

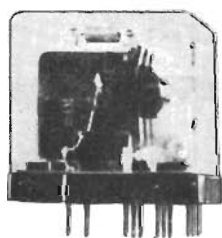
Elektronik *special*

1970
PRIS 9:50
INKL MOMS

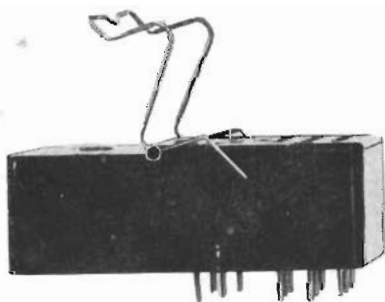
reglerteknik



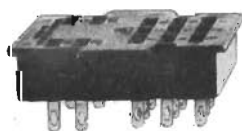
SYSTEM MS



RELÄ 1220



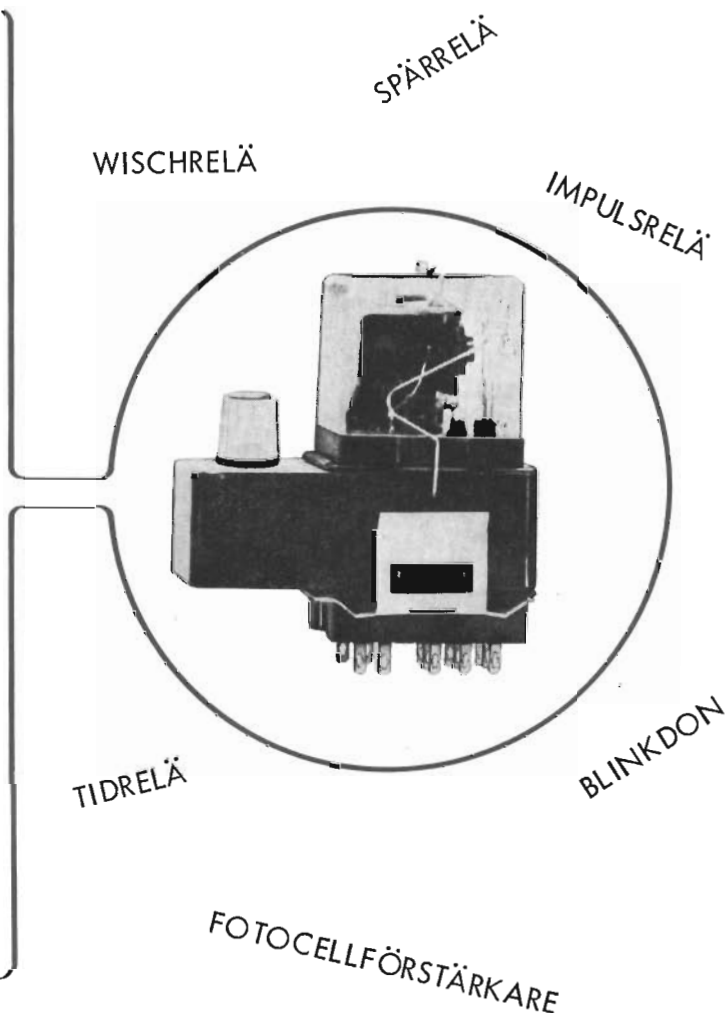
MELLANSOCKEL



RELÄSOCKEL

+

+



SYSTEM MS MEDFÖR:

- Enklare projektering. Reläkretsschemat upplägges på konventionellt sätt, men konstruktören behöver endast använda en relätyp i hela konstruktionen.
- Mindre reservdelshållning till utrustningen.
- Enklare service. Alla enheter uppbyggda i plug-in utförande.
- Större livslängd hos utrustningen. Alla mellansocklar är heltransistoriserade med kiselhalvledare.
- Enklare systemlösningar genom den kompletta serie av olika funktioner, som finns i system MS. System MS kommer successivt att utökas med andra typer av funktioner.
- Varje typ av mellansockel är försedd med färgkod, för att enheterna lätt skall kunna identifieras.

Repr. i västra Sverige: LEIF JOSTRAND AB, Bangat. 27, 414 63 Göteborg

elektronik

special



© FACKPRESSFÖRLAGET AB 1970

elektronik

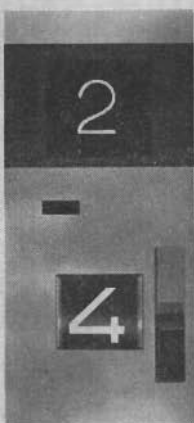
special

Sammanställd av Rolf E. Wagermark
I redaktionen: Gunnar Christiernin,
Stig Malmström
Layout: Christina Blencke

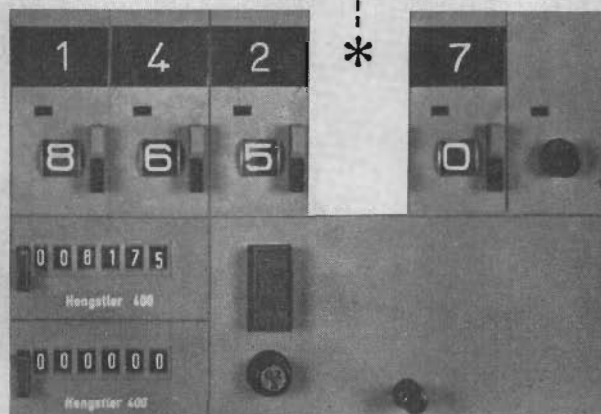
OMSLAGSBILDEN

James Watts patentritning till en centrifugalregulator för ångmaskiner, inlämnad den 13 december 1788, får symbolisera det äldsta och bilden från lastkontrollrummet i tankfartyget »Sea Sovereign» det nyaste inom reglertekniken.

Introduktion	9
Annorlunda reglersystem med processdatorer	10
Reglerteknik på lätt sätt, avsnitt 1	18
Reglerteknik på lätt sätt, avsnitt 2	21
Reglerteknik på lätt sätt, avsnitt 3	25
Reglerteknik på lätt sätt, avsnitt 4	29
Reglerteknik på lätt sätt, avsnitt 5	33
Processdatorer i Sverige	39
Bättre papper med processdator	45
En realtiddator som sjöman	49
Programmerad styrning av storskruvar i valsverk	53



nu kan ni räkna elektroniskt med Hengstler



Siffermodul



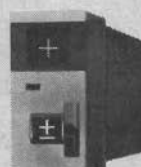
Modul med
1 förvalsmk.



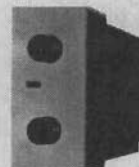
Modul med
2 förvalsmk.



Siffermodul
med förvalsmk.



Teckenmodul
med förvalsmk.



Modul med
manöverorgan



Nätmodul

Hengstler modulsystem 400 för industriella applikationer.

Modulenheter utgörs av slutna, plug-inbara byggblock, 25x50 mm (räknedekader, förvalsenheter etc.), som monteras bredvid eller ovanför varandra i godtyckliga kombinationer. Enheter skjuts in i en montagestomme, uppbyggd av pressgjutna dosmoduler med laxspår. Detta montagesätt ger en flexibel, kompakt och överskådlig uppbyggnad av såväl enkla räknare som komplicerade programstyrenheter med obegränsad anpassningsbarhet till individuella önskemål.

Systemet tillåter även kombination med elektromekaniska räknare (motiverat av pris- och utrymmesskäl vid låg impulsfrekvens).

All erforderlig komplementutrustning, som t. ex. förstärkarenheter, manöverorgan, nätaggregat etc., utföres i samma typ av plug-inbara block och kan byggas ihop med systemet i övrigt. Detta medger en enhetlig uppbyggnad av kompletta styrutrustningar.

Ett standardsortiment av montagekåpor för kompletta enheter står till förfogande dels för 19"-system, dels anpassade till normalt förekommande instrumentdimensioner. Ring eller skriv så får Ni utförlig katalog.

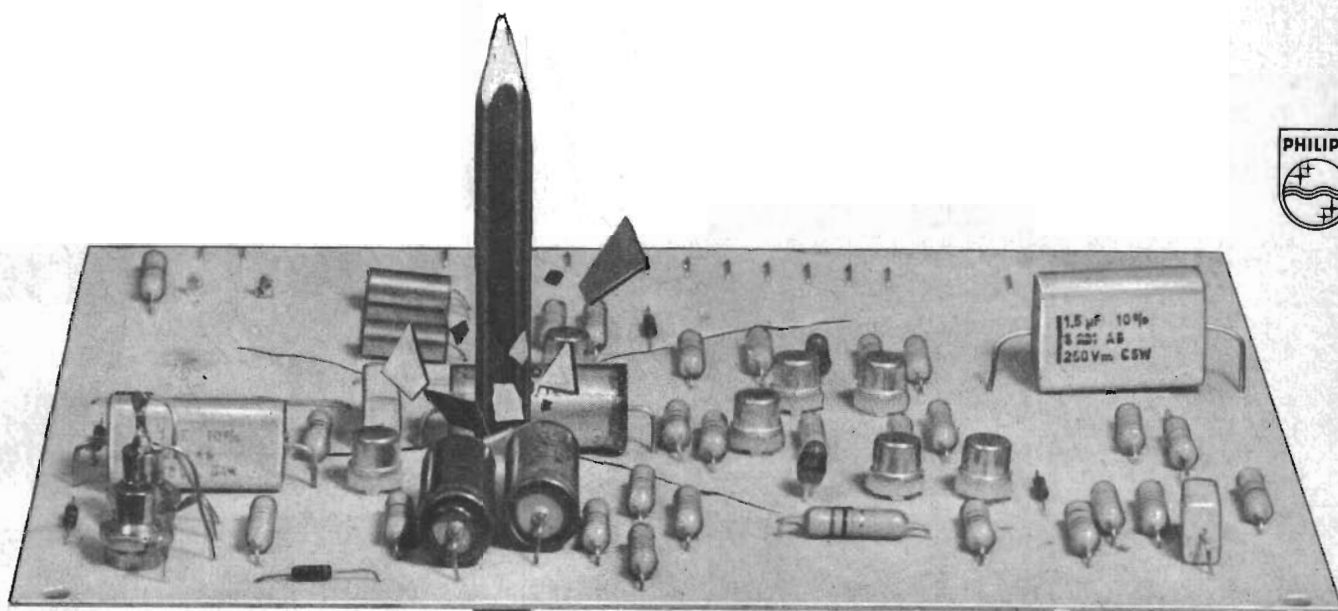
J. Hengstler KG, Aldingen, Västtyskland är med sina 1.300 anställda Europas ledande räkneverkstillverkare. Tillverkningsprogrammet omfattar även digitaltryckverk och olika typer av pulsgivare.

Representant i Sverige för Hengstlers elektroniska system är:

**INGENJÖRSFIRMAN
O.T. AXLUND**

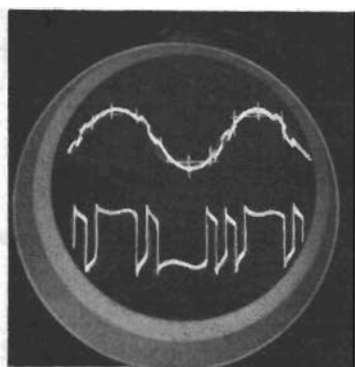
Fack, 162 10 Vällingby 1. Telefon 08/38 00 40, Telex 19064

Punktering i elektroniken?



- Effektiv transientblockering
- Mycket kort återställningstid
- Försumbart magnetiskt läckfält
- Utomordentlig driftsäkerhet
- God stabilitet
- Låg egendistorsion
- Kortslutningssäker
- Små dimensioner, låg vikt
- Svensktillverkad

En fyrkantspänning med överlagrade transienter får en god sinusform efter att ha passerat Philips magnetiska växelspanningsstabilisator typ PE 1400 — 04 och transienterna är praktiskt taget eliminerade.



Philips magnetiska växelspanningsstabilisatorer ger effektivt skydd mot nätspännings-''spikar''



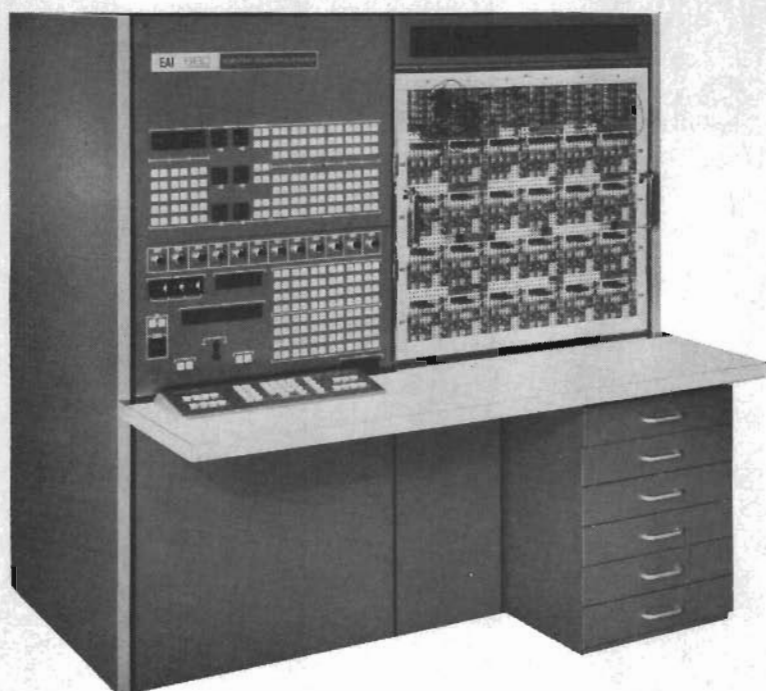
Philips magnetiska växelspanningsstabilisatorer PE 1400 — 1404 är robusta och driftsäkra aggregat för stabilisering av nätspänningen. De skyddar effektivt ansluten apparatur mot transienter och nätstörningar. Stabilisatorn skiljer även **galvaniskt** ansluten apparatur från nätet. Dessa stabilisatorer används bl. a. som transient-skydd i och till utrustningar där halvledare ingår.

Redan på konstruktionsstadiet av den elektriska utrustningen är det fördelaktigt att räkna med inbyggd magnetisk stabilisator, i stället för konventionell transformator.

Philips har lång erfarenhet och omfattande resurser även i Sverige när det gäller spänningsstabilisering. Ni kan spara stora kostnader genom att i tid konsultera våra fackmän. Ring eller skriv redan i dag och begär utförlig information.

PHILIPS INDUSTRIELEKTRONIK
Mätinstrument
Fack, 102 50 Stockholm 27. Tel. 08/63 50 00

PHILIPS



Simulera Er process på EAI 680 analogi/hybrid- maskin

EAI 680 i Skandinavien:

**Statens Skeppsprovsnings-
anstalt**

Statens Vägintitut

Atomenergi, Risø, Danmark

**Norges Tekniske Høgskole,
Trondheim**

Finlands Tekniska Högskola

*EAI 580 och 380 visas på
I&M-utställningen i Stockholm
13-18 april*



Field of Application	Type of Problem
Aerospace	1. Aerospace Vehicle Mission Simulations 2. V/STOL Vehicle Simulations 3. Aircraft Adaptive Control 4. Control System Studies 5. Boundary Value Problems 6. Nose Cone Ablation 7. Launch Window Studies 8. Terrain Avoidance Simulation
Chemical	1. Chemical Reactor Simulations 2. Heat Exchanger Simulations 3. Distillation Columns 4. Kinetics Curve Fitting 5. Process Optimizations 6. Plant Optimization 7. Process Control Simulation
Bio-Medical	1. EKG and EEG Data Analysis 2. Physiological Simulation
Communication	1. Wave Propagation 2. Ionospheric Ray Tracing 3. Antenna Pattern Calculations 4. Radio Signal Data Processing 5. Learning and Recognition Studies
Others	1. Submarine Simulations 2. Nuclear Reactor Simulations 3. Gas Pipeline Analysis

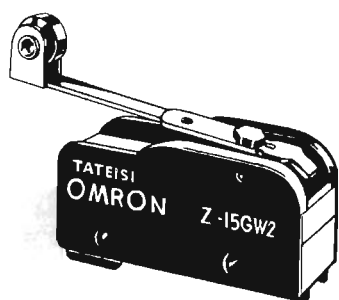
EAI®

ELECTRONICS ASSOCIATES AB, Hagav. 14, 171 53 Solna 3 Tel. 08/82 40 96, 82 40 97

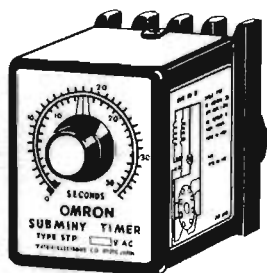
Informationstjänst 4



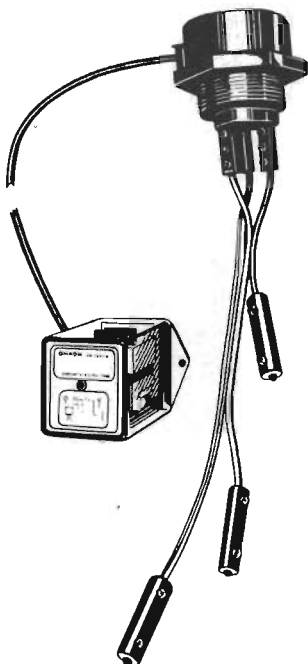
Jo, det är BILLMAN som säljer TateisiOmron



Precisionsbrytare



Tidrelä



Nivåkontroll

**16 000
välkända
japanska komponenter
— för tillförlitlig
automatik**

- Tidreläer
- Reläer och kontakter
- Strömställare och precisionsbrytare
- Nivåkontroll
- Metaldetektorer

(totalt kan Ni välja på mer än 16 000 enheter)

TateisiOmron är en av världens ledande tillverkare av komponenter för elautomatiska anläggningar av olika slag.

Ring 08-774 00 00

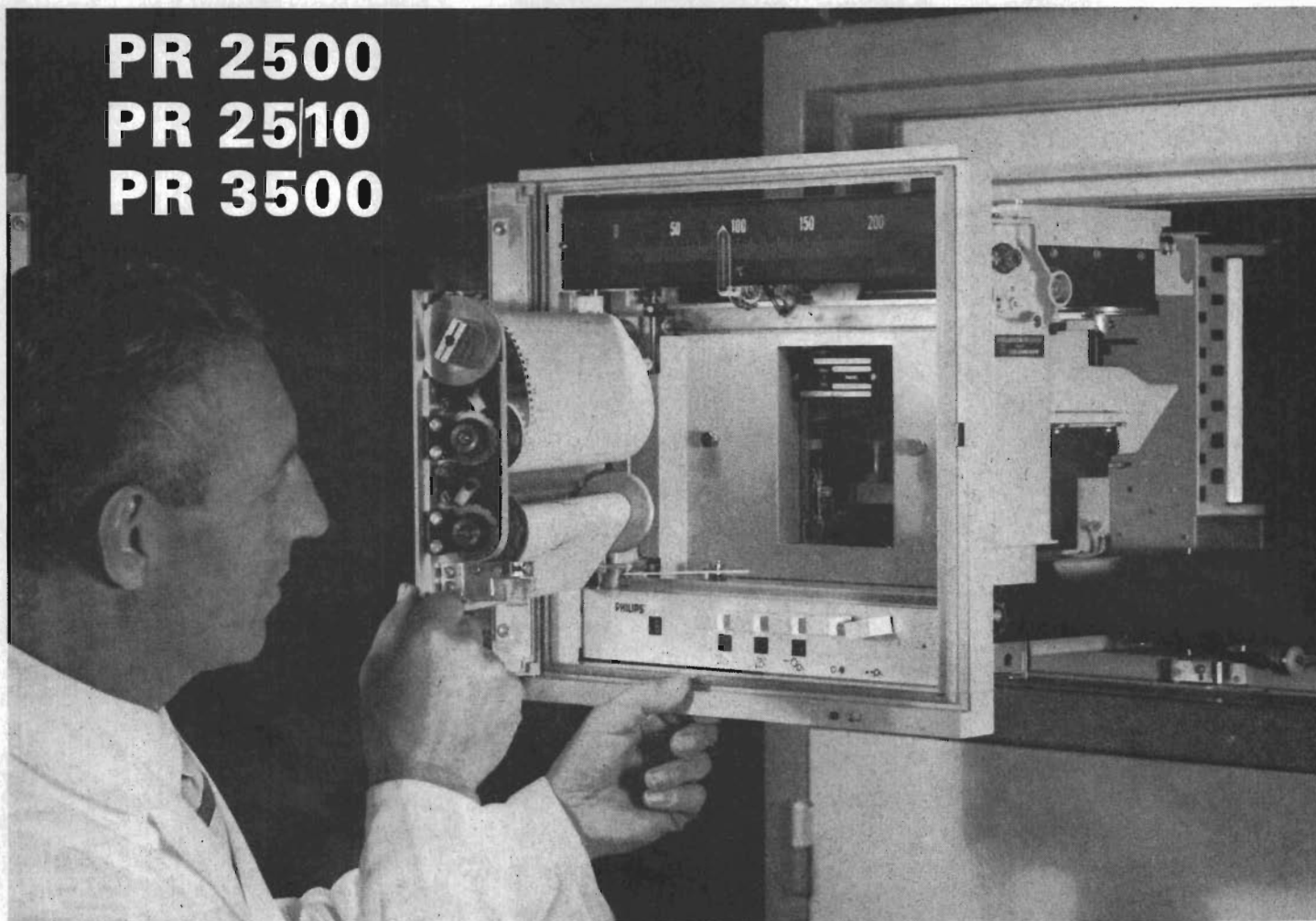


BILLMAN
regulator ab

För besök ring:
Göteborg 031-81 06 10 • Karlstad 054-567 25
Malmö 040-93 45 20 • Stockholm 08-774 00 00

Fa. Ta. 11014-2

PR 2500
PR 25/10
PR 3500



Philips Universal-skrivare har många och påtagliga fördelar

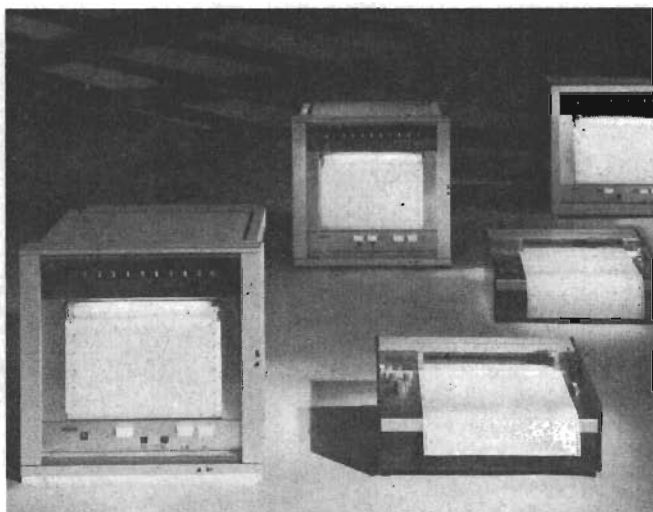


Overtyga Er själv:

- Byggbar — den kan anpassas till det dagsaktuella registreringsbehovet.
- Flera olika mätvärdesgivare kan användas samtidigt.
- Automatisk mätområdesväxling — även med skalexpansion.
- Selektiva larm. Regleringsfunktioner — även med minnesenheter.
- Slavpotentiometrar, integreringsenheter m m.
- Inbyggd belysning underlättar avläsningen.
- Anpassad för bords-, vagn- eller tavelanvändning samt för 19" rack.

- Upp till 24 mätpunkter. Skrivbredd 250 mm.
- God noggrannhet — mätfel mindre än 0,25 % av fullt skalutslag.
- Utmärkt reproducerbarhet — bättre än 0,1 % av fullt skalutslag.
- Ett års garanti.
- Snabbleverans från lager i Stockholm.

Philips har en komplett serie moderna linje- och punktskrivare. Högklassiga instrument för såväl laboratoriet som driftkontroll i industrin. Ni finner lätt rätt utrustning i Philips instrumentprogram.

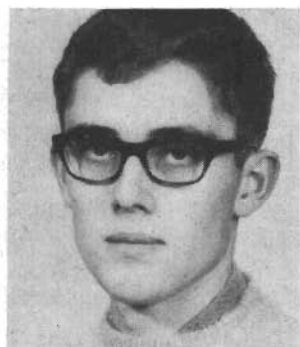


PHILIPS INDUSTRIELEKTRONIK
Mätinstrument

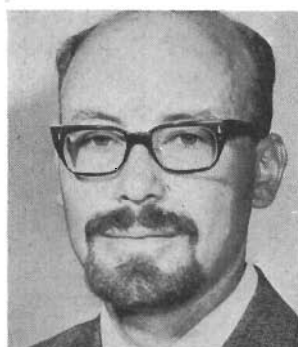
Fack, 102 50 Stockholm 27. Tel. 08/63 50 00

PHILIPS

Introduktion



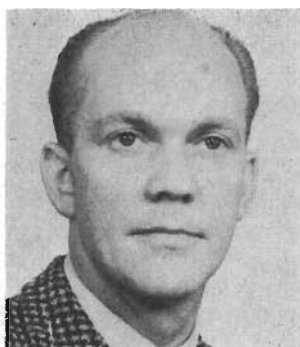
Civilingenjör Bengt Oldberg, Korsnäs-Marma AB: *Bättre papper med processdator.*



Civilingenjör Jerk Oldenburg, Kockums Mekaniska Verkstads AB: *En realtid-dator som sjöman, experiment på 210 000-tonnare.*



Ingenjör Gunnar Östlund, Honeywell AB: *Regiortechnik på lätt sätt.*



Ingenjör Stig Eliasson, ASEA: *Programmerad styrning av storskruvar i valsverk.*



Bergsingenjör Berndt Johansson, ASEA: *Programmerad styrning av storskruvar i valsverk.*



Rolf E Wagermark, konsulterande ingenjör: *Processdatorer i Sverige.*

Med denna specialutgåva har vi velat antyda konturerna av det omfångsrika området som begreppet reglerteknik innefattar i dagens samhälle.

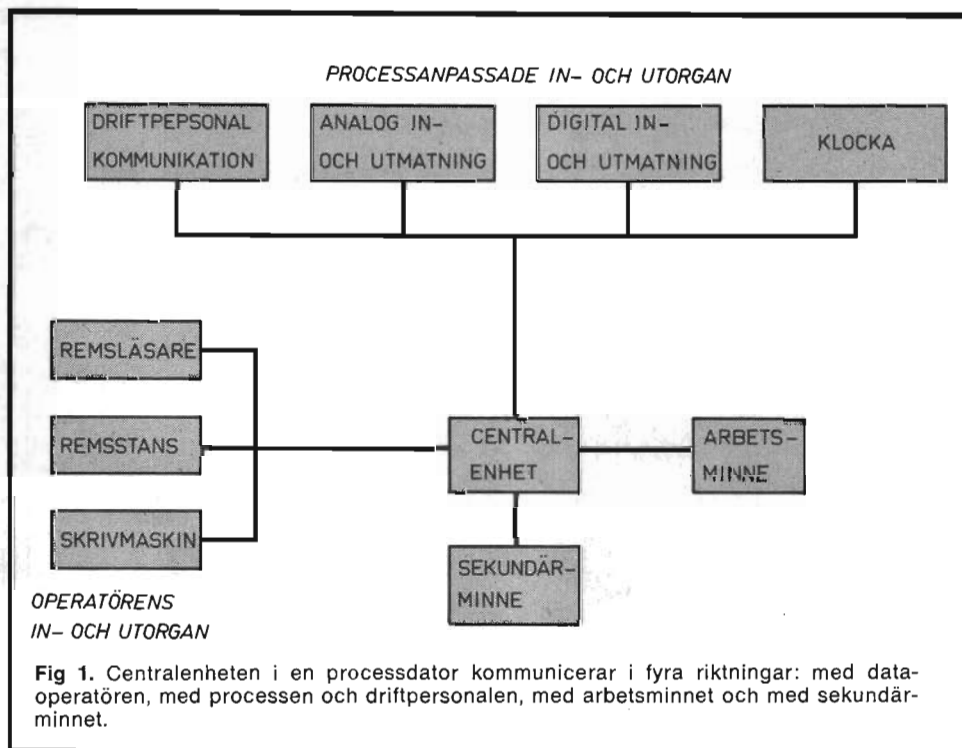
De artiklar som presenteras här är i viss mån väsensskilda, men de har alla samma syfte – att ge en inblick i olika reglerproblem från både praktisk och teoretisk synpunkt. Tyngdpunkten har ganska naturligt blivit dagens datorberoende för en ekonomisk lösning av industrins problem.

Utvecklingen från James Watts ångregulator till den första sputniken tog 169 år. Anpassningen av datorer för processtyrning gick på knappa tio.

Vi tackar våra läsare som stimulerat oss till detta steg och vi tackar också de författare som har gjort det möjligt.

Annorlunda reglersystem med processdatorer

Av professor BIRGER QVARNSTRÖM och civilingenjör BÖRJE KARLSSON



Processdatorn bör betraktas som ett reglertekniskt instrument som till skillnad från vissa andra sådana gör precis vad man vill att den skall göra, snarare än som en central hjärna lämpad endast för mycket stora anläggningar.

□ □ Nya tekniska metoder är inte en angelägenhet enbart för ett fåtal specialister. För att en teknisk utveckling av någon betydelse skall komma till stånd måste ett stort antal, direkt eller indirekt berörda, ingenjörer och tekniker medverka. I denna artikel riktar vi oss inte till rena reglertekniker, om nu denna kategori existerar, men väl till den stora skara ingenjörer, som med utgångspunkt i instrumentteknik, elektronik, maskinteknik, industriella processer m m utnyttjar reglerteknikens metoder och detta med hjälp av en brokig samling komponenter: Mätvärdesgivare, operationsförstärkare, stabiliserande länkar, elektroniska och pneumatiska regulatorer, hydraul-

ventiler, servomotorer, logiska element m m.

Nu har sortimentet berikats med processdatorn – ett instrument med en enastående anpassbarhet och kapacitet. Vad för detta med sig? Blir reglersystemen annorlunda? Blir gamla kunskaper och erfarenheter helt inaktuella? Det är frågor vi här skall försöka ge något svar på.

En yvig föreställning vill vi först som sist ta avstånd ifrån, nämligen att processdatorn främst kommer att vara en central hjärna i mycket stora anläggningar, en hjärna som på ett outgrundligt sätt griper in i produktionsförloppet på olika punkter, dymedelst maximerande driftledningens prestationskriterier. Vi inskränker oss till att betrakta processdatorn som ett reglertekniskt instrument, som till skillnad från vissa andra komponenter i vårt sortiment gör exakt vad vi vill att det skall göra.

DET FUNDAMENTALT NYA

Processdatorn kan visserligen överta en stor

del av den signalbehandling som med analoga metoder genomförs i en reglerutrustning utan att vi därigenom gör någon principiell vinst. Det går ju i stort sett inte att åstadkomma en bättre stabilisering i ett reglersystem genom att den digitala centralenheten (fig 1) får lösa differensekvationer istället för att motsvarande differentialekvationer löses av en krets med motstånd och kondensatorer.

Men det som vi framförallt vinner genom processdatorn är en exakt och tidsobegränsad *minnesfunktion* samt möjligheten att genom i minnet lagrade, lätt utbytbara instruktioner *programmera* godtyckliga signalbehandlingsfunktioner. En väsentlig praktisk fördel följer direkt av minnet och programmerbarheten: En installation kan slutföras utan att alla kopplingar och funktioner på förhand beräknats och fastlagts.

Minnet uppdelas normalt i två enheter, ett arbetsminne från vilket centralenheten omedelbart (direkt access) kan hämta data och ett sekundärminne, från vilket paket av data hämtas till arbetsminnet. Man kan fråga sig varför en processdator överhuvudtaget behöver ha ett sekundärminne. Arbetsminnet, med ferritkärnor, är utomordentligt driftsäkert, medan de vanligaste sekundärminnena, med skivor eller trummor, tillhör de enheter inom systemet som har den sämsta tillförlitligheten.

Säkerligen kommer det att finnas många tillämpningar, där enbart ett tillräckligt stort arbetsminne, normalt 4–32 K, är tillfyllest. Det visar sig emellertid att behovet av minnesutrymme ofta ökar på ett förvånansvärt sätt, med kraften av en Parkinsons lag. Det gäller bl a att få rum med ett antal program, som inte direkt har med reglerfunktionerna att göra men som avsevärt kan underlätta användarens programmeringsarbete, inläsning, rättning, den tidsmässiga samordningen mellan olika funktioner osv. Det är ännu tekniskt och ekonomiskt orimligt att anordna ett arbetsminne för all denna *programvara*, särskilt som vissa program utnyttjas mycket sporadiskt. Tills vidare är sekundärminnena nödvändiga i många installationsfall.

En annan fundamental skillnad mellan en analog reglerutrustning och den med processdator bör kanske nämnas. Varje funktion i den analoga utrustningen realiserar med egna komponenter (bortsett ifrån att man ofta kopplar om ett instrument mellan uppgifter som inte sammanfaller i tiden). Processdatorn utför i stort sett endast en elementarfunktion i taget, och det kan behövas hundratals sådana för att motsvara en komplett PI-regulator. För att de olika funktionerna skall utföras vid rätta tidpunkter, för att viktiga funktioner vid tidsnöd skall gå före mindre viktiga, för att ett flertal yttre enheter såsom mätvärdesomvandlare, remsläsare, skrivmaskiner m m effektivt skall kunna betjänas, krävs ett system med brytsignaler och prioritetsnivåer.

Det kan tyckas att processdatorns tidsuppdelade arbetssätt, med tillhörande brytsignalsystem, närmast är en intern angelägenhet. Utåt sett har man inte vunnit några nya funktioner av reglertekniskt intresse. Men tidsuppdelningen medför den enastående anpassbarheten hos processdatorn. Nya uppgifter kan läggas på systemet så länge tid står till förfogande. Snabbheten är väsentlig för systemets kapacitet och ersätter mängder av komponenter.

MÄTVÄRDESBEHANDLINGEN

På tal om de reglertekniska fördelar man vinner genom att installera processdatorer framhålls ofta möjligheten att utan tekniska begränsningar kunna realisera mycket komplicerade reglerfunktioner, vilket understryks genom att dessa funktioner ges pompösa benämningar: styrklar, reglerstrategier osv. Ser man mer praktiskt på frågan finns det skäl att i första hand uppmärksamma den utomordentligt förbättrade *mätvärdesbehandling* som processdatorn kan ge oss. Vi tänker då på sådana uppgifter som exempelvis linjärisering (korrektion för krökta utstyrningskurvor), överstyrningsindikering, filtrering, viktad sammanlagring av olika mätvärden osv.

Ett exempel ges i fig 2, som visar utstyrningskurvan för en nivågivare i en maskokare. Varje styråtgärd i ett regelsystem måste grundas på bästa information om mätstorhetens verkliga värde, vilket i detta fall måste beräknas med hjälp av mätvärdet och givarens karakteristik. Korrektionen för krökningen hos kurvans övre del (1) kan göras med en analog olinjär länk. Men då nivån ligger under givarens känslkropp ger mätvärdet ingen information om nivån (2). I en processdator kan en sannolik nivå rekonstrueras, grundad på senaste data om nivåns ändringshastighet och på mätvärdesuppgifter om flödesändringar.

Den enkla överstyrningsindikeringen kan ersättas med en mer ingående prövning av mätvärdenas tillförlitlighet: en kontroll med snävare och styrda gränsvärden; kontroll av derivatan; jämförelse med mätvärde från mindre noggrann, men mer drift-

säker givare osv. Allt man kan tänka ut går också att realisera rutinmässigt i en processdator. Men det gäller att tänka rätt, annars fungerar det inte.

Uppgiften att filtrera signaler för att så långt som möjligt få bort överlagrade störningar kommer alltid att finnas. Då man har att lösa uppgiften med ett begränsat antal analoga komponenter inser man snart att möjligheterna att godtyckligt forma filtrets överföringsfunktion är starkt beskurna. Ibland, då stora tidskonstanter är nödvändiga, kan den långa insvängningstiden i samband med start vara besvärande. Det är visserligen sant att vi i processdatorn utan svårighet kan åstadkomma alla de filterfunktioner som överhuvudtaget är fysikaliskt realiserbara och även att vi momentant kan försätta filtret i det tillstånd som är lämpligt vid start, men det finns en annan filteruppgift, som är mer fantasieggande och som väl endast processdatorn i praktiken kan genomföra.

KALMANFILTER

Uppgiften är att överföra ett antal störda mätvärden till ett antal utstorheter av en bestämd natur, nämligen de storheter som är mest väsentliga som underlag för styråtgärden inom ett regelsystem. Hur filtret skall beräknas i matematiskt väldefinierade fall har angivits av den amerikanske reglerteoretikern *R E Kalman*. Beräkningen är omständlig men resultatet

intressant. Först skall vi emellertid titta på utstorheterna från filtret. Ett konkret exempel kan underlätta förståelsen.

I en dubbelväggig behållare, se fig 3, med genomströmmande vätska, skall temperaturen T_1 hos en viss uppehållen mängd regleras till ett föreskrivet värde T_r . Uppvärmningen sker genom att vätskan i manteln har en viss övertemperatur T_2 som är större än T_1 och som i sin tur styrs genom hetvattenflödet till en värmeväxlare. En givare är anordnad för att ange medeltemperaturen T_1 i behållaren. Givarens utstorhet är y . För att reglera T_1 kopplas normalt en regulator mellan givaren och styrdonet för hetvattnet.

Regulatorns uppgift är att i varje ögonblick, eller vid bestämda tidpunkter om regleringen är intermittent, bestämma det värde som på bästa sätt justerar T_1 i riktning mot börvärdet T_r . Vilket underlag krävs för den bestämningen? Enligt figuren krävs mätvärdet y och referensvärdet T_r , men vi kan gå längre. Det riktiga vore att utgå från en fullständig kunskap om temperaturtillståndet i olika delar av systemet. Detta tillstånd kan anges med ett antal storheter. I vårt exempel antar vi att effektiv omrörning sker och begränsar oss till *tillståndsstorheterna* T_1 , T_2 samt inflödestemperaturen T_3 . Referenstemperaturen T_r skall även räknas som en *tillståndsstorhet*, såvida den inte ständigt är konstant och kan sättas lika med noll.

Fig 3. En dubbelväggig behållare med genomströmmande vätska, vars temperatur T_1 skall regleras. Egentligen är det inte mätsignalen y som definierar styråtgärden, dvs pådraget av hetvatten i värmeväxlaren, utan temperaturtillståndet i hela systemet, i första hand T_1 , T_2 och T_3 .

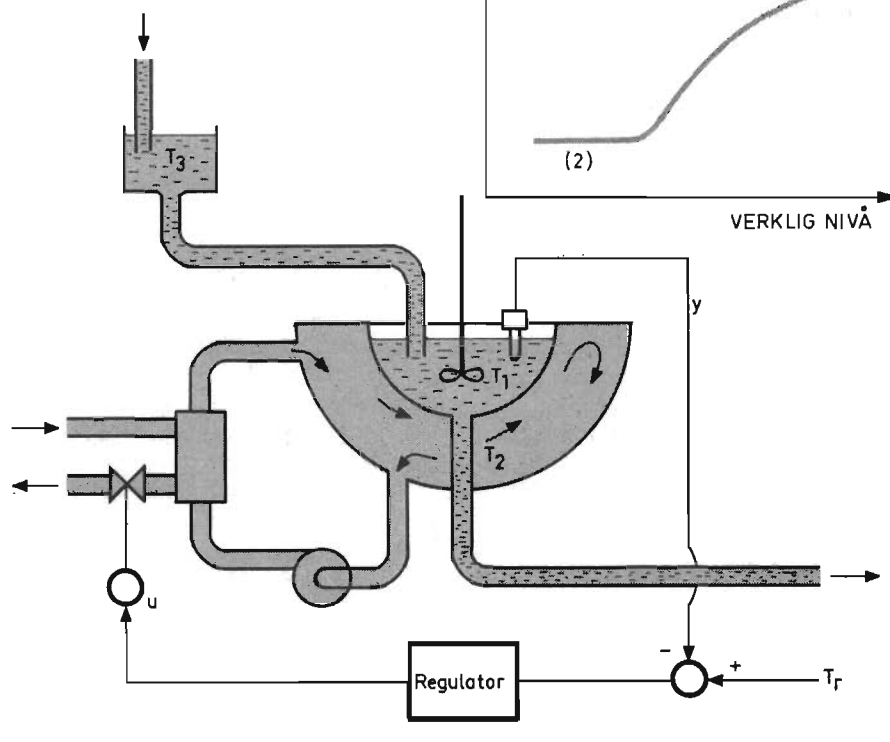


Fig 2. Det finns givare som ger en olinjär avspiegling av den verkliga mätstorheten, t o m så att mätsignalens informationsinnehåll i vissa lägen (2) helt förloras.

Med tillståndsstorheterna givna blir beräkningen av styrstorheten u mycket enkel. Varje förekommande styorstorhet skall nämligen vara en linjär kombination av samtliga tillståndsstorheter. I detta fall får vi:

$$u = k_1 T_1 + k_2 T_2 + k_3 T_3 + k_4 T_r$$

eller med andra ord, ett antal P-regulatorer, som var och en ger ett additivt bidrag till styorstorheten. Detta förhållande gäller under mycket generella förutsättningar, vilket är ett överraskande men inom regler-teorin välkänt faktum. Beroende på hur kraven på reglernoggrannheten preciseras får man dock olika värden på koefficienterna k_i .

Den självklara slutsatsen blir nu: Mät direkt alla väsentliga tillståndsstorheter och bygg en enkel regulator enligt ovan. Så långt det är möjligt bör man också följa den regeln, men i de flesta fall gäller att några tillståndsstorheter alltid är oåtkomliga för mätning. Det är då ett Kalmanfilter kan användas. Ur tillgängliga och störda mätvärden rekonstruerar detta filter samtliga tillståndsstorheter med den noggrannhet som är möjlig i det enskilda fallet.

STYR- OCH SAMPLINGINTERVALL

Vid regelbundet återkommande tidpunkter beräknas i datorn det värde varje styorstorhet bör ha under det följande styrintervall och detta värde omvandlas till en analog storhet och utmatas till det aktuella styrdonet. Ofta användes styrdon som i sig själva håller det inställda värdet konstant, varvid endast ändringen från föregående värde matas ut. Det styrvärde som verkligen erhålls återförs normalt till processdatorn för kontroll. Negativt utfall får då utlösa nytt styrförsök eller larm.

Valet av styrintervallets storlek gör man med hänsyn i första hand till processen och tillhörande styranordningar. Är det frågan om en störning som skall kompenseras och denna störning varierar långsamt, så är ett långt styrintervall acceptabelt. Det är i allmänhet inte svårt att uppskatta den förlust i reglernoggrannhet som alltid erhålls genom att störningen är en kontinuerligt varierande tidfunktion medan den kompenserande styrtåtgärden är en trappstegsfunktion. Styrintervallet avpassas då så att det inte blir onödigt kort och förlusten ändå inte så stor att den har betydelse.

Då det gäller den periodiska avkänningen av mätvärden, eller samplingen, kommer andra faktorer in i bilden. Reglernoggrannheten sammanhänger direkt med den noggrannhet varmed man kan rekonstruera eller uppskatta de tidigare nämnda tillståndsstorheterna. Ett långt samplingintervall innebär en sämre uppskattning av dessa storheter och en lägre noggrannhet. Man får även här göra en kompromiss, som i allmänhet ser ut att leda till att samplingintervallet bör vara avsevärt kortare än styrintervallet. Är det en kontinuerlig givare som skall avkännas finns inga hinder även för mycket korta intervall, men det finns också givare där själva mätprin-

cipen ger långa samplingintervall exempelvis gaskromatografer.

REGLERFUNKTIONEN

Efter att ha avkänt, kontrollerat och filterat mätsignalerna från den process som skall styras och även anordnat utmatningen av värden till styrdonen är vi framme vid den punkt där man normalt tar ställning till om en P-, PI- eller PID-regulator skall användas. Med en processdator finns åtminstone tre huvudvägar att gå fram.

För det första kan vi i datorn bygga upp ett räkneprogram som helt enkelt simulerar en känd standardregulator eller kompensationslänk. Härigenom vinner man den icke oväsentliga fördelen att regler-systemets egenskaper kan bedömas på grundval av erfarenheter från analoga reglerkretsar. Övontade fenomen kan då lättare tolkas och eventuellt erforderliga ändringar av reglerparametrarna lättare bestämmas. Det är säkerligen i många fall lämpligt att gå denna väg, som dock inte medför en bättre reglernoggrannhet än vad analoga regulatorer kan ge.

Det finns för det andra vissa speciella reglerfall där de vanliga analoga regulatorerna fungerar på ett felaktigt eller mindre effektivt sätt. Som exempel kan nämnas startförlöpp, mycket stora börvärdesförändringar med krav på snabb insvängning och reglerobjekt med en dominerande död- eller transporttid. I de förstnämnda två fallen kan analog utrustning användas, men den måste konstrueras speciellt för varje enskilt tillämpningsfall. Arbetet med konstruktion och utprovning blir alltför dyrbart relativt sett och manuell reglering föredras ofta. Här kan processdatorn medföra att skräddarsydda regulatorer även blir ekonomiskt fördelaktiga. Den dominerande dödtiden begränsar reglernoggrannheten på ett fundamentalt sätt, antingen man använder en analog regulator eller en processdator. Men den bästa regulatorn för detta fall kräver sådana minnesfunktioner som knappast kan realiseras praktiskt med analoga komponenter, men däremot utan svårighet i en processdator.

För det tredje har vi i samband med Kalmanfiltret noterat att själva regulatorn får en ytterst enkel form om den bara matas med de uppgifter som är mest fundamentala för styrtåtgärden, nämligen tillståndsstorheternas värden. Detta belyser det tidigare påståendet att mätvärdesbehandlingen är den viktigaste uppgiften inom regelsystemet. Att en dator medger denna förbättrade mätvärdesbehandling kan kanske accepteras som ett rimligt påstående, men en fråga återstår: Vari ligger vinsten?

Ett kort svar blir sällan korrekt i alla situationer men kan ändå vara vägledande. Låt oss säga att i de fall då endast en mätstorhet och endast en styorstorhet praktiskt kan tänkas vinnas av i allmänhet ingen väsentlig förbättring av reglernoggrannheten genom att använda ett Kalmanfilter, eftersom detta då kommer att bli mycket likt regulator typer som vi redan använder.

Men metoden pekar klart ut vilka kompletterande mätstorheter som behövs för en förbättring av noggrannheten och även hur dessa storheter skall utnyttjas för regleringen. Metoden anger på liknande sätt hur en extra styrmöjlighet skall användas för att förbättra reglernoggrannheten. Tyvärr kräver en dimensionering mycket väl preciserade prestationskriterier och räknearbetet blir besvärligt. Men det är en helt annan sida av saken. Blir resultatet gott kan det vara värt åtskillig möda.

PROGRAMVARAN

Hittills har vi, i en översiktlig form, uppehållit oss vid de överföringsfunktioner mellan mät- och styorstorheter som skall realiseras inom ett regelsystem. Hur man åstadkommer dessa funktioner på elektronisk eller pneumatisk väg, så långt det nu är möjligt, kan här förutsättas bekant. Likaså att nämnda funktioner, då de väl är preciserade i matematisk form, kan genomföras i en dator som en följd av elementära räkneoperationer enligt en lista av instruktioner som programmeraren utarbetar. Lika uppenbart är det emellertid inte, om man utgår från kunskaper om analog reglerutrustning, att det vid processdatorer även tillkommer en omfattande programvara för uppgifter som inte har direkt med de regletekniska funktionerna att göra men som måste finnas för att systemet skall fungera.

Basen i denna programvara utgörs av en *realtidsmonitor* med uppgift att disponera datorns resurser för de olika uppgifter som skall fullföljas. Monitorn sköter köerna till de olika yttre enheterna, startar nya program när centralenheten blir ledig, tar hand om brytsignalerna och vidtar de åtgärder dessa påkallar samt startar de tidsbundna programmen vid fastställda tidpunkter. Man kan tänka sig *realtidsmonitorn* som ett anpassande och verkställande organ mellan processprogrammen och maskinvaran, så som *fig 4* visar.

Monitorn innehåller även rutiner som utnyttjas av processprogrammen. Ett sådant program kan exempelvis göra anrop till monitorn med följande innebörd: »Läs den analoga kanalen 20, omvandla värdet till digital form och lagra i variabeln AIN samt rapportera när detta är klart». Eller ett annat exempel: »Starta programmet *TEMPLAS* om 10 sekunder».

Programvaran omfattar normalt även ett antal andra program, såsom assembler och kompilatorer för att underlätta programmeringen, hjälpprogram för testning, standardprogram för trigonometriska funktioner m m.

Hos många processdatorer finns det i hårdvaran anordnat ett minnesskydd, vilket gör det möjligt att köra datorn i två skilda tillstånd: Ett skyddat tillstånd för den driftmässiga körningen av processprogrammen och ett oskyddat tillstånd som bl a används för testningen av nya program. När datorn icke är upptagen med processprogrammen disponeras den av en bakgrundsmonitor, se *fig 5*, som utnyttjar den lediga

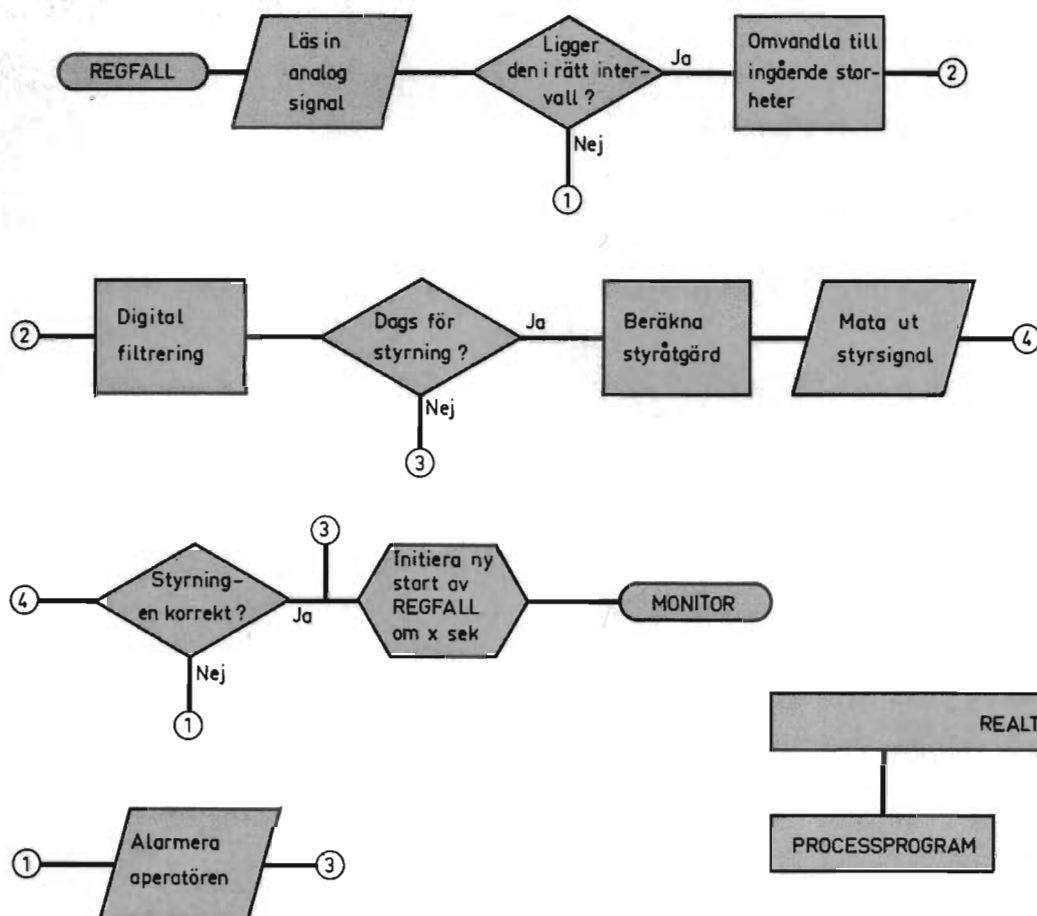


Fig 6. Exempel på huvuddragen i ett flödesschema för ett reglerfall.

Fig 5. Program som är direktkopplade till processen skils från de program som enbart är en angelägenhet mellan operatören och datorn.

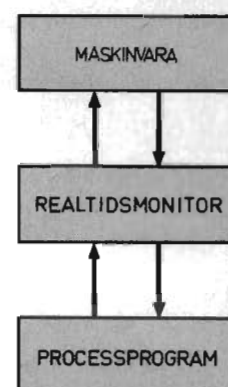
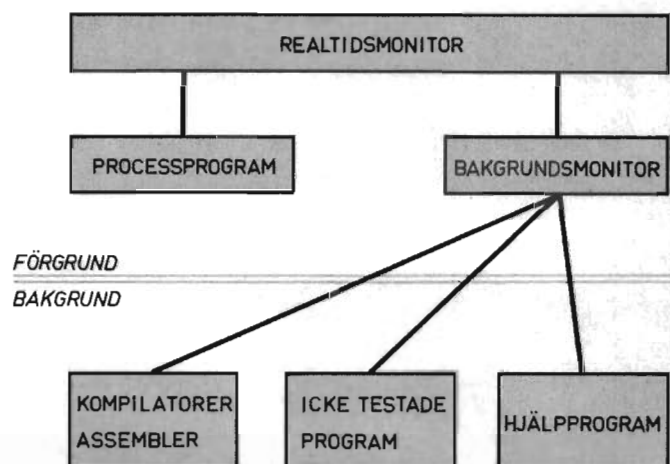


Fig 4. Processprogrammen definierar de reglertekniska uppgifterna och realtidsmonitorn passar in dessa i datorns arbete.



uden utan att något kan ske som inverkar på de skyddade programmen.

För många av de minsta datorerna tillhandahålls ingen monitor. Det finns säkerligen många tillämpningar där dessa datorer ställer sig fördelaktiga genom att kostnaden för systemet så som det levereras blir lägre, men programmeringen och testningen blir svårare och mer omfattande.

PROGRAMMERING

Huvuddragen av ett flödesschema (i programmeringsteknisk mening) för ett enkelt reglerfall framgår av fig 6. Schemat utgör som bekant en stomme vid programmeringen, som sedan kan genomföras i språk på olika nivåer:

- Assembler, som är en symbolisk maskinkod och som finns till alla processdatorer.
- Kompilatorspråk, t ex realtids-FORT-RAN, som finns till ett flertal processdatorer.

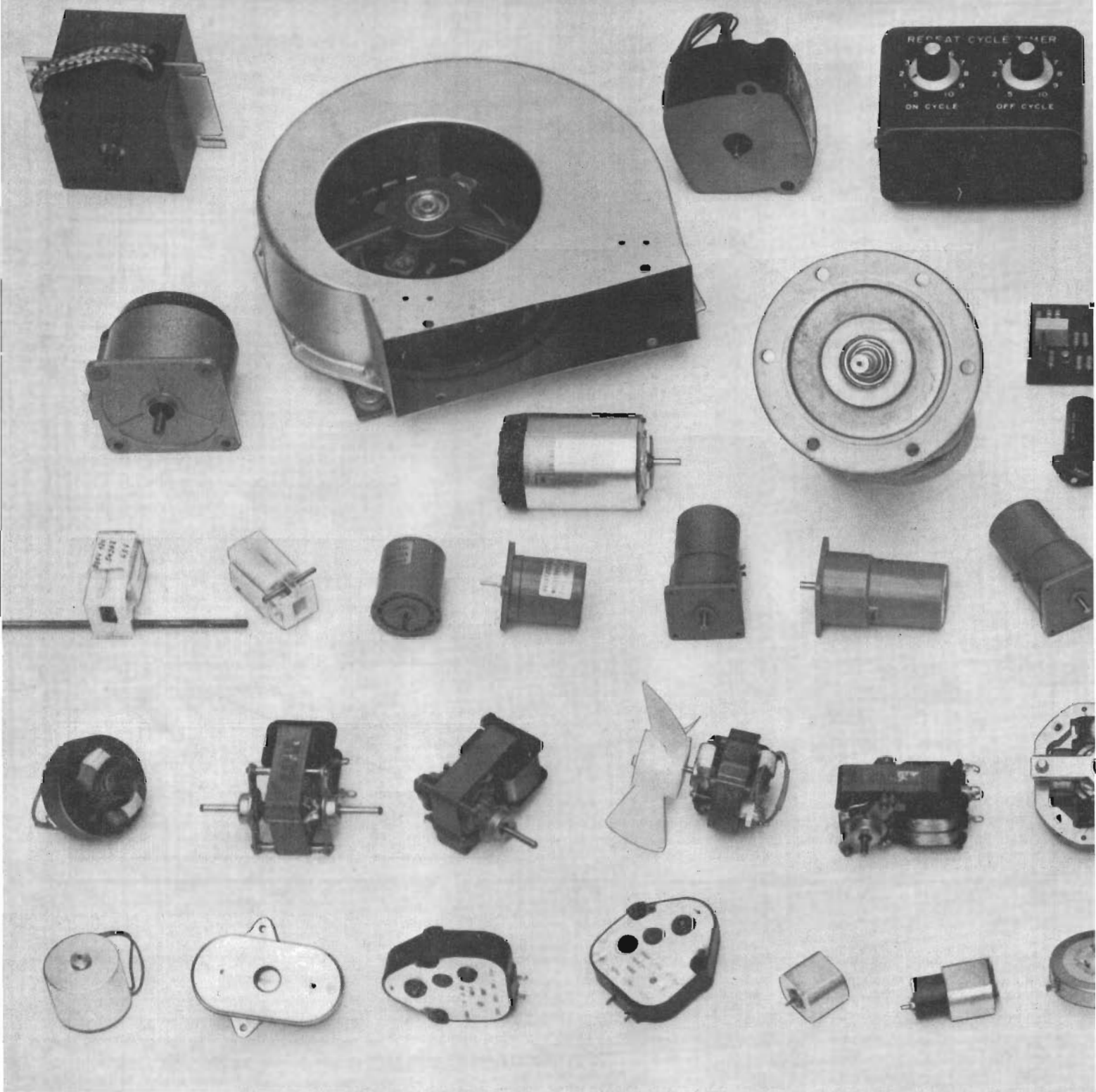
- Processororienterade språk, t ex av typen ifyllnadsblankett såsom IBMs PROSPRO eller »högre kompilerspråk» såsom CDCs AUTRAN. Hit bör man även räkna de mer eller mindre generella DDC-paket som finns till många processdatorer.

Programmering i assemblerspråk kräver god kännedom om datorns instruktionslista och monitorsystemets funktion. För programmering i kompilerspråk fordras, förutom kunskaper i det aktuella språket, förtrogenhet med monitorsystemet. De processororienterade språken är avsedda att kunna utnyttjas av processingenjörer med ett minimum av kunskaper om datorn och tillhörande programvara. Det gäller exempelvis att i en blankett fylla i vilka analoga ingångar som skall användas, tillåtna intervall, parametrar i filter- och reglerfunktioner, samplingsintervall m m. Uppgifterna stansas på hålkort eller håltremsa och läses in i datorn av ett parameterprogram, som

kompletterar och bygger upp de förberedda processprogrammen.

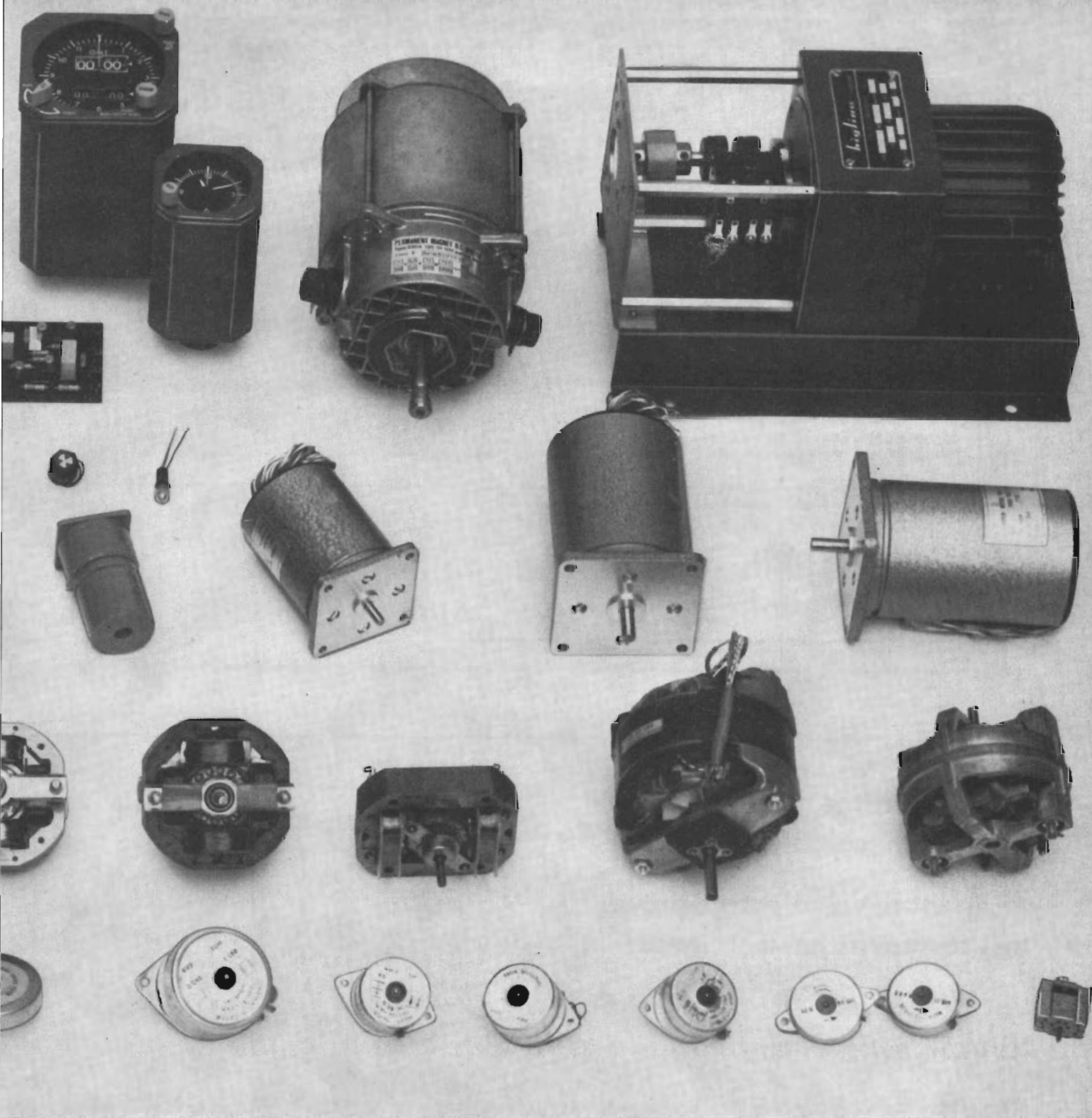
Innebär nu processdatorn något radikalt nytt för våra möjligheter att konstruera reglersystem, något annorlunda som gör gamla kunskaper förlegade och erfarenheter värdelösa? Svaret måste bli både ja och nej. Det finns fog för att tala om något radikalt nytt då det gäller möjligheterna att praktiskt pröva och genomföra reglertekniska idéer, men de gamla kunskaperna och erfarenheterna är till stor del alltjämt goda och användbara, bla därför att de baserats på funktioner och inte på vissa typer av komponenter.

De nya metoderna måste naturligtvis också läsas in och utnyttjas. I det sammanhanget kan man nog anta att det är lättare för instrument- och processingenjörer att lära sig använda processdatorn än det är för en system- och programmeringsexpert att lära sig instrument- och processtekniken. □



polymotor

Från Polymotor — Philipskoncernens motorföretag — erbjuder vi svensk industri ett omfattande program av motorer och drivsystem under 500 W, även i kombination med elektroniska styrsystem. Vare sig det gäller drivsystem för tvättmaskiner eller komponenter för datorer, bandspelare eller färdskrivare för flygplan. Polymotor har rätt motor. Det må gälla en precisionsbyggd steg-



har rätt motor

motor för 14 000 steg i sekunden
eller en enkel synkronmotor för
elektriska klockor.

Tillämpningsområdet kan vara militär-
och flygelektronik, styr- och
reglerteknik eller hemelektronik.

T.ex. i processkontroll, programverk,
klockor, klocksystem, försäljnings-
automater, hushållsmaskiner, hobby-
artiklar och mycket, mycket annat.

Föreslå själv en tillämpning. Vi
ställer sakkunskap och system-
kunnande till ert förfogande. Tag
en första kontakt med någon av
våra produktingenjörer inom
motorgruppen. Gör det redan idag!

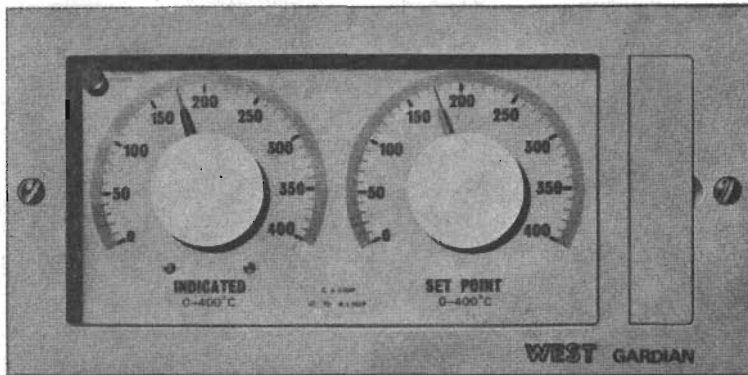
AB ELCOMA
FACK - 102 50 STOCKHOLM 27 - TEL. 08/67 97 80

Informationstjänst 7

Man kan reglera temperatur på många sätt... ... ett bra sätt är att använda West Gardian!

- arbetar enligt potentiometerprincipen men har ingen servomekanism och inga rörliga delar i regulatorsystemet.
- kan fås med pulsutgång för steglös reglering över tyristor.
- har temperaturavläsning och börvärdesinställning på separata instrument, som är helt oberoende av varandra.
- har ingen fotocell eller ljuskälla som kräver utbyte.
- är inbyggd i robust kåpa av DIN-format med litet platsbehov.

Kontakta vår avdelning för processinstrument för närmare information!



INGENIÖRSFIRMAN

SIGURD HOLM AB

Olshammarsgatan 89, 124 48 Bandhagen
Tel. 08/86 02 35

Informationstjänst 8

**Har Ert företag
förpackningsproblem?**

**Är Ni intresserad av att pröva
nya förpackningar och metoder?**

**Vet Ni inte var
Ni skall söka lösningen?**

Vi vet!

I Packs Buyer's Guide för den skandinaviska förpackningsbranschen finns 420 företag listade i olika register.

I Packs Buyer's Guide kan Ni slå upp Er produkt och finna företag som hjälper Er med förpackning, metod eller tjänst. Ni kan få uppgift på vilka företag som levererar ett visst material, en viss maskin eller utrustning.

Guiden innehåller vidare ett handelsnamnregister med förklaring och leverantörshänvisning samt ett agentregister.

Registret utdelas gratis till Packs prenumeranter. Övriga kan, mot postförskott, rekvirera sitt exemplar med vidstående kupong.

**Buyer's
Guide 69**



**Nu
ut-
kommen**

Jag/vi önskar ex av Packs Buyer's Guide för den skandinaviska förpackningsbranschen till en kostnad av 17:—/ex = kr.

NAMN

FÖRETAG

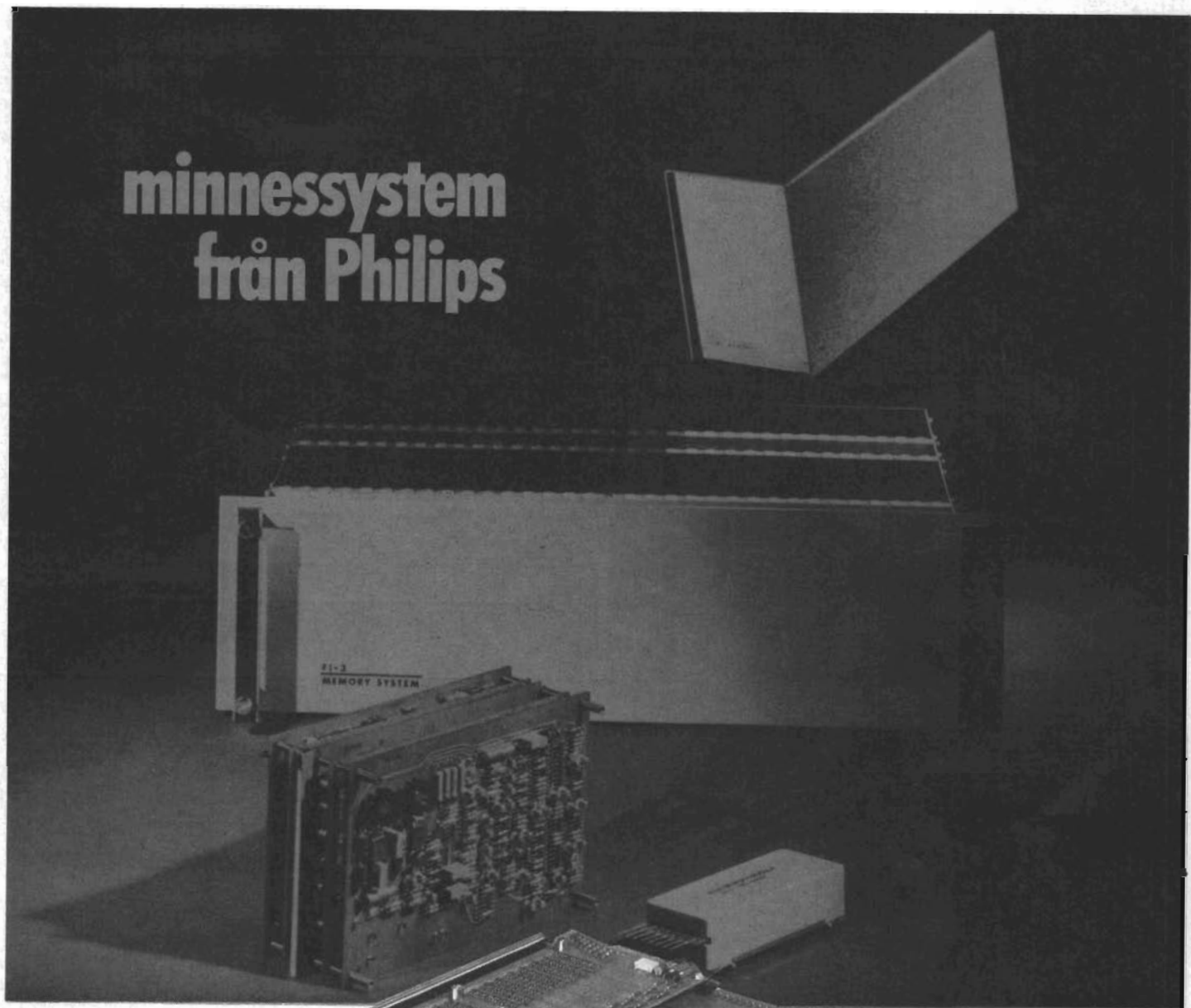
ADRESS

POSTADRESS

TELEFON

Kupongen skickas till PACK BUYER'S GUIDE
BOX 183 · 251 03 HÄLSINGBORG

minnessystem från Philips



Kärnminne med 250 ns cykeltid

Detta är det senaste minnet från Philips. Det är uppbyggt med två kärnor per bit, det senaste framsteget i det program för minnesutveckling som Philips genomför. Det är således ett snabbt, tillförlitligt och tekniskt utvecklat minne. Det finns tillgängligt idag och är minnet för morgondagens datorer. 250 ns-minnet är ett exempel ur Philips serie av minnespro-

dukter. Vilket minne Ni än behöver, en 256 bitars enkel matris, ett litet 1024 bitars plug-in-minne eller ett 5 000 000 bitars massminne, tag kontakt med oss.

AB ELCOMA
FACK - 102 50 STOCKHOLM 27 - TEL. 08/67 97 80

Reglerteknik på lätt sätt

Av ingenjör GUNNAR ÖSTLUND,
Honeywell AB

I ett antal artiklar kommer Elektronik att ta upp ämnet reglerteknik, sett ur praktisk synvinkel. Denna första artikel behandlar de grundläggande begreppen i ämnet.

□□ Med regleringsteknik eller reglerteknik menar man det tekniska förfarande man använder sig av för att styra dynamiska förlopp efter givna premisser med hänsyn tagen till signaler från mätanordningar – elektriska, pneumatiska eller hydrauliska – som följer förloppet eller dettas resultat. Härav skulle man kunna dra slutsatsen att *mättekniken* är en del av reglertekniken såtillvida att man inte kan reglera noggrannare än man kan mäta. Vid behandling av ämnet reglerteknik brukar man emellertid skilja mellan mät- och reglerteknik, liksom man också behandlar själva *tillämpningen* av reglertekniken för sig. Vi skall börja med att diskutera reglertekniken som sådan.

De matematiska lagar som tillämpas inom reglertekniken är i regel desamma som gäller för alla dynamiska system, öppna eller slutna. Med ett slutet system menas ett system där en utstorhet som är en funktion av en instorhet återförs i systemet. Hur bra ett regelsystem är uppbyggt beror på hur väl det kan hålla en process under kontroll när störningar eller ändringar uppstår i processen som regleras eller i själva regelsystemet. Avsikten med ett regelsystem är att reducera effekten av sådana störningar.

DYNAMISK ANALYS VIKTIGT HJÄLPMEDEL

Hur långvarig blir störningen eller effekten av den? – Vilka regleringsinställningar ger bästa resultatet? är ett par frågor man kan ha anledning att ställa sig.

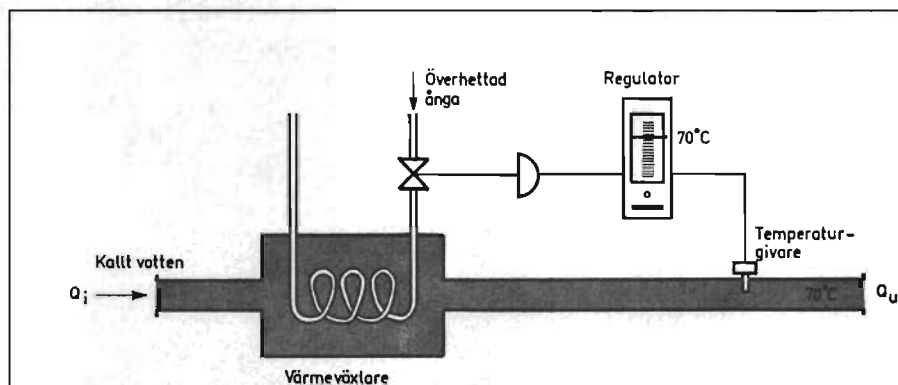
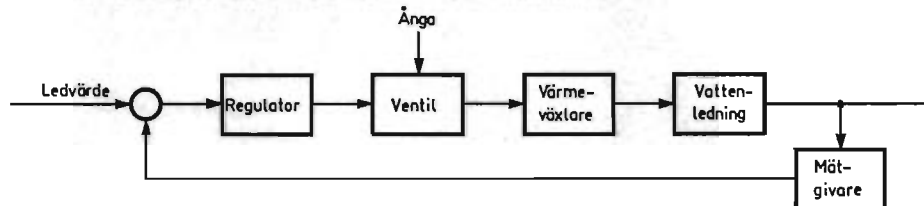


Fig 1. Reglersystem för värmeväxlare.

Fig 2. Det successiva mottagandet och avgivandet av signaler kan betraktas som en enda signal som går in och ut hos varje komponent.



För att få svar på sina frågor måste man analysera sitt regelsystem och eftersom det man vill analysera är variabler som ändras i tiden, talar man om dynamisk analys.

Som ett exempel på ett regelsystem kan vi ta en värmeväxlare för vatten enligt fig 1. Man önskar i detta fall hålla det utgående vattnet från värmeväxlaren vid en viss bestämd temperatur, 70° C. Här kan flera störningar uppträda i systemet. Dels kan ingående vattenmängd Q variera, dels kan temperaturen på detta vatten variera. Dessutom kan den tillförda ångans tryck och/eller temperatur variera. Man inför även en störning när och om man vill ändra det ledvärde som regulatorn håller det utgående vattnet vid; i vårt fall 70° C.

När temperaturgivaren känner att vattentemperaturen ökar eller minskar får regulatorn motsvarande signal och sänder en styr-signal till ångventilen, som minskar eller ökar ångmängden så att vattnet får en temperatur motsvarande regulatorns ledvärde.

Man kan betrakta regelsystemet som ett informationsflöde där varje del av systemet tar emot en information och reagerar för den på ett sätt som är karakteristiskt för enheten ifråga. Denna reaktion ger upphov till en ny information och så vidare tills informationsflödet format en reglerkrets.

Detta sätt att betrakta reglerkretsen är giltigt för alla typer av reglerkretsar, vare sig det gäller tryckreglering, nivåreglering eller någon annan form av reglering. Varken den form av energiflöde eller den typ

av material som passerar genom utrustningen behöver beaktas, utan endast själva komponenterna i form av ventiler, rör, givare mm samt signalerna.

BLOCKSCHEMAT VISAR INFORMATIONSFLÖDET

Vid konstruktion eller analys av ett regelsystem ritas man sålunda enklast detta i form av ett blockdiagram för informationsflödet, och blockdiagrammet för vår värmeväxlare ses i fig 2. Man bör här ta med alla signalpåverkande komponenter, som t ex vattenledningen där man får en dödtid vid transporten av det uppvärmda vattnet från värmeväxlaren till temperaturgivaren. I värmeväxlaren har man vidare en dämpning i form av uppvärmningstid av det omgivande vattnet vid värmespiralen, beroende av vattnets volym, eller en tröghet beroende av värmespiralens förmåga att överföra ångans värme via rörväggen till vattnet. Vid pneumatiska regelsystem kan man även bli tvungen att ta hänsyn till signalledningarnas påverkan av signalen.

Det successiva mottagandet och avgivandet av signaler kan betraktas som en signal som går in och ut hos varje komponent, ventil, givare, regulator osv på det sätt som visas i fig 2. Exempelvis tar ventilen emot ånga med ett visst tryck och omformar detta till ett annat tryck, givaren tar emot en signal i form av temperatur som den omvandlar till en elektrisk eller pneumatisk signal.

Vid passagen genom reglerkretsen kan informationen eller signalen ändras på en-

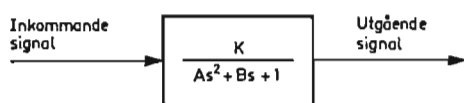


Fig 3. Det matematiska uttrycket för överföringsfunktionen hos en komponent noteras vanligen i blockdiagrammet.

Fig 4. Sammanställning över inverkan av stegsvarens tidsförlopp. a) insignal, b) stegsvar för ett reglerblock av första ordningen, c) stegsvar från ett andra ordningens system eller block, d) stegsvar från ett integrerande system.

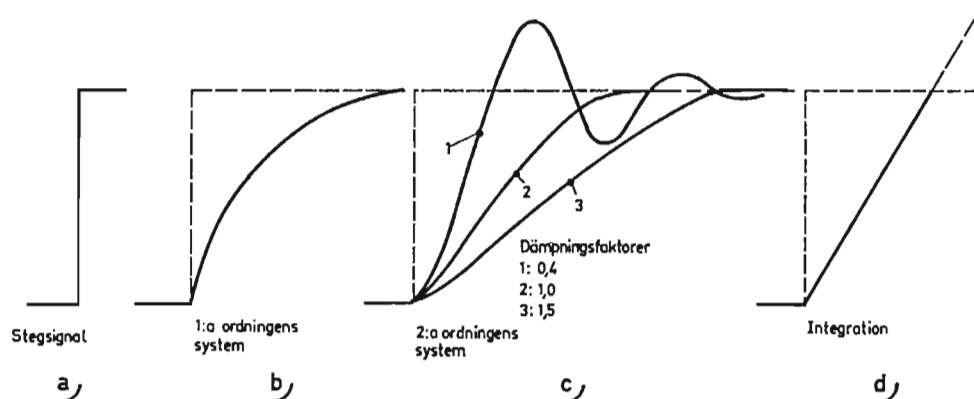


Fig 5. Kombinationer av de i fig 4 visade stegsvaren: a) ett snabbt, underkritiskt dämpat andra ordningens block och ett långsamt första ordningens, b) flera, snabba och långsamma, första ordningens system.



dast två sätt; antingen i storlek så att den blir större eller mindre efter passagen av varje block i fig 2 eller kan den helt eller delvis fördröjas vid passagen av ett block. Observera att pilarna i fig 2 endast anger signallödet och ej energi- eller materialflödet.

För att analysera ett reglersystem måste man känna den inkommande signalen, vilken passage den följer samt hur varje passage eller block påverkar den med avseende på storlek och tidsfördröjning. Det sätt på vilket varje block eller komponent påverkar en inkommande signal kallar man matematiskt komponentens överföringsfunktion. Denna är ett uttryck som beskriver komponentens inverkan på signalstorlek och tidsförskjutning vid jämförelse av ingående och utgående signal.

Vid matematisk behandling av reglersystem brukar man notera komponenternas överföringsfunktion i blockdiagrammet som visas i fig 3. Det matematiska uttrycket för överföringsfunktionen är en form av La Place-transformation och är ett av sätten att beskriva en överföringsfunktion.

GRAFISK ANALYS

Man kan även analysera ett reglersystem grafiskt utan att använda överföringsfunktioner. Ett sätt är härvid att studera stegsvaret vid en stegändring på ingången. Stegsvaren är av ett fåtal grundtyper och just detta gör det möjligt att göra en systematisk analys.

Vid analysen skiljer man mellan regulatorblocket och de övriga blocken, process-

blocken, då de har stegsvar av olika typer. Vi börjar med att analysera de senare. Processblocken kan representeras av många olika typer av komponenter och processer. Stegsvaren är dock ett fåtal och är sammanställda i fig 4.

Kurvan enligt fig 4 a visar insignalen. Vi börjar med att studera stegsvarets funktion av tiden och förutsätter här att stegsvarets amplitud är densamma som insignalens.

FÖRSTA ORDNINGENS REGLERBLOCK

I fig 4 b ser vi hur stegsvaret för ett reglerblock av första ordningen ser ut. Man talar även om den en-kapacitiva processens stegsvar. Typiskt för stegsvaret hos en en-kapacitiv process är att utsignalen ökar i samma ögonblick som insignalen, förutsatt att ingen dödtid finns, samt närmar sig och så småningom uppnår slutvärdet. Den tid det tar för stegsvaret att nå 63,2 % av slutvärdet kallas blockets tidkonstant, T . Slutvärdet nås efter cirka 5 gånger tidkonstanten. Ett typiskt exempel på ett en-kapacitivt reglerblock är temperaturgivaren i fig 2. Om denna doppas ned i ett hett vattenbad kommer den att följa en uppvärmningskurva som motsvarar den i fig 4 b.

Överföringsfunktionen har utseendet $1/(Ts + 1)$ där T är termometerns tidkonstant. Termometerns överföringsfunktion har sin motsvarighet i ett mekaniskt system där trögheten är mycket liten i förhållande till andra krafter.

ANDRA ORDNINGENS REGLERBLOCK

Fig 4 c visar hur stegsvaret från en två-kapacitiv process, motsvarande andra ordningens system eller block, ser ut. De tre kurvorna beskriver stegsvaret för tre olika reglerblock med olika dämpningsfaktorer, men gemensamt för dem är att stegsvarets start är något fördröjd i förhållande till insignalen. Med de olika dämpningsfaktorerna 0,4, 1,0 och 1,5 talar man om underkritisk, kritisk och överkritisk dämpning. En fjäderbalanserad pneumatisk reglerventil är ett exempel på ett block av andra ordningens system där dämpningsfaktorn kan variera med friktionen i glandpackningen.

INTEGRERANDE BLOCK

Ett integrerande system slutligen ger det stegsvar som visas i fig 4 d. Svaret är typiskt för en rampprocess, och det antal minuter det tar för svaret att nå samma nivå som stegingången kallas integrationstiden. Olikt en- och två-kapacitiva processer är denna inte självreglerande; den når alltså teoretiskt aldrig något slutvärde. Exempel på en rampprocess är en tank, som fylls med vätska eller gas från en källa med mycket högt tryck.

De enligt fig 4 beskrivna stegsvaren kan man sedan finna i olika kombinationer. Fig 5 a tex, beskriver kombinationen av ett snabbt, underkritiskt dämpat, andra ordningens block och ett långsamt första ordningens, medan fig 5 b visar kombination av flera snabba och långsamma, första ordningens system. □

ENKELT . . .

Rita programmet direkt som Ni föreställt Er det — på ett rektangulärt kort med tidsaxeln på långsidan och kontrollparametern på kortsidan. Det finns inga störande polarkoordinater att ta hänsyn till, ingen omräkning från tid till vinkelgrader. Och Ni behöver inte tillverka kamskivor, inte heller bekymra Er för kamrullens radius eller branta kamvinklar.

Rita bara programmet som en tunn linje (ca 0,2 mm bred) och placera kortet bakom den genomskinliga dörren på Research Incorporated Data Trak Process Programmer — lika lätt som att sätta in ett papper i skrivmaskinen. Enkel elektrisk anslutning — anslut tre ledningstrådar till regulatören.

EXAKT . . .

på en DATA-TRAK typ 5300 rör sig avkänningslinjalen med en i förväg inställd konstant hastighet från övre till nedre delen av kortet. I de övriga typerna roterar trumman. En servostyrd kapacitiv sond rör sig i tvärriktning, sökande den programlinje Ni dragit — utan att vidröra kortet. Denna sond är mekaniskt kopplad till en potentiometer, vars utsignal är i exakt förhållande till sondens position. Så noggrannt är DATA-TRAK systemet, att Ni vid upprepade program erhåller en återupprepingsnoggrannhet av 0,02 . . . 0,1 % beroende på vilken typ det gäller.

PÄLITLIGT . . .

Ni kan inte lura Data-Traken ens genom att rita en vertikal linje på kortet, eller koppla på Data-Traken med sonden långt ifrån programkurvan. Sonden kan bara inte "gå vilse". Ni kan till och med programmera stegfunktioner även om sonden inte korsar kortet ögonblickligen. Sonden rör sig nämligen omedelbart mot programkurvan oberoende av var den just befinner sig, och dess maximala tidsfördröjning skall ses i förhållande till förflyttningen i tidsaxelns riktning.

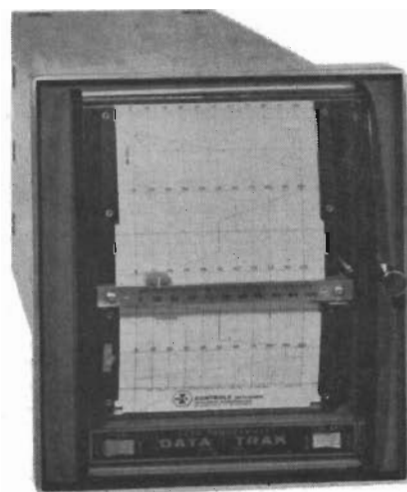


typ 5510

tillverkare



RESEARCH, INC.
R·I CONTROLS DIVISION
MINNEAPOLIS, MINNESOTA 55424



typ 5300

DATA-TRAK FAMILJEN . . .

Typ 5500

programkortet 127×200 mm är lindat kring en vals. 65 olika hastigheter på tidsbasen: 45 sekunder . . . 884 timmar.

Typ 5110

programkortet 280×340 mm är lindat kring en vals. 208 olika hastigheter på tidsbasen: 3,3 sekunder . . . 12 dygn.

Typ 5110-2P

två program ritade bredvid varandra på samma programkort avkänns av två separata sonder.

Typ 5110-XY

programmet på ett kort av 280×340 mm avkänns ej i funktion av tiden, utan som funktion av en yttre variabel (± 3 V) som styr trummans servosystem.

Typ 5510

består av en 5500 DATA-TRAK plus en därmed synkroniserad håltremsläsare för 1"-remsa/8 kanaler. Upp till 8 logiska funktioner genereras parallellt till det analoga programmet.

Typ 5124-Stata-TRAK

programgenerator utan rörlig sond för snabbt föränderliga funktioner. Frekvensområde DC-160 Hz utan distorsion av programfunktionen.

Typ 6600 — Digital DATA-TRAK

programgenerator för 15 kanaler eller 180 logiska funktioner. Ingång från håltremsa eller computer (16 bit-ord).

Research Inc. tillverkar också passande temperatur- och processregulatorer, effektregulatorer för växel- och likström, även numerisk styrda effektregulatorer.

Låt oss göra ett förslag till styrning av Er process, vare sig det gäller en liten laboratorieugn eller en komplicerad tillverkningsprocess.

Försäljning & service i Sverige, Norge, Finland

Ingenjörsbyrå G. Nabholz AB

Larsbergsv. 30 181 37 Lidingö
Tel. 08/765 93 00

Reglerteknik på lätt sätt

Av ingenjör GUNNAR ÖSTLUND, Honeywell AB

I en föregående artikel (Reglerteknik på lätt sätt, Elektronik nr 1 1969) behandlades ett av de två sätt på vilka en signal kan påverkas av ett processblock, nämligen tideffekten. Här diskuteras begreppet förstärkning samt olika slag av regulatorer.

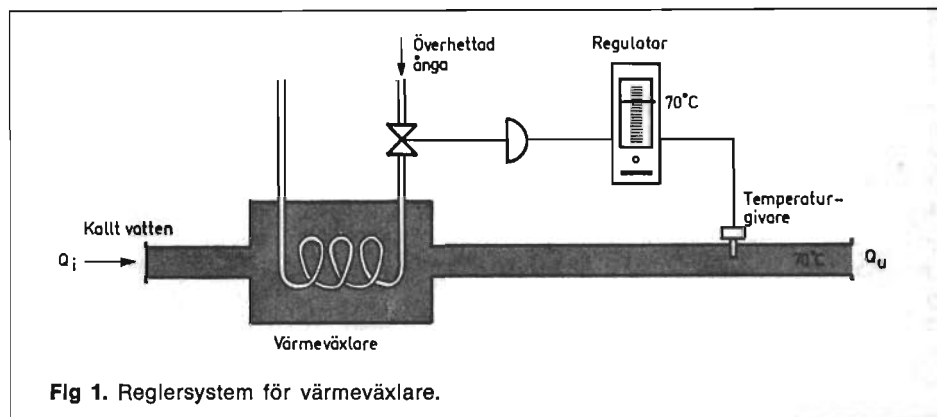


Fig 1. Reglersystem för värmeväxlare.

□ □ Stegsvarets amplitud kan vara större eller mindre än insignalen fastän tidkonstanten är densamma, se fig 2. Detta bör man ha klart för sig när man analyserar processblockets påverkan av signalens amplitud. Jämförelsen mellan stegsignalens och stegsvarets amplitud kallas blockets förstärkning och utgör kvoten mellan det ursprungliga fasta värdet och det slutliga fasta värdet. Den är bestämd genom jämförelse av amplituder. Jämförelsen kan emellertid gälla ett processblock som till exempel ventilen eller värmeväxlaren i fig 1, där in- och utgångssignalerna har olika sorter med relationer enligt fig 3. Relationen mellan in- och utsignal kommer i dessa fall snarare att bero på det sätt som utsignalen ändras sig med insignalen för den specifika måtenhet eller sort man använder. Av fig 3 framgår att en viss utsignal svarar inte bara mot en viss insignal utan även att en viss

ändring av insignalen svarar mot en viss ändring av utsignalen. Detta är vad man vanligen menar med förstärkning.

SIGNALERNAS RELATIVA STORLEK VÄSENTLIGAST

För reglersystem är det emellertid så att det är den relativa storleken av signalerna, oberoende av måtenheter, som är det väsentliga. Man jämför alltså in- och utsignalernas procentuella storlek. Låter man t ex 0 kcal/tim på insignalen och 0° C på utsignalen (se fig 3) motsvara 4 mA i ett reglersystem med signalområdet 4–20 mA eller 3 psi i ett pneumatiskt reglersystem, blir motsvarande maxvärden för 30 000 kcal/tim resp 100° C, 20 mA eller 15 psi för kurvorna i fig 3. Förstärkningen hos blocken, sådana som de uppträder i reglersystemet, beror alltså på det mätområde man

väljer för givarna. Hade mätområdet för värmemängdsmätaren valts dubbelt så stort skulle signalen vid 30 000 kcal/tim ha blivit hälften så stor vid 100° C som i första fallet. Med andra ord hade blocket fått en större förstärkning.

Man kan vända på betraktelsen och säga att om temperaturen ändras 1° C för 5 000 kcal/tim ändring i värmemängden, så är detta bara 1 % av mätområdet på temperaturgivaren, dvs av utsignalen, om dess mätområde är 0–100° C, men 10 % om temperaturgivarens mätområde är 10° C, t ex 65–75° C.

Med regulatorblocket sluter vi så reglerektsen i vilken signalen cirkulerar in i ett block och påverkas till amplitud och fas samt ut ur blocket och blir insignal till nästa block och så vidare i den slutna kretsen. Kretsens totala förstärkning blir summan av de olika blockens förstärkning.

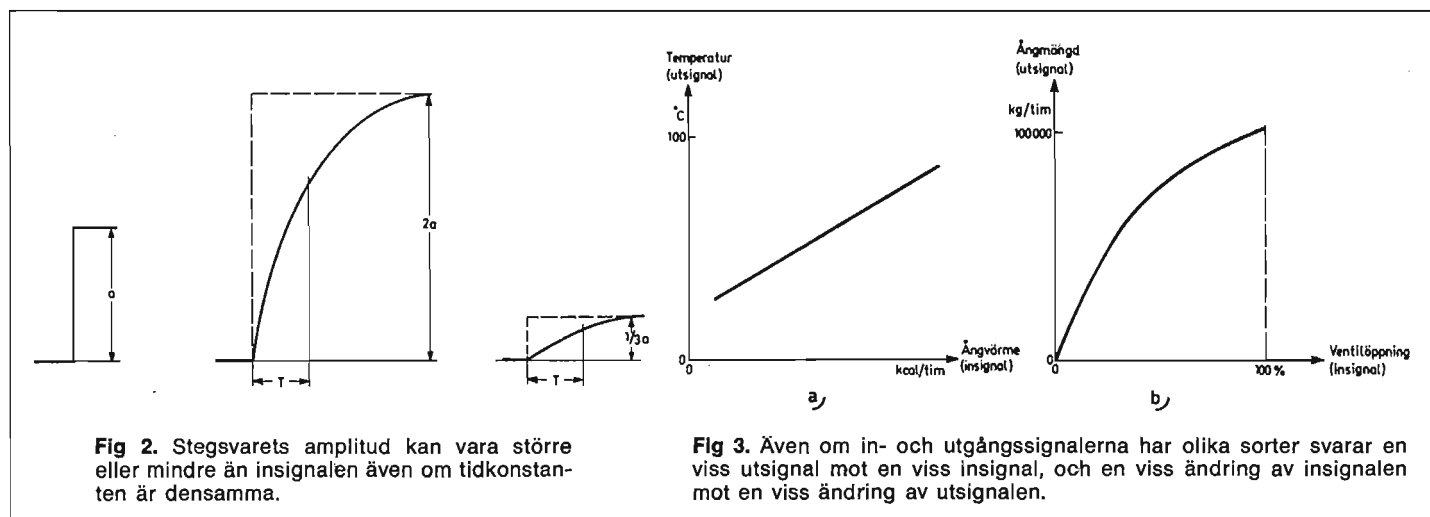


Fig 2. Stegsvarets amplitud kan vara större eller mindre än insignalen även om tidkonstanten är densamma.

Fig 3. Även om in- och utgångssignalerna har olika sorter svarar en viss utsignal mot en viss insignal, och en viss ändring av insignalen mot en viss ändring av utsignalen.

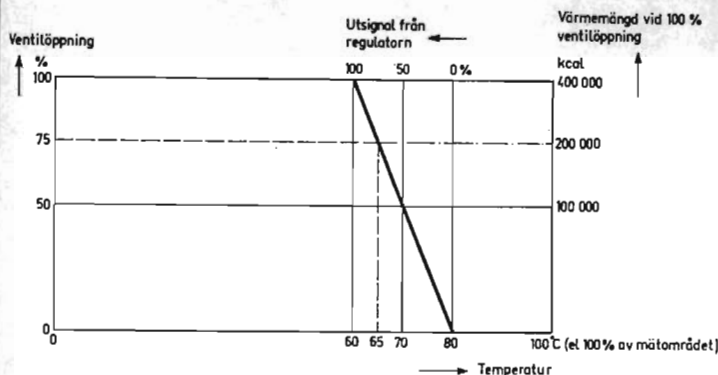


Fig 5. Samband mellan regulatorns utsignal och ventilens rörelse samt mellan ventilöppning och motsvarande värmemängd.

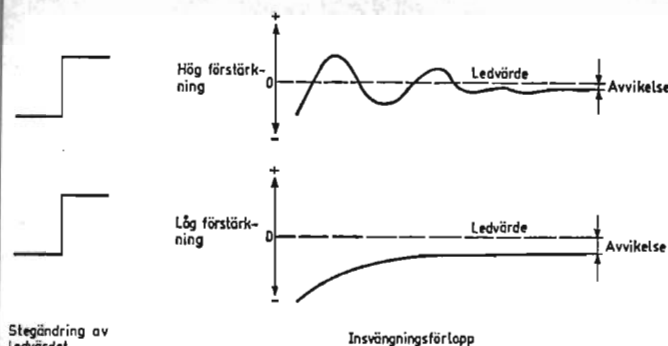


Fig 6. Insvägningsförlopp och regleravvikelse vid hög och vid låg förstärkning.

SJÄLVSVÄNGNING

Om kretsens totala förstärkning är lika med 1,0 kommer, vid en stegstörning av kretsen, denna att börja svänga med en konstant amplitud. Processblockets förstärkning bestäms i princip av de fysikaliska förhållandena, medan regulatorblockets kan justeras. Om en reglerkrets börjar svänga minskar man regulatorns förstärkning så att totala förstärkningen i kretsen blir mindre än ett. Om kretsens totala förstärkning är större än ett, förstärks signalen vid varje »varv» i kretsen tills slutligen hela reglersystemet bryter ihop.

Den period, i sekunder eller minuter, med vilken ett system svänger, se fig 4, beror på summan av de olika blockens tidpåverkan av signalen samt av dödtider i reglerkretsen.

Fig 4 beskriver förhållandet mellan regulatorns insignal och utsignal, varav framgår att signalerna är 180° fasförskjutna. Svängningen i ett reglersystem beror alltså på regulatorns försök att korrigera den variabel som skall regleras, dvs öka den om den är låg och minska den om den är hög. Regulatorns utsignal är insignal för resten av kretsen. Regleravvikelsen, som är skillnaden mellan processblockets utsignal och ledvärdessignalen, är regulatorns insignal och när regulatorns in- och utsignal är 180° fasförskjutna måste resten av de 360° i en period komma från processblocket när ett system svänger med konstant amplitud.

Den regulatorförstärkning man har och den period man får när ett reglersystem börjar självsvänga vid en ökning av regulatorförstärkningen är kriterier för injustering av en sk PID-regulator i ett reglersystem. Vi skall därför närmare studera regulatorblocket.

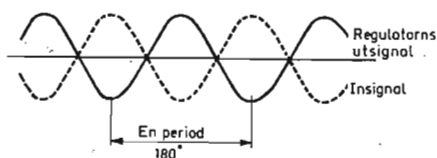


Fig 4. 180 graders fasförskjutning mellan regulatorns insignal och utsignal.

TILL-FRÅN-REGULATORER

Regulatorn kan vara en av två olika typer. Den ena är till/från-typen, som i sin enklaste form öppnar en ventil (se fig 1) när utgående vattentemperaturen understiger ledvärdet med ett visst värde och stänger den, när temperaturen överstiger ledvärdet lika mycket. Man kan med en sådan regulator i regel inte undvika att man får en svängning av den reglerade temperaturen kring ledvärdet, vilket i många fall är fullt acceptabelt.

PROPORTIONELLA REGULATORER

Den andra regulatortypen är den med »flytande» utsignal. Det innebär t ex att ventilen i fig 1 kan inta vilket läge som helst mellan 0 och 100 % av sin slaglängd beroende på regulatorns utsignal. Ventilens läge är m a o proportionell mot regulatorns utsignal. Regulatorns utsignal är proportionell mot regleravvikelsen och man talar om den *proportionella* regulatorn.

DET PROPORTIONELLA BANDET

Vilken regleravvikelse som svarar mot en

viss ventilöppning beror på vilken förstärkning regulatorn har ställts in på. Vanligtvis talar man inom processindustrin om det proportionella bandet (*PB*), i stället för förstärkning. Här gäller sambandet

$$PB = \frac{1}{\text{förstärkning}} \times 100 \%$$

Förstärkningen 1 motsvarar alltså $PB = 100 \%$, förstärkningen 5 motsvarar $PB = 20 \%$ osv. Om regulatorn till värmewäxlaren enligt fig 1 har mätområdet 100°C och proportionella bandet ställs in på 20 % betyder detta i vårt fall att ventilens arbetsområde är 20 % av regulatorns mätområde eller 20°C . Väljer vi ledvärdet 70°C arbetar ventilen från fullt öppet till helt stängt läge vid en avvikelse på -10 till $+10^\circ \text{C}$ av ledvärdet eller totalt 20°C .

Detta har åskådliggjorts i fig 5. När utsignalen från regulatorn gått från 0 till 100 % inom 20°C av mätområdet har ventilen gjort fullt slag, 0–100 %. (Obs! »% utsignal» och »temperatur» i fig 5 har annars inget direkt samband som de ritats.)

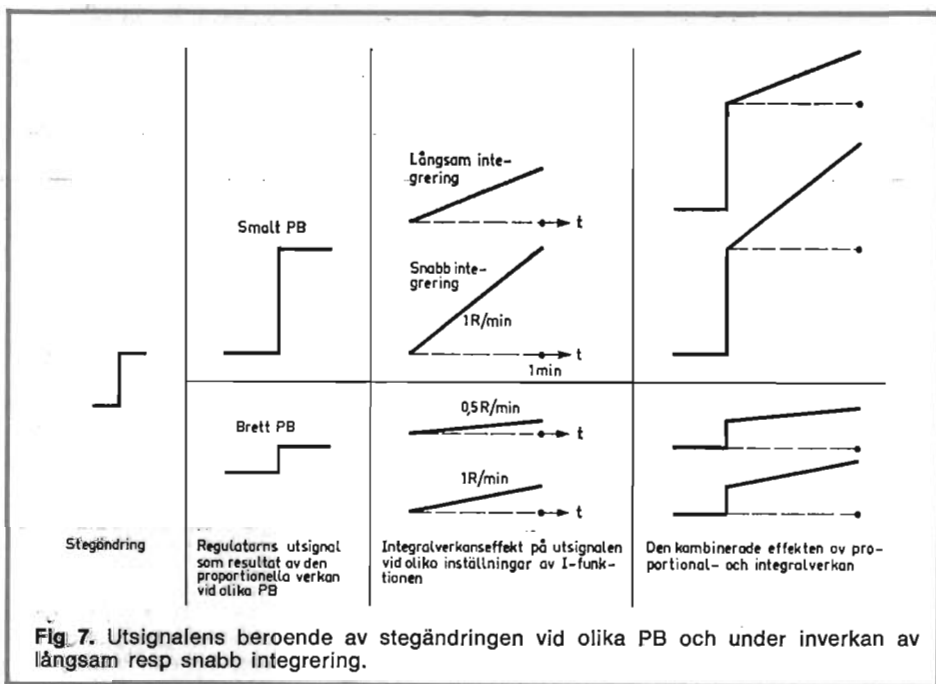


Fig 7. Utsignalens beroende av stegändringen vid olika PB och under inverkan av långsam resp snabb integrering.

I fig 5 har även inritats sambandet mellan ventilöppning och motsvarande värmemängd i kcal som tillförs värmeväxlaren.

REGLERAVVIKELSEN

Om i normalt driftsfall fordras 100 000 kcal för att hålla 70° C på utgående varmvatten vid en viss mängd eller flöde av detta, fordras det dubbelt så stor värmemängd eller 200 000 kcal om uttaget av varmvatten fördubblas. För 200 000 kcal fordras en ventilöppning av 75 % men denna ger enligt fig 5 endast 65° C på utgående varmvatten. Vi får alltså en regleravvikelse på 5° C vid ändring av driftsfallet som angivits. Regleravvikelsen är typisk för den proportionella regulatorn. Avvikelsen blir större ju större störningen är. Det inses lätt av fig 5 att ju mindre proportionellt band, dvs ju större förstärkning, desto mindre blir avvikelsen för ett visst driftsfall och tvärt om. Vilken maximal förstärkning som kan användas begränsas som tidigare nämnts av processblockets förstärkning. Man kan alltså komma i ett läge där man är tvungen att använda sig av låg förstärkning på bekostnad av stora regleravvikelser vid användning av proportionella regulatorer. Beroende på hur nära den kritiska punkten förstärkningen ställs följer inställningen av den nya reglerpunkten olika tidsförlopp enligt fig 6 vid en stegändring av ledvärdet. Vid hög förstärkning fås ett insvängningsförlopp med liten regleravvikelse medan vid lägre förstärkning är värdet, dvs den signal man mäter som mått på exempelvis temperaturen, sakta närmar sig

det nya värdet. För att få önskat ärvärde vid användning av proportionell regulator är man tvungen att flytta ledvärdet vid ändring av driftfallen så att det önskade ärvärdet hålls av regulatorn eller tolerera avvikelserna.

Proportionaliteten eller förstärkningen reglerar man genom att variera motkopplingen från regulatorns utsignal, lägessignalen från ett ställdon eller spänningen som funktion av tiden i en tidkrets till en reläutgång på regulatorn. Man talar i de tre nämnda fallen om ström- eller spänningsproportionell, lägesproportionell eller tidsproportionell regulator.

DEN INTEGRERANDE REGULATORN

För att eliminera olägenheterna med den proportionella regulatorns eller P-regulatorns regleravvikelse förser man den med en enhet som ändrar utsignalen från regulatorn så länge det finns en avvikelse mellan led- och ärvärde. Denna verkan kallas integralverkan därför att återställningseffekten ifråga matematiskt kan ses som en integration (summering) av avvikelsen med avseende på tiden.

I exemplet till fig 5 fick vi en regleravvikelse med P-regulatorn på 5° C, när uttaget av varmvatten ökades till dubbla mängden. Integralverkan kommer här att fortsätta att öka utsignalen så att ventilen fortsätter att öppna tills utgående varmvattnet håller 70° C. Med tillsats av integralverkan på P-regulatorn får vi en PI-regulator.

Vilken ventilöppning vi har i ett visst

tidsögonblick för en viss avvikelse beror på två saker:

- Regulatorns proportionella verkan – som i sin tur beror på a) avvikelsens storlek b) proportionella bandet.
- Inställningen av integralverkan eller I-funktionen på regulatorn.

Måttet på integralverkans hastighet eller värdet på I-funktionen baseras på en *fast avvikelse* från ledvärdet och anger vanligen hur stor del av den proportionella avvikelsen som I-funktionen ökar utsignalen med *per minut*. Detta har grafiskt åskådliggjorts i fig 7. En stegändring av är- eller ledvärde leder till en regleravvikelse vars storlek beror av *PB*. Vi förutsätter att avvikelsen förblir konstant, dvs ventilen förblir i sitt ursprungliga läge trots ändringen. Integralverkan ökar nu avvikelsen, och resulterande avvikelsen blir i varje ögonblick summan av proportional- och integralverkan. Ökar utsignalen på en minut lika mycket som den proportionella avvikelsen är, säger man att integralverkan är 1 Repetition per minut (R/min). I fig 7 har 0,5 och 1 R/min åskådliggjorts. Om ventilen får arbeta, får man givetvis inte kurvorna i fig 7, eftersom först den proportionella verkan och sedan, som funktion av denna, integralverkan börjar arbeta omedelbart efter stegändring och försöker eliminera avvikelsen.

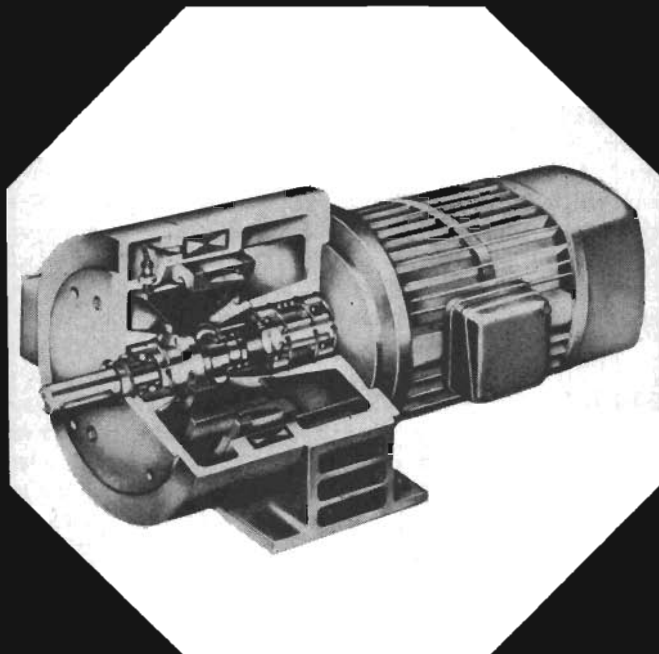
För att åstadkomma integralverkan på en regulator återkopplar man avvikelsen, dvs skillnaden mellan är- och ledvärde, över en tidkrets. □

För europamarknaden

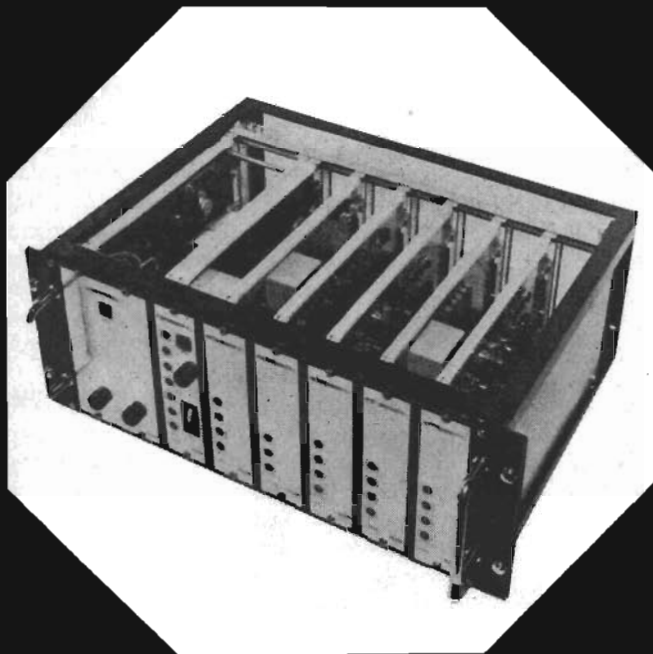
Facktidningar med direktinriktning på inköpschefer:

Västtyskland	Der Industrielle Einkauf Ottilienstrasse 41, 73 Esslingen a. N.	Frankrike	Revue des Acheteurs 8, rue de la Michodière, 75 Paris 2e
Österrike	Einkauf und Lagerwirtschaft Renngasse 5, 1010 Wien	Holland	Inkoop Parkstraat 18, La Haye
Belgien	Revue des Acheteurs 24, Av Rogier, Bruxelles 3	Norge	Innkjøp Trondheimsveien 80 VI, Oslo 5
Danmark	Indkøbschefen Postbox 8, Gentofte	England	Purchasing Journal York House, Westminster Bridge Road London SE 1
Finland	Osto Maasälvanite 16 G, Helsinki 71	Schweiz	Der Einkäufer Laupper AG, Postfach, 4000 Basel 3

När Ni annonserar på europamarknaden kan Ni alltså välja precis de tidningar som passar Er.



Luftkyld, släpringsfri, kräver därför minimalt underhåll. Ger mjuk start. In- och urkopplingsbar. Inställbart vridmoment. Lämplig för drift av hasplar, transportbanor m.m.



ELECTRONIC

Elektroniskt reglersystem för kontinuerlig hastighetsreglering, konstanthållning av dragkraft och hastighet, kontrollerad acceleration och retardation och begränsning av vridmoment.

Steglös varvtalsreglering

Starta - variera - reversera - bromsa med **STROMAG REGLERAGGREGAT** Virvelströmskoppling med kortsluten asynkronmotor

Undvik onödiga reparationer och driftsstopp — välj Stromag regleraggregat för steglös varvtalsreglering. Kontakta oss för närmare information.

BENZLER & CO



AKTIEBOLAG

Centraivägen 1. Tel. vx 08/83 44 00
171 22 SOLNA 1

Lilla Munkebäcksgatan 6. Tel. Vx 031/25 00 80
416 72 GÖTEBORG

Djäknevägen 4. Tel. Vx 040/702 75
211 35 MALMÖ

Representant för Norrland: AB ÅKESSON & BLOMQUIST — SUNDSVALL — TEL. 060/15 40 20

Informationstjänst 11

Reglerteknik på lätt sätt

Av ingenjör GUNNAR ÖSTLUND, Honeywell AB

I tredje avsnittet av Elektroniks artikelserie om reglerteknik behandlas huvudsakligen PID-regulatorns verkningsätt och en del problem i samband därmed. Tidigare avsnitt har varit införda i Elektronik nr 1 och 2 1969.

□ □ Vi har i föregående artiklar funnit att den huvudsakliga begränsningen för en *P*-regulator är att den inte kan hålla processen, eller den variabel vi vill reglera, på ledvärdet om belastningsvariationer uppträder.

Genom att förse *P*-regulatorn med en integralverkan kan man rätta till denna avvikelse och har då fått en *PI*-regulator. *I*-funktionen ger en korrigerande verkan hos regulatorn, som inte endast beror på avvikelens storlek utan också på tiden för avvikelens varaktighet. *I*-funktionen fortsätter att förändra ventilläget i en riktning som motverkar avvikelserna och upphör med detta först när avvikelserna är lika med noll, dvs när processen har nått ledvärdet.

PID-REGULATORN

Begränsningen hos en *PI*-regulator är dess oförmåga i många fall att förhindra överpendlingar av ledvärdet beroende på skapad ackumulering av *I*-funktionen – en form av kapacitiv tröghet. Detta problem kan helt eller delvis elimineras genom att man förser regulatorn med en deriverande funktion eller *D*-funktion.

Den deriverande verkan hos en regulator ger en korrigerande som endast beror på hastigheten och riktningen hos regleravvikelsens förändring. Namnet på funktionen har, liksom namnet på *I*-funktionen kommit från det matematiska sambandet – den är ett mått på avvikelens derivata med avseende på tiden. En regleravvikelse

som ändras snabbt ger en större korrigerande av signalen än en som ändras långsamt. Av detta följer också att man får en bättre reglering av snabba förlopp om *PI*-regulatorn är försedd med deriverande verkan, dvs när man har en *PID*-regulator. Vid extremt snabba förlopp kan det dock vara lämpligare med endast *PI*-reglering, då man med *D*-funktion inkopplad kan få fasförskjutningar som leder till självsvängning.

Den verkliga storleken av regleravvikelsen har alltså ingen direkt inverkan på *D*-funktionen. Vad som händer vid reglering med en *PD*-regulator, alltså en regulator utan *I*-funktion, när avvikelserna ändras beror på:

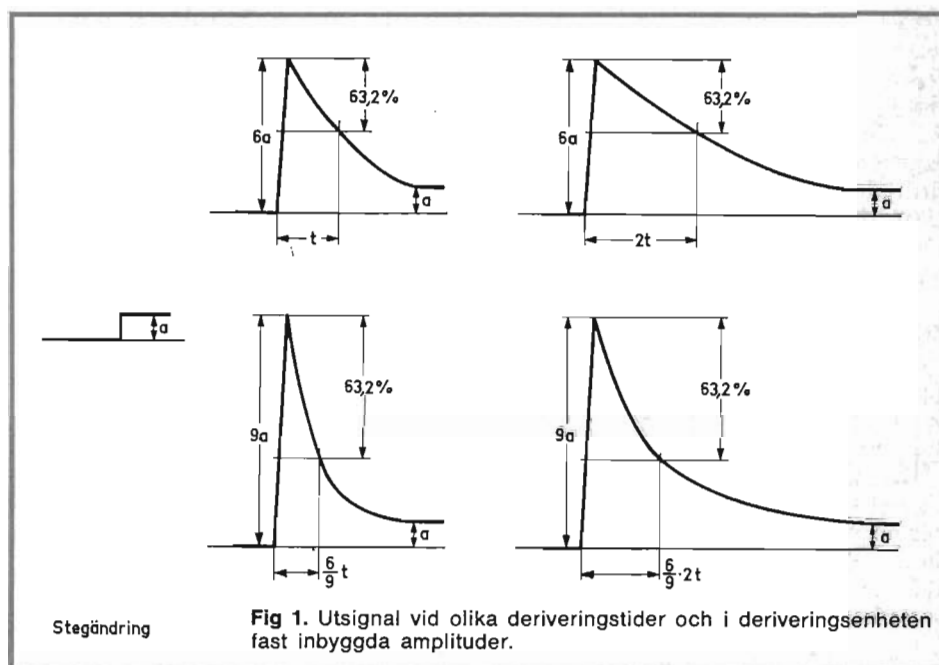
- Hur snabbt eller stadigt avvikelserna ändras sig.
- Regulatorns proportionella verkan som i sin tur beror av avvikelens storlek och det proportionella bandet eller förstärkningen.
- Justeringen av regulatorns deriverande enhet, dels med avseende på amplitu-

den som i regel är inbyggd i enheten och permanent inställd vid fabriken, dels inställningen av deriveringstiden.

På samma sätt som vi åskådliggjorde den proportionella och integrerande verkan kan även den deriverande verkan åskådliggöras med en stegändring vilket framgår av fig 1. Stegändringen – den ändrade avvikelserna – åstadkommer derivataverkan. Omedelbart efter stegändringen, när avvikelserna blivit konstant, börjar derivataverkan att dö ut. De bestämmande värdena är här pikhöjden och tiden det tar för piken att försvinna.

Pikhöjden bestäms av produkten av den i deriveringseenheten inbyggda deriveringsamplituden och den proportionella verkan som beror av *PB*.

Eftersom man har en deriveringseenhet med fast deriveringsamplitud kan man reglera verkan av *D*-funktionen endast genom att reglera deriveringstiden, dvs ju längre deriveringstid man ställer in på regulatorn, ju längre tar det innan effekten av den deriverande verkan dör ut.



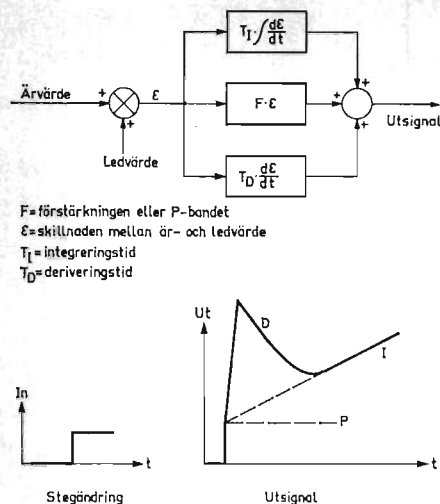


Fig 2. Sambandet mellan förstärkning, regleravvikelse, integrerings- och deriverings-tid hos PID-regulatorn.

Den tid det tar för deriveringspiken enligt fig 1 att falla 63,2 % eller i runt tal $\frac{5}{8}$ från sitt toppvärde kallas deriverings-konstanten och denna multiplicerad med deriveringsamplituden brukar användas som mått på deriveringstiden med vilken skalan för D -funktionens inställning på regulatorn är märkt.

D -verkan på en regulator kan man åstadkomma genom att antingen koppla deriveringsenheten till den proportionella motkopplingen så att förstärkningen påverkas eller koppla deriveringsenheten direkt till ärvärdessignalen.

Den proportionella, integrerande och deriverande (PID -)regulatorns utsignal utgör således summan av den förstärkta regleravvikelsen samt dennas tidintegral och tidderivata enligt:

$$F \cdot \varepsilon + T_I \int \frac{d\varepsilon}{dt} + T_D \cdot \frac{d\varepsilon}{dt}$$

där F = förstärkningen, ε = regleravvikelsen, T_I och T_D integrerings- respektive deriveringstiderna. Sambandet har åskådliggjorts i fig 2.

I- OCH D-FUNKTIONERNA MODIFIERAR PB

Man kan i princip beräkna I - och D -funktionerna som modifierare av proportionella bandet, dvs av förstärkningen. Integralverkan gör att regleravvikelsen blir mindre och mindre efter ett visst tidsförlopp. Effekten skulle bli densamma om vi ökade förstärkningen mer och mer varigenom avvikelsen blir mindre och mindre. Fastän integralverkan beror av tiden är alltså dess effekt ytterst densamma som om förstärkningen ökades.

Om en regulator med enbart proportionell reglering är rätt inställd för lämplig insvängning av ärvärdet efter en störning kommer med tillsats av integralverkan och med samma förstärkningsinställning insvängningsförloppet att bli långvarigare (se fig 3).

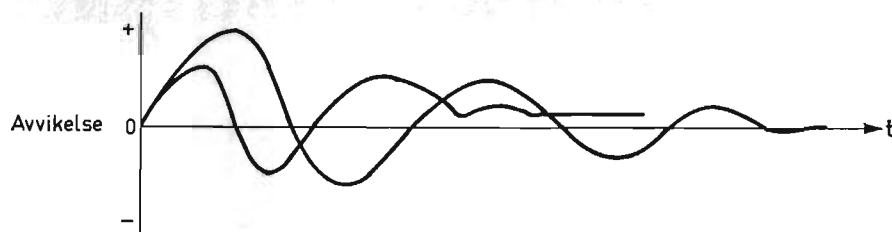


Fig 3. Insvängningsförloppet efter en störning blir längre för en PI- än för en rätt inställd P-regulator vid samma förstärkningsinställning.

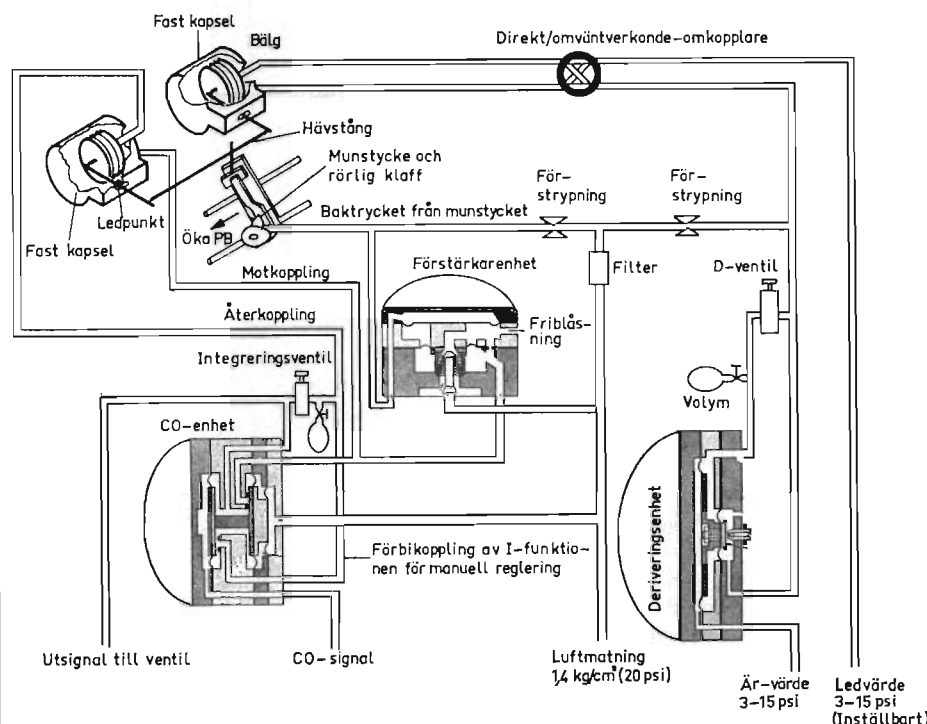


Fig 4. Schema över pneumatisk PID-regulator.

För att få ungefär samma avvikelseförlopp som vid enbart P -reglering, måste man alltså öka PB (mindre förstärkning) vid inkoppling av integralverkan, med den skillnaden att avvikelsen i det senare fallet försvinner.

Vid långvariga avvikelser kan förstärkningen bli mycket hög eftersom även en liten avvikelse så småningom bygger upp en kraftig reglerverkan.

STABILITET

Som tidigare nämnts är kritiska gränsen för konstant svängning i en reglerkrets lika med förstärkningen 1,0 och fasförskjutningen 180°. Med införandet av integralverkan påverkar man inte bara förstärkningen utan också fasförskjutningen och således även hela reglersystemets stabilitet.

Derivataverkan uppträder på ungefär motsvarande sätt. För en ökande avvikelse påverkas utsignalen av D -funktionen som

om förstärkningen hade varit högre medan den för en minskande avvikelse påverkar utsignalen som om förstärkningen varit mindre. Detta gör alltså att tendenser till översvängning vid reglering reduceras av D -funktionen. Man kan med andra ord använda högre förstärkning utan risk för självsvängning vid t ex PD -reglering.

Om emellertid deriveringstiden är för lång för en viss process kommer D -funktionen att imitera en mycket för stor förstärkning vid ökande avvikelse och snabbt driva regulatorns utsignal till gränsvärdet. Vid den därpå minskande avvikelsen driver den utsignalen så snabbt att denna kommer att verka som en proportionell utsignal av en avvikelse med motsatt tecken, varvid resultatet blir kraftiga svängningar i reglersystemet.

Således påverkar D -funktionen, liksom I -funktionen, reglerkretsens totala förstärkning och fasförskjutning.

Vid bedömning av användning av D -funktionen på en regulator måste man ibland ta hänsyn till kvoten mellan reglerobjektets dödtdid och tidkonstant. Vid t ex ett förhållande av 1:10 mellan dödtdid och tidkonstant kan en förbättring med tio till ett av amplituden för överpendlingar förväntas medan, om motsvarande förhållande är större än 1:2, man knappast kan vänta sig någon effekt av D -funktionen med de i marknaden vanliga regulatorerna.

ORSAKER TILL SJÄLVSVÄNGNING

Den självsvängning som kan uppstå i ett regelsystem har vi funnit ha tre grundorsaker:

- För hög förstärkning
- För snabb integrering, dvs för kort integreringstid (många repetitioner per min)
- För lång deriveringstid.

Svängningar på grund av för hög förstärkning karakteriseras av relativt hög frekvens och liten amplitud och är inte alltid sinusformade. Ärvärdet, dvs signalen från processen, svänger dessutom i fas med utsignalen.

I motsats till svängning på grund av för hög förstärkning svänger ett regelsystem med för snabb integrering med betydligt lägre frekvens och större amplitud och är en sinusformad svängning kring ledvärdet. Regulatorns utsignal, styrvärdet, svänger här med närmare 90° förskjutning efter ärvärdet.

Den svängning man får på grund av för lång deriveringstid har högre frekvens än motsvarande svängning på grund av för hög förstärkning men har i regel mindre amplitud. Dock kan regulatorns utsignal svänga med stor amplitud varvid denna svängning ligger ungefär 90° före i fas i förhållande till ärvärdet.

PID-REGULATORER I PRAKTIKEN

Ett komponentschema över en pneumatisk PID-regulator visas i fig 4.

Ärvärdessignalen matas här genom deriveringsenheten till led-/ärvärdes bälgkapseln liksom även ledvärdessignalen. Härigenom kommer en hävstång att påverkas så att avståndet mellan en klaff och ett munstycke påverkar baktrycket i munstycket. Detta baktryck blir alltså ett mått på skillnaden mellan är- och ledvärde och förstärks i förstärkarenheten och blir via CO-enheten regulatorns utsignal.

Man kan reglera hävstångens inverkan på klaffen och därmed förstärkningen genom att flytta munstycke/klaff i sidled som indikeras på bilden.

CO-enheten är endast till för att koppla bort regulatorfunktionerna om man av någon anledning vill handmanövrera processen via kontrollpanelens rattar.

Integrering och derivering åstadkommer man med en nålventil och en volym som i en elektrisk regulator motsvaras av ett motstånd och en kondensator.

Deriveringsamplituden beror av förhållandet mellan de i deriveringsenheten inbyggda membranerna.

Med en pneumatisk omkopplare kan man växla regulatorn mellan direkt och omvänd verkan, dvs i det sistnämnda fallet minskar utsignalen för stigande avvikelse. Läget på de tidigare nämnda fasförskjutningarna vid olika typer av självsvängning gäller vid direktverkande reglering.

I fig 5 visas blockschemat för en elektrisk PID-regulator där insignalen är skillnaden mellan är- och ledvärde.

Ingångs- och motkopplingsströmmen laddar kondensatorerna C_{in} och C_m . Är alltså ingångssignalen konstant laddas C_{in} till motsvarande spänning. Strömmen till motkopplingskondensatorn, C_m , motsvarar ingångsströmmen och när båda kondensatorerna är laddade lika, upphör strömtransporten. På detta sätt balanserar motkopplingen hela tiden ingångssignalen så att laddningarna på kondensatorerna alltid är lika när ingångsspänningen är konstant.

Genom att variera motkopplingen med PB -potentiometern kan man variera den spänning som driver motkopplingsströmmen. Minskar man denna spänning reagerar kretsen som om utsignalen vore mindre än den i verkligheten är, och insignalen driver förstärkaren att öka utsignalen. Man har alltså åstadkommit en förstärkningsreglering.

Om man kopplar en potentiometer parallellt med C_{in} tillåter man en ström att flyta till förstärkarens ingång så länge man har en spänning på ingången, dvs så länge man har en avvikelse mellan är- och ledvärde. Detta gör att man får en utsignal så länge man har en regleravvikelse och man har alltså åstadkommit en integralverkan, vars effekt kan varieras med en potentiometer.

Om man i motkopplingskretsen kopplar in en RC -krets som visats i fig 5 åstad-

kommer man deriverande verkan i regulatorn.

När ingångssignalen ändrar sig vill förstärkarutgången följa med. C_D -kondensatorn kopplar temporärt C_m -kondensatorn direkt till spänningsdelaren, vilket resulterar i en ökande utsignal på grund av den ökning i förstärkning som detta resulterar i. Så snart C_D laddats upphör kopplingseffekten och därmed derivataverkan. Genom att variera D -potentiometern varierar man RC -kretsens tidkonstant, vilket betyder variering av regulatorns deriveringstid.

INSTÄLLNING

Inställningen av en PID-regulator kan tyckas svår. Man har emellertid utarbetat formler genom analytiskt studium, experimentell analys i datamaskiner samt praktiska försök med olika processer. Dessa formler baseras på kännedom om processens eller reglerobjektets kritiska svängning och förstärkning.

Den kritiska svängningen erhåller man genom att reglera endast proportionellt dvs ändra förstärkningen med I - och D -funktionerna avstängda. När man ökat förstärkningen, med andra ord minskat proportionella bandet, tills processen svänger med konstant amplitud och frekvens, noterar man tiden i minuter och/eller sekunder för en period. Om vi kallar denna tid för t_k och det proportionella band vi har, när vi mäter t_k , för PB_k kan man för optimal reglering vid belastningsvariationer kalkylera regulatorinställningarna enligt:

$$\text{Proportionalitetsbandet} = 3 \times PB_k \%$$

$$I\text{-funktionen} = \frac{2}{t_k} R/\text{min}$$

$$D\text{-funktionen} = \frac{t_k}{3} \text{ min.}$$

Vid optimal start av en process med stora tidskonstanter använder man sig av något större PB samt större värden på I - och D -funktionerna under själva uppkörningen beroende på vilken betydelse man lägger vid denna.

Det är vanligtvis lätt att upptäcka och bestämma felaktiga inställningar på regulatorn. Exempelvis förorsakar för liten D -verkan kraftiga överpendlingar, medan för stor D -verkan ger upphov till ryckighet eller småpendlingar som förorsakas av D -funktionens »broms»-verkan innan ledvärdet uppnås. (Se fig 6).

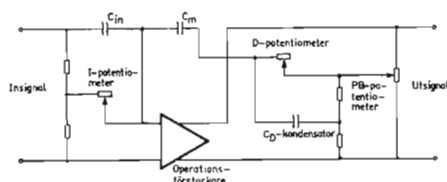


Fig 5. Blockschemat för elektrisk PID-regulator där insignalen är skillnaden mellan är- och ledvärde.

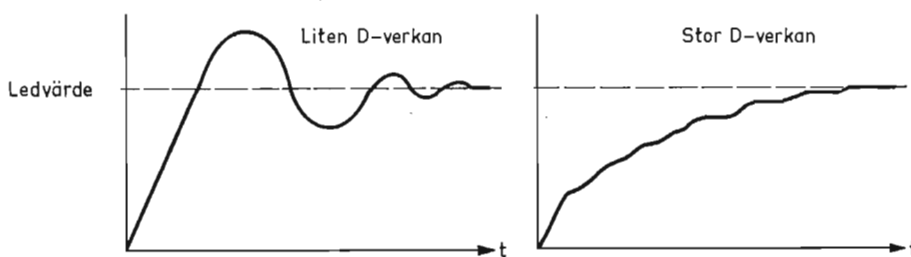
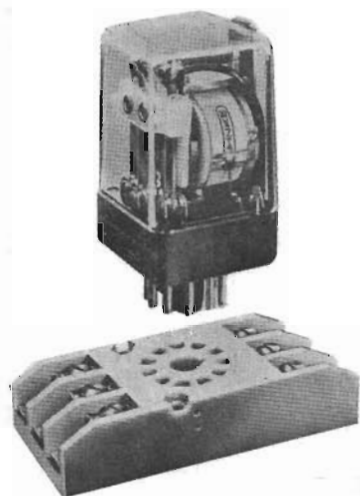


Fig 6. Exempel på felaktig inställning av PID-regulator: för liten D -verkan ger kraftiga överpendlingar, medan för stor D -verkan orsakar ryckighet och småpendlingar.

KUHNKE**UNIVERSALRELÄ**

U-Relä i plug-in utförande med hållare för löd- eller skruvanslutning. Även hållare för PC-montage.

Kontakter: 1–3 växlingar.

Kontaktspänning, -ström: 250 V, 6 A.

Kontakteffekt: 250 VA 10⁵ växlingar

1 200 VA 10⁵ växlingar

Livslängd: Vid 50 % inkoppl.tid cirka 100 mill. växl.

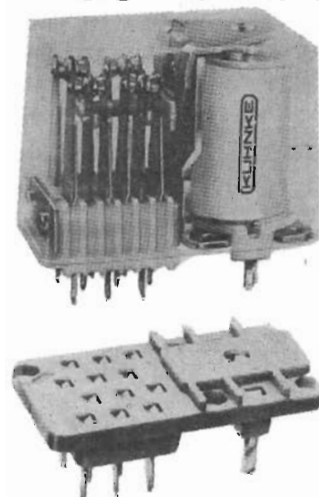
KUHNKE**VRIDMAGNET**

D-Magnet med vridmoment upp till 21 kpcm.

Vridvinklar från 25° till 95°, höger- eller vänstervridande, i fem storlekar med diam. 25 mm–100 mm.

Standardspänning: 24 V= och 180 V=.

D-Magneten kan erhållas med retur-fjädrar, inbyggnadscentrering för extra stabilt montage, genomgående axel m. fl. specialutföranden.

KUHNKE**INDUSTRIRELÄ**

I-Relä i plug-in utförande med hållare för löd- eller skruvanslutning. Även hållare för PC-montage.

Kontakter: 2, 4 eller 6 växlingar.

Kontaktspänning, -ström: 380 V, 6 A.

Kontakteffekt: 600 VA 10⁵ växlingar

3 000 VA 10⁵ växlingar

Livslängd: Vid 50 % inkoppl.tid cirka 50 mill. växl.

KUHNKE**TUNGRELÄ**

A-Relä, kapslat, i miniatyruutförande, stift för PC-montage med 2,5 mm delning.

Kontakter: 1, 2, 3 och 6 slutningar

1, 2 och 3 växlingar

Manöverspänning: 6, 12, 24, 40, 48 och 60 volt likspänning..

Omgivningstemp.: – 5°C till +60°C

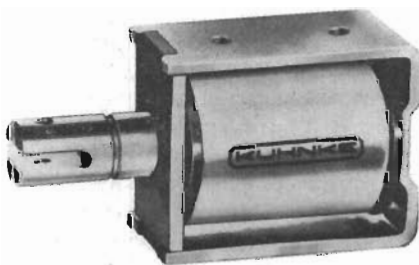
Kontakteffekt: Med standardkontakter

3 watt växling

10 watt slutning

Andra kontakttyper kan erhållas för olika krav som konstant övergångsmotstånd, högfrekvens upp till 100 MHz, m. m.

Leveranstid ca 8 veckor.

KUHNKE**SLAGMAGNET**

H-Magnet för dragande eller stötande funktion.

Krafter från 75 p till 7,6 kp.

Finns i 6 olika storlekar.

Manöverspänning: 24 och 220 volt 50 Hz,

24 och 180 volt likspänning.

Leveranstid ca 4–6 veckor.

KUHNKE**ÖVRIGA
RELÄ
UTFÖRANDEN**

I-Relä kan även erhållas som Fördröjningsrelä, Wisch-relä, och Blinkrelä, vilka alla äro elektroniska, samt Impuls-relä.

Effekt-Relä, 1-polig slutning eller brytning, för max. spänning 380 Volt och max. ström 50 Amp.

Spärr-Relä är en kombination av två U-Reläer med vardera två växlingar och med ömsesidig mekanisk låsning av ankarörelsen.

De båda lindningarna kan manövreras med korta pulser som tillförs växelvis.

Cylinder-Relä för två till åtta växlingar med pertinax- eller keramisk isolation.

BOX 17081
104 62 STOCKHOLM 17

BO PALMBLAD AB

TEL. 08/24 61 60

Reglerteknik på lätt sätt

Av ingenjör GUNNAR ÖSTLUND, Honeywell AB

Fjärde avsnittet av Elektroniks artikelserie om reglerteknik behandlar huvudsakligen frekvensanalys, Fourier-analys och Bodé-diagram. De tidigare avsnitten har varit införda i Elektronik nr 1, 2 och 4 1969.

□ □ I tidigare avsnitt av denna artikelserie har vi studerat de olika blocken i en reglerkrets och deras stegsvar vid en stegändring av reglerblockets insignal. Vi har härigenom bl a fått en uppfattning om signalförhållanden och tideffekter på signalerna i den slutna reglerkretsen vid gränsvärdena för stabilitet. Vi har också fått en indikation av i vilken riktning vi måste ändra förstärkningen för att få bästa stabila reglerförlopp vid störningar av stegtyp.

Stegvarsanalysen ger emellertid ingen information om reglersystemets uppförande vid störningar av annan typ än stegtyp. Den ger ingen information om reglersystemets störsvar med utgångspunkt i kännedom om de olika blockens stegsvar, liksom man inte kan förutsäga stabilitetsvillkoren för olika typer av störningar.

FREKVENSPANALYS GER DETALJERAD KÄNNEDOM

Frekvensanalysmetoden ger oss dessa informationer och är därför en mer användbar metod vid dynamisk analys av reglersystem där man vill ha en mer detaljerad kännedom om systemet. Vid denna metod liksom vid steganalysen undersöker man varje funktionsblock. Testsignalen i detta fall är en serie av olika, sinusformade signaler med *konstant* amplitud men varierande frekvens.

Man vet av erfarenhet att störningar i en process oftast är cykliska till sin natur. Även om de är cykliska kan de dock vara helt oregelbundna i sin form som t ex i *fig 1*.

För många år sedan visade den franske matematikern Fourier att vilket cykliskt förlopp som helst kan delas upp i en mängd sinusformade vågor med olika frekvens och amplitud. Genom att ge vår process eller vårt processblock insignaler av sinustyp och av olika frekvenser från 0 Hz och uppåt och studera motsvarande utsignal, kan vi bestämma hur processen kommer att reagera för vilka cykliska stör-

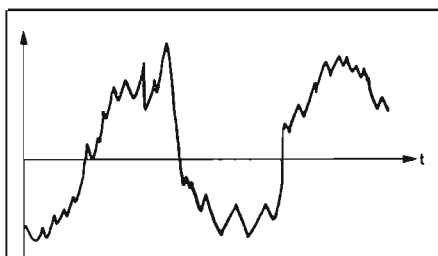


Fig 1. Störningar i en reglerkrets är ofta cykliska till sin natur även om de kan vara mycket ojämna i sitt förlopp.

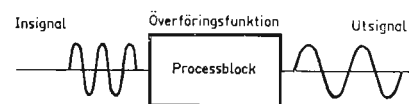


Fig 2. Processblocket matas med insignaler med olika frekvens, varefter man jämför förhållandet mellan ingående och utgående signalamplituder samt fasförskjutningen mellan in- och utgångssignaler.

ningar som helst, oavsett hur komplexa dessa är.

Enligt *fig 2* matar vi processblocket med insignaler av olika frekvenser, en i taget, och jämför utsignalen med insignalen med avseende på amplitud och tidförlopp, dvs fasförskjutning mellan in- och utsignal. Det är här viktigt att observera att förhållandet och slutsatserna endast gäller inom reglerblockets linjära område, dvs om vi matar in en sinusformad signal skall vi få en sinusformad utsignal. De flesta reglerblock ger linjära utsignaler om storleken på störningen är liten, vilket den i regel är, eftersom vi för det mesta är intresserade av processblockets reaktion vid relativt små avvikelser från ledvärdet.

BODÉ-DIAGRAMMET

Förhållandet mellan en utsignalamplitud, A_{ut} , och en motsvarande insignalamplitud, A_{in} , kallas amplitud- eller magnitudförhållandet och är ett mått på förstärkning- en i processblocket.

I vår frekvensanalysundersökning mäter vi detta värde vid olika frekvenser på insignalen liksom vi mäter fasförskjutningen mellan in- och utsignal.

De erhållna värdena prickas in i ett diagram som visar amplitudförhållande och fasförskjutning i förhållande till frekvensen.

För att få mera lätthanterliga värden vid uppritande av diagrammet och vid senare utvärderingar omvandlar man amplitudförhållandet eller förstärkningen i dB enligt:

$$\text{förstärkning i dB} = 20 \log \frac{A_{ut}}{A_{in}}$$

Härvid kan man pricka in förstärkningen i dB på en linjär y-axel mot en frekvens på en logaritmisk skala på x-axeln. Ett på detta sätt utformat diagram kallas i reglertekniken för Bodé-diagram. Vanligen ritar man in fasförloppet i samma diagram liksom man lämpligen mäter frekvensen i radianer per minut eller perioder per minut där sambandet:

$$\text{rad/min} = 2\pi f$$

gäller och f är perioder per minut.

De flesta processer kan delas upp i första ordningens reglerblock, även kallade enkapacitiva reglerblock, dvs sådana block, vars stegsvar omedelbart följer insignalen och där stegsvaret eller utsignalen inte ger översvängning när den går mot slutvärdet efter en ändring av insignalen.

Eftersom första ordningens reglerförlopp alla kan beskrivas med samma första gradens differentialekvation kan man göra ett typdiagram kring vissa hållpunkter, som gäller för alla första ordningens reglersystem, och kring vilka man kan pricka in förstärknings- och fasdata för varje speciellt reglerblock. Av *fig 3* framgår de viktigaste data för en första ordningens frekvenskurva och här är det några viktiga hållpunkter som man bör komma ihåg:

- Inverterade värdet av tidkonstanten T är ett värde på en frekvens, i radianer per minut, vid vilken förstärkningen fallit 3 dB. Denna frekvens kallas blockets gränshfrekvens.
- Vid gränshfrekvensen är fasförskjutningen 45° .
- Lutningen på förstärkningskurvan efter det att den passerat gränshfrekvensen är 6 dB per oktav, dvs för varje fördubbling av frekvensen.

Med kännedom om dessa hållpunkter kan vi rita Bodé-diagrammet för ett första ordningens reglersystem. Om vi t ex vet att blockets tidkonstant är 2 minuter kan vi beräkna dess gränshfrekvens till

$$\omega = 1/T = 0,5 \text{ radianer/min}$$

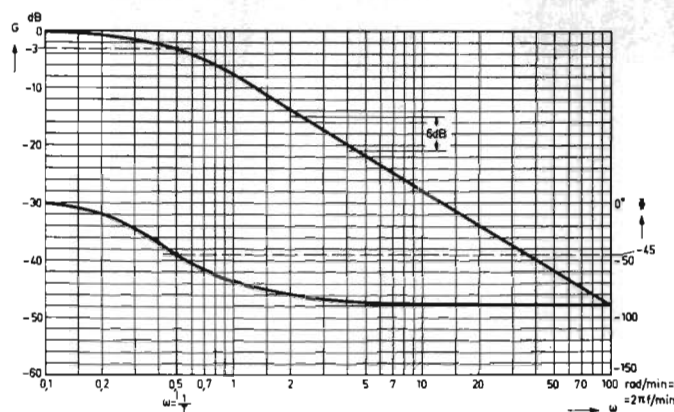


Fig 3. Hållpunkterna för uppritande av ett Bodé-diagram för ett första ordningens reglerblock är -3 dB dämpning samt -45 till -90° fasförskjutning.

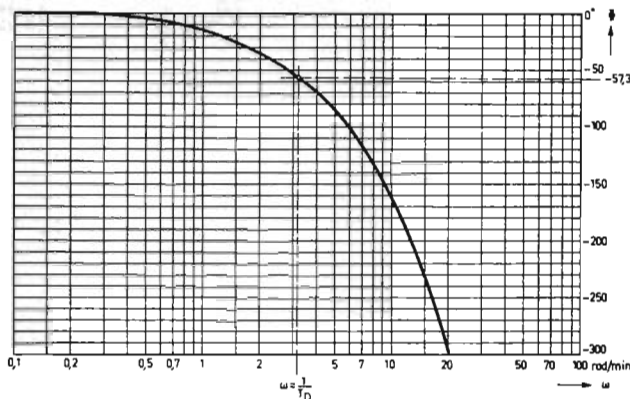


Fig 4. Bodé-diagrammet för en dödtid består av endast en faskurva, då dödtiden ej påverkas av signalamplituderna.

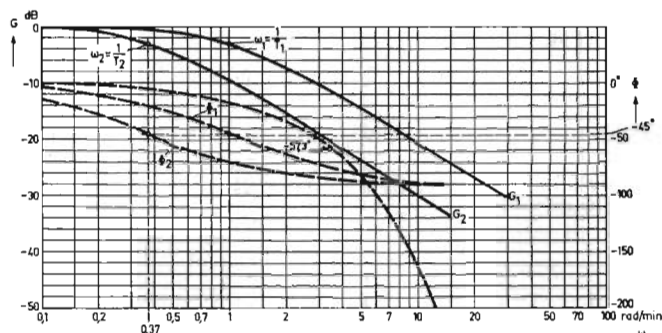


Fig 6. Flera förstärkningskurvor och faskurvor kan läggas in i samma diagram, varvid kurvorna kan adderas eftersom representationen i diagrammet är logaritmisk.

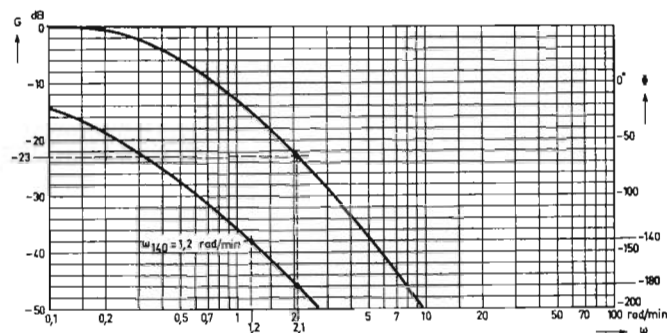


Fig 7. Här är kurvorna enligt fig 6 adderade och de resulterande kurvorna inritade. Fasförskjutningen -140° till 180° är intressanta punkter för bedömning av regulatorinställningen.

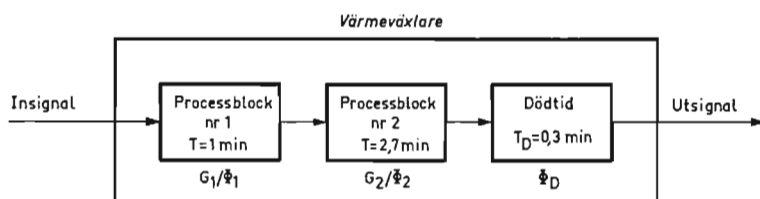


Fig 5. Processer av högre ordning kan uppdelas i två eller flera första ordningens reglerblock och dödtid.

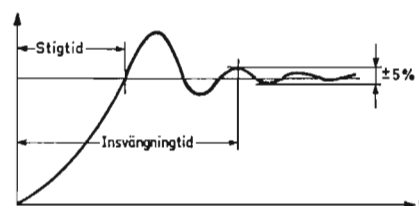


Fig 8. Av Bodé-diagrammet kan man få fram processblockets stigtid och insvängningstid genom att studera frekvensförhållandet vid -140° fasförskjutning.

Vi lokaliserar den punkt i diagrammet där förstärkningen vid $0,5$ rad/min ligger 3 dB under nollinjen. Från denna punkt ritar vi en kurva som faller med 6 dB per oktav och som vi mjukt sammanbinder med nollinjen. Vi har därmed fått diagrammet för förstärkningen i förhållande till frekvensen.

Faskurvan ritas med utgångspunkt i 0° -linjen, som inritas i diagrammet. Vid gränshänsynen, $0,5$ rad/min, inprickas -45° fasförskjutning. Då vi vet att maximala fasförskjutningen för ett första ordningens reglerblock är -90° kan faskurvan ritas in mellan 0 -linjen och -90° -linjen som diagrammet i fig 3 visar. Vi har därmed fått det kompletta Bodé-diagrammet för ett första ordningens system.

KOMBINATION AV FLERA FREKVENSDIAGRAM

Det beskrivna förfarandet kan upprepas i

samma diagram för varje första ordningens reglerblock i ett regelsystem. Om vi t ex studerar dynamiken hos den tidigare behandlade värmeväxlaren (se Elektronik 1969, nr 2, s 63), kan vi simulera denna med två första ordningens diagram och en dödtid. Vi använder oss då av ett diagram för att beskriva de båda reglerblocken och ett andra diagram för att åskådliggöra dödtidens faskurva. Detta senare diagram har ingen förstärkningskurva utan endast en faskurva. Dödtid i en process varken ökar eller minskar en störningsamplitud. Vi ritar detta diagram med kännedom om att fasförskjutningen blir $57,3^\circ$ när frekvensen i rad/min är det inverterade värdet av dödtiden. Kurvans utseende framgår av fig 4.

Har vi alltså prickat in förstärknings- och faskurvorna ifråga i diagrammet, kan vi nu summera faskurvorna och multiplicera förstärkningarna för att få värmeväx-

larens totala förstärkning. Eftersom förstärkningarna är logaritmiskt representerade i diagrammet kan vi helt enkelt addera även dessa. Vi har nu fått två kurvor – en för den totala förstärkningen vid olika frekvenser och en för motsvarande total fasförskjutning.

Vår process är alltså en värmeväxlare som vi simulerar med två första ordningens processblock och en dödtid, se fig 5.

Bodé-diagrammet för dessas parametrar visas i fig 6. Förstärkningskurvorna är de heldragna linjerna och faskurvorna de streckade.

I fig 7 har summorna av förstärknings- och faskurvorna sammanställts.

Den mest intressanta frekvensen i detta diagram är den punkt där totala fasförskjutningen är 180° . Denna punkt är mycket viktig då, som vi tidigare funnit, en fasförskjutning på 180° i processen kombinerad med en annan 180° fasförskjutning

dB	Amplitud-förhållande		dB	Amplitud-förhållande		dB	Amplitud-förhållande		dB	Amplitud-förhållande	
	För-stärk-ning	Dämp-ning		För-stärk-ning	Dämp-ning		För-stärk-ning	Dämp-ning		För-stärk-ning	Dämp-ning
.1	1.01	.989	4.6	1.70	.589	9.1	2.85	.351	18.3	8.21	.122
.2	1.02	.977	4.7	1.72	.584	9.2	2.88	.347	18.5	8.43	.118
.3	1.03	.966	4.8	1.74	.575	9.3	2.92	.343	18.7	8.64	.116
.4	1.05	.955	4.9	1.76	.568	9.4	2.95	.339	19.0	8.94	.112
.5	1.06	.944	5.0	1.78	.562	9.5	2.98	.335	19.3	9.25	.108
.6	1.07	.933	5.1	1.80	.555	9.6	3.02	.330	19.5	9.46	.106
.7	1.08	.923	5.2	1.82	.550	9.7	3.06	.326	19.7	9.65	.103
.8	1.10	.912	5.3	1.84	.545	9.8	3.10	.323	20.0	10.0	.100
.9	1.11	.902	5.4	1.86	.536	9.9	3.13	.321			
1.0	1.12	.891	5.5	1.88	.531	10.0	3.16	.316	21.0	11.2	.089
1.1	1.13	.881	5.6	1.90	.527	10.3	3.27	.305	22.0	12.6	.079
1.2	1.15	.871	5.7	1.93	.520	10.5	3.35	.297	23.0	14.2	.071
1.3	1.16	.861	5.8	1.95	.512	10.7	3.43	.292	24.0	15.8	.063
1.4	1.17	.851	5.9	1.97	.508	11.0	3.55	.282	25.0	17.8	.056
1.5	1.19	.841	6.0	1.99	.501				26.0	20.1	.050
1.6	1.20	.832	6.1	2.02	.495	11.3	3.67	.273	27.0	22.4	.045
1.7	1.22	.822	6.2	2.04	.490	11.5	3.76	.266	28.0	25.2	.040
1.8	1.23	.813	6.3	2.07	.483	11.7	3.84	.258	29.0	28.2	.035
1.9	1.24	.803	6.4	2.09	.479	12.0	3.98	.251	30.0	31.6	.032
2.0	1.26	.794	6.5	2.11	.473	12.3	4.13	.243	31.0	35.5	.028
2.1	1.27	.785	6.6	2.14	.468	12.5	4.23	.236	32.0	40.0	.025
2.2	1.29	.776	6.7	2.17	.463	12.7	4.33	.232	33.0	44.9	.022
2.3	1.30	.769	6.8	2.19	.458	13.0	4.47	.224	34.0	50.2	.020
2.4	1.32	.759	6.9	2.22	.453	13.3	4.64	.216	35.0	56.2	.018
2.5	1.33	.748	7.0	2.24	.447	13.5	4.75	.212	36.0	63.2	.016
2.6	1.35	.741	7.1	2.27	.442	13.7	4.86	.206	37.0	70.9	.014
2.7	1.37	.734	7.2	2.29	.438	14.0	5.01	.199	38.0	79.5	.013
2.8	1.38	.724	7.3	2.33	.433	14.3	5.19	.193	39.0	89.2	.011
2.9	1.40	.716	7.4	2.35	.427	14.5	5.31	.187	40.0	100	.010
3.0	1.41	.708	7.5	2.37	.422	14.7	5.45	.183	41.0	112	.009
3.1	1.43	.698	7.6	2.40	.417	15.0	5.62	.178	42.0	126	.008
3.2	1.44	.692	7.7	2.43	.412	15.3	5.83	.172	43.0	141	.007
3.3	1.47	.683	7.8	2.46	.407	15.5	5.99	.167	44.0	158	.006
3.4	1.48	.676	7.9	2.48	.403	15.7	6.11	.163	45.0	178	.006
3.5	1.50	.668	8.0	2.51	.398	16.0	6.31	.158			
3.6	1.51	.661	8.1	2.55	.394	16.3	6.52	.155			
3.7	1.53	.652	8.2	2.57	.388	16.5	6.69	.149			
3.8	1.55	.646	8.3	2.61	.385	16.7	6.82	.146			
3.9	1.57	.639	8.4	2.63	.380	17.0	7.08	.141			
4.0	1.58	.631	8.5	2.66	.376						
4.1	1.60	.623	8.6	2.70	.371	17.3	7.34	.137			
4.2	1.62	.617	8.7	2.73	.367	17.5	7.50	.133			
4.3	1.64	.609	8.8	2.76	.363	17.7	7.69	.130			
4.4	1.66	.603	8.9	2.79	.360	18.0	7.94	.126			
4.5	1.68	.595	9.0	2.82	.355						

Tab 1. Vid bedömning av förhållandet mellan måttet dB och motsvarande förstärkning eller dämpning underlättar en översättningstabell analysarbetet.

	PB	I; D
Proportionell regulator	$2PB_0$	
Proportionell och integrerande	$2,2 \cdot PB_0$	$I = \frac{1,2}{P_0} \text{ R/M}$
Proportionell, integrerande och deriverande	$1,7 \cdot PB_0$	$I = \frac{2,0}{P_0} \text{ R/M}$ $D = \frac{P_0}{8} \text{ M}$

Tab 2. Regulatorinställningar vid olika regulatorfunktioner.

från regulatorn ger upphov till en ostabilitet i reglerkretsen.

Om exempelvis totala förstärkningen vid denna frekvens vore ett eller större skulle reglersystemet oscillera.

I vårt exempel ligger förstärkningskurvan vid -180° gott och väl under 0 dB, närmare bestämt vid minus 23.

Genom att använda en omvandlingstabell enligt tab 1 kan vi bestämma hur

stor förstärkning vi kan tillåta i regulatorn innan vi får en total förstärkning $= 1$ i reglerkretsen. Detta uppnår vi genom att lägga till $+23$ dB vid den frekvens som ger total fasförskjutning av 180° . Enligt tab 1 motsvarar detta en förstärkning av 14,2. Motsvarande dämpning är 0,071. Förstärkningen 14,2 motsvaras av $PB = 7,1\%$. Vi finner alltså att vi här numriskt direkt från dämpningen kan bestämma det proportionella band vi kan tillåta innan vi når reglerkretsens ostabila punkt, dvs förstärkningen 1 eller 0 dB samt fasförskjutningen 180° .

$PB = 7,1\%$ är regulatorns max tillåtna proportionella band, PB_0 .

Motsvarande period P_0 kan vi bestämma av $\frac{1}{f_0}$ där f_0 är motsvarande frekvens

i perioder per min.

Om i vårt exempel ω_{180} är 2 rad/min

$$\text{är } f_{180} = \frac{\omega_{180}}{2\pi} = \frac{2}{6,28} = 0,318 \text{ period per}$$

minut. Eftersom $P_0 = \frac{1}{f_0}$ är således $P_0 = 3,14$ minuter.

Med utgångspunkt i dessa informationer kan vi mer noggrant än tidigare bestämma våra regulatorinställningar, beroende på vilka regulatorfunktioner vi använder, enligt tab 2.

Om exempelvis $PB_0 = 7\%$ och $P_0 = 3$ min får vi enligt tabellen för proportionell reglering $PB = 14\%$.

För proportionell och integrerande reglering blir $PB = 15,4\%$ och $I = 0,4 \text{ R/M}$ samt för PID-reglering $PB = 12\%$, $I = 0,67 \text{ R/M}$ och $D = 0,37 \text{ min}$.

STIGTID OCH INSVÄNGNINGSTID

Från den punkt på faskurvan i fig 7 där fasförskjutningen är 140° kan vi av motsvarande frekvens bestämma processens stigtid och insvängningstid, två storheter som kan vara till stor hjälp vid utvärdering av en reglerkrets.

Stigtiden kallar vi den tid det tar för processen vi reglerar att nå det nya ledvärdet första gången efter en ändring av detta. Insvängningstiden är den tid det tar för processen att svänga in inom $\pm 5\%$ av det nya ledvärdet, se fig 8.

Stigtiden i minuter kan beräknas enligt

$$\frac{1}{2f_{140}} \text{ där } f_{140} \text{ är den frekvens i perioder}$$

per minut, som motsvarar 140° fasförskjutning. I vårt exempel är den 1,2 rad/min

$$\text{eller } \frac{1,2}{2\pi} = \frac{1,2}{6,28} = 0,191 \text{ perioder/min.}$$

$$\text{Detta ger oss en stigtid på } \frac{1}{2 \cdot 0,191} = \frac{1}{0,382} = 2,62 \text{ min.}$$

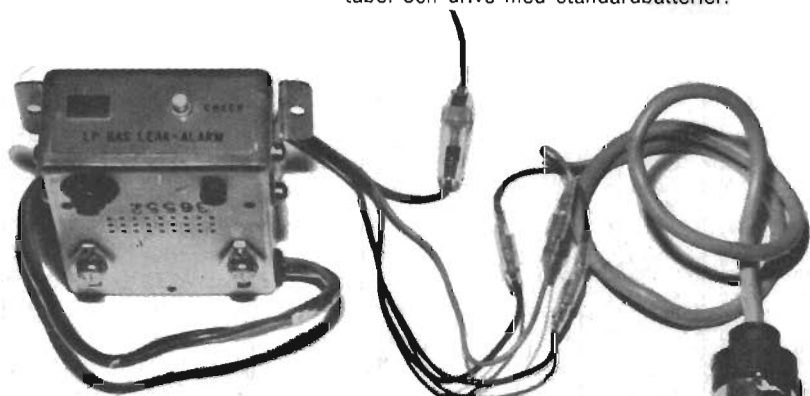
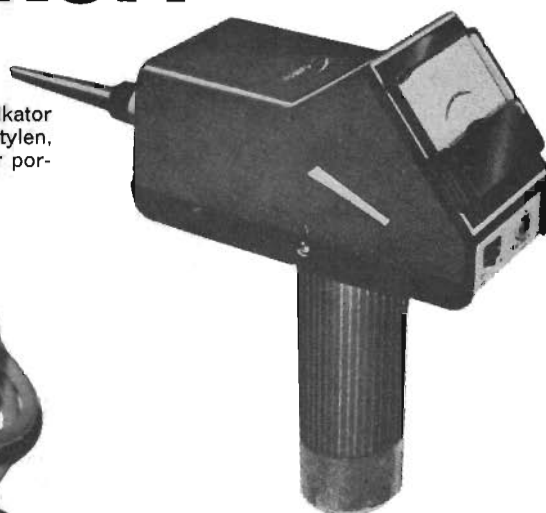
Insvängningstiden utgör $\frac{2}{f_{140}}$ eller fyra gånger stigtiden, dvs 10,48 min.

Dessa parametrar visar alltså hur snabbt processen svarar på en störning. □

Några vapen i kampen mot luftföroreningar och explosionsrisker:

COSMOS XP-305 ►

är en explosionssäker elektronisk gasindikator som påvisar förekomsten av gasol, acetylen, bensingas m.m i luft. COSMOS XP-305 är portabel och drivs med standardbatterier.



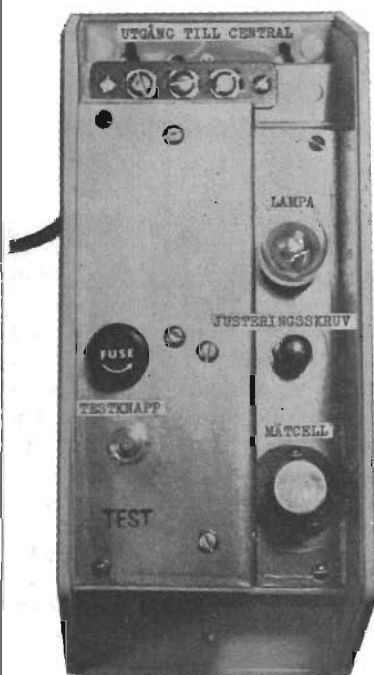
◄ **RIKEN GP-52**

är en gasvarnare avsedd för fast installation. Den består av en mätcell och en transistorförstärkare och ger akustisk och optisk larmsignal då gaskoncentrationen når ca $\frac{1}{3}$ av undre gränsen för explosionsfara. Specialutförande för anslutning till larmcentral finns.



◄ **CO-COSMOS**

är kanske hjälpen mot Er huvudvärk! CO-COSMOS är en stationär anläggning med larmcentral för indikering av koloxid, CO, i luft i verkstäder och garage.



RIKEN GP-460 ►

är avsedd för mätning av koloxidhalten i bilavgaser och används vid trimning av förgasare. 0.5 % noggrannhet över hela mätområdet, 0-12 % CO. Mätcell av lågtemperaturtyp, driftspänning 12 V likström.

Vi har också:
BENDIX ULTRAVISCOSON viskositetsmätare konstruerade enligt en ny pulsprincip.
PEKKLY universalinstrument som förutom stötar upp till 60 g tål 100-faldig överspänning och dessutom är stänkvattensäkra.
DRAYTON CONTROL reglerventiler.
GOYEN CONTROLS, solenoidventiler.
TECHSONICS ULTRALJUD — läcksökare.



INGENIÖRSFIRMA HARRY RUDBERG AB

Tel. 08-30 50 00 • Box 6040 • 102 31 Stockholm 6

Reglerteknik på lätt sätt

Av ingenjör GUNNAR ÖSTLUND, Honeywell AB

Med detta avsnitt avslutas Elektroni-
kns artikelserie om reglerteknik.
Tidigare avsnitt har varit införda i
Elektronik nr 1, 2, 4 och 6 1969.

□ □ I föregående avsnitt studerade vi ett
reglerblocks frekvens- och faskurva i ett
Bode-diagram och fann bl a att man kan
dela upp ett andra ordningens reglerblock,
som t ex en värmeväxlare, i två första ord-
ningens reglerblock och en dödtid. Summe-
rar man blockens amplitud- och faskurvor
tillsammans med dödtidens faskurva, kan
man få en uppfattning om värmeväxlarens
totala förstärknings- och faskurva över ett
visst frekvensområde.

DÖDTIDENS BETYDELSE

Betydelsen av dödtiden kan man utläsa ur
de på detta sätt erhållna kurvorna. Om den
är större än $0,1 \times P_0$ kommer den att bidra
med mer än 35° fäsförskjutning vid den
frekvens vid vilken totala fäsförskjutningen

är -180° och på så sätt öka svårigheten att
få en god reglering. I vårt exempel skulle
dödtiden bli $0,1 \times 3,14 = 0,314$ minuter
jämfört med den verkliga dödtiden på 0,3
minuter, vilket innebär att vi är på gränsen
till svårigheter.

REGLERAVVIKELSEN

Vi kan beräkna den regleravvikelse vi skul-
le få vid belastningsvariationer om vi an-
vände endast proportionell reglering. Den
blir hälften av regulatorns största tillåtna
proportionella band PB_0 , vilket vi beräknat
till 7,1 %, med andra ord $0,5 \cdot 7,1 \approx 3,5$ %.
Om denna avvikelse kan tolereras räcker
det således med proportionell reglering. I
annat fall måste vi förse regulatorn i kret-
sen med integrerande verkan. Kan vi tole-
rera mer än halva PB_0 i regleravvikelse
torde till/från-reglering vara tillfyllest. Va-
riationsamplituden blir i så fall något större
än $2 \times PB_0$ eller 14 % av mätområdet.

Om dB-kurvan planar ut vid lägre fre-
kvenser är det troligt att integrering på re-
gulatorn ger bättre reglering eftersom den
ökar förstärkningen vid låga frekvenser.
Om integrering används utan derivering
blir integreringsvärdet $1,2/P_0$ R/M för de
flesta reglersystem. Långsammaste använd-
bara integreringsverkan är förmodligen
 $1/P_0$.

En undersökning av totala faskurvan, dvs
summan av reglerblockets fäsförskjutningar,
kan upplysa om huruvida en deriverings-
tillsats till regulatorn är nödvändig. Man
kan undersöka faskurvans branthet omkring
 -180° enligt fig 1. Om kurvan är mycket
brant, dvs förhållandet f_2/f_1 är litet, kom-
mer derivering inte att ge mycket bättre
reglering. Om derivering används kommer
deriveringstiderna att vara $1/2$ till $1/3 P_0$
för en PID-regulator.

De beräkningar av regulatorinställning-
arna som angetts ovan är inte exakta, men
är användbara approximationer och detta
gäller även processens uppförande som vi

skisserat den med avseende på förstärkning
och faskurvor.

Vi har emellertid skaffat oss en hel del
informationer om processen från totala
amplitud- och faskurvorna som t ex

- frekvensen vid vilken totala fäsför-
skjutningen är -180°

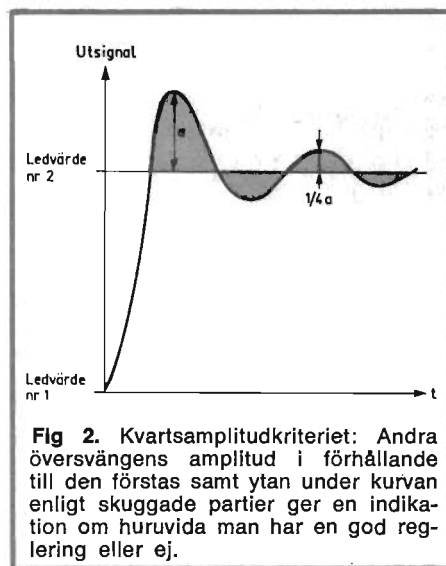


Fig 2. Kvartsamplitudkriteriet: Andra
översvängens amplitud i förhållande
till den förstas samt ytan under kurvan
enligt skuggade partier ger en indika-
tion om huruvida man har en god re-
glering eller ej.

- totala förstärkningen i denna punkt
- maximalt tillåtet proportionellt band,
 PB_0
- motsvarande period P_0
- PID-regulatorns inställningar med ut-
gång från PB_0 och P_0
- processens stigtid och insvängningstid
- inverkan av dödtiden
- en uppfattning om behovet av inte-
gral- och deriveringsverkan, reglerav-
vikelse vid belastningsändringar m m

När vi vill reglera värmeflödet i vår vär-
meväxlare måste vi vid frekvensanalys av
reglerkretsen ta hänsyn dels till regulatorns
frekvenskaraktistik med avseende på P-,
I- och D-funktionerna, dels till kombinationen

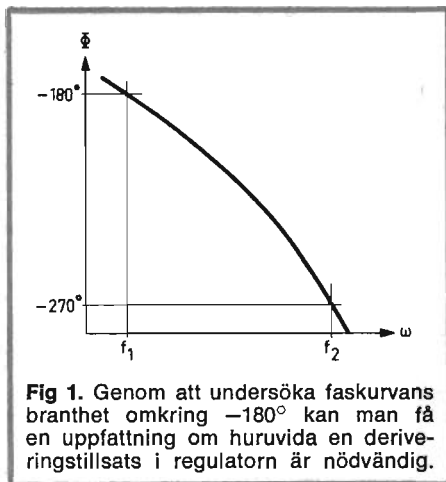


Fig 1. Genom att undersöka faskurvans
branthet omkring -180° kan man få
en uppfattning om huruvida en deri-
veringstillsats i regulatorn är nödvändig.

nerna mellan dessa och Bode-diagrammet för processen så som dessa kombinationer visar sig i *reglerkretsens* totala förstärknings- och faskurva.

Man kan med andra ord med hjälp av de olika reglerfunktionernas Bode-diagram påverka reglerkretsens totala förstärkning och dess faskurva för snabbaste och bästa möjliga reglering.

VAD ÄR GOD REGLERING?

Med god reglering menar man i regel att en störning av processen skall förorsaka minsta möjliga inverkan på processen, att processen skall återgå till stabilt läge på kortast möjliga tid och att det skall vara minsta möjliga regleravvikelse efter stabilisering.

För att svara på frågan vad som är god reglering brukar man ge tre kriterier, som är rent allmänna, nämligen:

- Kvarts-amplitudkriteriet, som säger att andra översvängningen efter en insvängningen efter en störning är en fjärdedel av den första enligt *fig 2*. Det finns emellertid processer där man inte kan tillåta någon översväng alls.
- Kriteriet för absoluta felets minimi-integral, vilket innebär att reglersvaret är sådant att ytan under kurvan enligt *fig 2*, dvs den skuggade delen, är så liten som möjligt.
- Kriteriet för förstärknings- och fasmarginal.

Med förstärkningsmarginal menar man att förstärkningen hos hela processen och regulatören tillsammans skall ligga mellan -5 och -10 dB vid den frekvens vid vilken färförskjutningen är 180° .

Med fasmarginal menar man att skillnaden i fas mellan den frekvens där systemets förstärkning är 0 dB och den, där totala färförskjutningen är 180° skall ligga mellan -40° och -60° . Se *fig 3*.

REGULATORFUNKTIONERNAS BODE-DIAGRAM

Med regulatorfunktionerna kan vi alltså reglera förstärknings- och fasmarginalerna och vi skall därför titta på regulatorfunktionernas förstärknings- och faskurvor.

Den *proportionella verkan* påverkas inte av någon tidsfaktor och har alltså ingen faskurva, utan med denna påverkas endast förstärkningen. Om vi alltså minskar eller ökar proportionella bandet, dvs ökar eller minskar regulatorns förstärkning, höjer eller sänker vi förstärkningskurvan i Bode-diagrammet med samma belopp vid alla frekvenser.

Integralverkan påverkar både förstärknings- och faskurvorna vid en störning. Som framgår av *fig 4* är förstärknings- och faskurvan av typ första ordningen, men både upp- och nedvänd och spegelvänd.

Med integralverkan ökar som synes förstärkningen vid låga frekvenser och vid gränsfrekvensen är förstärkningen $+3$ dB. Färförskjutningen är störst vid lägsta frekvensen och -45° vid gränsfrekvensen. Där

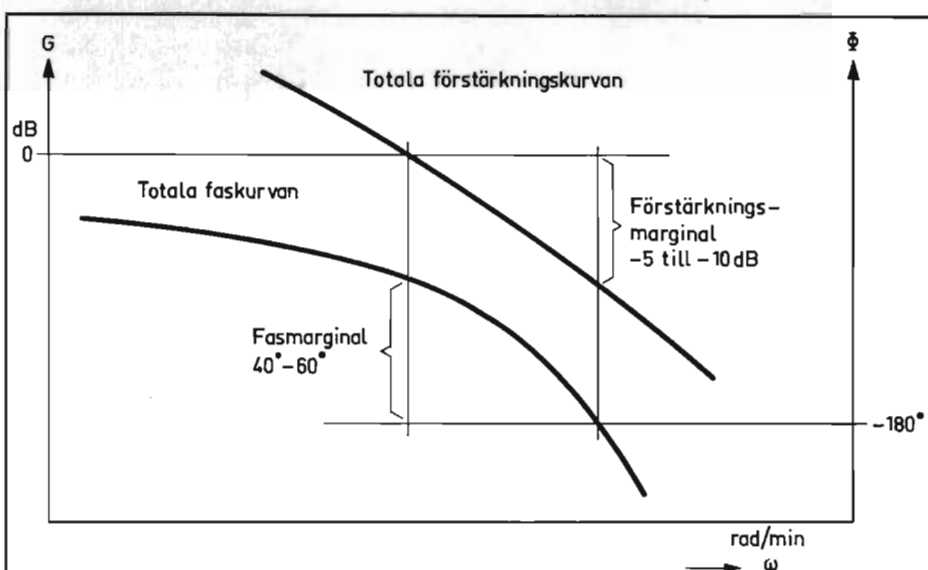


Fig 3. Förstärknings- och fasmarginaler bör ligga inom i figuren angivna områden för att man skall kunna tala om god reglering.

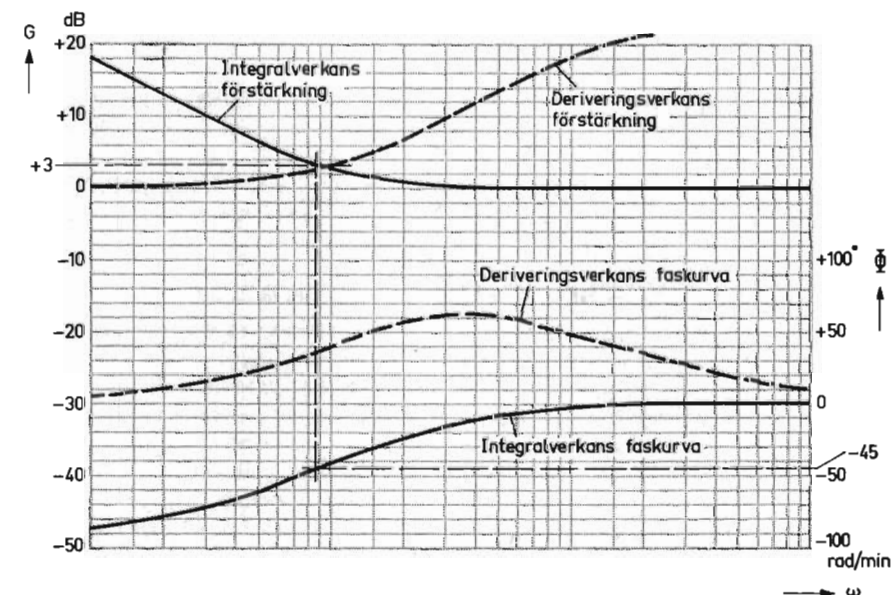


Fig 4. Regulatorns integrerings- och deriveringsenhet har sina egna Bode-diagram vilka man måste addera till processens Bode-diagram för att få det öppna reglersystemets totala Bode-diagram.

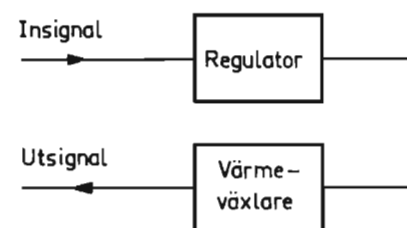


Fig 5. Det öppna reglersystem för vilket Bode-diagrammet enligt *Fig 7* gäller.

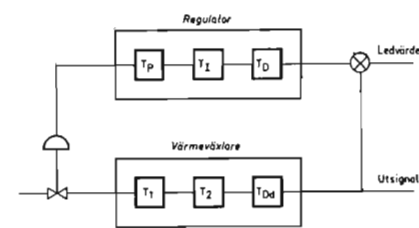


Fig 6. Genom att jämföra värdet hos processens utsignal med regulatorns ledvärde får vi en mer exakt information om den kompletta reglerkretsen.

förstärkningen är $+3$ dB motsvaras frekvensen i radianer per minut av integralverkan i repetitioner per minut.

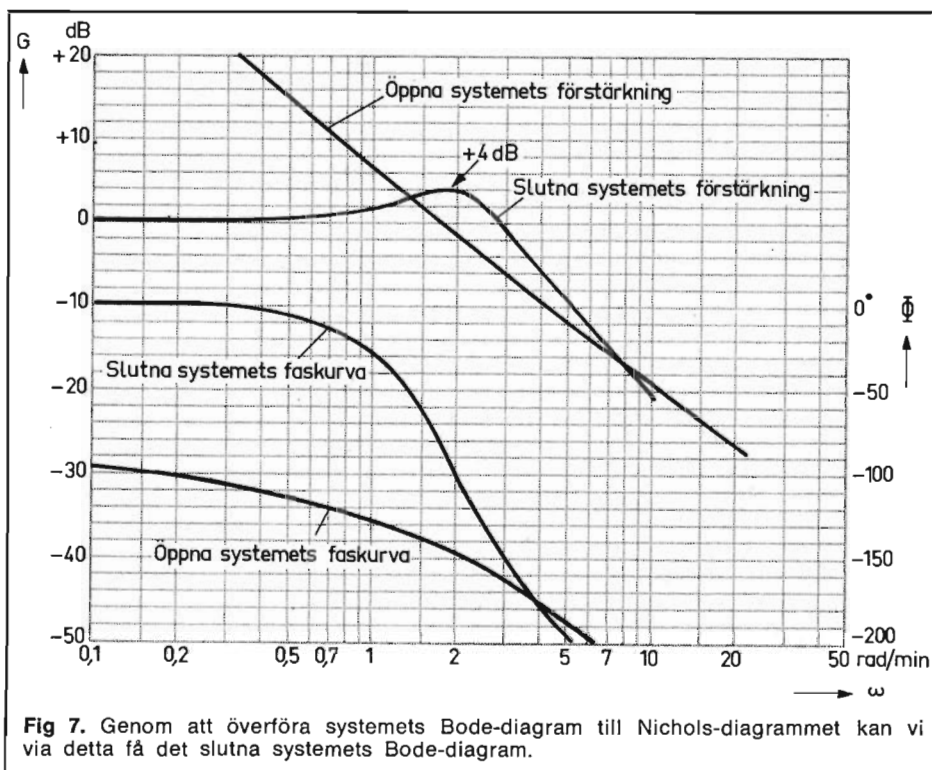
Som framgår av *fig 4* ökar förstärkningen med *deriveringsverkan* på regulatören med ökad frekvens, vilket är den stora nackdelen med deriveringsverkan, då den tenderar att öka förstärkningen ända till instabilitet. Den stora fördelen med deriveringsverkan är dess bidrag till faskomrigering genom

att den lyfter faskurvan vid högre frekvenser, varvid den höjer -180° -punkten mot högre värden, vilket i regel är önskvärt.

Genom att lägga in regulatorfunktionernas Bode-diagram på ett lämpligt sätt, så att summan av processens och regulatorfunktionernas kurvor uppfyller kriteriet för förstärknings- och fasmarginal, kan vi bestämma regulatorinställningarna för optimal reglering.

Tabell 1

Öppna reglerkretsen		Frekvens	Slutna reglerkretsen enl Nichols	
Förstärkning	Fas		Förstärkning	Fas
14	-117°	0,5	0,7	12°
10	-123°	0,7	2,1	18°
1	-140°	1,5	3,7	60°
-4,6	-157°	2,5	1,2	130°
-8,2	-172°	3,5	-4,0	167°
-10,9	-184°	4,5	-8,0	184°
-13,0	-195°	5,5	-11,0	197°
-15,5	-210°	7,0	-14,5	215°



DEN SLUTNA REGLERKRETSEN

Vi har hittills studerat olika reglerblocks utsignal med avseende på amplitud och fas i jämförelse med en sinusformad insignal vid olika frekvenser. De erhållna kurvorna har vi summerat i Bode-diagrammet, vilket givit oss det öppna systemets totala förstärknings- och faskurvor motsvarande systemet enligt fig 5. Genom att sluta kretsen enligt fig 6 och jämföra värdet hos processens utsignal med regulatorns ledvärde får vi en mer fullständig och exakt information om den kompletta reglerkretsen.

Signalen kommer nu att cirkulera i den slutna kretsen. Vi vet från tidigare att om förstärkningen är ett, dvs den öppna kretsens förstärkning är ett, och fäsförskjutningen är -180° kan en störning lätt förorsaka oscillering eller instabilitet i reglerkretsen.

180° fäsförskjutning i regulatorn betyder att en störning som kommer ut ur processen återförs till den fasskiftad 360° eller i fas med den störningen som matades in i reglersystemet.

Effekterna av signaler som kommer tillbaka i den slutna reglerkretsen kan studeras med frekvensanalysmetoder. De är ma-

tematiskt låsta på ett bestämt sätt till den öppna kretsens frekvenskaraktär.

NICHOLS-DIAGRAMMET

Ett standarddiagram, där relationerna mellan det öppna och slutna systemets variabler en gång för alla är fastlagda, är Nichols-diagrammet.

När man skall rita det slutna systemets Bode-diagram utgår man från det öppna systemets, från vilket man prickar in de olika värdena i Nichols-diagrammet. Man får på så sätt den slutna kretsens förstärknings- och fäsvärden, vilka man sedan prickar in i Bode-diagrammet igen.

Detta förfarande har åskådliggjorts i fig. 7. Vi utgår ifrån att det öppna systemets, enligt fig 5, förstärknings- och faskurvor har inritats i fig 7. Från dessa kurvor sätter vi upp värden i tabellform enligt tab 1 och dessa värden överför vi i Nichols-diagrammet enligt fig 8. Från detta diagram, som har det öppna systemets fas på x-axeln och förstärkning på y-axeln, erhåller vi det slutna systemets förstärknings- och fäsvärden i de punkter där det öppna systemets förstärknings- och fäsvärden sammanfaller i koordinatsystemet. Motsvarande värden införs i tab 1 och överförs till

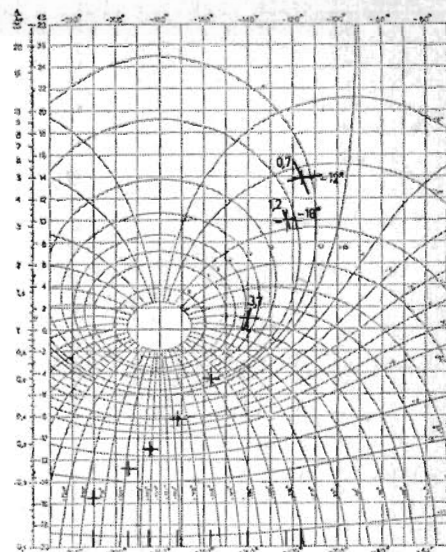


Fig 8. I Nichols-diagrammet är förhållandet mellan det öppna och det slutna systemets Bode-diagram en gång för alla fastlagt. På x- och y-axlarna är det öppna systemets parametrar inlagda, och motsvarande parametrar för det slutna systemet fås i dessas koordinatpunkter.

det öppna systemets Bode-diagram enligt fig 7 för jämförelse.

Bode-diagrammet för den slutna kretsen åskådliggör ofta ett motsvarande andra ordningens system. Härigenom kan man få en hel del information om processen genom att jämföra processens kurvor med ett liknande andra ordningens Bode-diagram.

Fig 9 visar ett antal kurvor av andra ordningens system, vilka skiljer sig i dämpning och vilka ritas in mot en »normaliserad» frekvensskala i förhållande till en egenfrekvens, ω/ω_0 . Med andra ord anses egenfrekvensen ha värdet 1, varför frekvenser som är två gånger egenfrekvensen kommer att prickas in på frekvensskalan vid 2,0 och hälften av egenfrekvensen vid 0,5 osv.

Kurvor för alla system kan alltså, oberoende av verklig egenfrekvens, prickas in i samma grafiska system. Frekvensskalan är sålunda inte graderad i rad/min utan är uttryckt i förhållandet mellan verklig frekvens och egenfrekvens. Kurvorna enligt fig 9 är typkurvor.

Vi har observerat i fig 7 att den slutna kretsens förstärkningskurva har en topp vid +4 dB. Om vi studerar kurvorna enligt fig 9 finner vi att motsvarande kurva visar en dämpning på 0,33. Detta inträffar vid frekvensförhållandet omkring 0,9. Eftersom den frekvens, ω , vid vilken vår processtopp +4 dB inträffar är 1,8 rad/min, är vårt reglersystems egenfrekvens ω_0 :

$$0,9 = \frac{\omega}{\omega_0}; \omega_0 = \frac{\omega}{0,9} = \frac{1,8}{0,9} = 2,0 \text{ rad/min.}$$

Den slutna kretsens faskurva kan också användas vid vår utvärdering. Kurvorna enligt fig 10 visar att fäsförskjutningen vid alla andra ordningens system är -90° vid egenfrekvensen, dvs vid $\omega/\omega_0 = 1$ är $\phi = 90^\circ$.

Enligt fig 7 är fäsförskjutningen i vårt reglersystem lika med 100° vid egenfre-

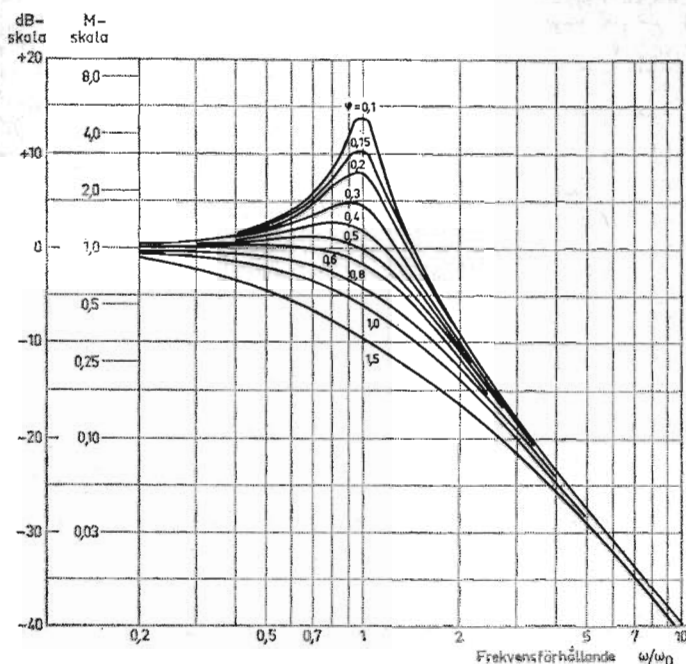


Fig 9. Förstärkningskurvor för andra ordningens system, vilka endast skiljer sig i fråga om dämpning. Frekvensskalan är ritad i förhållande till en egenfrekvens vilken man antar har värdet ett.

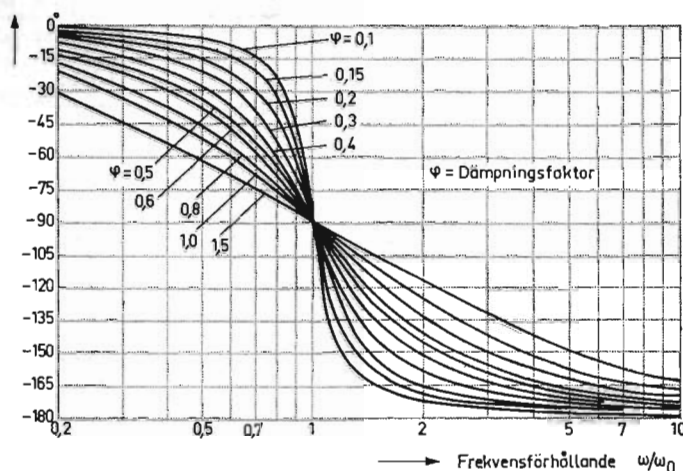


Fig 10. Fäsförskjutningen vid alla andra ordningens system är -90° vid egenfrekvensen, dvs vid $\omega/\omega_0 = 1$ är $\Phi = 90^\circ$.

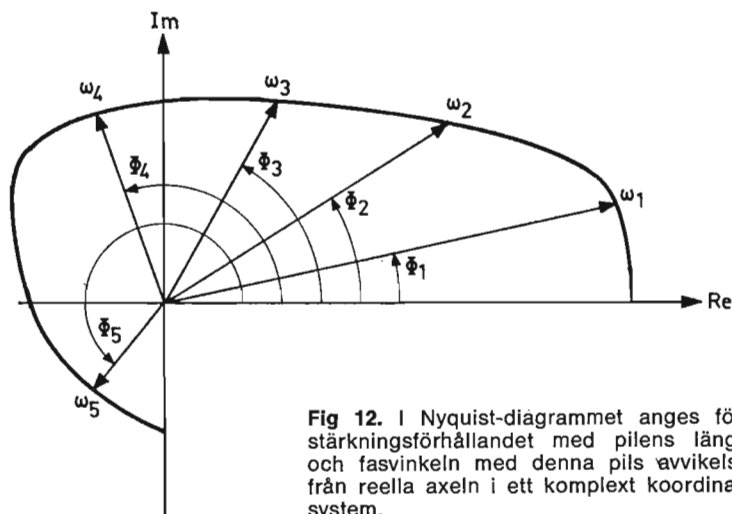


Fig 12. I Nyquist-diagrammet anges förstärkningsförhållandet med pilens längd och fäsvinkeln med denna pils avvikelse från reella axeln i ett komplext koordinatssystem.

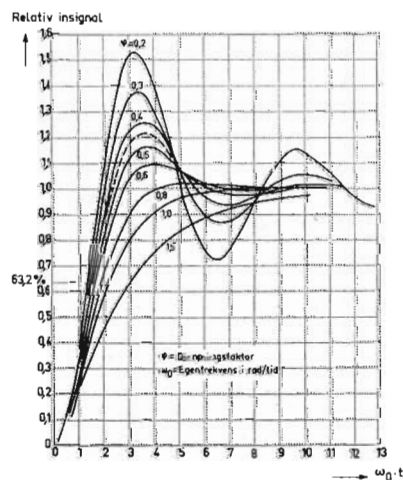


Fig 11. Typkurvor för en insvängning efter en stegändring motsvarande värdet 1.

kvensen $\omega_0 = 2,0$. Detta vinkelvärde skiljer sig från 90° , men är tillräckligt nära för att visa att vårt system är ett andra ordningens regelsystem.

Fäsförskjutningen vid egenfrekvensen är större än 90° , vilket indikerar att systemet innehåller en dödtid. Vi vet också att så är fallet. Om vi skulle subtrahera fäsvinkeln för dödtiden skulle vi komma närmare 90° .

Amplituden hos svängningen efter en liten ändring av ledvärdet kan beräknas med ledning av typkurvorna i fig 11. Dämpningsfaktorn bestämmer hur utsignalen från ett andra ordningens system svarar på en stegändring på insignalen.

Vår dämpningsfaktor var ungefär 0,3, och då blir enligt fig 11, för ett stegvärde på 1 hos insignalen, första översvängningen omkring 1,37 gånger storleken på stegändringen och den andra översvängningen 1,06 gånger. Detta är ganska nära kvartsamplitudkriteriet. Observera att x-axeln även här har »normaliserats» så att alla kurvor kan till-

lämpas på den genom att man multiplicerar egenfrekvensen med tiden.

Stigtid och insvängningstid kan bestämmas med ledning av kurvorna enligt fig 11. Vår kurva med dämpningen 0,3 korsar kurvan för det slutliga värdet (1,0) vid värdet 2 på x-axeln. Vår egenfrekvens var 2,0 så insvängningstiden t blir:

$$t = \frac{2}{\omega_0} = \frac{2}{2} = 1 \text{ min} = 60 \text{ sek.}$$

Stigtiden T_s kan beräknas enligt:

$$T_s = \frac{\omega_0 \cdot t \text{ vid } 63,2}{\omega_0} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ minuter.}$$

Svängningsperioden är lika med differensen i tid mellan första och andra uppgående korsningen av det slutliga stegvärdet. I vårt fall sker andra korsningen vid:

$$\omega_0 \times t = 9 \text{ så } t = \frac{9}{2,0} = 4,5 \text{ min.}$$

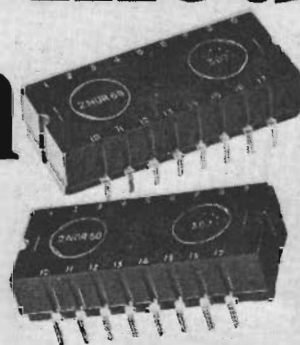
Insvängningstiden är 1 minut och sväng-

ningsperioden alltså $4,5 - 1 = 3,5$ minuter. Från vårt Bode-diagram för den slutna reglerkretsen och de olika typkurvorna för andra ordningens system har vi fått en hel del information nämligen

- egenfrekvensen $\omega_0 = 2,0$ rad/min
- fäsförskjutningen vid denna frekvens
- dämpningen $\approx 0,3$
- insvängningstiden = 1 minut
- stigtiden = 0,7 minuter
- svängningsperioden = 3,5 minuter

Ett från Bode-diagrammet helt skilt grafiskt system är Nyquist-diagrammet. I detta diagram redovisar man förstärkningen med pilarnas längd i ett koordinatsystem enligt fig 12 med en imaginär och en reell axel. Fäsvinklarna markeras av vinkeln till reella axeln. Avsaknaden av frekvensskala gör Nyquist-diagrammet svårare att använda för beräkningsarbeten, men det ger i vissa fall en överskådligare bild av regelsystemet. □

Räkna och styr kontaktlöst och problemfritt med Norbit och 50 serien



NORBIT FÖR NIVÅLOGIK

24 V -10 till +85° C

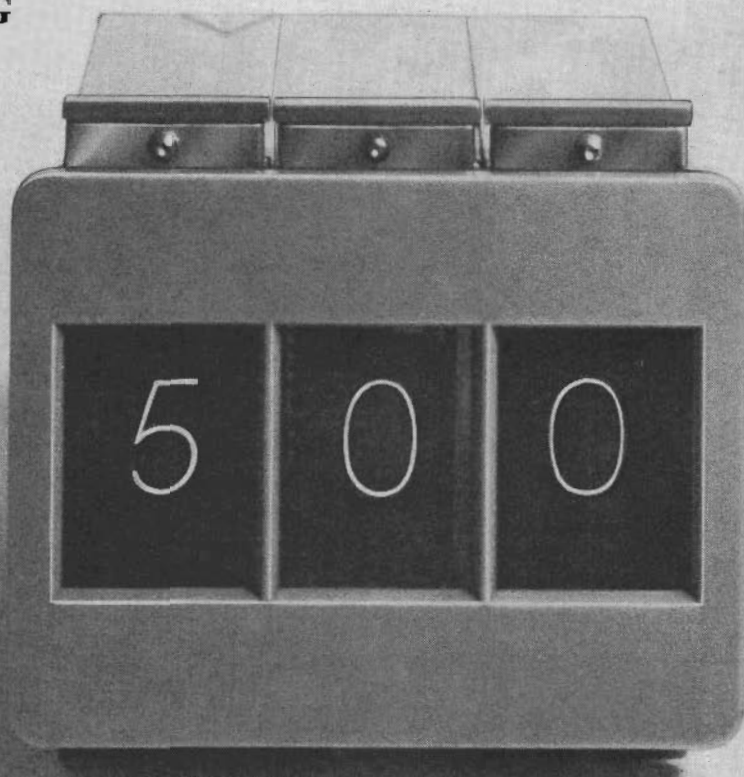
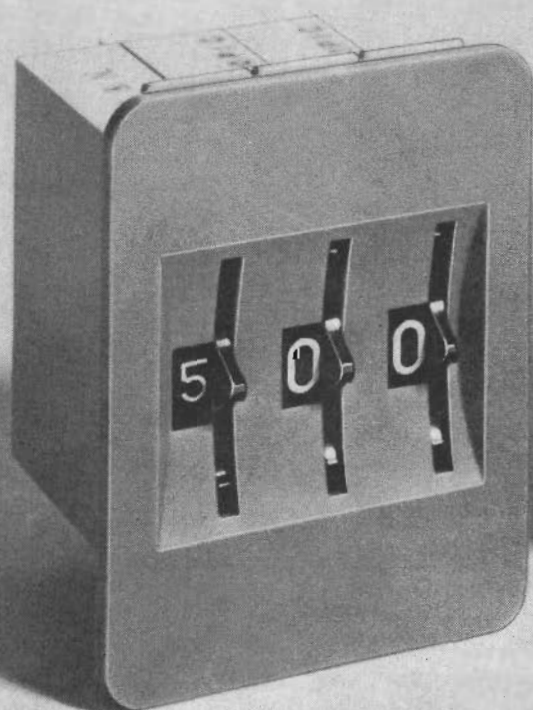
10 000 kopplingar/s

50-SERIEN FÖR RÄKNING

24 V -20 till +70° C

50 000 pulser/s

lätt att montera i panel



Lagerhålls av

ELECTRONA
TELEKOMPLEMENT AB

Sköndalsvägen 10B, 125 53 Farsta
Tel. 08/94 93 00, 94 94 00

AB ELCOMA, Fack, 102 50 Stockholm 27

Sänd utförlig information om Norbit och 50-serien.

Namn

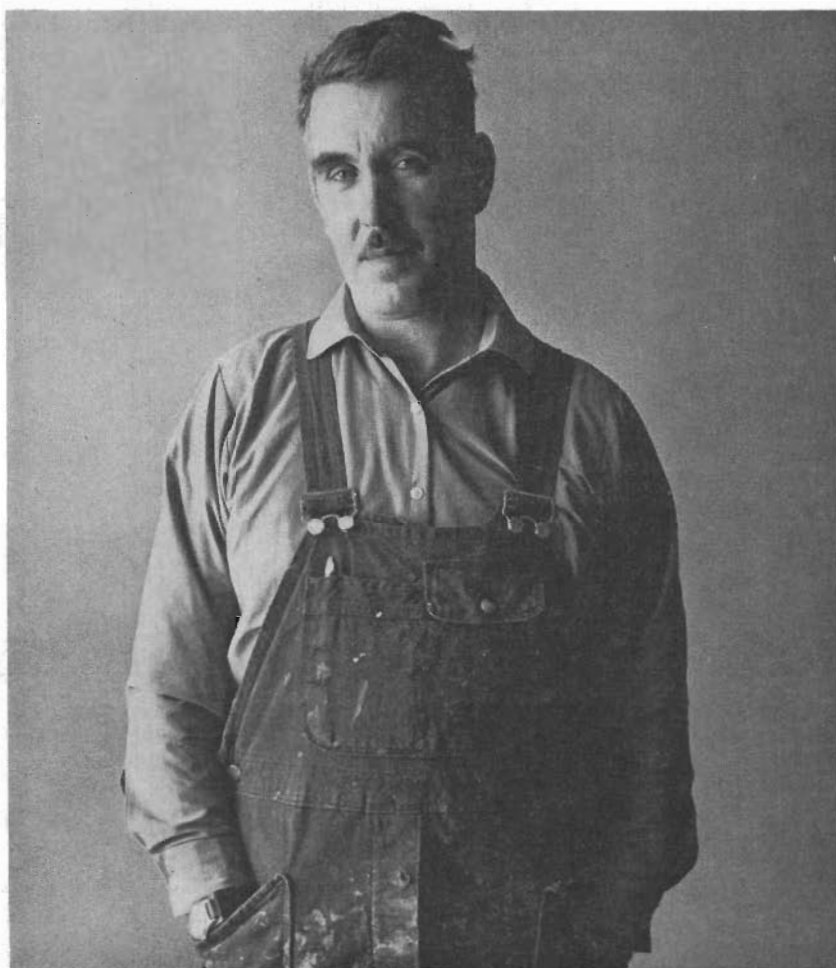
Företag

Adress

Postadress

EL-517 70

Är man van att hugga i gillar man inte att stå med händerna i byxfickorna för länge.



Plötsligt står han där sysslös. Bara för att en maskin gått sönder. Eller något i produktionskedjan klickar. Det går minuter och ingenting händer. Ackordspengar börjar mala i huvudet. Rinner iväg. Man blir sur av sån't.

En datamaskin kan hjälpa till att hindra sådana här situationer. Genom att hålla reda på läget i verkstaden, kan den ge besked om när service skall göras. Onödiga avbrott kan undvikas.

Ibland hakar det upp sig i alla fall. Kanske är det detaljer som saknas. Datamaskinen kan då snabbt ge en utförlig rapport om läget. Och lämnar förslag till hur man bäst skall reda upp situationen. Sen ligger besluten givetvis i de ansvarigas händer.

IBM har datasystem och utrustningar, som kan hjälpa till på många områden inom ett industriföretag.

IBM System/360 sammanställer delhändelser till utförliga, lättsmälta rapporter åt företagsledningen. Genom dataterminaler — skrivmaskiner eller TV-skärmar — kommer larmrapporter och förslag till åtgärder snabbt fram till de ansvariga.

IBM 1070 styrutrustning eller IBM 1800 processdatasystem sköter om det rutinmässiga utförandet av tillverkningsplanen.

Alla i företaget kan dra nytta av datamaskinen. Ring närmaste IBM avdelningskontor, så får ni veta mer.

IBM

Informationstjänst 15

Processdatorer i Sverige

En industriell revolution är en utvecklingskedja snarare än en enskilda händelse. Den första industriella revolutionen bestod i ett utbyte av mänsklig muskelkraft mot maskiner. Dagens revolution gäller ett utbyte av manuell skicklighet mot maskinprestationer baserade på processmätningar och automatisk styrning.

□ □ De senaste årens utveckling inom datatekniken har bl a inneburit att en ny typ av utrustning för reglering av industriella processer utvecklats. Ökande storlek och komplexitet hos processanläggningarna har gjort att kraven på ökad informationsbehandling och snabbare beslutsfattande gjort sig alltmer gällande. Det har här visat sig att dagens datorer i många fall är vida överlägsna konventionella instrument- och reglerutrustningar.

Då Asea presenterade sitt nya processdatasystem – Asea System 1700 – höll civilingenjör Henning Schiott ett föredrag rubricerat »Processdatamaskiner; nuläge och utvecklingstendenser».

Hans förutsägelser om framtiden – i stor utsträckning baserade på jämförelser med utvecklingen i USA – föreföll så intressanta att de får ligga till grund för denna artikel.

UTVECKLINGSTENDENSER I USA

Fig 1 ger en bild av den amerikanska utvecklingen och visar att anskaffningskostnaderna för den informationsbehandlande delen av processanläggningarna – instrumenteringen – utgör en kraftigt ökande andel av industriinvesteringarna i nya fabriker.

Fig 2 visar utvecklingen av den årliga investeringen i processinstrumentering i USA. Här framgår tydligt att investeringarna i processdatorer och dataloggers ökar på bekostnad av traditionella komponenter som regulatorer, skrivare och tavelinstrument.

FÖRUTSPÄDD TILLVÄXT

I fig 3 visas utvecklingen av det totala antalet processdatorer – installerade eller under leverans. Den är hämtad ur tidskriften Control Engineering utom vad beträffar

Kostnad för processtyrning
Total anläggningskostnad

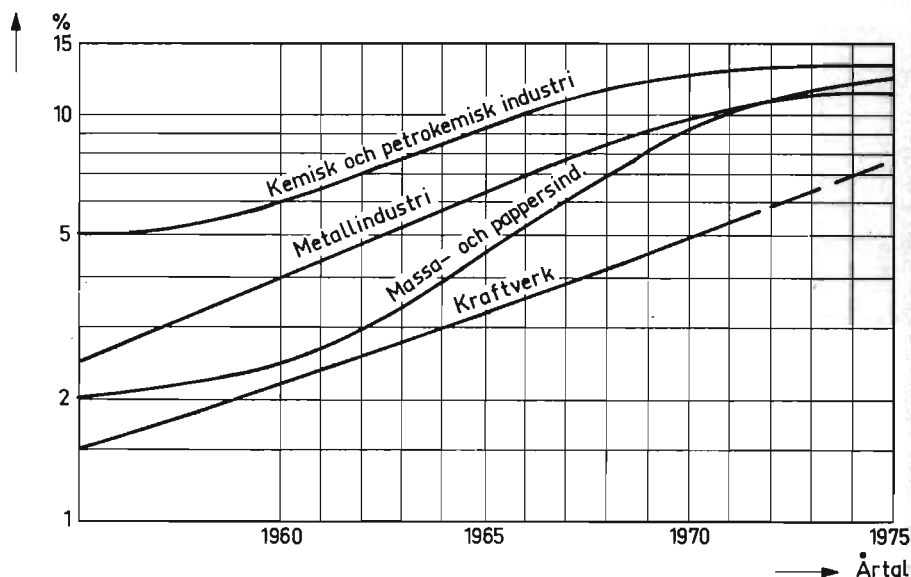


Fig 1. Kostnad för processtyrning inom olika industrigrenar enligt amerikanska undersökningar.

UPPSTÄLLNING ÖVER PROCESSDATORER I SVERIGE

AGA AB, Lidingö	On-line för bearbetning av analysresultat från mångkanalisk klinisk-kemisk analysrobot	10 st PDP-12 8 st PDP-8 1 st PDP-8/S
Akademiska Sjukhuset, Uppsala	Medicinska applikationer	Siemens 305
Alfa Laval, Tumba	Processkontroll	PDP-8/S
ASEA, Västerås	Systemutveckling och programtest	ASEA System 1700
Avd. för datamaskinsystem och processtyrning	Dataloggning i samband med processtudier	PDP-8/S A(sea)
Centrallaboratoriet	Systemutveckling och programtest	GE/PAC 4040 A
Halvledar- och elektro-sektorn	Automatisk provning och kalibrering av lastceller	PDP-8/S A
Materialavdelningen	Styrning av materialflöde i godsterminal	ASEA System 1700
	Datainsamling från reaktor	HP 2116B
BILLERUD, Gruvöns Bruk, Grums	Styrning av PM 4+holländeri	IBM 1710
BILLERUD, Gruvöns Bruk, Grums	Styrning av kokeri, PM 6 och kokvåtskeberedning	IBM 1800
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg	Datainsamling	EAI MDP 200/ PDS 1020
	Datasamling och styrning av radioastronomisk spektrograf	LINC-8

Tab 1. Levererade eller beställda processdatorer i Sverige.

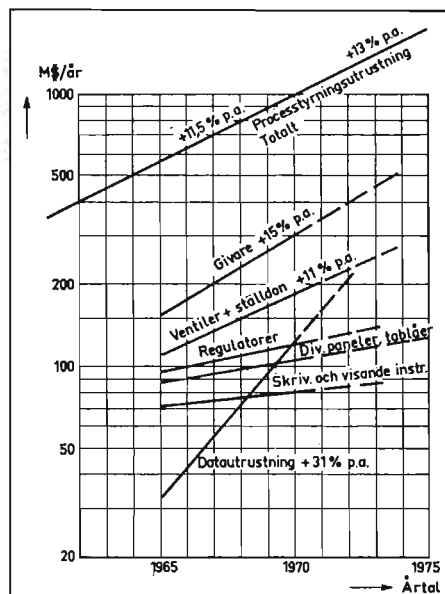


Fig 2. Investeringarna i processdatorer och dataloggers ökar på bekostnad av traditionella komponenter som regulatorer och skrivare. Uppgifterna avser industrin i USA.

far siffrorna för Sverige, som grundar sig på en inventering per den 1.4.69.

Kurvorna tyder på en tillväxt med över 50% per år, vilket skulle innebära att beståndet mer än fördubblats på 2 år. De svenska siffrorna ger belägg för detta i hög grad.

INSTALLATIONSPROGNOS

Kurvorna i fig 2 ger en bild av utvecklingen inom enbart industri- och kraftförsörjningsområdena. Fig 3 däremot gäller samtliga områden och tillämpningar utom de försvarstekniska.

Om man antar att industrin tillsammans med kraftförsörjningen svarar för omkring 70% av processdatamarknaden, resulterar en sammanställning av uppgifterna i fig 2 och 3 i att genomsnittskostnaden för en processdatorinstallation minskat från omkring 1,5 miljoner kronor 1965 till ca 750 000 kronor 1970. I dessa siffror är dock inte programmeringskostnaderna inräknade. Tendensen går mot en ökad användning av mindre, billigare processdatorer.

UTVECKLINGEN I SVERIGE

Här i landet befinner vi oss endast i början av denna utveckling. Mot dryga 2 000 pd-installationer i USA kan vi endast ställa upp ett 50-tal avsedda för direkt pro-

Tab 1. Levererade eller beställda processdatorer i Sverige.

UPPSTÄLLNING ÖVER PROCESSDATORER I SVERIGE		
Emmaboda Glasverk, Emmaboda	Styrning av inläggningsapparat. Övervakning och loggning av processen	PDP-8/S
Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm	Processtudier	PDP-8/I
Försvarets Materielverk, Karlsborg	System för målföljning av robot	PDP-8/I A
Stockholm	Beräkningsutrustning för skjutledning	ASEA System 1700
	Systemutveckling, programtest	HP 2116B
	Automatisk testning av elektronik i Viggen vid flotttilj	HP 2116B 16 st
	Automatisk testning av elektroniska moduler vid central verkstad	HP 2116B 1 st
Gullfiber AB, Billesholm	Styrning av glasullsprocess	ASEA System 1700
AB Gullhögens Bruk, Skövde	Processtyrning	Siemens 302
Göteborgs Universitet, Göteborg	Kristallografi	IBM 1800
Holmens Bruk & Fabriks AB, Hallsta Pappersbruk, Hallstavik	Integrerad styrning av pappersbruk	CON/PAC 4040 A
Norrköping	Styrning av pappersmaskin	CON/PAC 4040 A
Huddinge Sjukhus, Huddinge	Transportstyrning	PDP-8/I A
IBM, Stockholm	Programunderhåll	IBM 1800
AB Iggesunds Bruk, Iggesund	Styrning av blekeri, mälteri och kartongmaskin	UAC 1601
Isotronic AB, Stockholm	Röntgendifraktionering för enkristallundersökning	PDP-8
Karolinska Institutet, Stockholm	Masspektrometri	IBM 1800
Karolinska Sjukhuset, Stockholm	Laboratorieautomation Analys	IBM 1800 PDP/8 L
Kockums Mekaniska Verkstad AB, Malmö	Integrerad styrning av turbintankfartyg – 210 000 ton turbintanker för Salénrederierna	ASEA System 1700
Korsnäs-Marma AB, Gävle	Datainsamling	Schneider-Westinghouse PSP 77
	Databehandling vid pappersprovning och styrning av 3 pappersmaskiner	UAC 1601
Kungliga Marinförvaltningen	Eldledning	Elliott 920 B A
Marinen 1	Operativt system	IBM 1800
Marinen 2	Operativt system	IBM 1800
Käppalaförbundet, Lidingö	Processtyrning	Siemens 304
LKAB, Kiruna	Analys	Dietz 513
	Datainsamling från vågar	HP 2114A
	Dataloggning	IBM 1710
L M Ericsson, Stockholm	Processimulering och uttestning av reglersystem och program	UAC 1601
Lunds Universitet, Lund	Styrning av gnistkammare	IBM 1800
Nordisk Elektronik AB, Stockholm	Datainsamling	3 st PDP-8/S 2 st PDP-8/L 1 st PDP-8/I

UPPSTÄLLNING ÖVER PROCESSDATORER I SVERIGE

Norrbottnens Järnverk, Luleå	Analys	Dietz 4E
Nukab, Västra Frölunda	Medicinsk elektronik	2 st PDP-8/L
Nyby Bruks AB, Nyby	Styrning av kallvalsverk	PDP-8/I A
OK, Norrköping	Styrning av oljedepå	PDP-8/S
Oxelösunds Jernverk, Oxelösund	Analys	PDP-8/I P(hilips)
	Styrning av reversibelt grovplåtvalsverk	GE/PAC 4060 A
Rema AB, Tillberga	Registrering och sortering av mätvärden i timmersorteringsanläggning	PDP-8/L
Reymersholmsverken, Häl-singborg	Analys	PDP-8/I P
Ringhals Atomkraftverk	Styrning av atomkraftverk	ASEA System 1700
Sandvikens Jernverk AB, Sandviken	Processanalys	Philips P 9202
	Datainsamling för band-valsverk	PDP-8/L A
	Styrning av smidespress	PDP-8/L A
SKF STÅL, Hofors Bruk, Ho-fors	Datainsamling i stål- och valsverk. Produktionspla-nering i manufakturverk	IBM 1800
SKF JERNVERK, Hällefors	Analys	PDP-8/I P
Standard Radio & Telefon AB, Barkarby	Styrning och kontroll av kablingsoperationer. Auto-matisk provning av data-utrustningar	PDP-8 PDP-8/I+ IBM 360
Statens Järnvägar	Styrning av signalutrust-ning inom Stockholms lo-kaltrafikområde	3 st CWIP
SMHI, Stockholm	Insamling av väderdata	PDP-8/S A
Statens Skeppsprovsnings-anstalt	Kavitationsundersökningar	Philips PR 8000
Statens Vattenfallsverk, Mar-viken	Övervakning och styrning av atomkraftverk	CON/PAC 4060 A
Stockholms Universitet, Inst för oorganisk & fysikalisk kemi	Röntgenkristallografi	IBM 1800
Stora Kopparbergs Bergslags AB	Övervakning av kraft-balans	PDP-8/I A
Borlänge		
Domnarvet	Felsignalutrustning för kallvalsverk	PDP-8/L A
Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm		
Inst för reglerteknik och	Datainsamling och styr-ning av destillationskolonn	EAI MDP 200/ PDP-7
Inst för kemisk apparat-teknik		
Inst för oorganisk kemi	Analys	PDP-8/I
Uddeholmsbolaget, Hagfors	Analys	Dietz 4E
Uddeholmsbolaget, Degerfors	Analys	Dietz 4E
Umeå Lasarett, Umeå	EKG	IBM 1800
Ultuna Lantbrukshögskola	Diffraktometri	PDP-8/I P
Uppsala Universitet	Kristallografi	IBM 1800
Kemiska institutionen	Diffraktometri	PDP-8/I P
Psykologiska institutionen	Stimulusgenerering	LINC-8
AB Volvo, Göteborg	Motortest	IBM 1800
Ångermanälvens Flottnings-förening, Sandslån	Databearbetning vid tim-mersortering	PDP-8/S A

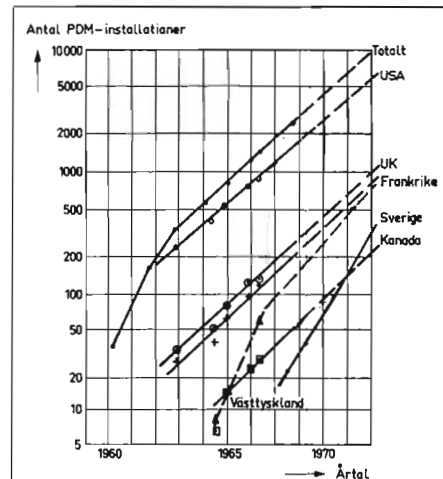


Fig 3. Utvecklingen av det totala antalet processdatorer i olika länder. Tillväxten kan uppskattas till ca 50 % årligen.

cesstyrning. Om man tar hänsyn till relationstalet mellan den amerikanska och svenska ekonomin, som är ungefär 25 : 1 – detta relationstal går att komma fram till genom en jämförelse mellan folkmängd, BNP, energiproduktion, produktion av viktigare industrivaror och liknande – finner man att det i dag borde ha funnits omkring 80 processdatorer i drift i vårt land.

Med den förutsädda 50 %-iga årliga tillväxten uppnås detta antal under 1970. Se fig. 3. Detta kan möjligen tolkas som ett teknologiskt gap på omkring 1 år.

Dagsläget beträffande levererade och beställda processdatorer redovisas i tab. 1.

Tab. 2 visar levererade och beställda analogmaskiner för processimulering.

Vilka industrier kommer att installera processdatorer?

En viss uppfattning om detta går att få genom studier av de långsiktiga expansions- och investeringsplaner, som redovisas i den sk Långtidsutredningen. En sammanställning visas i tab. 3.

Genom kritisk granskning av dessa planer, jämförelser med förhållandena i USA och en portion subjektiva gissningar hade civilingenjör Schiott kommit fram till de siffror, som redovisas i tab. 4.

Listan toppas kanske något överraskande av verkstadsindustrin. Det verkar dock inte alls otroligt, att just en industri med komplicerade produkter, rikt sortiment och höga arbetskraftskostnader skulle vara i stort behov av ett förbättrat informationsflöde vid planering, beordring och rapportering samt för styrning av komplicerade verktygsmaskiner.

ANALOGIMASKINER FÖR SIMULERING AV PROCESSER

ASEA, Västerås	Processsimulering	2 st EAI 1631 R
Atomenergi, Studsvik	Simulering av atomkraftverk	EAI 231 R
AB Bofors, Bofors	Simulering av robotstyrning	EAI 580/TR-48
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg		
Inst för kemisk apparatteknik	Simulering av kemiska processer	EAI TR-48
Inst för ellära	Simulering av elektriska filter etc	EAI TR-10
Inst för elektromaskinlära	Simulering av strömriktarkretsar	EAI TR-48
Inst för reglerteknik	Processsimulering	EAI 231 R
Farmaceutiska Institutet, Stockholm	Simulering av farmakologiska processer	EAI TR-20
Flygtekniska försöksanstalten, Bromma	Vindtunnelkontroll	EAI TR-10
Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm	Analys och syntes av reglersystem, bl a simulering av robotsystem och digital reglering	EAI hybridsystem 8800/640
	Mätdatabehandling	
	Signalanalys	
Försvarets Materielverk, Karlsborg	Robotsimulering	EAI TR-20
Karolinska Institutet, Stockholm	Datareduktion av flygmedicinska processer	EAI TR-48/DES-30
Kockums Mekaniska Verkstads AB, Malmö	Fartygssimulering	EAI TR-20
L M Ericsson, Mölndal	Simulering av radarstationers servostyrning	EAI 231 R
Lunds Tekniska Högskola,		
Inst för reglerteknik	Processsimulering	EAI 231 R
Inst för kemisk teknologi/kemisk apparatteknik	Simulering av kemiska processer	EAI 231 R EAI 580
Militärpsykologiska Inst, Stockholm	Simulering av robotstyrsystem	EAI TR-48 EAI TR-10
SAAB AB, Linköping	Flygplanssimulering	7 st EAI 31-231 R EAI TR-48 EAI TR-10
SAAB AB, Jönköping	Flyg- och robotsimulering	EAI 231 R
Statens Järnvägar, Solna	Datareduktion	EAI TR-48
Statens Skeppsprovsningsanstalt, Göteborg	Fartygssimulering	EAI 680 EAI TR-48 EAI TR-20
Statens Väginstitut, Bromma	Bilsimulering	EAI 680
Svenska Cellulosa AB, Sundsvall	Processsimulering	EAI TR-48
Svenska Flygmotor AB, Trollhättan	Simulering av jetmotorer	EAI TR-48
Svenska Radio AB, Stockholm	Robotsimulering	EAI TR-48
Svenska Träforskningsinstitutet, Stockholm	Processsimulering	EAI TR-10
Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm		
Inst för reglerteknik	Processsimulering	EAI TR-48
Inst för flygteknik	Flygplanssimulering och vindtunnelövervakning	EAI TR-20
Inst för elektrisk mätteknik	Simulering av elektriska filter etc	EAI TR-20
Uppsala Universitet, Inst för fysiologi och medicinsk fysik	Simulering av farmakologiska och medicinska processer	EAI TR-20

Tab 2. Levererade analogmaskiner för processsimulering i Sverige.

Många kanske har svårt att förknippa planering, beordring och rapportering med begreppet processstyrning, men mycket talar för att uttrycket »process» måste ges en ganska vid tolkning, nämligen: En anläggning för förädling av material eller energi, antingen denna förädling innebär omvandling, bearbetning, montering eller transport. Ett sådant betraktelsesätt innebär enligt ingenjör Schiotts uppfattning att gränserna mellan »administrativ» databehandling och processtyrning blir mindre skarpa.

Vad är exempelvis ett »Management Control System»? Administration eller processtyrning?

SAMMANFATTANDE SYNPKTER

En processdator kan inte mäta någonting eller göra några beräkningar utan data från de kritiska variabler som finns i en process.

Det gäller också att först reglera processen, innan den på ett riktigt och ekonomiskt sätt kan datastyras. Många erfarna processkonsulter hävdar med bestämd-

het att upp mot 90 % av det utbyte processdataleverantörer och en del kunder påstår sig ha uppnått genom en datorstyrning i själva verket uppnåddes innan datorn sattes in.

Datorer är egentligen ganska enkla maskiner, som fordrar verkligt skickliga systemmän, programmerare och tekniker, som vet var de skall sättas in.

Den absolut bästa värderingen uppnås genom en simulering av processen i en annan dator i samband med projekteringen.

(REW)

Branscherna i rangordning:

Nr:	Bransch:	% av processdata-maskinmarknaden:
1.	Verkstadsindustri	26
2.	Kemisk industri	15
3.	Järn- och metallverk	15
4.	Massa och papper	15
5.	Jord och stenindustri	9
6.	Gruvindustri	6
7.	Livsmedelsindustri	4,5
8.	Pappersvaru- och grafisk industri	4,5
9.	Träindustri	3
10.	Läder- och gummiindustri	1
11.	Textil- och konfektionsindustri	1
		100,0

Tab 4. Automationsmarknaden inom svensk industri 1968—1972 avseende enbart datautrustningar on-line exklusive programmeringskostnader.

	HELA MARKNADEN MKR
1. VERKSTADSINDUSTRI	45
2. KEMISK INDUSTRI	25
3. JÄRN- OCH METALLVERK	25
4. MASSA OCH PAPPER	25
5. JORD OCH STEN	15
6. GRUVINDUSTRI	10
7. LIVSMEDELSINDUSTRI	7,5
8. PAPPERSVARU- OCH GRAFISK INDUSTRI	7,5
9. TRÄINDUSTRI	5
10. LÄDER- OCH GUMMIINDUSTRI	1,5
11. TEXTIL- OCH KONFEKTIONSINDUSTRI	1,5
TOTALT	168 MKR

Tab 3. Sammanställning över expansions- och investeringsplaner inom svensk industri 1968—1972.

BRANSCH	Investeringar 1968—72, Mkr			Andel av hela industrin, %			Antal kunder ca	Rang
	Totalt	Instrumentering	On-line datautrustning	Förädl. värde	Anställda	Realkapital		
GRUVINDUSTRI	1 250	125	10	3,5	1,5	4	5—10	6
JÄRN- OCH METALLVERK	3 000	300	25	6	6	13	25	3
VERKSTADSINDUSTRI	8 000	750	45	37	38	27	70	1
JORD- OCH STENINDUSTRI	3 500	250	15	5	4,5	5	15	5
TRÄINDUSTRI	1 500	100	5	6	7,5	5	10	9
MASSA OCH PAPPER	3 500	300	25	6,5	6	17	25	4
PAPPERSVARU- OCH GRAFISK INDUSTRI	1 250	125	7,5	6	6	4	10	8
LIVSMEDEL	?	100	7,5	10	7,5	9	15	7
TEXTIL OCH KONFEKTION	1 000	25	1,5	7	10	5,5	7	11
LÄDER- OCH GUMMIINDUSTRI	600	30	1,5	2	3	1,5	2	10
KEMISK INDUSTRI	4 000	400	25	5,5	3,5	6,5	15	2
TOTALT (exkl varv)	30 000	2 500	170	100	100	100	210	

Tyristorregulatorer för varvtalsreglering av shunt och compoundmotorer, 0,1 till 10 kw.

Styrning med tyristorer ger praktiskt taget förlustfri steglös reglering från noll till full effekt. Små dimensioner, låg vikt och nästan obegränsad livslängd gör dessa ekonomiska för såväl små som stora effekter. Stort reglerområde med steglös variation av motorvarvtalet. Hög driftsäkerhet, valfri placering högt startmoment, mjukstart.

ANSLUTNING till 220/380 v 50-60 Hz.

KAPSLING för väggmontage eller okapslade för montering i befintlig installation.

VARVTALSREGLERING Potentiometerreglering från 0 till motorns märkvarvtal.

VARVTALSSTABILITET $\pm 1\%$ av märkvarvtalet, vid ett reglerområde 1:30 samt diagram

STRÖMBEGRÄNSNING Inställbar, skyddar aggregat och motor för överbelastning samt tillåter start med förinställt varvtal.



ELEKTRONIKSYSTEM

BROMSNING elektrodynamisk med inställbart motstånd i ankarkretsen.

REVERSERING polomkoppling, manuell eller automatisk.

AUTOMATISK REGLERING Start till förutinställt varvtal kan erhållas med inställbar accelerations och retardationstid. Styrning med termistorer, fotoceller trådtöjningsgivare, nivåvakter, sträckavkännare etc.

TACKOMETERREFERENS Med tackometer, monterad på motor eller maskinelement, kan en varvtalsnoggrannhet bättre än 1 % av märkvarvtalet erhållas.

ÖVERVARV Med fältreducering kan övervarv erhållas från märkvarvtal till motortypens tillåtna maxvarvtal.

FLERA MOTORER kan anslutas till samma aggregat, varvtalsdifferens mellan motorerna kan erhållas med fältreglering.

SERVOSYSTEM Ett flertal olika utföranden för styrning från elgoner eller potentiometrar.

GME System AB, Kronobergsgatan 49, 112 33 Stockholm K, Tel: 08/53 51 64, 53 81 76

Informationstjänst 16

SPECIALITÉTER UR VÅRT REGLERINGSPROGRAM

Den nya **SERVALCO-reglermotorn** med fenomenala prestanda. Steglös reglering från 1 varv/24 tim—3.000 v/m **utan momentförlust**. Mycket liten mekanisk och elektrisk tidkonstant ca 10 ms. Tillverkas i storlekar mellan 15 W—5 kW för likström.

DEMAG-CONZ tyristor-likriktare för varvtalsregl. av likströmsmotorer 0,5—300 KW. **Speciella omformare och reservkraftaggregat för datorer.**

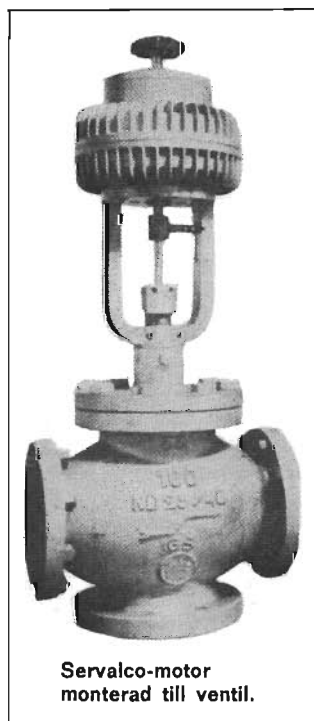
Datorn behöver som bekant konstant spänning och frekvens. Detta kan man sällan erhålla i ett normalt el-nät. Realtid-datorn måste dessutom ha avbrottsfri reservkraft. DEMAG-CONZ har utvecklat speciell utrustning för detta ändamål och har under de senaste åren levererat över 200 utrustningar i Europa, varav ett 10-tal på svenska marknaden.

Induktionsregulatorer för steglös spänningsreglering under belastning.

Elhydrauliska kontaktlösa spänningsstabilisatorer

Elhydrauliska ställdon

Dessutom kunna vi erbjuda Er temperaturvakter, tryckvakter, strömningsvakter, elektroniska tidreläer, fotocellutrustningar m. m., även i explosionssäkert kapslat utförande.



Servalco-motor monterad till ventil.

Kontakta oss beträffande priser och tekniska informationer.

INGENIÖRSFIRMAN **ALCRON AB**

Box 4 182 51 DIURSHOLM Tel. vx 08/755 28 65

Informationstjänst 17

Bättre papper med processdator

Av civilingenjör BENGTL OLDBERG, Korsnäs-Marma AB, Gävle

Pappersindustrin inrymmer ett flertal delprocesser, inom vilka man börjat använda processdatorer. Den skandinaviska pappersindustrin håller sig relativt långt framme, och ett 15-tal processdatorsystem finns för närvarande installerade.

□ □ De flesta svenska tillämpningarna av processdatorer inom pappersindustrin gäller processens slutfas, pappersmaskinen, vilket kanske har sin förklaring i att det är denna som är svårast att hantera med konventionell mät- och reglerteknik.

Styrningen av pappersmaskinen är i dag huvudsakligen manuell. Visserligen finns ett flertal analoga regulatorer för sekundära storheter, såsom ångmängder, nivåer och vätskeflöden. De väsentliga storheterna, pappersegenskaperna, kontrolleras dock manuellt. En automatisering är inte heller möjlig så länge produkttegenskaperna bestäms enbart med de standardiserade manuell provmetoderna.

Vid styrningen måste hänsyn tas också till egenskaperna hos råvaran, dvs massan. Även i det fallet finns få möjligheter till automatiska mätningar.

VILKA PROBLEM PASSAR DATORN?

Datorerna ger i och för sig möjligheter till avancerade styrsystem med 100-tals slutna kretsar. I praktiken har det dock visat sig vara mera lönsamt att angripa väl definierade delproblem. Här några exempel.

- Processkännedomen är i allmänhet otill-

fredsställande, speciellt när det gäller kvantitativa samband och dynamik. Datainsamling via processdator kan ge ökad kunskap och därmed nya möjligheter till en korrekt manuell eller automatisk styrning.

- I många fall saknas, som tidigare nämnts, snabba och noggranna mätmetoder för massans och papperets egenskaper. Med dator kan en del av egenskaperna beräknas ur mätbara storheter.
- Den manuella styrningen kan avsevärt förbättras av beräknade ledvärden, som är lättare relaterade till pappersegenskaperna än rena styrvariabler. Ledvärdena beräknas huvudsakligen ur styrvariablerna. Dessa beräkningar gör datorer i de flesta fall noggrannare och snabbare än vad som är möjligt med manuella metoder.
- Pappersprocessen är en i högsta grad multivariabel process, där varje styrvariabel påverkar flera produkttegenskaper. Industriellt användbara styrteorier för sådana system saknas för närvarande. Enstaka delsystem kan dock betraktas som oberoende och kan med fördel regleras med dator.

I det följande beskrivs närmare några problemlösningar, som är aktuella inom svensk pappersindustri idag.

SNABB DATAINSAMLING OCH REDIGERING

En processdator är givetvis användbar till datainsamling och kan därigenom bidra till ökad processkännedom. Genom att datorn

har minnes- och räknefunktioner kan den redigera och reducera insamlade data.

Redigeringen kan gälla en sammanställning av styrvariabler och pappersegenskaper för samma avsnitt av pappersbanan. Man utgår då från de rutinmäsiga stickprov, som avrivs från pappersrullen, den så kallade tambouren, i slutet av pappersmaskinen. I provtagningsögonblicket initieras manuellt en datainläsning av styrvariablerna, som temporärt lagras i minnet. Ur stickprovet utvärderas papperets egenskaper, vilka inläses till datorn via tryckknappar. Alternativt kan provapparaterna vara elektriskt kopplade till datorn, varvid inläsningen av resultaten sker direkt. Slutligen sammanställs inlästa data och överförs på lämpligt medium: magnetband, hållemsa eller hålkort.

Reduceringen innebär att man utför medelvärdesberäkningar, filtreringar och spridningsberäkningar redan i processdatorn. Därigenom undviks lagring av ögonblicksvärden. Man kan exempelvis applicera ett digitalt exponentialfilter på variabler med högfrekventa störningar. Det filtrerade värdet beräknas vid varje sampling ur formeln:

$$X_{f,y} = \frac{1}{N} X_t + \frac{N-1}{N} X_{f,y-1}$$

där X_t = samplat värde och $X_{f,y-1}$ = filtrerat värde beräknat vid föregående sampling.

Om $N > 10$ ger filtret approximativt samma resultat som ett RC-filter med tidkonstanten $t \cdot N$, där t är samplingsintervallet. Det digitala filtret medger dock längre tidkonstanter.

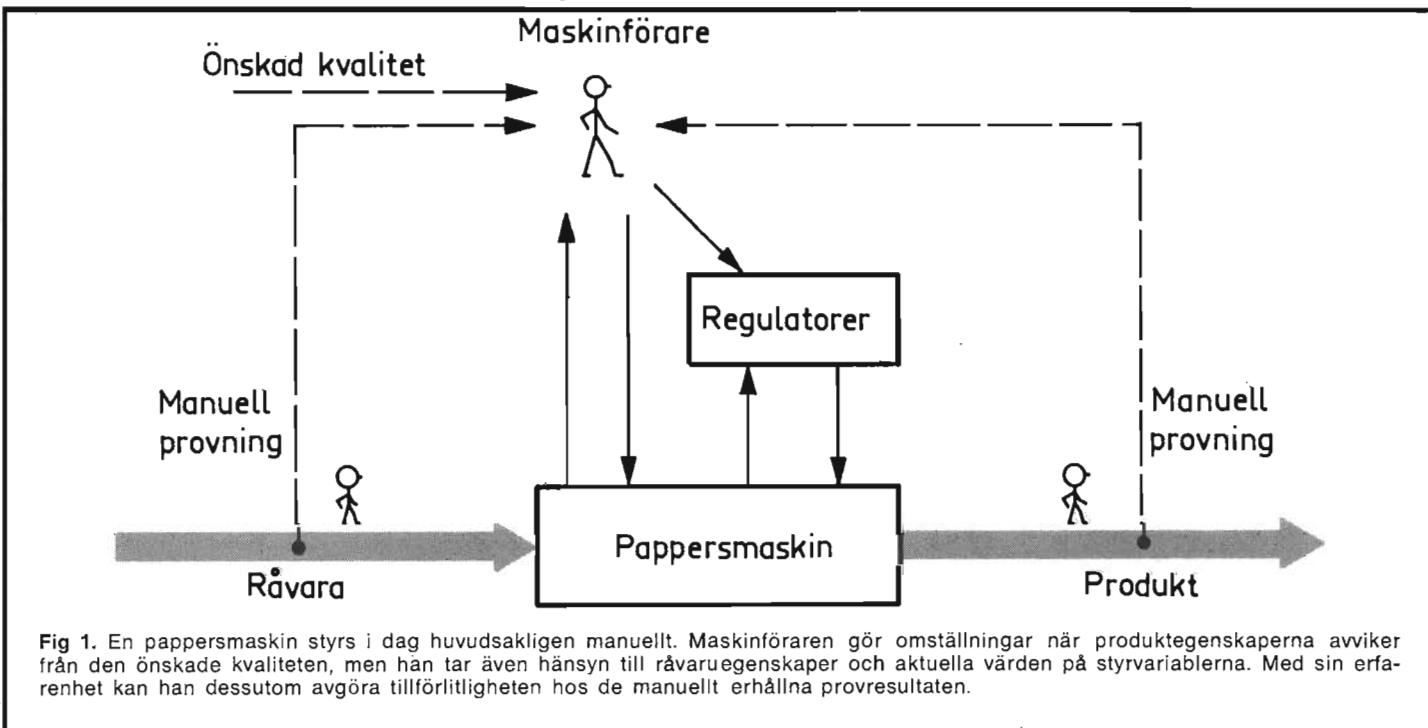


Fig 1. En pappersmaskin styrs i dag huvudsakligen manuellt. Maskinföraren gör omställningar när produkttegenskaperna avviker från den önskade kvaliteten, men han tar även hänsyn till råvaruegenskaper och aktuella värden på styrvariablerna. Med sin erfarenhet kan han dessutom avgöra tillförlitligheten hos de manuellt erhållna provresultaten.

DATORN BERÄKNAR SVÅRÅTKOM-LIGA STORHETER

Datorn kan själv inte utföra några mätningar. Däremot är den mycket lämpad att från olika givare sammanställa mätvärden och beräkna svåråtkomliga storheter. Exempel på detta är ytviktsbestämningar.

Den ursprungliga metoden är vägning av 300 x 500 mm stora stickprovark. Nackdelarna består dels i för lång tid för provtagning och dels i att provet inte är representativt för hela banan, beroende på lokala ojämnheter i papperet.

Senare har beta- och infrarödmätare utvecklats. Dessa mätare registrerar absorptionen av beta- respektive infrastrålningen i papperet. De är monterade på pappersmaskinen och kan vara fasta eller traverserande tvärs pappersbanan. Med dem får man visserligen en kontinuerlig mätning, men utan registrering av absolutnivån. En fast mätare ger inte heller värden representativa för hela banbredden.

Med en processdator kan man utnyttja en tredje metod, tambourvägningen, där man beräknar ytvikten ur totalvikt och totalyta för allt producerat papper. I detta fall vilar tambouren på fyra lastceller. Signalerna från dessa kombineras i en elektronikenhet, varifrån summasignalen går till datorn via dess analog-digitalomvandlare. På en av pappersmaskinens valsar sitter en givare som genererar en eller flera pulser per valsvarv. Pulserna räknas i en elektronisk räknare i datorns in/utenhet. Pappersbanans bredd mäts exempelvis med en fotocellutrustning kopplad till datorn. Med jämna intervall inläses totalvikt, antal pulser under intervallet och banans bredd. Efter två avläsningar beräknas ytvikten i datorn enligt formeln:

$$\gamma = \frac{W_n - W_{n-1}}{N \cdot k \cdot b}$$

där W_n = vikt vid senaste inläsning
 N = antalet pulser
 k = meter bana per puls
 b = banbredden

Intervallets längd bestäms efter önskad ytviktsnoggrannhet samt hur snart efter en tambours början man önskar det första värdet. Genom att låta intervallen överlappa kan man få nya värden tätare på bekostnad av minnesutrymme.

En ytviktsbestämning av ovan skisserat utförande har en tillfredsställande absolutnoggrannhet och framför allt representerar den hela banbredden. Nackdelen är att man inte får någon ytviktsbestämning under första intervallet efter ett kvalitetsbyte.

DATORN GER MASKINFÖRAREN LEDVÄRDEN

Ingående studier har visat att utloppskvoten, dvs förhållandet mellan massans utströmningshastighet på viran och virans hastighet, är kritisk vid tillverkning av starka kvaliteter. För att uppnå erforderlig noggrannhet, cirka 1 promille, beräknas utloppskvoten digitalt ur formeln:

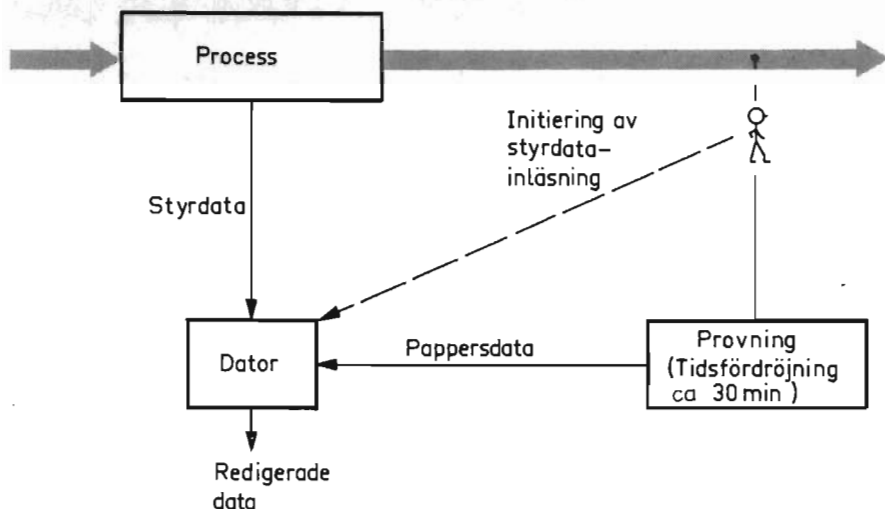


Fig 2. Ökad processkännedom med datainsamling. Med en dator kan man enkelt sammanställa styr- och pappersdata för en och samma bit av banan. Detta kan ske trots att tidsfördröjningen i provtagningen är stor och varierande.

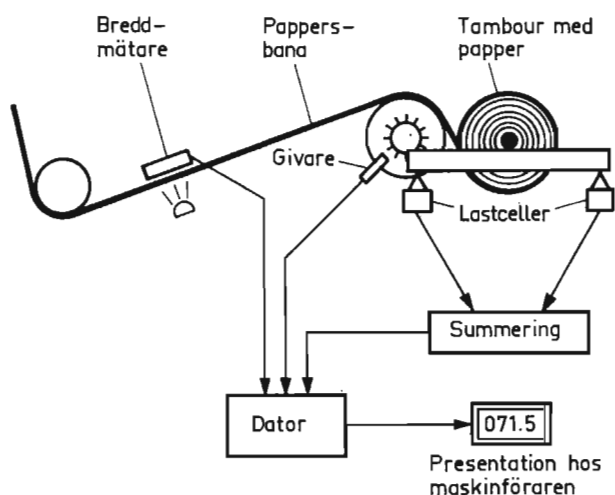


Fig 3. Automatisk beräkning av pappersegenskaper. Papperets ytvikt kan av datorn beräknas ur tre lätt mätbara storheter, nämligen bredd, längd och vikt. Beräkningen ger direkt ett ytviktsmedelvärde för t ex de senaste tio minuternas produktion.

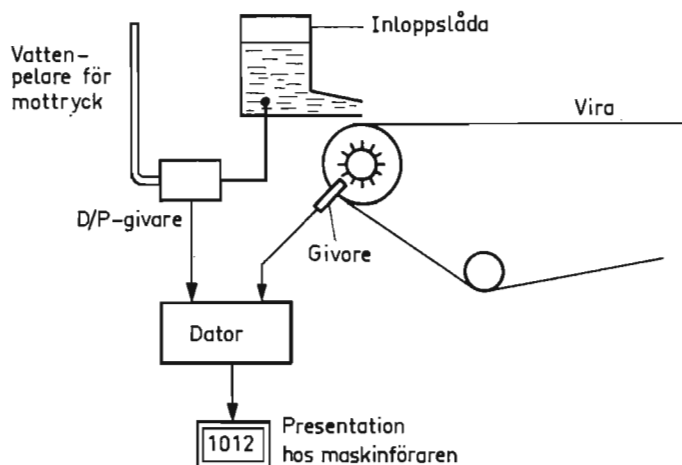


Fig 4. Automatisk beräkning av ledvärden. Förhållandet mellan massans utloppshastighet på viran och virans egen hastighet är betydelsefull för papperets styrka. Önskad noggrannhet kan lättast erhållas med digital teknik, t ex genom datorberäkning.

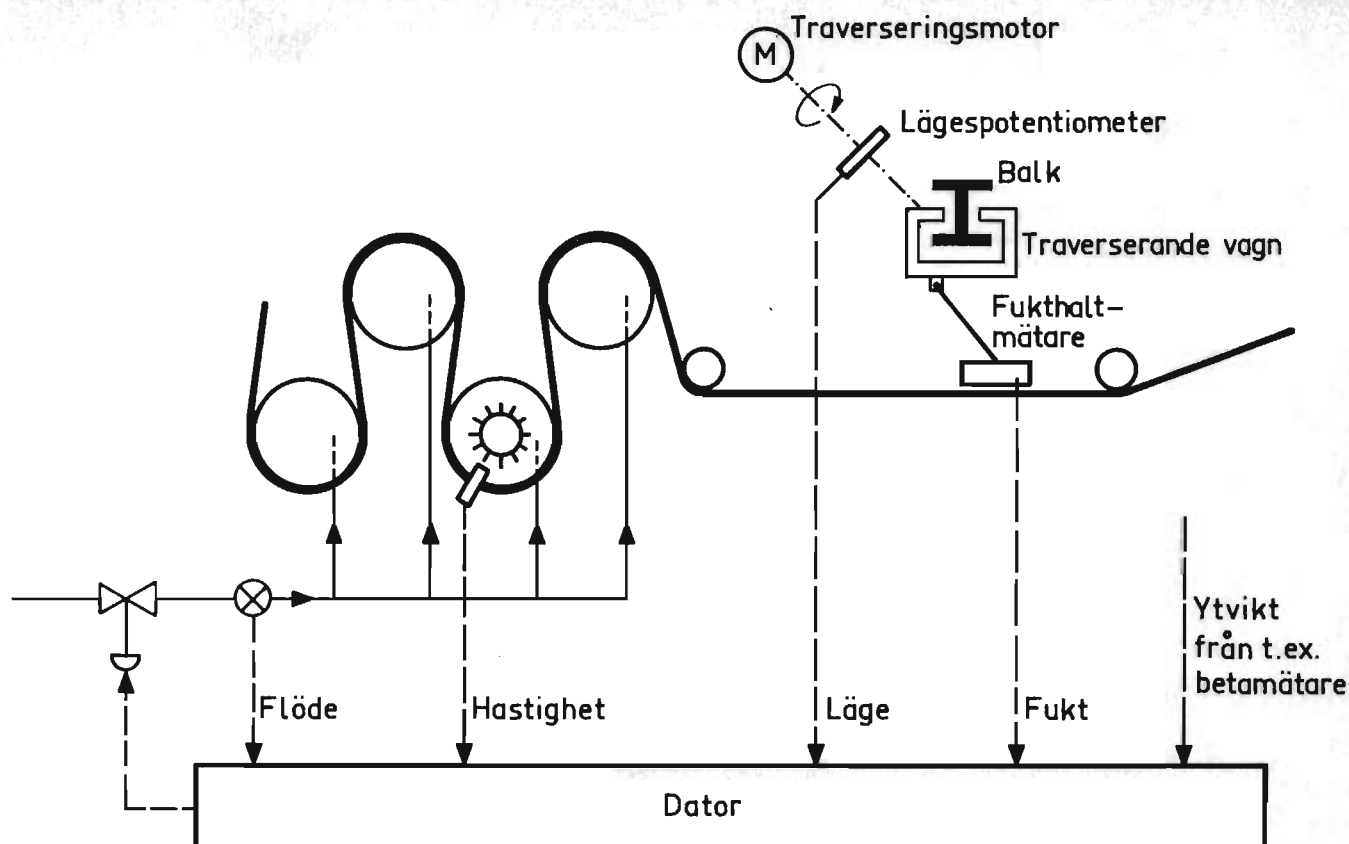


Fig 5. Datorstyrning av delsystem. Med en dator har man möjligheter att reglera system med löptider och att göra adaptiva regleringar. Fukthaltsregleringen är den mest lönsamma tillämpningen på pappersmaskinen.

$$Q = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot p}}{v_v}$$

där p = trycket i inloppslådan och
 g = tyngdaccelerationen.

Trycket kan mätas tillräckligt noggrant med en differensstryckgivare med känt mottryck, exempelvis från en vattenpelare av konstant höjd. Virans hastighet mäts genom att man räknar pulser per tidsenhet från en givare på en viravals. Den beräknade kvoten visas på sifferör, för att avläsningsnoggrannheten skall bli tillräcklig.

Ledvärdet är endast rådgivande och maskinföraren måste alltid bedöma rimligheten hos värdet, innan han vidtar några korrigeringar. På så sätt garanterar man sig mot eventuella givarfel.

DIREKT DATORSTYRNING LÄMPLIG ENDAST INOM DELSYSTEMEN

Som tidigare nämnts saknas användbara teorier för multivariabla system. Däremot finns det delsystem, som är i det närmaste oberoende. Fukthalten i papperet är ett exempel, ytvikten ett annat icke fullt lika bra.

Den vanligaste fukthaltsgivaren är kapacitiv och bygger på att vattnets dielektricitetskonstant är 80 mot cellulosa 3–4. Skall mätaren användas för reglering utförs den traverserande. Ställorganen utgörs av ventiler, som reglerar ångtillförseln till torkcy-

lindrarna.

Datorm börjar med att behandla mätsignalen. Fuktsignalen kompletteras med en lägessignal, som styr samplingen av fukten på så sätt, att datorm kan bilda fuktmedelvärden för varje traversering. För varje nytt medelvärde beräknas en börvärdesavvikelse. En korrekt justering av ångtillförseln kräver dels att hänsyn tas till avvikelserna och dels till den totala massamängden per tidsenhet. Man använder alltså adaptiv reglering för att anpassa styrgreppen till produktionshastigheten.

Ett tredje problem, där datorm får ingripa, är löptiden. Svaret på en ändring av ångmängden fördröjs på grund av den tid det tar för papperet att passera torkpartiet och nå fram till fukthaltsmätaren. Vidare går det åt en viss tid för beräkning av det nya medelvärdet. Ytterligare en fördröjning uppstår genom torkcylindrarnas långa tidkonstant.

Löptiden är beroende av maskinhastigheten och därför programmeras datorm så att den efter varje reglering beräknar löptiden och väntar ut den innan en ny mätning och eventuell reglering utförs.

Givetvis kan mätningar och regleringar utföras inom löptiden om datorm löpande registrerar hur stor del av felet som redan korrigerats utan att givaren registrerat resultatet.

GODA RESULTAT MED PROCESSDATORER

Några olika sätt att med hjälp av en pro-

cessdator förbättra tillverkningen av papper har skisserats ovan. En bra papperskvalitet är hårdvaluta för exportindustrin och de rationaliseringar som följer med resulterar i betydelsefulla kostnadsminskningar. □

MER ATT LÄSA:

ALSHOLM, O; EKSTRÖM, Å: *Integrerad datamaskinstyrning vid Billerud*. Teknisk tidskrift, 1967, häfte 36.

ALSHOLM, O: *Papper . . .* IBM-Nytt 1968, nr 4.

ANDERSON, R: *Datamaskinteknik i rutinprovningslaboratoriet*. Teknisk tidskrift 1969, häfte 20.

GROS, G: *Uppläggning och förberedelser för datamässig processtyrning*. Papper och Trä 1967, nr 11.

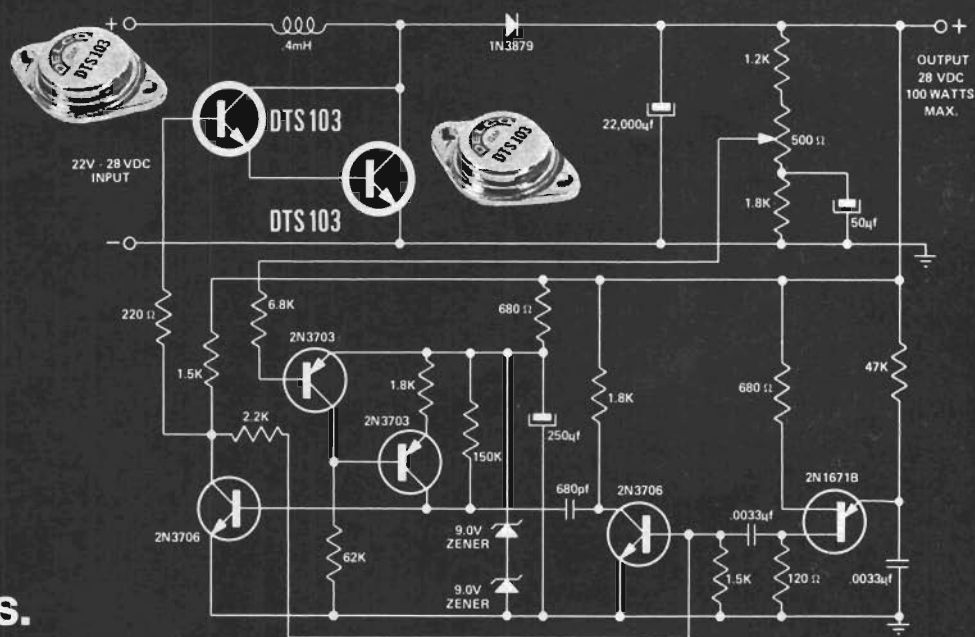
LIDBY, P O: *Processdatamaskin styr pappersbruk*. Teknisk tidskrift 1969, häfte 11.

LUNDBERG, S: *Ekonomiska synpunkter på datamaskinreglering av pappersmaskiner*. Kompendium över föredrag vid Instrumentmötet 1966. Pappersbrukens centrallaboratorium, 1967.

QVARNSTRÖM, B: *Numerisk reglering av pappersmaskin*. STU-rapport 5208, 1969.

SCHRÖDER, S; THALÉN, N: *Insättning av processdatamaskin vid Korsnäsverken*. Kompendium över föredrag vid Instrumentmötet 1966. Pappersbrukens centrallaboratorium, 1967.

**Our new
high energy
silicon power
transistors.
15 Amperes.
80 to 120 Volts.**

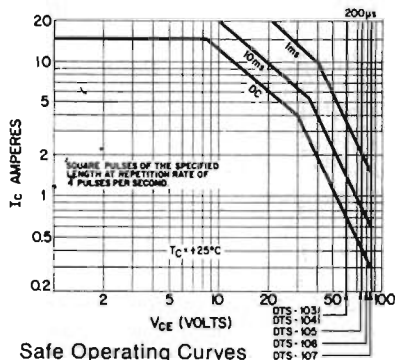


For Switching.

The Delco Radio DTS-100 series. NPN. Triple diffused. Rugged.

All the experience gained from our very high voltage silicon power line has gone into the development of these new transistors.

They were especially designed for the extreme under-the-hood environment of our I.C. voltage regulator. We found these devices ideal for applications requiring high efficiency switching or high power amplification.



The Delco triple sequential diffusion gives the DTS-100 series the high energy reliability that's needed for very tough switching jobs—resistive or inductive. The 28-volt shunt regulator above, for example, is amply handled by the DTS-103 (V_{CEX} of 80 volts). For complete data on this circuit, ask for our application note No. 42.

In the direct coupled audio amplifier above right, the DTS-107 displays the excellent frequency response, gain linearity and transconductance of this family. This circuit is covered in our application note No. 43.

Our solid copper TO-3 package provides maximum thermal capacitance to absorb peak power pulses. Its low thermal resistance (0.75°C/W Max.) assures the extra reliability you expect from Delco.

Like more information? Just call us or your nearest Delco Radio distributor. All our distributors are stocked to handle your sample orders.

	I_c Cont. Amps.	I_c Pulsed Amps.	V_{CEX} @ .5mA Volts	V_{CEO} @ .25mA Volts	$V_{CEO(sus)}$ @ 250mA Volts	h_{FE} @ 5A	h_{FE} @ 20A (Min.)	$V_{CE(sat)}$ @ 10A (Max.)	f_t MHz (Min.)	P_t Watts (Max.)
DTS-103	15	20	80	60	60	20-55	5	1.8	4	125
DTS-104	15	20	80	60	60	50-120	10	1.5	4	125
DTS-105	15	20	100	80	75	20-55	5	1.8	4	125
DTS-106	15	20	110	90	80	20-55	5	1.8	4	125
DTS-107	15	20	120	100	85	20-55	5	1.8	4	125

General Motors Nordiska AB, Industriavdelningen,
Fack, 104 60 Stockholm 20

Sänd information om Delco Radio nya 100 serie

Namn: _____

Adress _____

Postnummeradress _____

GENERAL MOTORS NORDISKA AB
Industriavdelningen 104 60 Stockholm 20

En realtiddator som sjöman – experiment på 210 000-tonnare

Av civilingenjör JERK OLDENBURG, Kockums Mekaniska Verkstads AB, Malmö

Medan debattens vågor går höga beträffande potentiella miljörisker med jättetankfartyg pågår ett intensivt arbete för att utveckla de elektroniska hjälpmedlen ombord. Stiftelsen Svensk Skeppsforskning har uppdragit åt Kockums Mekaniska Verkstad i Malmö att utveckla ett processdatorsystem för ett turbin-drivet tankfartyg, t/t Sea Sovereign, som nyligen levererats till Salén-rederierna.

□ □ Den automatik som i dag kan betraktas som konventionell utrustning ombord i ett större fartyg, är så pass avancerad att fartygets maskinrum normalt endast behöver hållas bemannat under arbetstid på dagen. Vill man driva denna automatisering ännu längre, är det i detta avancerade stadium inte längre praktiskt att specialkonstruera invecklade reglertekniska apparater, utan det naturliga steget blir att utnyttja den flexibla systematik som en processdator erbjuder.

För att på snabbaste sätt få en så bred erfarenhet som möjligt inom detta område

har Kockums gjort en omfattande satsning. Alla aktiviteter ombord som av tidsskäl rimligen kunnat anslutas till datorn blir systematiskt analyserade, anpassade och programmerade. Även om flera fartyg i andra länder blivit utrustade med liknande experimentanläggningar finns inget känt projekt av samma storlek och omfattning.

Det transportarbete, som ett tankfartyg utför, kännetecknas av två artskilda delprocesser nämligen

- lasthantering i hamn
- framdrivning till sjöss.

Dessa två huvudaktiviteter är av naturliga skäl inte aktuella samtidigt och följaktligen har de fått separata applikations-system.

SJÖSYSTEM

Till sjöss skall fartyget navigeras, styras och – vilket ligger redaren varmt om hjärtat – bringas att snabbt och ekonomiskt röra sig framåt.

Navigering

Datorn utför automatisk besticksräkning. Logg och gyrokompass är direktanslutna och fartvektorn integreras att fortlöpande

ge aktuell position. Korrektur för vind och strömdrift kan matas in. Se fig 1.

Den kortaste vägen mellan två punkter på jordytan går utmed den sk storcirkeln genom punkterna ifråga. För att navigera på snabbaste och mest ekonomiska sätt skall man alltså paradoxalt nog styra i en cirkelbåge, dvs kursen skall kontinuerligt ändras. Se fig 2. Detta görs automatiskt av datorn genom att styralgoritmens börvärde ändras.

Om styrman önskar ta solhöjden beräknar datorn den sk ortslinjen men överlåter sedan generöst åt sin uppdragsgivare att avgöra om denna verkar trolig och bör användas för att korrigera den döda räkningen.

Styrning

Styrning av stora tankfartyg är ett intressant reglerproblem. Båtarna kan under vissa betingelser vara kursinstabila, och rörelsedynamiken är allt annat än linjär, varför adaptiv reglering och prediktering är önskvärda. Dessutom förorsakar roderrörelser avsevärda effektförluster. En optimering av regleringen är därför ekonomiskt vinstgivan-

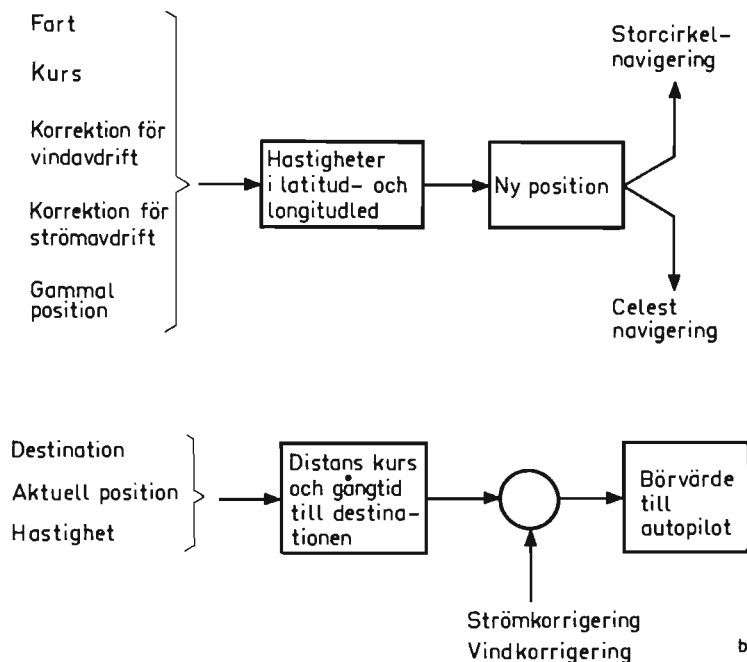
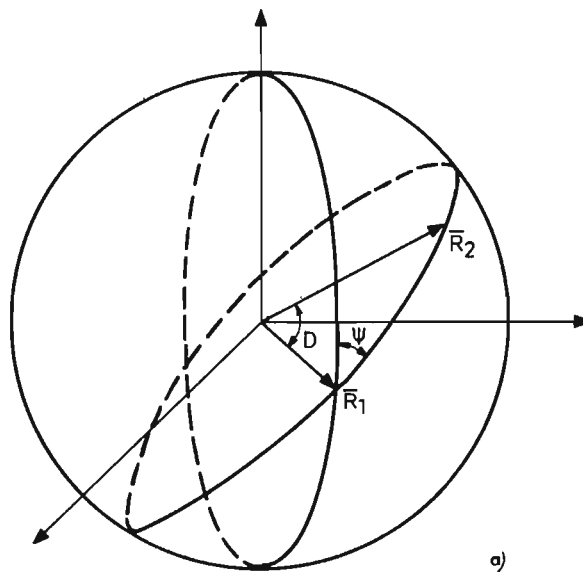


Fig 2. Den kortaste vägen mellan två punkter på jordytan går utmed den sk storcirkeln, varför man bör styra i en cirkelbåge (a). Kursen måste därför kontinuerligt ändras, vilket automatiskt görs av datorn genom att styralgoritmens börvärde ändras (b).

Fig 1. Logg och gyrokompass är direktanslutna till datorn och fartvektorn integreras att fortlöpande ge aktuell position. Korrektur för vind och ström kan matas in.



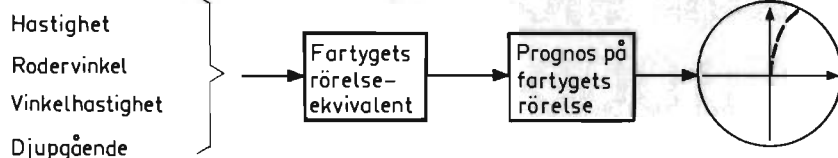


Fig 3. Stora tankfartyg kan under vissa betingelser vara kursinstabila och rörelsedynamiken olinjär, varför prediktering av fartygets rörelser som resultat av givna manövrer är önskvärd. Presentationen sker på ett katodstrålerör.

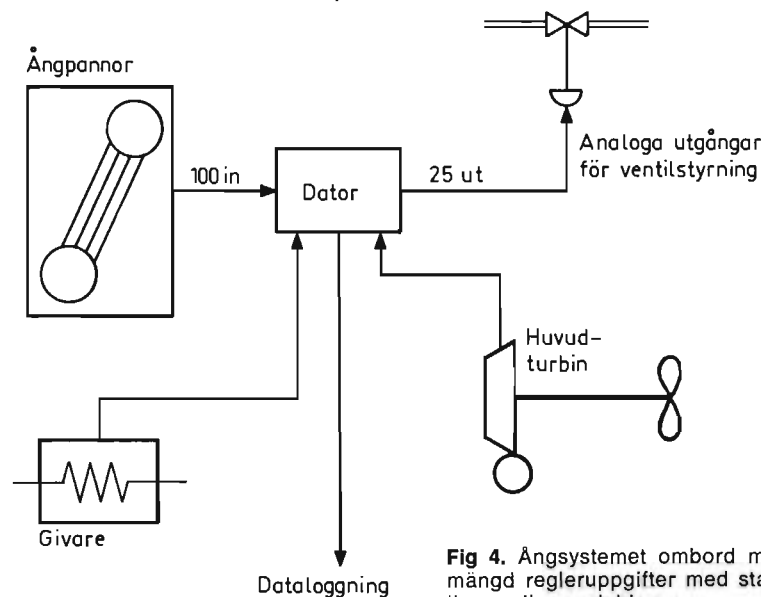


Fig 4. Ångsystemet ombord medför en mängd regleruppgifter med stark koppling mellan variablerna.

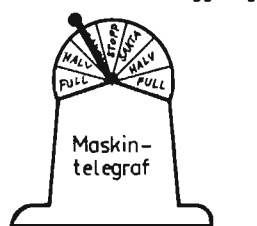
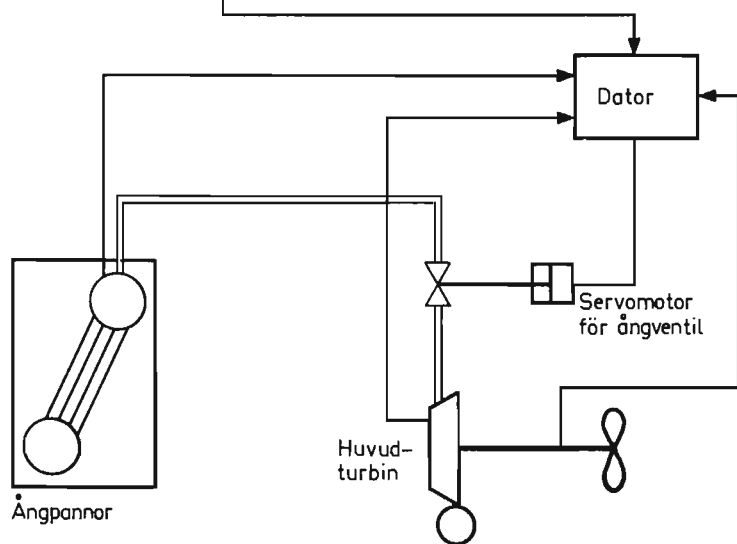


Fig 5. Vid manövrering från bryggan av huvudmaskinens varvtal har datorn ett antal restriktioner och bivillkor att ta hänsyn till.



de. Området borde alltså vara en tummelplats för verksamhetslystna reglertekniker, vilket man hittills inte har sett så mycket av. Fig 3.

Med detta projekt är emellertid en ändring i görningen, och en sofistikerad styralgorithm är under utveckling. Meningen är alltså att datorn skall styra fartyget genom direkt anslutning till rodermaskineriet.

Vid framfart i trånga farvatten och ut

och in i hamn är det brukligt med manuell styrning. Det är självklart att en farkost med 210 000 ton last och en del stål-vikt därtill utgör ett oerhört trögt system. Om detta system därtill är instabilt kan det vara mycket svårt att i tid upptäcka en begynnande kursavvikelse. Styrstativet har därför utrustats med ett katodstrålerör där fartygets rörelser predikteras. Med utgångspunkt i rådande värden på fart, vat-

tendjup, rodervinkel och kursvinkelacceleration löses en lagom förenklad version av differentialekvationerna för fartygets rörelse.

Framdrivning

Ett turbinmaskineri är intressant från reglerteknisk synpunkt – betydligt intressantare än en dieselmotor. Ångsystemet medför en mängd regleruppgifter med stark koppling mellan variablerna. En störning någonstans ger kraftig inverkan i hela systemet. Fig 4.

Ett trettiotal DDC-kretsar har programmerats med diverse specialfunktioner inlagda i form av olinjäriteter, gränsvärdesfunktioner och funktionsomkopplingar.

En genomgripande förändring av maskininstallationen har varit nödvändig genom att elektriska mätomvandlare och ventillägesregulatorer blivit nödvändiga; tidigare har pneumatiska reglersystem varit vanligast.

Som säkerhet vid datorbortfall finns speciella elektroniska regulatorer. På dessa ställs andra krav än vad processindustrin ställer. Av fartygsprocessen fordras alltid samma produkt, nämligen ånga av givet tryck och given temperatur om än i varierande mängd. Någon anledning att ändra proportionalitetsband, integrationstid, börvärde osv finns alltså inte medan däremot miljökrav och driftsäkerhetskrav är högre ställda. Med datorsystemet hoppas man kunna uppnå en optimering av verkningsgraden med en något förbättrad driftekonomi som resultat.

Ett intressant delproblem är fjärrmanövreringen från bryggan av huvudmaskinens varvtal. Datorn har här ett antal restriktioner och bivillkor, som skall tillgodoses, vilket medför en komplicerad logik som utomordentligt väl lämpar sig för databehandling. En koppling, inlagd i programmet, kommer också att finnas mellan ångpådragsventilens manövrering och regleringen av brännoljetillförseln till ångpannorna. Fig 5.

LASTHANTERING

För lastning och lossning finns ett komplicerat rörarrangemang med fyra turbindrivna lastoljepumpar med en sammanlagd kapacitet av 4,5 m³/s. Systemet innehåller 72 hydraulmanövrerade ventiler, som kan styras från digitala utgångar hos datorn. Ca 200 ventillägesindikeringar och 26 tanknivågivare är anslutna. Lastning och lossning sker efter ett sekvensprogram som programmerats att ge så kort hamnuppehållstid som möjligt. Fig 6.

Man har också utvecklat ett hållfasthetsprogram, som beräknar påkänningarna i skrovet till följd av lastfördelningen. Fartyget kan nämligen skadas om nivån i tankarna tillåts variera okontrollerat. Beräkningen sker var femte minut med aktuella nivåmätvärden som ingångsdata.

Lastnings- och lossningsprogrammen får inte plats samtidigt i maskinens minne, varför separata programsystem gjorts upp.

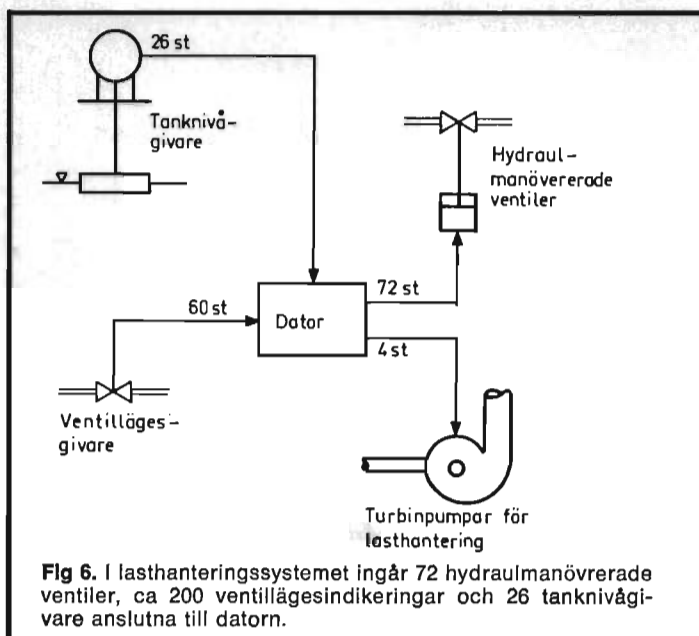


Fig 6. I lasthanteringssystemet ingår 72 hydraulmanövrerade ventiler, ca 200 ventillägesindikeringar och 26 tanknivå-givare anslutna till datorn.

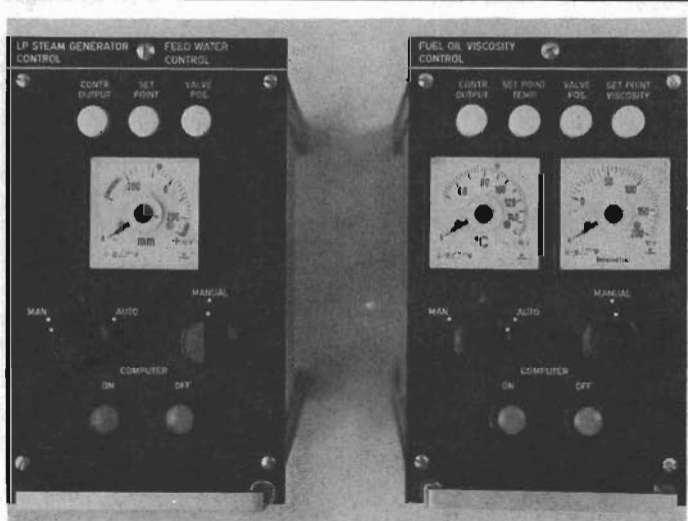


Fig 8. Detalj av reglercentralen för huvudmaskineriet.

Detta utgör ingen nackdel eftersom de två aktiviteterna aldrig är aktuella samtidigt.

Vid systemuppläggningsen har största omsorg ägnats åt säkerhetsaspekter då felmanövreringar av ventiler och pumpar kan få mycket allvarliga följder. En väsentlig vinst med att införa automatisk lasthantering torde just vara ökad säkerhet, såväl mot för höga skrovpåkänningar som mot oljeutsläpp.

MASKINVARA

Datorn, som levererats av ASEA, utgörs av en Control Data 1700 med 24 K kärnminne och följande in-utsystem (se fig 7):

- 102 analoga ingångar
- 25 analoga utgångar
- 36 elgöningångar
- 210 digitala ingångar
- 200 digitala utgångar
- 5 pulsingångar
- 3 skrivmaskiner varav 2 med hålremsutrustning
- 1 snabb hålremsstans
- 1 snabb hålremsläsare.

Inga speciella manöverpaneler har byggts utan operatörens kommunikation

med datorn avses ske via skrivmaskinerna. Anledningen är framför allt anläggningens forsknings- och utvecklingsyfte, som gör det önskvärt med en flexibilitet och enkla modifieringsmöjlighet detta utförande ger.

PROGRAMVARA

De tre programsystemen sjö, lastning och lossning har inneburit att 3×24 K har programmerats. Detta har varit möjligt på den korta tid och med de resurser, som stått till buds, tack vare att ett rikhaltigt standardprogrambibliotek stått till förfogande. Detta har emellertid till största delen varit skivminnesorienterat, vilket gjort visst modifieringsarbete nödvändigt.

Programmeringen har skett i FORTRAN för alla applikationsprogram utom mätvärdesinsamling och DDC där standardprogram använts. Operativsystem och operatörskommunikation har skrivits i assembleringskod.

DRIFTTAGNING

Datorn kunde monteras ombord mindre än tre veckor före fartygets provtur. Då var

Analoge ingångar: 52 st 0-8 mV
48 st 0-10 V
2 st -3 till +3V

Synkroingångar: 36 st

Pulsingångar: 5 st

Digitala ingångar: 210 st

Analoge utgångar: 25 st

Digitala utgångar: 200 st

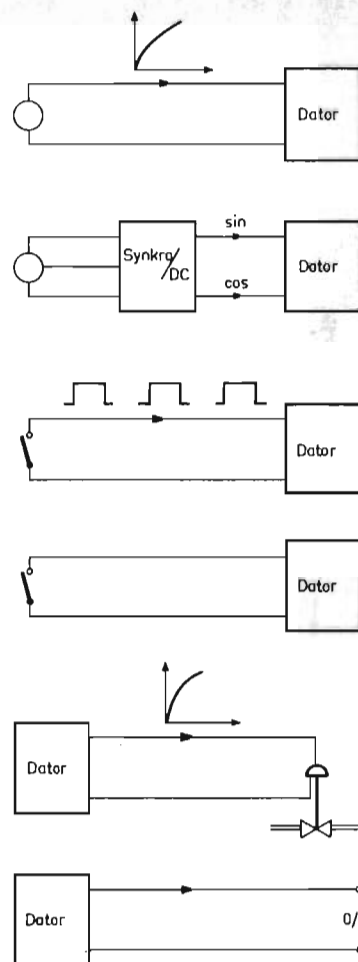


Fig 7. Datorn ombord är en Control Data 1700 med 24 K kärnminne, levererad av ASEA. Figuren redovisar in-utsystemen.

ingen del av fartygets maskinsystem funktionsfärdig. Drifftagning av datorsystemet före fartygets leverans har alltså inte varit möjlig och att hinna med inkoppling och provning av samtliga yttre förbindelser har bjudit på stora svårigheter.

Sex system- och programmeringskunniga ingenjörer medföljer därför på fartygets första resa för att under reella förhållanden prova och utveckla programsystemen.

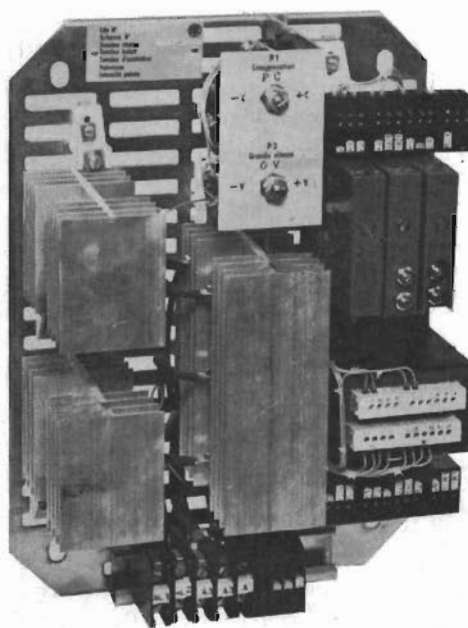
VIDAREUTVECKLING

De resultat som uppnåtts med hittills utarbetade programsystem utgör en första etapp i ett mer långsiktigt utvecklingsarbete. Det är meningen att datorn på t/t Sea Sovereign skall användas för nya uppgifter ombord och att förbättrade program skall utvecklas.

Det är ännu för tidigt att sja om datateknikens framtida utbredning till sjöss, men det är fullt klart att många specialfartyg kommer att ha datorer ombord. Detta projekt kommer att ge kunskaper och erfarenheter som visar, om det är troligt att alla större fartyg blir datorstyrda inom en snar framtid. □

HÄR ÄR DEN

Länken som
fattas i Ert
reglersystem



VAR 200

**Tyristorvariatorn för varvtalsreglering
av likströmsmotorer**

**Anpassad för styrning från en spänning
eller potentiometer**

**Enkel injustering
Färdiga tillsatsenheter**

**Komplett program 1-00KW (1-10KW från lager)
Världsomspännande serviceorganisation.**

Ring eller skriv efter

- Broschyr- och katalogblad
- Handboken "Rätt val och användning
av tyristorströmriktare VAR 200"

Svenska Telemekanik AB

FACK
642 00 FLEN

TELEFON vx 0157/124 70
TELEX 641 28

Försäljningsingenjörer: STOCKHOLM, GÖTEBORG, MALMÖ,
NORRKÖPING, VÄSTERÅS, SUNDSVALL.

Programmerad styrning av storskruvar i valsverk

Av ingenjör STIG ELIASSON och bergsingenjör BERNDT JOHANSSON, Asea, Västerås

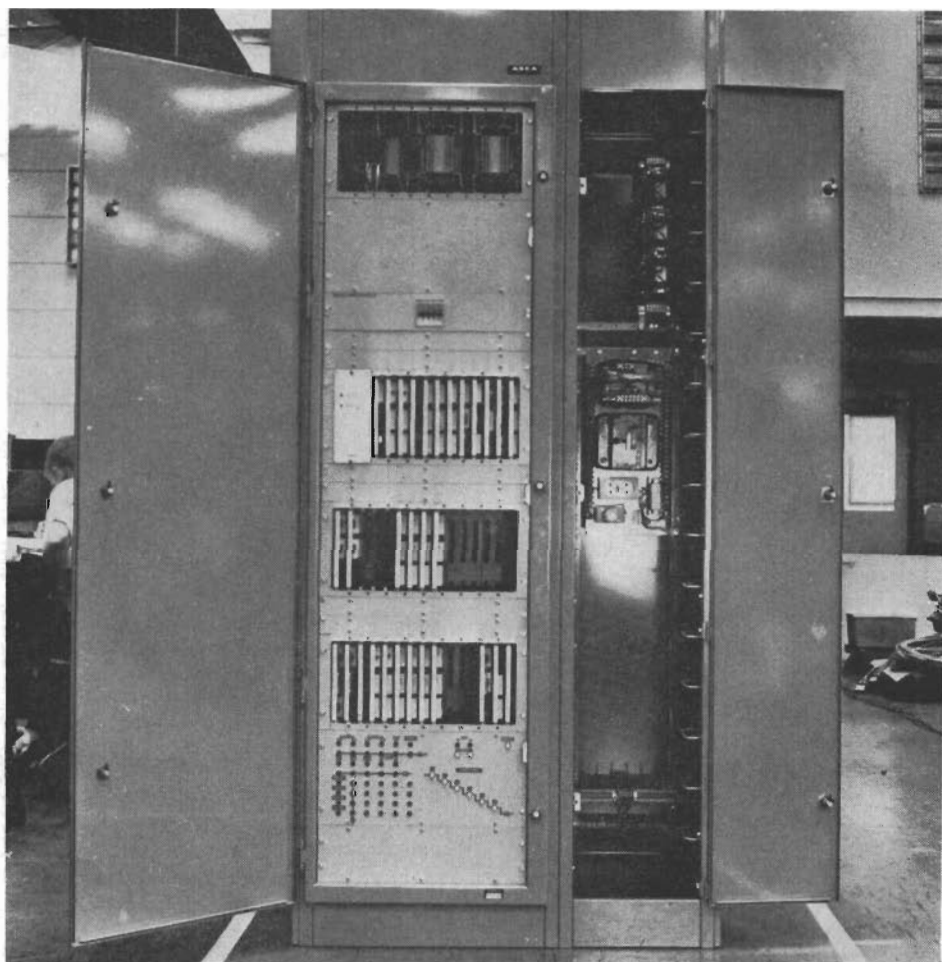


Fig 1. Styrutrustningens positionsmätsystem och (överst i stativet) nollställningsenheten.

Exempel på några av de fördelar som kan uppnås vid automatisk styrning av storskruvarna i ett götvalsverk ges i denna artikel.

□ □ Det krävs inom industrin ständigt allt större produktionsenheter och en effektivare kontroll av tillverkningsprocessen om man skall uppnå önskad räntabilitet. Man övergår därför i allt större utsträckning från manuell till automatisk styrning och reglering av olika arbetsprocesser. Övergång till automatisk styrning inom exempelvis valsverk har visat sig innebära stora fördelar.

MANUELL STYRNING AV STORSKRUVARNA

Vid manuell styrning av ett valsverk krävs två personer för att övervaka produktionen. Den ena sköter inställningen av storskruvarna som påverkar valsspalten, dvs avståndet mellan valsarna, och den andra sköter styrlinjalerna för positionering av materialet i sidled och väljer även eventuellt förekommande profilspår. Denna operatör skall dessutom reglera hastighet och riktning för valsmotor och rullbanor.

Valsspalten ställs in mot en mekanisk klocka, som är monterad på valsstolen och mekaniskt kopplad till storskruven. Efter-

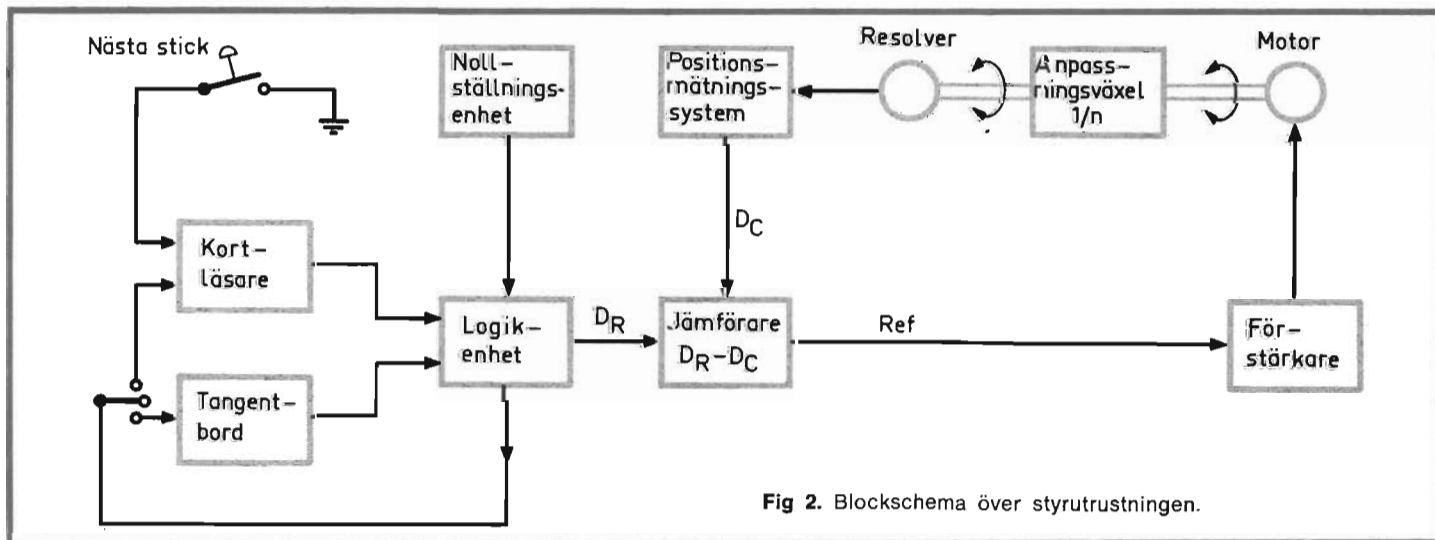


Fig 2. Blockschemat över styrutrustningen.

som tiderna för inställning är korta och valsprogrammen är många, ställs det stora krav på operatören: inställningarna måste nämligen vara korrekta utan att några korrigeringar behöver göras. En felaktig inställning kan förorsaka kvalitetsförsämring, materialspill eller i sämsta fall en överbelastning av valsverket, med driftavbrott och reparation som följd. Inställningen av valsspalten är mest kritisk, eftersom den direkt berör kvaliteten på den valsade produkten.

AUTOMATISK STYRNING AV STORSKRUVARNA

Vid automatisk inställning av storskruvorna kan hela valsningen skötas av en operatör. Styrutrustningen, som består av enheter för programmering och positionering, övertar då arbetsuppgifterna från den operatör som vid manuell drift sköter inställningen av storskruvorna. En del av styrutrustningen visas i fig 1 och ett blockschema över styrutrustningen visas i fig 2.

Storskruvens läge programmeras på dator, hålkort eller hålremsa, där information lagrats om samtliga storskruvpositioner för ett visst valsprogram. Valsprogrammet väljs av operatören. Positionsdata kan även, stick för stick, programmeras från tangentbord.

Före varje nytt stick ges order om ny position, antingen manuellt eller från en yttre logikenhet.

PROGRAMMERING

För styrsystemet tillämpas absolutprogrammering, dvs avståndet mellan valsarna programmeras. BCD-kod används, men tangentbordet ställs in decimalt och omkodas till BCD-kod på utgången.

För kompensering av förändringar i valsdiametrarna finns en nollställningsenhet. Denna ställs in enligt samma princip som den som gäller för inställningen av tangentbordet.

POSITIONSMÄTSYSTEM

Positionsmätsystem karakteriseras av den typ av givare för vilken de är anpassade. I detta fall används en absolutmätande givare (resolver) hos vilken ett varv motsvarar 1 000 måttenheter. Fördelen med denna typ av givare är bl a att det inte krävs någon synkronisering efter spänningsbortfall.

Resolvern, se fig 3, är en induktiv givare. Den är uppbyggd med en stator och en rotor, som vardera har två lindningar, vilka elektriskt sett är fasförskjutna 90°.

Statorlindningarna S1-S3 och S2-S4, se fig 4, matas med $U_1 \sin \omega t$ resp $U_1 \cos \omega t$. Då blir

$$U_{R1-R3} = K \cdot U_1 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \varphi + K U_1 \cos \omega t \cdot \sin \varphi = U_0 \cdot \sin (\omega t + \varphi)$$

där K är överföringsfaktorn.

En resolver kan mäta endast $\pm 180^\circ$ alternativt $0-360^\circ$. Om man vill mäta över

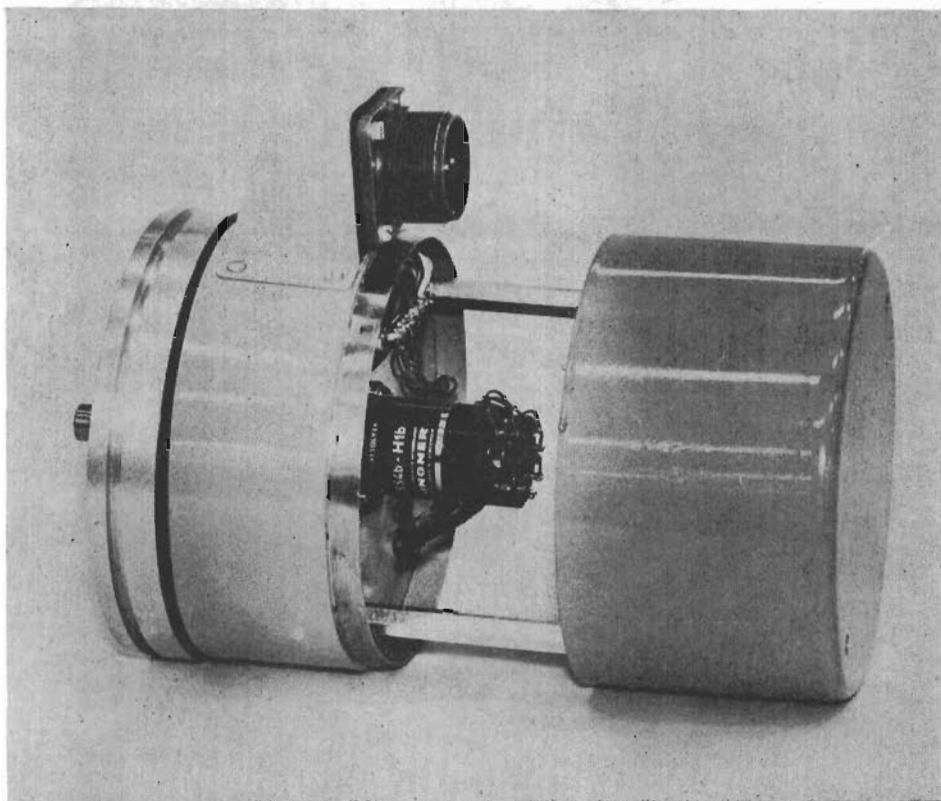


Fig 3. Resolvergivare.

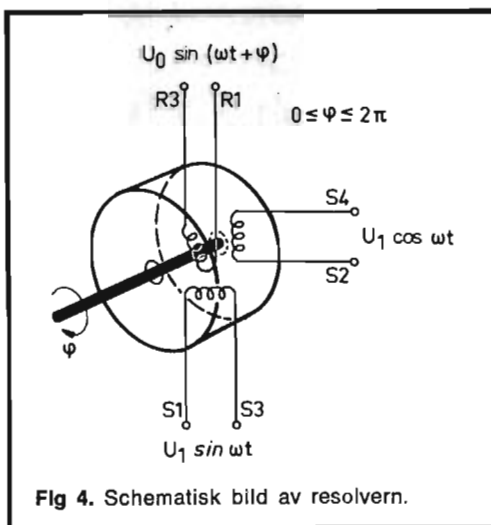


Fig 4. Schematisk bild av resolvern.

flera varv för att få bättre noggrannhet och större arbetsområde, måste flera resolverar kopplas in.

Börvärdet D_R från programmeringsutrustningen (se fig 2) omvandlas till en fasvinkel i förhållande till resolverns referensspänning $U_1 \sin \omega t$. Denna fasvinkel jämförs i jämföraren med ärvärdet D_G , dvs fasvinkeln från resolvern. Fasskillnaden mellan D_R och D_G omvandlas till en analog signal, som över en förstärkare påverkar storskruvmotorn. För optimal inställningshastighet finns på utgången en parabelbildande funktionsgenerator med inställbar kryppreferens och kryppsträcka.

Styrutrustningens utgång är normalt utförd för drift med strömriktarmatad likströmsmotor men kan modifieras för drift med Ward-Leonard-system eller för styrning av till- och från-funktioner, för mat-

ning av magnetventiler, kopplingar osv. Vid likströmsmotordrift är styrsystemet försett med en takometergenerator för hastighetsåtermatning.

Positionsmätsystemets upplösning är i princip oändligt stor. Minsta programmeringsbara enhet är $1/1000$ av ett varv hos givaren. Programmerat och uppmätt värde avläses på en sifterrörstablå.

EKONOMISKA SYNPUNKTER

Med en tillförlitlig styrutrustning för inställning av valsspalten kan en man sköta hela valsningsproceduren på kortare tid än två man behöver vid manuell inställning. De vunna fördelarna är många: t ex högre produktion, jämnare kvalitet, färre driftavbrott, lägre reparationskostnader, mindre slitage av valsverket, lägre lönekostnader och behagligare arbetsuppgifter för operatören.

Vid manuell drift riskerar man dimensionsavvikelser, som ger upphov till materialförluster. Om man som exempel tar ett ämne med totala vikten 2 ton och nominell tvärsnittsarea 100×25 mm på färdigvalsat material, blir - vid en dimensionsavvikelse med medelvärde + 2 mm efter sista valsningen - förlusten i längd en meter och i vikt 19,5 kg. Vid en produktion av 85 000 ton/år uppgår den rena materialförlusten till 829 ton eller ca 42 km. Antas ett saluvärde av 40 öre/kg uppgår den ekonomiska förlusten till 324 000 kronor per år.

Detta exempel ger endast en mycket grov bild men visar ändå storleksordningen av det belopp som kan inbesparas vid övergång från manuell till automatisk styrning. □

MAGNET- VENTILER



Magnetventiler ingår i alla automatiska anläggningar där medier, krafter eller rörelser skall styras. Granzow AB levererar magnetventiler, däribland rostfria, i en mängd olika utförande för såväl aktiva som icke-aktiva gaser och vätskor. Skinner-Europa magnetventiler är en kvalitetsprodukt med inbyggt amerikanskt »know how» och är anpassade till en europeisk marknad.

Ventilerna levereras i anslutningsdimensioner från R 1/8" till R 1" och med arbetstryck upp till 210 bar som standard. Högre tryck kan tillåtas med mycket små modifieringar. Magnetspoler levereras i alla normala spänningar och med olika temperaturgränser.

De flesta typer kan även erhållas med »Magnetlatch» - spolar för impulsöverkan, där ventilen bibehåller sitt läge även med ganska kort impuls.

För magnetventiler - kontakta

GRANZOW AB

Box 116 - Norråsagatan 42 D - 57100 - Nässjö -
Tel. 0380/120 60, 120 61



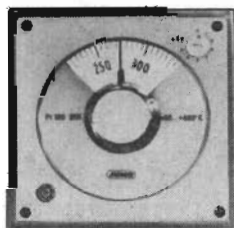
TEMPERATUR-

— Reglering



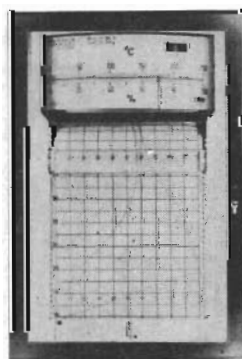
Tylrstorstyd temperaturregulator typ TK med proportionell steglös PID-reglering. Regulatorn levereras med eller utan indikerande instrument samt för infällt eller utanpåliggande montage. Reglering av effekter upp till 6 kW i normalutförande. Obe-gränsat urval av olika reglerom-råden.

— Övervakning



Elektronisk temperaturregulator för Pt 100 eller termoelement PtPH-PT. anslutning till resistanstermometer Stor regleringsnoggrannhet med in-byggt elektronisk PD-återföring. Brottsäkring för både resistanstermometer och termoelement.

— Registrering



Punktskrivare för resistanstermometer eller termoelement. Registrering sker i fler-färg för 1, 2, 3 eller 6 mätställen. Skrivaren kan förses med gränsvärdeskontakter med induktiv avkänning. Pappersframmatningen är omkopplingsbar som standard mellan 20, 60 eller 120 mm/h. Stor noggrannhet, visning på skalan $\pm 0,5\%$, registrering $\pm 1\%$.

— Indikering



Universalttermometer TS 67 mäter temperaturer mellan -50 och $+1240^{\circ}\text{C}$. Instrumentet har 8 tydliga temperaturskalor varav en kan användas för differensmätningar. TS 67 kan anslutas alternativt till motståndstermometer Ni 100 eller Pt 100 samt termoelement Fe-konstantan eller NiCr-Ni.

SWEMA

FAK 20 • 123 05 STOCKHOLM-FARSTA 5 • TEL 08/94 00 90



kan Ni även få med elektronisk reglerutrustning

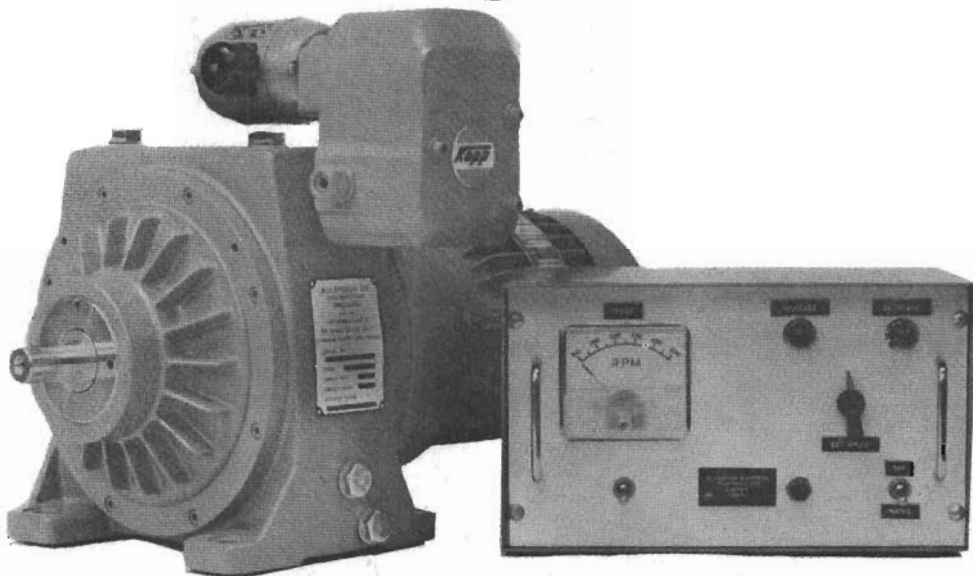
- För automatisk varvtalskontroll eller synkronisering.

- Tystgående variatorer med lång livslängd!

- Konstant effekt inom hela varvtalsområdet!

- Serviceingenjörer och reservdelslager i Stockholm, Malmö och Göteborg!

Ring 031/11 85 35 för närmare upplysningar!



KOPPVARIATORER AB — Drottninggatan 68 — 411 07 GÖTEBORG

Informationstjänst 22

Behöver Ni konstant temperatur



Joens regulator RT är ett driftssäkert, robust och prisvärt instrument med vridspolemåtsystem för anslutning till termoelement, motståndstermometer, fuktighetsgivare o.d. Den är försedd med induktiv avkänning av visarläget, transistoriserade förstärkare och kan erhållas med fyra skilda reläer för max. 3 A, 250 V.

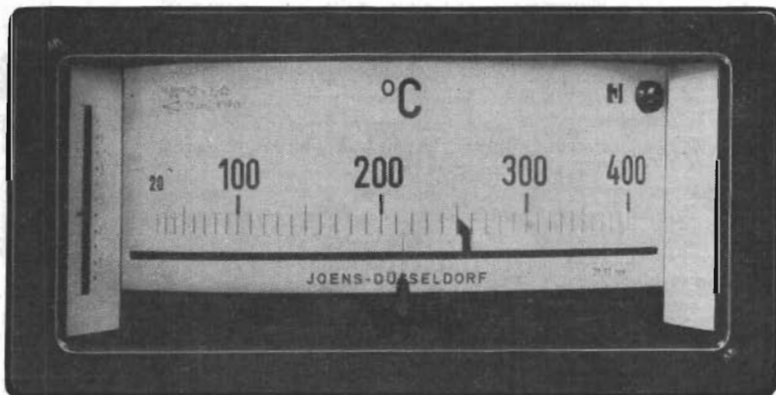
Frontmått 96 x 192 mm.

Skallängd 130 mm.

Mättnoggrannhet $\pm 0,5$ %.

Reglerkänslighet $\pm 0,2$ %.

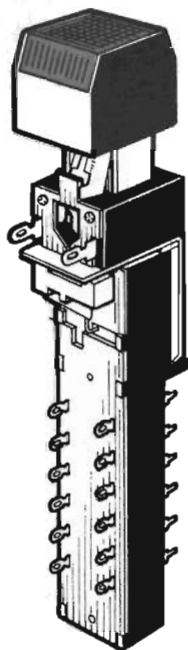
Vid vår moderna instrumentverksstad tillverkar vi alla förekommande typer av termoelement, termometrar m.m. och utför även reparation och kalibrering av alla typer av driftskontrollinstrument.



Ingeniörsfirma Carl-Eric Larsson AB

Sturevägen 66, 181 32 Lidingö Tel 08/765 27 50 • Blidvädersgatan 9 F, Göteborg 417 30 Tel 031/53 17 88

Informationstjänst 23



Typ CL



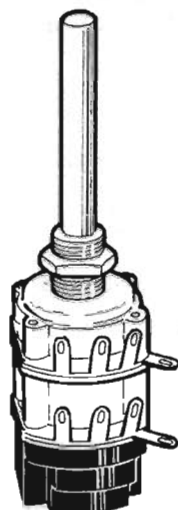
Rudolf Schadow KG
Berlin
Västtyskland

NYHET

Professionell omkopplare typ C/CL med tvillingkontakter, genomgående kontaktstift, demonterbar framtifrån, med eller utan illuminerad knapp.

TRYCKOMKOPPLARE

även med illuminerad knapp, skjutomkopplare samt vippomkopplare med erkänd teknisk uppbyggnad och välkänd kvalitet.



Serie 16

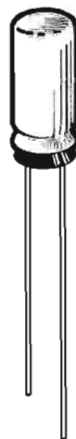


Wilhelm Ruf
Höhenkirchen
Västtyskland

RUWIDO

POTENTIOMETRAR

kolbanepotentiometrar för anslutning till tråd resp. PC-kort. Enkla, dubbla, tandem, även med S-märkt strömbrytare. Potentiometrar av trimrull- och skjuttyp. Vridströmbrytare.



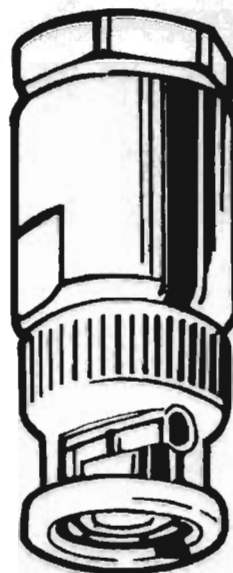
Printolyt



Ducati Elettrotecnica
Bologna
Italien

KONDENSATORER

Elektrolyt- papper- polyester- styroflex. Vridkondensatorer, trimkondensatorer, faskomp. kondensatorer.



Wilhelm Sihm JR.KG.
7532 Niefen/Baden
Västtyskland

HF-kontakter, Adaptrar, övergångar, koaxialreläer,



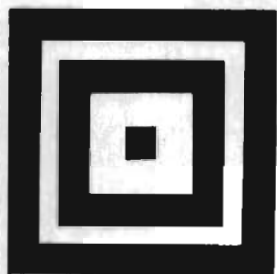
GENERALAGENT:

INGENJÖRSFIRMAN

BO KNUSSON AB

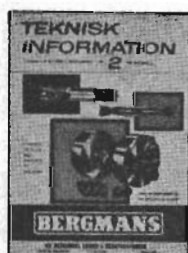
SOMMARVÄGEN 2 • 171 40 SOLNA • TEL. 83 06 80

Informationstjänst 24



Fackpressförlaget

Sveriges största utgivare av facktidsskrifter har
nu 12 tidningar i viktiga och
dynamiska branscher...



Den mest
dynamiska är
elektronikbranschen!
Där finns en
etablerad tidning:
ELEKTRONIK
– helt specialiserad
på...

... elektronik med vitala frågeställningar om apparatur och anläggningar och deras praktiska tillämpning. Den vänder sig till fackfolk och administratörer inom alla branscher av den elektroniska industrin... medicinsk elektronik, militärelektronik och mätteknik. Reglerteknik och processkontroll.

Överlägset bäst
därför att...

... Elektronik samarbetar med landets främsta experter inom elektronikbranschen.

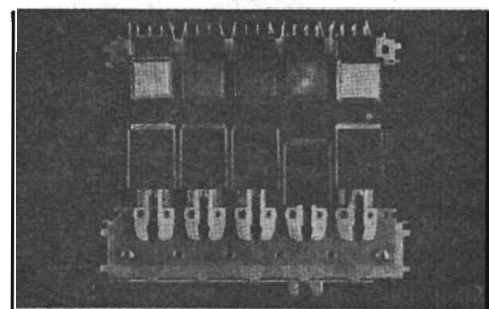
... Elektronik har världsomspännande kontakter med ledande facktidningar: Industrial Electronics, Design Electronics, Electronics Weekly, (England) Inter Electronique, (Frankrike) Elektronik-zeitung, (Tyskland) Electrical Design News, (USA). Dessa tidningar levererar ständigt högaktuellt nyhetsmaterial till Elektronik.

Tryckupplaga:
6.000 exemplar.

Till övriga Nordiska länder
distribueras närmare 500 ex.

elektronik 2 1969

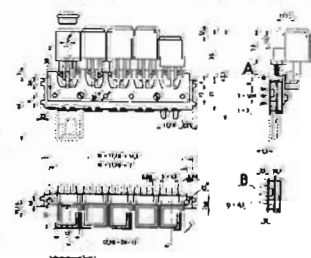
Belysta tryckknappar typ MXL



mec

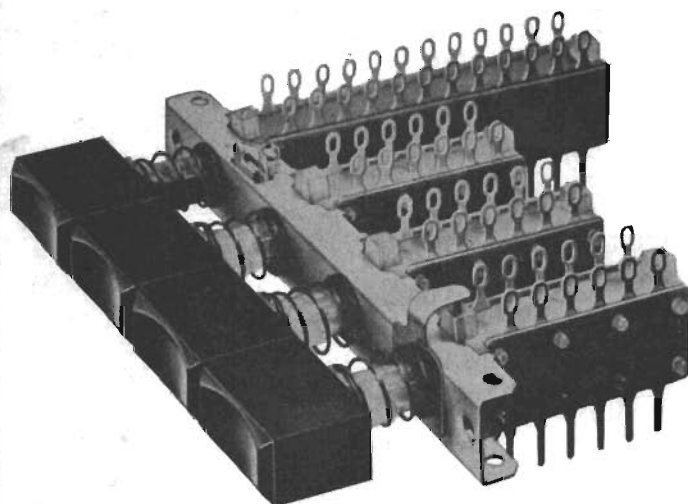
MXL är belysta tryckknappar som kopplas till en eller flera belysta knappar. Längs med en avtryckare i knappen och en därtill tillhörande el. Genom en ledning är knappen kopplad till en belysning från framsidan. Omtryckaren kan utlösas med upp till 12 knappar och 7 växlingsknappar per knapp.

Övriga uppgifter genom vår tekniska avdelning.
AB E WESTERBERG
Amberggatan 99, Fax 100 51 Stockholm
Tel. 08-63 12 15



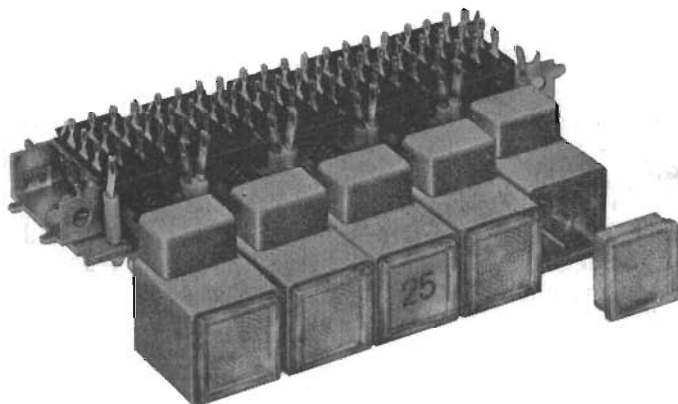
NYHETER FRÅN mec

TRYCKKNAPPSOMKOPPLARE TYP P



för tryckt krets eller vanlig inlödning — centrumavstånd mellan knapparna 17,5 mm — upp till 12 knappar i en rad — 2 till 8 växlingsfunktioner/knapp — grupp-utlösning, dubbeltryck eller återfjädrande tangenter kan kombineras i samma system.

TRYCKKNAPPSOMKOPPLARE TYP MXL MED BELYSTA KNAPPAR



lampor och linser utbytbara från framsidan — märkning på gravyrplatta — centrumavstånd mellan knapparna 17,8 mm — 1 till 8 växlingsfunktioner/knapp — kan förses med S-märkt strömbrytare i kombination med max 4 växlingar — upp till 25 knappar i en rad — grupp-utlösning, dubbeltryck eller återfjädrande omkopplare kan kombineras i samma system — tangenter med svart eller grå grundfärg.

Övriga upplysningar genom vår försäljningsavdelning.

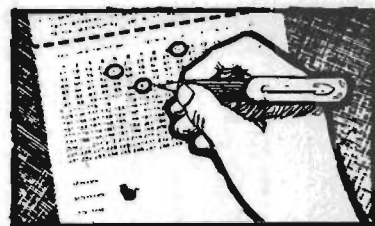
Övriga upplysningar genom vår försäljningsavdelning.

AB E WESTERBERG

Artillerigatan 99, Fack, 100 51 Sthlm 28. Tel. 08/63 12 15

GÖR SÅ HÄR...

Informationstjänst . . .



Samtidigt som Ni läser ELEKTRONIK kan Ni på informationstalongen ringa in eller stryka under numren på de annonser som Ni önskar veta mera om. Varje annons är nämligen försedd med ett nummer. Sen behöver Ni bara fylla i kortet med namn, adress etc. och posta det till oss. Vi ser till att Ni snabbt får svar på Era förfrågningar! All informationstjänst är kostnadsfri.

JAG VILL VETA MER OM DE(N) INRINGADE ANNONSEN(ERNA) I DETTA NUMMER:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250						

FÖRNAMN

EFTERNAMN

TITEL/YRKE

FÖRETAGSADRESS

POSTANSTALT

BRANSCH

EL - SP 70

Frankeras ej
ELEKTRONIK
betalar portot

LÖSEN

Svarsförsändelse
Tillstånd nr 02
Stockholm 3

ELEKTRONIK
BOX 3263
103 65 STOCKHOLM 3

**BEHÖVER
NI VETA
MERA**

elektronik
hjälp Er gärna
med ytterligare
upplysningar om
de produkter som
annonseras i tid-
ningen. Vik ut
kortet och se hur
lätt det går till.
Det kostar Er
ingenting,
portot är betalt.

Frankeras ej
ELEKTRONIK
betalar portot

ELEKTRONIK

Box 3177

103 63 STOCKHOLM 3

LÖSEN

Svarsförsändelse
Tillstånd nr 02
Stockholm 3

JAG ÖNSKAR PRENUMERERA PÅ

elektronik

ETT HELT ÅR FRAMÅT (12 nr varav 1 dubbelnr)

FÖR 49:—

(Bifoga inga pengar —
inbetalningskort kommer
senare.)

02

139

FÖRNAMN

EFTERNAMN

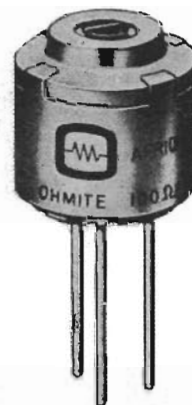
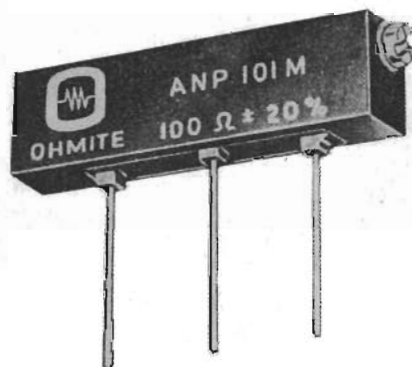
FÖRETAG

ADRESS

POSTADRESS

EL - SP 70

NYHET!



Varmgjutna trimpotentiometrar

Den speciella konstruktionen innebär att inga sprickor eller ihåligheter finns, så att damm eller fuktighet kan tränga igenom. Motstånd-, kollektorbanans- samt isolationsmaterialet och anslutningstrådarna gjuts tillsammans i ett enda förfarande till en solid enhet. Anslutningstrådarna är utförda att passa standardmodulsystemet på 2,54 mm (0,1").

AFR-serien

Tillverkas enkelvarvig och diametern är 12,7 mm.

Resistansområde: 100 ohm — 5 Mohm.

1/4 watt vid + 70° C omgivande temperatur.

ANP-serien

Är 25-varvig. Dimensioner: längd 31,8 mm, höjd exkl. terminaler 10,3 mm. Resistansområde: 100 ohm — 1 Mohm.

1/3 watt vid + 50° C omg. temp.

Ett urval lagerföres av bägge typerna.

Ohmiteprogrammet omfattar tillverkning av:

Motstånd

Reostater

Potentiometrar

Trimpotentiometrar

Kondensatorer

Transformatorer

Omkopplare

Reläer

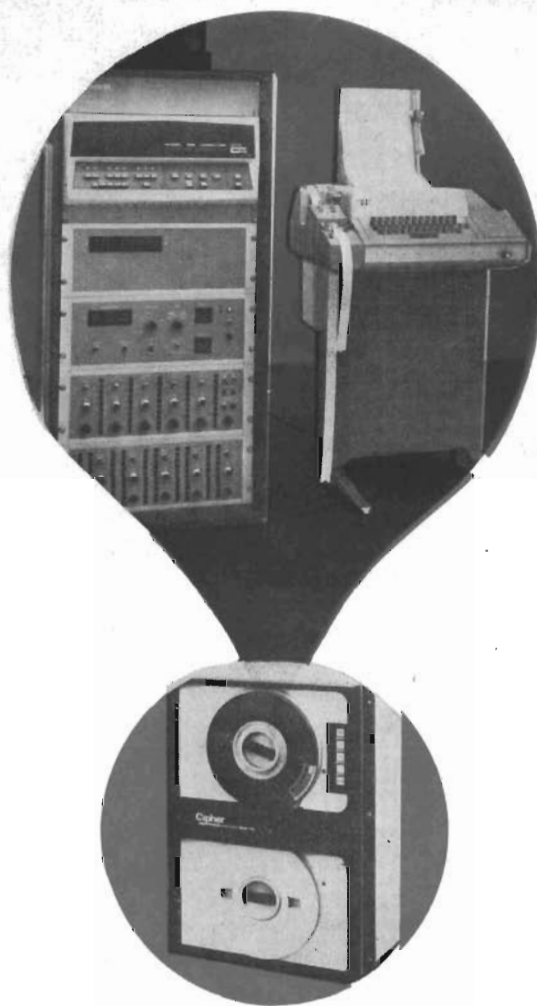
Vår katalog över reostater, motstånd och potentiometrar har utkommit.

Kontakta:

UNIVERSAL IMPORT
AKTIEBOLAG STOCKHOLM

Kontor: Kronobergsgatan 19
112 33 Stockholm
Telefon 08/52 06 85 vx.

Lager och exp.:
S:t Göransgatan 62
(f. d. Kungsholmsg.)



System för datainsamling behandling och registrering

MODULOG

Dataloggern som blivit en succé i Sverige

Även med inbyggd minidator och Teletype för mindre än 100.000:–

Skräddarsydda system med full dokumentation

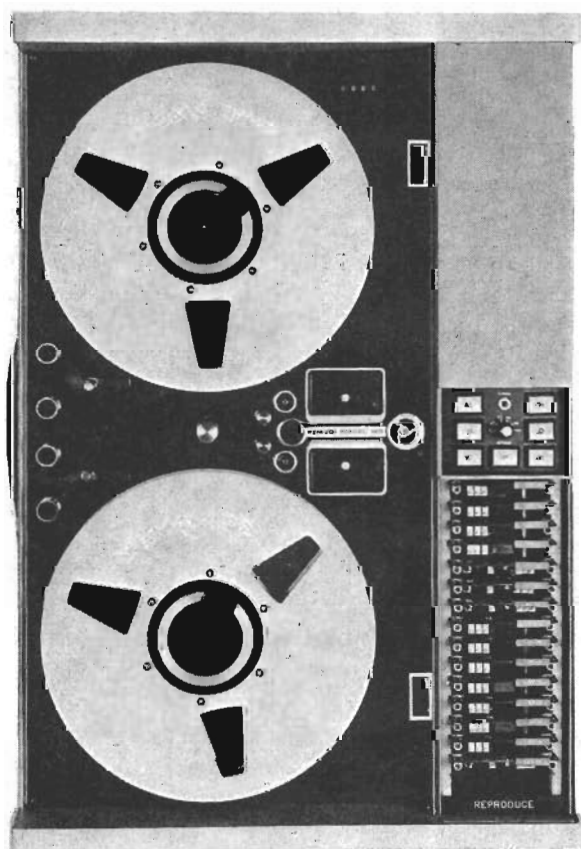
CIPHER

IBM – kompatibla inkrementala och kontinuerliga bandspelare

Digitala kassettbandspelare för 7.500:–

Tag kontakt med: **BIT** scandinavia ab
Box 1, 170 21 KALLHÄLL, 0758/32 510

Informationstjänst 27



PEMCO 120 A

**mobil/portabel
databandspelare**

- IRIG-standard
- minimalt flutter
- flytande FM ingång
- 2 000 : 1 Direct Ingångsområde
- 6 omkopplingsbara hastigheter
- låg vikt
- modulkonstruktion
- lägre effektförbrukning
- lägesoberoende
- mycket miljötålig
- upp till 14 kanaler

PEMCOS helt nya modell 120 A är en mobil/portabel analog databandspelare som ger Er överlägsna återgivningsresultat.

Den är konstruerad för att möta mycket höga krav på tillförlitlighet även under mycket svåra yttre förhållanden.

Begär utförligt datablad!

Generalagent:

TEL INTER AKTIEBOLAG

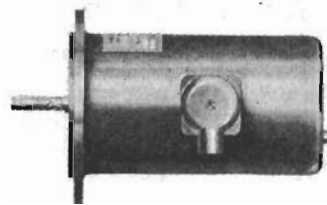
Box 59 123 21 FARSTA 1 08/64 18 00, 64 33 00

Informationstjänst 28

Brant stigande försäljningskurva
intygar allt större popularitet för

HUBNER 

Specialisten på växel och lik-
ström — takometer — genera-
torer



Spänningsdiagram typ TDP 0,2

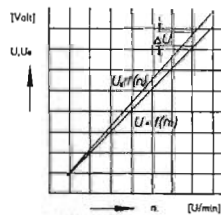


Abb. 2 Spänningsdiagram

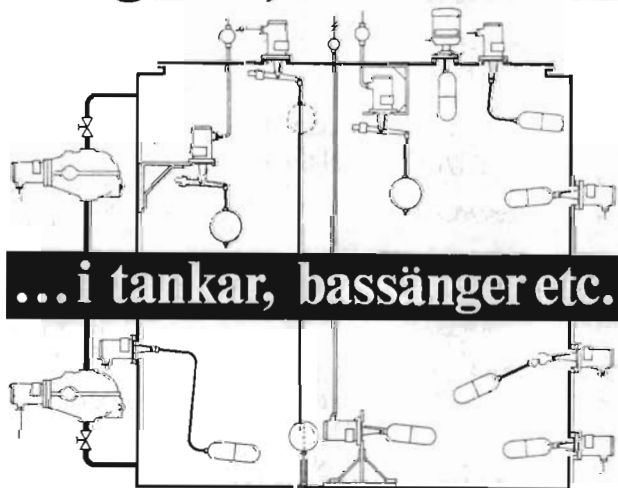
Typexempel: TDP 0,2 finns som stan-
dard i 40, 60, 100, 120, 150 Volt. 4 W.
1.000—9.000 v/m. S33, spänningstole-
rans $\pm 6\%$, reversibel, 7, 11, 14 mm
axeltapp, fläns och fotmodell även
S55 damm- och vattentät, temperatur-
komp. och spec.utförande. Obs. våra
låga priser, förstklassig kvalitet, korta
leveranstider. Övriga tillverkn.
Likströmsmotorer o. gen., omformer
m m. Begär prospekt av gen-agenten.

el-centralen **H. SCHULZE AB**
ÖRNSKÖLDSDVIK 0680/119 11, 138 34, 190 19

Informationstjänst 29

mobrey

indikerar, begränsar,
reglerar, alarmerar...



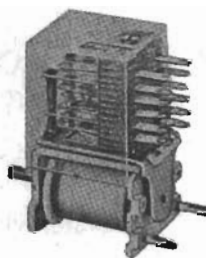
Över 150 typer. Max. 400 °C & 210 atö.
För varje vätska och varje nivå!

mobreyab

MOBREY AB • Hornsbruksgatan 11 • 117 34 STHLM 1 • 08/68 04 35

Informationstjänst 31

GRUNER - RELÄ



— en viktig länk i regler-
systemet

I vårt omfattande reläprogram
finns säkert även de reläer som
behövs för Er anläggning. Låt
oss bara få veta vilka det gäller
och vi levererar dem.

Begär vår specialkatalog!

AB NOVUM
FÖR LEDANDE KONTAKTER I EL

Box 4035, 250 04 Hälsingborg
Tel. 042/970 70 Telex 724 44

Informationstjänst 30

**Vad är
vad
MED
MITT
MÅTT
MÄTT?**



TI Sortomvandlingstabell i fickformat
lämnar besked om alla fysikaliska, kemiska och
elektriska mått.

TI Sortomvandlingstabell i fickformat
är uppställd efter multiplikatorsystemet och därmed
speciellt lämpad för maskinräkning eller räknesticka.

TI Sortomvandlingstabell i fickformat
rekv. från Teknisk Information och kostar 5:— +
moms och porto.

TI Sortomvandlingstabell i fickformat
sparar tid, besvär och arbete — den betalar sig första
gången Ni behöver använda den.

TEKNISK INFORMATION

Box 3177, 103 63 STOCKHOLM 3





elektronik_s SPECIALUTGÅVA

OM TILLFÖRLITLIGHET
HOS KOMPONENTER!



ÖVER 100 SID.
VÄRDEFULL
INFORMATION

Ur innehållet:

- Allmänna begrepp och synpunkter
- Miljö och konstruktion
- Fasta motstånd
- Varierbara motstånd
- Kondensatorer
- Omkopplare och kontaktdon
- Tryckta kretsar
- Halvledarkomponenter
- Elektronrör
- Felmekanismer och felanalys
- Tillförlitlighet i framtiden
- Kommentarer och kompletteringar
- Informationskälla för tillförlitlighetsdata
- Litteraturförteckning
- Inköpsregister

En högtintressant bok för Er som är:

- Elektronik-ingenjör
- Instrument-tekniker
- Elektro-tekniker
- Radio- o TV-tekniker
- Mät-tekniker
- Konstruktör
- Radiomästare

JA, för alla som arbetar med industri-, militär- eller medicinsk elektronik. Mätteknik. Reglerteknik och processkontroll...

BEGRÄNSAD UPPLAGA!

Gör Er beställning nu! Pris **9:50** inkl moms.



ELEKTRONIKS Redaktion, Fackpressförlaget,
Box 3177, 103 63 Stockholm 3. Telefon 08/34 00 80

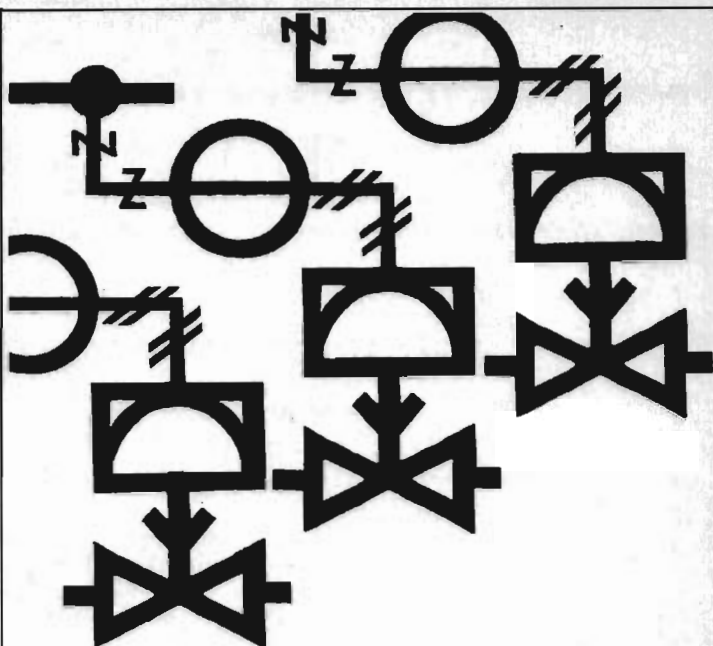
Jag beställer ex. Elektroniks SPECIALUTGÅVA à kr 9:50
inkl. moms. Sändes mot postförskott.

Namn:

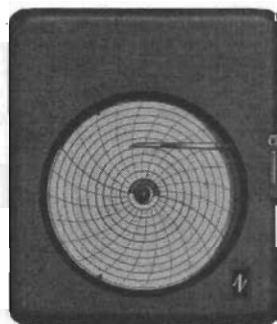
Adress:

Postnr: Postadress:

EL-SP 70



ett målmedvetet par...



**NEGRETTI
& ZAMBRA**

Industri-instrument och regulatorer av högsta kvalitet. Typ TENSOR instrument enligt värme-servomotor-principen ger pneumatiska utsignaler från elektriska insignaler utan mätvärdesomvandlare. Pris-mässigt och reglertekniskt en god lösning på många regler-problem.

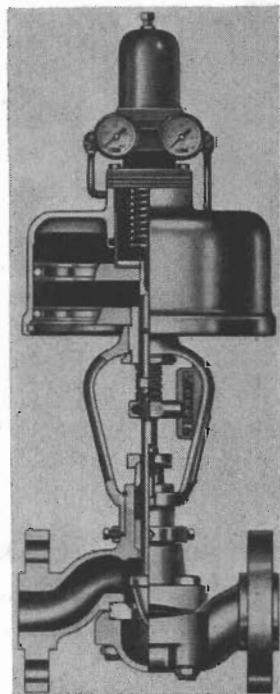


**SERCK
GLOCON**

Reglerventilen — slutsteget i en reglerkrets — måste motsvara de kvalitetskrav modern processindustri ställer — och moderna instrumentregulatorer gör möjligt.

Enkelsätiga ventiler, exakt ventilkarakteristika, enkel service. Numotorställdon med mycket stora ställkrafter, noggrann lägesgivning och repe-terbarhet. Nu också med DIGITAL/PNEUMATISKA STÄLLDON.

ett målmedvetet par... se dem på IM 70 monter 228.



INGENIÖRSFIRMAN
FLIESBERG

AKTIEBOLAG

BOX 7044 · 103 81 STOCKHOLM 7 TELEFON 08/23 53 75

PRODUKTREGISTER

AUTOMATISKA ANALYSAPPARATER

Ingenjörssfirma Carl-Erik Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby

BANDVÅGAR

Philips Industrielektronik, Solna
AB Max Sievert, Vällingby

DATALOGGSYSTEM

BIT Scandinavia AB, Kalhäll

DIGITALA STYRTRUSTNINGAR

Ingenjörssfirma O.T. Axlund, Vällingby

EFFEKTÖRSTÄRKARE

Philips Industrielektronik, Solna
Svenska Telemekanik AB, Flen
Tel Inter AB, Farsta

ELEKTRONISKA RÄKNARE

Ingenjörssfirma O.T. Axlund, Vällingby

FALLBYGELREGULATORER

Ingenjörssfirma Carl-Erik Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
SWEMA, Farsta

FOTOCELLER

Ingenjörssfirmen Alcron, Djursholm
Ingenjörssfirma Göte Andersson AB, Nyköping
AB Elcoma, Stockholm
Harry Rudberg AB, Stockholm
Svenska Telemekanik AB, Flen
Wegece, AB, Stockholm

FUNKTIONSGIVARE

Ingenjörssfirma Göte Andersson AB, Nyköping
Ingenjörssbyrå G Nabholz AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
AB, Max Sievert, Vällingby
SWEMA, Farsta

FÖRSTÄRKARE

EAI, Solna

Ingenjörssfirma Carl-Erik Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
AB Max Sievert, Vällingby
Tel Inter AB, Farsta
Wegece AB, Stockholm

INSTRUMENTCENTRALER/TAVLOR

Ingenjörssfirma Göte Andersson, Nyköping
Grapendal Ingenjörssbyrå AB, Skärholmen
INAC AB, Huskvarna
Ingenjörssfirma Carl-Erik Larsson AB, Lidingö
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby
SWEMA, Farsta
Tel Inter AB, Farsta

KODOMVANDLARE

Ingenjörssfirma Göte Andersson AB, Nyköping
IBM Svenska AB Stockholm
Philips Industrielektronik, Solna
Svenska Telemekanik AB, Flen

KOMPONENTER

Universal-Import AB, Stockholm

MAGNETBANDSPELARE

BIT Scandinavia AB, Kalhäll

MIKROBRYTARE

AB Elcoma, Stockholm
Sigurd Holm AB, Bandhagen
Industri AB Reflex, Stockholm
Svenska Telemekanik AB, Flen
Universal-Import AB, Stockholm
AB E Westerberg, Stockholm

MULTIPLIKATORER

Philips Industrielektronik, Solna
Svenska Telemekanik AB, Flen

MÄTGIVARE

Ingenjörssfirmen Fliesberg AB, Stockholm
Grapendal Ingenjörssbyrå AB, Skärholmen
Ingenjörssfirma Carl-Erik Larsson AB, Lidingö
Ingenjörssbyrå G. Nabholz AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby
Swema, Farsta
Wegece AB, Stockholm

MÄTINSTRUMENT

BIT Scandinavia AB, Kallhäll
El-Centralen AB, Örnköldsvik
Ingenjörfirman Fliesberg AB, Stockholm
Grapendal Ingenjörbyrå AB, Skärholmen
Sigurd Holm AB, Bandhagen
Ing f:a Carl-Erik Larsson AB, Lidingö
Ingenjörbyrå G Nabholz AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby
SWEMA, Farsta
Tel Inter AB, Farsta
Wegece, Stockholm

OMVANDLARE, AD/DA

IBM Svenska AB, Stockholm
Ingenjörfirma Carl-Eric Larsson, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna

PROCESSDATORER

BIT Scandinavia AB, Kallhäll
EAI, Solna
IBM Svenska AB, Stockholm
Ingenjörbyrå G Nabholz AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Svenska Telemekanik AB, Flen

PROGRAMGENERATORER

Ingenjörbyrå G Nabholz AB, Lidingö

REGLERMOTORER

Ingenjörfirman Alcron, Djursholm
Benzler & Co, Solna
El-Centralen ab, Örnköldsvik
AB Elcoma, Stockholm
Koppvariatorer AB, Göteborg
Ingenjörfirma Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby

REGULATORER

Elektroniksystem, Stockholm
Ingenjörfirman Fliesberg AB, Stockholm
Grapendal Ingenjörbyrå AB, Skärholmen
Sigurd Holm AB, Bandhagen
Koppvariatorer AB, Göteborg
Ingenjörfirman Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Ingenjörbyrå G Nabholz AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby
SWEMA, Farsta
Svenska Telemekanik AB, Flen

RELÄER OCH MAGNETER

Bo Palmblad AB, Stockholm

SERVOMOTORER/STÄLLDON

Ingenjörfirman Alcron, Djursholm
AB Elcoma, Stockholm
Ingenjörfirman Fliesberg AB, Stockholm
Grapendal Ingenjörbyrå AB, Skärholmen
Koppvariatorer AB, Göteborg
Ingenjörfirma Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby
Wegece AB, Stockholm

SKIV- OCH TRUMMINNEN

IBM Svenska AB, Stockholm
Tel Inter AB, Farsta

SKRIVARE

EAI, Solna
Ingenjörfirman Fliesberg AB, Stockholm
Grapendal Ingenjörbyrå AB, Skärholmen
IBM Svenska AB, Stockholm
Ingenjörfirma Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby
SWEMA, Farsta
Tel Inter AB, Farsta
Wegece AB, Stockholm

STRÖMFÖRSÖRJNING

AB Elcoma, Stockholm
Philips Industrielektronik, Solna
SWEMA, Farsta
Svenska Telemekanik AB, Flen
Wegece AB, Stockholm
AB E Westerberg, Stockholm

TYRISTORER

Ingenjörfirman Alcron, Djursholm
AB Elcoma, Stockholm
Ingenjörfirman Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
SWEMA, Farsta

VENTILER

Ingenjörfirman Fliesberg AB, Stockholm
Granzow AB, Nässjö
Grapendal Ingenjörbyrå AB, Skärholmen
Ingenjörfirma Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Harry Rudberg AB, Stockholm
AB Max Sievert, Vällingby

VINKELGIVARE

Ingenjörfirma Carl-Eric Larsson AB, Lidingö
Philips Industrielektronik, Solna
SWEMA, Farsta
Wegece AB, Stockholm



Kontaktlös beröringsfri koppling

Närvaroinitiatorer för larm-, räkne-, styrnings- och mätuppgifter. Funktionsavstånd max. 50 mm. Effektförlust 15 mW.

Närvarolägesbrytare för direkt anslutning till växelströmsnät. Tyristorutgång, kortv. belastn. bar 2,2 kVA/220V. Potentialfri.





Transistoriserade kopplingssteg i kamreläckåpa (Ex) i G5 ingjutna i epoxiharts, chocksäkra, beständiga mot fukt och kemikalier. Anslutas till känsliga kontaktlösa givare eller mek. givare. Lev. med tidsfördröjning eller wischimpuls.

Rikhaltigt tillbehör:
Socklar med fästbyglar för kretskort. Nätaggregat. Kretskort med anslutningsklämmor eller lödstift, max. 6 st. transistorsteg.
Digital-byggelement såsom Schmitt-trigger, vippor, grindar, räknare, decoders o. förstärkare för olika matn. spänningar o. utg. effekter.

wegesonic
INDUSTRIELEKTRONIK

Weges AB Box 23080 Stockholm 23
Tel. 08/34 60 65

**elektroniska byggelement
för kontaktlös reglering**

Informationstjänst 33

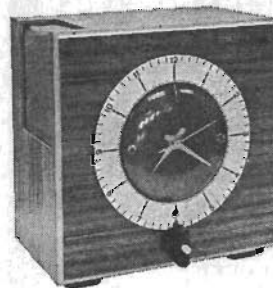
INAC

- PROJEKTERING
- INSTRUMENTPANELER
- INSTRUMENTMONTAGE
- IGÅNGKÖRNINGAR
- SERVICE

Instrumenteringar Arne Carlsson AB
Barnarpsvägen 16
560 21 TABERG

tel. 036/650 10 vx

Informationstjänst 35



REFLEX kopplingsurförveckoprogram
Bevakar alla radioprogram under hela veckan
Kopplar bandspelaren och spelar in program när Ni inte är hemma
Kopplar värmen i sommarstugan så att det är varmt när Ni kommer dit
Kopplar belysningen när Ni är bortrest för att ge sken av att någon är hemma
Väcker Er med musik på morgonen
Är dessutom en vacker prydnadsklocka med exakt gång

Begär broschyr från

INDUSTRI AB REFLEX

Sundbyvägen 70, 163 59 Spånga
Tel. 36 46 42, 36 46 38

Informationstjänst 34

ELEKTRONIKS PRENUMERATIONSTJÄNST

Postadress: box 3263
103 65 Stockholm 3

telefon: 08/34 07 90
postgirokonton: 83 71 00
prenumerationspris: helår
11 utgåvor (12 nr) 49:—

Prenumeration kan beställas

direkt från prenumerations-tjänst, box 3263, 103 65 Stockholm 3, i Sverige på postanstalt med postens tidningsinbetalningskort, postgirokonton 83 71 00.

Adressändring

som måste vara oss tillhanda senast 3 veckor innan den skall träda i kraft, görs skriftligt till förlaget eller med postens ändringsblankett 870 eller 20 50 03. Avgift 1:— erläggs i frimärken. Nuvarande adress anges genom att adresslappen på senast mottagna tidning bifogas eller klistras på adressändringsblanketten. Observera att ovanstående gäller även vid tillfällig adressändring.

Annonssörs- register

	sid.
Alcron	
Ing.firma	44
Andersson Göte	2
ASEA	68
Axlund OT	4
Benzler & Co AB	24
Billman	
Regulator	7
Bit Scandinavia	61
EAI	6
El-Centralen AB	62
Elcoma	14,
	15,
	17,
	37
Elektronik- system	44
Fliesberg AB	63
General Motors	
Nordiska AB	48
Granzow AB	55
Grapendal	
Ing.byrå	67
Holm Sigurd	16
IBM Svenska AB	38
Inac	66
Knutsson Bo AB	57
Koppar- variatorer AB	56
Larsson	
Carl Eric	56
Mobrey AB	62
Nabholz C.	
Ing.byrå AB	20
Novum AB	62
Palmblad Bo	28
Philips	
Svenska AB	5, 8
Reflex	
Industri AB	66
Rudberg	
Harry AB	32
Sievert Max AB	16
SWEMA	55
Telemekanik	
Svenska	52
Tel Inter	61
Universal- Import	60
Wegesonic	66
Westerberg	
E. AB	59

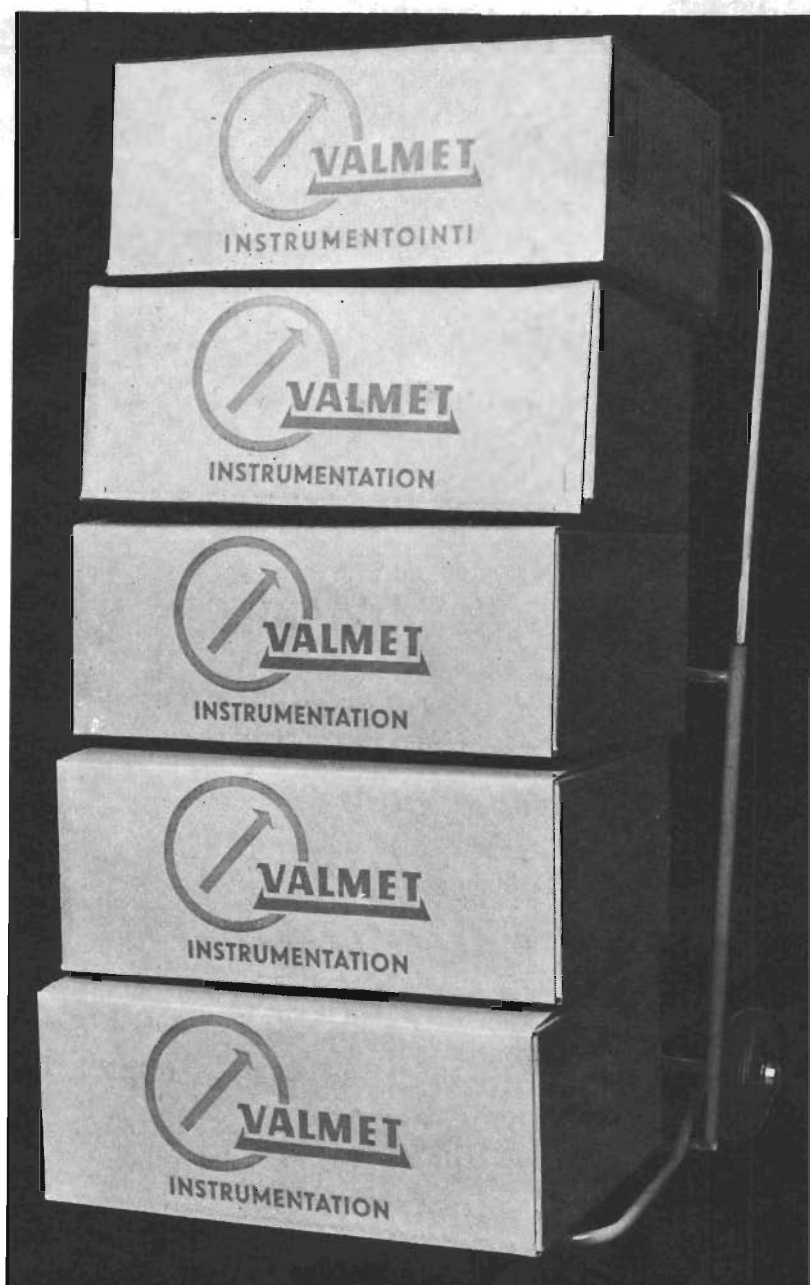
Det första VALMET-instrumentet installerades i Sverige för ca 20 år sedan. Det var en densitetsgivare med registrerande instrument. Köpare var AB Statens Skogsindustrier, Karlsborgsverken. Detta företag tillhör även idag våra kunder — trots ovannämnda leverans.

Produktutvecklingen har sedan dess verkligen varit enastående och Karlsborgsverken har fått sällskap av de flesta större processindustrierna i Sverige. Kundkretsen domineras helt naturligt av pappers- och cellulosaindustrin. Man kan finna VALMET-komponenter bilda helhets- och gruppinstrumenteringar och även ingå som integrerande del i sådana.

De mest berömda produkterna är pneumatiska omvandlare, t. ex. för koncentration, tryck och nivå, samt det pneumatiska ställdonet PISTOR, som är tillverkat i över 10.000 exemplar.

Den stora efterfrågan ställer givetvis hårda krav på tillverkaren. Fabriken som invigdes för två år sedan, utnyttjas idag till fulla och utbyggnadsplanerna måste troligen realiseras flera år tidigare än beräknat.

Som svensk generalagent är det vår uppgift att marknadsföra — lagerföra — och hjälpa Er — och det gör vi.



VALMETS komponenter har under föregående år levererats bl.a. till följande företag:

MO OCH DOMSJÖ AB
KMW
BOWATERS SV. TRÄMASSEFABRIKER AB
SKÅNSKA CEMENT AB
ROTTNEROSKONCERNEN
AB ROSENBLADS PATENTER
AB PELLERIN/ZENITH
SVENSKA SOCKERFABRIKS AB
HYLTE BRUKS AB
BÄCKHAMMARS BRUK AB
ÖREBRO PAPPERSBRUKS AB
SUNDS AB
MUNKEDALS AB
AB SOMAS
WARGÖNS AB
UNIFOS KEMI AB

UDDEHOLMS AB
SVENSKA SIEMENS AB
NCB
NORDARMATUR AB
AB MARABOU
HONEYWELL AB
AB CALOR & SJÖGREN
SVENSKA TRÄFORSKNINGSINSTITUTET
AB SVENSKA SALPETERVERKEN
AB MAX SIEVERT
ROCKWOOL AB
MUNKSJÖ AKTIE BOLAG
MASONITE AB
AB IGGESUNDS BRUK
FOSFATBOLAGET AB
FISKEBY AB

BERGVIK O. ALA AB
SCA
SKÅNES CELLULOSA AB
NYMÖLLA AB
KARLHOLMS AB
AB KÄLLE-REGULATORER
AB KARLSHAMNS OLJEFABRIKER
AB BILLINGSFORS-LANGED
APPARATKEMISKA AB AKA
PERSTORP AB
KOPPARFORS AB
ASSI
KORSNÄS-MARMA AB
BILLERUDS AB
HOLMENS BRUK AB
STORA KOPPARBERG



GRAPENDAL INGENJÖRSBYRÅ AB

Storholmsbackarna 90, 127 43 SKÄRHOLMEN Tel. 08/710 24 33

där har ASEA
extra pluspoäng...



- Du rekommenderar alltså ASEAs datamaskin?
- Javisst! Deras datamaskin heter "System 1700" och tillverkas av Control Data i USA, men ASEA svarar för systemarbete, programmering, installation och service.
- Du har gett höga betyg för tekniska prestanda...
- Ja. System 1700 är inte bara snabbt - programvarorna är enligt våra dataexperter förnämliga så snabbheten sjabbas inte bort. Allt är färdigt och väldokumenterat, så på den punkten kan vi vara trygga. Dessutom finns det mer än 250 av dessa maskiner i drift runt om i världen.

- Hur blir det, om vi vill bygga ut systemet?
- Systemet är mycket flexibelt, och det finns ett i särklass rikt sortiment av kringutrustningar.
- Ja, det låter ju bra. Dessutom känner vi ju ASEA, och de känner vår bransch - så att vi kan resonera med dem. De är ju vana att arbeta för industrin och har erfarenhet av industrielektronik.
- - -
- OK! Ta hit ASEA!

Avdelningen för **DATAMASKIN**system och processtyrning

ASEA 