

REFERAT AV HANDBOK FÖR TA 6500 MIKRODATOR-
BASERAD REGLERENHET

UNDERSÖKNING AV NÅGRA OLIKA INSTÄLLNINGS-
REGLER FÖR PI-REGULATORER

ANDERS MÖLLERSTRÖM

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

MARCH 1983

Dokumentutgivare

Dokumentnamn

Dokumentbeteckning

Handläggare

Utgivningsdatum

Ärendebeteckning

Författare

X Anders Möllerström

5291

Dokumenttitel och undertitel

X Reprat av handbok för TA 6500 Mikroprocessorbaserad reglerenhet
undersökning av några olika inställningsregler för PI-regulatorer
(Handbook for TA 6500 microprocessor control unit and investi-
gation of some tuning rules for PI-controllers)

Referat (sammendrag)

X Arbetet består av två av varandra beroende delar.
Den första delen innehåller i huvudsak ett reprat av
en handbok för Torst & Andersson AB's reglerenhet TA 6500.
Den andra delen innehåller en redovisning över en under-
sökning av några olika inställningsregler för PI-regulatorer.

Referat skrivet av

Förslag till ytterligare nyckelord

Klassifikationsystem och -klass(er)

Indextermer (ange källa)

Omfång

X 40 sidor

Övriga bibliografiska uppgifter

Språk

Sekretessuppgifter

ISSN

ISBN

Dokumentet kan erhållas från

Mottagarens uppgifter

Pris

REFERAT AV HANDBOK FÖR TA 6500 MIKRODATOR-
BASERAD REGLERENHET

UNDERSÖKNING AV NÅGRA OLIKA INSTÄLLNINGS-
REGLER FÖR PI-REGULATORER

REFERAT AV HANDBOK FÖR TA 6500 MIKRODATOR-
BASERAD REGLERENHET

UNDERSÖKNING AV NÅGRA OLIKA INSTÄLLNINGS-
REGLER FÖR PI-REGULATORER

ABSTRACT

This work contains two independent parts.

The first part is mainly a report on a documentation of a microprocessed control device called TA 6500, manufactured by Tour & Anderson AB.

The other part contains a documentation of an investigation concerning different adjustment rules for PI-controllers.

REFERENSER

Handbok TA 6500 Tour & Andersson

REGLERTEKNIK - en elementär introduktion, kapitel 5

PID reglering, Karl Johan Åström

SIMNON - An interactive simulation program for non-linear systems, User's Manual, H Elmqvist

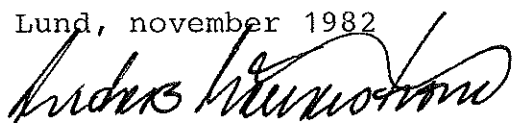
INLEDNING

Föreliggande examensarbete består av två av varandra oberoende delar.

Den första delen innehåller i huvudsak ett referat av ett dokumentationsarbete gjort hos Tour & Andersson i Malmö. Detta arbete utfördes tillsammans med en annan teknolog.

Den andra delen innehåller en dokumentation över en undersökning av inställningsregler för PI-regulatorer gjord på institutionens terminaler av undertecknad.

Lund, november 1982



Anders Möllerström

1 HANDBOK FÖR TA 6500

ÄNDAMÅL OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Bakgrunden till detta arbetes utförande ligger i att AB Tour & Andersson, Malmö, konstruerat och tillverkat en mikrodatorbaserad reglerenhet benämnd TA 6500.

Vid tidpunkten för detta arbetes utförande (sommaren 1980) hade denna enhet sålts i ungefär ett år. Ett behov för en noggrannare dokumentation, dels ur hårdvarumässig synpunkt, men framför allt ur mjukvarumässig synpunkt, hade växt fram.

Samtidigt hade man ambitioner att ge kunden en lättfattlig handbok som innefattade allt från specifikationer, beskrivningar och installationsanvisningar till programmering kombinerat med exempel och idrifttagande av enheten.

Handboken var också tänkt att kunna användas för undervisningsändamål, försäljningsargument m m.

Med dessa krav och önskemål för handen skred undertecknad tillsammans med teknologen Lars Malmheden till verket i början av juni 1980 och avslutade arbetet tre månader senare.

Resultatet i form av ett handskrivet manus har presenterats handledaren vid institutionen för regleringsteknik och antagits som examensarbete för und.

Föreliggande rapport redogör i stora drag för innehållet i ovan nämnda arbete. Avsnitt som bedömts vara av mindre intresse har endast fått en ytlig presentation emedan andra avsnitt berörande regulatorer och programmering och användandet av dessa rönt större uppmärksamhet.

PRESENTATION KAPITELVIS

Kapitel 1 - Inledning

Detta kapitel innehåller en inledning samt en redogörelse för innehållets viktigaste delar.

Kapitel 2 - Grundläggande datortekniska termer

I detta avsnitt är det tänkt att ge en presentation och förklaring av grundläggande datortekniska termer. Detta kapitel skrivs av TA-personal.

Kapitel 3 och 4 - Allmän beskrivning och användningsområden

I dessa båda kapitel beskrivs hur TA 6500 kan användas, olika användningsområden i stora såväl som i små system, användning av bordsdatorer etc.

Nedan följer "Inledande beskrivning".

– Inledande beskrivning

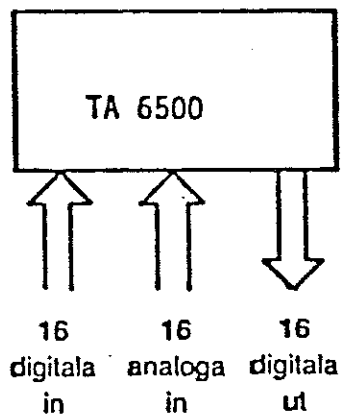
TA 6500 är en mikrodatorbaserad undercentral, tillhörande DDC-6 familjen, med egen programvara och utrustning för reglering och styrning. Undercentralen har 16 st digitala ingångar, 16 st analoga ingångar och 16 st digitala utgångar. Undercentralens grundprogram innehåller bl. a.

- larmhantering
- gränsvärdeskontroll
- 8 st PI-reglerloopar
- processkontrollspråk, mini-IPCL, för kundanpassad styrning
- kommunikation med överordnad dator.

Denna kombination av hårdvara och mjukvara gör att undercentralen lämpar sig utmärkt för decentraliserade tillämpningar inom områdena styrning, reglering och övervakning.

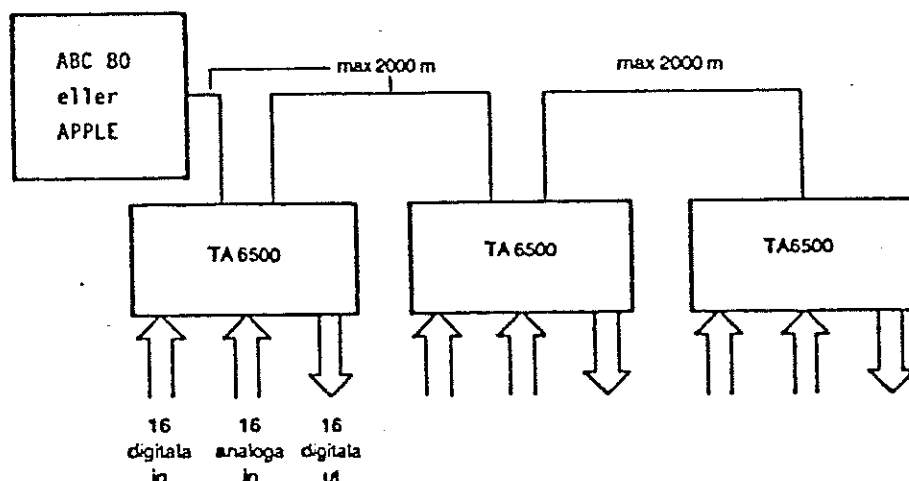
För att visa hur undercentralen TA 6500 kan utnyttjas i små och stora system har vi valt att exemplifiera med ett par olika tillämpningar.

Ex.1 TA 6500 som självständigt arbetande enhet utan förbindelse med överordnad dator.



I detta fall arbetar TA 6500 helt efter det tillämpningsprogram för styrning, reglering och övervakning som man har brännt in i undercentralens minne. Allt informationsutbyte, både med processen och operatören, sker via in- och utgångarna.

Ex. 2 Ett mindre system bestående av upp till 10 st undercentraler TA 6500 och en överordnad datahuvudcentral, av typ "hemdatorer" ABC 80 eller APPLE.



Varje undercentral arbetar här självständigt med styrning, reglering och övervakning. Här tillkommer dessutom möjligheten att via huvudcentralen centralt övervaka och påverka anslutna undercentraler.

En vanlig tillämpning är att låta huvudcentralen skriva ut de larm som undercentralerna genererar. Detta system gör det också möjligt att i huvudcentralen lägga alla de tidstyrningar (start, stopp) som behövs i anläggningen.

Via huvudcentralens tagentbord är det möjligt att påverka alla undercentralens funktioner.

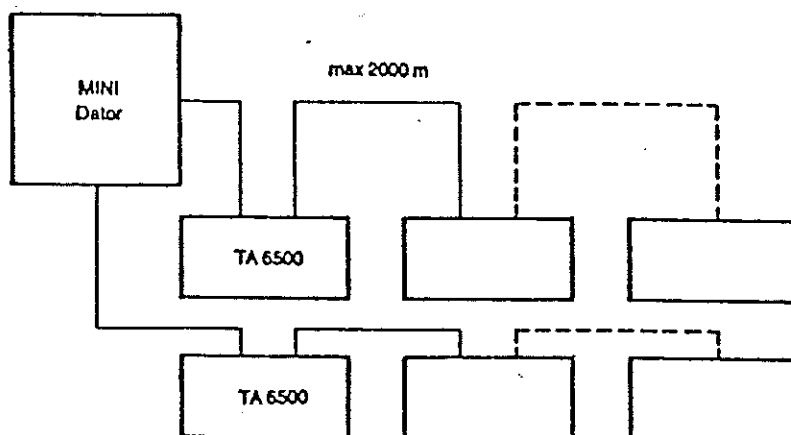
Det är möjligt att t.ex. ändra:

- börvärden
- larmgränser
- reglerfunktioner
- logikstyrningen.

Dessutom är det möjligt att med hjälp av en prombrännare göra helt nya funktionsprogram för undercentralen.

För tillämpningar av denna typ behövs förutom denna handbok även en beskrivning av de funktioner som ligger i ABC 80/APPLE datorn. TA:s handbok "TA 6500 och BASIC-datorer" ger denna beskrivning.

Ex. 3 Ett system med större krav på samordning av undercentralernas verksamhet byggs upp med en minidator som huvudcentral.



Minidatorns kapacitet gör det möjligt att ansluta upp till 400 undercentraler till en huvudcentral.

Dessutom finns det då möjligheter att ha en mer sofistikerad larmhantering med olika kombinationer av skrivmaskiner, färg och svart-vita bildskärmar.

För denna typ av system har TA utvecklat ett programpaket DDC-6 som förutom avancerad larmhantering ger stora möjligheter att samordna och optimera anslutna undercentralers verksamhet. Dessa möjligheter finns beskrivna i de DDC-6 beskrivningar som TA har tagit fram.

Förkortningar

I den följande beskrivningen kommer läsaren att stöta på ett par ofta förekommande begrepp, HC och DUC. Med HC avses huvudcentral, dvs överordnad dator (jfr. ex. 2 och 3 ovan). Med DUC avses dataundercentral TA 6500.

Kap 5 - Specifikation och teknisk beskrivning

Specifikationer

Montageenhet A

| | |
|---------------|----------------|
| Artikelnummer | 900-06540-00 |
| Skyddsform | IP54(S43) |
| Mått | 540x540x180 mm |
| Vikt | 17.9 kg |

Montageenhet B

| | |
|---------------|--------------|
| Artikelnummer | 900-06541-00 |
| Mått | 515x365 mm |
| Vikt | 4.1 kg |

Elektronikenhet

| | |
|----------------------|----------------------|
| Artikelnummer | 900-06505-00 |
| Drivspänning | 24 V + 10% 50/60 Hz |
| Effektförbrukning | 40 VA |
| Omgivningstemperatur | |
| Drift | max +40°C min 0°C |
| Lagring | max +70°C min 0°C |
| Omgivningsfuktighet | max 90% RH |
| Vikt | 4.3 kg |

Digitala ingångar

| | |
|-----------------------------|---------|
| Spänning över öppen kontakt | 24 V DC |
| Ström genom slutna kontakt | 15 mA |

Analoga ingångar

| | |
|-----------------------------------|---|
| Insignal | 0-20 mA |
| Tillåten ström över ingång | 350 mA |
| Matningsspänning till transmitter | 24 V DC |
| Avvikelse vid analog inläsning | + 0.15% av uppmätt värde + 0.05% av mätområdet |

Digitala utgångar

| | |
|-------------------|-------------|
| Tillåten spänning | max 48 V AC |
| Tillåten ström | max 0.75 A |

Kommunikationsingångar**Differentiell mottagare**

| | |
|-------------|---------|
| Inresistans | 68 ohm |
| Inspänning | 0.1-18V |
| Common mode | 0-18 V |

Kommunikationsutgångar**Balanserad spänningsmatning**

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| Utström | 200 mA vid 68 ohm belastning |
| Max utström (avsäkrad) | 315 mA |
| Utspänning | 13.5 + 20% |

Kapitel 6

Tekniskt utförande

Undercentralen TA 6500 består av

- en elektronikenhet samt
- en montageenhet
 - typ A för individuellt kapslat utförande
 - typ B för installation i apparatskåp eller annat speciellt montage

Elektronikenheten består i standardutförande av 3 st kretskort

- huvudkort 6510 - som innehåller den mikrodatorstyrda logiken samt in- och utgångar
- kommunikationskort 6520 - som möjliggör kommunikation mellan undercentralen (DUC) och huvudcentral (HC) eller mellan undercentraler
- kraftförsörjningskort 6530 - som omvandlar 24 V AC inkommande spänning till anpassade spänningar

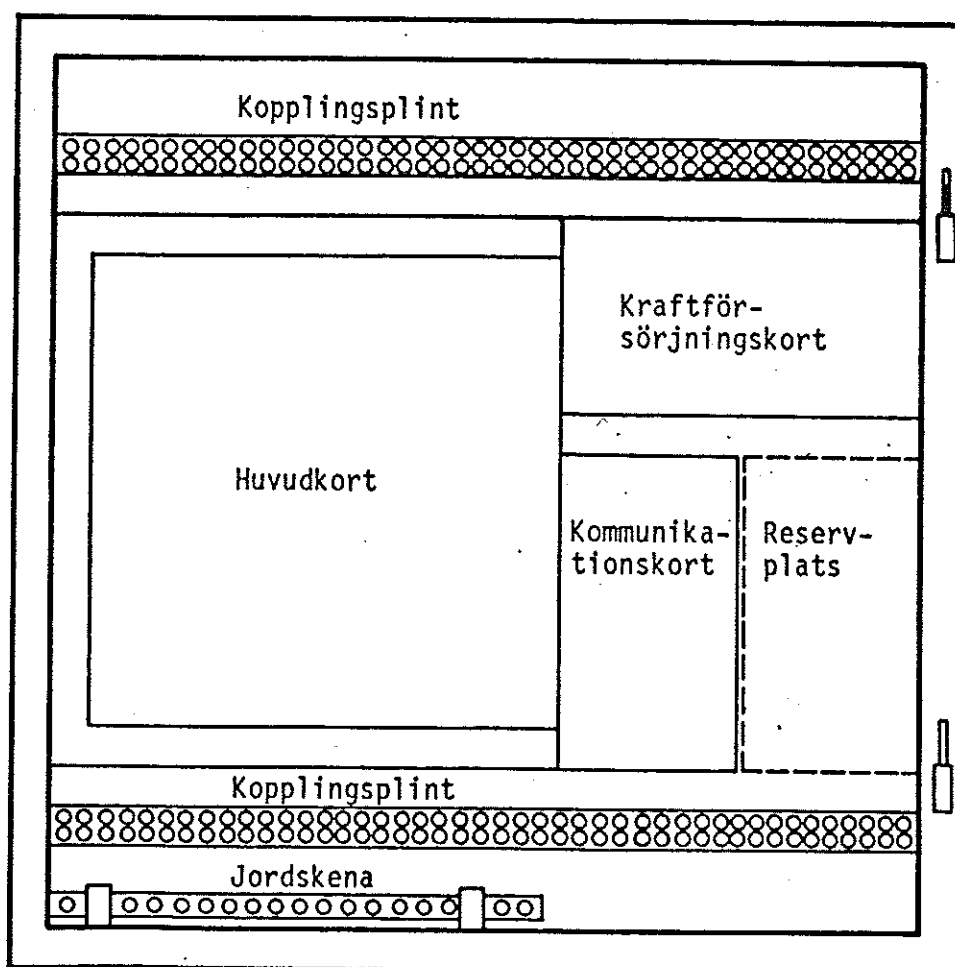


Fig. 2.1 Kortplacering i undercentralen TA 6500
(i lexiglas skiva demonterad)

Huvudkretskort 6510

Huvudkortet är uppbyggt kring mikroprocessorn MOTOROLA 6802 och innehåller:

- Automatisk återstart, vilket erhålles då överkopplingsbygget S 1 (se fig. 2.2) är på plats. Normalt skall bygeln vara påsatt. Denna tas bort endast då speciell testutrustning inkopplas.
- 1Kbyte RWM-minne (Read Write Memory – läs- och skrivminne).
- 6 st 1Kbyte PROM-kapslar (Programmable Read Only Memory – förprogrammerat fast minne). Varje PROM-kapsel har en speciell färgmärkning för identifiering.
- 16 st digitala ingångar för potentialfria slutande/brytande kontakter. Används till larm, driftindikering, pulsräkning etc. Kontakterna matas med 24 V DC från undercentralen. Varje ingång har en lysdiod för indikering av kontaklläge samt optokopplare för galvanisk isolation. Lysdioderna avger ett fast sken när kontakten är sluten.
- 16 st analoga ingångskretsar med gemensam A/D-omvandlare för 0–20 mA. Ingångskretsarna är skyddade mot överspänningar. A/D-omvandlingen har en total noggrannhet som är bättre än $\pm 0.1\%$ av uppmätt värde. 24 V DC matning för transmitters erhålles från undercentralen. De analoga ingångarna kan även användas för digitala indikeringar och medger då även ledningsövervakning. Varje ingång har en lysdiod som blinkar vid varje avläsningstillfälle.
- 16 st digitala utgångar för styrning av olika objekt t.ex. fläktar, pumpar och ventiler.

Utgångarna är optiskt isolerade triacutgångar. Maximalt kan de belastas med 48 V AC och 0.75 A. Varje utgång har lysdiodindikering för av mikrodatorm utställd signal samt omkopplare för AUTO-FRÅN-TILL-funktioner.

- Adressomkopplare (S 4 i fig. 2.2) används för att identifiera en undercentral när flera finns i samma slinga. Varje undercentral tilldelas ett nummer 1–127 som trycks in med binärkod på omkopplaren.
- Hastighetsomkopplare för val av kommunikationshastighet. Genom att flytta bygeln mellan de olika stiften kan upp till 6 olika kommunikationshastigheter uppnås. Med bygeln i översta positionen (se fig. 2.2) erhålls högsta hastigheten och i nedersta positionen den lägsta. Räknet uppiifrån och nedåt kan följande hastigheter erhållas:

9600 baud (överst)
 4800 ..
 2400 ..
 1200 ..
 600 ..
 300 .. (nederst)

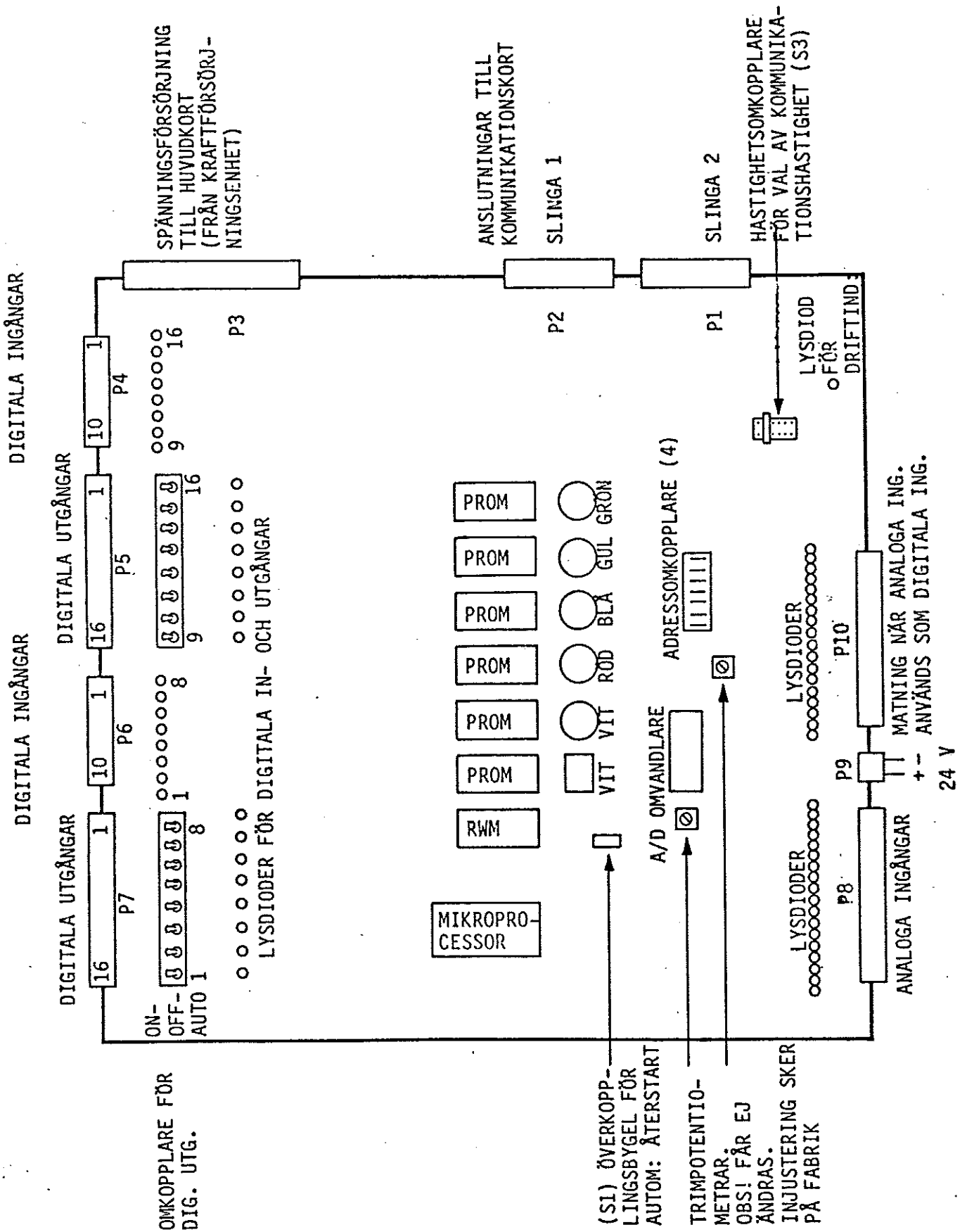


Fig. 2.2 Disposition av huvudkort 6510

Kommunikationskort 6520

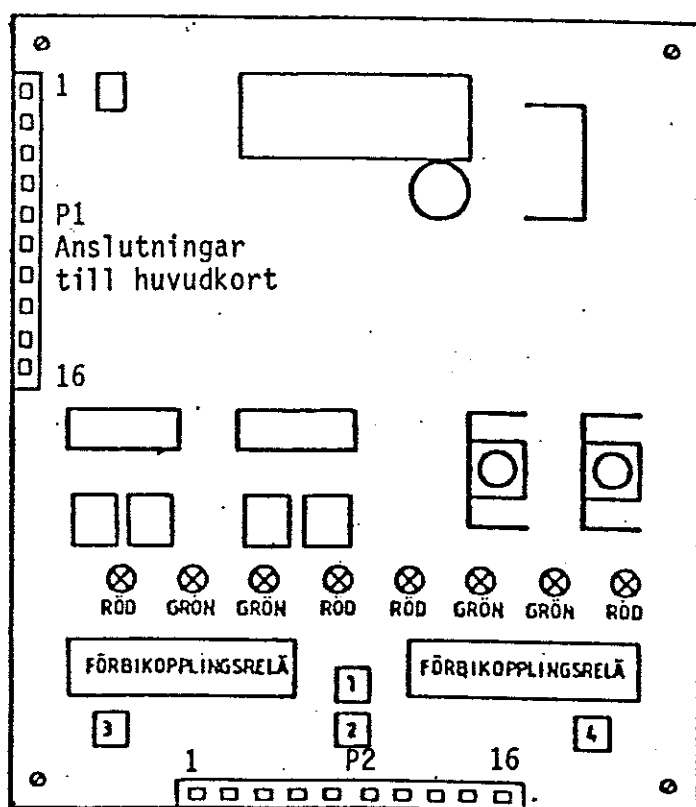
Kommunikation över 4-trådsförbindelsen anslutes till undercentralen via 6520. Denna innehåller:

- Relä för förbikoppling av signalen vid fel på undercentralen eller vid spänningsbortfall.
- Watch-dog-funktion för övervakning av spänningsmatning och funktion hos huvudkortet 6510.

Watch-dog-funktionen styr förbikopplingsreläet. Vid återkommande spänning återstartas och inkopplas undercentralen inom 0,1 sek.

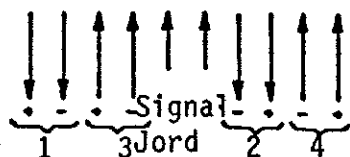
Signalöverföringen sker med 300 till 9600 bits/s (baud) via 4-trådsledning.

I varje 6520 sker en förstärkning av kommunikationssignalen så att ett avstånd på upp till 2 km mellan varje undercentral kan tillåtas.



8 st lysdioder

4 st säkringar
F315/250V



Signalriktning

1. Till efterföljande undercentral
2. Till HC
3. Från föregående undercentral till HC.
4. Från HC till undercentralen

Fig. 2.3. Disposition av kommunikationskort

Kraftförsörjningskort 6530

Kraftförsörjningskortet matas med 24 V, 40 VA. Kortet försörjer sedan huvudkretskort och kommunikationskort med erforderliga spänningar.

- + 5 V för processor, minnen och kommunikation
- + 24 V för mätsignaler
- + 24 v för digitala insignaler
- 5 V för A/D-omvandlare och minne
- + 12 V för minne
- 11 V AC för kommunikation

Säkringen som visas i fig. 2.5 är en "snabb" 0.315 A-säkring med beteckningen F 315/250 V och har till uppgift att begränsa den inkommande strömmen för de analoga ingångarna.

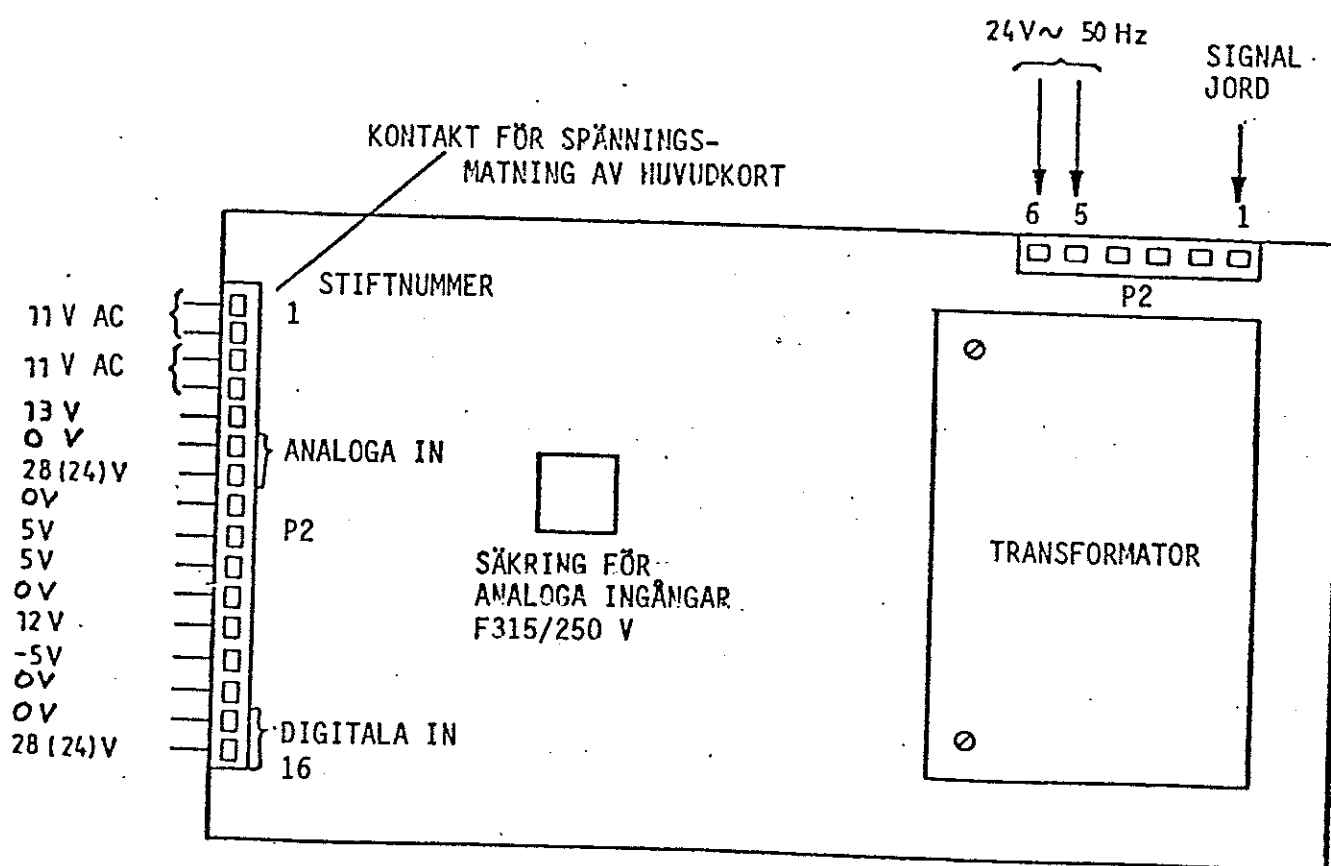


Fig. 2.5 In- och utgångar på kraftförsörjningsenhet

KAPITEL 7 - FUNKTIONSBESKRIVNING

Följande avsnitt är "saxat" ur beskrivningen "sid 4-8".

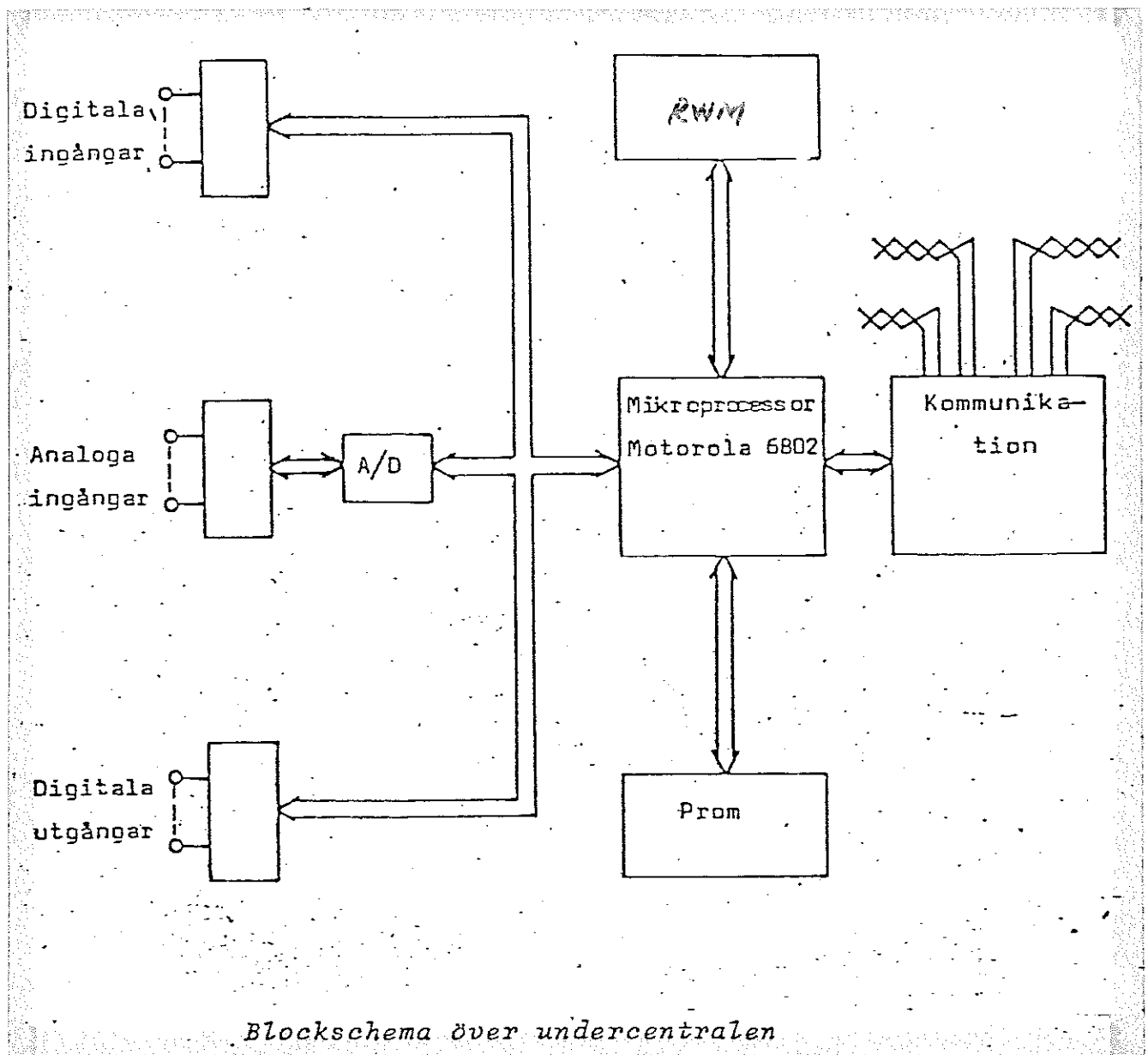
Den på huvudkortet placerade mikrodatorn fungerar i praktiken som en stor dator och har således ett program lagrat i ett minne som bestämmer undercentralens funktion.

Mikrodatorn består av ett tiotal integrerade kretsar inklusive minnet. Kapseln som innehåller mikrodatorns styrenhet - mikroprocessorn - är en mycket komplex halvledarkrets med ett stort antal logiska funktioner. Mikroprocessorn i TA 6500 har beteckningen Motorola 6802.

Minnet till mikrodatorn är av halvledartyp men i två olika varianter: RWM och PROM.

RWM = Read Write Memory, på svenska läs, skriv minne eller direktminne. I ett RWM kan mikrodatorn lagra information som den sedan kan läsa av. Den information som lagras i RWM är bl a mätvärden och mellanresultat. För att ett RWM skall behålla den inlåsta informationen måste det vara spänningsförsörjt hela tiden.

Se blockschema nästa sida.



PROM = Programmable Read Only Memory, på svenska programmerbart läsminne. Mellan PROM och RWM finns två viktiga skillnader:

- 1 Mikrodatorn kan inte ändra någon information i PROM utan endast läsa minnesinnehållet.
- 2 Ett PROM behåller informationen även under spänningsavbrott.

Ett PROM-minne programmeras i en speciell apparat, en PROM-programmerare, PROM-kapslarna monteras sedan i undercentralen då den är installerad.

De PROM-kapslar som finns i TA 6500 innehåller vardera 1 kbyte (= 1024 bytes, 1 byte = 8 bits). I dessa finns ett grundprogram som är specifikt för varje undercentral och bestämmer undercentralens funktion.

Grundprogrammet innehåller bl a åtta regulatorer med proportionell och integrerande verkan (PI-funktion) med regulatorparametrar och börvärden. Vidare finns data om varje givare som är ansluten till undercentralen (typ, hysteres, hög- och låggräns, skalfaktor och nollpunkt).

Alla dessa grunddata måste vara bestämda då PROM-kapslarna programmeras. Om någon av dessa parametrar skall ändras permanent, sker detta genom att byta ut en befintlig PROM-kapsel mot en som är programmerad med det nya värdet. Den gamla PROM-kapseln kan programmeras på nytt efter att ha raderats med UV-ljud i en speciell apparat, en PROM-raderare.

I PROM finns dessutom ett funktionsprogram (IPCL), vilket gör att mikrodatorn kan utföra enkla förreglingar, villkorliga start och stopp etc.

Mikrodatorn är försedd med automatisk återstart. Det innebär att den startar automatiskt då drivspänningen inkopplas. Lysdioden RUN blinkar då undercentralen är i drift.

Varje gång undercentralen startar, flyttas börvärden, gränsvärden och regulatorparametrar från PROM till RWM. Regleringen sker sedan efter dessa värden. Det innebär att de kan ändras från huvudcentralen (HC) så att de anpassas efter anläggningens varierande egenskaper och driftvillkor. Observera att vid ett spänningsavbrott med åtföljande återstart kommer undercentralen att reglera efter de fasta värdena i PROM.

I kommunikationskortet 6502 anpassas signalerna mellan midrodatorn och fyrtrådsledningen till huvudcentralen (HC). Kommunikationen mellan DUC:ar är ej möjlig. Om kraftförsörjningen till en undercentral uteblir, faller två reläer på transmissionskortet, som då kopplar ihop in- och utgående fyrtrådsledning direkt. Kommunikationen mellan huvudcentralen och övriga undercentraler kan då fortsätta obehindrat. De lysdioder som finns på transmissionskortet används endast vid felsökning och service.

KAPITEL 8 - INKOPPLING

Detta kapitel handlar om inkoppling av de olika in- och utgångarna i kopplingsplinten. Beskrivning ges också hur analogingångarna används som digitalingångar samt inkoppling av transmissionsledningar och strömförsörjning.

KAPITEL 9 - UPPSTART

Detta kapitel ger instruktioner vad gäller idrifttagande av TA 6500, instruktioner vid felindikering, samt programavprovning och injustering.

KAPITEL 10 OCH 11 - DOKUMENTATION AV UCDOKE OCH MINI IPCL

Följande avsnitt är "saxat" under rubriken "Programvara"

Programvara

För att erhålla stor flexibilitet har programmet till mikroprocessorn i TA 6500 uppdelats i en fast del och en för varje installation specifik del. Hela programmet ligger i PROM-minnena, men vid uppstart överförs den specifika programdelen till RWM-minnet.

Det fasta programmet innehåller bl a rutiner för avläsning av ingångar, kommunikation med HC och PI-reglering.

Det för varje DUC specifika programmet kan i sin tur uppdelas i UCDOK, som innehåller parametrar för det fasta programmet, och i mini-IPCL-kod, som är ett program i ett för processreglering speciellt anpassat språk.

UCDOK (Undercentralsdokumentation) består i princip av ett antal tabeller. I dessa fylls parametrar i som beskriver t ex typ av givare på analogingång, om digitalingång skall förses med räknare eller konstanter till regulator-algoritmerna. Det fasta programmet använder sedan dessa tabeller då det skall avläsa ingångar, reglera etc.

Mini-IPCL är ett specialkonstruerat språk för processreglering och ger möjligheten att för varje installation skraddarsy speciella funktioner. Mini-IPCL innehåller för detta ändamål instruktioner såsom logiska operationer, flyttalsoperationer, hopp och fördröjningar.

Ur UCDOK presenteras nedan de intressantaste avsnitten.

Låg- och höggräns

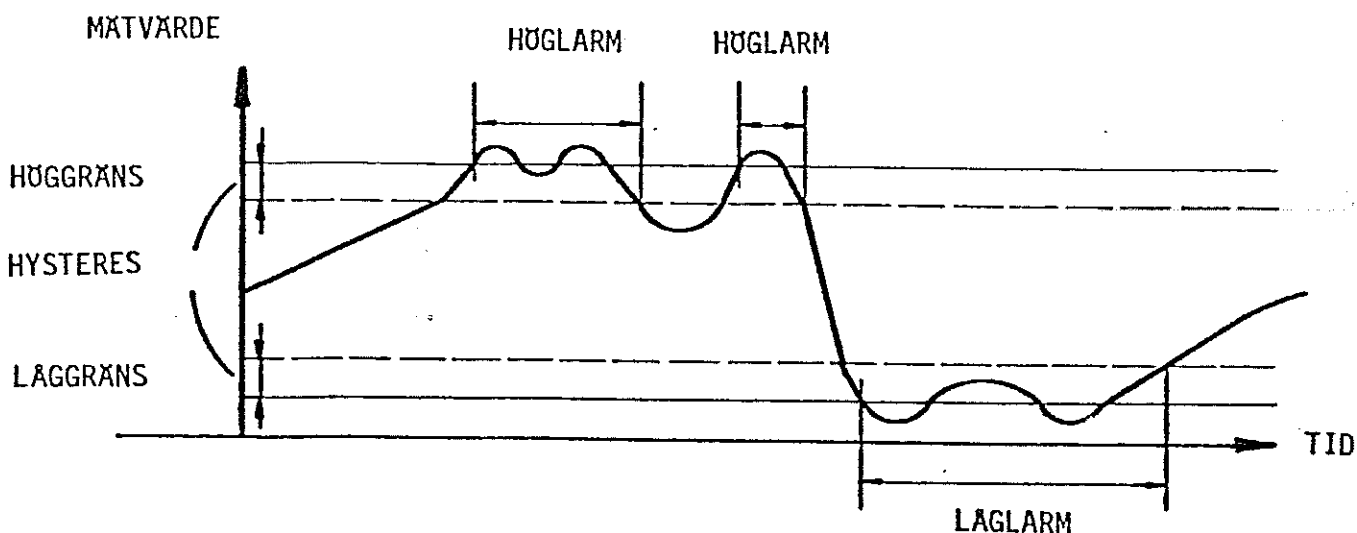
Varje sekund kontrollerar grundprogrammet hög- och låggränserna för ett av de 16 mätvärdena. De mätvärden som vid två på varandra följande kontroller ligger utanför resp gräns ger upphov till ett låg- eller höglarm. Dessa larm lagras i den interna larmtabellen på samma sätt som de digitala larmen. För att skilja larmen åt när de lagras in i larmtabellen numreras de enligt följande:

Larm från de digitala ingångarna 1–16 får larm nr 1–16.

Låglarm från mätvärdena 1–16 får larm nr 17–32.

Höglarm från mätvärdena 1–16 får larm nr 33–48.

I gränsvärdesövervakningen ingår även en hysteres, se figur. Hysteresen förhindrar att flera larm utlöses då mätvärdet rör sig kring låg- eller höggränsen.



I undercentralen finns utrymme att beskriva upp till 8 olika låggräns-, höggräns- och hystereskombinationer. Gränsvärdena och hysteresen anges i samma sort som det övervakade mätvärdet har, t.ex. °C om det gäller en temperaturmätning. De olika gränskombinationerna finns sammanfattade under beteckningarna GRÄNS(1) – GRÄNS(8) på sid 5 i appendix A.

Låggräns, höggräns och hysteres definieras alltså enligt följande:

Låggräns: Är det värde vid vilket låglarm slår till.

Höggräns: Är det värde vid vilket höglarm slår till.

Hysteres: Anger den avvikelse från gränsen vid vilken larmet skall slå av. Vid låggräns slår larmet av när mätvärdet ligger på låggräns + hysteres. Vid höggräns slås larmet av när mätvärdet ligger på höggräns – hysteres. Larmen slår därefter till igen när resp gräns passeras.

Mätvärdesfiltrering

Om man önskar, kan man låta grundprogrammet filtrera mätvärdet innan det behandlas och lagras. Detta för att förhindra att tillfälliga störningar skall påverka mätresultatet i alltför hög grad.

Filtreringen sker enligt följande formel:

$$MV = FF \times GV + (1 - FF) \times UV$$

MV = mätvärde efter filtrering
 FF = filterfaktor (≤ 1)
 GV = MV från föregående mätning
 UV = uppmätt värde före filtrering

I programmet finns det fyra olika filterfaktorer att välja på, nämligen:

0 → 0 ingen filtrering
 1 → 0.5
 2 → 0.8
 3 → 0.9

För att åskådliggöra verkan av de olika filterfaktorerna har kurvorna uppritats i fig. 4.3.

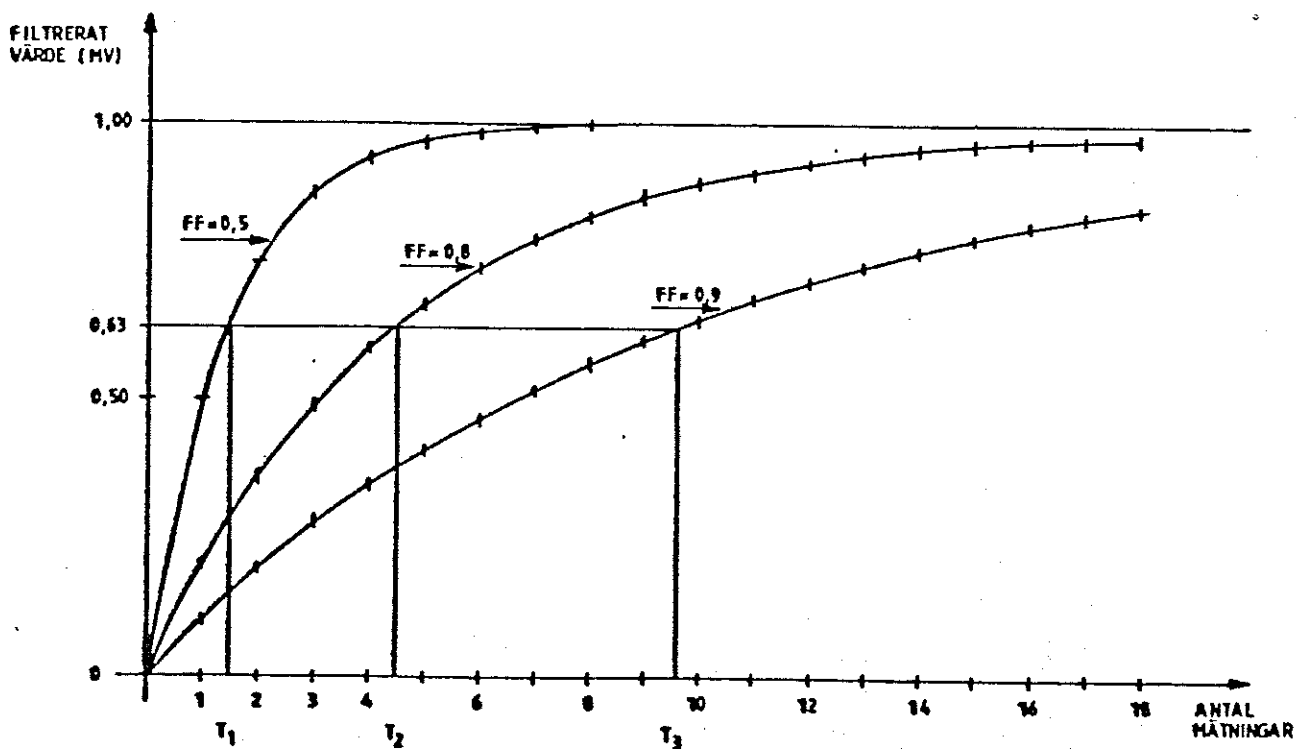


Fig. 4.3 Förändringen hos MV vid olika FF då UV ändrats i ett steg

Reglering

Grundprogrammet i undercentralen innehåller 8 st regulatorer REG(1) – REG(8). Detta avsnitt beskriver de parametrar som styr grundprogrammets behandling av dessa regulatorer. Regulatorparametrarna finns sammanfattade på sidorna 9 och 10 i appendix A.

Varje regulator har två ingångar och en utgång. Se fig. 1.

Till ingång D1 kopplas det reglerade mätvärdet och till ingång D2 regleringens börvärde, dvs det värde som det reglerade mätvärdet ska uppnå.

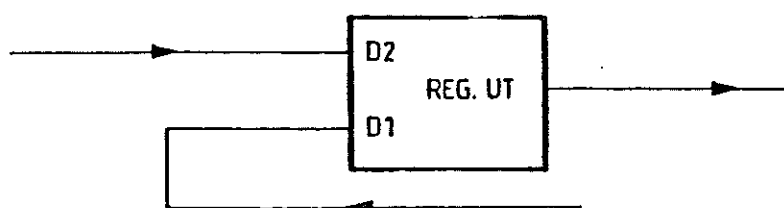


Fig. 1 Blockschema över en regulator

Till D1 och D2 kan vilket som helst av undercentralens mät- eller börvärden anslutas. Regulatorns utgång kan antingen vara en öka/minska-utgång eller en kaskadutgång.

Öka/minska-utgången används då regulator ska styra ett ställdon. Utgången är då kopplad till två digitala utgångar, en för öka-signal och en för minska-signal. De digitala utgångarna måste väljas så att de ligger intill varandra. Vidare måste öka-utgången ha det lägre, udda numret. Sådana par av digitala utgångar numreras enligt figur.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Utgång nr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Utgångspar vid reglering | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | | | | | |

Fig. 2 Indelning av utgångarna vid reglering

Om regulatorns utsignal skall användas som börvärde till en efterföljande regulator (kaskadreglering) har regulator en kaskadutgång. Den kan då kopplas till ett börvärde (eller ev. ett mätvärde).

Ex. Regulator 1 [(REG(1))] skall reglera tilluftstemperaturen som mäts med mätvärde 1. Önskad temperatur ligger i börvärde 1. Ställdonet är kopplat till digital utgång nr 1 och nr 2.

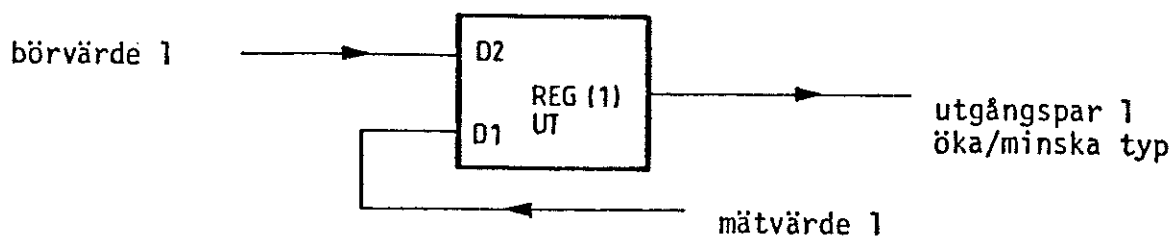


Fig. 3 Temperaturreglering

Regulatorerna finns förtecknade i programdokumentationen för resp undercentral under rubriken REGULATORER.

REGULATORER

| | T Y P | U T G | I N T | D U M X | U M I N | U M A X | D 1 | D 2 | U T | P 1 | P 2 |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| REG (1) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (2) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (3) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (4) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (5) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (6) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (7) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |
| REG (8) | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0.01 | 5.00 |

Varje regulator har 11 st parametrar som beskrivs nedan.

TYP anger vilken typ av regulator som används. I standardsystemet finns endast **TYP = 1** vilket är en regulator med PI-verkan (PI = proportionellt – integrerande).

Utg anger utsignalens typ.

0 = öka/minska-utgång.

1 = kaskadutgång.

INT anger hur ofta ett nytt värde på regulatorns utsignal skall beräknas. Beroende på hur snabb den reglerade processen är kan tre olika värden väljas.

INT = 1 nytt värde varje sekund.

INT = 2 nytt värde var 10:e sekund (standardvärde).

INT = 3 nytt värde var 60:e sekund.

DUMAX anger hur mycket utsignalen får ändras vid ett regleringrepp. DUMAX-parametern anges som ett tal mellan 1–3 som hänvisar till DUMAX-tabellen där de egentliga begränsningsvärdena återfinns.

| | | |
|--------|----------|-------|
| T.ex.: | DUMAX(1) | 40.00 |
| | DUMAX(2) | 1.00 |
| | DUMAX(3) | 5.00 |

DUMAX används både för öka/minska-regulatorer och kaskadregulatorer. För öka/minska-regulatorer anger DUMAX den maximala tid (uttryckt i antal halvsekunder) som ställdonet får gå, då utsignalen får ett nytt värde.

Väljer man t.ex. DUMAX = 1 får ställdonet gå max 40 halvsekunder dvs 20 sekunder vid ett regleringrepp.

Kaskadregulatorns utsignal är i form av ett nytt börvärde till en efterföljande slav-regulator. I detta fall anger DUMAX hur mycket detta nya börvärde maximalt får avvika från det föregående. Enheten som DUMAX uttrycks i är i detta fall samma som för det aktuella börvärdet t.ex. °C. Väljer man t.ex. för en kaskadregulator DUMAX = 2 enligt ovanstående figur blir den maximala börvärdesändringen för slav-regulatorn 1°C per regleringrepp.

UMIN och **UMAX** är begränsningar på regulatorns utsignal då den är av kaskadtyp. Om utgången är av öka/minska-typ har de ingen inverkan. UMIN är det minsta och UMAX är det största värdet som utsignalen kan anta. Begränsningarna anges med samma enhet som regulatorns utsignal. Är det t.ex. en temperaturreglering med utsignal i °C, ska även UMAX och UMIN anges i °C.

Talet under UMAX och UMIN i regulatortabellen pekar på en tabell där begränsningsvärdena finns.

| | | |
|-------|---------|-------|
| T.ex. | UMAX(1) | 1.00 |
| | UMAX(2) | 30.00 |
| | UMAX(3) | 0.00 |
| | UMAX(4) | 50.00 |

| | | |
|-------|---------|-------|
| T.ex. | UMIN(1) | 0.00 |
| | UMIN(2) | 16.00 |
| | UMIN(3) | -1.00 |
| | UMIN(4) | 25.00 |

D1 och D2 används för att beskriva vilket mätvärde resp börvärde som regulatorn skall arbeta med.

Internt i undercentralen finns en mätvärdestabell och en börvärdestabell.

Mätvärdestabellen innehåller de 16 mätvärdena MV(1) – MV(16) som kontinuerligt läses in från de analoga ingångarna. På samma sätt innehåller börvärdestabellen 16 st börvärden, SV(1) – SV(16) (jfr engelska set value).

Dessa värden kan vara inlagda i börvärdestabellen från början, se sid 7 i appendix A, eller också beräknas de efterhand och läggs in i börvärdestabellen t.ex. av en kaskadregulator.

| Mätvärdestabellen | | Börvärdestabellen | |
|-------------------|------|-------------------|------|
| MV 1 | 20.2 | SV 1 | 20.0 |
| MV 2 | 51.3 | SV 2 | 51.0 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| MV 16 | 12.1 | SV 16 | 12.0 |

Mätvärdes- och börvärdestabellerna i undercentralen

När parametrarna D1 och D2 skall anges talar man med ett tal mellan 1 och 16 om vilket MV eller SV som avses. För att skilja MV och SV åt sätter man ett minustecken (-) framför talet då SV avses.

Ex. Om regulator 1 skall använda börvärde nr 1 för att reglera mätvärde nr 1 så sätts

D1 = 1 och D2 = -1

Normalt antar D1 värden mellan 1 och 16, dvs D1 avser något av mätvärdena MV(1) – MV(16) och D2 antar värden mellan -1 och -16 för att markera att ett av börvärden SV(1) – SV(16) avses. I speciella fall kan det dock finnas anledning att använda -1 till -16 som mätvärden resp 1 – 16 som börvärden.

Ex. Till analog ingång nr 16 har anslutits en signal som ger 0–20 mA då en potentiometer varierar mellan 0 och 400 Ω. Denna potentiometer används för inställning av börvärdet till regulator nr 1. Motsvarande mätvärde är anslutet till analog ingång nr 1. Detta ger för REG(1)

D1 = 1

D2 = 16

Ut, om regulatorn har öka/minska-utgång (UTG = 0) anger UT det utgångspar som ställdonet är kopplat till. UT är då ett tal mellan 1 och 8. (Se sid 00).

Om regulatorn har kaskadutgång (UTG = 1), anger UT det mät- eller börvärde där utsignalen skall lagras. Bör- och mätvärden skiljs åt på samma sätt som vid parametern D2.

P1 och **P2** är parametrar som bestämmer regulatorns proportionella band resp integrationstid.

Då regulatorn har öka/minska-utgång beräknas P-band och I-tid enligt följande

$$\text{P-band} = \frac{-1}{P1}$$

I-tid = $P2 \times \text{INT}$, där INT = reglerintervallet.

Formeln för P-bandet gäller för ställdon med 60 sekunders gångtid. Om gångtiden är annorlunda ändras P-bandet i motsvarande grad.

Sorten på P-bandet blir densamma som på den reglerade storheten. Är t.ex. mätvärdet i °C, blir även P-bandet i °C.

För kaskadregulatorer, som inte har något P-band anges istället förstärkningen.

Förstärkning = $-P1$.

Ex. En temperaturregulator har bl.a. följande parametrar:

INT = 3, P1 = -0.01, P2 = 7. Beräkna P-band och I-tid.

INT = 3 innebär reglerintervallet 60 s.

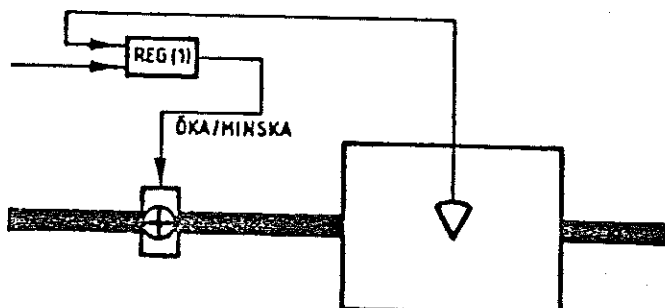
$$\text{P-band} = \frac{-1}{P1} = \frac{-1}{-0.01} = 100^\circ\text{C}$$

$$\text{I-tid} = P2 \times \text{INT} = 7 \times 60 \text{ s} = 420 \text{ s} = 7 \text{ m.}$$

Litteraturhänvisning:

Regulatorns proportionella band resp integrationstid finns beskrivna i Praktisk Reglerteknik (Esselte Studium) under kapitel Proportionell regulator resp Proportionell-integrerande regulator.

Ex. Reglering av temperaturen i ett rum.



Börvärdet för rumstemperaturen är 20°C. Givare för rumstemperaturen ansluts till analoga ingången nr 1.

Ställdonet ansluts till digitala utgångarna 1 (öka) och 2 (minska).

Lösning:

Först läggs 20°C i börvärde 1 genom att sätta $SV(1) = 20$, därefter sätts de 11 regulatorparametrarna för REG(1) på följande sätt.

TYP sätts = 1 vilket betyder PI-regulator.

UTG sätts = 0 eftersom öka/minska-utgång används.

INT sätts = 2 vilket ger 10 s mellan regleringreppen.

DUMAX sätts = 1 därefter sätts värdet på DUMAX(1) till 20 halvsekunder vilket alltså begränsar ställdonets gångtid till 10 s per regleringrepp.

UMIN och UMAX sätts = 0 ty används ej för öka/minska regulatorer.

D1 sätts = 1 eftersom analoga ingången nr 1 används.

D2 sätts = -1 eftersom börvärdet ligger i SV(1).

UT sätts = 1 eftersom första öka/minska utgångsparet används för att styra ställdonet.

En uppskattning ger vid handen att om värmeventilen går från helt stängd till helt öppen stiger temperaturen i rummet 5°C. Ventilens gångtid är 60 sek = (120 halvsekunder).

$$P1 \text{ sätts } d\dot{a} = - \frac{\text{processförändring}}{\text{insignaländring}}$$

$$\text{detta ger } - \frac{5^\circ\text{C}}{120} = -0.04$$

P2 sätts t.ex. = 10 vilket med 10 sekunders reglerintervall, ger 10×10 sekunders I-tid.

Ex. Föregående exempel skall förbättras genom att en kaskadregulator införes. Denna avläser rumstemperaturen och beräknar ett nytt börvärde som används av en öka/minska regulator som direkt styr tilluftstemperaturen.

Detta reglersätt ger bättre resultat eftersom man slipper den långa tidsfördröjningen mellan ventiländring och ändring av rumstemperaturen.

KAPITEL 12 - KOMMUNIKATIONSTABELL

Detta kapitel innehåller beskrivning av kommunikationstabell med ASCII protokoll.

KAPITEL 13 - INSTRUKTIONSUPPSÄTTNING AV PROGRAMVARAN

Detta kapitel innehåller en kortfattad instruktionsuppsättning över mini-IPCL och en sammanställning över UCDOK.

2. INSTÄLLNINGSGLEDER

FÖRUTSÄTTNINGAR

Uppgiften bestod i att reglera ett givet system med en PI-regulator. Inställningen av PI-regulatorn baserades på "inställningsregler för P och PI-regulatorer" hämtade ur "REGLERTEKNIK - en elementär introduktion, kapitel 5 PID-reglering" av Karl Johan Åström, sidan 33. Fortsättningsvis benämns ovanstående referens "Kapitel 5".

Undersökningen utfördes på institutionens datorterminaler med hjälp av simuleringsprogrammet SIMNON.

UTFÖRANDE

Det givna systemet representeras av överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$$

Allmänt gäller:

$$G(s) = \frac{b_1 s^{n-1} + \dots + b_n}{s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_n}$$

Överföring till tillståndsekvation

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -a_1 & \dots & \dots & -a_n \\ 1 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [b_1 \dots b_n] x$$

Utveckling av $G(s) = \frac{1}{(1+s)^4}$ gav

$$G(s) = \frac{1}{s^4 + 4s^3 + 6s^2 + 4s + 1}$$

detta ger tillståndsekvationen

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -4 & -6 & -4 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [0 \ 0 \ 0 \ 1] x$$

Härur får man diff. ekvationerna

$$DX1 = -4X1 + 6X2 - 4X3 + X4 + U$$

$$DX2 = X1$$

$$DX3 = X2$$

$$DX4 = X3$$

$$Y = X4$$

Nu kan ett datorprogram anpassat för SIMNON upprättas. På omstående sida återfinns hela programmet. Detta är uppdelat i tre avsnitt.

Det första "Continuous System SYS" tar hand om differentialekvationerna enligt ovan. Det andra avsnittet "Discrete System RG" innehåller själva PI-regulatorn. Här har K och TI varierats enligt respektive beräkningsmetod emedan samplingsintervallet varit konstant = 1 sekund.

Slutligen "Connecting System CON" som knyter samman de båda andra systemen. Här anges också YREF som varit konstant = 20.

```
CONTINUOUS SYSTEM SYS
INPUT U
OUTPUT Y
STATE X1 X2 X3 X4
DER DX1 DX2 DX3 DX4
DX1=-4*X1-6*X2-4*X3-X4+U
DX2=X1
DX3=X2
DX4=X3
Y=X4
END
```

```
DISCRETE SYSTEM RG
TIME T
INPUT Y YREF
OUTPUT U
TSAMP TS
STATE YOLD UOLD
NEW NYOLD NUOLD
DU=K*((YOLD-Y)+H/TI*(YREF-Y))
U1=DU+UOLD
U=IF U1<0 THEN 0 ELSE IF U1>M THEN M ELSE U1
NYOLD=Y
NUOLD=U
TS=T+H
M:30
H:1
K:2.81
TI:4.26
END
```

```
CONNECTING SYSTEM COM
TIME T
U[SYS]=U[RG]
Y[RG]=Y[SYS]
YREF[RG]=YREF
YREF=A+B*T
A:20
B:0
END
```

Bestämning av tidskonstanterna T och TD samt a sker enligt stegsvarsmetoden, se figur 5. Härur får man

$$T = 4,58$$

$$TD = 1,42 \ 2$$

$$a = 0,32 \ 1$$

Enligt tabell 5.4 sidan 33 i "Kapitel 5" får man följande inställningsvärden för PI-regulatorn

$$r = \frac{TD}{T} = 0,31$$

| Inställningsmetod K | | TI |
|---|----------------------------------|---|
| ZN (Ziegler-Nichols) | $\frac{0,9}{a} = 2,81$ | $3 \times TD = 4,26$ |
| QAD (Fjärdedels dämpn. fakt.) | $\frac{0,9(1 + 0,1r)}{a} = 2,90$ | $TD \times \frac{3,3(1+0,1r)}{(1+2,2r)} = 2,87$ |
| IAE (Integrerat absolut fel) | $\frac{1}{a} = 3,12$ | $TD \times 1,6 \times r^{-0,3} = 3,23$ |
| ISE (Integrerade kvadratfelet) | $\frac{1,3}{a} = 4,06$ | $TD \times 2r^{-0,26} = 3,85$ |
| ITAE (Integrerade tidsmultipliserade absolutfelet) | $\frac{0,86}{a} = 2,68$ | $TD \times 1,5r^{-0,3} = 3,03$ |
| BO (Betragsoptimum) | $\frac{0,5}{a} = 1,56$ | $L \ 4T_D^2 = 8,06$ |
| SO (Symmetrische optimum) | $\frac{0,5}{a} = 1,56$ | $4T_D = 5,68$ |
| Handinställning | 0,5 | 3,0 |

RESULTAT

De olika inställningsreglernas värden kördes med SIMNON-programmet och redovisas i figur 1-3. Här framgår att endast inställningsreglerna "Betragsoptimum" (BO) och "Symmetrische Optimum" (SO) ger ett acceptabelt resultat emedan de övriga är instabila.

En jämförelse av proportionalitetskonstanten K ger vid handen att de "stabila" regulatorerna har lägst värde. Detta stämmer också med teorin att vid ökad förstärkning försämras stabiliteten.

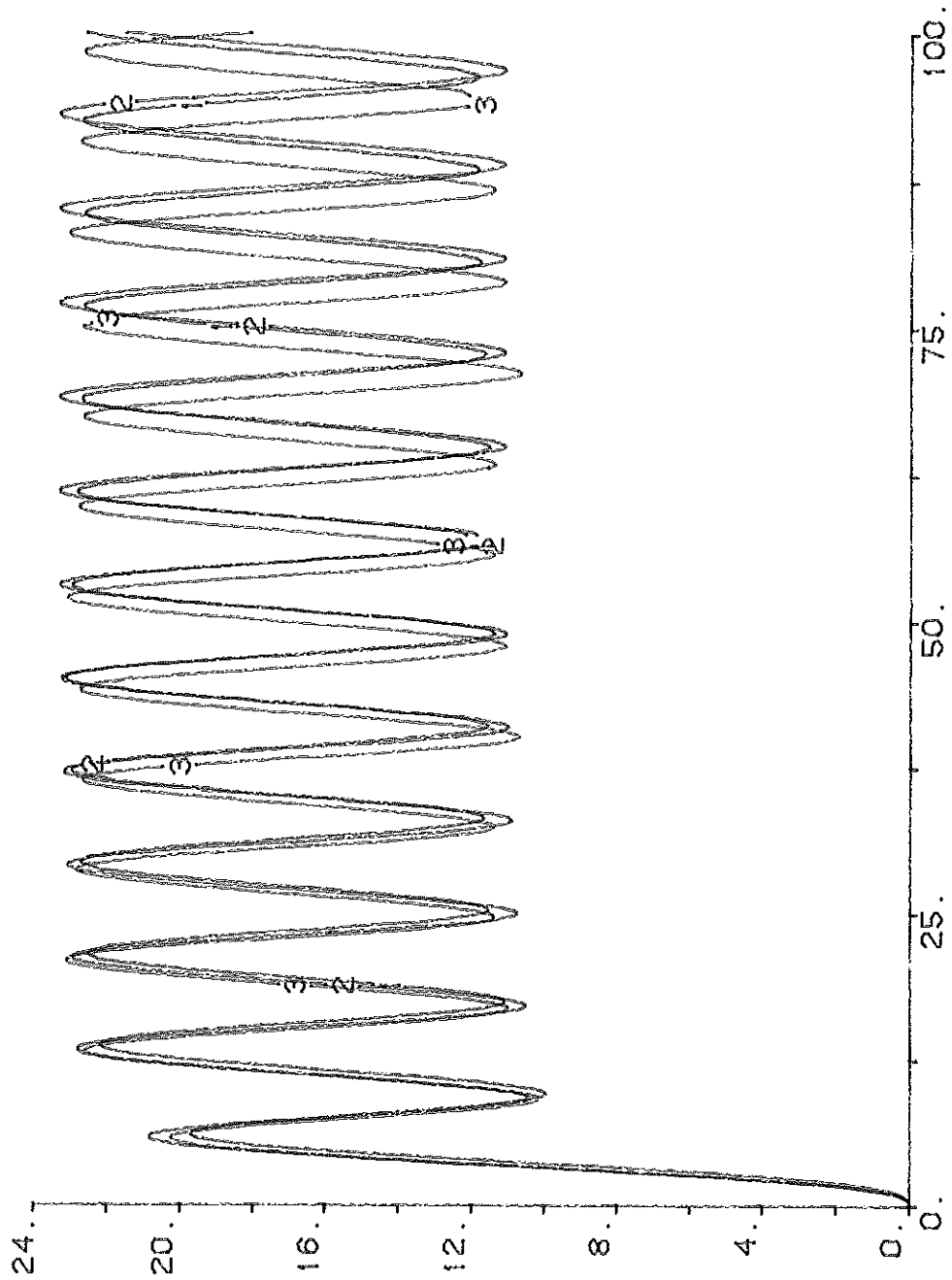
Om man betraktar figur 3 med de stabila regulatorerna; har dessa också samma förstärkning men olika integreringstid, finner man att regulatorn med lägst TI ställer in sig snabbast men har sämre stabilitet. Detta förklaras av att integralverkan ökar med avtagande TI , d v s man får en snabbare komensation av reglerfelet men en sämre stabilitet.

Genom att prova med olika K och TI -värden erhöles till slut en regleringskurva enligt figur 4. Förstärkningen är här ungefär en tredjedel emedan integrationstiden är ca hälften jämfört med de stabila regulatorerna.

Generellt kan man säga att förstärkningen blev något för hög i samtliga fall, men ändå med rätt storleksordning, medan integrationstiden hamnade relativt rätt.

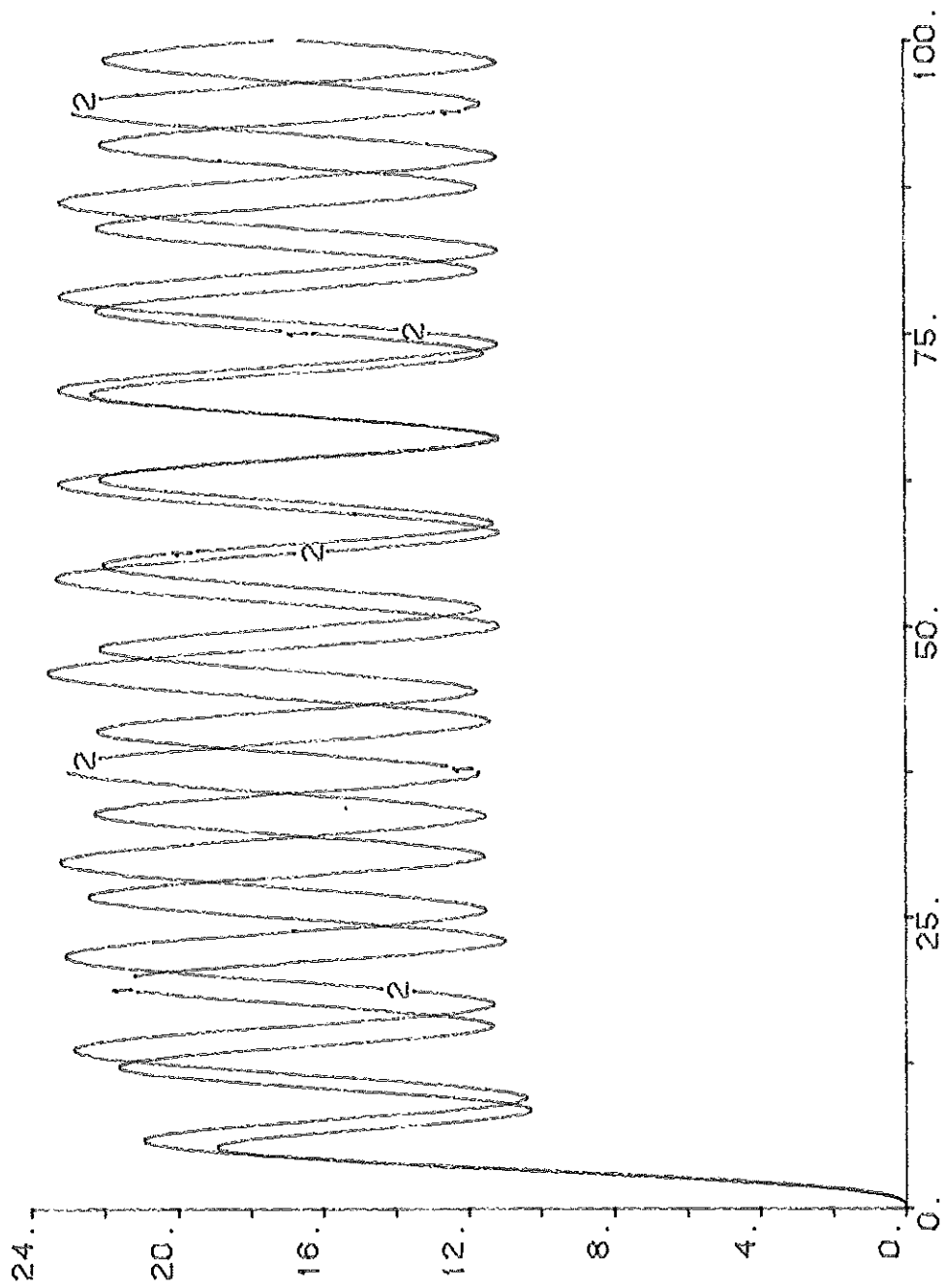
En summering av erfarenheterna visa att en grovinställning med hjälp av någon inställningsregel ger ett hyfsat utgångsläge för en finjustering för hand av de aktuella parametrarna.

82.11.25 - 18:11:41 nr: 3
HCOPI "FIGUR 1" TEXT '1=ZN 2=QAD 3=IAE



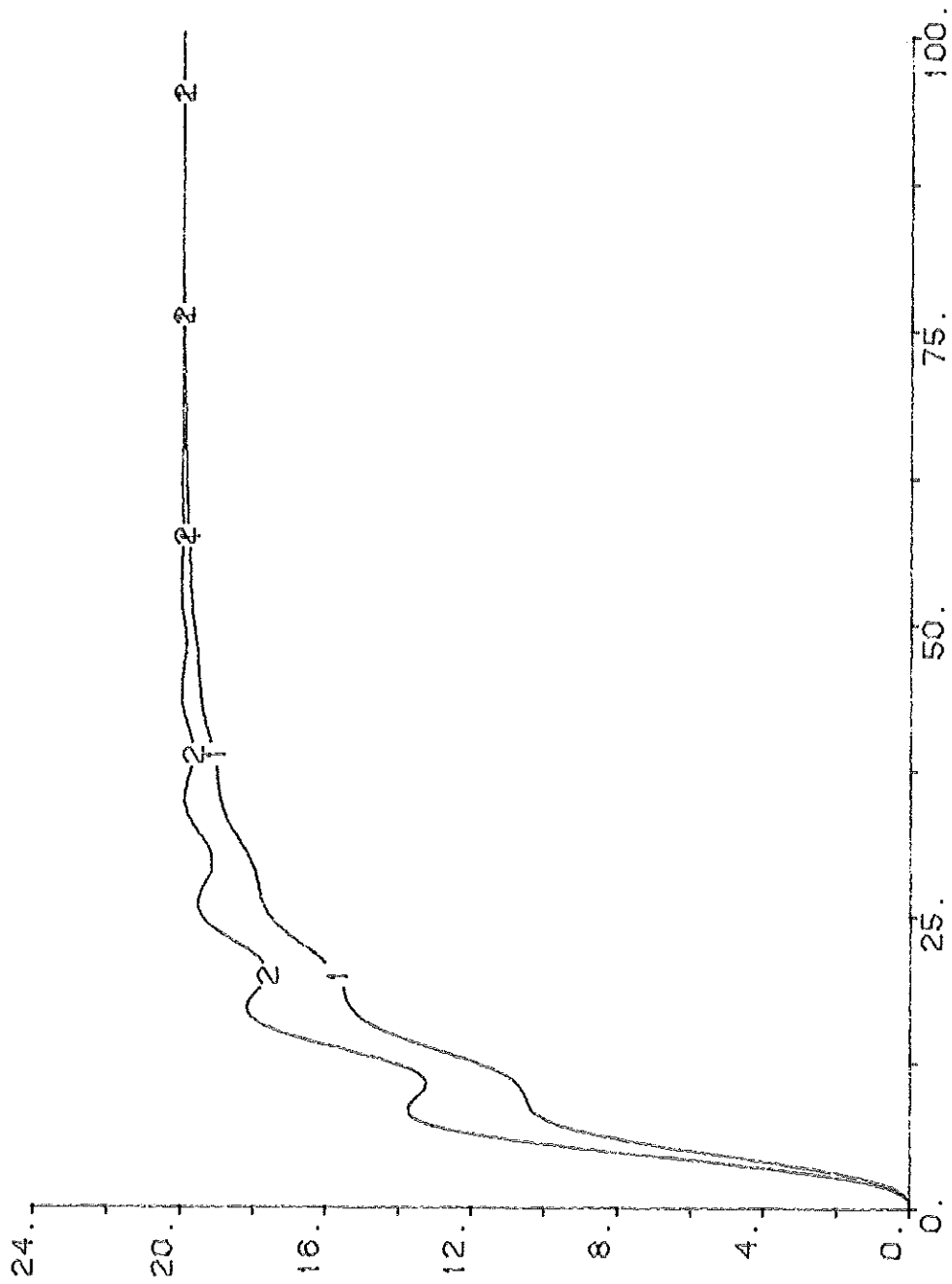
Figur 1: Stegsvär för system med överföringsfunktionen $G(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$ reglerat med en PI-regulator inställd enl ZN (1), QAD(2) och IAE(3) inställningsmetoder.

82.11.25 - 18:22:05 nr: 4
HCOPIY "FIGUR 2" TEXT, 1=ISE 2=ITAE



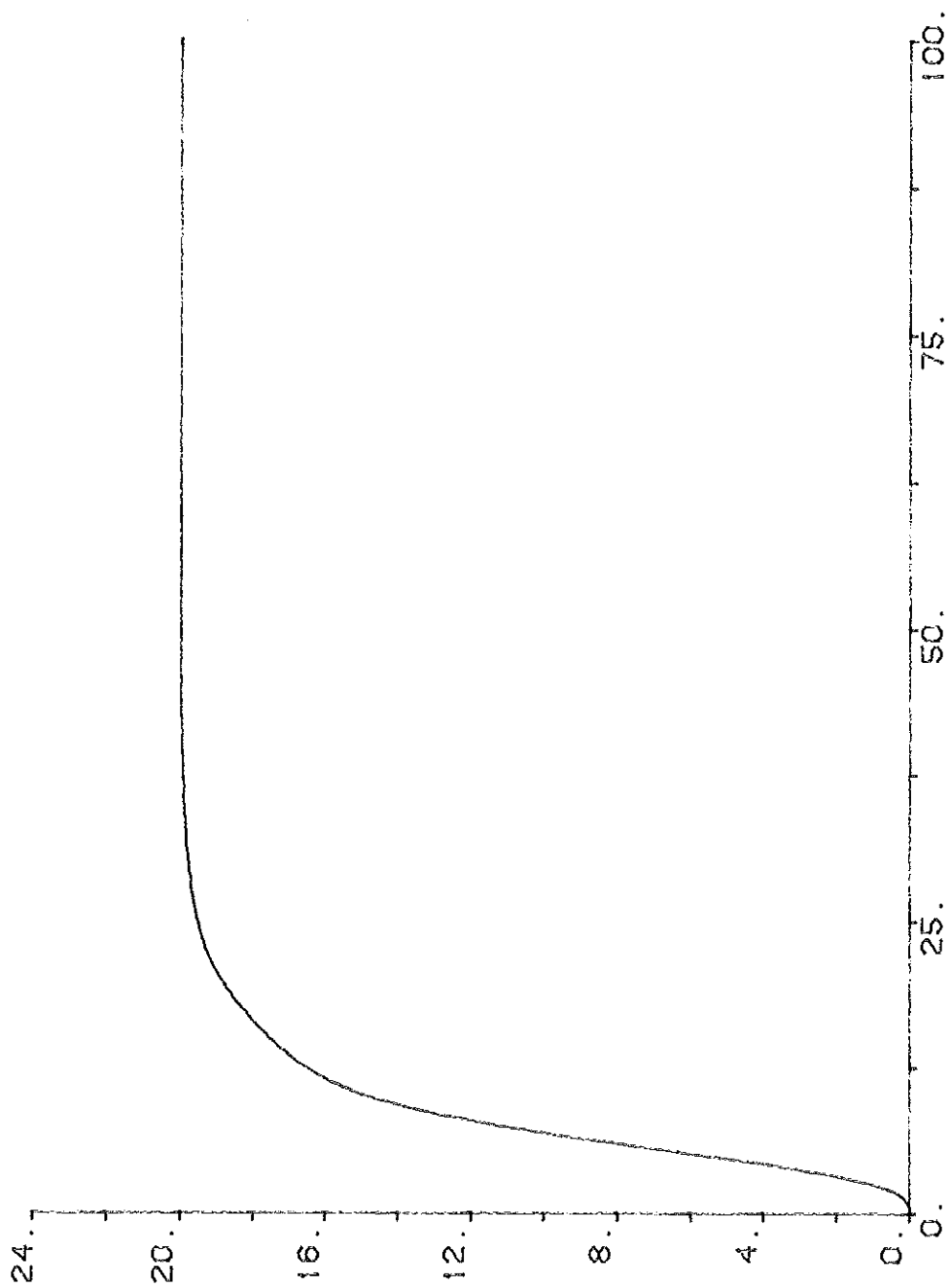
Figur 2: Stegsvär för system med överföringsfunktionen $G(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$ reglerat med en PI-regulator inställd enligt ISE(1) och ITAE(2) inställningsmetoder.

82.11.25 - 18:28:18 nr: 6
HCOPI "FIGUR 3" TEXT' 1=BO 2=SO



Figur 3: Stegsvär för system med överföringsfunktionen $G(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$ reglerat med en PI-regulator inställd enl Betragsoptimum BO(1) och Symmetrische Optimum SO(2) inställningsmetoder.

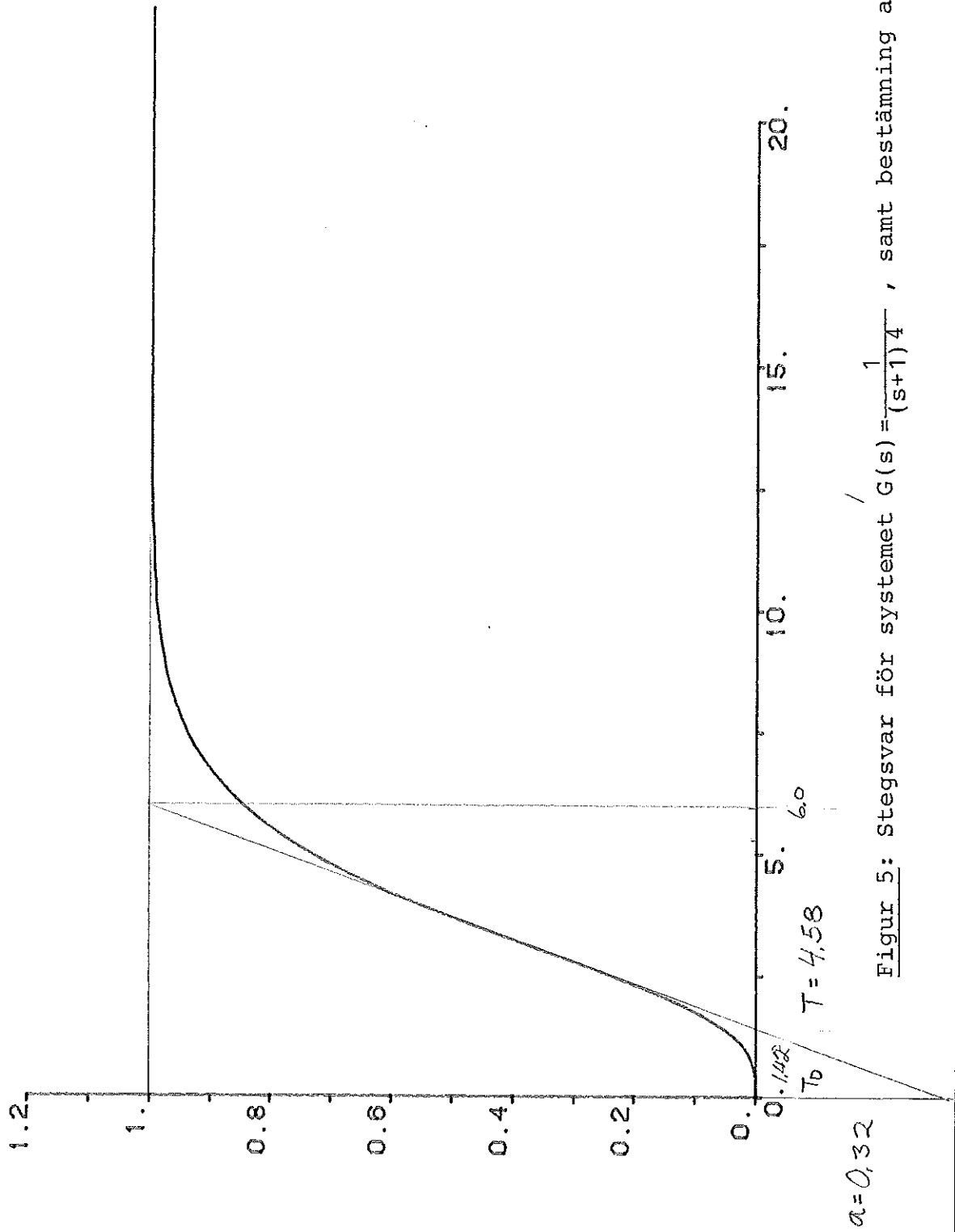
82.11.25 - 19:21:34 nr: 7
HCOPI "FIGUR 4, HANDINSTÄLLNING K:0.5 TI:3.0



Figur 4: Stegsvär för system med överföringsfunktion $G(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$ reglerat med en PI-regulator inställd för hand.

82.08.06 - 09:36:40 nr: 1
HCOPI

FIGUR 5



Figur 5: Stegsvär för systemet $G(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$, samt bestämning av a , T_D och T