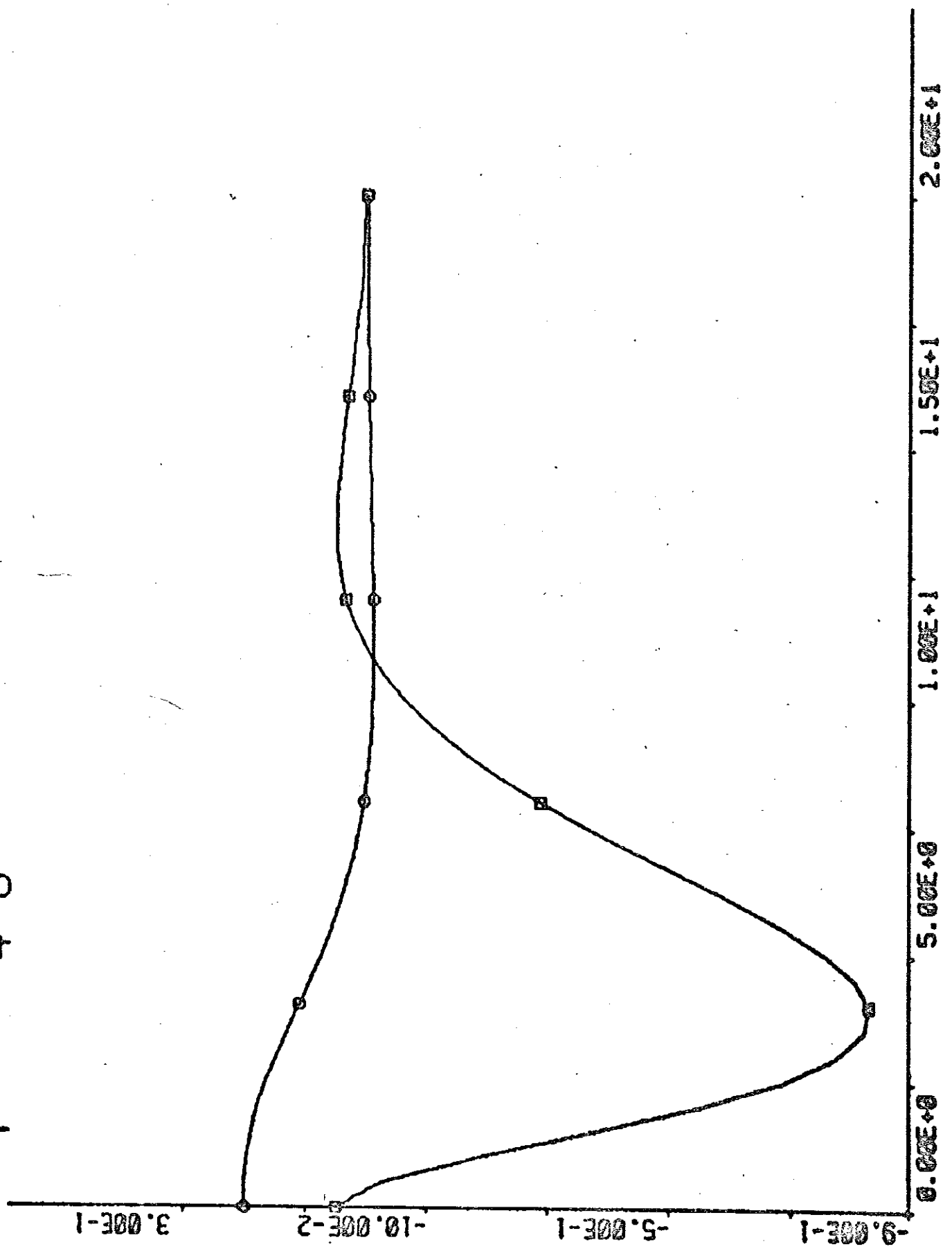


46

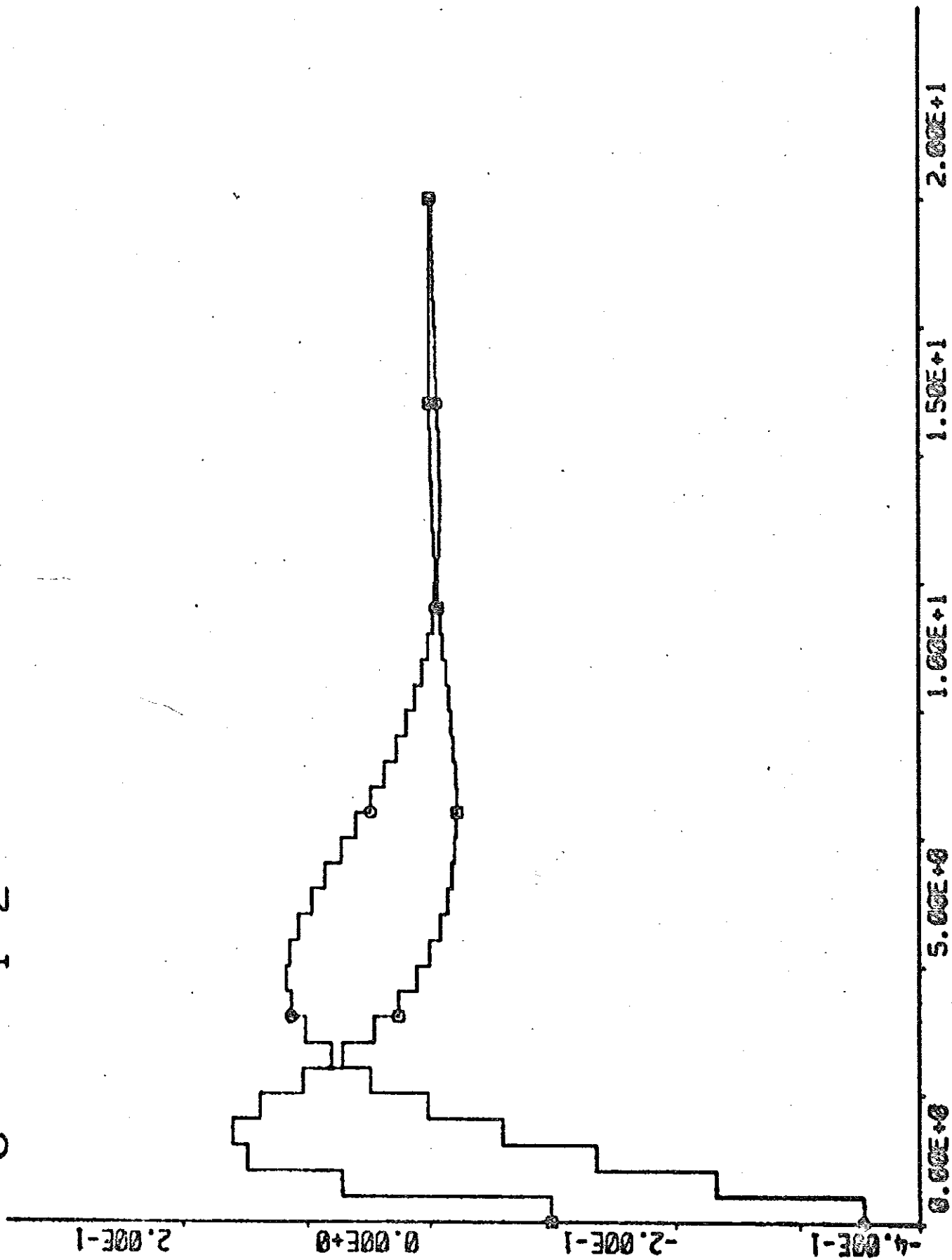
γ



Y 46



U 12



Q0

0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Q1

500.00	0.00000	0.00000	0.00000	10.000
0.00000	1.0000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.10000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.10000	0.00000
10.000	0.00000	0.00000	0.00000	150.00

Q2

20.000	0.00000
0.00000	20.000

L

1.7340	-3.8561	0.15079	0.12695	-0.80810
1.3259	0.24033	0.37049	0.38529	2.0093

```
*****  
* LIST OF RESERVED ARGUMENTS AND THEIR VALUE *  
*****
```

```
NX      2  
NY      1  
NU      2  
NR      1  
NP01    500  
START   50  
NPT     40  
I1      0  
I2      0  
I3      0  
T       0.50000  
EPS     0.10000G-05  
AMPL    1.0000  
R1      0.00000  
R2      0.00000  
R3      0.00000  
R4      0.00000
```