

M Ä T G I V A R D Y N A M I K

MODELLERING, SIMULERING OCH EXPERIMENTELL VALIDERING AV  
SYSTEMDYNAMIK FÖR ETT KOPPLAT NIVAMÄTSYSTEM I EN BWR  
ANLÄGGNING

SVEN LIDEMYR

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
SEPTEMBER 1980

## MÄTGIVARDYNAMIK

Modellering, simulering och experimentell  
validering av systemdynamik för ett kopplat  
nivåmätsystem i en BWR anläggning.

Sven Lidemyr

## Innehållsförteckning.

	Sida
Inledning	1
1. Sammanfattning	2
2. Nivåmätprincipen	3
3. Modellering	5
4. Simulering	12
5. Experimentella resultat	15
6. Anpassning av transmittermodellen genom simulering.	17
7. Simulering av system med anpassade transmittermodeller.	21
Appendix I    SIMNON-program	22
II    Simuleringsplotter	31
III Diagram	66
Litteraturreferenser	74

## Inledning.

Vid mätning av nivåer och flöden inom processindustrin används ofta differenstryck. På grund av den speciella miljön i ett kärnkraftverk vill man ej ha givarutrustning i omedelbar närhet till reaktorkärlet utan förbinder detta med transmittern med relativt långa vattenledningar, s.k. impulsledningar. Då flera av dessa impulsledningar kan vara gemensamma för olika transmitttrar sker en viss påverkan dem emellan. Dynamiken hos sådana kopplade system har en stor inverkan på mätresultat och eventuell reglering då störningar inträffar. För att kunna studera sådana dynamiska förlopp krävs en bra modell för det aktuella givarsystemet. I en förstudie, (1), vilken behandlat givarsystemet generellt har b.l.a. dynamiken hos ett kopplat nivåmätsystem presenterats. Detta examensarbete har som målsättning haft att med detta underlag detalstudera ett dylikt system, samt koppla en dynamisk modell till praktiska experiment på framförallt givaren. Förutom teoretiska beräkningar har simuleringar på dator och experiment genomförts.

## 1. Sammanfattning

I detta arbete görs en modellering av ett parallellt nivå-mätsystem. Systemet är uppbyggt av långa s.k. impulsledningarna och två olika typer av trycktransmittrar. Då modellen blir olinjär studeras dess egenskaper genom simuleringar. Eftersom modellen av de ingående trycktransmittrarna i hög grad påverkar modellen av nivåmätsystemet har en anpassning av transmittermodellerna gjorts m.h.a. experiment och simuleringar.

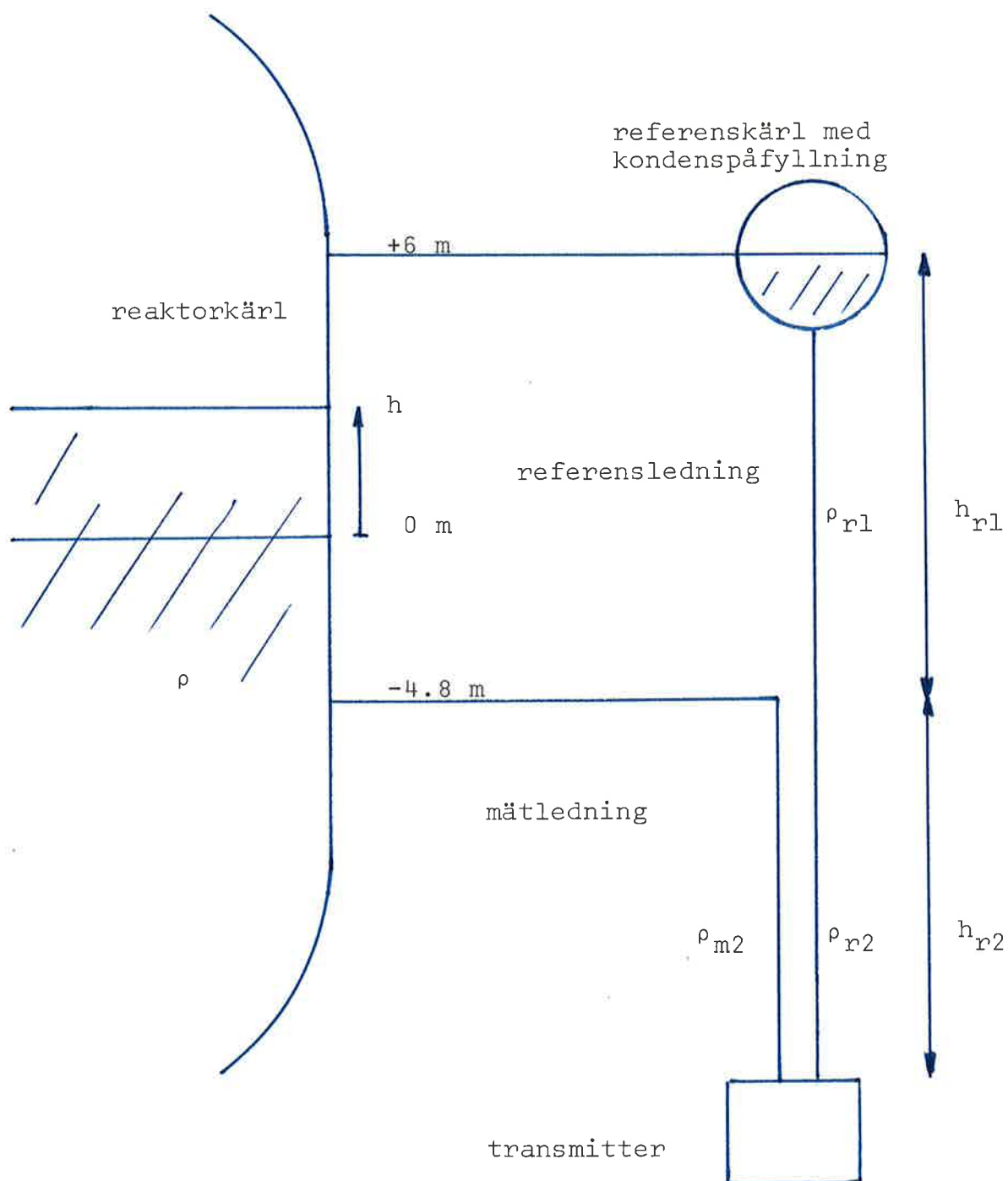
Man finner att trots att man har två olika transmittrar med olika egenfrekvenser kommer mätsystemet att svänga in sig till en gemensam svängning. Växelverkan mellan de olika transmittertyperna är stor och en olinjäritet enbart i den ena typen påverkar även den andras beteende.

Vid den experimentella valideringen av transmittermodellen blir man tvungen att införa en korrektionsfaktor för att kunna anpassa modellen. Införandet av denna faktor är fysikaliskt svårförklarlig.

Vidare görs en modellering av arean transmitters dämpventil som visar ett starkt samband med uppmätta stigtider för olika dämpningar på transmittern.

## 2. Nivåmätprincipen

För att mäta vattennivån i ett reaktorkärl mäter man tryckskillnaden mellan en känd referensnivå och reaktornivån. Genom att studera geometrin i mätsystemet, se figur 1, kan man omvandla de uppmätta tryckdifferenserna till nivån i reaktorkärlet.



Figur 1.

Den av transmittern mätta tryckdifferensen härrör från trycken i referensledningen respektive mätledningen. Trycket i referensledningen utgöres dels av ångtrycket i reaktorn och dels av tyngden av vattenpelaren i referensledningen. Trycket i mätledningen utgöres av trycket i reaktorkärlet vid mätledningens mynning och tyngden av vattenpelaren i mätledningen.

Med beteckningar enligt figur 1 fås differenstrycket:

$$\Delta p = \rho_{r1} h_{r1} g + \rho_{r2} h_{r2} g - \rho (h+4.8m)g - \rho_{m2} h_{r2} g \quad (2.1)$$

Om vi antar att densiteten hos vattnet i de jämlöpande ledningarna är lika, vilket är naturligt då de har samma temperatur,  $\rho_{r2} = \rho_{m2} = \rho_2$  fås:

$$\Delta p = \rho_{r1} h_{r1} g - \rho (h+4.8m)g \quad (2.2)$$

$$\text{dvs} \quad h = - \frac{\Delta p}{\rho g} + \frac{\rho_{r1}}{\rho} h_{r1} = 4.8m \quad (2.3)$$

Låter vi även densiteterna vara lika,  $\rho_{r1} = \rho$ , och sätter in  $h_{r1} = 10.8m$  erhålles:

$$h := - \frac{\Delta p}{\rho g} + 6.0m \quad (2.4)$$

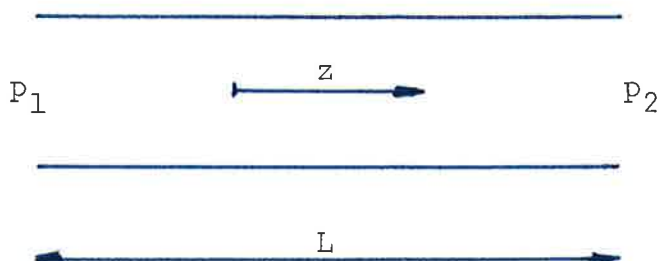
Det är detta samband som användes vid nivåmätningen.

### 3. Modellering

#### Impulsledning

Vid modelleringen används enkla kraftbalanser. Vidare antages att förskjutningen av vattenpelaren är lika överallt i ledningen, vi försummar alltså vattnets kompressibilitet.

Betrakta en enkel ledning enligt figur 2 :



Figur 2.

$$\text{Kraftbalans: } M\ddot{z} + MF\dot{z} = (p_1 - p_2)A \quad (3.1)$$

där  $M$ : vattenmassan

$F$ : friktionsfaktorn

$A$ : ledningens tvärsnittsarea

$p_1$  resp.  $p_2$ : trycket vid resp. ände

$z$ : vattenpelarens förskjutning

$$\text{För laminärt, stationärt flöde gäller } F = \frac{8\pi\eta}{A\rho}, \quad (3.2)$$

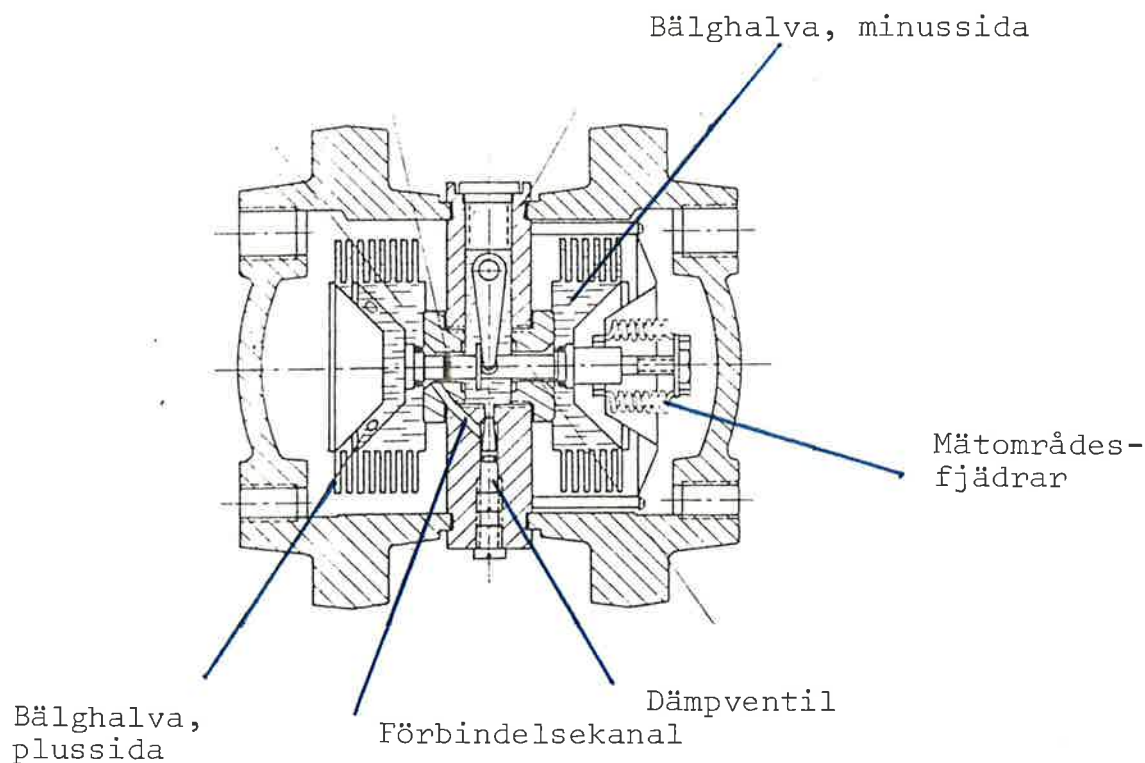
$\eta$ : viskositeten

vilket i vårt fall är en bra approximation upp till  $\omega \approx 500$  rad/s.



## Transmitter

En transmitter är uppbyggd enligt figur 3.



Figur 3. Trycktransmitter, (Bartoncell).

Transmittern fungerar på så sätt att ett differenstryck mellan plus- och minus-sidan påverkar bälgen med en kraft som förskjuter denna en viss sträcka beroende på vilka fjädrar som är monterade. Med dessa fjädrar bestäms transmitterns mätområde. Bälgen är fylld med olja som under förskjutningen strömmar i en förbindelsekanal mellan bälghalvorna. I denna kanal finns det möjlighet att skruva in en dämpventil. Förflyttningen registreras och på så vis kan differenstrycket mätas.

Kraftbalans för transmittern:

$$m\ddot{x} + A_0\Delta p_f + kx = (p_+ - p_-)A \quad (3.3)$$

där  $x$ : bälgens förskjutning  
 $m$ : transmitterns massa  
 $A_0$ : effektiv area hos bälgen  
 $\Delta p_f$ : tryckfall pga friktion  
 $k$ : fjäderkonstant  
 $p_+$  resp.  $p_-$ : tryck på plus- resp. minus-sidan.

Tryckfallet i transmittern,  $\Delta p_f$ , härrör från viskös friktion i oljekanalerna samt från tryckfall i dess in-, ut-lopp och strypning:

$$\Delta p_f = \gamma\rho_o v|v| + \frac{\rho_o L_k A_k}{A_k} \cdot \frac{8\pi\eta_o}{A_k \rho_o} v = \gamma\rho_o v|v| + \frac{8\pi\eta_o L_k}{A_k} v \quad (3.4)$$

där  $\gamma$ : dämpning pga strypning i in-, ut-lopp och ventil  
 $\rho_o$ : oljans densitet  
 $v$ : oljans hastighet i kanalen  
 $\eta_o$ : oljans viskositet  
 $L_k$ : oljekanalens längd  
 $A_k$ : oljekanalens tvärsnittsarea

Då all olja som pressas ur bälgen går genom oljekanalerna fås massbalansen:

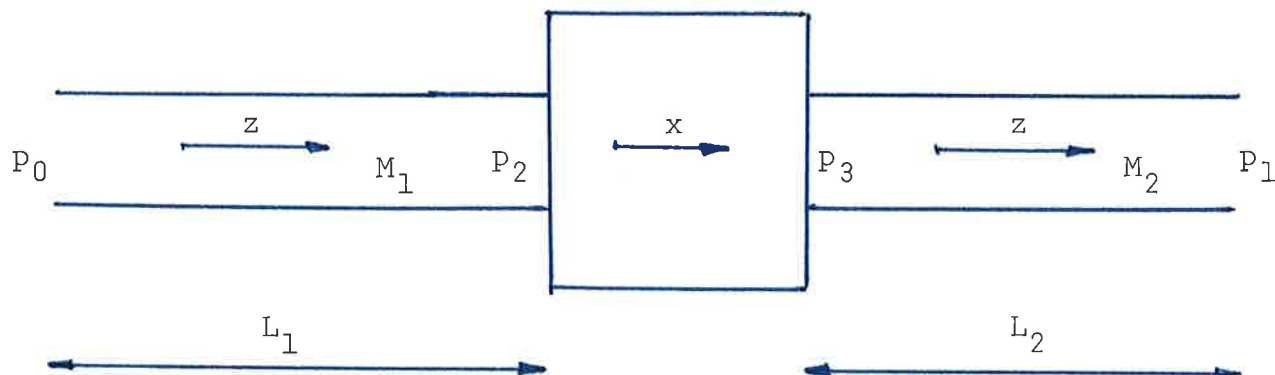
$$vA_k = \dot{x}A_0 c_x \quad (3.5)$$

där  $c_x$  är en faktor  $\approx 2$  beroende på att bälgen vecklas ut resp. in. (3.3), (3.4) och (3.5) ger nu ekvationen för transmittern:

$$m\ddot{x} + A_0 \left[ \gamma\rho_o \left( c_x \frac{A_0}{A_k} \right)^2 \dot{x}|\dot{x}| + \frac{8\pi\eta_o L_k}{A_k} \left( c_x \frac{A_0}{A_k} \right) \dot{x} \right] + kx = (p_+ - p_-)A_0 \quad (3.6)$$

### Transmitter med impulsledning

För att få en modell för mätsystemet transmitter plus två impulsledningar, betrakta figur 4 med däri införda beteckningar:



Figur 4.

För impulsledningarna gäller enligt (3.1) :

$$M_1 \ddot{z} + M_1 F \dot{z} = (p_0 - p_2)A$$

$$M_2 \ddot{z} + M_2 F \dot{z} = (p_3 - p_1)A$$

Dessa samband ger nu:

$$(M_1 + M_2) \ddot{z} + (M_1 + M_2) F \dot{z} = (p_0 - p_1)A + (p_3 - p_2)A$$

På samma sätt som för (3.5) gäller här  $z = c_x \frac{A_0}{A} x = c_x c_A x$ .

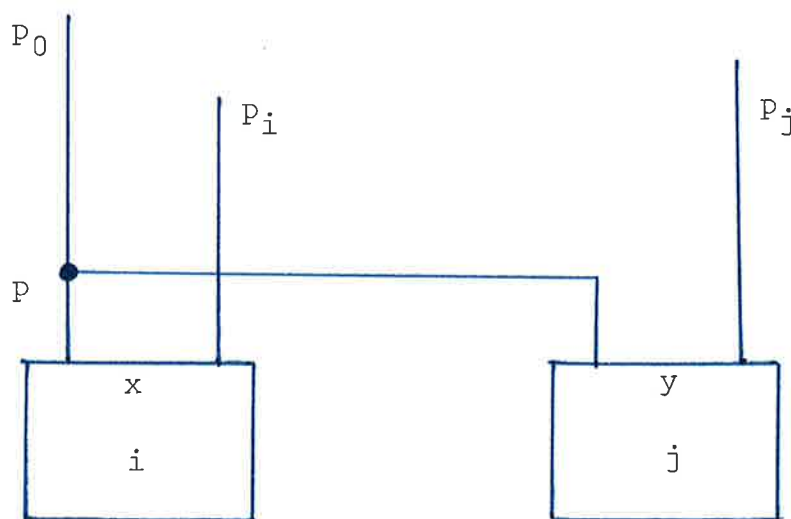
Tillsammans med ekvationen för transmittern (3.6) fås då

$$\left[ \frac{m}{c_A} + (M_1 + M_2) c_x c_A \right] \ddot{x} + 8\pi c_x c_A \left[ \eta(L_1 + L_2) + \left( \frac{A}{A_k} \right)^2 \eta_0 L_k \right] \dot{x} + A \gamma \rho_0 \left( c_x \frac{A_0}{A_k} \right)^2 x |x| + \frac{A}{A_0} kx = (p_0 - p_1)A$$

$$\Leftrightarrow M \ddot{x} + D_1 x |x| + D_2 \dot{x} + Kx = \Delta p A \quad (3.7)$$

### Parallella transmitttrar

Vid nivåmätning med transmittter är det vanligt att man använder sig av parallella transmitttrar enligt figur 5. Transmitttrarna har referensledningens gemensam men individuella mätledningar. På grund av den gemensamma referensledningen påverkar transmitttrarna varandra.



Figur 5.

I modelleringen skall fallet med  $i$  stycken transmitttrar av typ  $i$  och  $j$  stycken transmitttrar av typ  $j$  behandlas. Låt förskjutningarna hos bälgarna vara  $x$  resp.  $y$  och låt indexen  $i$  och  $j$  beteckna typerna.

Ekvationerna för transmittter plus impulsledningarna från  $p_i$  resp.  $p_j$  till den gemensamma punkten på referensledningen blir enligt (3.7) :

$$M_i \ddot{x} + D_{1i} \dot{x} |x| + D_{2i} \dot{x} + K_i x = (p - p_i) A \quad (3.8)$$

$$M_j \ddot{y} + D_{1j} \dot{y} |y| + D_{2j} \dot{y} + K_j y = (p - p_j) A \quad (3.9)$$

Förskjutningen av vattenpelaren i referensledningen blir  $i c_x c_{Ai} x + j c_y c_{Aj} y$  och då gäller för referensledningen:

$$M_0 (i c_x c_{Ai} \ddot{x} + j c_y c_{Aj} \ddot{y}) + M_0 F (i c_x c_{Ai} \dot{x} + j c_y c_{Aj} \dot{y}) = (p_0 - p) A \quad (3.10)$$

där  $M_0$  är massan hos vattnet i referensledning.

Om vi sätter  $M_{0i} = c_x c_{Ai} M_0$  och  $M_{0j} = c_y c_{Aj} M_0$  ger (3.8), (3.9) och (3.10) :

$$\begin{bmatrix} M_i + iM_{0i} & jM_{0j} \\ iM_{0i} & M_j + jM_{0j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{1i} \dot{x} |\dot{x}| - (D_{2i} + iM_{0i} F) \dot{x} \\ -D_{1j} \dot{y} |\dot{y}| - (D_{2j} + jM_{0j} F) \dot{y} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -K_i x - jM_{0j} \dot{y} \\ -K_j y - iM_{0i} \dot{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P_0 - P_i \\ P_0 - P_j \end{bmatrix} A$$

$$\Leftrightarrow M \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \end{bmatrix} = f(x, y, \dot{x}, \dot{y}) + \Delta p A \Rightarrow$$

$$\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \end{bmatrix} = M^{-1} ( f(x, y, \dot{x}, \dot{y}) + \Delta p A )$$

$$M^{-1} = \frac{1}{\det(M)} \begin{bmatrix} M_j + jM_{0j} & -jM_{0j} \\ -iM_{0i} & M_i + iM_{0i} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} m_1 & -m_2 \\ -m_3 & m_4 \end{bmatrix}$$

Inför tillstånd:  $x_1 = \dot{x}$ ,  $x_2 = \dot{y}$ ,  $x_3 = x$ ,  $x_4 = y \Rightarrow$

$$\dot{x} = \underline{A} \cdot x + g(x) + B \Delta p \quad (3.11)$$

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} -m_1(D_{2i} + iM_{0i}F) + m_2 iM_{0i}F & m_2(D_{2j} + jM_{0j}F) - m_1 jM_{0j}F & -m_1 K_i & m_2 K_j \\ m_3(D_{2i} + iM_{0i}F) - m_4 iM_{0i}F & -m_4(D_{2j} + jM_{0j}F) + m_3 jM_{0j}F & m_3 K_i & -m_4 K_j \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$g(x) = \begin{bmatrix} -m_1 D_{1i} x_1 |x_1| + m_2 D_{1j} x_2 |x_2| \\ m_3 D_{1i} x_1 |x_1| - m_4 D_{1j} x_2 |x_2| \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} m_1 & -m_2 \\ -m_3 & m_4 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} A$$

#### 4. Simulering

För att studera systemet med parallella transmitttrar (3.11) har simuleringar genomförts med hjälp av simulerings-språket SIMNON. Program för att studera stegsvar, impuls-svar och svar då insignalen är brus finns i appendix 1. Vid simuleringarna har följande transmitttrar och data använts:

Transmitter	TDMZ 199	TDHZ 224
Mätområde	0.6 bar	1.5 bar
Effektiv area, $A_0$	47 cm <sup>2</sup>	4.9 cm <sup>2</sup>
Fjäderkonstant, $k$	10 <sup>5</sup> N/m	2.9 10 <sup>4</sup> N/m
Oljekanalens area, $A_k$	28.3 mm <sup>2</sup>	28.3 mm <sup>2</sup>
Oljekanalens längd, $L_k$	30 mm	25 mm
Transmittterns rörliga massa, $m$	1 kg	0.5 kg
Oljans densitet, $\rho_o$	800 kg/m <sup>3</sup>	800 kg/m <sup>3</sup>
Oljans viskositet, $\eta_o$	0.02 kg/ms	0.02 kg/ms

Övriga data hos nivåmätsystemet:

Referensledningens längd, $L_0$	35 m
Mätledningarnas längd, $L$	25 m
Vattnets densitet, $\rho$	990 kg/m <sup>3</sup>
Vattnets viskositet, $\eta$	5 · 10 <sup>-4</sup> kg/ms
Impulsledningarnas tvärsnittsarea, $A$	4.91 cm <sup>4</sup>

Ett system med två identiska transmitttrar, TDMZ 199, exciterades med ett steg på 1m, se plot 1-3. Stegsvaren är oscillativa med egenfrekvensen 3.4 rad/s. Faktorn  $\gamma$  (GAMI, GAMJ) påverkar dämpningen starkt och den olinjära termen har alltså stor inverkan. För att studera den olinjära termens inverkan vid olika stora steg användes stegstorlekar på 0.1 m, 1 m och 5 m med två olika dämpade transmitttrar, se plot 4-6. Det framgår, som väntat, att

olinjäriteten har störst betydelse vid stora signaler. Det är intressant att se att även om transmittarna är olika dämpade så svänger de in sig till samma frekvens, fas och amplitud. Detta fenomen har observerats i det verkliga systemet.

Påverkan transmittarna emellan kan studeras genom att endast lägga på ett steg på 1 m på den ena mätledningen. I plot 8 har dämpningen varierats på den ostörda transmittern medan den andras dämpning är konstant och i plot 9 är det den omvända situationen. Den ostörda transmittern påverkas kraftigt och därför spelar även dess dämpning stor roll även om dämpningen på den störda transmittern har störst betydelse. Det kan observeras att överslängen på den störda transmittern blir kraftigast då dämpningen är störst hos den ostörda, plot 8.

#### Simuleringar av existerande system

I Barsebäcksverket finns följande parallella nivåmät-system:

- I 1 st TDHZ 224 och 1 st TDMZ 199
- II 2 st TDHZ 224 och 1 st TDMZ 199
- III 2 st TDHZ 224

Nedan kommer transmittarna TDHZ 224 och TDMZ 199 att refereras till som den lilla resp. stora transmittern.

I Stegsvaren för en stor och en liten transmitter visas i plot 10-12 för varierande dämpning hos den stora. Svaren är oscillativa med samma frekvens plus en överlagrad svängning på den lilla givaren, 4.3 rad/s resp. 28 rad/s. Dämpningen på den stora cellen har mycket stort inflytande på bägge stegsvaren. För att studera den lilla cellens dämpningsinverkan se plot 13,14. Det kan konstateras att denna endast påverkar den överlagrade svängningens dämpning och ej inverkar på den dominerande svängningen. I plot 15-18



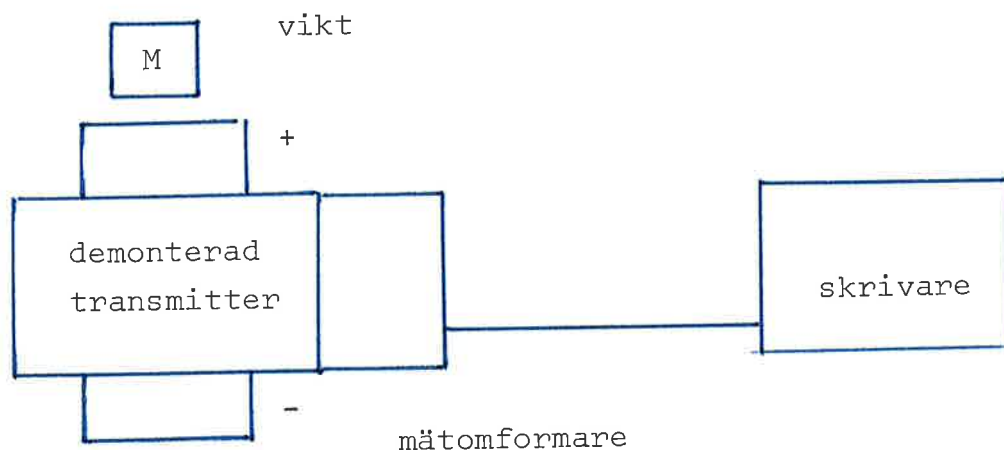
har små resp. mycket stora steg exciterat systemet för två olika dämpningar hos den stora transmittern. Vid små signaler har den olinjära dämpningen liten betydelse och en linjär approximation är god medan vid stora signaler olinjäriteten spelar en stor roll. Även impulssvar har studerats, se plot 19,20. Insignalen var här en puls på 1 m under tiden 0 till 0.5 s. Här märks också effekterna av de båda dämpningarna diskuterade ovan. Systemet har även simulerats med vitt brus som insignal, se plot 21,22. Standardavvikelsen på bruset var 2 cm. Simuleringen stämmer väl med observerade effekter på befintlig utrustning. I plotten över längre tid kan en viss modulerings-effekt ses.

II Stegsvär för två små celler och en stor visas i plot 23. Någon större skillnad från I märks ej, dock att de två små givarna nu har en överlagrad svängning med ändrad frekvens, 24 rad/s.

III När det gäller systemet med två små transmitttrar är svaren väldigt dåligt dämpade med resonansfrekvensen 18 rad/s plot 24,25. Vid olika dämpning på de två givarna svänger system snabbt in sig och svänger sedan med samma frekvens. För insvängningsförlopp se plot 26.

## 5. Experimentella resultat

För att testa transmittermodellens giltighet har mätningar gjorts på två transmitttrar, en liten och en stor bälg. Mätningarna gick till på så sätt att olika tunga vikter släpptes på plussidan på bälgen. Därigenom kunde olika stora stegsvar studeras. genom att förspänna med en större vikt kunde även variationer genom mätområdet studeras.



Figur 6. Mätuppställningen

TDMZ 199,250 mbar

På den stora cellen finns möjlighet till att ställa in dämpningen med en dämpskruv som skruvas in i förbindelsekanalen mellan bälghalvorna. Det är svårt att veta hur en ändring av dämpskruven påverkar dämptermerna i modellen men genom experimentella mätningar kan man studera detta. Således registrerades stegsvaren för 0,0.5,...,3.5 varvs inskruvning av dämpskruven vid fem olika stora steg. Ett samband mellan viktens massa och motsvarande differenstryck behövs:

$$\Delta p = \frac{Mg}{A_0}, \text{ där } M \text{ är viktens massa.}$$

Följande vikter användes:

M (g)	$\Delta p_2$ (N/m <sup>2</sup> )
42	87
130	270
654	1400
1287	2700
3285	6900

Stegsvaren visas i diagram 1-5 och stigtiderna som funktion av antalet inskruvningsvarv har plottats i diagram 6. Det framgår att stigtiderna ligger, för varje tryckdifferens, ungefär konstant fram till 1.5 varvs inskruvning och är ungefär 1 s. Sedan påverkas tiderna starkt av inskruvningen och vid 3.5 varv är tiden 5-5.5 s.

Det är överraskande att stigtiderna ej påverkas så mycket av storleken på steget vilket indikerar att olinjäriteten ej har så stor betydelse och att även den linjära dämpningen påverkas av dämpskruvens inställning.

När det gäller stegsvarens beroende av var i mätområdet det befann sig, dvs beroendet av förspänning märktes ingen skillnad mellan förspänd och icke förspänd bälg. Den faktor i modellen som kunde ha påverkats är  $c_x$ , men den kan nu betraktas som konstant genom mätområdet.

#### TDHZ 224

Den lilla cellen skiljer sig på det sättet i sin uppbyggnad från den stora att den inte har någon förbindelse mellan bälg-halvorna i form av en kanal med dämpskruv. De experimentella mätningarna på den lilla transmittern ger resultatet att stegsvaret är oberoende av såväl förspänning som storleken på steget. Den uppmätta stigtiden för cellen var  $5.0 \cdot 10^{-2}$  s.

Anm. Stigtiden definieras här som det inverterade värdet på stegsvarets maximala derivata multiplicerat med stegstorleken.

## 6. Anpassning av transmittermodellen genom simulering.

För att anpassa modellen av transmittern till den verkliga transmitterns uppförande har simuleringar av modellen (3.6) gjorts.

Massan  $m$  hos transmittern i den uppställda modellen är så liten att den kan försummas. Vidare inför jag en faktor  $\alpha$  framför den linjära dämpningstermen så att modellen blir:

$$\gamma A_0 \rho_0 \left( c \frac{A_0}{x A_k} \right)^2 x |\dot{x}| + \alpha A_0 \frac{8\pi\eta_0 L_k}{A_k} \left( c \frac{A_0}{x A_k} \right) \dot{x} + kx = \Delta p A_0 \quad (6.1)$$

### TDMZ 199

Då det gäller den stora cellen är det av stort intresse att veta hur dämpskruvens inställning påverkar de båda parametrarna  $\gamma$  och  $\alpha$ . Genom att jämföra stigtiderna från de experimentella mätningarna med simuleringarnas stigtider och även studera svarens utseende i helhet har följande samband mellan antal varvs inskruvning,  $N$ , och de båda parametrarna erhållits:

N (varv)	$\gamma$	$\alpha$
0-1.5	5	2.5
2	5	3.5
2.5	10	4.7
3	10	7.5
3.5	10	11

Program för simuleringarna av transmittermodellen (6.1) finns i appendix I. Simuleringar för två olika differenstryck med de anpassade parametrarna visas i plot 27, 28. Vid anpassningen användes  $A_k = 6.16 \text{ mm}^2$ .

TDHZ 224

De experimentella resultaten visar att för den lilla cellen är en linjär modell tillräcklig. Låt alltså  $\gamma = 0$  :

$$\alpha A_0 \frac{8\pi\eta_0 L_k}{A_k} \left( c_{xA_k} \frac{A_0}{x} \right) x + kx = \Delta p A_0$$

$$\Leftrightarrow \alpha dx + kx = \Delta p A_0$$

$$\text{Stigtiden } t_r = \frac{\alpha d}{k}$$

Vid de experimentella mätningarna användes en 250 mbar transmitter, vilket ger  $k = 4900 \text{ N/m}$  och  $t_r = \alpha \cdot 0.0325 \text{ s}$ . Mätningarna gav  $t_r = 0.05 \text{ s}$  dvs  $\alpha = 1.5$ .

Diskussion angående anpassningen av modellen.

Vid den tidigare gjorda modelleringen antogs att dämpskruven endast inverkade på den olinjära termen i transmittermodellen (3.6). Då det inte går att anpassa modellen till experimentella mätningar enbart med en olinjär dämpfaktor antyder detta att modellen är otillräcklig för att beskriva transmittern med en fysikalisk bakgrund. Faktorn  $\alpha$  som infördes vid anpassningen framför den linjära dämp termen kan fysikaliskt förklaras med att den effektiva längden på oljekanalerna ökar på grund av kompressionseffekter vid in- och ut-lopp. Denna faktor borde inte påverkas av dämpskruvens inställning om inte kompressionseffekter i ventilen på samma sätt som ovan ökar oljekanalens effektiva längd. En faktor som försumrades vid modelleringen var friktionsfaktorns frekvensberoende och vi använde dess värde vid stationärt, laminärt flöde. Enligt (1) kan frekvensberoendet beskrivas som:

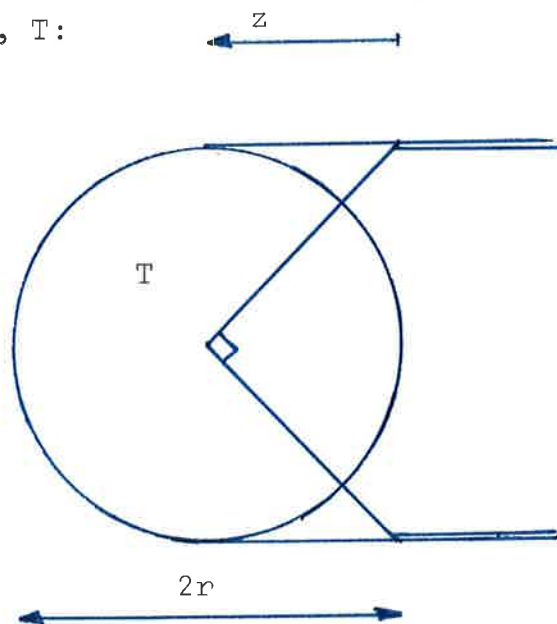
$$F(s) = \frac{\pi v}{A} \left( 8 + \frac{32.4s}{s+200} + \frac{4s}{s+26.4} + \frac{160s}{s+8000} \right) \quad , \quad v = \frac{\eta}{\rho}$$

Detta beroende kan spela in vid snabba förlopp såsom steg-

störningar, vilka jag använt för att testa modellen. Vid normala förhållanden är dock frekvenserna betydligt lägre i systemet varför en modell med frekvensberoendet inkluderad, vilket gör den mer överskådlig och omöjliggör en användning av den i parallella system, saknar större intresse i detta arbete.

### Samband mellan inskruvning av dämpskruven och arean i ventilen.

Dämpskruvens inverkan på dämpningen är, enligt experiment, mycket olinjär, se diagram 6. Stigtiderna visar att upp till ungefär 2 varvs inskruvning ingen större effekt fås och sedan ökar dämpningen kraftigt med inskruvningen. Då dämpningen i en kanal är omvänt proportionell mot kvadraten på arean är det intressant att se hur arean i dämpventilen varierar med inskruvningen. För att göra detta ser vi på en enkel modell av arean i ventilen, T:



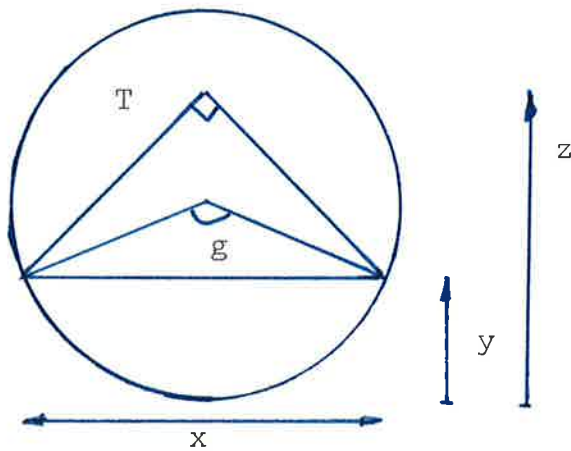
Figur 7.

Ventilen antas se ut enligt figur 7. Inskruvningen betecknas  $z$  och är definierad i figuren. Om dämpskruven har konstant stigning är  $z$  proportionell mot  $N$ .

Två fall behandlas: I  $z < 2r$

II  $z > 2r$

Arean  $T$  och  $1/T^2$  har plottats mot inskruvningen i diagram 7. Arean minskar ungefär linjärt och  $1/T^2$  påminner starkt om stigtidernas variation med inskruvningen och gör det troligt att det är  $1/T^2$  som bestämmer dämpningen i systemet.



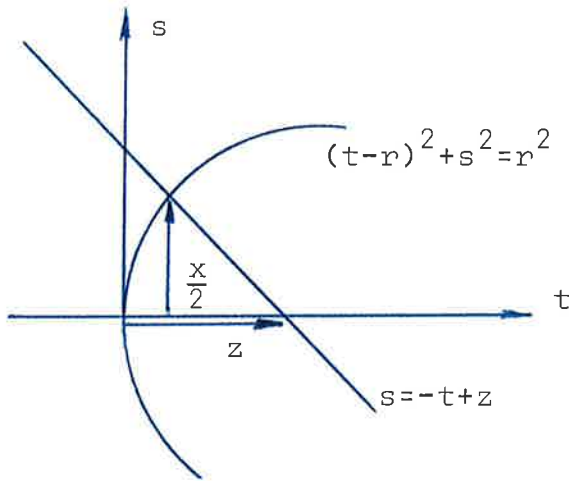
I  $z < 2r$  : 20

$$T = \pi r^2 \frac{x(z-y)}{2} - \frac{g}{2\pi} \pi r^2 \frac{x(r-y)}{2}$$

$$g = \arctan\left(\frac{x}{2(r-y)}\right)$$

Kordasatsen ger:  $y(2r-y) = \frac{x^2}{4}$

dvs  $y = r - \left(r^2 - \frac{x^2}{4}\right)^{0.5}$



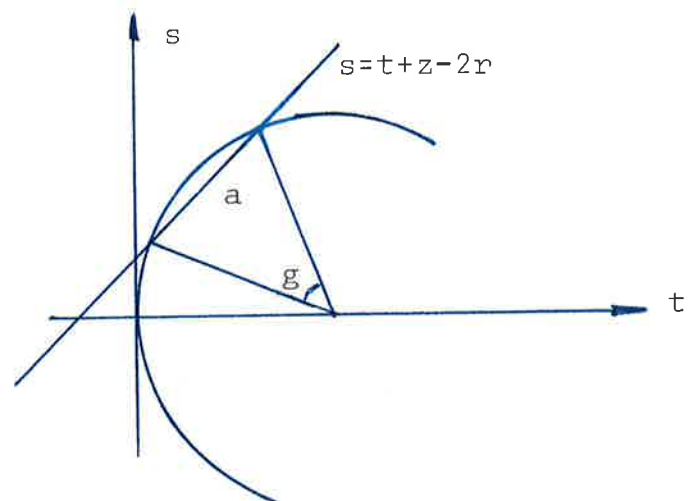
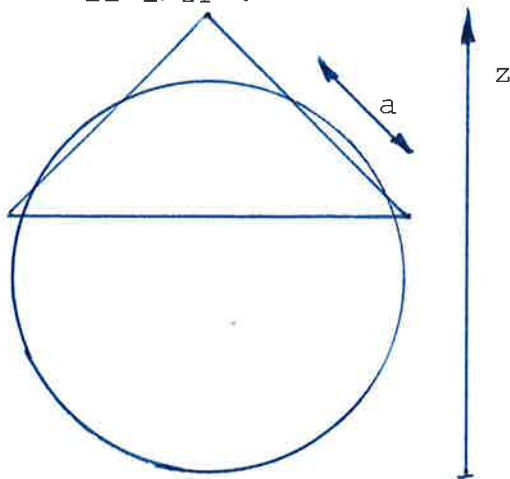
Skärning mellan cirkeln och linjen ger:

$$t = \frac{z+r}{2} - \left(\left(\frac{z+r}{2}\right)^2 - \frac{z^2}{2}\right)^{0.5}$$

vilket ger:

$$x = z - r + 2\left(\left(\frac{z+r}{2}\right)^2 - \frac{z^2}{2}\right)^{0.5}$$

II  $z > 2r$  :



Skärning mellan linjen och cirkeln :

$$t = \frac{-z+3r}{2} \pm \left(\left(\frac{-z+3r}{2}\right)^2 - \frac{z^2}{2} + 2rz - 2r^2\right)^{0.5}$$

$$a = 2 \sqrt{\left(\frac{-z+3r}{2}\right)^2 - \frac{z^2}{2} + 2rz - 2r^2}$$

$$g = 2 \arcsin \frac{a}{2r}$$

$$T/2 = \frac{g}{2\pi} \pi r^2 \frac{r \cos g}{2}$$

## 7. Simulering av system med anpassade transmitt modeller.

När nu en anpassning av transmittmodellerna har gjorts är det intressant att se vilken inverkan detta har på det parallella nivåmätsystemet. De båda anpassade transmittarna har nu följande data: (öppen dämpventil)

	$\gamma$	$\alpha$	$A_k$
TDHZ 224	0	1.5	6.16 mm <sup>2</sup>
TDMZ 199	5	2.5	6.16 mm <sup>2</sup>

Stegsvar för ett system med en givare av vardera slaget visas i plot 29-32. I plot 29-31 har olika stora steg använts och man ser att trots den linjära modellen av den lilla givaren påverkas denna mycket av olinjäriteterna i den stora cellen. Den stora cellens stegsvar är väldämpat medan den lilla är oscillerativ. I plot 32 visas stegsvaren för de båda transmittarna vid olika inskruvningar av dämpskruven hos den stora cellen. Det är mycket intressant att se att ju mer dämpad den stora cellen är desto slängigare är den lilla cellen. Jag har även simulerat systemet med brus som insignal, standardavvikelse 5cm, se plot 33 och impulssvar visas i plot 34. Dessa simuleringar stämmer till utseendet väl överens med observerade förlopp i mätsystemen.

Även ett system med två små transmittar och konstruerade för 0.6 bar resp. 1.5 bar har simulerats. Då den stora cellen ej längre växelverkar med de små ändras deras beteende starkt, Dämpningen minskar betydande och egenfrekvensen ändras från 23 rad/s till 6 rad/s.



Appendix 1.

SIMNON-program:

CONTINUOUS SYSTEM PARA för simulering av parallellt nivå-  
mätsystem med stegstörning.

CONTINUOUS SYSTEM PARAI för simulering av parallellt nivå-  
mätsystem med impulsstörning.

CONTINUOUS SYSTEM PARAN och CONNECTING SYSTEM CONN för  
simulering av parallellt nivåmätsystem med brusstörning.

CONTINUOUS SYSTEM TRANS för simulering av stegsvar för  
trycktransmitter.

STATE X1 X2 X3 X4  
DER DX1 DX2 DX3 DX4

## INITIAL

CAI=A0I/A  
CAJ=A0J/A  
MI=CAI\*CX\*DENS\*A\*LI+MTI/CAI  
MJ=CAJ\*CY\*DENS\*A\*LJ+MTJ/CAJ  
D1I=A\*GAMI\*ODENS\*CX\*CX\*A0I\*A0I/AKI/AKI  
D1J=A\*GAMJ\*ODENS\*CY\*CY\*A0J\*A0J/AKJ/AKJ  
D2I=8\*PI\*CX\*CAI\*(ETA\*LI+OETA\*LKI\*A\*A/AKI/AKI)  
KI=KIT/CAI  
KJ=KJT/CAJ  
D2J=8\*PI\*CY\*CAJ\*(ETA\*LJ+OETA\*LKJ\*A\*A/AKJ/AKJ)  
MOI=CX\*CAI\*DENS\*A\*LO  
MOJ=CY\*CAJ\*DENS\*A\*LO  
DETM=MJ\*MJ+I\*MOI\*MJ+J\*MOJ\*MJ  
M1=(MJ+J\*MOJ)/DETM  
M2=J\*MOJ/DETM  
M3=I\*MOI/DETM  
M4=(MI+I\*MOI)/DETM  
F=8\*PI\*ETA/DENS/A  
A11=-M1\*(D2I+I\*MOI\*F)+M2\*I\*MOI\*F  
A12=M2\*(D2J+J\*MOJ\*F)-M1\*J\*MOJ\*F  
A13=-M1\*KI  
A14=M2\*KJ  
A21=M3\*(D2I+I\*MOI\*F)-M4\*I\*MOI\*F  
A22=-M4\*(D2J+J\*MOJ\*F)+M3\*J\*MOJ\*F  
A23=M3\*KI  
A24=-M4\*KJ  
X3=(6-H0)\*A\*DENS\*G/KI  
X4=(6-H0)\*A\*DENS\*G/KJ

## DYNAMICS

DP1=DENS\*G\*(6-H1)  
DP2=DENS\*G\*(6-H2)  
LIN1=A11\*X1+A12\*X2+A13\*X3+A14\*X4  
NLIN1=-M1\*D1I\*X1\*ABS(X1)+M2\*D1J\*X2\*ABS(X2)  
DX1=LIN1+NLIN1+M1\*DP1\*A-M2\*DP2\*A  
LIN2=A21\*X1+A22\*X2+A23\*X3+A24\*X4  
NLIN2=M3\*D1I\*X1\*ABS(X1)-M4\*D1J\*X2\*ABS(X2)  
DX2=LIN2+NLIN2+M4\*DP2\*A-M3\*DP1\*A  
DX3=X1  
DX4=X2  
HI=-KI\*X3/A/DENS/G+6  
HJ=-KJ\*X4/A/DENS/G+6

"Mätta höjden på typ i  
"Mätta höjden på typ j

A:4.91E-4	"M**2	Impulsledningarnas tvärsnittsarea
DENS:990	"KG/M**3	Vattnets densitet
ODENS:800	"KG/M**3	Oljans densitet
PI:3.14		
ETA:0.5E-3	"KG/M/S	Vattnets viskositet
OETA:0.02	"KG/M/S	Oljans viskositet
LO:35	"M	Referensledningens längd
G:9.81	"M/S**2	

H0:0	"M	Vattennivå vid tiden noll
I:1		Antal transmitttrar av typ i
A0I:4.9E-4	"M**2	Effektiv area för typ i
CX:2		
LI:25	"M	Mätledningarnas längd
MTI:0.5	"KG	Transmittterns massa
GAMI:1		Olinjär dämpfaktor
LKI:25E-3	"M	Oljekanalens längd
AKI:2.83E-5	"M**2	Oljekanalens area
KIT:2.9E4	"N/M	Fjäderkonstanten
H1:1	"M	Stegstorlek
J:1		Antal transmitttrar av typ j
A0J:47E-4	"M**2	
CY:2		
LJ:25	"M	
MTJ:1	"KG	
GAMJ:1		
LKJ:30E-3	"M	
AKJ:2.83E-5	"M**2	
KJT:1.E5	"N/M	
H2:1	"M	
END		

STATE X1 X2 X3 X4  
 DER DX1 DX2 DX3 DX4  
 TIME T

## INITIAL

CAI=A0I/A  
 CAJ=A0J/A  
 MI=CAI\*CX\*DENS\*A\*LI+MTI/CAI  
 MJ=CAJ\*CY\*DENS\*A\*LJ+MTJ/CAJ  
 D1I=A\*GAMI\*ODENS\*CX\*CX\*A0I\*A0I/AKI/AKI  
 D1J=A\*GAMJ\*ODENS\*CY\*CY\*A0J\*A0J/AKJ/AKJ  
 D2I=8\*PI\*CX\*CAI\*(ETA\*LI+OETA\*LKI\*A\*A/AKI/AKI)  
 KI=KIT/CAI  
 KJ=KJT/CAJ  
 D2J=8\*PI\*CY\*CAJ\*(ETA\*LJ+OETA\*LKJ\*A\*A/AKJ/AKJ)  
 M0I=CX\*CAI\*DENS\*A\*L0  
 M0J=CY\*CAJ\*DENS\*A\*L0  
 DETM=MI\*MJ+I\*M0I\*MJ+J\*M0J\*MI  
 M1=(MJ+J\*M0J)/DETM  
 M2=J\*M0J/DETM  
 M3=I\*M0I/DETM  
 M4=(MI+I\*M0I)/DETM  
 F=8\*PI\*ETA/DENS/A  
 A11=-M1\*(D2I+I\*M0I\*F)+M2\*I\*M0I\*F  
 A12=M2\*(D2J+J\*M0J\*F)-M1\*J\*M0J\*F  
 A13=-M1\*KI  
 A14=M2\*KJ  
 A21=M3\*(D2I+I\*M0I\*F)-M4\*I\*M0I\*F  
 A22=-M4\*(D2J+J\*M0J\*F)+M3\*J\*M0J\*F  
 A23=M3\*KI  
 A24=-M4\*KJ  
 X3=(6-H0)\*A\*DENS\*G/KI  
 X4=(6-H0)\*A\*DENS\*G/KJ

## DYNAMICS

H1=IF T<0.5 THEN 1 ELSE 0  
 H2=H1  
 DP1=DENS\*G\*(6-H1)  
 DP2=DENS\*G\*(6-H2)  
 LIN1=A11\*X1+A12\*X2+A13\*X3+A14\*X4  
 NLIN1=-M1\*D1I\*X1\*ABS(X1)+M2\*D1J\*X2\*ABS(X2)  
 DX1=LIN1+NLIN1+M1\*DP1\*A-M2\*DP2\*A  
 LIN2=A21\*X1+A22\*X2+A23\*X3+A24\*X4  
 NLIN2=M3\*D1I\*X1\*ABS(X1)-M4\*D1J\*X2\*ABS(X2)  
 DX2=LIN2+NLIN2+M4\*DP2\*A-M3\*DP1\*A  
 DX3=X1  
 DX4=X2  
 HI=-KI\*X3/A/DENS/G+6  
 HJ=-KJ\*X4/A/DENS/G+6+2

A:4.91E-4            "M\*\*2  
 DENS:990            "KG/M\*\*3  
 ODENS:800           "KG/M\*\*3  
 PI:3.14  
 ETA:0.5E-3         "KG/M/S

OETA:0.02 "KG/M/S  
LO:35 "M  
G:9.81 "M/S\*\*2  
HO:0 "M

26

I:1  
A0I:4.9E-4 "M\*\*2  
CX:2  
LI:25 "M  
MTI:0.5 "KG  
GAMI:1  
LKI:25E-3 "M  
AKI:2.83E-5 "M\*\*2  
KIT:2.9E4 "N/M

J:1  
A0J:47E-4 "M\*\*2  
CY:2  
LJ:25 "M  
MTJ:1 "KG  
GAMJ:1  
LKJ:30E-3 "M  
AKJ:2.83E-5 "M\*\*2  
KJT:1.E5 "N/M

END

STATE X1 X2 X3 X4  
 DER DX1 DX2 DX3 DX4  
 INPUT H1 H2

INITIAL

CAI=A0I/A  
 CAJ=A0J/A  
 MI=CAI\*CX\*DENS\*A\*LI+MTI/CAI  
 MJ=CAJ\*CY\*DENS\*A\*LJ+MTJ/CAJ  
 D1I=A\*GAMI\*ODENS\*CX\*CX\*ADI\*A0I/AKI/AKI  
 D1J=A\*GAMJ\*ODENS\*CY\*CY\*A0J\*A0J/AKJ/AKJ  
 D2I=8\*PI\*CX\*CAI\*(ETA\*LI+OETA\*LKI\*A\*A/AKI/AKI)  
 KI=KIT/CAI  
 KJ=KJT/CAJ  
 D2J=8\*PI\*CY\*CAJ\*(ETA\*LJ+OETA\*LKJ\*A\*A/AKJ/AKJ)  
 M0I=CX\*CAI\*DENS\*A\*L0  
 M0J=CY\*CAJ\*DENS\*A\*L0  
 DETM=MI\*MJ+I\*M0I\*MJ+J\*M0J\*MI  
 M1=(MJ+J\*M0J)/DETM  
 M2=J\*M0J/DETM  
 M3=I\*M0I/DETM  
 M4=(MI+I\*M0I)/DETM  
 F=8\*PI\*ETA/DENS/A  
 A11=-M1\*(D2I+I\*M0I\*F)+M2\*I\*M0I\*F  
 A12=M2\*(D2J+J\*M0J\*F)-M1\*J\*M0J\*F  
 A13=-M1\*KI  
 A14=M2\*KJ  
 A21=M3\*(D2I+I\*M0I\*F)-M4\*I\*M0I\*F  
 A22=-M4\*(D2J+J\*M0J\*F)+M3\*J\*M0J\*F  
 A23=M3\*KI  
 A24=-M4\*KJ  
 X3=(6-H0)\*A\*DENS\*G/KI  
 X4=(6-H0)\*A\*DENS\*G/KJ

DYNAMICS

DP1=DENS\*G\*(6-H1)  
 DP2=DENS\*G\*(6-H2)  
 LIN1=A11\*X1+A12\*X2+A13\*X3+A14\*X4  
 NLIN1=-M1\*D1I\*X1\*ABS(X1)+M2\*D1J\*X2\*ABS(X2)  
 DX1=LIN1+NLIN1+M1\*DP1\*A-M2\*DP2\*A  
 LIN2=A21\*X1+A22\*X2+A23\*X3+A24\*X4  
 NLIN2=M3\*D1I\*X1\*ABS(X1)-M4\*D1J\*X2\*ABS(X2)  
 DX2=LIN2+NLIN2+M4\*DP2\*A-M3\*DP1\*A  
 DX3=X1  
 DX4=X2  
 HI=-KI\*X3/A/DENS/G+6  
 HJ=-KJ\*X4/A/DENS/G+6

A:4.91E-4	"M**2
DENS:990	"KG/M**3
ODENS:800	"KG/M**3
PI:3.14	
ETA:0.5E-3	"KG/M/S
OETA:0.02	"KG/M/S
L0:35	"M
G:9.81	"M/S**2

H0:0

"M

28

I:1

A0I:4.9E-4

"M\*\*2

CX:2

LI:25

"M

MTI:0.5

"KG

GAMI:1

LKI:25E-3

"M

AKI:2.83E-5

"M\*\*2

KIT:2.9E4

"N/M

J:1

A0J:47E-4

"M\*\*2

CY:2

LJ:25

"M

MTJ:1

"KG

GAMJ:1

LKJ:30E-3

"M

AKJ:2.83E-5

"M\*\*2

KJT:1.E5

"N/M

END

CONNECTING SYSTEM CONN

29

TIME T

HAMP=E1[NOIS1]  
H1[PARA]=HAMP  
H2[PARA]=HAMP  
END



## CONTINUOUS SYSTEM TRANS

STATE X

DER DX

INITIAL

D1=G\*A0\*ODENS\*CX\*CX\*A0\*A0/AK/AK

D2=ALFA\*A0\*8.\*PI\*OETA\*LK/AK\*CX\*A0/AK

DYNAMICS

ROT=SQRT(D2\*D2/4/D1/D1+ABS(K\*X-P\*A0)/D1)

DX=IF (K\*X-P\*A0) &gt; 0.0 THEN D2/2/D1-ROT ELSE -D2/2/D1+ROT

XPLOT=X/P/A0\*K

G:1	"Olinjär dämpfaktor
ALFA:1	"Linjär dämpfaktor
CX:2	
PI:3.1416	
A0:47.E-4	"M**2 Effektiv area
AK:6.16E-6	"M**2 Oljekanalens area
LK:0.030	"M Oljekanalens längd
ODENS:800	"KG/M**3 Oljans densitet
OETA:0.02	"KG/M/S Oljans viskositet
K:4.7E4	"N/M Fjäderkonstanten
P:0	"N/M**2 Tryckdifferens

END

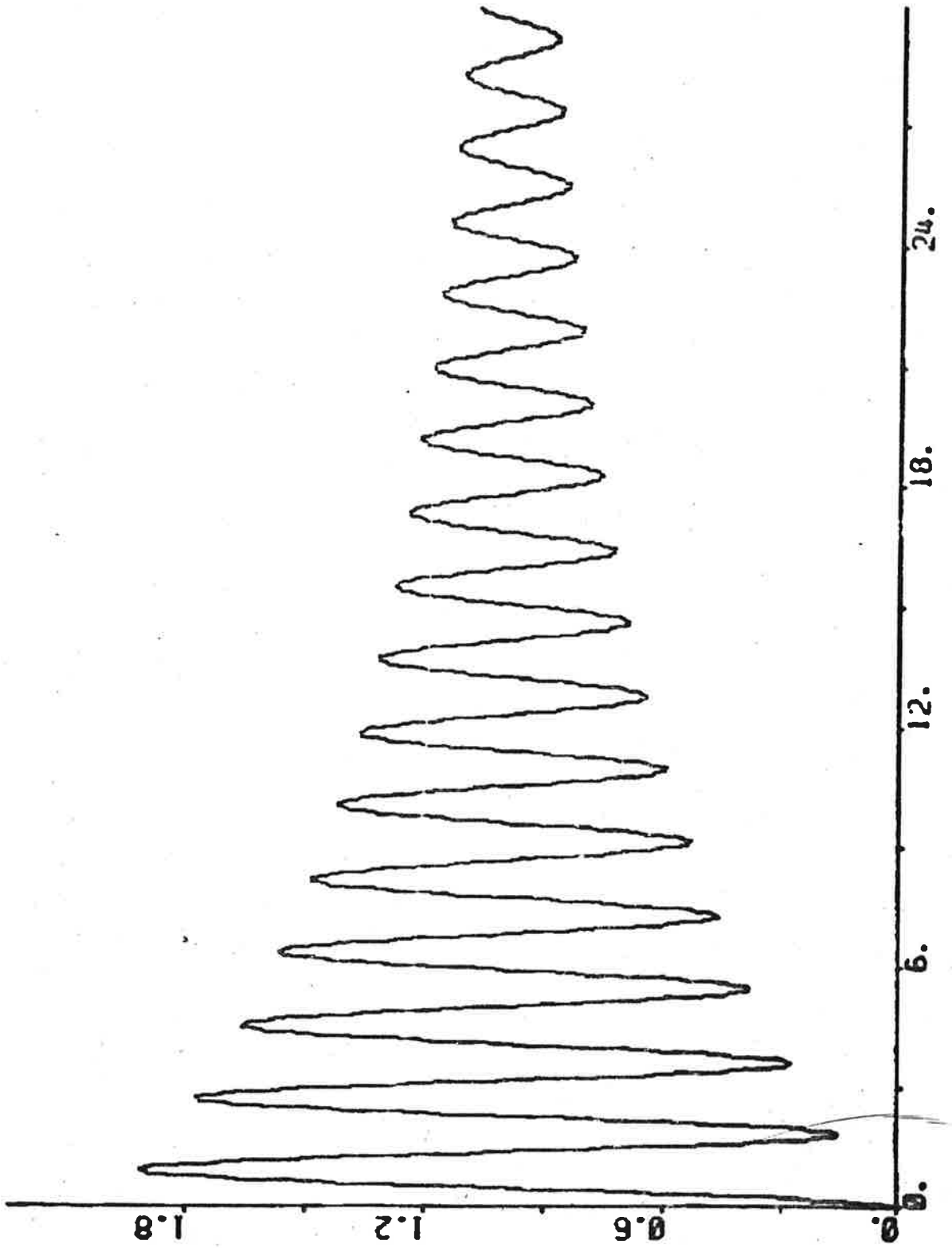
Appendix II.

Plotter över simuleringarna.

I samtliga plotter, utom 27 och 28, visas den mätta höjden, nivån, i meter som funktion av tiden i sekunder. Plot 27 och 28 visar stegsvaren för enbart transmittern vid två olika differenstryck och olika inskrivningar som funktion av tiden i sekunder.

PLOT 1

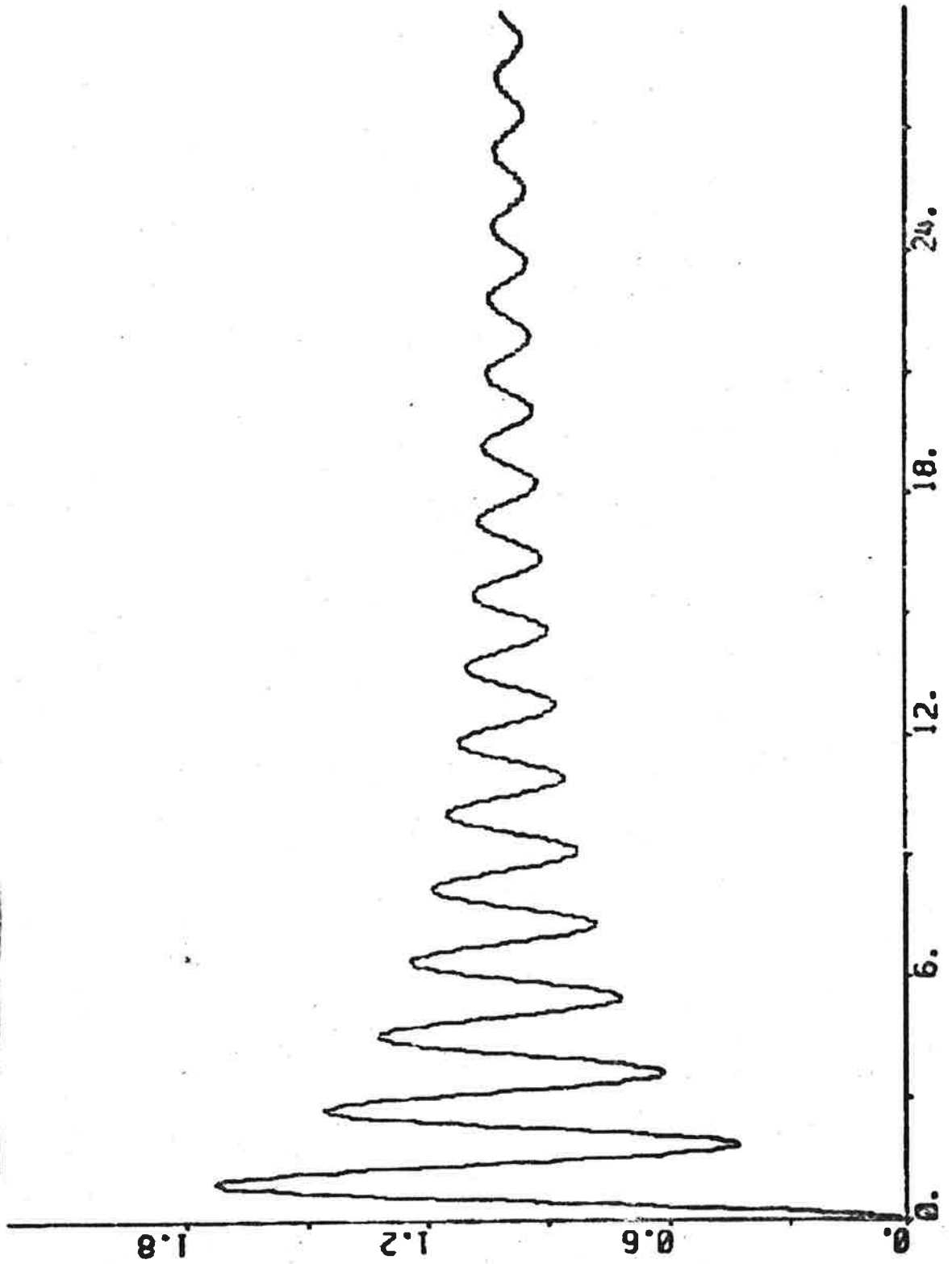
PLOT HI HJ  
CANJ.1. CANJ.1.



PLOT 2

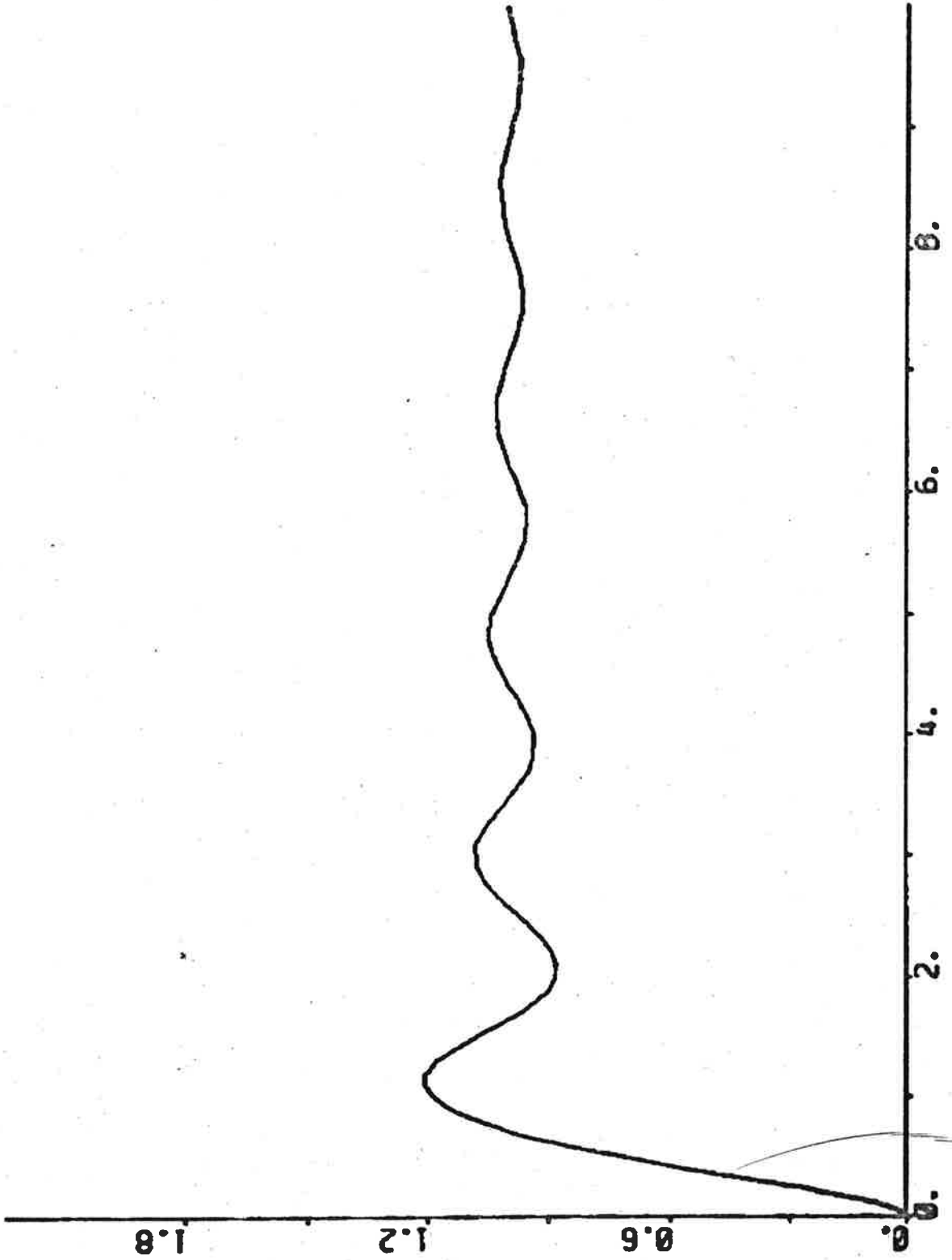
**PLOT HI HJ**

GAMI=10. GAMJ=10.



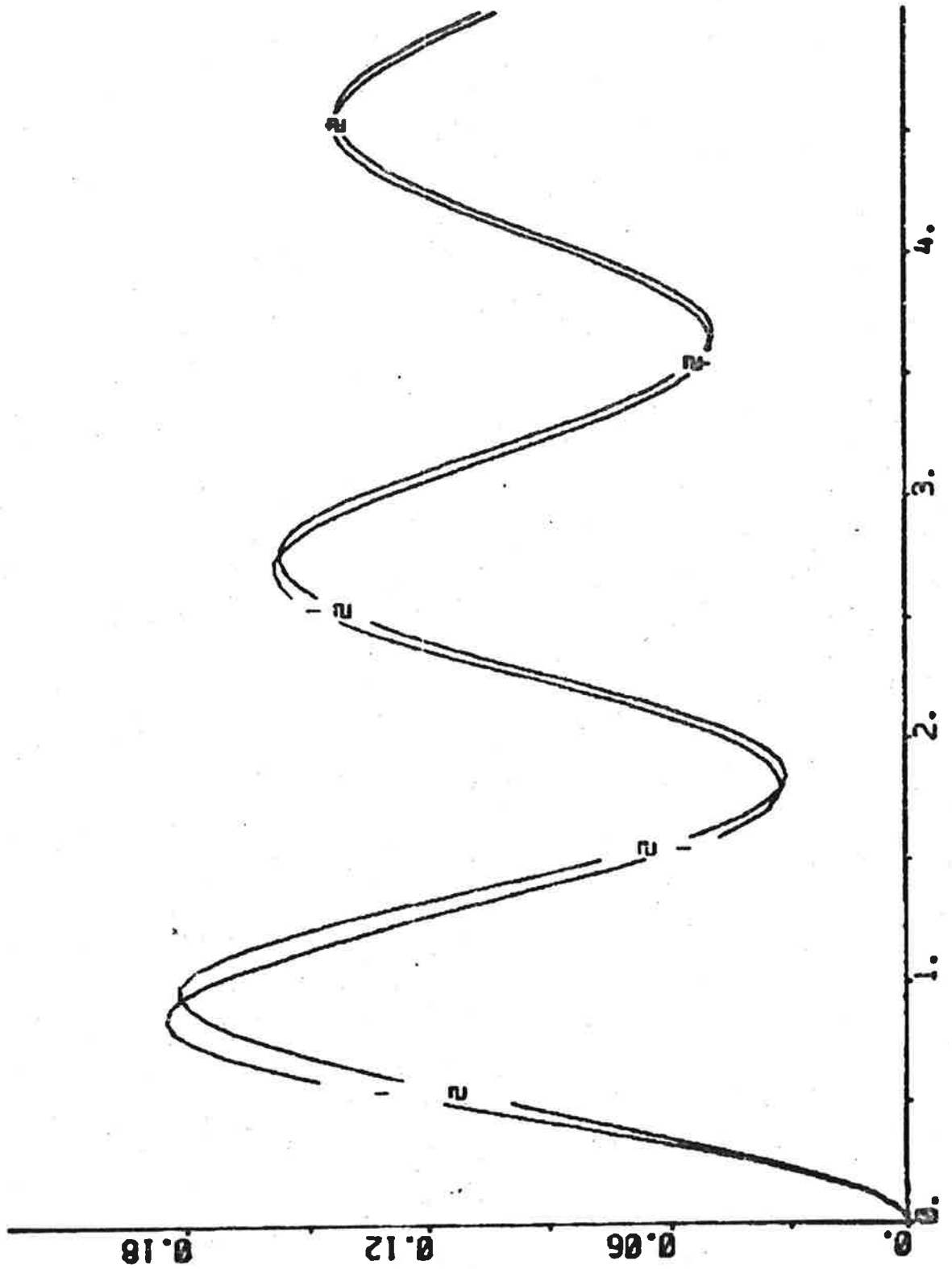
PLOT 3

PLOT HI HJ  
CAMI=100. CAMJ=100.



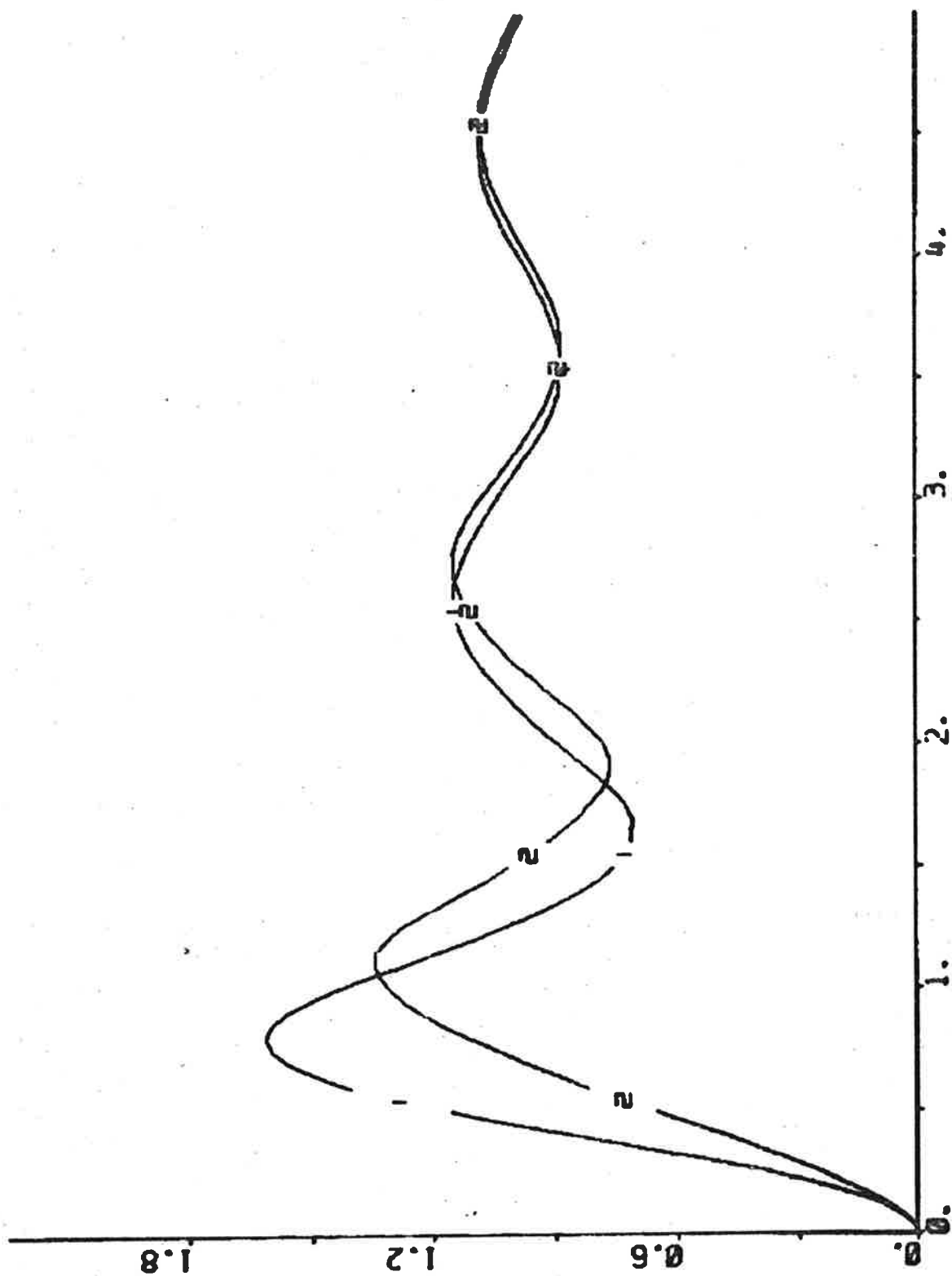
PLOT 4

PLOT HI HJ  
CANI=10. CANJ=100.



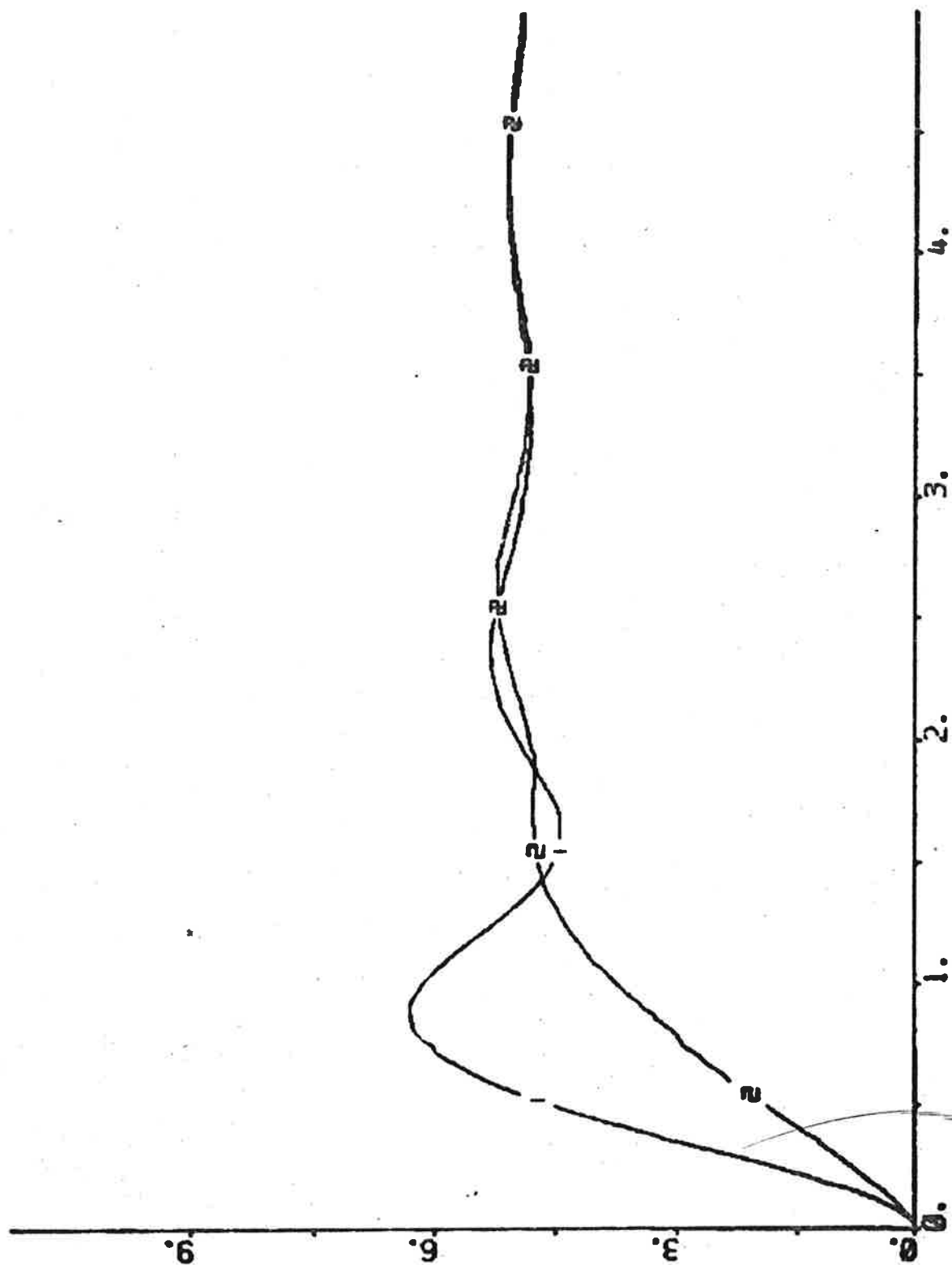
PLOT 5

PLOT HI HJ  
CAMI-10. CAMJ-100.



PLOT 6

PLOT HI HJ

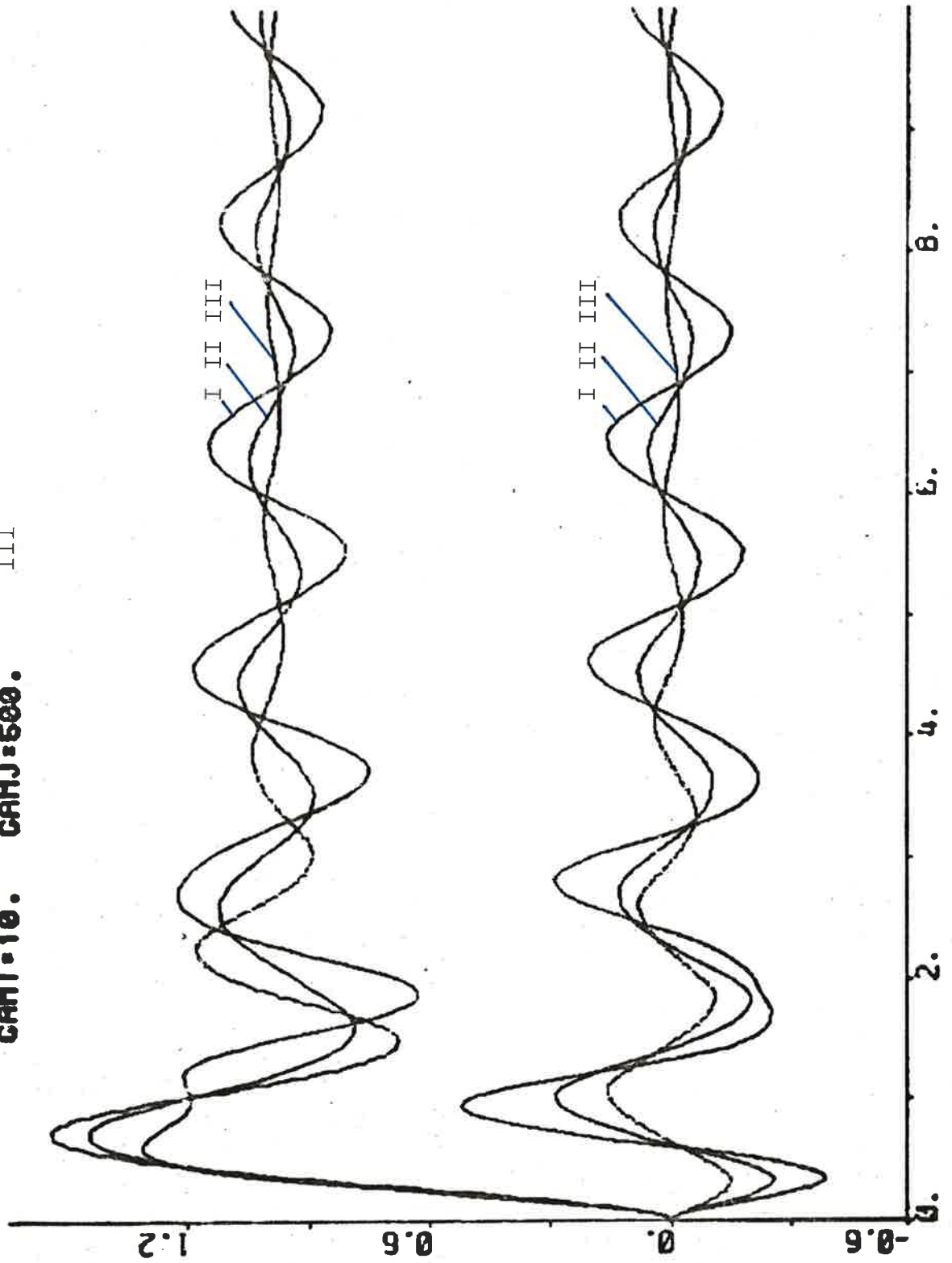




PLOT 8

PLOT HI HJ  
GAMJ:10. GAMJ:10.  
GAMJ:10. GAMJ:100.  
GAMJ:10. GAMJ:500.

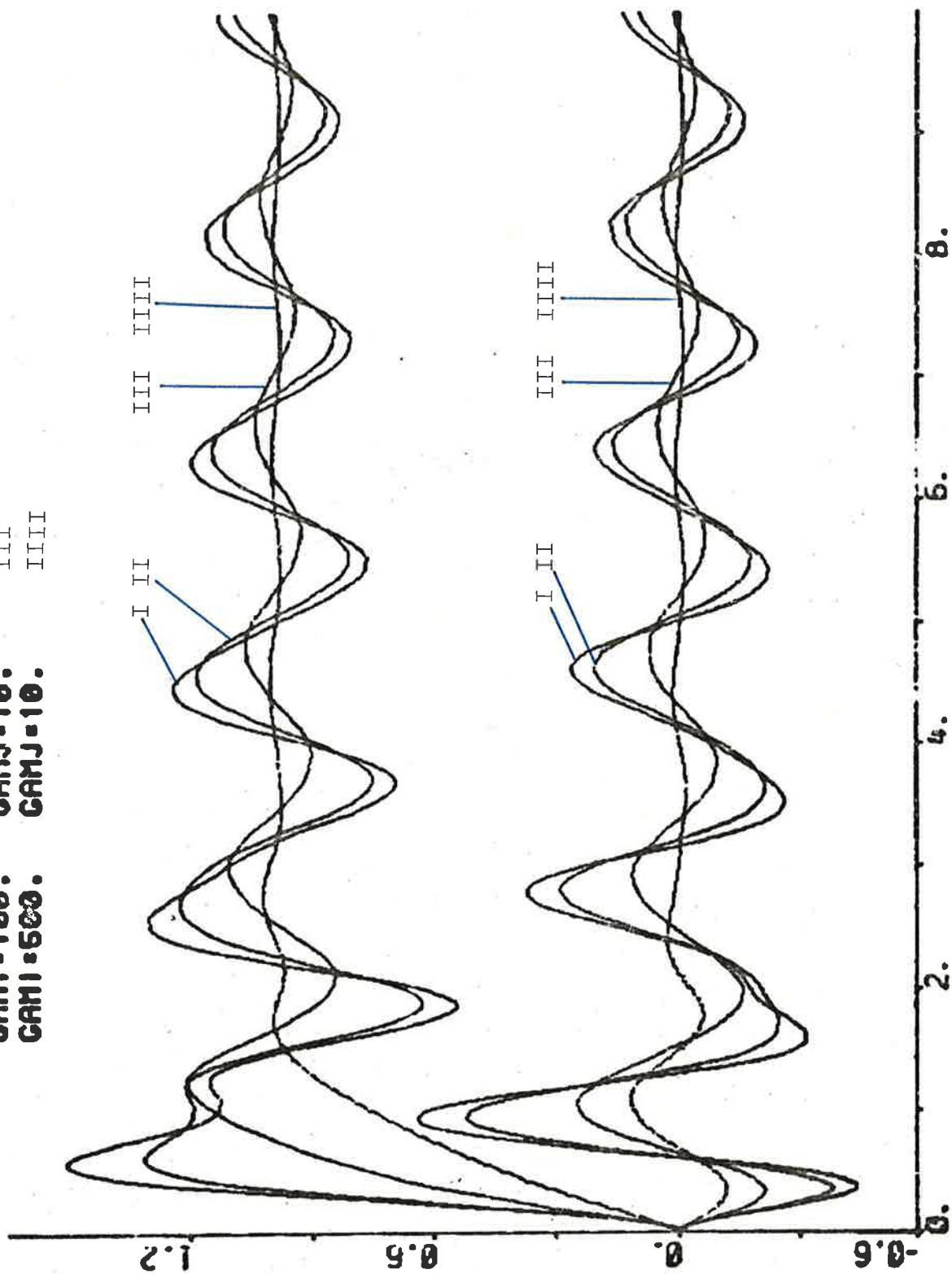
I  
II  
III



PLOT 9

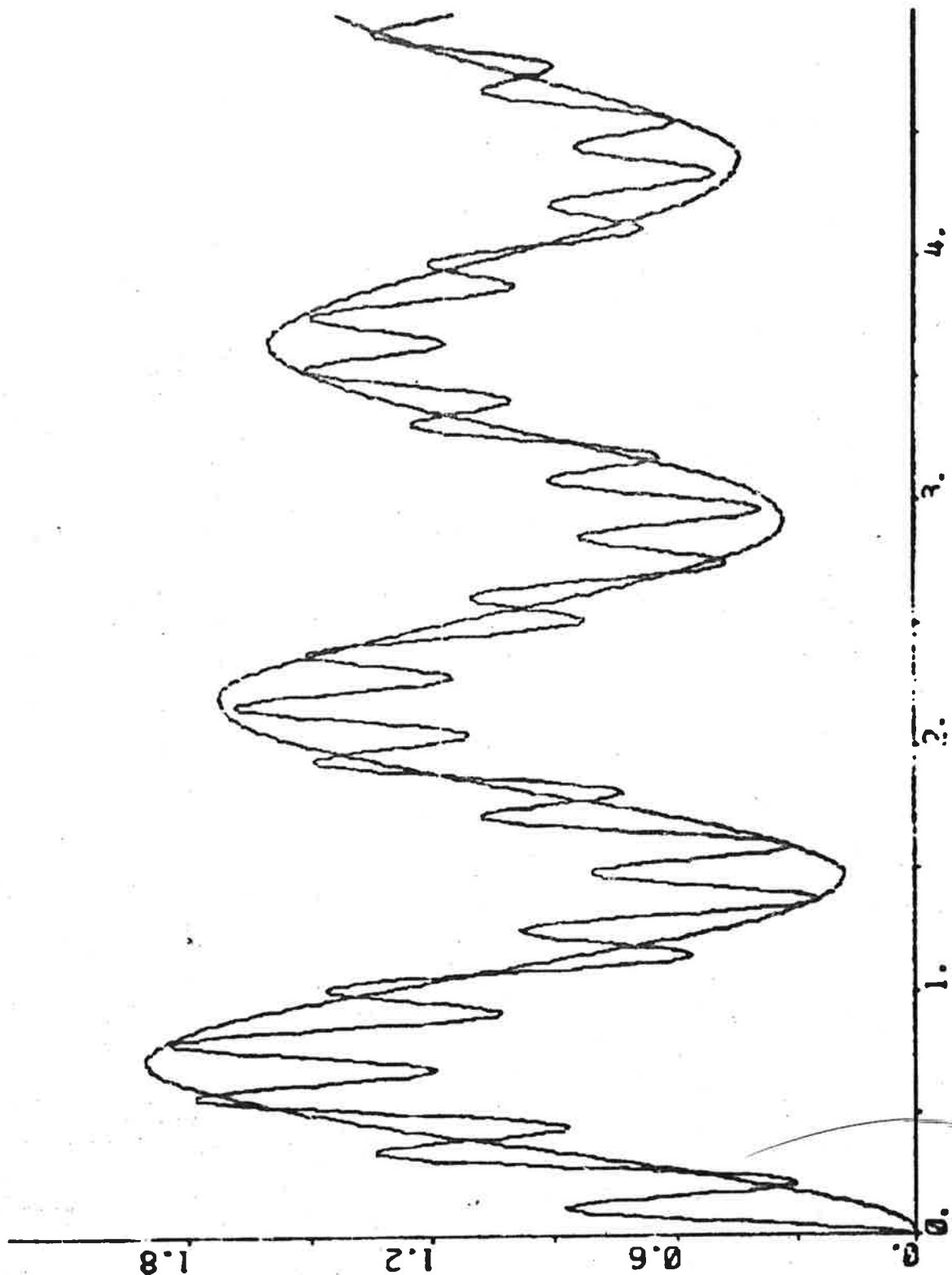
PLOT HI HJ  
GAMI=1. GAMJ=10.  
GAMI=10. GAMJ=10.  
GAMI=100. GAMJ=10.  
GAMI=500. GAMJ=10.

I  
II  
III  
IIII



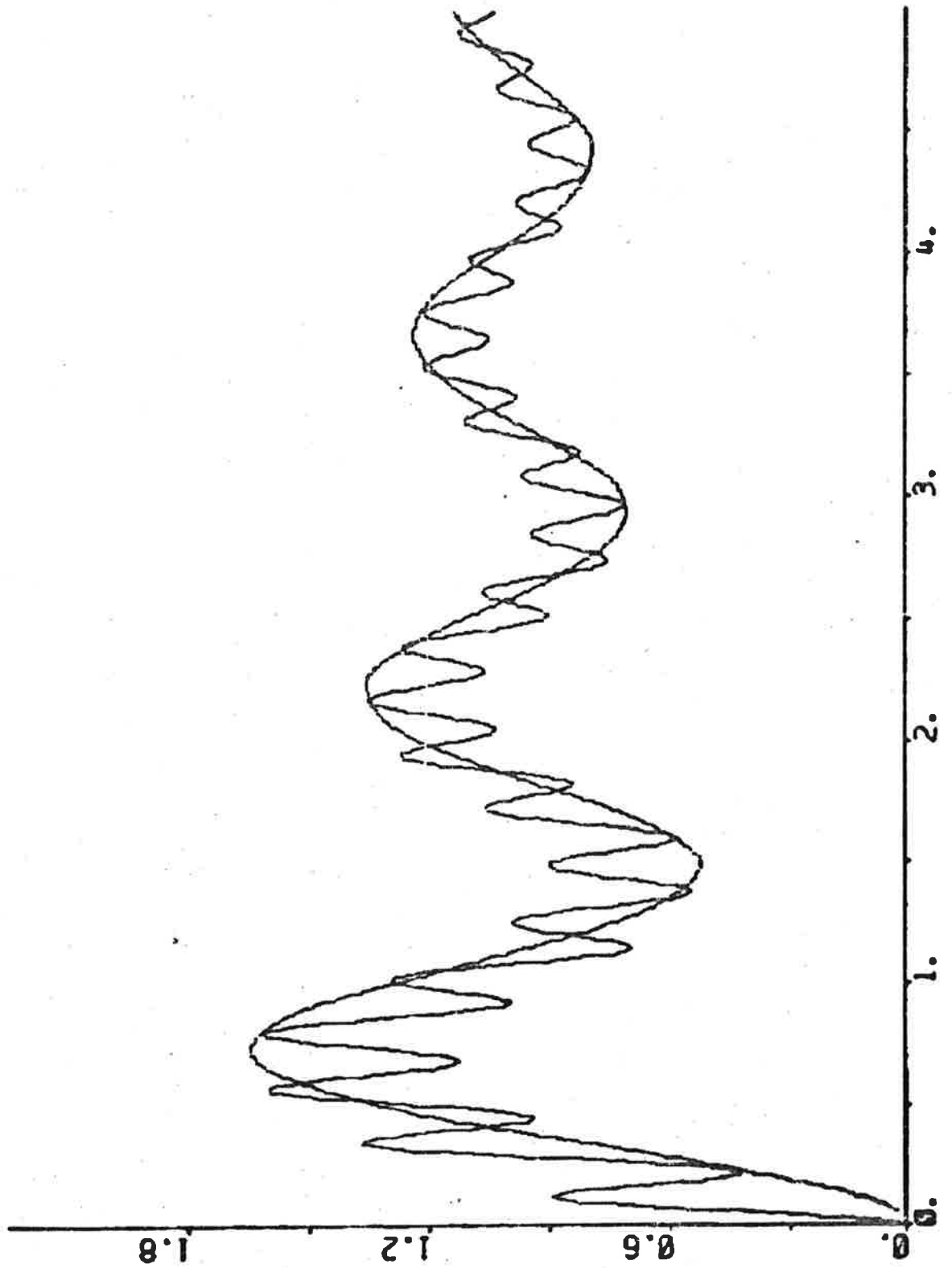
PLOT 10

PLOT HI HJ  
GAMI=1. GAMJ=1. KIT=2.9E4 KJT=1.E6



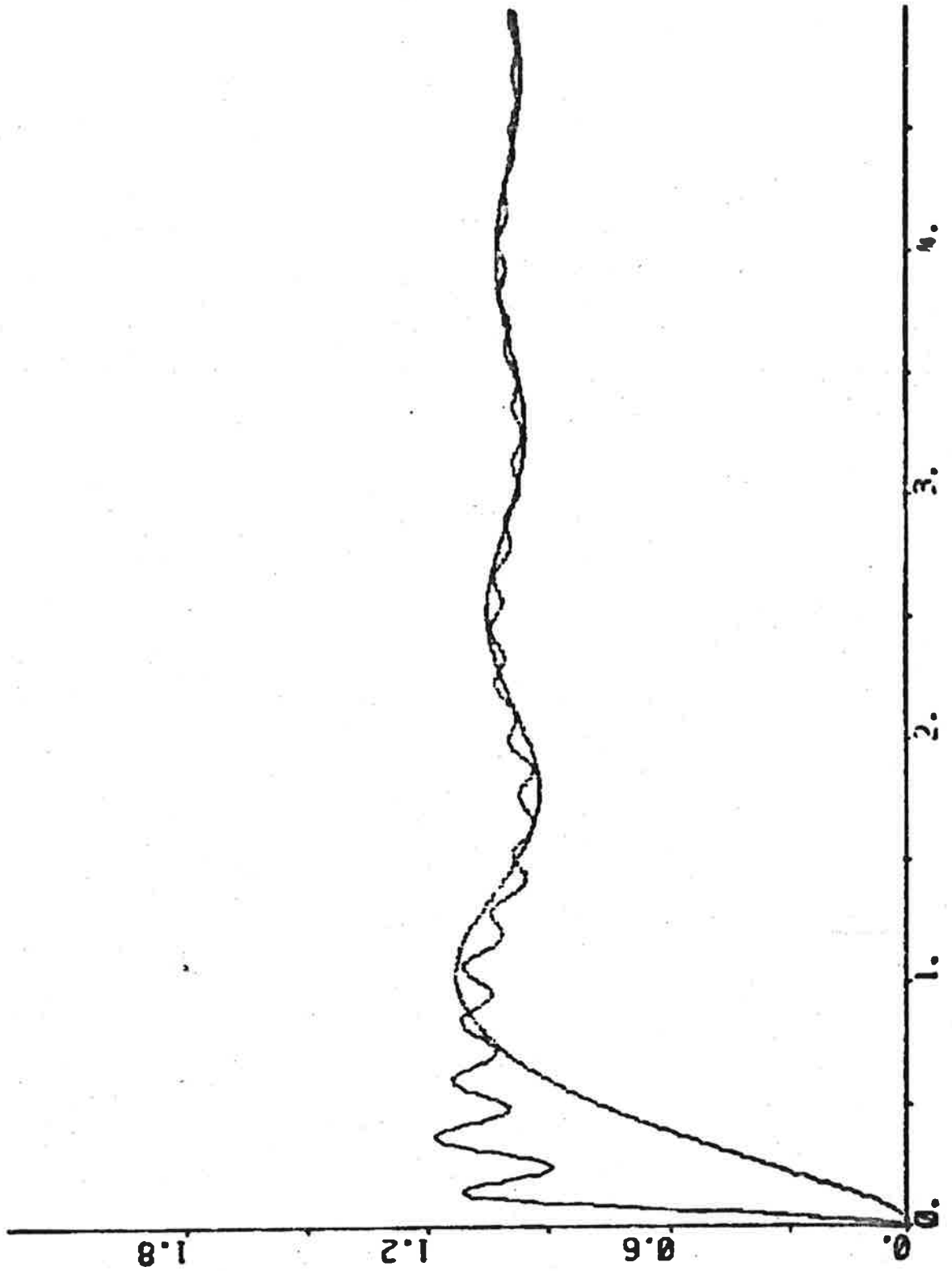
PLOT 11

PLOT HI HJ  
CAMI=1. CAMJ=10. KIT=2.8E4 KJT=1.E5



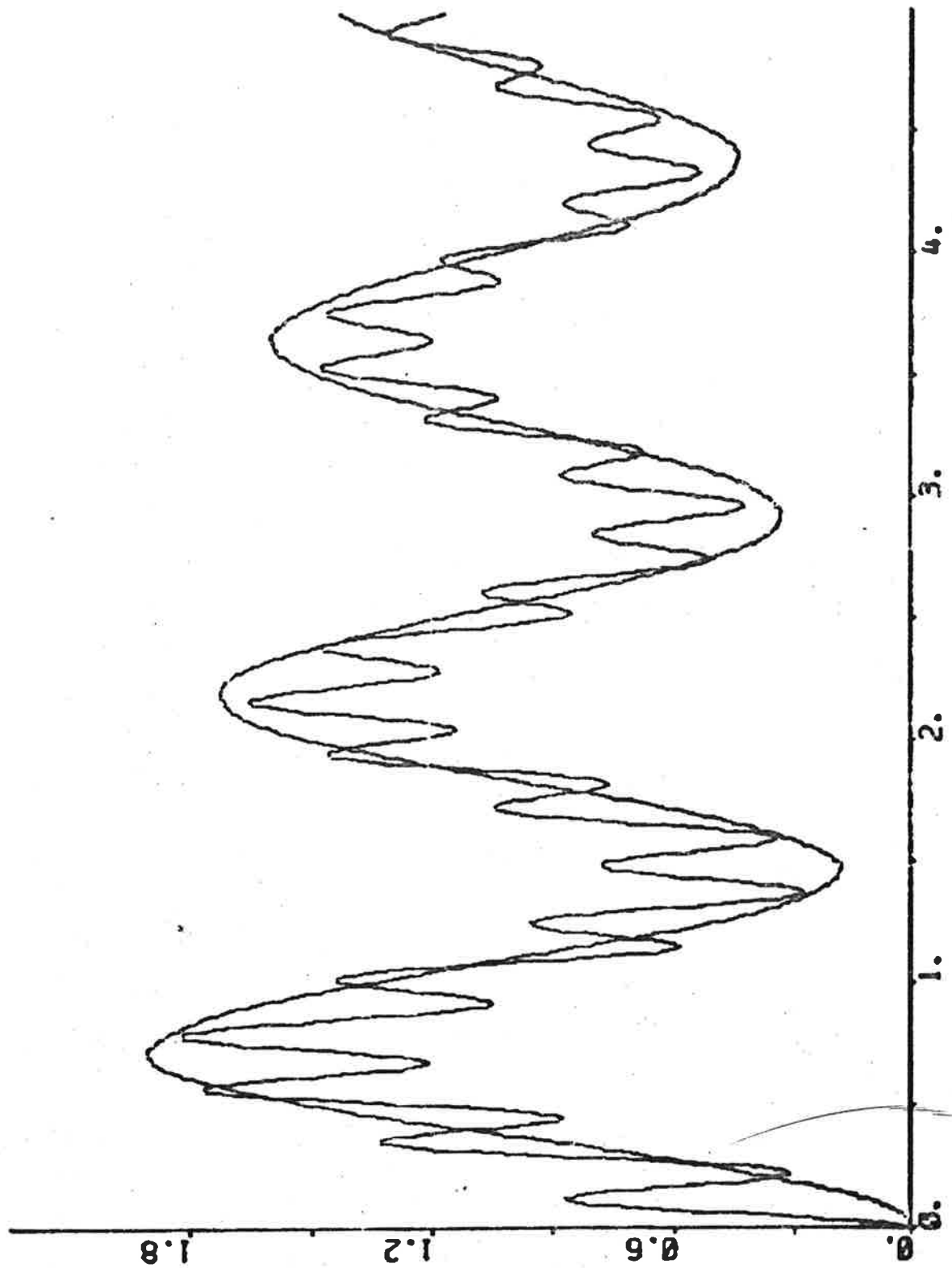
PLOT 12

PLOT HI HJ  
GAMI-1. GAMI-100. KIT-2.9E4 KJT-1.5E5



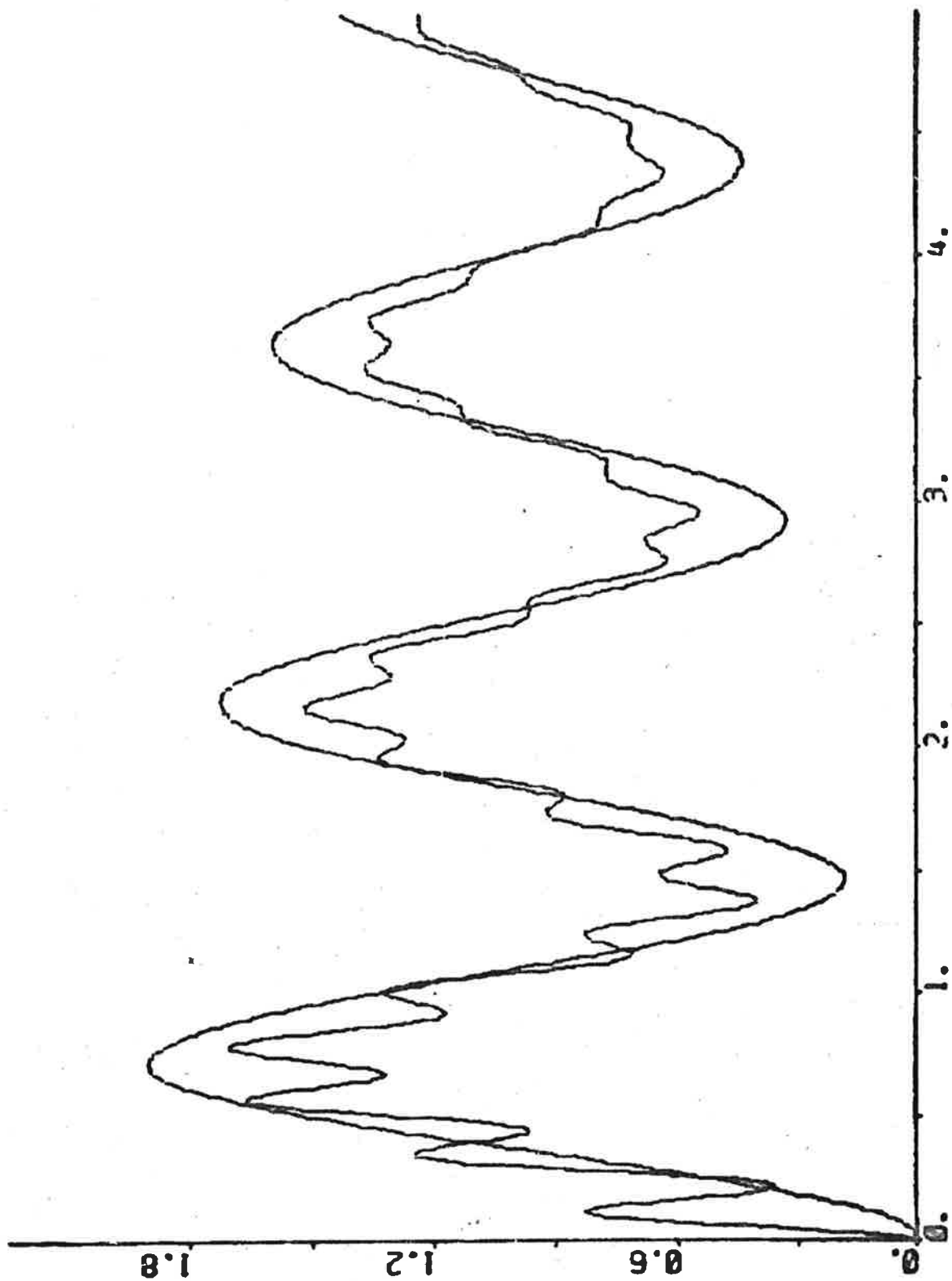
PLOT 13

PLOT HI HJ  
CAMI=10. CAMJ=1. KIT=2.8E4 KJT=1.6E



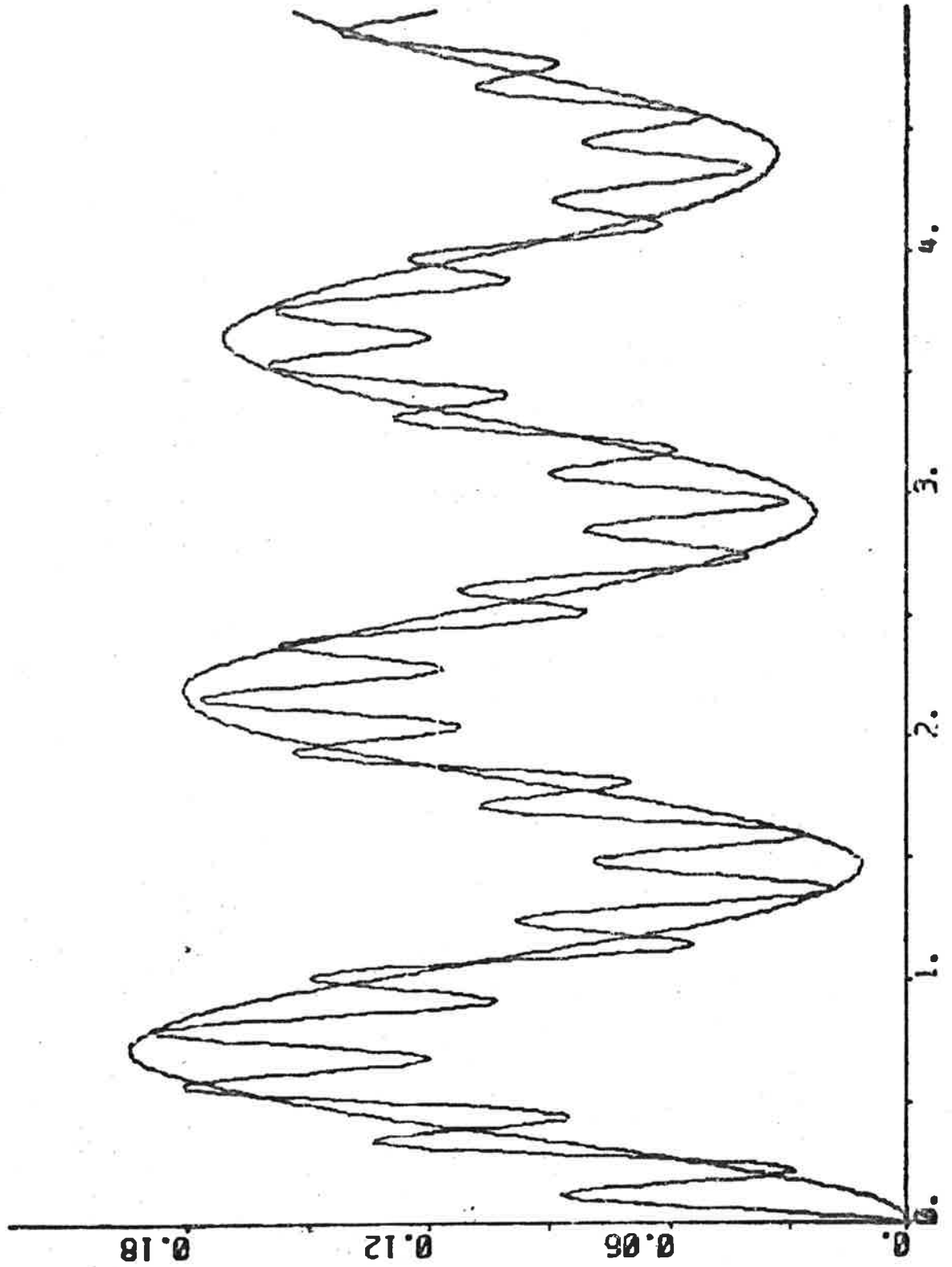
PLOT 14

PLOT HI HJ  
CAMI=100. CAMJ=1. KIT=2.9E4 KJT=1.6E5



PLOT 15

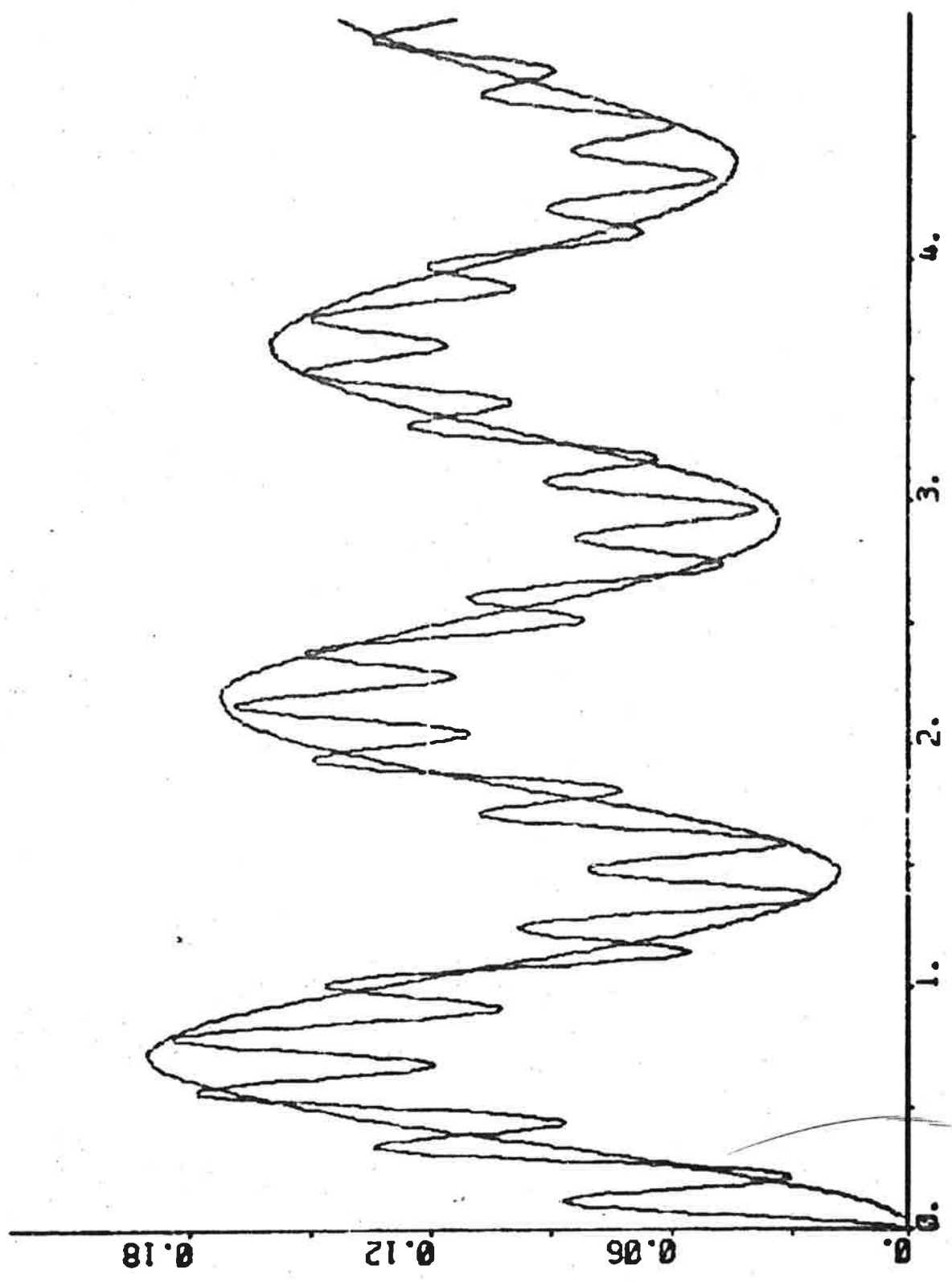
PLOT HI HJ  
GAMI=1. GAMJ=1. KIT=2.SE4 KJY=1.E6





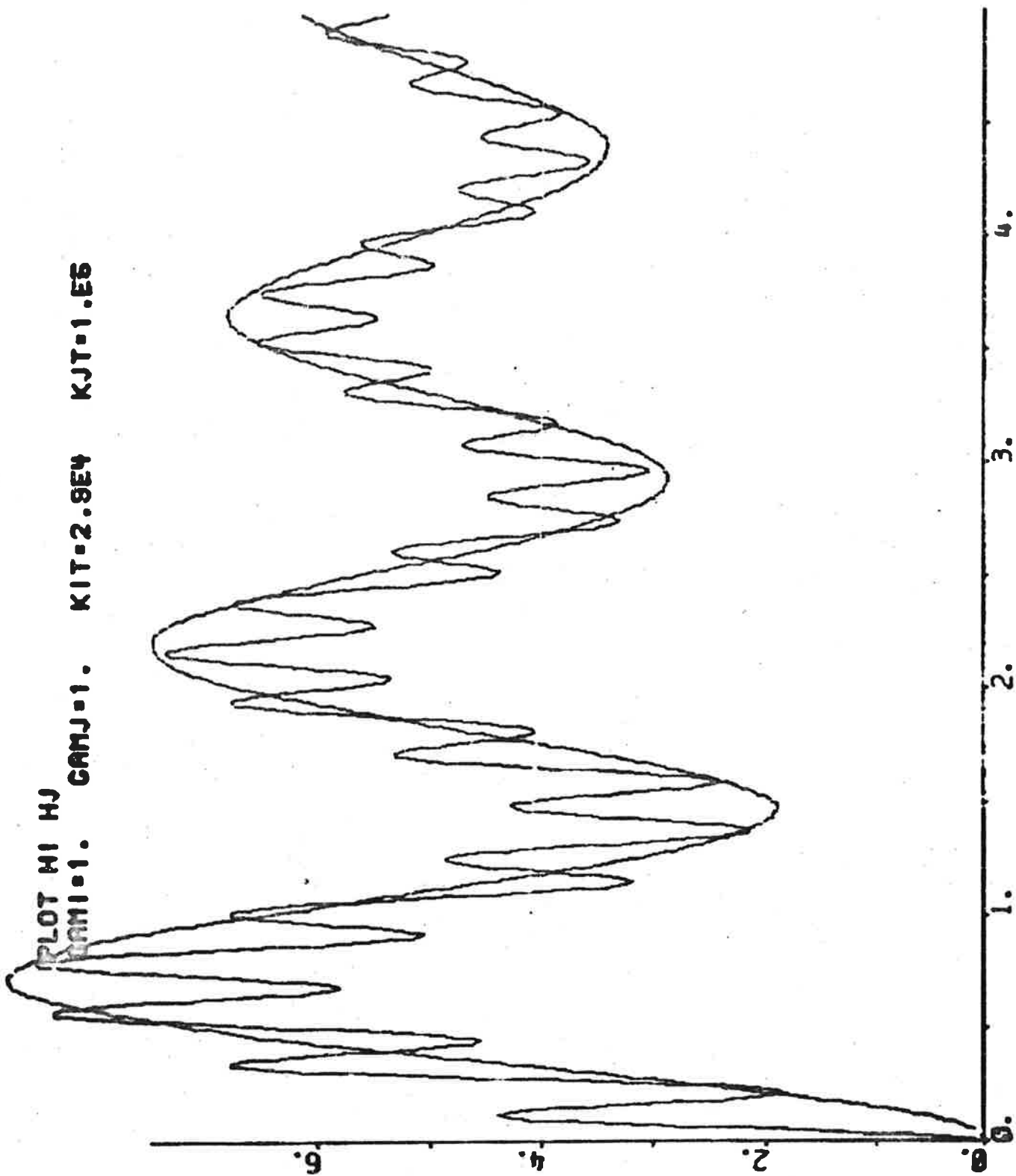
PLOT 16

PLOT HI HJ  
CAMI=1. CAMJ=10. KIT=2.9E4 KJT=1.E6



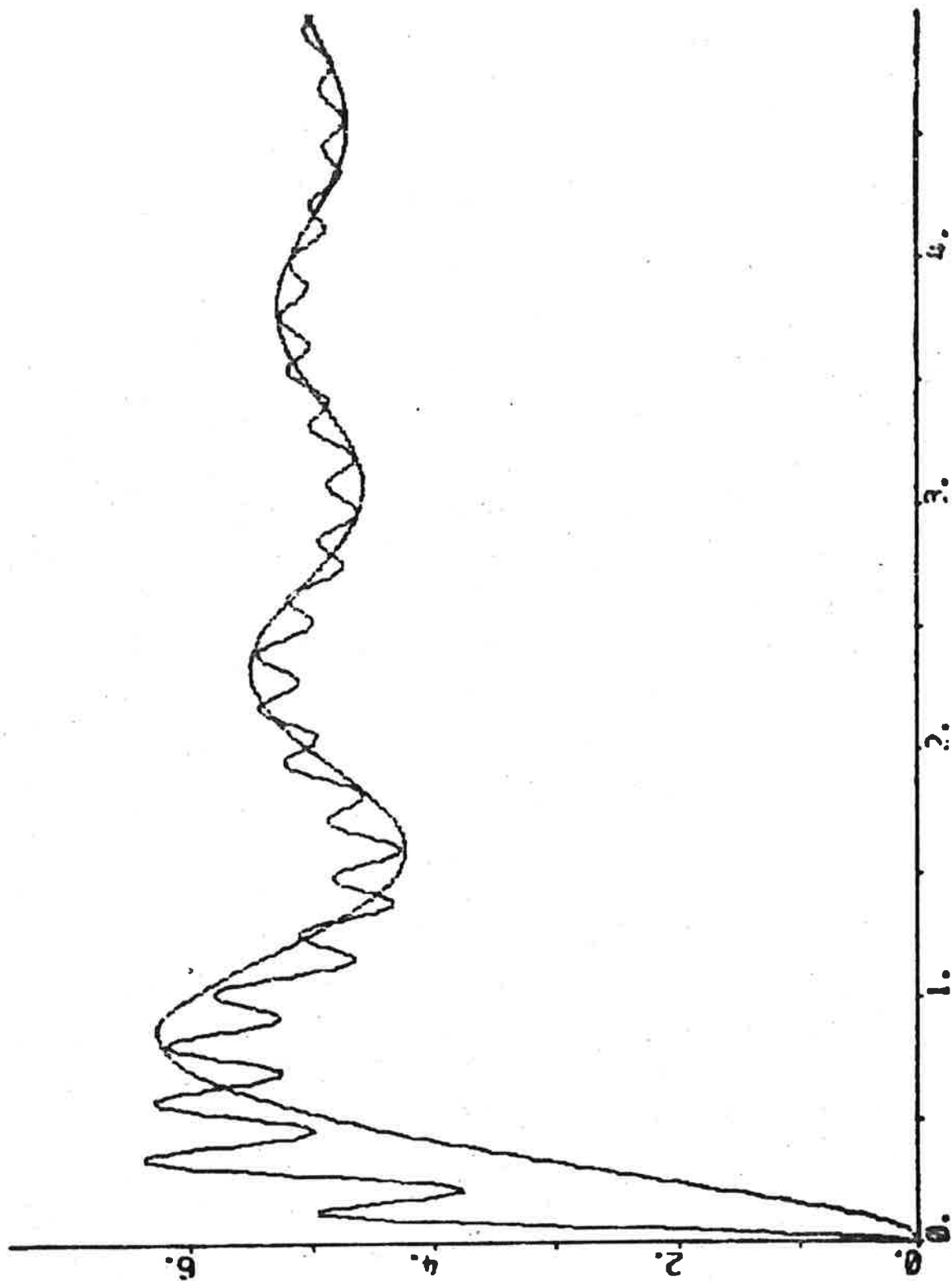
PLOT 17

PLOT HI HJ  
CANJ=1. KIT=2.8E4 KJT=1.E6



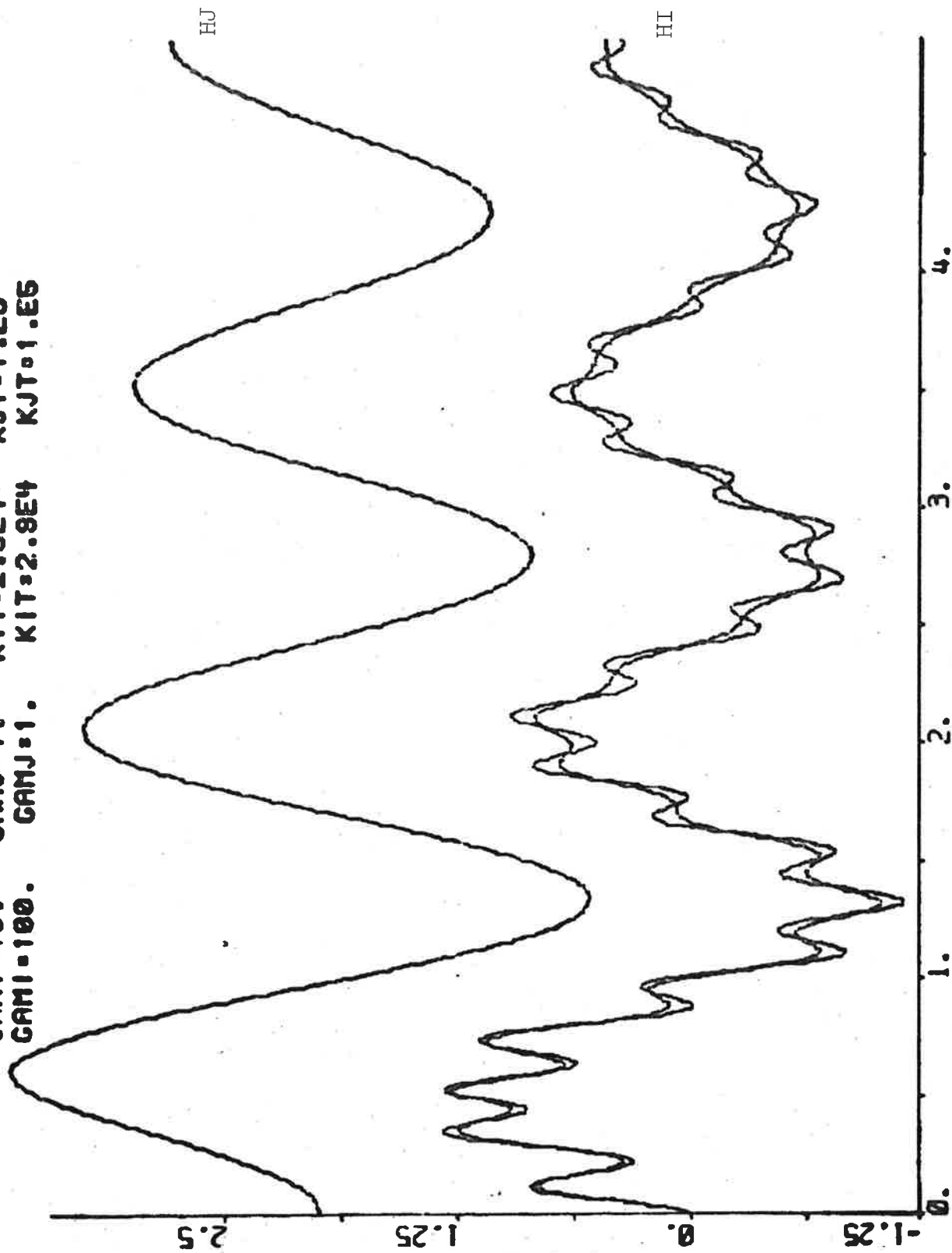
PLOT 18

PLOT HI HJ  
CAMI=1. CAMJ=10. KIT=2.9E4 KJT=1.E5



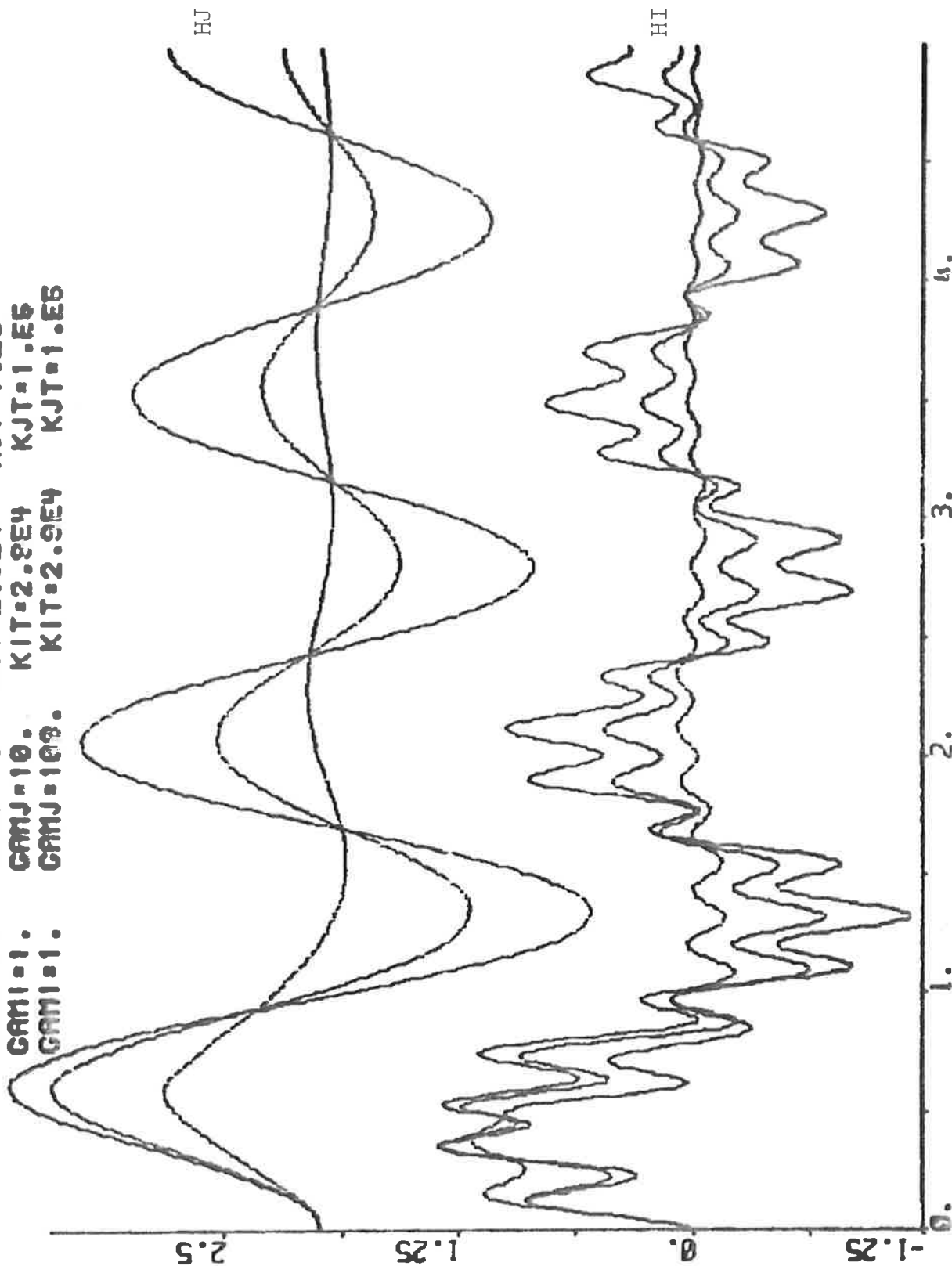
PLOT 19

PLOT HI HJ  
GAMI=10. GANJ=1. KIT=2.9E4 KJT=1.E6  
GAMI=100. GANJ=1. KIT=2.8E4 KJT=1.E6



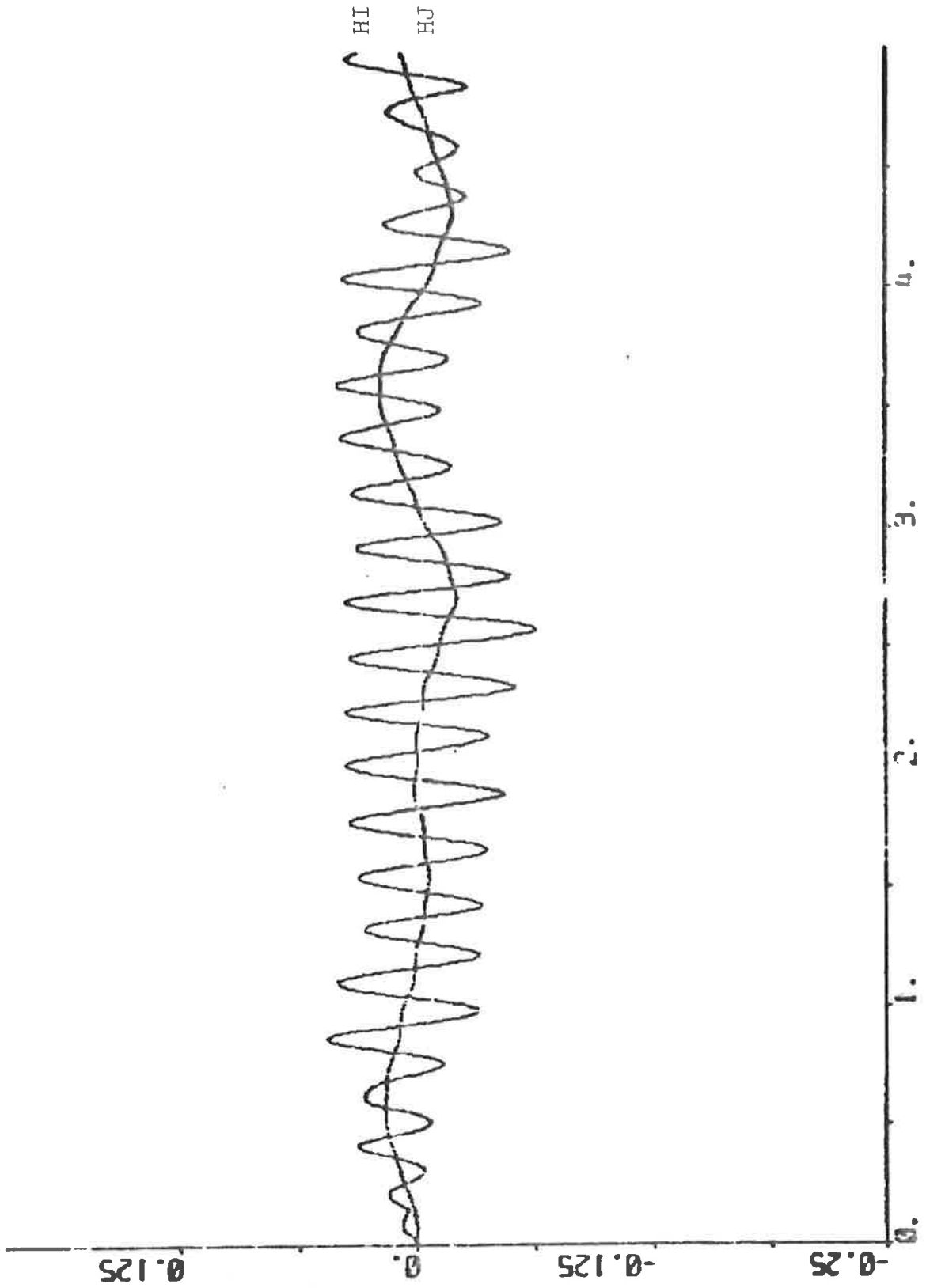
PLOT 20

PLOT HI HJ  
GAMI=1. GAMJ=1. KIT=2.9E4 KJT=1.E6  
GAMI=1. GAMJ=10. KIT=2.9E4 KJT=1.E6  
GAMI=1. GAMJ=100. KIT=2.9E4 KJT=1.E6



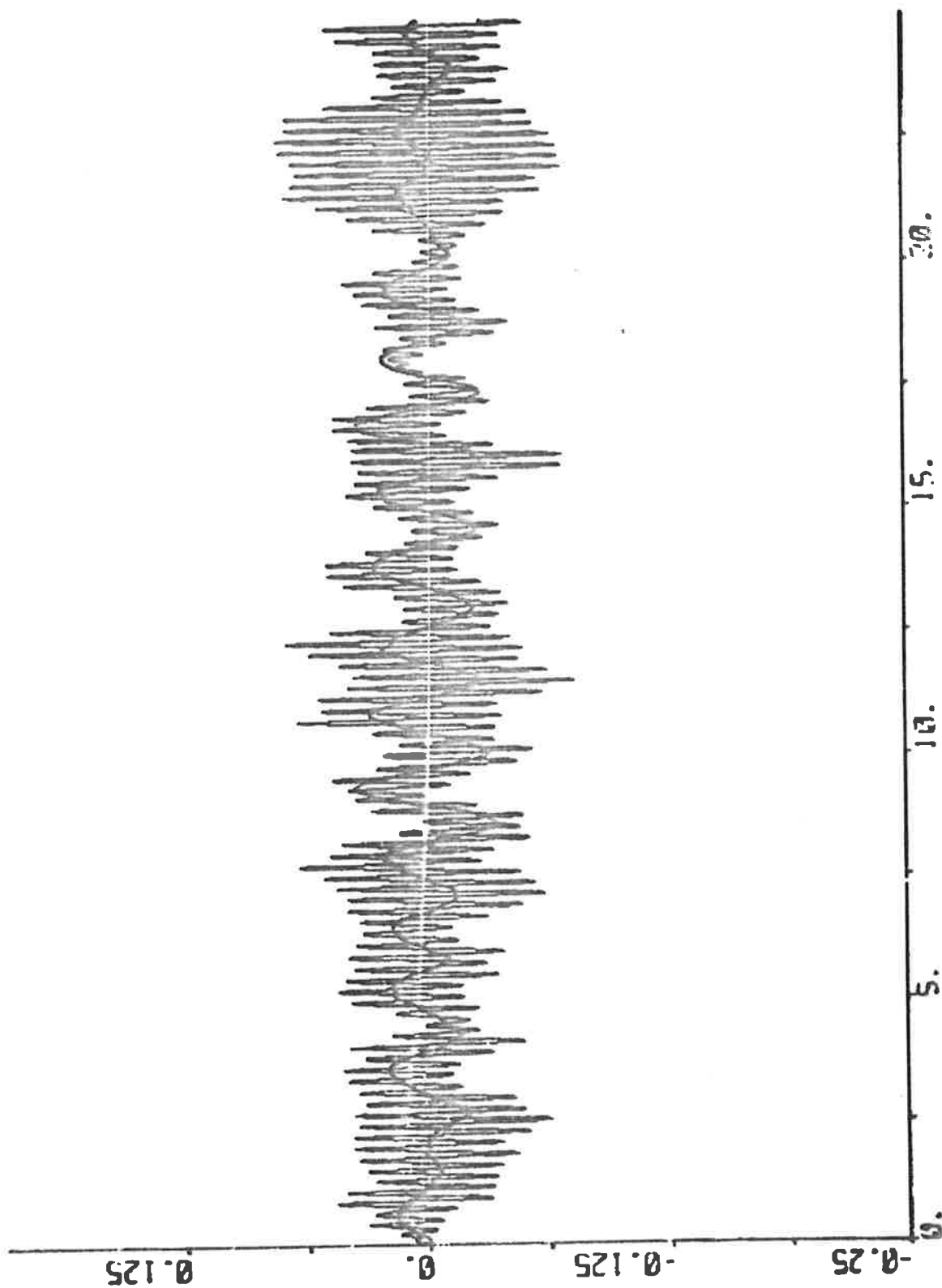
PLOT 21

PLOT HI HJ  
GAM1=1. GAMJ=1. KIT=2.9E4 KJT=1.6E  
R11=4.E-4



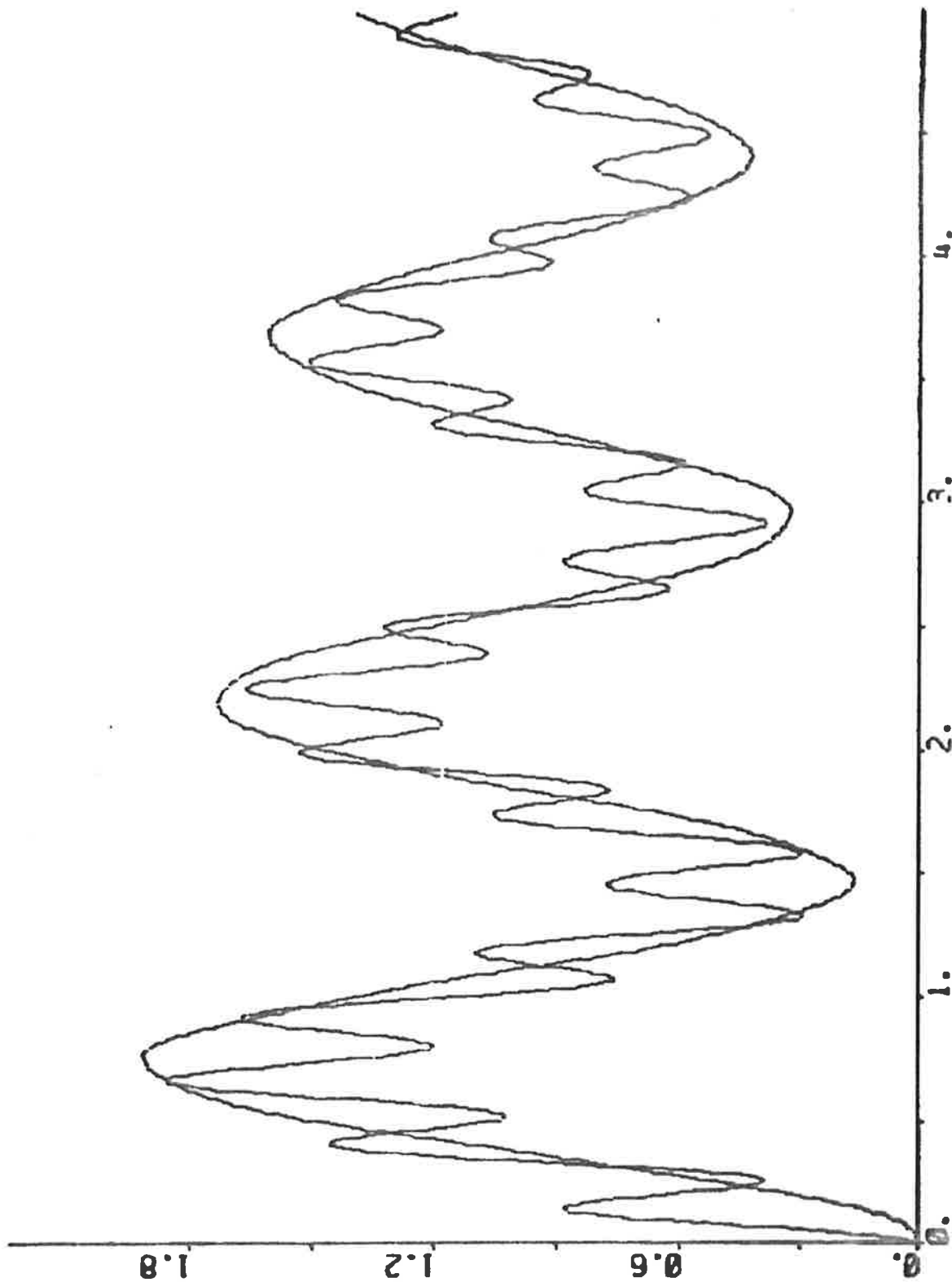
PLOT 22

PLOT HI HJ



PLOT 23

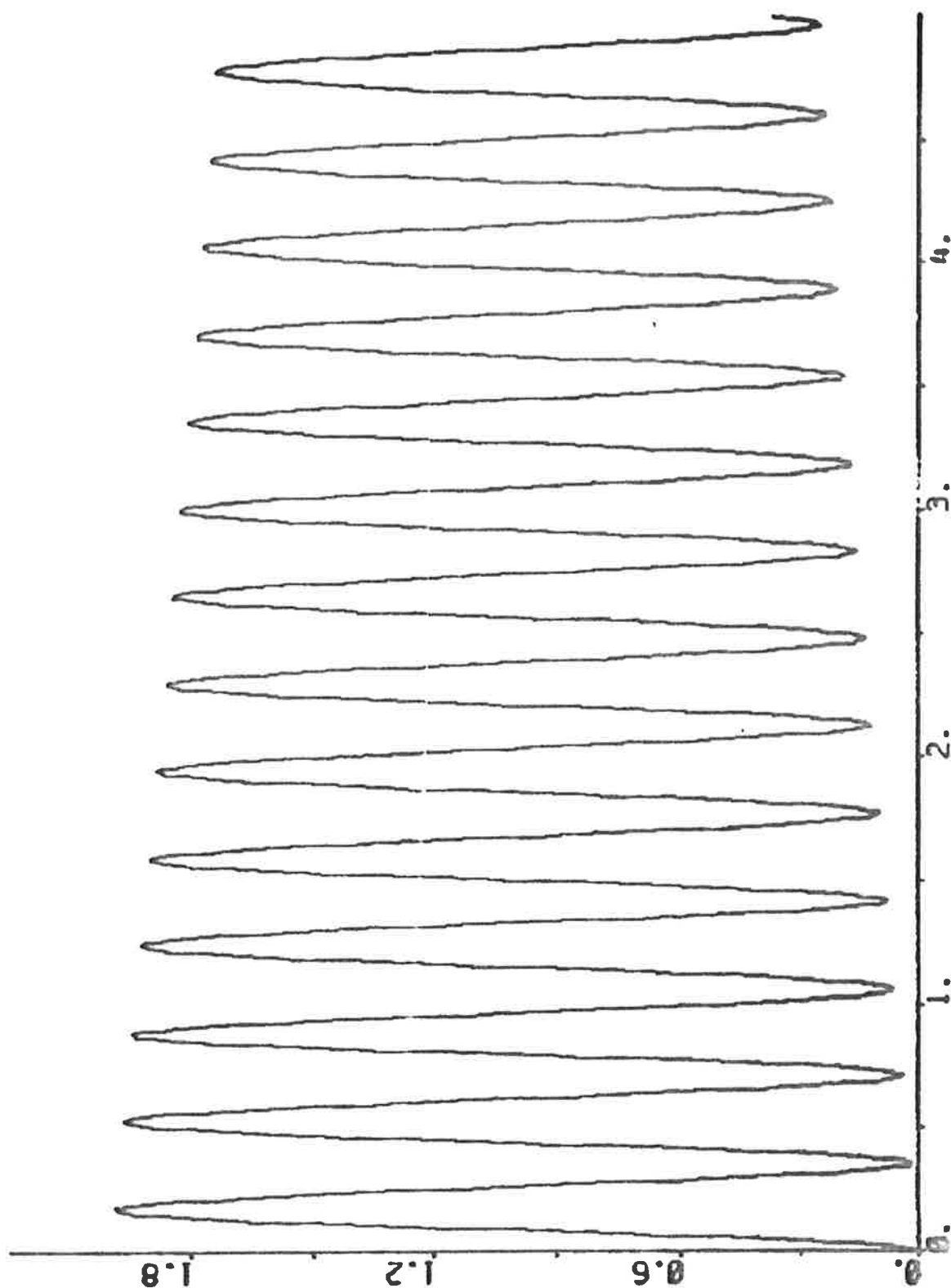
PLOT HI HJ  
GAMI=1. GANJ=1. KIT=2.8E4 KJT=1.E6  
I=2. J=1.





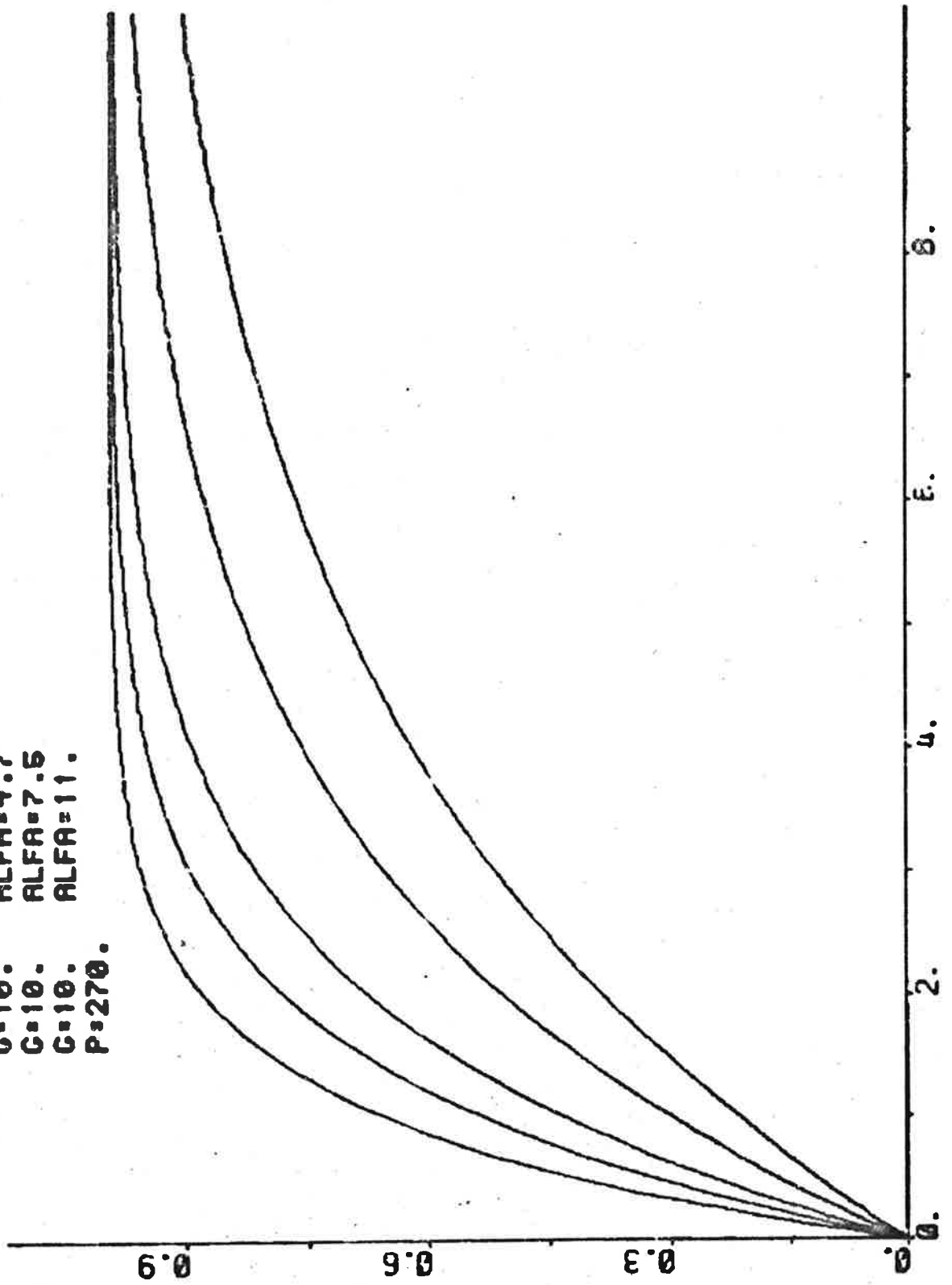
PLOT 24

PLOT HI HJ  
GAM1=1. GAMJ=1. KIT=2.8E4 KJT=2.8E4



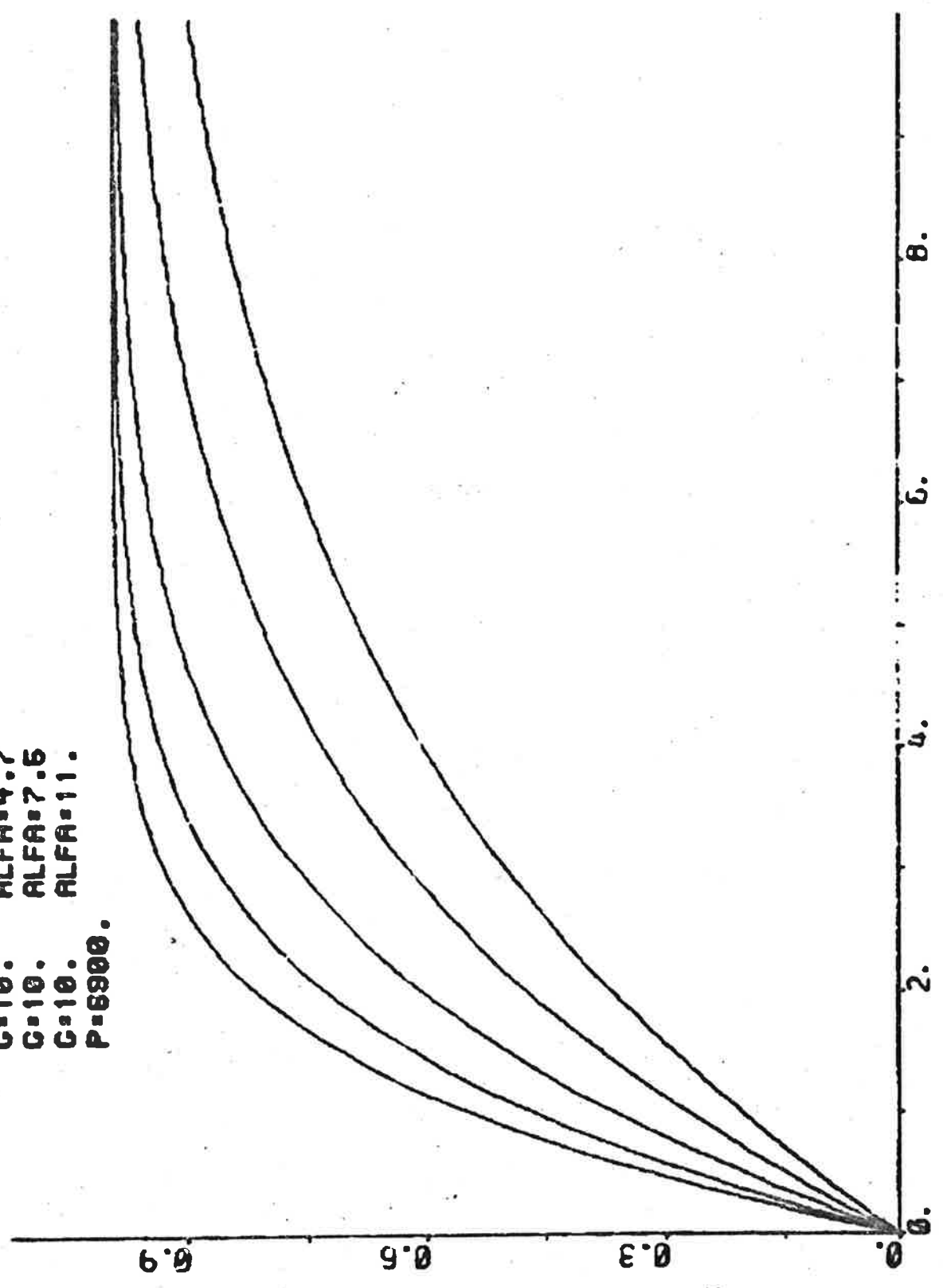
PLOT 27

PLOT XPLOT  
C:5. ALFA:2.5  
C:5. ALFA:3.5  
C:10. ALFA:4.7  
C:10. ALFA:7.5  
C:10. ALFA:11.  
P:270.



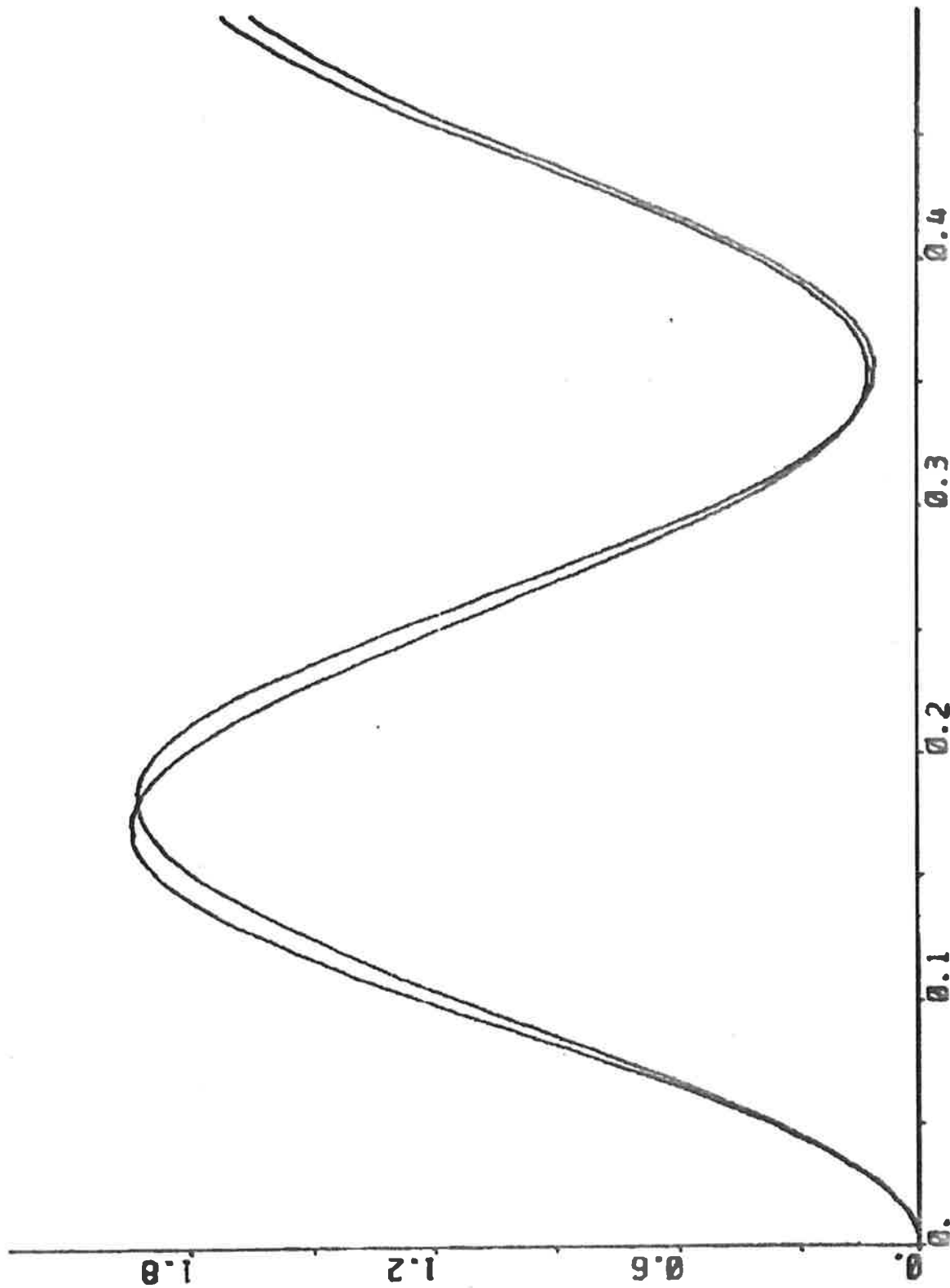
PLOT 28

PLOT XPLOT  
C=5. ALFA=2.5  
C=5. ALFA=3.5  
C=10. ALFA=4.7  
C=10. ALFA=7.5  
C=10. ALFA=11.  
P=6800.



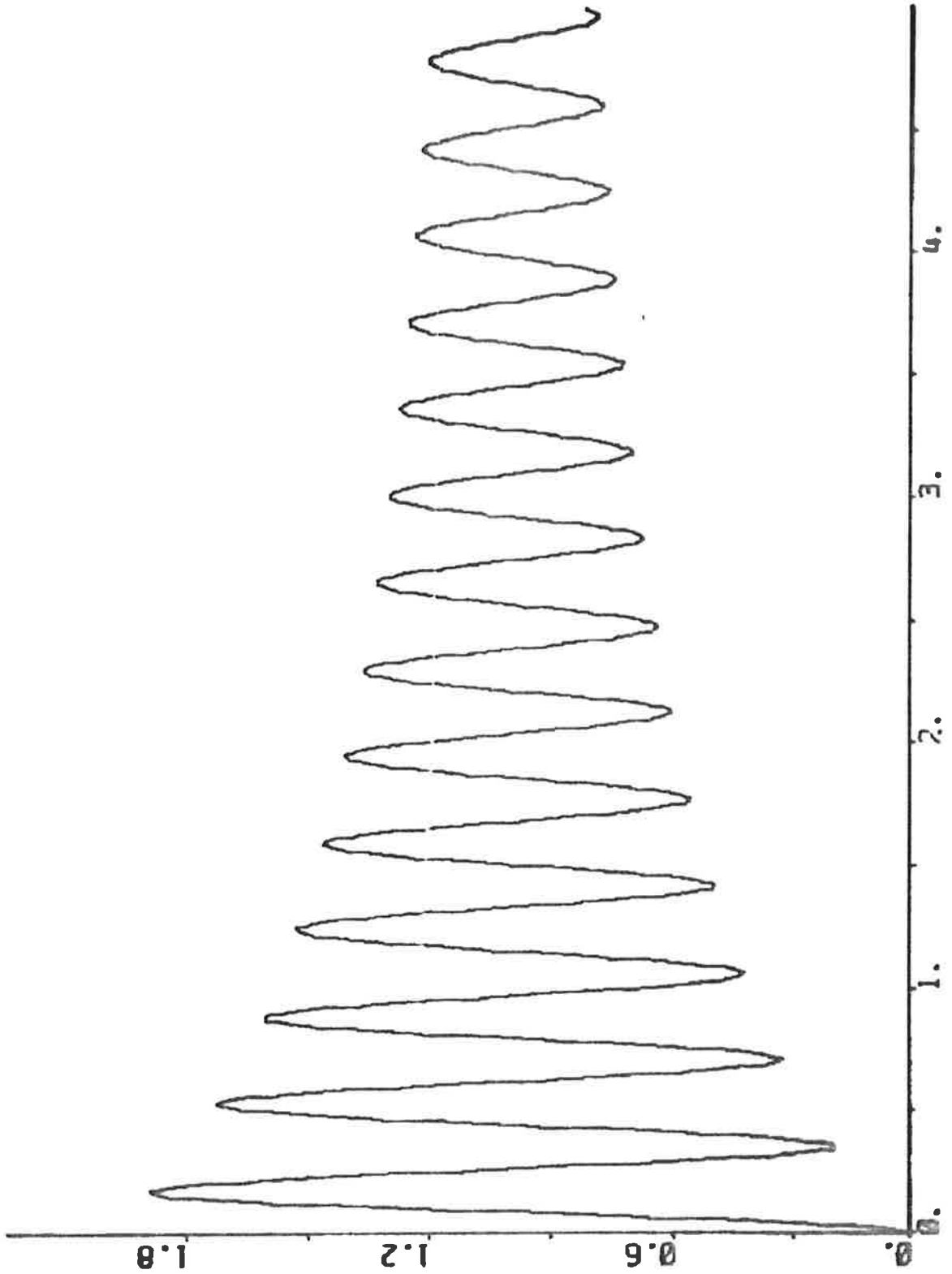
PLOT 26

PLOT HI HJ  
GAMI=1. GAMJ=100. KIT=2.8E4 KJT=2.9E4



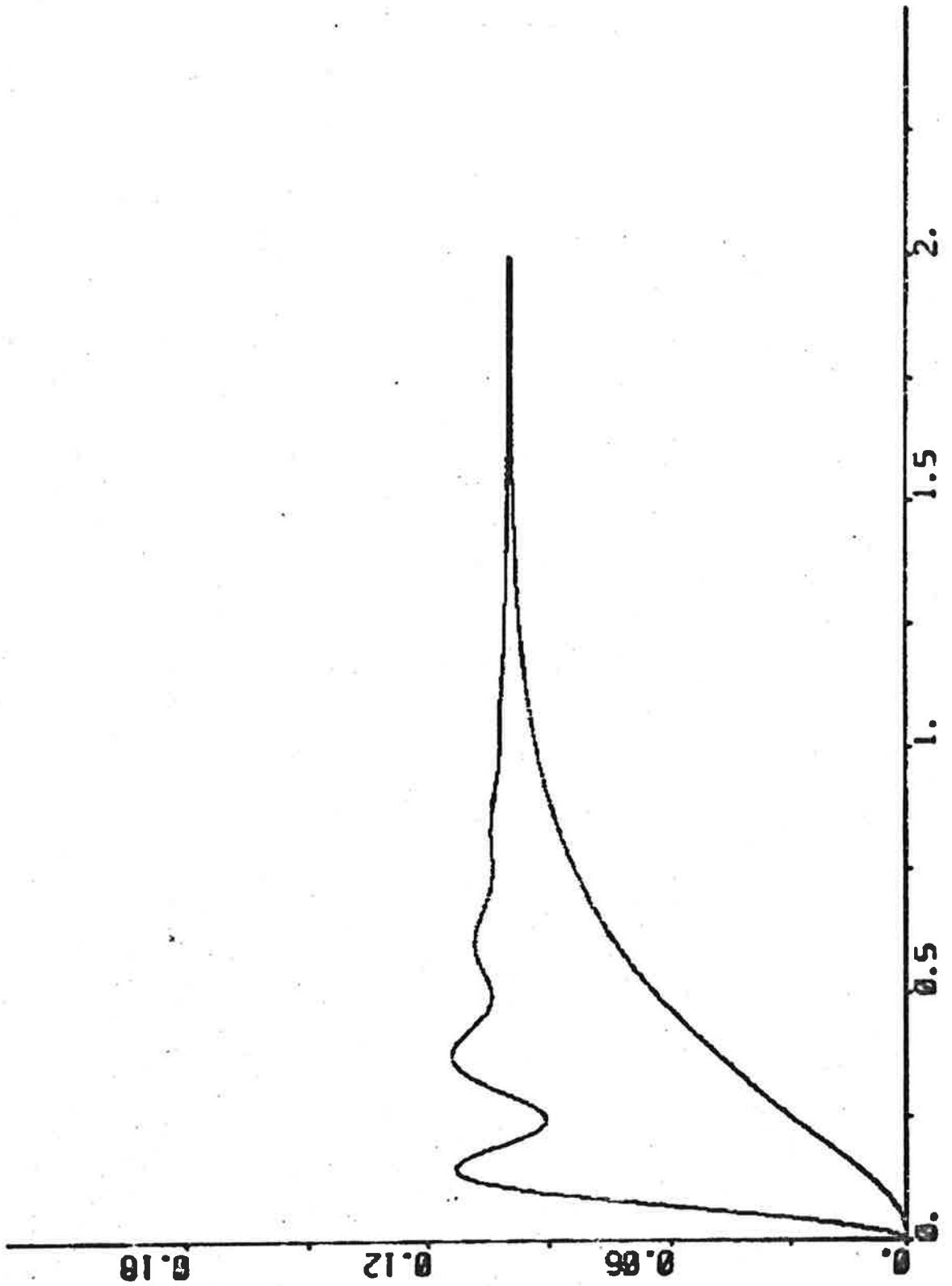
PLOT 25

PLOT HI HJ  
GAMI=100. GNMJ=100. KIT=2.9E4 KJT=2.9E4



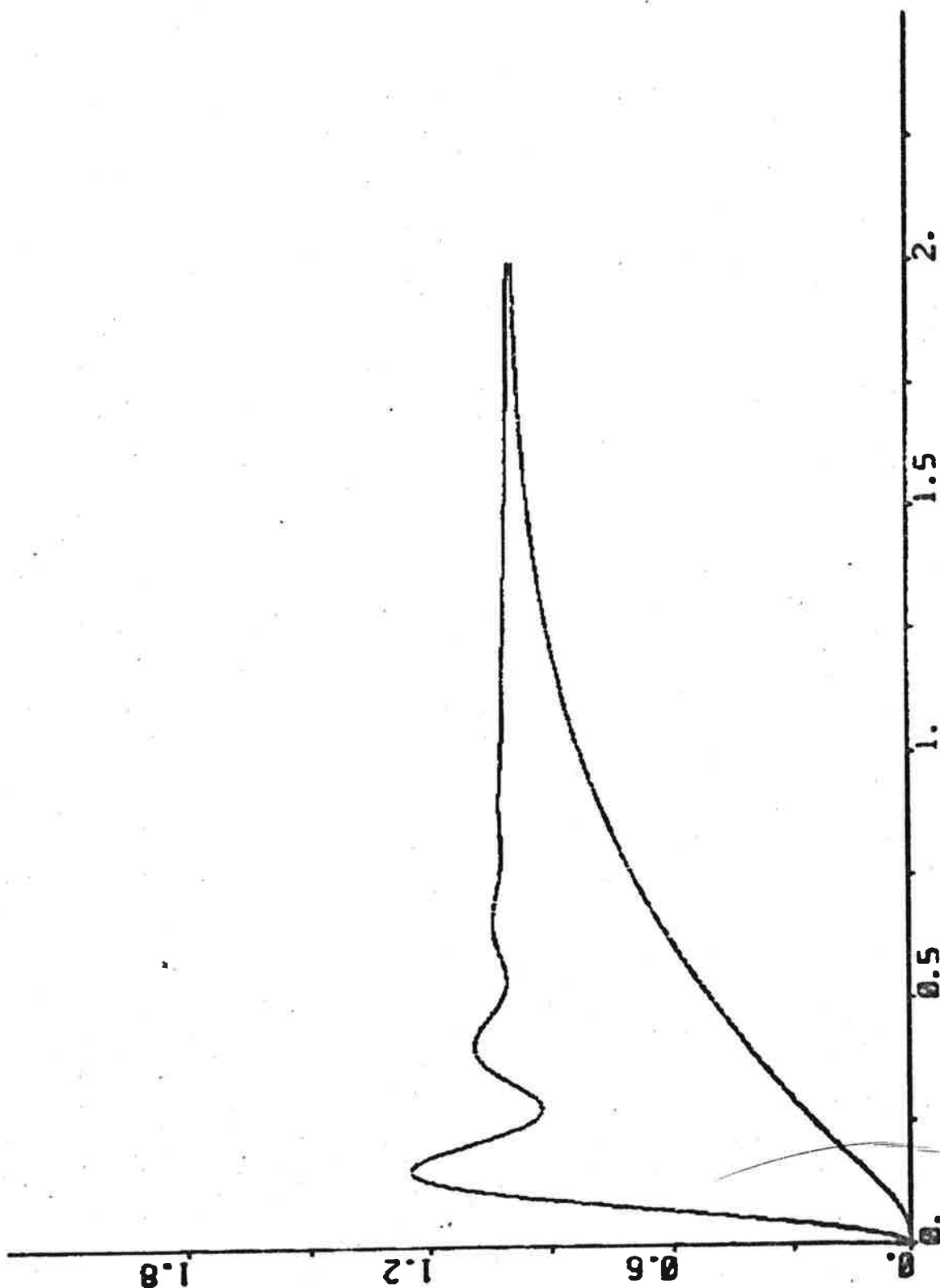
PLOT 29

PLOT HI HJ  
CAMI=0. CAMJ=5.  
ALFAI=1.5 ALFAJ=2.5



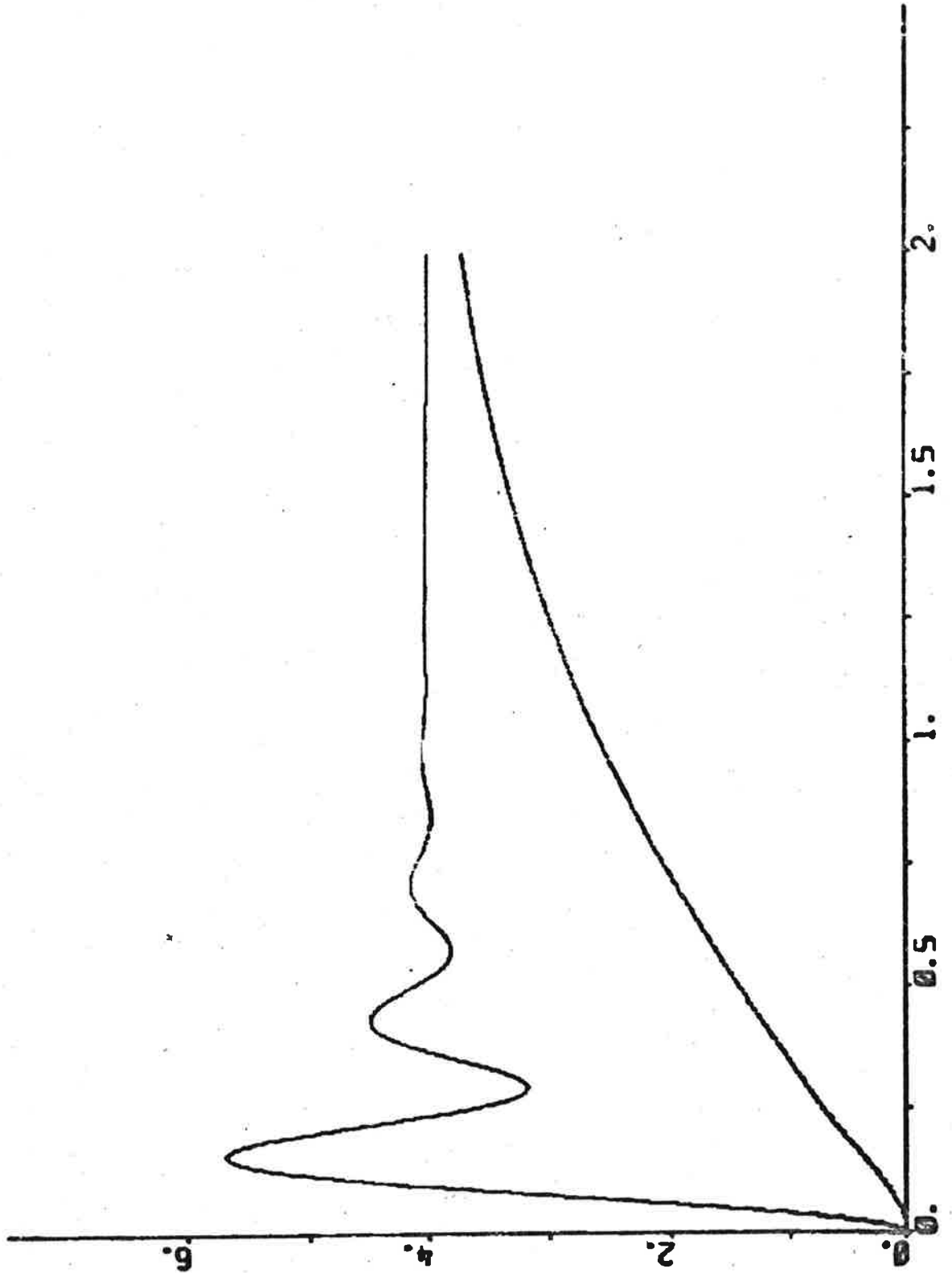
PLOT 30

PLOT HI HJ  
GAM1=0. GAMJ=5.  
ALFA1=1.5 ALFAJ=2.5



PLOT 31

PLOT HI HJ  
GAMI=0. GAMJ=5.  
ALFAI=1.5 ALFAJ=2.5

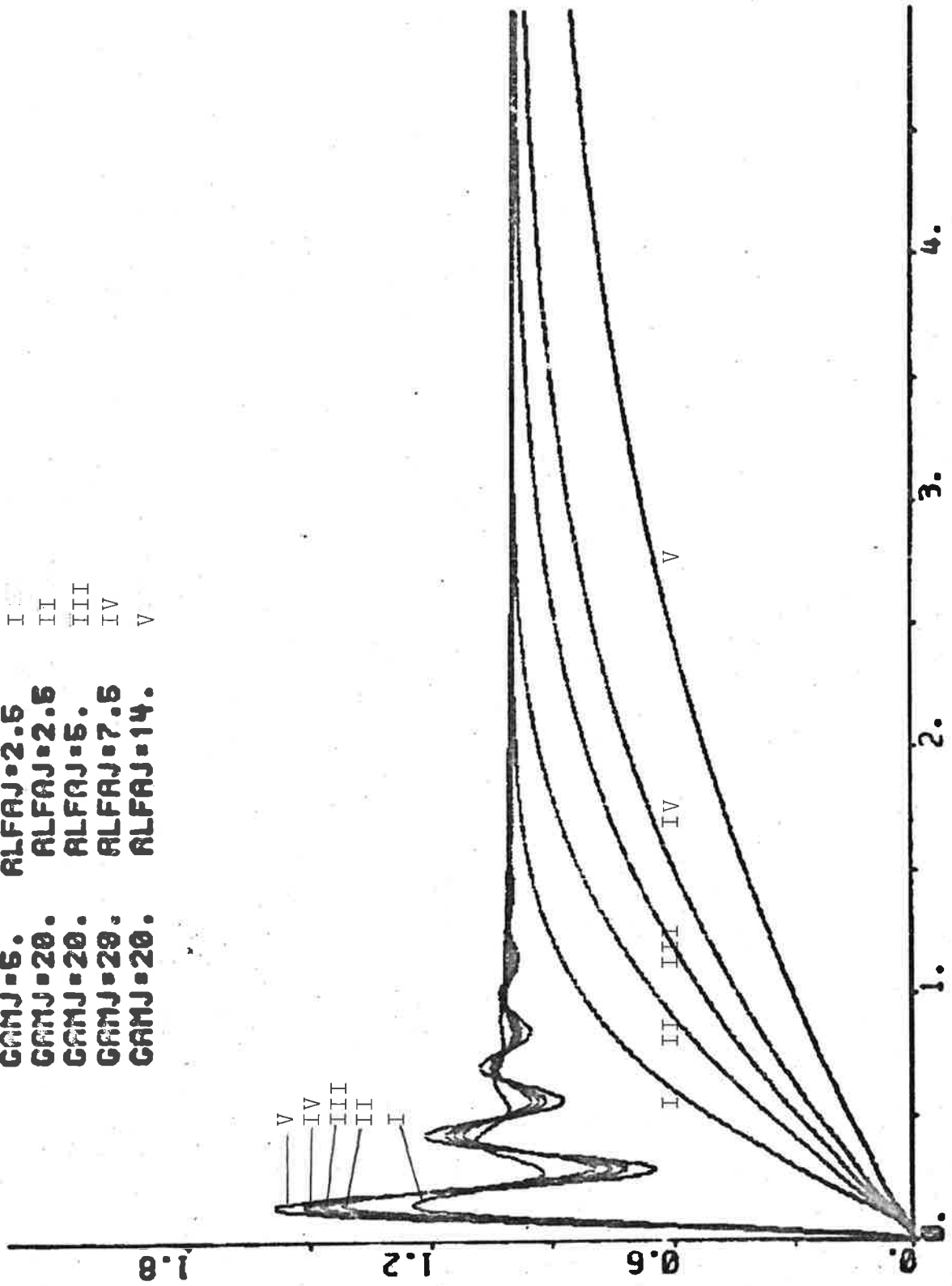




PLOT 32

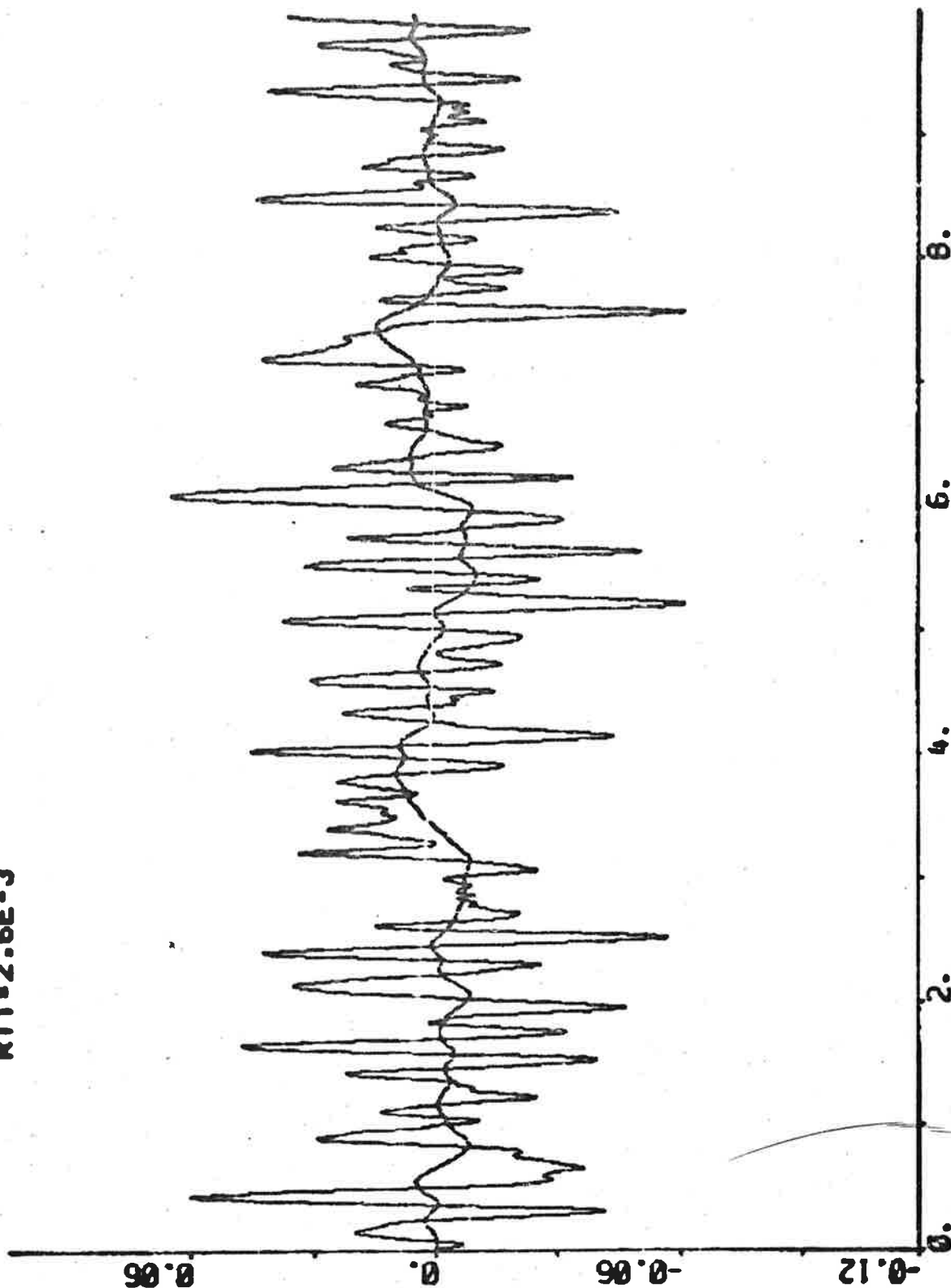
**PLOT HI HJ**  
**GAMI=0. ALFAI=1.6**  
**GAMJ=5. ALFAJ=2.5**  
**GAMJ=5. ALFAJ=2.5**  
**GAMJ=20. ALFAJ=2.5**  
**GAMJ=20. ALFAJ=5.**  
**GAMJ=20. ALFAJ=7.5**  
**GAMJ=20. ALFAJ=14.**

I  
II  
III  
IV  
V



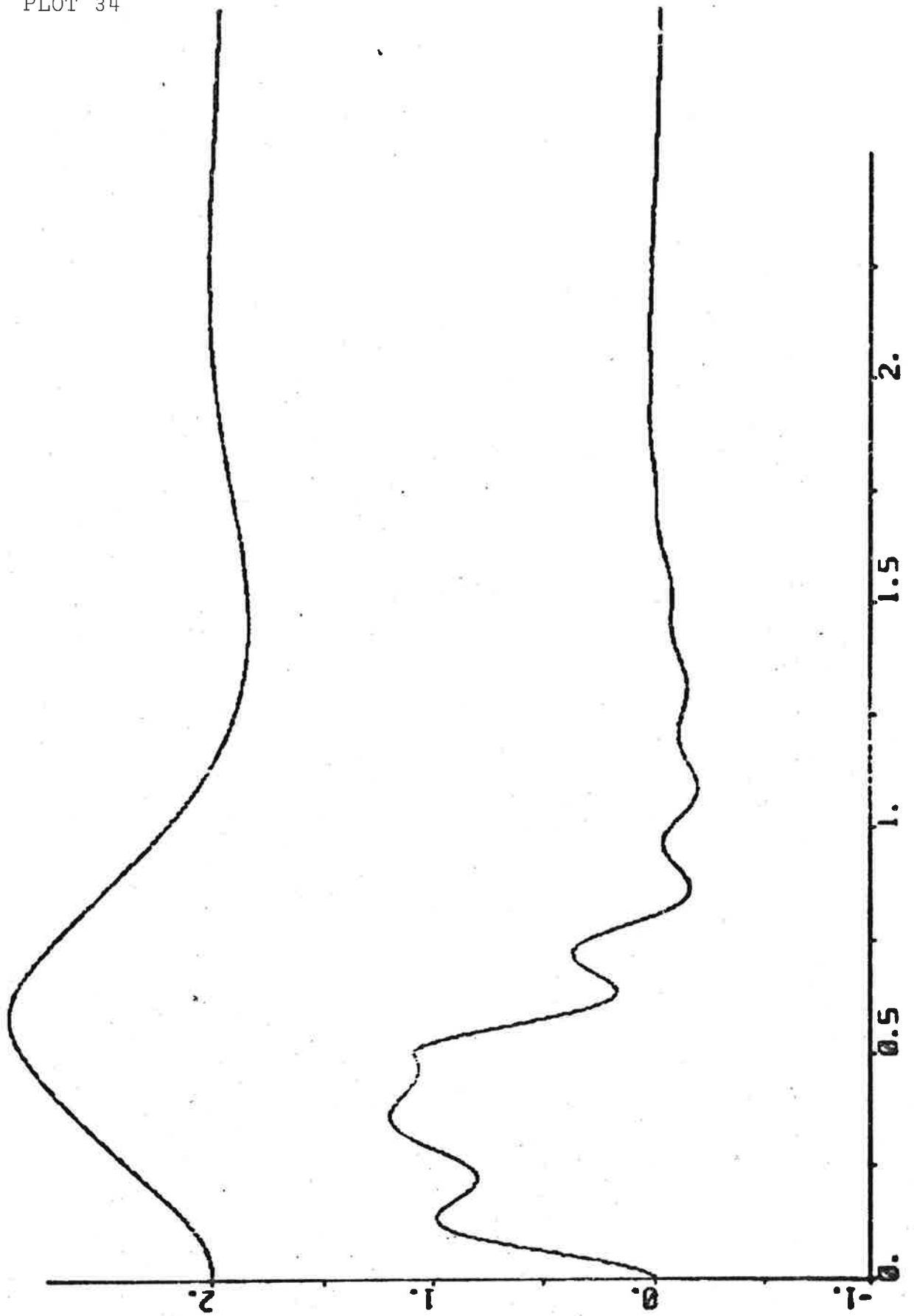
PLOT 33

PLOT HI MJ  
GAMI=0. GANJ=5.  
ALFAI=1.5 ALFAJ=2.5  
R11=2.5E-3



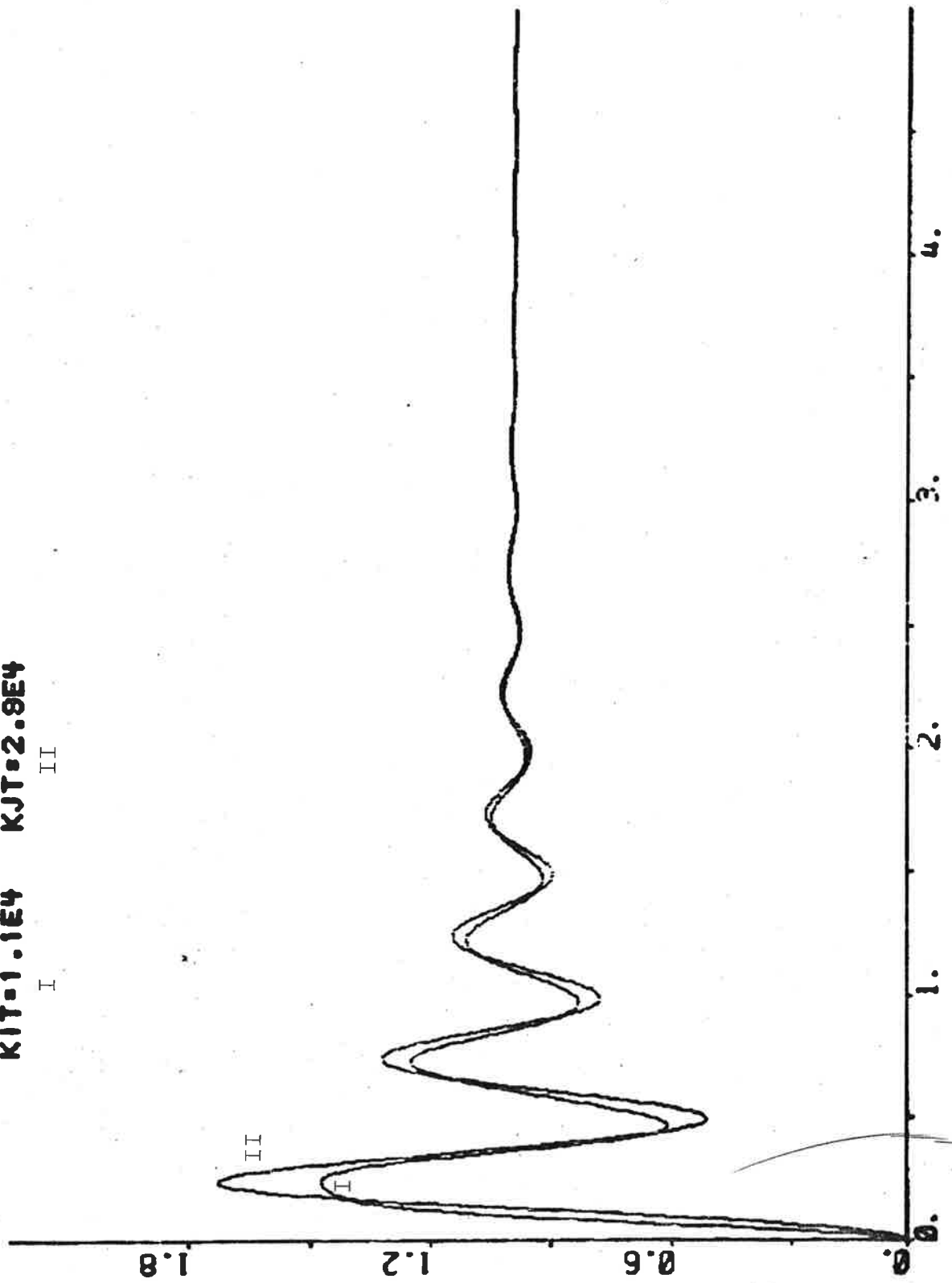
PLOT 34

PLOT HI HJ



PLOT 35

PLOT HI HJ  
GAMI=0. ALFAI=1.5  
GAMJ=0. ALFAJ=1.5  
KIT=1.1E4 KJT=2.9E4



Appendix III.

Diagram över uppmätta stegsvar vid fem olika differenstryck och olika inskruvningar för transmitter TDMZ 199, 250 mbar. samt stigtiderna som funktion av inskruvningen.

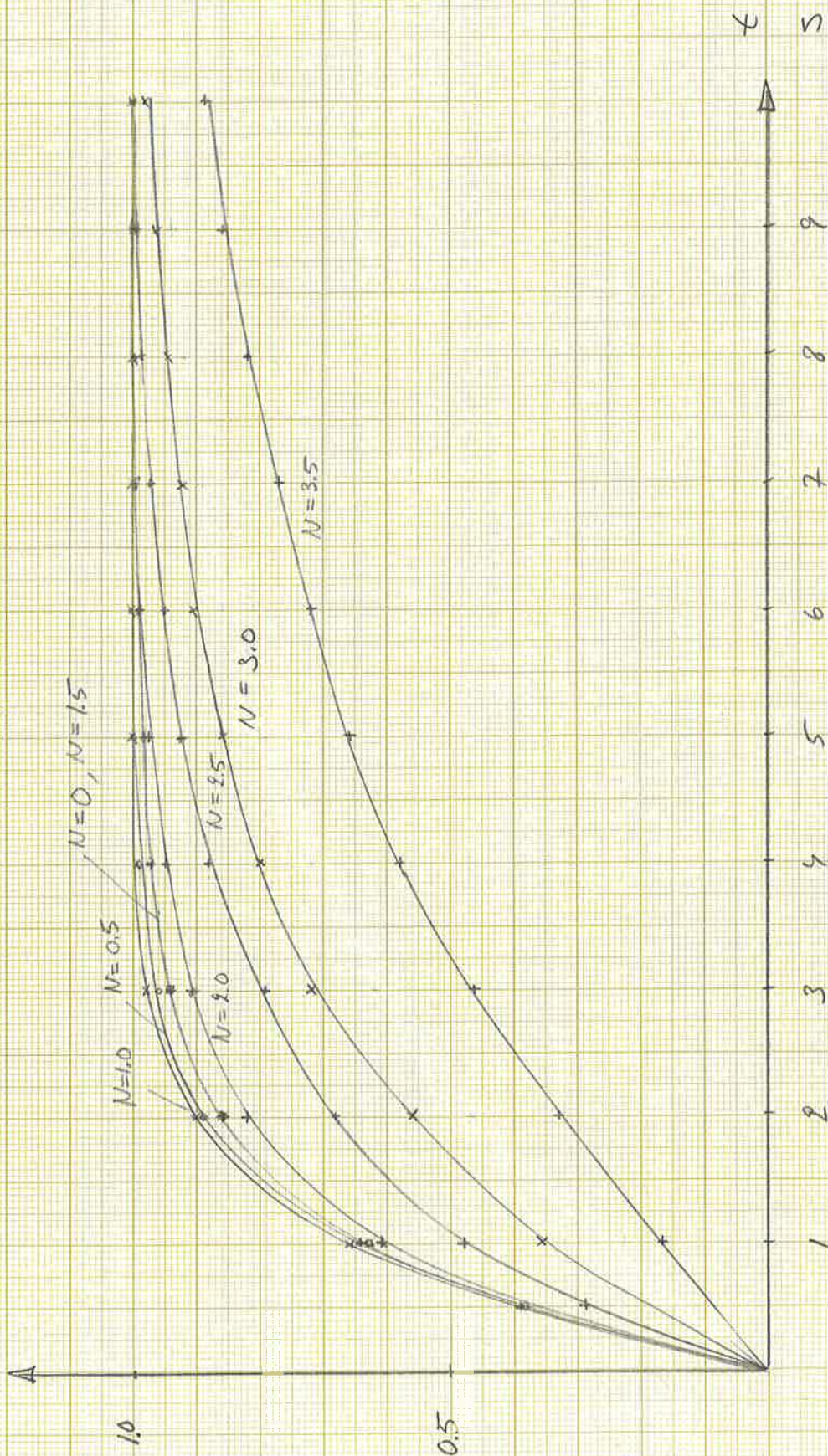
Diagram över modellerad area i dämpventilen.



TDMZ 199  
250 mbar

Stegsyr vid differenstryck  
 $87\text{N/m}^2$

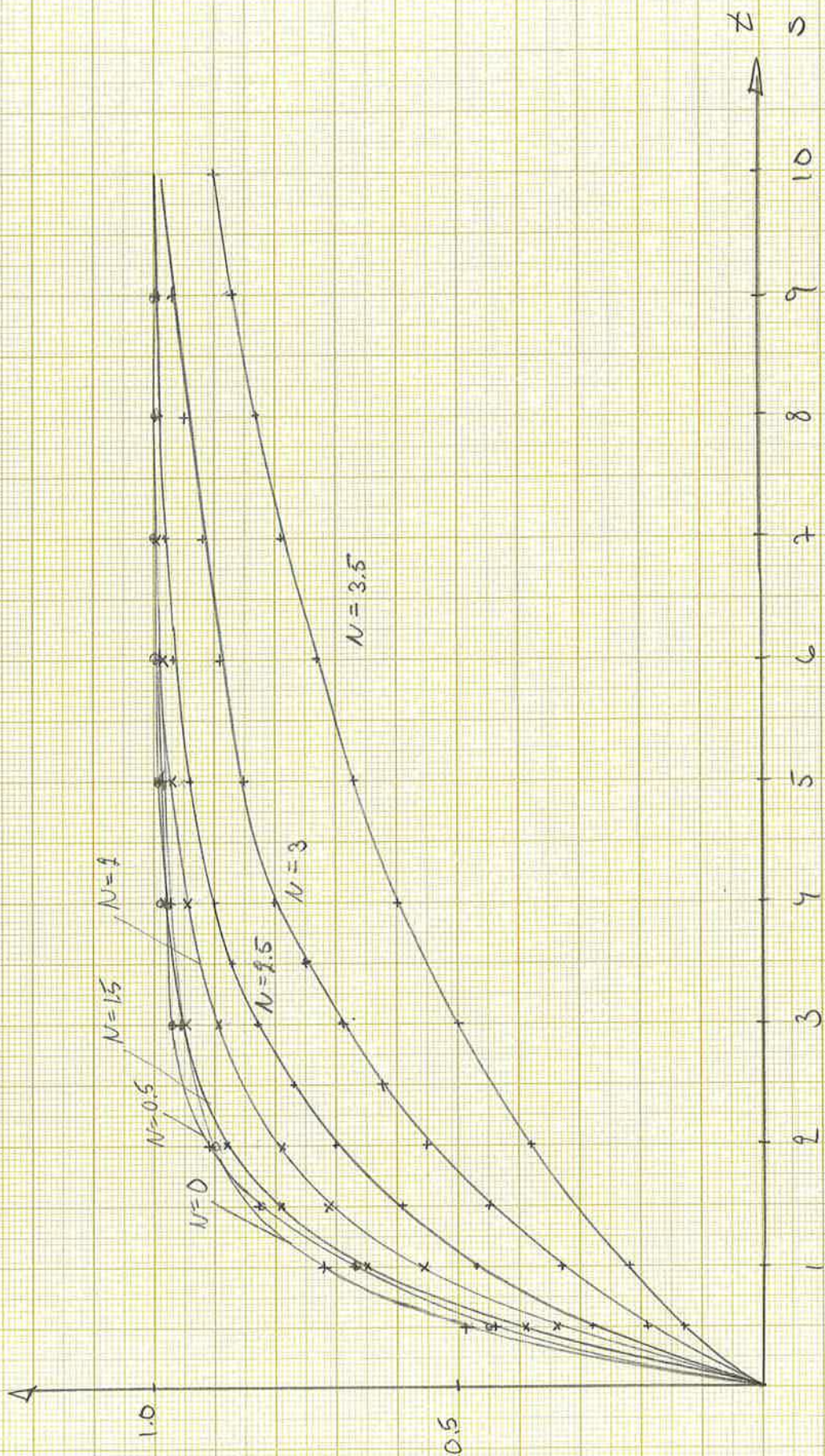
Diagram 1





TDMZ 199  
250 mbar

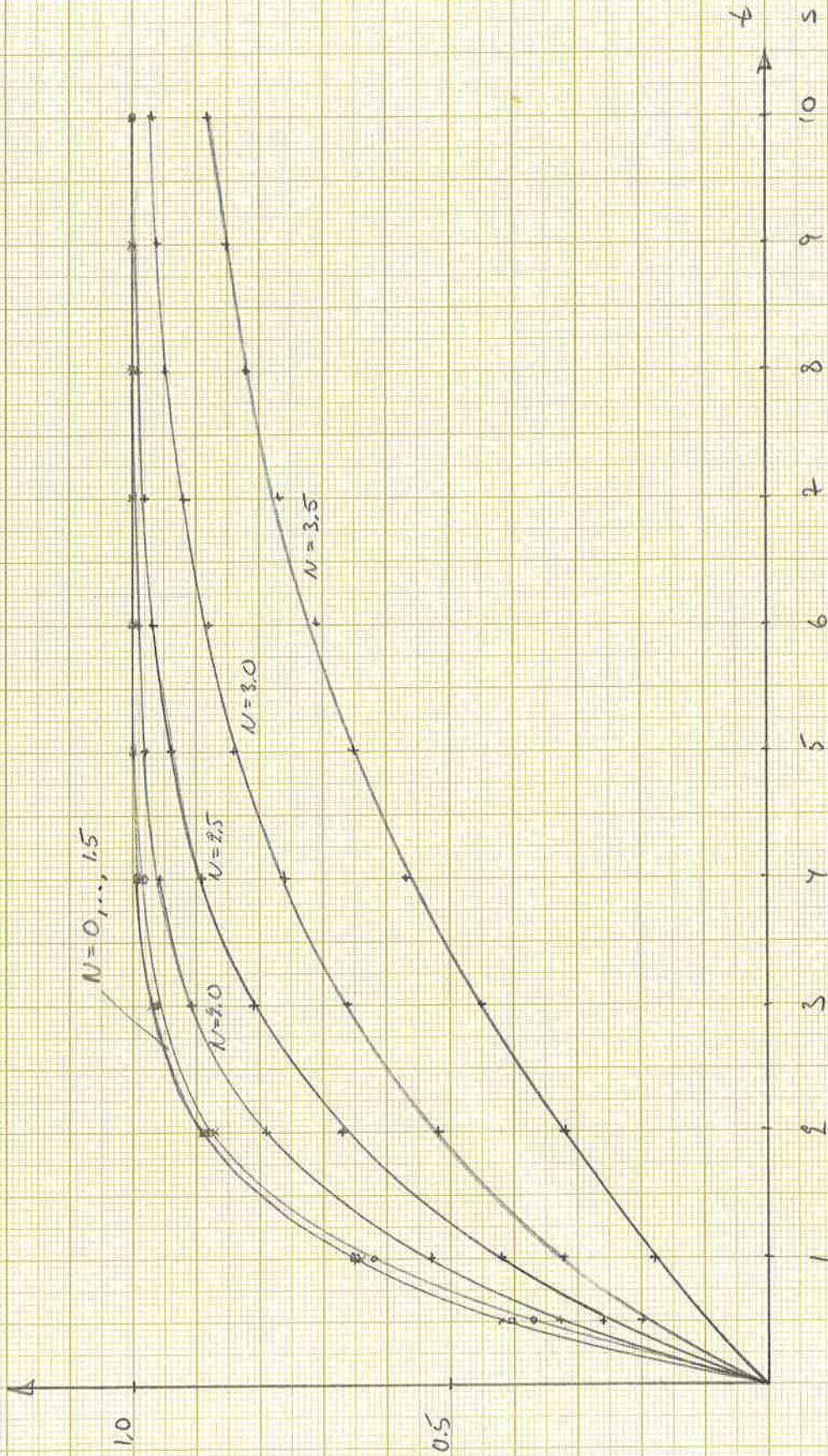
Stegsvar vid differenstryck  
 $270 \text{ N/m}^2$





TDMZ 199  
250 mbar

Stegsvar vid differenstryck  
 $1400 \text{ N/m}^2$

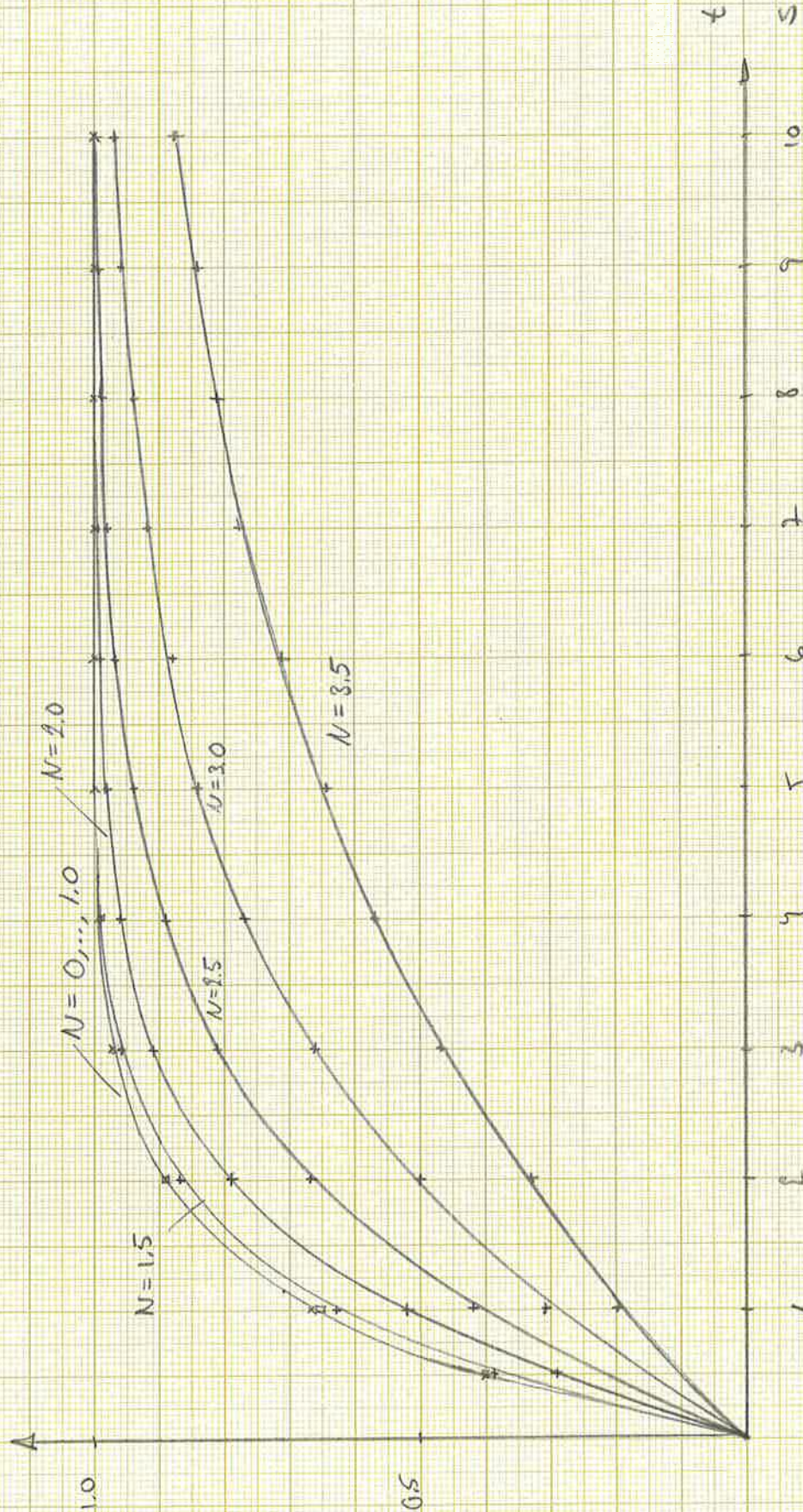




TDMZ 199  
250 mbar

Stegsvar vid differenstryck  
2700 N/m<sup>2</sup>

70  
Diagram 4

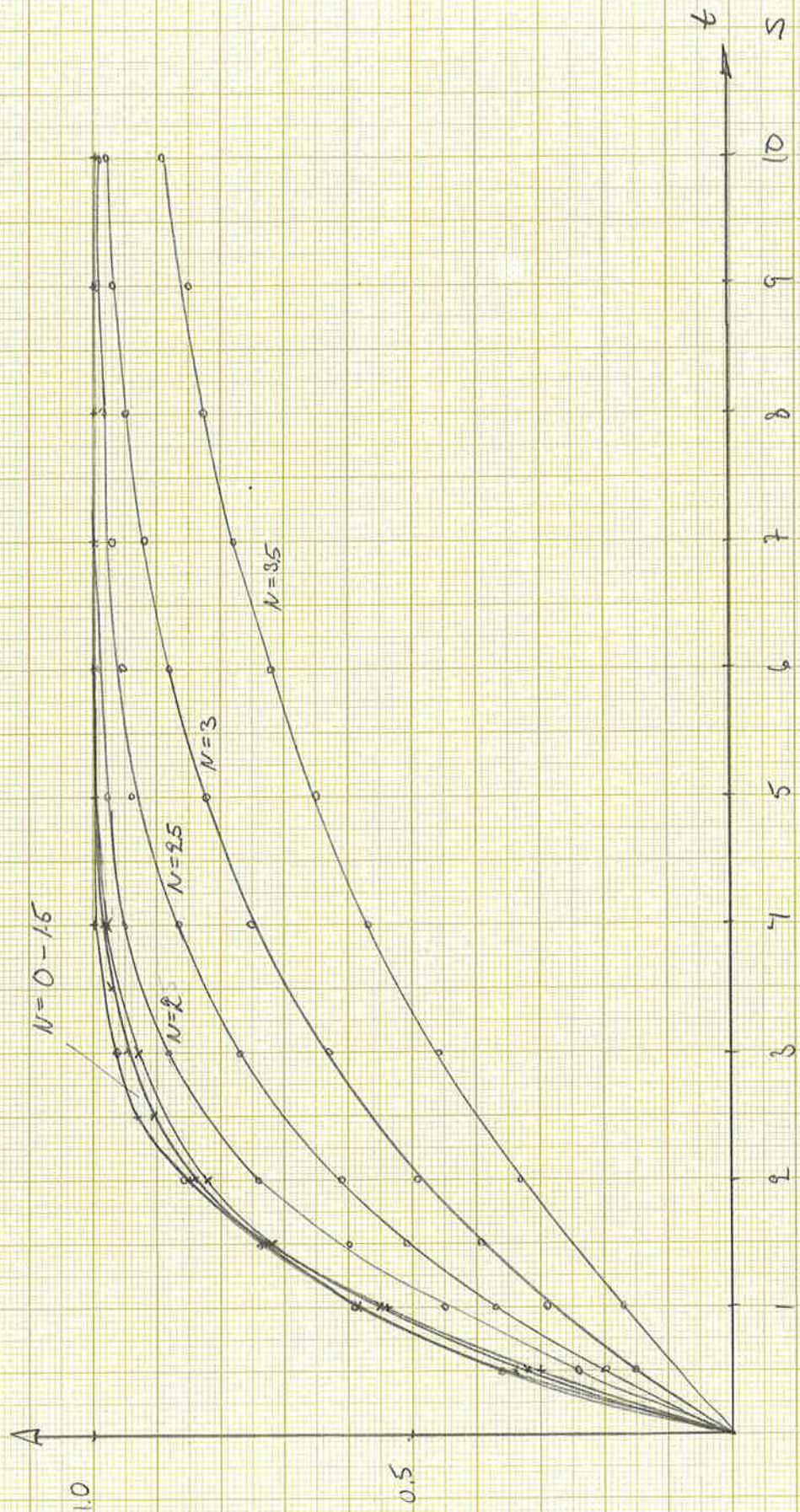




TDMZ 199  
250 mbar

Stegsvar vid differenstryck  
 $6900 \text{ N/m}^2$

71  
Diagram 5



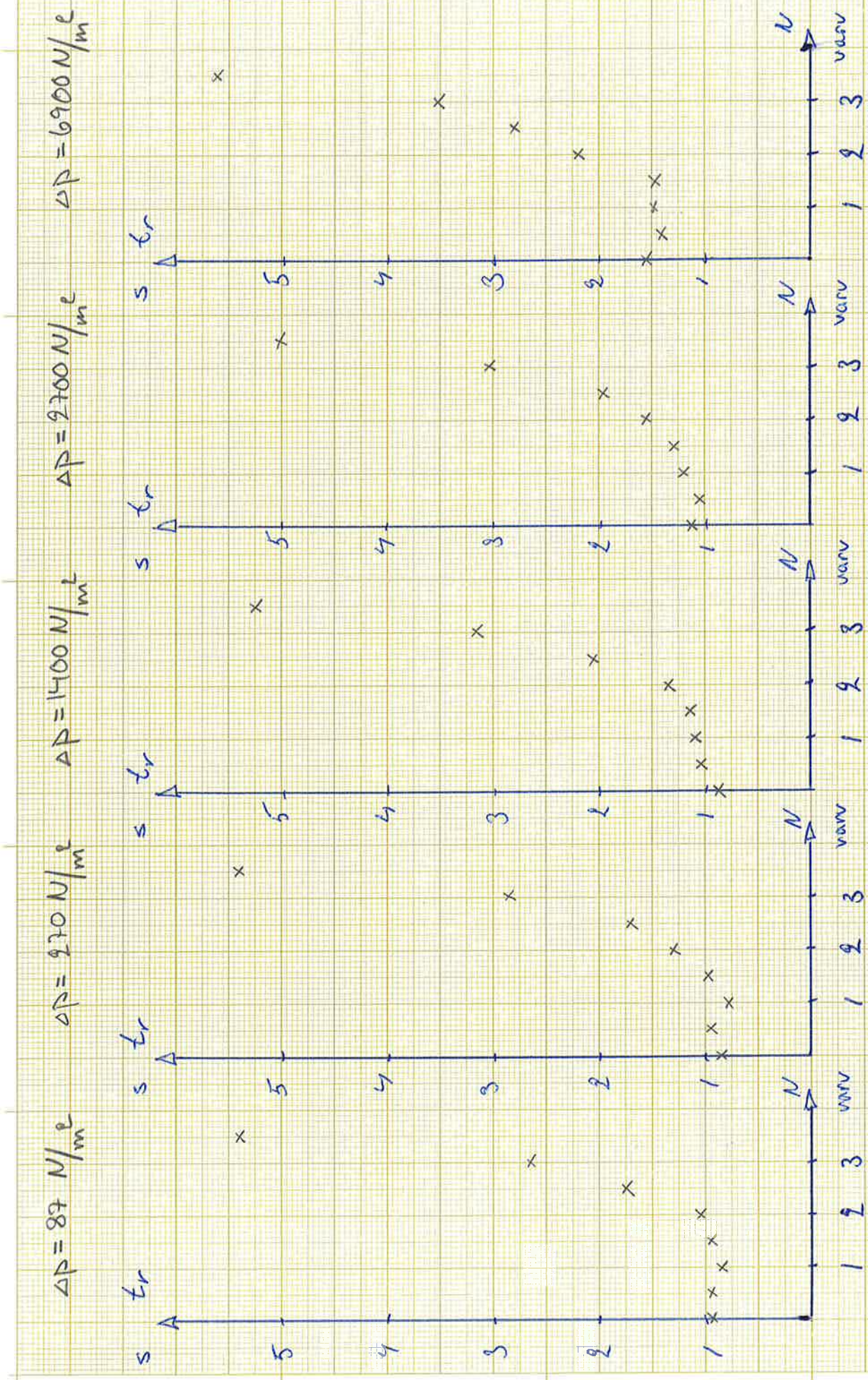


FDMZ 199  
250 mbar

Stigtiderna som funktion av  
antalet inskravningsvarv.

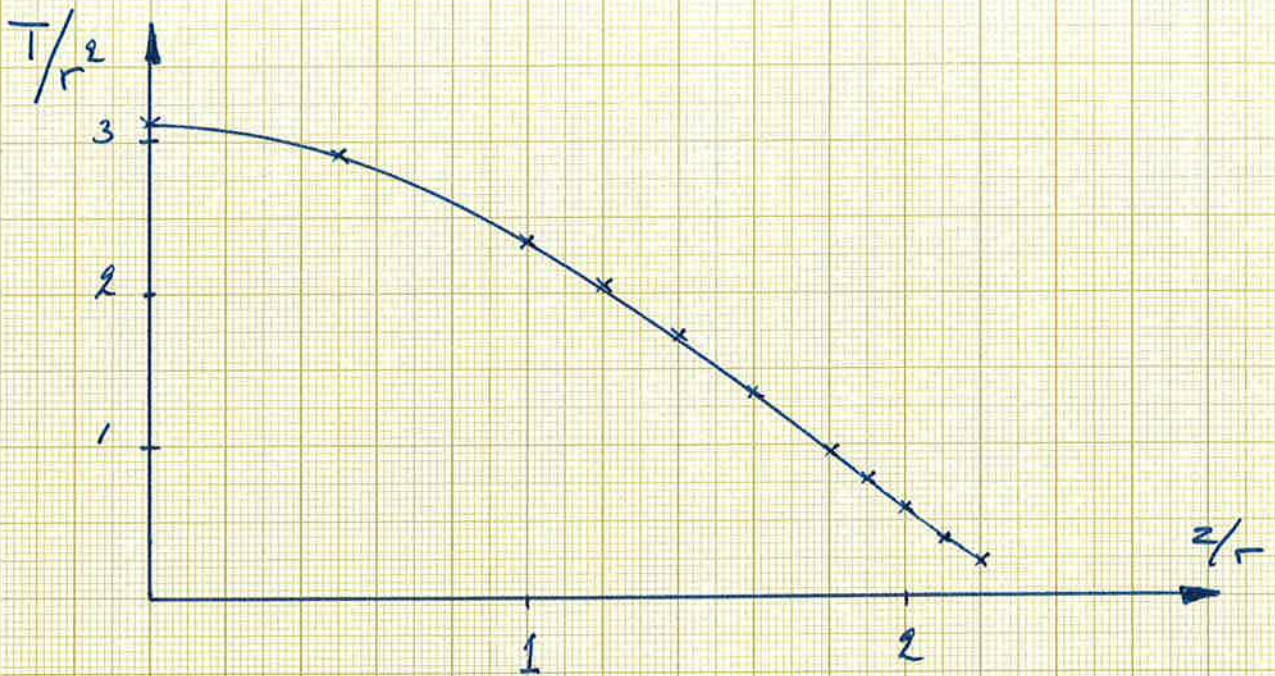
72

Diagram 6





Ventilens area och ettögenom denna  
i kvadrat som fkn av inskrivningen





Litteraturreferenser.

- (1) Givardynamik , Bo Egardt, Inst. för Reglerteknik, LTH
- (2) SIMNON- an interactive simulation program for nonlinear systems, user's manual, H. Elmqvist.
- (3) Reglerteori, K.J. Åström.
- (4) Das Zeitverhalten der Bortonzelle und ähnlicher Differensdruck-Messgeräte, O. Knappe, Hartmann & Braun.
- (5) Die Bartonzelle, ein modernes Differensdruck-Messwerk, O. Knappe, Erweiterter Sonderdruck aus S&F Technische Mitteilungen, Heft 2, April 1957.
- (6) Datablad för Bartonceller.