

ADAPTIVT BRÄNSLEFLÖDESMÄTNINGSSYSTEM FÖR MOTORFORDON

GÖRAN HED

KAJ THORSELIUS

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
JULI 1981

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL Box 725 S 220 07 Lund 7 Sweden		Document name Master thesis	
		Date of issue July 1981	
		Document number CODEN: LUTFD2/(TFRT-5248)/1-034/(1981)	
Author(s) Göran Hed Kaj Thorselius		Supervisor Björn Wittenmark	
		Sponsoring organization	
Title and subtitle Adaptivt bränsleflödesmätningssystem för motofordon (Adaptive fuel flow measuring system for motor vehicles)			
Abstract This work is ment to make it probable that, without direct measurement in the fuel line, it is possible to calculate the fuel flow with other parameters. The investigation is made in one specific case, for a four cylinder carburetor engine. With the model parameters engine speed and intake manifold pressure it is possible to construct a model which showed a good agreement in a comparison with the car. Furthermore the system can be automatically calibrated using the least squares estimation.			
Key words			
Classification system and/or index terms (if any)			
Supplementary bibliographical information			
ISSN and key title			ISBN
Language Swedish	Number of pages 34	Recipient's notes	
Security classification			

DOKUMENTATABLAD RT 3/81

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 lubbis lund.

ADAPTIVT BRÄNSLEFLÖDESMÄTNINGSSYSTEM FÖR MOTORFORDON

Examensarbete utfört 1980/81 vid
Institutionen för Reglerteknik av:
Göran Hed och Kaj Thorselius

Handledare: Björn Wittenmark

Innehållsförteckning

	Sida
Inledning.....	1
Idéfas.....	2
Litteratursökning och resultat.....	4
Insamlande av mätvärden.....	6
Interface mellan mätbandspelare och minidator. Databasen.....	10
Identifiering av modellen.....	16
Adaptiv konstantsättning.....	21
Avslutning.....	25
Beskrivning av lågfrekvens- räknare (två enheter).....	A:1
Program för uppläggning av datafiler.....	B:1
Program för simulering (SIMNON) av det adaptiva systemet.....	C:1
Referenslista.....	D:1

Inledning

Målsättningen med detta arbete har varit att finna en självkalibrerande metod för bränsleflödesmätningar i motorfordon. Kriterierna uppställda av OVO i Lund har varit sådana att den datorstödda metoden skall vara brukbar oavsett insprutningssätt och bränsletyp. Dessutom fanns också krav på enkelhet (här i betydelsen få parametrar), låga merkostnader, men å andra sidan tilläts systemet ha ett fel på upp till 10 procent.

Idéfas

Det enklaste sättet att mäta flöden borde i det här fallet vara att montera in någon typ av roterande givare i bränsleledningen. Ett tungt vägande skäl till att inte använda en sådan metod, är att i dieselfordon visar det sig att det mycket höga trycket och returflödet i bränsleledningssystemet gör det näst intill omöjligt att lösa problemet med våra krav på enkelhet.

Ett annat sätt vore att se bilen ur en effektaspekt dvs. inmatat bränsle motsvarar möjlig ineffekt och undersöka vilken uteffekt och effektiv verkningsgrad man har. Detta problem kan göras väldigt stort och komplext, men även om det reduceras ner så återstår ett stort problem då man inte känner till aktuell topografi. Det vill säga med befintliga parametrar sträcka, hastighet, varvtal och acceleration kan man inte detektera förändringar i vägbanans lutning. Effektförbrukningens variation vid konstant varvtalskörning i kuperad terräng är nämligen högst väsentlig. Den enklaste metoden att mäta dylika belastningsvariationer, vore att på något sätt känna av någon av parametrarna till förgasarn, t.ex. spjällvinkeln.

Men denna metod verkar även i reducerad form anta stora proportioner och kräver fler parametrar än de som ingår standardmässigt i fordon. Då verkar idén att istället se motorn som en pump som ett fruktbart sätt att angripa problemet. Man skulle kanske kunna säga att varvtalet motsvarar någon typ av inflödes hastighet och att trycket i

insugningsröret svarar mot tätheten i detta flöde, dvs.

bränsleflödet in (ϕ_B) = f(varvtal (n), tryck (p)).

Detta skulle i så fall svara bra mot våra uppställda kriterier vad det gäller enkelhet, endast en ny parameter (trycket), och allmängiltighet, då denna modell även bör kunna appliceras på luftstrypta dieselfordon (ej traktorer).

Det återstående problemet med självkalibrering av systemet, löser vi genom att vid lämpliga tillfällen jämföra integralen av beräknat flöde med differensen av tankinnehållet.

Litteratursökning och resultat

Att verkligen sätta sig in i fordonsmotorer är något som klart ligger utanför möjligheternas ram i ett examensarbete. Det visade sig snart genom vår litteratursökning att stoffet på detta område var digert och av mycket varierande informationsvärde för vår del. Vi fick m.a.o undersöka några olika specialområden, förgasare och motordynamik, för att hitta något för oss användbart. Av de hundratals uppslag vi fick beställde vi ett tjugotal "verk" och av dessa var det två vi kunde utnyttja.

'Transient Response of a Carburetor Engine' av M.Tanaka och E.Durbin (1) gav oss en god beskrivning av bensin- och luft-flöden i förgasaren och insugningssystemet.

Artikeln 'A Simulation Modell of an Internal Combustion Engine- Dynamometer System' av B.K.Powell (2) beskrev insprutningsmotorn på tillståndsform och gav oss det första stödet för vår teori. Enligt Powell så kunde luftflödet (ϕ_L) in i en Fordmotor uttryckas som:

$$\dot{\phi}_L = K_1 n p + K_2 n^2 p^2 - K_3 \phi_L$$

där n =motorvarvtalet och p =trycket i insugningssystemet. ($K_2 < K_1$)

Tanaka visade att bensin- och luft-flödena vid venturi-munstycket resp. -röret reagerade momentant vid stegförändringar av spjällöppningen. Han utredde vidare hur bränsle/luft förhållandet (F/A) påverkades vid stegförändringar i spjällöppning och fann att vid för bilen optimal inställning var kvoten approximativt konstant.

Vi byggde då upp vår modell kring dessa artiklar och valde flödet av bensin från venturimunstycket som sökt bensinflöde (ϕ). Med hjälp av Tanakas idéer kunde dynamiken i Powells ekvation för luftflödet elimineras (då Powell beskriver luftintaget till cylindrarna). Vidare kunde ekvationen göras gällande för bensinflöde då även detta saknar dynamik vid venturiröret enligt Tanaka och kvoten (A/F) ansattes till en konstant.

Den modell vi då satte upp och önskade verifiera med praktiska försök var :

$$\phi = K_1 n p + K_2 n p^2$$

Insamlande av mätvärden

Naturligtvis har vi inte kunnat testa hypotesernas allmängiltighet, utan ägnat oss åt att undersöka dess tillförlitlighet i en VOLVO 145:a. Den här bilen var redan utrustad med en turbinflödesgivare, placerad i bensinledningen mellan bränslepumpen och förgasaren. Detta bensinflöde (ϕ') använde vi oss av fortsättningsvis som referensflöde.

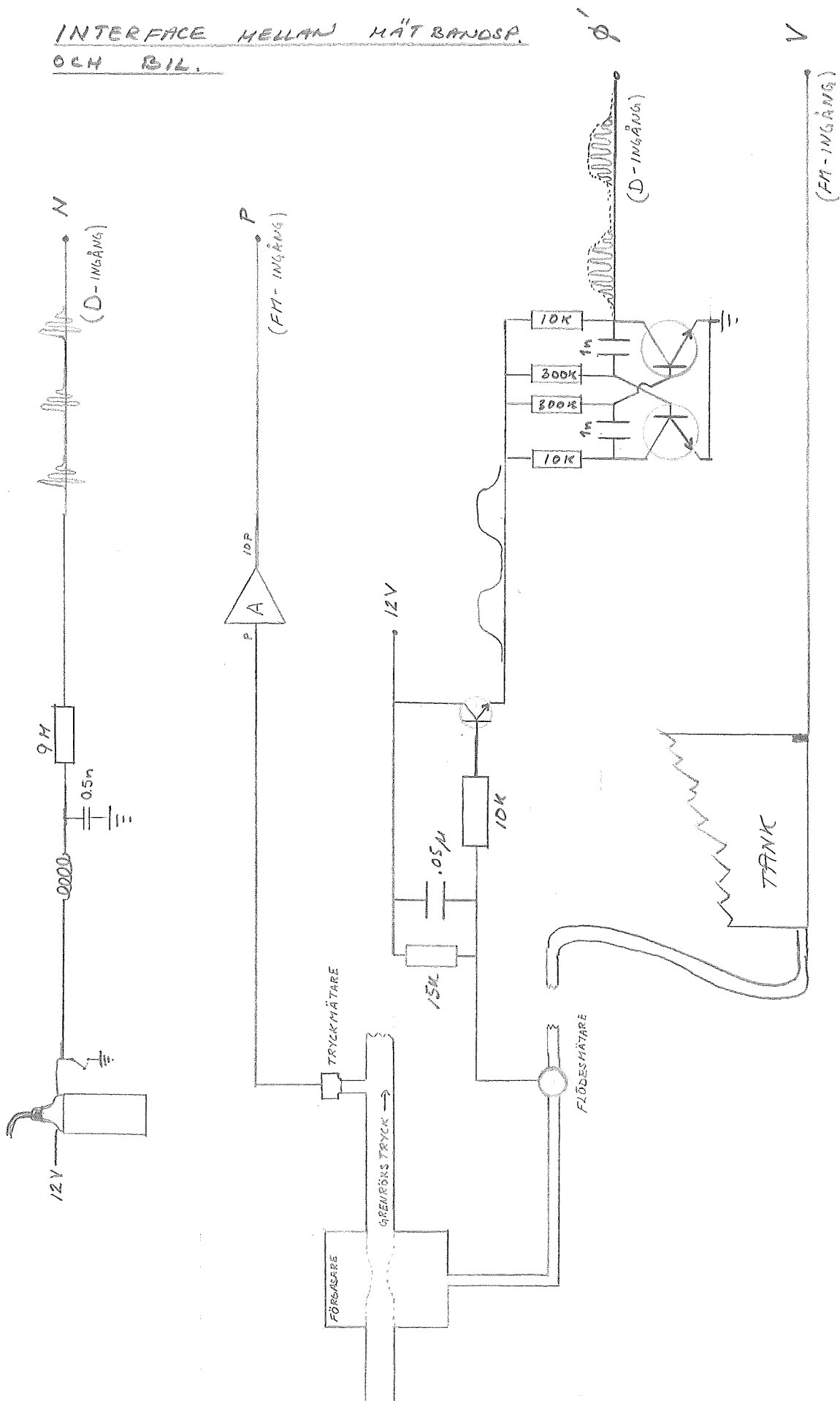
För att kunna arbeta på modellen behövde vi förutom ϕ' , de två redan befintliga signalerna, tankvolym (V) samt varvtal (n), och dessutom trycket (p) i insugningsröret. För att mäta undertrycket införskaffades en halvledartransduktor från Data Instruments. Denna givare monterades in i ett uttag i grenröret.

Vår tanke var nu att på något lämpligt sätt registrera mätparametrarna under en verklig körning och sedan med Institutionen för Reglertekniks datorprogram analysera resultatet. Den kontinuerliga lagringen av mätdata på en från Institutionen för Elektrisk Mötteknik lånad 4-kanalers mätbandspelare visade sig vara mer problemfylld än vi hade kunnat föreställa oss. Exempelvis uppstod det svårigheter vad det gäller spänningsförsörjningen, en införskaffad omvandlare från 12V DC till 220V AC lämnade en vacker men för bandspelaren farlig fyrkantssignal. Lösningen blev att hyra ett bensindrivet 220V spänningsaggregat och placera detta i kofferten under inspelningen. Dessutom hade denna bandspelare endast två frekvensmodulerade (FM) ingångar, de två övriga kanalerna var direktingångar (D) med en för våra

7

FIGUR 1

INTERFACE HELLAN MÄTBANDSP.
OGH BIL.



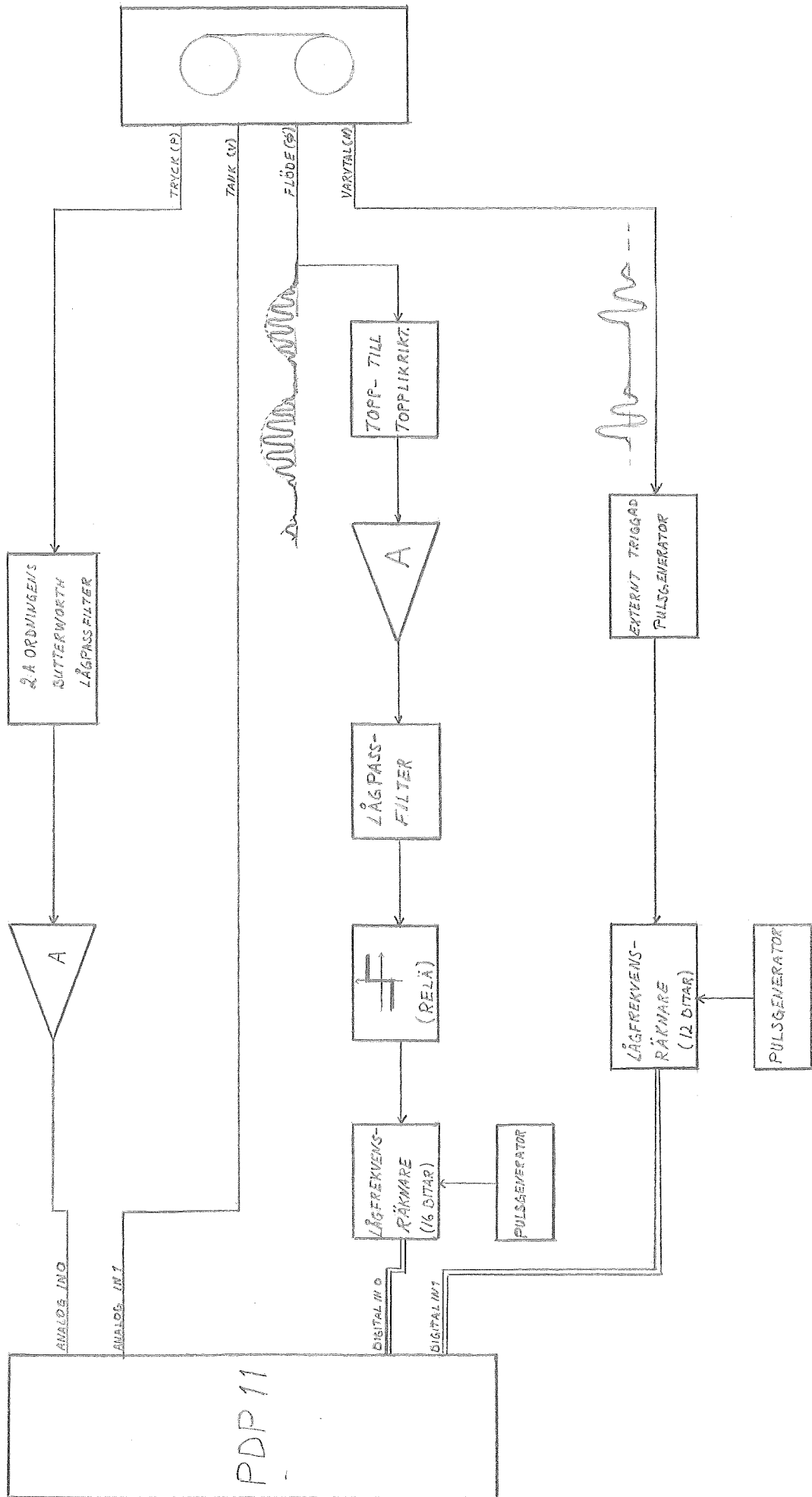
lågfrekventa signaler för hög undre gränsfrekvens.

Informationsinnehållet i tank- och trycksignalen fanns i en DC-nivå och detta gjorde det nödvändigt att koppla in dessa två parametrarna via FM-ingångarna, se figur 1.

På lämpligt sätt måste vi då omvandla de relativt lågfrekventa fina fyrkantspulser som flödesgivaren levererar (pulsfrekvensen är proportionell mot flödet) till en signal som en D-ingång kan registrera. Vi lyckades med detta genom att låta pulsen amplitudmodulera en astabil vippa varvid pulspaket med hög frekvens erhöles. Dessutom kunde vi inte välja den naturliga vägen att registrera varvtalet vid tändspolens 12V sida, där nästan ostörda fyrkantspulser kan erhållas. Istället valdes tändspolens jordsida där de kraftiga svängningarna vid pulsflankerna ($>100V$) var lagringsbara dock något dämpade för bandspelarens skull.

Med dessa uppkopplingar och ett dunkande och osande från kofferten körde vi sedan omkring i Hörbytrakten en knapp timme under växlande körningstyper.

FIGUR 2



Interface mellan mätbandspelare och minidator .Databasen

För att få datamaterialet tillgängligt för institutionens datorbaserade identifieringspaket (IDPAC), behövde vi omforma materialet och lagra detta på media tillgängligt för VAX:en.

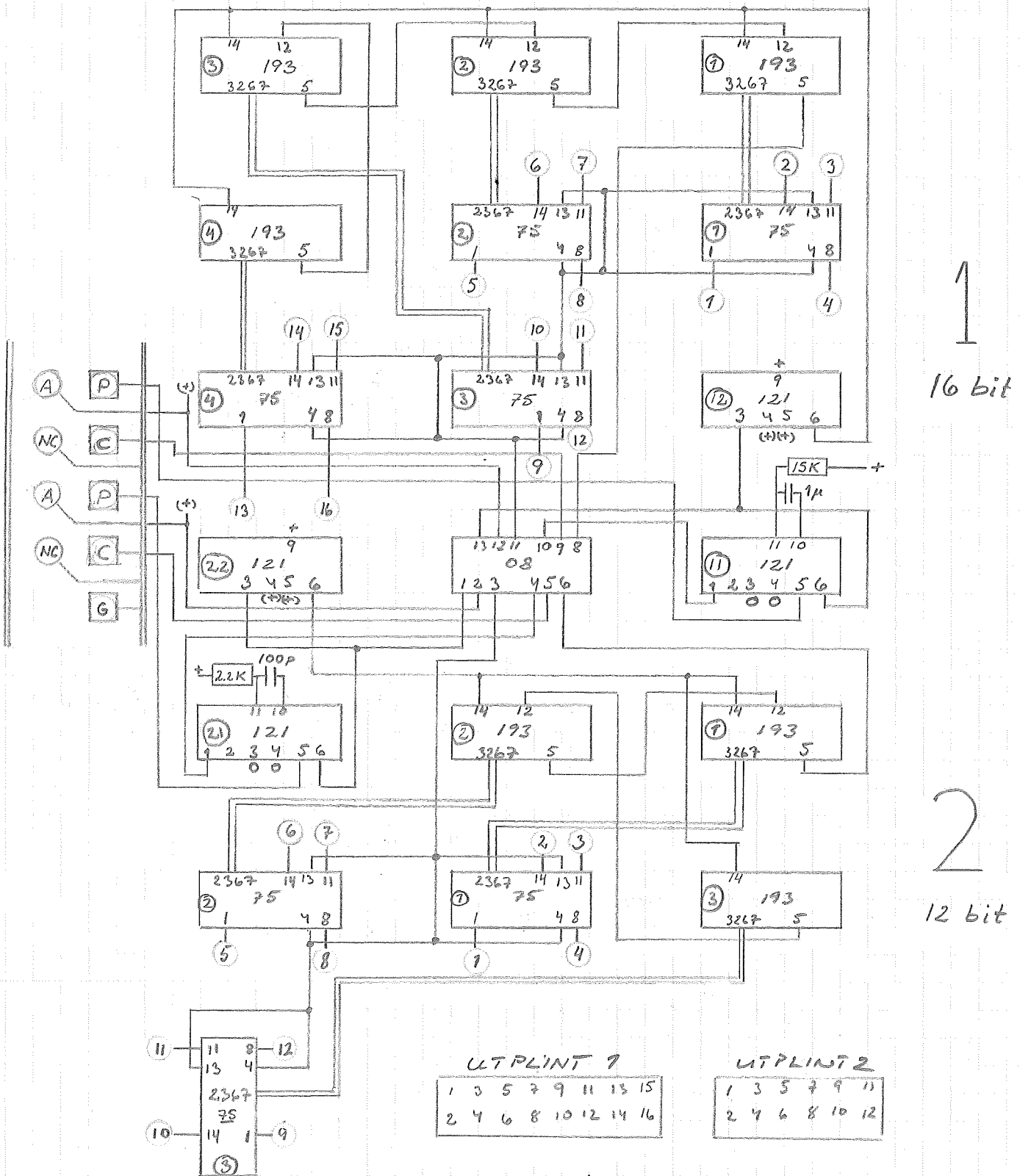
Mätsignalerna som fanns lagrade på mätbandspelaren önskade vi överföra till en databas på diskett. Till vår hjälp hade vi en minidator (PDP-11). Problemen som dök upp här berodde dels på de svårfiltrerade förändringar i varvtals- och flödes-signalen vi fick införa för att göra dessa inspelningsbara och dels på dessa signalers låga faktiska frekvens.

Varvtalssignalen lyckades vi rekonstruera med hjälp av en externt triggad pulsgenerator (se figur 2) tack vare en dominans i amplituden på den första positiva svängningen i varje pulspaket.

Flödesgivaren visade sig däremot vara mycket svårare. Efter topp- till-topp likriktning undersökte vi möjligheten att med hjälp av ett lågpasfilter få sådan fason på signalen att en Schmittriggad monovippa skulle kunna återskapa fyrkantspulser. Tyvärr gick störningarna i pulsen ej att filtrera bort utan att förstöra signalen vid de högre frekvenserna. Dessa störningar resulterade då i att monovippan gav mer än en fyrkantspuls per signalpuls. Lösningen på detta problem blev att införa ett relä med stor differens i till- och frånslagsspänning.

FIGUR 3

2 STÜCKER LÅGFRÄKVENSRÄKNARE, OM 16 RESP. 12 BITAR.



+ = VCC
 0 = GROUND
 (+) = VCC via 1k
 ○ = a) till utplint b) komponentnr.

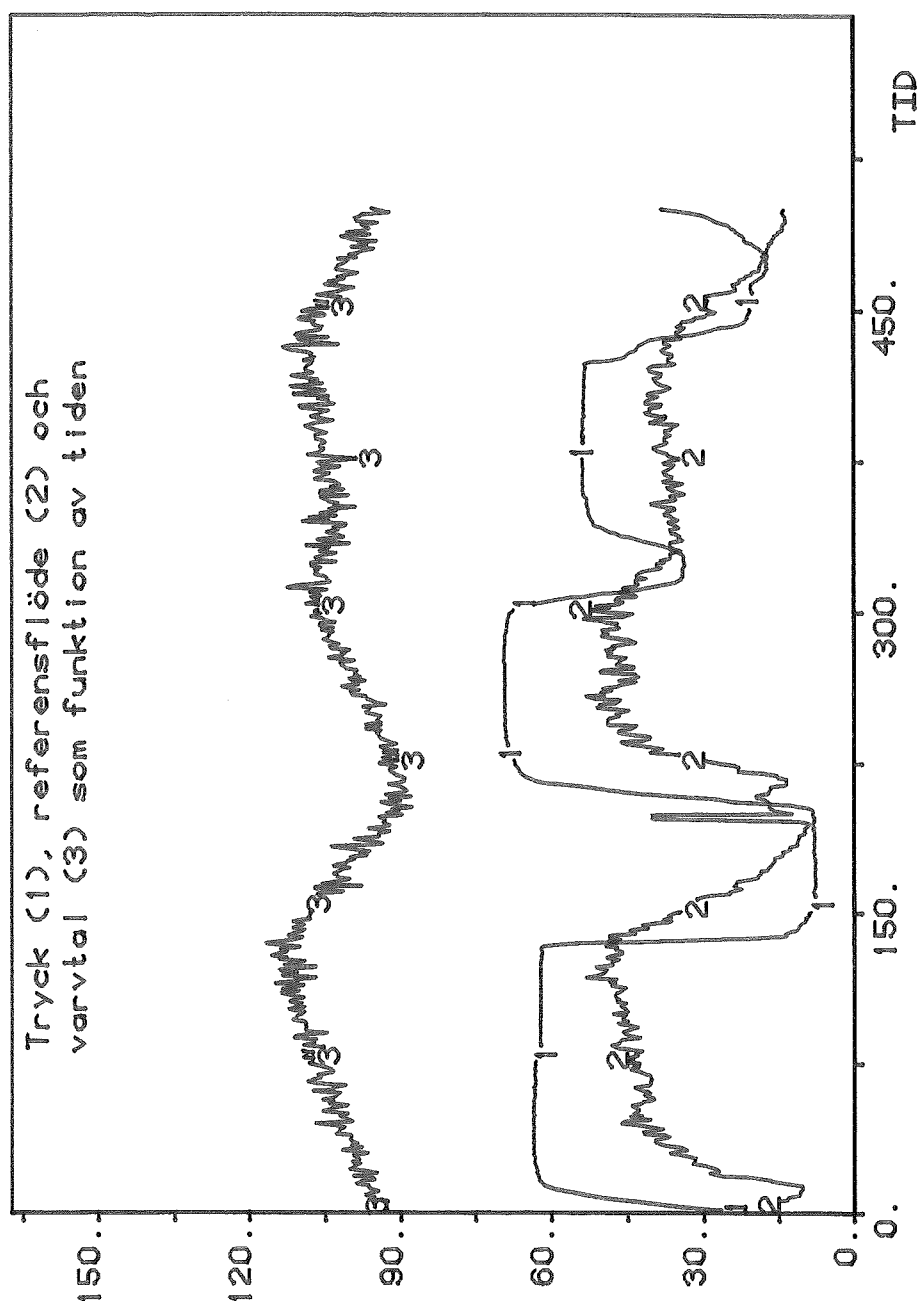
Det andra problemet, med de låga frekvenserna, berodde på de svårigheter man får då man försöker göra noggranna omformningar från en låg frekvens till en motsvarande proportionell spänning analogt. Det är mycket svårt att finna en medelväg i kraven på snabbhet och rippelfrihet. (Varvtalets bandbredd var 20 - 200 Hz och flödets 0.3 - 30 Hz.) Den lösning vi kom att använda byggde på att utnyttja datorn i beräkningssyfte. Vi tillverkade en digital pulsräknare som räknade antalet pulser från en klockgenerator, mellan två av signalpulserna. Detta antal representerade ett mått på periodtiden och eftersom klockgeneratorns frekvens var känd så erhöles frekvensen efter en skalning och invertering av pulsantalet, se figur 3 och dess beskrivning i bilaga A.

Trycket var betydligt enklare att koppla in. En smärre störning filtrerades bort med ett andra ordningens Butterworth LP-filter och var sedan efter förstärkning klart för Analog in på datorn.

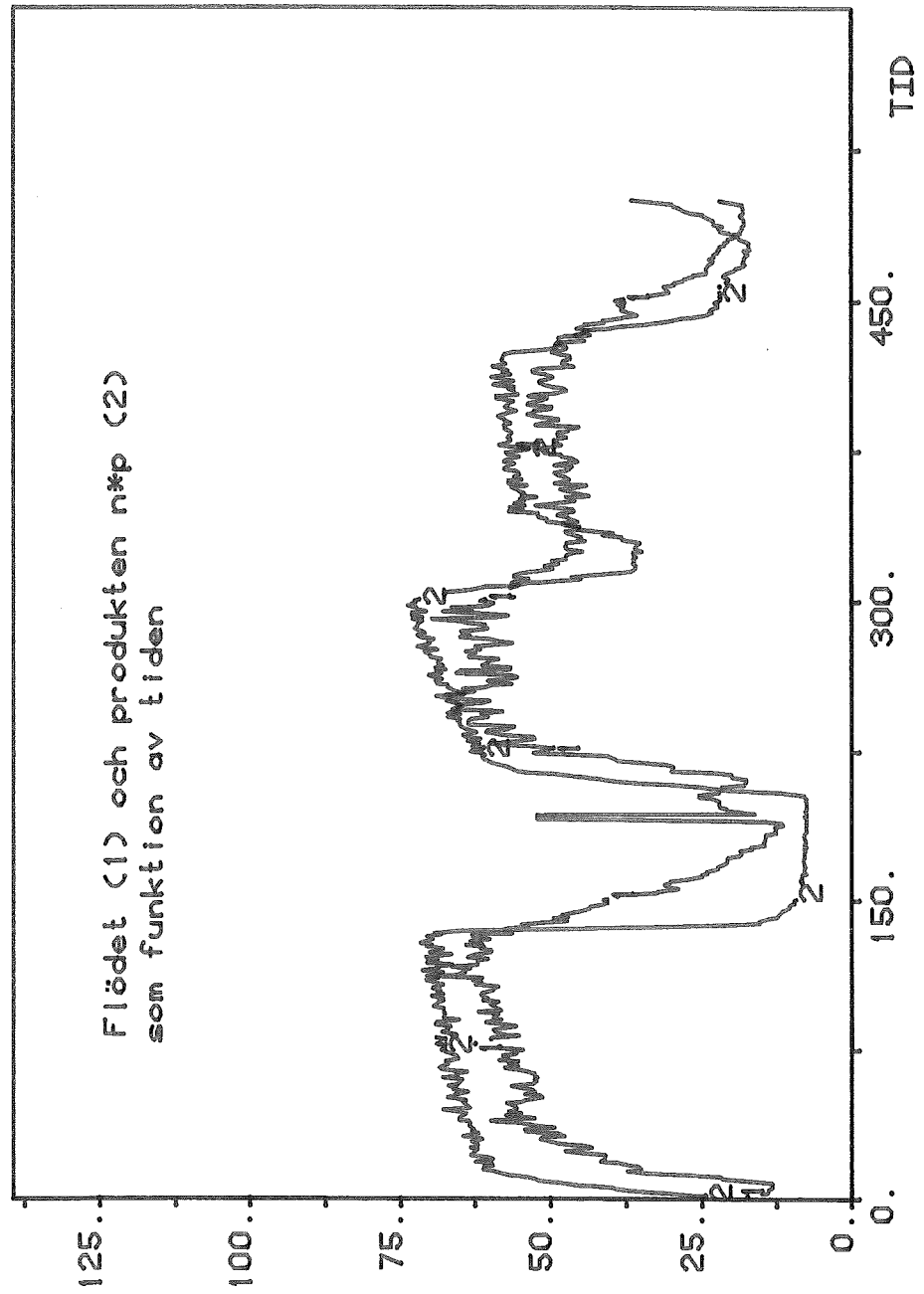
Vår analys av tanksignalen innan inspelningen, hade inte varit tillräckligt noggrann. Det visade sig att någon typ av "hackare" är inkopplad i tanksignalsystemet och att denna funktion startar först efter ett slag. Detta har vi senare bekräftat vid ett studium av signalen. Tanksignalens utseende gjorde den oanvändbar för oss, men detta kom emellertid inte att inverka på vår identifiering av systemet, då endast uppdateringen av konstanterna utnyttjar tanken.

Med ett samplingsintervall på 0.1 sekunder lade vi upp sex databaser från olika intressanta delar av körningen. Programmet som lade upp datafilerna, i en för VAX:en lämplig formatering, på diskett finns i bilaga B. Här begränsades längden på baserna av PDP-11:ns primärminne. Överföringen från primärminnet till diskett tog så lång tid att utläggning inte kunde ske mellan två samplingstillfällen, utan en hel bas fick hållas internt tills avläsning av bandspelaren avslutats.

FIGUR 4



FIGUR 5



Identifiering av modellen

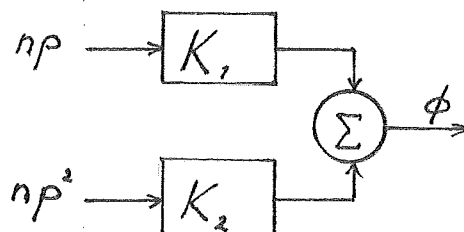
Som resultat av våra ansträngningar har nu den fysikaliska tidskonternuerliga bilen överförs till ett antal tidsserier om tre parametrar, (tryck, varvtal och referensflöde), se figur 4.

Som hjälpmedel vid verifieringen av modellen ($\phi = K_1 np + K_2 np^2$) använde vi programpaketet IDPAC på dessa tidsserier. En naturlig första undersökning av dessa serier var att plotta flödet (ϕ') och produkten av varvtalet (n) och trycket (p), $n \cdot p$, mot tiden, se figur 5.

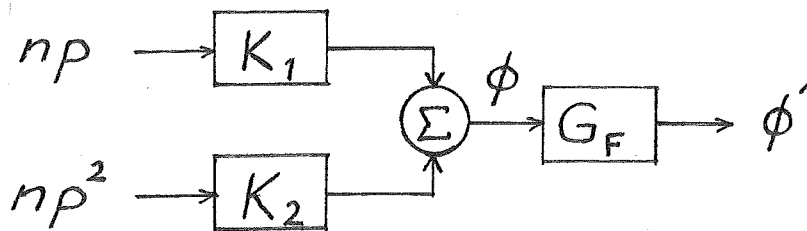
I ϕ' -signalen dök det ibland, vid låga signalnivåer, upp "omotiverade" spikar som vi hade problem med att förklara. Två tänkbara anledningar var dels att någon form av flödesgenombrott skedde när trycket utanför nästan stängd ventil ökade och dels att detta var ett mätfel vid omformningen av bandspelarsignalen till en pulsad signal i pulsräknaren. Dessa spikar var tillräckligt sällsynta i signalen och skulle störa vår identifiering, så vi fann för gott att avlägsna dem.

Plottarna visade vidare att den statistiska nivån stämde mycket bra överens (ϕ' skalad) men det fanns en dynamik i systemet.

Modellen vi hoppades kunna identifiera var:



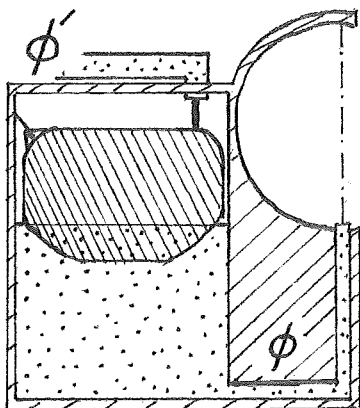
men nu får vi också utifrån vårt ϕ' som referensflöde också se till förgasaren, alltså:

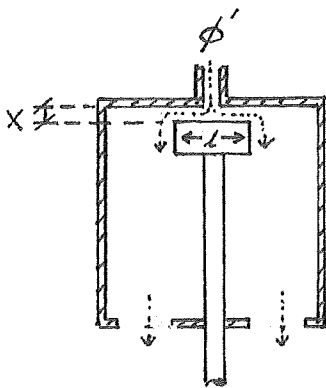


där $K_2 n\rho^2$ är en korrektionsterm som vi i början av analysen utelämnade.

Problemet med dynamiken dök upp lite oväntat för oss, vi hade arbetat fram till dess i tron om att ϕ' var en god bild av ϕ . Detta medförde att den identifiering av endast konstanter vi ämnat göra fick övergå i att först göra troligt att dynamiken säkert kunde hänföras till G_F och sedan på bästa sätt se till konstanterna. Det dominerande inslaget i G_F borde vara flottören med ventilmekanism. En skiss ger:

För flottörhuset gäller: $\phi - \phi' = -dV/dt$





För en ventiltyp gäller vid konstant intryck: $\phi' = x \cdot l \cdot \pi / k$ och $-dx \cdot A = dV$ detta ger

$$\phi - \phi' = dx \cdot A / dt = A \cdot k \cdot \phi' / (l \cdot \pi);$$

$T = A \cdot k / (l \cdot \pi)$ och då alltså $G_F = 1 / (1 + Ts)$.

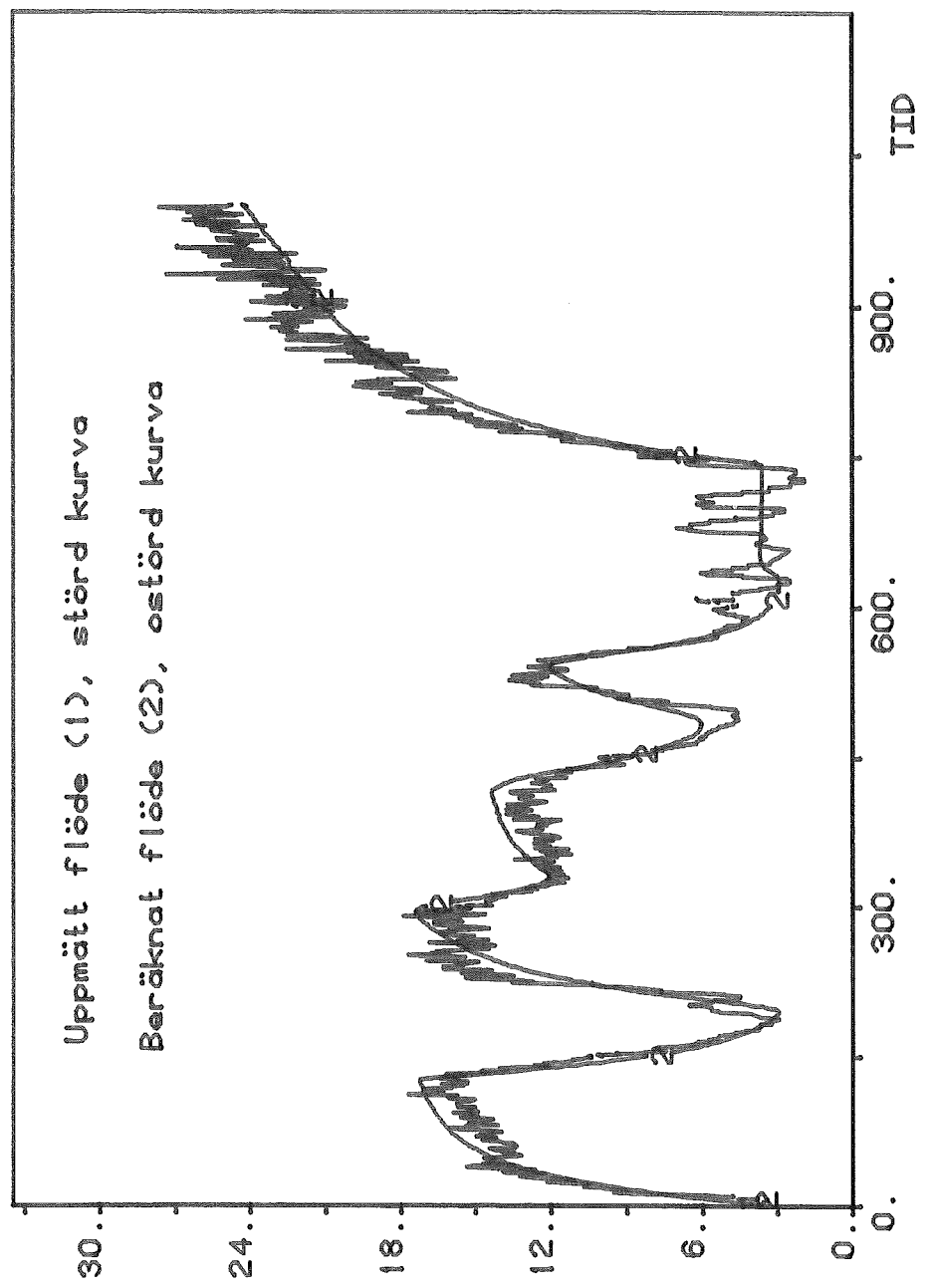
Ett försök att bestämma T ur figur 5 gav ett värde ≈ 3.5 s, vilket verkar fullt möjligt för ventilen. Denna skiss var ju ett försök att göra troligt att vi fortfarande är inne på rätt linje. Vi fortsatte med att göra en undersökning av nödvändig ordning på systemets överföringsfunktion $G \cdot G_F$ med hjälp av minsta kvadratmetoden på en av datafilerna. Detta gav följande resultat:

Loss	AIC		
0'e ord.syst.	7356	9640	
1'a ord.syst.	539	4437	
2'a ord.syst.	518	4369	

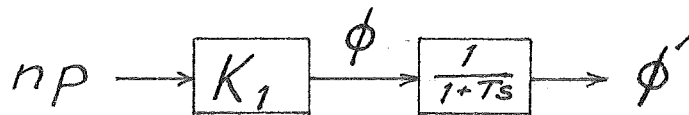
Loss och AIC är två testfunktioner som skall minimeras, här uppnås "tillräkligt" minimum redan vid första ordningens system. (2'a ord.syst. kostar mer än det smakar). Detta styrker vår hypotes att förgasaren är ett första ordningens system. Vi ansatte då sålunda $1/(1+Ts)$ som förgasarens överföringsfunktion utan att kunna bevisa att denna inte hör hemma i sökt G .

En jämförelse mellan system av $K_1 \cdot n \cdot p$ och $K_1 \cdot n \cdot p + K_2 \cdot n \cdot p^2$

FIGUR 6



identifierade med ML-metoden gav oss en indikering om att förbättringen med en $K_2 \cdot n \cdot p^2$ term var högst marginell. Så därefter fortsatte vi analysen utan denna faktor, dvs med överföringen,



där den diskreta identifierade formeln på systemet ges av:

$$\phi'(\text{ber}) = 10^{-2} \cdot q^{-1} \cdot n \cdot p / (1 - .96q^{-1}).$$

Avslutningsvis visas i figur 6 hur ϕ' (mät) överensstämmer med ϕ' (ber)

Adaptiv konstantsättning

Med identifieringen har vi erhållit en trovärdig modell för sambandet mellan bensinflödet från venturimunstycket å ena sidan och storheterna insugningstryck resp. varvtal å andra sidan, $(\phi = K_1 \cdot n \cdot p)$. Det återstående problemet var att ställa upp en algoritm för uppdatering av konstanten. Ursprungligen var det tänkt att tanksignalen skulle vara den referens med vilken det skulle vara möjligt att ställa denna (en jämförelse mellan $\int \phi dt$ och $\Delta \text{Tankvolym}$). Tyvärr visade det sig ju att den registrerade tanksignalen ej var användbar pga "hackaren". För att ändå kunna arbeta vidare med våra idéer gjorde vi det förenklade antagandet att $\int \phi' dt$ var en uppskattning av en filtrerad och korrigerad tanksignal. Meningen var nu att med en minsta kvadrat identifiering på rekursiv form bestämma den sökta konstanten. Den rekursiva formeln (3):

$$T(t) = P(t) \cdot \Delta U(t) / (1 + \Delta U(t)^2 \cdot P(t))$$

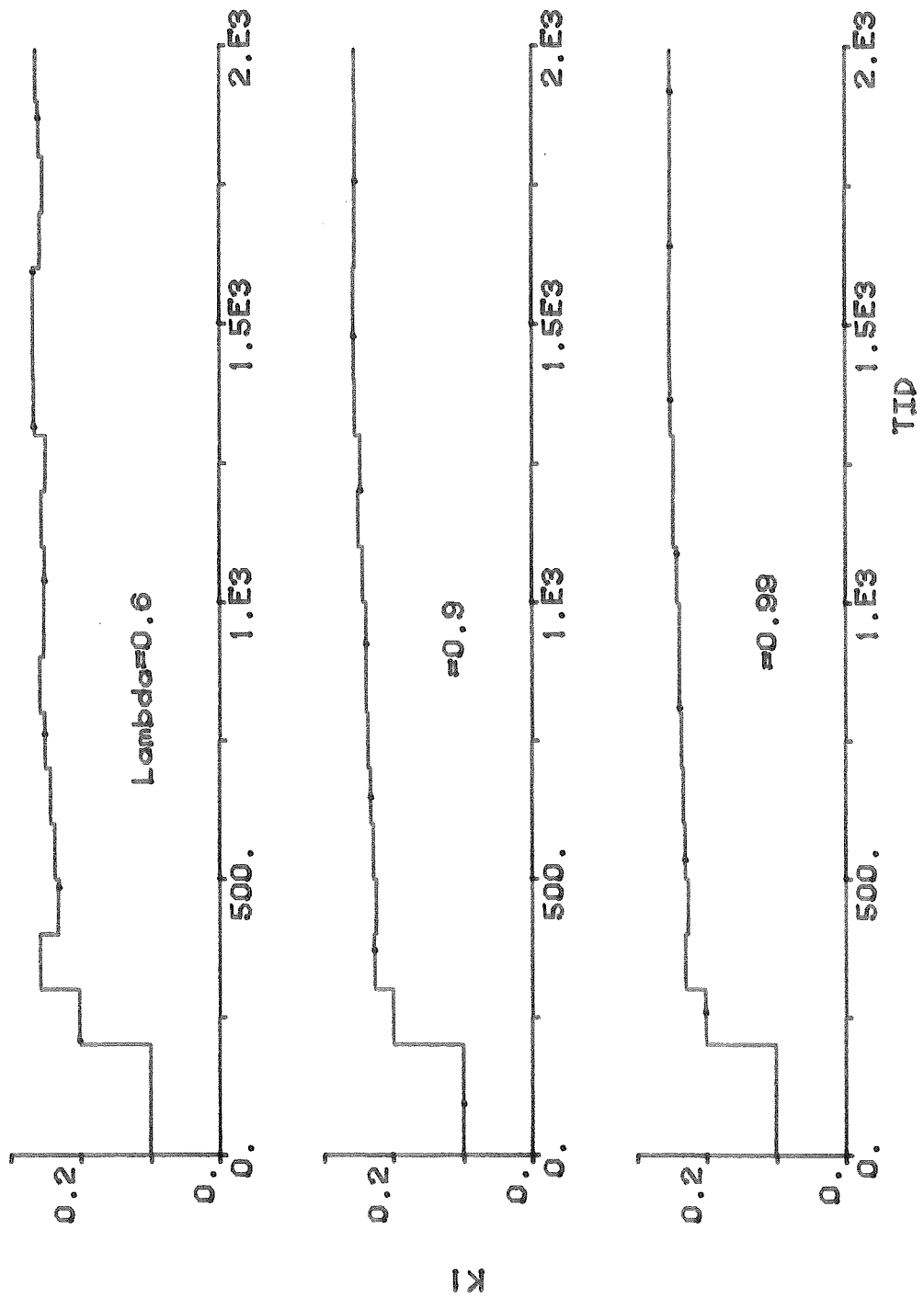
$$P(t+\tau) = (P(t) - T(t) \cdot \Delta U(t) \cdot P(t)) / \lambda$$

$$\hat{K}_1(t+\tau) = \hat{K}_1(t) + T(t) (\Delta V - \hat{K}_1(t) \cdot \Delta U)$$

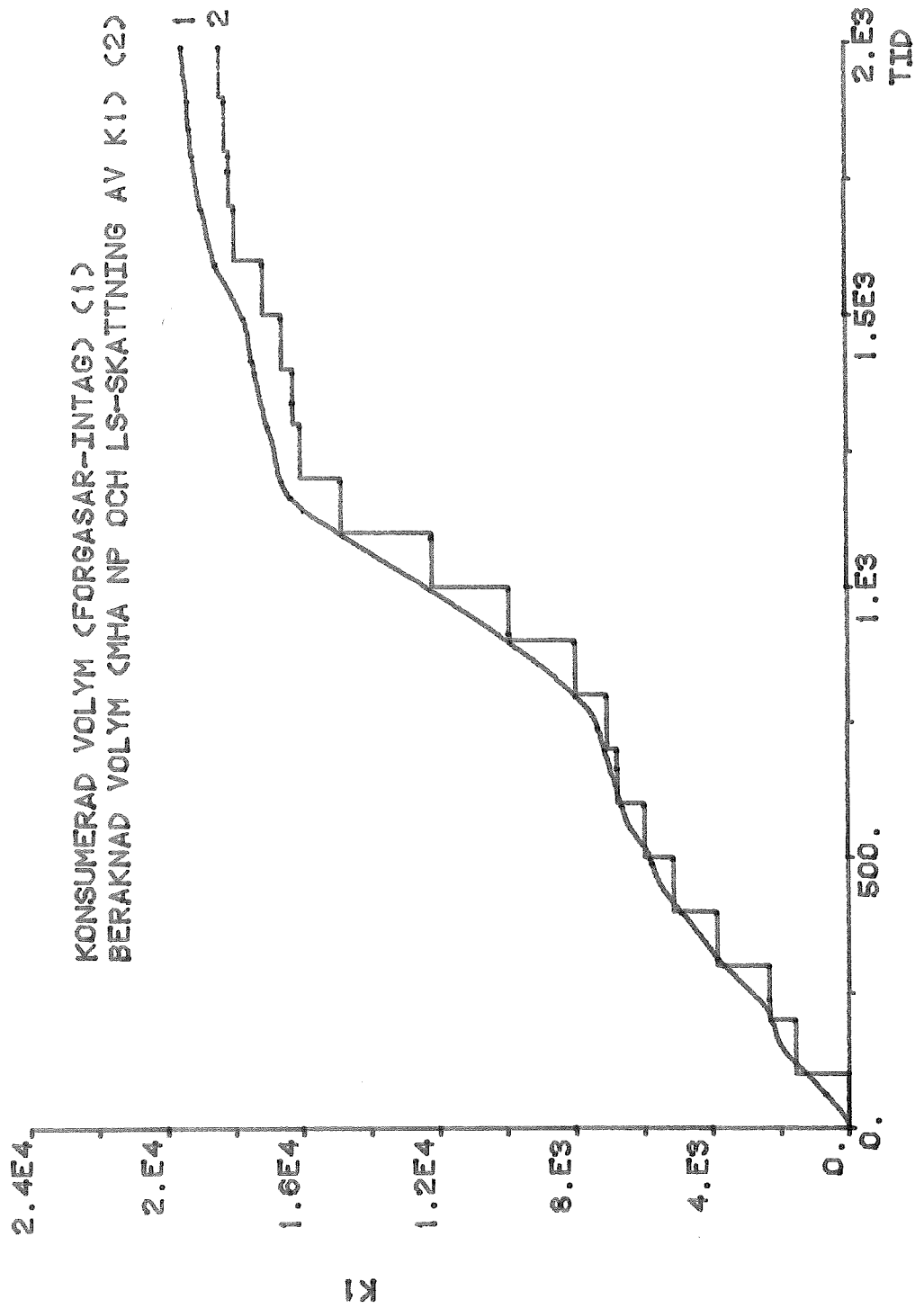
där $\Delta U(t)$ är $h \cdot \Sigma(n \cdot p)$ och ΔV är skillnadsvolymen mellan samplingstillfällena för tanken, i vårt fall $\int \phi' dt$. Samplingstiden för n och p är h och för tanken τ . Då gäller också $N \cdot h = \tau$. T och P är i formeln räknestorheter. Samplingstiden τ ville vi välja så att en signifikant förändring skulle hinna ske i tanken. Nu fick vi minska

FIGUR 7

K1's Insvangningsferlepp vid ulike Lambda.



FIGUR 8



denna tid betydligt från uppskattade ett par minuter till 10 sekunder för att kunna arbeta med våra korta tidsserier (3 min.).

Det λ som förekommer i formeln för P är en glömskefaktor. Den gör det möjligt att endast ett visst antal (m) av de senaste K_1 värdena, enligt tumregeln $m=2/(1-\lambda)$, viktas in med mer än 10%ig vikt.

Simuleringen av det adaptiva systemet utförde vi med hjälp av institutionens programpaket SIMNON, och den programvara vi skapade finns i bilaga C.

Systemets förmåga att ställa in konstanten med några olika glömskefaktorer finns i figur 7, där man också ser att den resulterande "statiska" nivån stämde bra överens med identifieringens värde. I figur 8 visar vi avslutningsvis hur väl beräknat integrerat flöde följer referensvolymen. Differensen från och med 120 sekunder beror på ϕ 's tröghet vid nedgång från snabbkörning till tomgång.

Vid en praktisk implementering är det nödvändigt att införa vissa tester och säkerhetsåtgärder. Till exempel bör man modifiera P-ekvationen för att förhindra "burst" i parameteruppskattningen.

Avslutning

Här borde nu en avslutande feluppskattning varit på sin plats, men eftersom vi inte har utnyttjat tanken som referenssignal utan istället $\int \phi' dt$ så kan vi inte uttala oss om slutfelet för ϕ . Felet mellan integralerna för ϕ och ϕ' är däremot högst marginellt i ett större tidsperspektiv. Vi har alltså försökt gjort det troligt att:

- Bensinflödet från venturimunstycket (ϕ) är lika med K_1 -motorvarv.(n) -trycket i insug.syst.(p).
- K_1 går att uppskatta med en minsta kvadrat identifiering där tidskonstanten beror på hur snabbt man kan få ett signifikant innehåll i tanksignalen.
- Dessutom tror vi att modellen är användbar även för diesel- och direktinsprutande-fordon, då dessa motortyper bränslematas i en mängd proportionellt mot insugningssystemets tryck.

Det här examensarbetet ger naturligtvis inte några vattentäta bevis, men inget tyder på att idéerna skulle vara felaktiga.

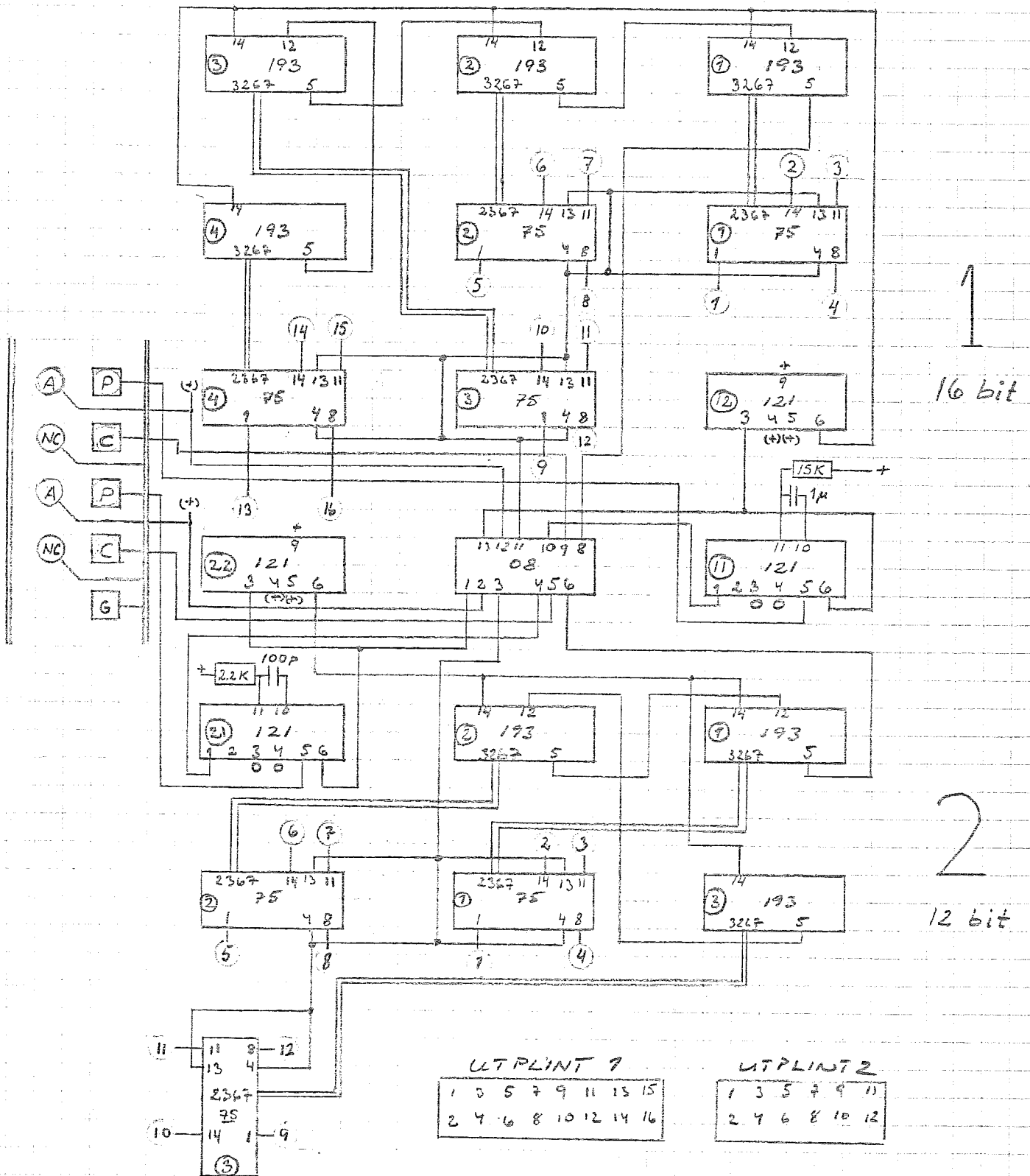
För hanterlighetens skull har vi ju som visats reducerat ner formeln under arbetet. Naturligtvis bör man om det blir aktuellt att utnyttja detta resultat praktiskt korrigera modellen för vissa felfaktorer. T.ex. klarar den här presenterade modellen inte av choke och accelerationsmunstycken.

Till sist vill vi säga att det har varit en

tillfredsställelse att jobba på detta sätt, från tankemodell via praktiska försök till teoretisk analys. Man upptäcker snart att det som tar tid i en sådan här undersökning är de "små" praktiska detaljerna som dyker upp i alla möjliga och omöjliga situationer.

A:1

2 STYCKEN LÅGFRÄKVENSRÄKNARE, OM 16 RESP. 12 BITAR.



+ = VCC
 0 = GROUND
 (+) = VCC via 1K
 ○ = a) till utplint b) komponentnr.

BESKRIVNING AV LÅG-FREKVENSRÄKNARE (TVA ENHETER)

Denna pulsräknare är egentligen gjord för att med datorstöd beräkna pulsfrekvenser från 0 Hz och uppåt, med betoning på låga frekvenser. De två enheterna är identiska vad det gäller principen, men de har olika upplösning (16 resp. 12 bitar).

Idén är enkel; räknaren matas med klockpulser med en frekvens större än mätsignalen. Klockpulserna räknar upp räkneenheter (74193) mellan mätpulsernas positiva flanker. När en sådan flank uppträder sker följande; först överförs räknarens innehåll till registerenheten (7475), därefter sker nollställning av räknaren. För att inte ändring av registerinnehållet skall ske när datorn läser av minnet, så finns en möjlighet att frysa dess värde, genom att göra A-ingången låg, se figur (räknarna påverkas ej av denna frysning). Utsignalerna från räknarna kopplas från utplintarna via flatkabel till Digin på PDP-11 (flatkabelingång finns på baksidan av dessa kretskort).

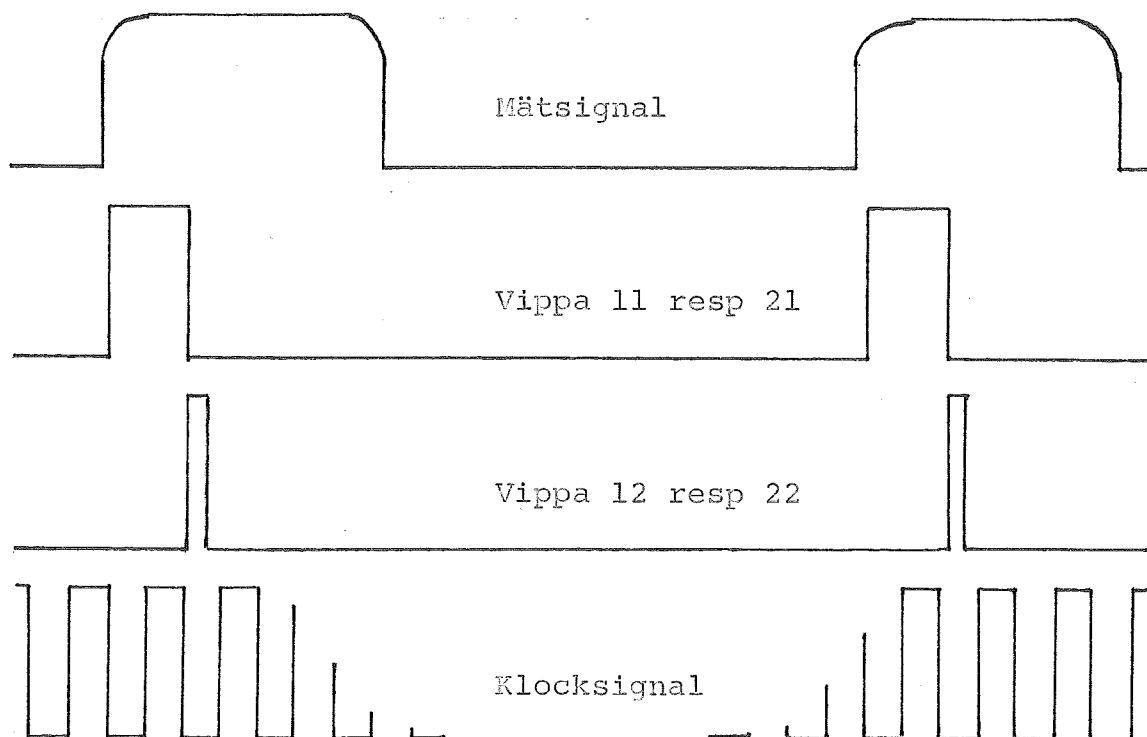
Ingångarna ligger enligt följande: (se figur)

- 16-bitars räknaren har signalingång på P_{16} , klockingång på C_{16} och lässkyddssignal på A_{16}
- 12-bitars räknaren har motsvarande ingångar på P_{12} , C_{12} och A_{12}
- NC står för no connection och G för ground
- Utplint1 är 16-bitars utgången och utplint2 hör

till 12-bitars delen

Se pulsdigrammet nedan; monovipporna 11 respektive 21 triggar på signalens positiva flank. Vid hög nivå råder räkneförbud och registren uppdateras (om inte A-ingången, lässkyddet, ligger låg). På vippornas (11, 21) negativa flank triggar vipporna 12 respektive 22, som nollställer räknarna. Längden på pulserna från 11 och 21 måste med passiva komponenter avpassas så att stabila nivåer i registren hinner uppnås.

Noteras bör att när 11 respektive 21 ligger höga, så sker ingen klockräkning. Då frekvensen skall räknas fram bör först en additiv konstant läggas till avläst räknevärde innan multiplikativ skalning och invertering sker, för att korrigera för de förlorade pulserna.



```
PROGRAM DATAS; {Exarbete G.Hed o K.Thorselius, 810219}
```

```
label 99;
```

```
const presschan=1; tankchan=2; doutchan=0;
      flowchan=0; rmschan=1;
      doutbit1=1; doutbit2=2;
```

```
type indtype=(toolate,timeout,operator);
```

```
var flow,rms,press,tank,freqflow,freqrms,pulses:real;
     isamp,flow1,rms1,nexttime,count,outcount,namecount,i:integer;
     answ1,answ2,letter:char;
     ind:indtype;
     dataf:file of char;
     datav:array[1..2000,1..4] of real;
     name: array[1..9] of char;
```

```
function adin(chan:integer):real;external;
procedure bitout(chan,bitnr:integer;value:boolean);external;
function digin(chan:integer):integer;external;
function itime:integer;external;
procedure wait(nexttime:integer;var ind:indtype);external;
```

```
begin
```

```
  bitout(doutchan,doutbit1,false);
  bitout(doutchan,doutbit2,false);
  answ1:='Y';
  name:=' dx1: data0';
  namecount:=0;
  while answ1='Y' do
    begin
      write('Nytt block?');
      readln(answ1);
      if answ1='Y' then
        begin
          write('Hur manga fardiga block finns?');
          readln(name[9]);
          name[9]:=succ(name[9]);
          rewrite(dataf,name);
          write('Samp.t.:(ant. 20ms)');
          readln(isamp);
          write('Flowfreq.:');
          readln(freqflow);
          pulses:=9.7*freqflow/1000.;
          write('Rmsfreq.:');
          readln(freqrms);
          writeln;
          namecount:=namecount+1;
          writeln(dataf,'% CREATE BLOCK',namecount,'.D');
          write('Kommentar?');
          readln(answ2);
          if answ2='Y' then
            begin
```

```

write('Komentar:');
write(dataf,' ');
i:=0;
while (not eoln) and (i<30) do
begin
i:=i+1;
read(letter);
write(dataf,letter);
end;
writeln;
writeln(dataf,' ');
end;
write('NU AR JAG KLAR! (satt Y)');
readln(answ2);
nexttime:=itime;
count:=1;
outcount:=0;
while count<=2000 do
begin
outcount:=outcount+1;
nexttime:=nexttime+isamp;
wait(nexttime,ind);
if ind=toolate then
writeln('Sen');
if ind=operator then
goto 99;

press:=adin(presschan);
tank:=adin(tankchan);
bitout(doutchan,doutbit1,true);
flow1:=digin(flowchan);
bitout(doutchan,doutbit1,false);
bitout(doutchan,doutbit2,true);
rms1:=digin(rmschan);
bitout(doutchan,doutbit2,false);

if flow1<0 then flow1:=32650;
flow:=flow1+pulses;
flow:=freqflow/flow;
rms:=freqrms/rms1;
if (flow<40) and (flow>0.3) and (rms<200) and (rms>20) then
begin
datav[count,1]:=press;
datav[count,2]:=tank;
datav[count,3]:=flow;
datav[count,4]:=rms;
if outcount=100 then
writeln(' PRESS TANK FLOW RMS');
if outcount>=100 then
begin
writeln(press:6:4,' ',tank:6:4,' ',flow:6:3,' ',rms:6:2);
if outcount>=103 then
begin
outcount:=0;

```

```
        writeln;
      end;
    end;
    count:=count+1;
  end
else
  if (flow>=40) or (flow<=0.3) then
    writeln('F:',flow)
  else
    writeln('V:',rms);
  end; {while}
  99:outcount:=outcount;
  for i:=1 to count-1 do
    writeln(dataf,datav[i,1]:6:4,' ',datav[i,2]:6:4,' ',
            datav[i,3]:6:3,' ',datav[i,4]:6:2);
  writeln(dataf,'% EXIT');
  close(dataf)
end; {if}
end; {while}
end.
```

```

CONTINUOUS SYSTEM VREF
INPUT FI
OUTPUT VOLREF
STATE V
DER DV
DV=FI
VOLREF=V
V=.05
END

```

```

DISCRETE SYSTEM VACT
INPUT NP
OUTPUT VOLACT
STATE U
NEW NU
TIME T
TSAMP TS
NU=NP+USUM
USUM=U
VOLACT=USUM*1.0
TS=T+DT
DT:1
END

```

```

DISCRETE SYSTEM LS
INPUT VOLREF VOLACT
STATE P K1 VRSUM VSUM X
NEW NP NK1 NVRSUM NVSUM NX
TIME T
TSAMP TSL
Y=VOLREF-VRSUM
U=VOLACT-VSUM
NVSUM=VOLACT
NVRSUM=VOLREF
K=P*U/(U*U*P+1)
NP=(P-K*U*P)/LAMDA
NK1=K1+K*(Y-K1*U)
Z=U*K1+X
NX=Z
TSL=T+DTL
DTL:100
P:.1
K1:.1
LAMDA:.95
END

```

```

CONNECTING SYSTEM CONG
TIME T
FI[VREF]=C3[IFILE]
NP[VACT]=C1[IFILE]
VOLACT[LS]=VOLACT[VACT]
VOLREF[LS]=VOLREF[VREF]
END
)LIST (LP) VREF VACT LS CONG

```

Referenslista

- (1) M Tanaka och E J Durbin,
'Transient Response of a Carburetor Engine',
770046 SAE Transactions.

- (2) B K Powell,
'A Simulation Model of an Internal Combustion
Engine-Dynamometer System',
Proceedings of the 1978 Summer Computer
Simulation Conference, LA, USA, s. 474-9.

- (3) G C Goodwin och R L Payne,
'Dynamic System Identification: Experiment
Design and Data Analysis',
Mathematics in science and engineering, Vol 136.