

Rapport

R131:1981

**Aktiv effektstyrning
i distributionsnät med hjälp
av databehandling och
signalöverföringssystem**

**Hans Johnsson
Staffan Stillesjö**

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 81-2255

Plac *See*

*K
9/11/81*

Byggeforskningsrådet

R131:1981

AKTIV EFFEKTSTYRNING I DISTRIBUTIONSNÄT MED HJÄLP
AV DATABEHANDLING OCH SIGNALÖVERFÖRINGSSYSTEM

Hans Johnsson
Staffan Stillesjö

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790701-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Scandiaconsult AB,
Stockholm.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R131:1981

ISBN 91-540-3600-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Tidigare undersökningar	6
1.3	Arbetets uppläggning	7
1.4	Avgränsningar	7
2	PRINCIPER FÖR DATORSIMULERING AV BELASTNINGAR I DISTRIBUTIONSNÄT	9
2.1	Allmänt	9
2.2	Varmvattenberedare i småhus	10
2.3	Härdugn	10
2.4	Elradiatorer i småhus	11
2.5	Kylrum	12
2.6	Sammanlagring av modellerna	13
3	DISKUSSION	15
4	FORTSATT UTVECKLINGSARBETE	17
BILAGA 1	Figurer 2.1 - 2.9 samt figur 3.1	19
BILAGA 2	Datorprogram	31

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Flera faktorer medverkar till kraftigt varierande effektbehov för olika kraft- och värmekonsumenter. Variationernas storlek och tidsmässiga fördelning bestäms av belastningsobjektens egenskaper. Vissa variationer är årstids- eller värderleksberoende, medan andra är knutna till brukarbeteende eller arbetstider. Då flera konsumenters effektbehov sammanlagras i ett avgränsat distributionsnät erhålls en viss utjämning av de resulterande belastningsvariationerna.

I centrala tillförselsystem bestäms energiproduktionen av efterfrågan. Det svenska kraftsystemet t ex är för närvarande dimensionerat så att det finns tillräcklig effektreserv i de flesta driftfallen. Effektdimensioneringen av produktionssystemen har därför inte ägnats någon nämnvärd uppmärksamhet. I och med att beslutade utbyggnader av produktionsanläggningar genomförs, samtidigt som besparingsåtgärder leder till sjunkande tillväxttakt för konsumtionen, kan effektreserverna tom komma att öka tillfälligt. Trots detta finns flera skäl för att utveckla förbättrade metoder för styrning av effektuttagen hos abonnenterna.

I det befintliga energisystemet finns t ex behov av effektstyrning i samband med störningar i tillförseln. Vid ransoneringar eller avbrott i överföringssystemet kan belastningen minskas genom skiftad områdesvis in- och urkoppling av lämpliga abonnentgrupper. Genom att det enskilda området är urkopplat relativt kort tid kan verkningarna begränsas. Om det gavs möjlighet att från centralt håll göra tillfälliga urkopplingar av större belastningsobjekt, där det tillfälligtvis inte har någon praktisk betydelse, skulle störningarna i många fall bli mindre besvärande. Vid uppstartning efter tillfälliga avbrott skulle det också vara till fördel om vissa belastningsobjekt kopplas in först när driften stabiliserats.

På många platser har de lokala distributionsnäten begränsad kapacitet. Genom bättre kontroll och styrning av effektuttagen vid hög belastning skulle ytterligare anslutningar kunna göras utan nätförstärkningar. Detta är speciellt angeläget vid en snabb övergång från olje- till eluppvärmning, vilket är önskvärt med tanke på vårt stora oljeberoende.

På längre sikt kommer troligen ökad användning av värmepumpar att förändra belastningsmönstret. Samtidigt är det möjligt att alternativa energislag med lagringsmöjligheter kommer till användning, vilket skulle förbättra möjligheterna att styra effektuttagen. På lång sikt kommer även produktionssystemet att förändras. Speciellt gäller detta vid en kärnkraftavveckling. Med ett utbyggt system för effektstyrning kan då kraftsystemet optimeras på ett bättre sätt än annars.

De metoder för effektstyrning som finns idag utnyttjar inte till fullo möjligheterna till tvåvägskommunikation mellan distributör och abonnent. In- och urkoppling av olika belastningar hos abonnenten sker ofta centralt från distributören eller med

tidur utan att belastningsobjektets driftstatusdata samtidigt kontrolleras. Likaså finns det utrustningar för lastkontroll m m installerade hos många abonnenter. Sådana utrustningar styr effektuttagen lokalt hos abonnenten utan samtidig kontroll av belastningen på distributionsnätet i övrigt.

Mot denna bakgrund har föreliggande projekt syftat till att utveckla principerna för ett datorbaserat system för aktiv effektstyrning. Med aktiv effektstyrning menas en metod för centraliserad effektövervakning och effektstyrning där distributören, baserat på uppgifter om kortsiktig marginalkostnad för energiproduktionen och driftförhållanden i distributionsnätet, automatiskt kan styra effektuttagen för större belastningsobjekt under hänsynstagande till uppgifter om driftstatusdata för de aktuella objekten.

1.2 Tidigare undersökningar

Projektet aktiv effektstyrning i distributionsnät påbörjades år 1977 av Scandiaconsult AB med stöd från Statens råd för byggnadsforskning. Under tiden som projektet har pågått har utvecklingen inom området gått snabbt framåt. Därmed har vissa praktiska problem lösts på annat håll och projektets inriktning delvis förändrats. Ett sådant exempel är principerna för signalöverföringssystem som ursprungligen skulle behandlats inom detta projekt. Eftersom godtagbara metoder för signalöverföring utvecklas inom åtminstone två andra pågående projekt har vi endast summariskt behandlat denna del.

I två tidigare etapper av projektet har vi inventerat och utvärderat styrbara objekt hos större abonnenter i ett stort och ett litet distributionsnät. Dessutom har erfarenheter redovisats från andra distributionsområden. Resultatet från tidigare etapper är i korthet att det maximala effektuttaget i ett distributionsområde skulle kunna minskas med 5-10% genom aktiv effektstyrning. En annan erfarenhet som redovisats är att flera abonnenter inte utnyttjar installerade lokala utrustningar för effektkontroll beroende på tariffernas nuvarande utformning. Inventeringarna och resultaten finns redovisade i rapporter benämnda delprojekt 2A och 2B hänförliga till anslag 770376-1 från Statens råd för byggnadsforskning.

Resultatet från föregående etapper har i detta delprojekt använts till att utarbeta principerna för ett datorprogram för simulering av belastningen i ett avgränsat distributionsnät.

Bland andra närliggande projekt som är under genomförande kan speciellt nämnas ett kring flexibelt tariffsystem för el vid Chalmers (CTH) och Linköpings (LiTH) tekniska högskolor och ett kring fördelning av fjärrvärme vid Stockholms energiverk. Båda dessa projekt innehåller utveckling av signalöverföringssystem som kan användas vid aktiv effektstyrning.

Projektet kring flexibla tariffer för el vid CTH och LiTH innehåller många beröringspunkter med vårt projekt. Skillnaden består närmast av att det i vårt projekt inte förutsätts att det finns någon personifierad konsument som kan välja att koppla in eller ur olika belastningar efter information om det rådande energipriset. I stället förutsätter vi att detta skall ske efter information till datorn om rådande och förväntade driftstatusdata för oövervakade belastningsobjekt. Den information som skall överföras till datorn från distributören kan även i vårt projekt bestå av uppgifter om kortsiktig marginalkostnad eller i vissa fall ansatta värden som bestäms efter driftförhållanden i distributionsnätet. Detta innebär att de respektive projekten enkelt kan samordnas.

Projektet kring fördelning av fjärrvärme vid Stockholms energiverk syftar främst till att utveckla en metod för central fördelning av fjärrvärmen vid bristsituationer. Med hjälp av ett signalöverföringssystem som utnyttjar elnätet kan sådan fördelning ske. Samma utrustning kan användas för att överföra även annan information vilket skulle kunna utnyttjas för samordnad aktiv effektstyrning av såväl el- som värmeuttagen hos abonnenten.

1.3 Arbetets uppläggning

Delprojektet har genomförts under år 1980, under överinseende av en styrgrupp bestående av:

Byråchef Suzanne Frigren, Överstyrelsen för ekonomiskt försvar
Direktör Leif Gustavsson, Borås energiverk
Civilingenjör Berndt Isaksson, Scandiaconsult AB
Överingenjör Bengt Oknemark, Stockholms energiverk

Merparten av arbetet har lagts ned på principutveckling av ett datorprogram för simulering av belastningen i ett distributionsnät. Resultatet redovisas i avsnitt 2. För undvikande av dubbelarbete har kontakter tagits med företrädare för andra näraliggande projekt. Utrednings- och utvecklingsarbetet har utförts av Hans Johnsson och Staffan Stillesjö, Scandiaconsult AB.

1.4 Avgränsningar

Under hänsynstagande till andra pågående projekt har vi begränsat projektet till att behandla aktiv effektstyrning av större oftast oövervakade belastningsobjekt. Användbara signalöverföringssystem har vi förutsatt utvecklas inom andra projekt. Vi har därför endast beskrivits tänkbara principiella utformningar och funktionssätt.

2 PRINCIPER FÖR DATORSIMULERING AV BELASTNINGAR I DISTRIBUTIONSNÄT

2.1 Allmänt

I ett distributionsnät kan olika belastningstyper urskiljas. Ett typexempel är gatubelysning som tänds vid en viss tidpunkt på kvällen och släcks på morgonen. Under denna tid är belastningen praktiskt taget konstant.

Ett annat typexempel är elektriska varmvattenberedare, vilka har ett medeleffektuttag som är proportionellt mot förbrukningen av tappvarmvatten. Sådana beredare regleras dock on-off varför det momentana effektuttaget kan variera kraftigt trots att medeleffekten under en längre tid är konstant. Effektuttaget har alltså i detta fall även ett slumpmässigt förlopp. Ytterligare en belastningstyp är elvärme där effektuttaget även bestäms av utetemperaturen.

För att kunna bygga upp en modell över effektuttagens variation måste man känna till de olika belastningsobjektens egenskaper och de styrande faktorerna. De olika faktorerna kan vara bestämda, t ex utetemperatur och tid på dygnet, eller slumpmässiga, t ex styrda av brukarbeteende. Beskrivningen av de skilda systemen måste därför ske på flera olika sätt. I vissa fall måste modellen konstrueras med hjälp av energibalanser. Detta gäller t ex vid ackumulerande elvärme. I andra fall krävs en statistisk modell, t ex för elektriska varmvattenberedare. För vissa typer av belastningar är det troligen bäst att använda tabellerade värden. Enstaka objekt med stor påverkan på distributionsnätet bör beskrivas så exakt som möjligt. Det är då ofta lämpligt att använda en kombinerad fysikalisk och statistisk modell.

I det följande presenteras några modeller över olika belastningar i ett eldistributionsnät. Avsikten är inte i första skedet att presentera fullständiga modeller utan främst att visa principerna.

Den färdiga datormodellen skall kunna användas för att utvärdera hur belastningskurvan för ett avgränsat distributionsnät, t ex inom en kommun, påverkas av olika tekniska förändringar samt av aktiv effektstyrning. Som exempel på en tänkbar teknisk förändring kan nämnas ökad användning av solenergi, vilket normalt är förenat med utbyggd värmelagringskapacitet. Värmelager som i första hand utnyttjas för att utjämna variationer i solinstrålningen kan också utnyttjas för lagring av värme som produceras på annat sätt. Detta ger möjlighet att utnyttja sådana värmelager även för lagring av elvärme. I och med att solvärmelagren dimensioneras för att överbrygga solfattiga perioder på några dygn har de relativt stor lagringskapacitet. Genom aktiv effektstyrning kan sådana lager laddas med elvärme vid lämplig tidpunkt nattetid på vintern. Om elvärme normalt tillförs nattetid och håller lagret fulladdat kan man genom aktiv effektstyrning koppla bort sådana lager 2-3 nätter under perioder med särskilt hög belastning. Därmed minskar olägenheterna med att utnyttja elvärme som tillsatsenergi i sådana solvärmesystem. Det finns ett flertal liknande exempel på tekniska åtgärder som är intressanta att undersöka med hjälp av modellen.

2.2 Varmvattenberedare i småhus

En fullständig modell för beskrivning av effektuttaget för en varmvattenberedare för småhus bör lämpligen utgå från en statistisk modell över brukarvanor samt en fysikalisk modell över varmvattenberedaren. På grund av det stora antalet varmvattenberedare i ett normalt distributionsnät är det dock ändamålsenligt att använda enbart en statistisk modell. En sådan modell kan relativt enkelt modifieras så att den med god överensstämmelse efterliknar verkligheten. Praktiskt användbara mätresultat har bl a redovisats i ett projekt som genomförts av Energiverken i Göteborg. I detta skede har någon ingående jämförelse inte gjorts mellan de av datormodellen simulerade värdena och uppmätta värden. En sådan jämförelse planeras ske i nästa projektetapp.

Eftersom syftet med detta delprojekt endast är att redovisa principerna för datormodellen har följande förenklade antaganden gjorts:

- a) Varje enskild varmvattenberedare är slumpmässigt inkopplad 1-5 minuter.
- b) Varmvattenberedaren är därefter slumpmässigt urkopplad 5-15 minuter.

Genom att förändra dessa variabler på lämpligt sätt beroende på beredarvolymer och sannolikheter för varmvattentappning vid olika tider på dygnet, kan simulerade belastningskurvor fås att efterlikna uppmätta kurvor.

Vid simuleringar med de ovan redovisade värdena blir medel-effekten ca 25% av den totalt installerade effekten. Variationerna i belastningskurvan är i mycket hög grad beroende på hur många varmvattenberedare som är sammanlagrade på det betraktade nätet. Detta åskådliggörs i figurer nr 2.1-2.3.

2.3 Härdugn

Ugnar är intressanta ur effektstyrningssynpunkt. De har ofta en ganska betydande värmekapacitet och kan därför stängas av kortare perioder utan att temperaturen sjunker under tillåtna värden. För att beskriva förloppet har vi valt att kombinera en fysikalisk och en statistisk modell.

Värmebalansen för ugnen ger att temperaturen efter ett tidsteg blir följande:

$$t_2 = t_1 + \frac{(k \times A \times (t_R - t_1) + P) \times T}{m \times c_p}$$

där: t_1	= Ugnstemperatur före tidsteget	($^{\circ}\text{C}$)
t_2	= Ugnstemperatur efter tidsteget	($^{\circ}\text{C}$)
t_R	= Omgivningens temperatur	($^{\circ}\text{C}$)
T	= Tidssteget	(S)
k	= Ugnsisoleringens k-värde	($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)
m	= Ugns massa	(kg)
c_p	= Värmekapacitivitet	(J/kgxk)
A	= Omslutande area	(m^2)

Med användning av ovanstående modell tillsammans med en modell över en perfekt arbetande regulator skulle resultatet bli att ugnen kopplades på med viss periodicitet där perioden var konstant. I normala fall finns dock ett betydande mått av slumpmässighet i förloppet. Detta kan t ex bero på ofullkomligheter hos reglerutrustningen, yttre störningar osv. För att även innefatta ett slumpmässigt förlopp i modellen har antagits att in- och urkoppling av ugnen delvis är slumpmässig, delvis styrd av avvikelserna mellan ärvärde och börvärde.

Inkopplingstiden för ugnen räknat i minuter har sålunda simulerats så att den är proportionell mot avvikelserna mellan temperaturens ärvärde och börvärde plus tio minuter och till denna tid adderas eller subtraheras sedan slumpmässigt 50%. Urkopplingstiden har antagits vara tjugo minuter minus inkopplingstiden och sedan slumpmässigt i intervallet $\pm 50\%$ av denna tid.

Ett villkor för att urkoppling skall kunna ske är att ärvärdet inte sjunkit alltför lågt. En gräns kan därför sättas t ex till 10°C under börvärdet. I figur 2.4 visas hur effektbehovet kommer att variera med tiden vid ovan angivna förutsättningar.

2.4 Elradiatorer i småhus

Vid simulering av elradiatorer är det främst följande två faktorer som är intressanta att studera.

- a) Sammanlagringseffekter dels mellan olika radiatorer i samma hus, dels mellan olika hus.
- b) Inkopplingseffekter dels efter strömavbrott dels efter perioder med nedsättning av temperaturen.

För att hänsyn skall kunna tas till den sistnämnda faktorn måste både inomhustemperatur och utomhustemperatur vara med som styrande variabler för inkoppling av radiatorerna.

Den matematiska beskrivningen av elradiatorerna försvåras av att deras egenskaper kan variera kraftigt beroende på vilken typ av termostater som de är försedda med. Olika termostaters in- och urkopplingstider kan nämligen variera kraftigt. Moderna ventiler brukar ha förhållandevis korta in- och urkopplingstider. Detta är ett önskemål eftersom kallas vid fönster därigenom undviks. I den framtagna modellen har antagits att termostaterna är av sådan typ som ger korta in- och urkopplingstider. Korta in- och urkopplingstider medför dock att samtliga radiatorer ganska snabbt ställer sig i läget tillslaget efter ett strömavbrott.

För elradiatorerna i ett småhus gäller på samma sätt som för varmvattenberedarna att det är ändamålsenligt att använda sig av en ganska enkel statistisk modell för att beskriva belastningsvariationerna.

I figur 2.5 och 2.6 visas resultatet från simuleringar av strömavbrott som varar under 5 minuter. Ganska många men inte alla radiatorer står då i läge tillslaget när strömmen åter kopplas in. Figur 2.6 visar förhållandena efter 15 minuters strömavbrott. Praktiskt taget alla radiatorerna står då i tillslaget läge.

2.5 Kylrum

Kylrum kan liksom ugnar kopplas ur vid hög belastning på nätet. Kylrum har vanligen betydligt längre tidskonstant än ugnar, vilket gör att avställningstiderna kan vara långa utan att några problem uppstår. De installerade kyleffekterna är dock förhållandevis små.

Värmebalansen för kylrummet ger att temperaturen efter ett tidsteg blir följande:

$$t_2 = t_1 + \frac{(k \times A \times (t_u - t_1) + P - PI) \times T}{m \times c_p}$$

där: t_2	= Kylrumstemperatur före tidsteget	($^{\circ}\text{C}$)
t_1	= Kylrumstemperatur efter tidsteget	($^{\circ}\text{C}$)
t_u	= Omgivningstemperatur	($^{\circ}\text{C}$)
T	= Tidsteget	(S)
m	= Total massa i kylrummet	(kg)
c_p	= Värme kapacitivet	(J/kg x K)
PI	= Kyleffekten	(W)
P	= Övrig effektförbrukning	(W)
k	= Kylrumsisolerings k-värde	(W/m 2 $^{\circ}\text{C}$)
A	= Omslutande area	(m 2)

I figur 2.7 visas ett exempel på hur effektbehovet kan variera för ett kylrum. Gångtiderna för kylkompressorn blir ofta mycket långa, i detta fall flera timmar. Värmebehovet i kylrummet uppkommer genom transmission och ventilation, m m. Ventilationen beror t ex på att dörrarna öppnas m m, I figuren anges detta under rubriken "Vent m m". Vid simuleringen har detta värmebehov lagts in slumpmässigt. Med texten "Varning" under rubriken "Övrigt" avses att kylrumstemperaturen är mindre än en halv grad från högsta tillåtna temperaturen.

2.6 Sammanlagring av modellerna

De i föregående avsnitten redovisade modellerna över olika belastningsobjekt i ett elnät kan utnyttjas för att simulera inverkan av aktiv effektstyrning på belastningen i ett elnät. Modellerna kan även kombineras med modeller av andra aktuella belastningsobjekt. Samma metod kan användas för att simulera belastningen i ett värmeförsörjningsnät. Den slutliga modellen kan bestå av både el- och värmedistributionsnät, som genom aktiv effektstyrning kan fås att samverka på ett optimalt sätt.

De nu framtagna modellerna kan användas för att studera inverkan av aktiv effektstyrning vid en viss belastningsnivå på nätet. Baserat på verkliga förhållanden i ett distributionsnät skulle modellen kunna utföras så att belastningen simuleras för varje dygn under året. Det verkar dock mest ändamålsenligt att simulera olika dygns belastningsnivåer var för sig. Eftersom det är mest intressant att studera förhållandena vid höglast väljs lämpligen denna nivå. Mellan höglast och låglast kan även andra belastningsnivåer väljas. Detta kan t ex vara värdefullt när det gäller att undersöka om aktiv effektstyrning vid en viss tidpunkt och belastningsnivå kan medföra att en produktionsanläggning för spetslast inte behöver igångköras.

En speciell problemställning uppkommer vid återuppkoppling av ett elnät efter strömavbrott. De flesta belastningsobjekten på nätet är då inkopplade vilket medför stort effektbehov. Genom aktiv effektstyrning kan inkopplingen av de olika belastningarna styras på lämpligt sätt. Därigenom kan uppkopplingen ske säkrare och snabbare för de mest angelägna objekten. För att simulera detta passar de nu framtagna modellerna bra.

Med syfte att visa hur de tidigare beskrivna modellerna kan fås att samverka vid simulering av ett elnät med möjlighet till aktiv effektstyrning har ett kraftigt förenklat elnät beskrivits. Elnätet har antagits försörja 6 st småhus som vardera är försedda med 5 st radiatorer med effekten 1 kW. En härdugn med effekten 20 kW är också ansluten till nätet. Vidare har antagits att totala medeleffektbehovet för småhusen är 12,5 kW. Effekten blir genom simuleringen slumpmässigt fördelad till storlek och tid beroende på de olika termostaternas läge. Härdugnen är slumpmässigt inkopplad knappt 50% av den betraktade tidsperioden.

Den beskrivna modellen har använts för att simulera förhållandena före och efter ett strömavbrott. Resultatet av simuleringen visas i figur 2.8. Vid tiden 1-13 minuter är ugnen samt en del av radiatorerna inkopplade. Under denna tid stiger temperaturen i ugnen. Vid tiden 14 minuter, då temperaturen i ugnen nått 609°C, stängs ugnen av och är avstängd till tiden 30 minuter, då temperaturen i ugnen har sjunkit så att inkoppling sker. Ugnen är dock bara inkopplad 1 minut eftersom strömavbrott har simulerats därefter. Strömavbrottet varar under tiden 31-46 minuter. Efter strömavbrottet erhålls en kraftig topp för effektbehovet beroende på att praktiskt taget samtliga radiatortermostater samt ugnstermostaten står i tillslaget läge.

I nästa simulering som redovisas i figur 2.9 har effekttoppen kunnat minskas med hjälp av aktiv effektstyrning. Samma nätuppbyggnad som i föregående simulering har antagits. Den aktiva effektstyrningen innebär i detta fall att inkopplingen av hård- ugnen inte sker förrän effektförbrukningen i småhusen minskat något. Detta förutsätter att ugnstemperaturen på något sätt övervakas så att den inte blir för låg. Resultatet visar att man med hjälp av aktiv effektstyrning skulle kunna minska effekttoppen efter strömavbrottet så att den inte blir större än effekttopparna under normal drift.

I föregående avsnitt har beskrivits de modeller som framtagits med syfte att möjliggöra datorsimulering av aktiv effektstyrning i distributionsnät. Med hjälp av dessa och andra liknande modeller kan godtyckliga distributionsnät beskrivas och undersökas. Modellerna kan användas för att simulera inverkan av aktiv effektstyrning vid olika belastningsnivåer.

För att göra det möjligt att undersöka olika belastningsobjekts inverkan på effektbehoven fordras ytterligare modeller. Sådana kan tas fram på i princip samma sätt som de som redovisas i detta projekt. Modellerna kan sedan, kombineras på olika sätt så att samverkan mellan försörjningssystem för el och värme samt lagringssystem kan beskrivas.

De belastningsobjekt som i första hand bör studeras och beskrivas i modeller är de som kan bli aktuella att påverka med aktiv effektstyrning. Sådana belastningsobjekt har redovisats i delprojekt 2A och 2B. Det är dock nödvändigt att även beskriva ett antal belastningsobjekt som inte direkt är aktuella att styra men som behövs för att beskriva och simulera belastningskurvor för olika distributionsnät. Med tanke på att aktiv effektstyrning ökar i intresse efterhand som nya lagringsmetoder och annan ny teknik kommer till användning är det också angeläget att innefatta detta i det fortsatta arbetet.

Erfarenheterna från det hittills genomförda arbetet är att det på olika sätt går att beskriva belastningsobjekten i distributionsnät. Med hjälp av en dator kan belastningar och inverkan av aktiv effektstyrning simuleras. Simulering sker lämpligen med lämpliga tidssteg för ett dygn i taget, varvid aktuell basbelastningsnivå väljs beroende på årstid och tid på dygnet. Ett lämpligt antal aktuella belastningsobjekt överlagras sedan slumpmässigt respektive behovsstyrt vid simuleringen. Hur detta kan utföras har redovisats i föregående avsnitt.

Hjälpmiddel för aktiv effektstyrning i distributionsnät är i flera fall redan utvecklade. Inom detta projekt har det närmast gällt att presentera principerna för en lämplig systemutformning. Därvid har olika utformningar övervägts. Den systemlösning som här redovisas bedömer vi vara mest användbar, men den tekniska utvecklingen kan komma att öppna nya möjligheter.

Principerna för aktiv effektstyrning är att de olika belastningsobjekten i ett distributionsnät skall styras automatiskt baserat på belastningsförhållandena i nätet och uppgifter om driftstatus för belastningsobjekten. Det är i och för sig möjligt att låta en central dator svara både för styrning av objekten samt för insamling och bearbetning av driftstatusdata. Med tanke på den snabba utvecklingen för smådatorer verkar det dock lämpligast att ett system för aktiv effektstyrning byggs upp kring en centraldator och flera smådatorer.

Smådatorerna kan samla in och bearbeta driftstatusdata och styra belastningsobjekten under hänsynstagande till information om belastningsförhållandena i nätet från den centralt placerade datorn. Varje smådator kan svara för ett eller flera belastningsobjekt.

Den centrala datorn kan ha enkel- eller dubbelriktad kommunikation med smådatorerna. Troligen är det normalt tillfyllest med enkelriktad kommunikation eftersom distributören på andra vägar kan informera sig om belastningsförändringar i nätet efter utsändning av styrinformation. Däremot krävs det oftast dubbelriktad information mellan smådatorer och belastningsobjekt. Informationen från centraldatorn till smådatorerna kan lämpligen överföras via elnätet. Sådana signalöverförings-system är under utveckling. I vissa fall kan det också vara lämpligt att utnyttja telenätet eller speciellt anlagda signalkablar.

Informationen mellan smådatorer och belastningsobjekt kan valfritt ske via elnät eller kabel. I de fall en smådator är placerad i anslutning till ett belastningsobjekt sker signalöverföringen troligen enklast via kabel.

Inom t ex en större industri kan det vara värdefullt att också kunna införa en lokal centraldator. Systemet kan då även utnyttjas för styrning och övervakning av processer, för larmsignaler etc. Samtidigt ges möjlighet att enkelt ändra prioriteringen mellan de olika belastningsobjekt som skall styras. Driftpersonalen vid en industri skulle då kunna optimera driften under hänsynstagande till kortsiktiga förändringar i energipriser. På liknande sätt kan fastighetsförvaltande bolag utnyttja ett utbyggt system till att kontrollera och styra driften i ett större antal fastigheter. Systemet kan alltså även utnyttjas för att spara energi.

Den principiella uppbyggnaden av ett system för aktiv effektstyrning redovisas i figur 3.1. Figuren är starkt förenklad och visar endast några tänkbara utformningar eftersom det finns ett stort antal kombinationsmöjligheter.

Programmeringsarbetet har inom detta projekt utförts på en bordsdator ABC80. Datorprogrammen som använts vid beräkningarna redovisas i bilaga 2.

Det beskrivna systemet för aktiv effektstyrning i distributionsnät innehåller nästan obegränsade utvecklingsmöjligheter. Förutom för samordnad effektstyrning hos olika abonnenter kan ett utbyggt system användas för fjärrövervakning och optimering av driften i fastigheter och inom industriella tillverkningsprocesser. Dessutom kan systemet byggas ut till att även omfatta optimering av driften i olika anläggningar för energiproduktion. Samordnad produktion av el och värme med utnyttjande av nya metoder för värmelagring är ytterligare ett utvecklingssteg.

Det fortsatta arbetet inom detta projekt sker lämpligen i samverkan med andra pågående utvecklingsinsatser inom området.

I nästa steg bör ytterligare ett antal tänkbara belastningsobjekt studeras och beskrivas. Effektbehov för olika belastningsobjekt bör kartläggas genom mätningar. Vidare bör ett datorprogram tas fram för simulering av aktiv effektstyrning i olika distributionsnät. Detta arbete bör utföras så att resultatet kan ligga till grund för utvecklingen av datorprogrammen för ett färdigt system. Parallellt med detta arbete bör utvecklas komponenter för sådan effektstyrning. Vissa komponenter som redan är kommersiellt tillgängliga kan behöva modifieras. Målet bör vara att bygga upp ett system som kan installeras och provas i ett befintligt distributionsnät. Det fortsatta utvecklingsarbetet kan i stort sett genomföras i enlighet med tidigare genomförd programutredning.

BILAGA 1

Figurer 2.1 - 2.9 samt figur 3.1

SIMULERING AV VARMVATTENBEREDARE 10 st à 1 kW. Figur 2.1 BILAGA 1

TID (MIN)	0	2.5	5	7.5	10
1	+	-	-	-	-
2	I				
3	I	I	*		I
4	I	I	*		I
5	I	*	I		I
6	+	-	-	-	-
7	I				
8	I	I	*		I
9	I	I	*		I
10	I	I	*		I
11	+	-	-	-	-
12	I	*			I
13	I	*			I
14	I	*			I
15	I	*			I
16	+	-	-	-	-
17	I				
18	I				
19	I			*	I
20	I				I
21	+	-	-	-	-
22	I	*			I
23	I	*			I
24	I		*		I
25	I		*		I
26	+	-	-	-	-
27	I		*		I
28	I		*		I
29	I	*			I
30	I		*		I
31	+	-	-	-	-
32	I	*			I
33	I				I
34	I	*			I
35	I		*		I
36	+	-	-	-	-
37	I	*			I
38	I		*		I
39	I		*		I
40	I		*		I
41	+	-	-	-	-
42	I		*		I
43	I		*		I
44	I		*		I
45	I	*			I
46	+	-	-	-	-
47	I	*			I
48	I	*			I
49	I	*			I
50	I	*			I
51	+	-	-	-	-
52	I	*			I
53	I	*			I
54	I	*			I
55	I		*		I
56	+	-	-	-	-
57	I	*			I
58	I		*		I
59	I	*			I
60	I		*		I

SIMULERING AV VARMVATTENBEREDARE 100 st à 1 kW. Figur 2.2

TID (MIN)	EFFEKT (KW)	25	50	75	100
1	+	*	+	+	+
2	I	I*	I	I	I
3	I	I*	I	I	I
4	I	I*	I	I	I
5	I	I *	I	I	I
6	+	+ *	+	+	+
7	I	I	I	I	I
8	I	I	I	I	I
9	I	I	I	I	I
10	I	I *	I	I	I
11	+	+ *	+	+	+
12	I	I*	I	I	I
13	I	I	I	I	I
14	I	I *	I	I	I
15	I	I*	I	I	I
16	+	+ *	+	+	+
17	I	I *	I	I	I
18	I	I *	I	I	I
19	I	* I	I	I	I
20	I	* I	I	I	I
21	+	+ *	+	+	+
22	I	* I	I	I	I
23	I	I *	I	I	I
24	I	I*	I	I	I
25	I	* I	I	I	I
26	+	+ *	+	+	+
27	I	* I	I	I	I
28	I	* I	I	I	I
29	I	* I	I	I	I
30	I	* I	I	I	I
31	+	+ *	+	+	+
32	I	* I	I	I	I
33	I	I	I	I	I
34	I	I	I	I	I
35	I	I *	I	I	I
36	+	+ *	+	+	+
37	I	I	I	I	I
38	I	* I	I	I	I
39	I	* I	I	I	I
40	I	* I	I	I	I
41	+	+ *	+	+	+
42	I	I*	I	I	I
43	I	I*	I	I	I
44	I	I*	I	I	I
45	I	I *	I	I	I
46	+	+ *	+	+	+
47	I	I *	I	I	I
48	I	I	I	I	I
49	I	I	I	I	I
50	I	* I	I	I	I
51	+	+ *	+	+	+
52	I	* I	I	I	I
53	I	I *	I	I	I
54	I	I *	I	I	I
55	I	I *	I	I	I
56	+	+ *	+	+	+
57	I	* I	I	I	I
58	I	* I	I	I	I
59	I	I*	I	I	I
60	I	I *	I	I	I

SIMULERING AV VARMVATTENBEREDARE 1 000 st à 1 kW. Figur 2.3

TID (MIN)	EFFEKT (KW)	250	500	750	1000
1	+	*	+	+	+
2	I	⊗	I	I	I
3	I	⊗	I	I	I
4	I	⊗	I	I	I
5	I	*I	I	I	I
6	+	**+	+	+	+
7	I	*I	I	I	I
8	I	I*	I	I	I
9	I	⊗	I	I	I
10	I	*I	I	I	I
11	+	**+	+	+	+
12	I	I *	I	I	I
13	I	I *	I	I	I
14	I	I *	I	I	I
15	I	⊗	I	I	I
16	+	*	+	+	+
17	I	I*	I	I	I
18	I	⊗	I	I	I
19	I	⊗	I	I	I
20	I	⊗	I	I	I
21	+	*	+	+	+
22	I	⊗	I	I	I
23	I	*I	I	I	I
24	I	I*	I	I	I
25	I	⊗	I	I	I
26	+	**+	+	+	+
27	I	I*	I	I	I
28	I	I*	I	I	I
29	I	I *	I	I	I
30	I	*I	I	I	I
31	+	*	+	+	+
32	I	I*	I	I	I
33	I	I*	I	I	I
34	I	I*	I	I	I
35	I	⊗	I	I	I
36	+	**+	+	+	+
37	I	I*	I	I	I
38	I	⊗	I	I	I
39	I	⊗	I	I	I
40	I	⊗	I	I	I
41	+	*	+	+	+
42	I	⊗	I	I	I
43	I	⊗	I	I	I
44	I	I*	I	I	I
45	I	⊗	I	I	I
46	+	*	+	+	+
47	I	I*	I	I	I
48	I	⊗	I	I	I
49	I	⊗	I	I	I
50	I	*I	I	I	I
51	+	*	+	+	+
52	I	*I	I	I	I
53	I	⊗	I	I	I
54	I	I*	I	I	I
55	I	*I	I	I	I
56	+	*	+	+	+
57	I	I*	I	I	I
58	I	I *	I	I	I
59	I	I *	I	I	I
60	I	I*	I	I	I

SIMULERING AV HÄRDUGN. Figur 2.4

TID I MIN	TEMP.	EFFEKT (W)
5	599.613	0
10	599.893	10000
15	599.506	0
20	599.12	0
25	598.734	0
30	598.348	0
35	597.962	0
40	597.577	0
45	597.192	0
50	596.807	0
55	597.089	10000
60	597.371	10000
65	597.653	10000
70	597.268	0
75	597.55	10000
80	597.165	0
85	596.78	0
90	596.395	0
95	596.011	0
100	596.294	10000
105	595.91	0
110	595.526	0
115	595.142	0
120	594.759	0
125	595.042	10000
130	595.325	10000
135	594.941	0
140	594.558	0
145	594.842	10000
150	595.125	10000
155	594.742	0
160	594.359	0
165	593.976	0
170	594.26	10000
175	594.544	10000
180	594.161	0
185	593.778	0
190	593.395	0
195	593.679	10000
200	593.963	10000
205	593.58	0
210	593.198	0
215	593.483	10000
220	593.767	10000
225	594.051	10000
230	593.668	0
235	593.952	10000
240	594.236	10000

TID MIN	EFFEKT (KW)	SIMULERING AV ELRADIATORER. STRÖMVBROTT 5 min. Figur 2.5				
		0	12.5	25	37.5	50
1	+	+	*	+	+	+
2	I	I	*	I	I	I
3	I	I	*	I	I	I
4	I	I	*	I	I	I
5	I	I		*I	I	I
6	+	+		+	+	+
7	I	I		I *	I	I
8	I	I		I *	I	I
9	I	I		* I	I	I
10	I	I	*	I	I	I
11	+	+		+	+	+
12	I	I	*	I	I	I
13	I	I	*	I	I	I
14	I	I	*	I	I	I
15	I	I	*	I	I	I
16	+	+	*	+	+	+
17	I	I		* I	I	I
18	I	I		* I	I	I
19	I	I		* I	I	I
20	I	I	*	I	I	I
21	+	+		+	+	+
22	I	I	*	I	I	I
23	I	I	*	I	I	I
24	I	I	*	I	I	I
25	I	I	*	I	I	I
26	+	+	*	+	+	+
27	I	I	*	I	I	I
28	I	I	*	I	I	I
29	I	I	*	I	I	I
30	I	I	*	I	I	I
31	*	+		+	+	+
32	*	I		I	I	I
33	*	I		I	I	I
34	*	I		I	I	I
35	*	I		I	I	I
36	+	+		+	+	+
37	I	I		I	I *	I
38	I	I		I	I *	I
39	I	I	*	I	I	I
40	I	I	*	I	I	I
41	+	+	*	+	+	+
42	I	I	*	I	I	I
43	I	I	*	I	I	I
44	I	I	*	I	I	I
45	I	I	*	I	I	I
46	+	+	*	+	+	+
47	I	I	*	I	I *	I
48	I	I	*	I	I *	I
49	I	I	*	I	I	I
50	I	I	*	I	I	I
51	+	+	*	+	+	+
52	I	I	*	I	I	I
53	I	I	*	I	I	I
54	I	I	*	I	I	I
55	I	I	*	I	I	I
56	+	+	*	+	+	+
57	I	I	*	I	I	I
58	I	I	*	I	I	I
59	I	I	*	I	I	I
60	I	I	*	I	I	I

SIMULERING AV ELRADIATORER. STRÖMVBROTT 15 min. Figur 2.6

TID MIN	0	12.5	25	37.5	50
1	+	+	+	+	+
2	I	I *	I	I	I
3	I	I *	I	I	I
4	I	I *	I	I	I
5	I	I *	I *	I	I
6	+	+	+	+	+
7	I	I *	I *	I	I
8	I	I *	I	I	I
9	I	I *	I *	I	I
10	I	I *	I *	I	I
11	+	+	+	+	+
12	I	I *	I	I	I
13	I	I *	I	I	I
14	I	I *	I *	I	I
15	I	I *	I *	I	I
16	+	+	+	+	+
17	I	I *	I	I	I
18	I	I *	I *	I	I
19	I	I *	I *	I	I
20	I	I *	I	I	I
21	+	+	+	+	+
22	I	I *	I	I	I
23	I	I *	I *	I	I
24	I	I *	I *	I	I
25	I	I *	I	I	I
26	+	+	+	+	+
27	I	I *	I *	I	I
28	I	I *	I *	I *	I
29	I	I *	I *	I *	I
30	I	I *	I *	I	I
31	*	+	+	+	+
32	*	I	I	I	I
33	*	I	I	I	I
34	*	I	I	I	I
35	*	I	I	I	I
36	*	+	+	+	+
37	*	I	I	I	I
38	*	I	I	I	I
39	*	I	I	I	I
40	*	I	I	I	I
41	*	+	+	+	+
42	*	I	I	I	I
43	*	I	I	I	I
44	*	I	I	I	I
45	*	I	I	I	I
46	+	+	+	+	+
47	I	I	I	I	I *
48	I	I	I	I	I *
49	I	I	I	I *	I
50	I	I	I	I *	I
51	+	+	+	+	+
52	I	I	I	I *	I
53	I	I	I	I *	I
54	I	I	I *	I	I
55	I	I	I *	I	I
56	+	+	+	+	+
57	I	I	I *	I	I
58	I	I	I *	I	I
59	I	I	I *	I	I
60	I	I	I *	I	I

SIMULERING AV KYLRUM Figur 2.7

TID I TIM	TEMP.	KYLEFFEKT	VENT M.M	ØVRIGT
.5	-24.1766	20000	0	
1	-24.113	0	0	
1.5	-24.0495	0	0	
2	-23.9861	0	0	
2.5	-23.9228	0	0	
3	-23.8596	0	0	
3.5	-23.7964	0	0	
4	-23.7333	0	0	
4.5	-23.6703	0	0	
5	-23.4874	0	10000	VARNING
5.5	-23.3048	0	10000	VARNING
6	-23.1224	0	10000	VARNING
6.5	-23.0603	0	0	VARNING
7	-22.9983	0	0	VARNING
7.5	-23.1764	20000	0	VARNING
8	-23.3542	20000	0	VARNING
8.5	-23.5318	20000	0	
9	-23.7091	20000	0	
9.5	-23.8862	20000	0	
10	-24.063	20000	0	
10.5	-24.2395	20000	0	
11	-24.4158	20000	0	
11.5	-24.5918	20000	0	
12	-24.7676	20000	0	
12.5	-24.9431	20000	0	
13	-24.9984	20000	10000	
13.5	-25.0536	20000	10000	
14	-24.8687	0	10000	
14.5	-24.6841	0	10000	
15	-24.6198	0	0	
15.5	-24.5555	0	0	
16	-24.4913	0	0	
16.5	-24.4272	0	0	
17	-24.3632	0	0	
17.5	-24.2993	0	0	
18	-24.2355	0	0	
18.5	-24.1718	0	0	
19	-24.1082	0	0	
19.5	-24.0447	0	0	
20	-23.9813	0	0	
20.5	-23.798	0	10000	
21	-23.6149	0	10000	
21.5	-23.4321	0	10000	VARNING
22	-23.2496	0	10000	VARNING
22.5	-23.0673	0	10000	VARNING
23	-22.8853	0	10000	VARNING
23.5	-22.9435	20000	10000	VARNING
24	-23.0017	20000	10000	VARNING

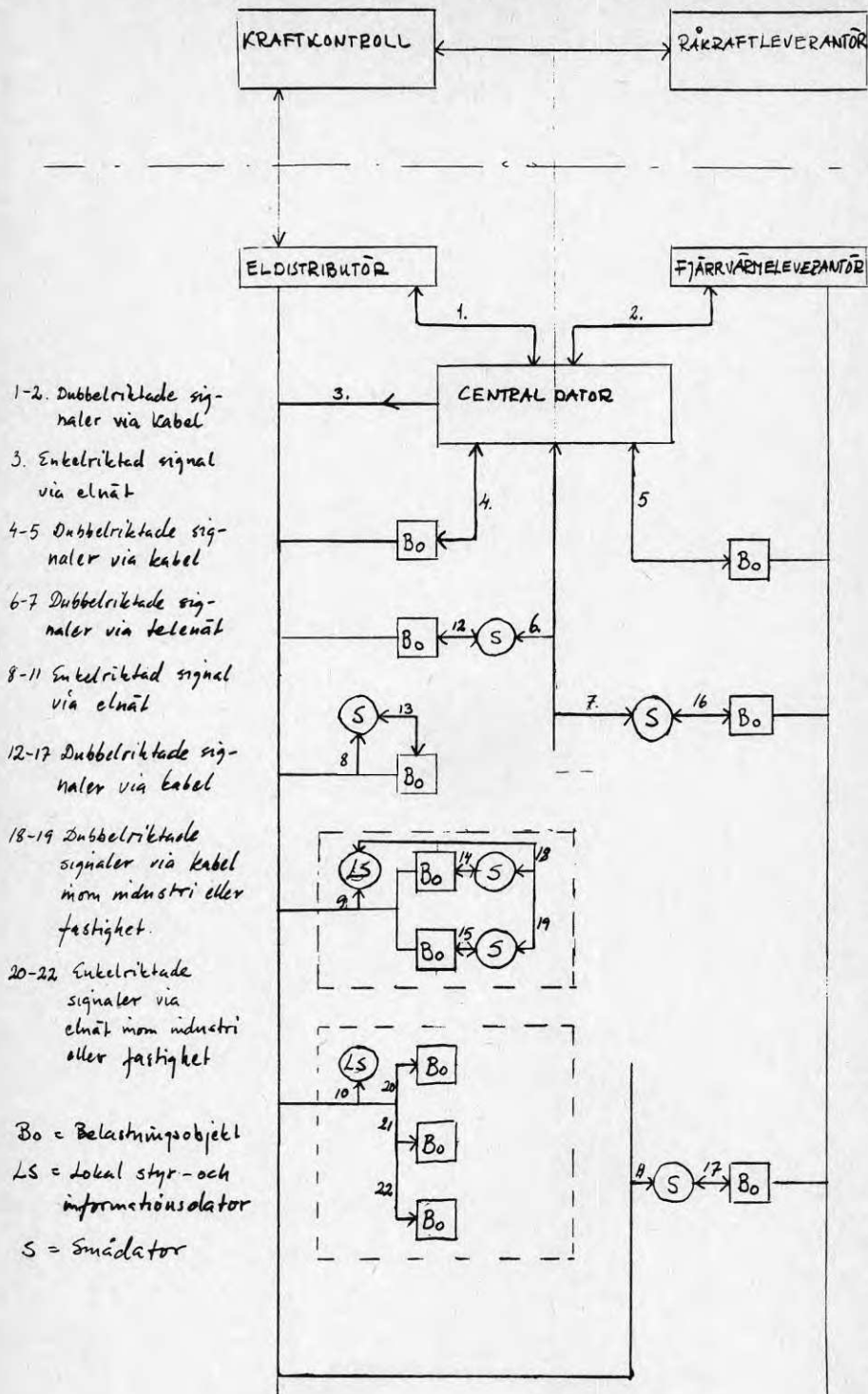
SAMMANLAGRING AV BELASTNINGSOBJEKT UTAN AKTIV EFFEKTSTYRNING. Figur 2.8

TID	EFFEKT (KW)	12,5	25	37,5	50	TEMP.
1	+	+	+	*	+	597
2	I	I	I	* I	I	598
3	I	I	I	* I	I	600
4	I	I	I	* I	I	601
5	I	I	I	I *	I	602
6	+	+	+	+	+	603
7	I	I	I	* I	I	604
8	I	I	I	* I	I	605
9	I	I	I	* I	I	606
10	I	I	I *	I	I	607
11	+	+	+	+	+	608
12	I	I	I	* I	I	609
13	I	I	I *	I	I	609
14	I	* I	I	I	I	608
15	I	I*	I	I	I	607
16	+	+	+	+	+	605
17	I	I *	I *	I	I	604
18	I	I *	I	I	I	602
19	I	* I	I	I	I	601
20	I	I*	I	I	I	600
21	+	+	+	+	+	598
22	I	* I	I	I	I	597
23	I	* I	I	I	I	595
24	I	* I	I	I	I	594
25	I	* I	I	I	I	593
26	+	+	+	+	+	591
27	I	I*	I	I	I	590
28	I	I*	I	I	I	589
29	I	* I	I	I	I	587
30	I	I	I	* I	I	588
31	*	+	+	+	+	587
32	#	I	I	I	I	586
33	#	I	I	I	I	584
34	#	I	I	I	I	583
35	#	I	I	I	I	582
36	*	+	+	+	+	580
37	#	I	I	I	I	579
38	#	I	I	I	I	577
39	#	I	I	I	I	576
40	#	I	I	I	I	575
41	*	+	+	+	+	573
42	#	I	I	I	I	572
43	#	I	I	I	I	571
44	#	I	I	I	I	569
45	#	I	I	I	I	568
46	+	+	+	+	+	569
47	I	I	I	I	I *	570
48	I	I	I	I	I *	571
49	I	I	I	I	I *	572
50	I	I	I	I	I *	574
51	+	+	+	+	+	575
52	I	I	I	I*	I	576
53	I	I	I	* I	I	577
54	I	I	I	* I	I	578
55	I	I	I	* I	I	579
56	+	+	+	+	+	580
57	I	I	I *	I	I	581
58	I	I	I	* I	I	582
59	I	I	I	* I	I	583
60	I	I	I	* I	I	584

SAMMANLAGRING AV BELASTNINGSOBJEKT MED AKTIV EFFEKTSTYRNING. Figur 2.9

TID MIN	EFFEKT (KW)				TEMP.
	0	12,5	25	37,5	
1	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	* - + - - - - - - -	604
2	I	I	I	* I	605
3	I	I *	I	I	603
4	I	I*	I	I	602
5	I	I *	I	I	600
6	+ - - - - - - - -	-*+ - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	599
7	I	* I	I	I	598
8	I	I	I	* I	599
9	I	I	I	* I	600
10	I	I	I	* I	601
11	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	-*+ - - - - - - -	602
12	I	I	I	* I	603
13	I	I	I	* I	604
14	I	I	I	* I	605
15	I	I	I	* I	606
16	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - * - - - - - -	+ - - - - - - - -	607
17	I	* I	I	I	605
18	I	* I	I	I	604
19	I	* I	I	I	602
20	I	* I	I	I	601
21	+ - - - - - - - -	+ - * - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	600
22	I	I *	I	I	598
23	I	I	I	* I	599
24	I	I	I	* I	600
25	I	I	I	* I	601
26	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	* - + - - - - - -	602
27	I	I *	I	I	601
28	I	* I	I	I	600
29	I	* I	I	I	598
30	I	* I	I	I	597
31	* - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	595
32	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	594
33	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	593
34	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	591
35	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	590
36	* - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	589
37	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	587
38	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	586
39	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	584
40	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	583
41	* - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	582
42	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	580
43	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	579
44	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	578
45	* - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	I - - - - - - - -	576
46	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - * - - - - - -	+ - - - - - - - -	575
47	I	I	I *	I	574
48	I	I	I *	I	572
49	I	I	* I	I	571
50	I	I	* I	I	570
51	+ - - - - - - - -	+ - * - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	568
52	I	I	* I	I	567
53	I	I	I	* I	568
54	I	I	I	* I	569
55	I	I	I	* I	570
56	+ - - - - - - - -	+ - - - - - - - -	+ - * - - - - - -	+ - - - - - - - -	571
57	I	I	I	* I	572
58	I	I	I	* I	574
59	I	I	I	* I	575
60	I	I	I	* I	576

Figur 3.1 Principschema för aktiv effektstyrning i distributionsnät



BILAGA 2

Datorprogram

SIMULERING AV VARMVATTENBEREDARE

BILAGA 2

```

10 ; CHR$(12)
20 ; " SAMMANLAGRAT EFFEKTBEHOV HOS VVB"
30 ; CHR$(151);STRING$(33%,44%)
40 ;
50 ; "HUR MANGA VVB"; : INPUT J%
60 ;
70 ; "HUR STOR EFFEKT HAR VARDERA VVB";
80 INPUT M%
90 ;
100 ; "ÖNSKAS PLOTTNING PÅ PRINTER"
110 ; " JA=1 NEJ=0"; : INPUT Z
115 RANDOMIZE
116 OPEN "V24;" ASFILE 1
120 IF Z<.5 THEN GOTO 170
130 IF NOT T%=111% THEN 170
140 ; £1,"SIMULERING AV VARMVATTENBEREDARE"
150 ; £1,""
155 ; £1,"TID";" EFFEKT (KW)"
157 ; £1,"(MIN)";
160 ; £1,TAB(5)"0";TAB(20);M%*J%/4;TAB(36);M%*J%/2;TAB(52);M%*J%*.75;TAB(68);M%*
J%
170 DIM T2%(J%),T1%(J%),E%(J%)
190 X=3
200 FOR I%=1% TO J%
210 IF T%(=T2%(I%) THEN E%(I%)=1% ELSE E%(I%)=0%
220 IF T%(T1%(I%) THEN GOTO 270
230 A%=INT(RND*4+1)
240 T2%(I%)=T%+A%
250 B%=INT(RND*10+5)
260 T1%(I%)=T%+B%
270 NEXT I%
280 E%=0%
290 FOR I%=1% TO J%
300 E%=E%+E%(I%)
310 NEXT I%
320 G=E%/(.013*J%)
330 G2=E%/(.015625*J%)
340 IF X=3 THEN 370
350 X=X+1
360 IF X(71 GOTO 490
370 ; CHR$(12)
380 ; "SIMULERING AV EFFEKT FÖRBRUKNING HOS"
390 ; "VARMVATTENBEREDARE."
400 ; J%;" ST A'";M%;" KW"
410 FOR I=4 TO 23
420 ; CUR(I,0);CHR$(151);
430 NEXT I
440 ; CUR(22,1);CHR$(135);" 0";CHR$(151)
450 ; CUR(5,1);CHR$(135);" KW";CHR$(151)
460 ; CUR(17,1);CHR$(135);INT(J%*M%/4);CHR$(151)
470 ; CUR(10,1);CHR$(135);INT(J%*M%/2);CHR$(151)
480 X=14
490 R2=70-G
500 IF R2<13 THEN R2=13
510 FOR R=70 TO R2 STEP -1
520 SETDOT R,X
530 NEXT R
540 IF Z<.5 THEN GOTO 650
545 IF T%<111% THEN 650
550 ; £1,T%-110%;
560 IF INT(R1/5)=R1/5 THEN 590

```

```
570 ; £1,TAB(5)"I";TAB(21)"I";TAB(37)"I";TAB(53)"I";TAB(69)"I"CHR$(13);
580 GOTO 630
590 FOR I=1 TO 4
600 ; £1,TAB(5*I);"+ - - - - - ";
610 NEXT I
620 ; £1"+";CHR$(13);
630 ; £1,TAB(G2+5);"*"
640 R1=R1+1
650 TX=TX+1X
655 IF TX=171X THEN STOP
660 GOTO 120
```

SIMULERING AV HÄRDUGN

```
10 OPEN "V24;" ASFILE 1
20 REM HÄRDUGN HJ 800603
40 T1=600 ; REM START TEMP.
50 T3=600 ; REM BÖRVARDE
70 F1%=5%
80 M=75
90 C=1000
100 K=1
110 A=10
120 T4=20
150 RANDOMIZE
180 ; £1, "SIMULERING AV HÄRDUGN"
190 ; £1, ""
200 ; £1, "TID I MIN", "TEMP.", "EFFEKT (W)"
210 Fx=Fx+F1%
220 IF Fx>240% THEN STOP
230 IF Fx<F2% THEN P2=10000 ELSE P2=0
240 IF Fx<F3% THEN 290
250 G1%=INT((T3-T1)+10)*(RND+.5)
252 IF G1%<0 THEN G1%=0%
254 IF G1%>20 THEN G1%=20%
256 ; G1%
260 G2%=G1%+(20%-G1%)*(RND+.5)
270 F2%=Fx+G1%
280 F3%=Fx+G2%
290 T1=T1+(K*A*(T4-T1)+P2-P)*F1%/(M*C)
310 ; £1F%, T1, P2
420 GOTO 210
```

```

10 OPEN "V24;" ASFILE 1
20 REM ELVARMDA SMAHUS HJ 800530    SIMULERING AV ELRADIATORER
30 X=3
40 JX=1
50 A3=10
53 ; £1,"TID    EFFEKT (KW)"
55 ; £1,"MIN";TAB(5)"0";TAB(21)"12.5";TAB(37)"25";TAB(53)"37.5";TAB(69)"50"
60 RANDOMIZE
120 F1X=1X : REM TIDSSTEG I MINUTER
130 A2=5 : REM ANTAL RAD. I VARJE HUS
140 P=1000
170 F2=F2+F1X
171 IF F2=161X THEN STOP
172 IF F2>130X THEN S1=1
174 IF F2>145X THEN S1=0
190 P2=0
200 FOR J=1 TO A3
240 P2(J)=0
250 FOR I=1 TO A2
260 P(I)=0
270 IF F2=F1X THEN 310
275 IF S1>.5 THEN F2X(I,J)=F2X(I,J)+1X
280 IF F2<F2X(I,J) THEN P(I)=P ELSE P(I)=0
290 IF F2<F3X(I,J) THEN 340
310 AX=F2+RND*10+1
312 F2X(I,J)=AX
320 F3X(I,J)=F2X(I,J)+10*RND+1
340 P2(J)=P2(J)+P(I)
350 NEXT I
360 P2=P2+P2(J)
365 IF S1>.5 THEN P2=0
370 NEXT J
375 A=P2*64/(1000*50)
380 G=P2/(A2*1500*.017543*A3)
390 IF X=3 THEN 420
400 X=X+1
410 IF X<71 GOTO 540
420 ; CHR$(12)
430 ; "SIMULERING AV EFFEKTFÖRBRUKNING HOS"
440 ; "SMAHUS MED ELVARME"
450 ; A3;" HUS MED"A2;" ST  RAD.  A'"P/1000" KW"
460 FOR I=4 TO 23
470 ; CUR(I,0);CHR$(151);
480 NEXT I
490 ; CUR(22,1);CHR$(135);" 0";CHR$(151)
500 ; CUR(5,1);CHR$(135);" KW";CHR$(151)
510 ; CUR(17,1);CHR$(135);INT(A2*P*.001/4);CHR$(151)
520 ; CUR(10,1);CHR$(135);INT(A2*P*.001/2);CHR$(151)
530 X=14
540 R2=70-G
550 IF R2<13 THEN R2=13
560 FOR R=70 TO R2 STEP -1
570 SETDOT R,X
580 NEXT R
590 IF F2<=100 THEN GOTO 1200
900 ; £1,F2-100X;
940 IF INT(R1/5)=R1/5 THEN 970
950 ; £1,TAB(5)"I";TAB(21)"I";TAB(37)"I";TAB(53)"I";TAB(69)"I";CHR$(13);
960 GOTO 1110
970 FOR I=1 TO 4
980 ; £1,TAB(5*I);"+ - - - - - - - ";
990 NEXT I
1100 ; £1"+";CHR$(13);
1110 ; £1,TAB(A+5,5);"*"
1130 R1=R1+1
1200 GOTO 170

```


SIMULERING AV KYLRUM

```

10 OPEN "V24;" ASFILE 1
20 REM KYLRUM HJ 800528
30 B%=1000%
40 T1=-24
50 T3=-25
60 T2=-23
70 F1=1800
80 M=75000
90 C=2000
100 K=.2
110 A=600
120 T4=20
130 P1=20000
140 P=P1
150 RANDOMIZE
160 F2=-1
170 F3=(RND*6*3600+4*3600)
180 ; £1,"SIMULERING AV KYLRUM"
190 ; £1,""
200 ; £1,"TID I TIM","TEMP.,""KYLEFFEKT","VENT M.M","ÖVRIGT"
210 F=F+F1
220 H=F/3600
230 IF F<F2 THEN P2=10000 ELSE P2=0
240 IF F<F3 THEN 290
250 G1=(RND*6*3600+1*3600)
260 G2=(RND*6*3600+4*3600)
270 F2=F+G1
280 F3=F+G2
290 T1=T1+(K*A*(T4-T1)+P2-P)*F1/(M*C)
300 ; £1,H,T1,P,P2,
310 ; T1,P,P2
320 IF T1+.5>T2 THEN ; £1,"VARNING" ELSE ; £1,""
330 IF T1>T3 THEN GOTO 370
340 P=0
350 S=0
360 GOTO 420
370 IF T1<T2 THEN GOTO 410
380 P=P1
390 S=1
400 GOTO 420
410 IF S=1 THEN P=P1 ELSE P=0
420 GOTO 210

```

```

3230 IF F<F2%(3) THEN P3(3)=5000 ELSE P2(3)=0
3240 IF F<F3%(3) THEN 3290
3250 G1%=INT(RND*15+15)          SAMMANLAGRING AV BELASTNINGSOBJEKT
3260 G2%=INT(RND*15+30)
3270 F2%(3)=F%+G1%
3280 F3%(3)=F%+G2%
3290 T1(3)=T1(3)+(K(3)*A(3)*(T4-T1(3))-P2(3)+P3(3))*F1%*60/(M(3)*C(3))
3295 ; £1"P2(3)"P2(3)
3330 IF T1(3)>T3(3) THEN GOTO 3370
3340 P2(3)=0
3350 S=0
3360 GOTO 4200
3370 IF T1(3)<T2(3) THEN GOTO 3410
3380 P2(3)=10000
3390 S=1
3400 GOTO 4200
3410 IF S=1 THEN P2(3)=10000 ELSE P2(3)=0
4200 P2(3)=P2(3)
4203 T1(4)=0
4205 P2(4)=0
4207 FOR J=1 TO A3(4)
4210 X1=(T4(J)-T2(4))/10+(T3(4)-T4(J))*1
4220 T4(J)=T4(J)+(K(4)*(T2(4)-T4(J))+P3(J))*F1%*60/M(4)
4240 P3(J)=0
4250 FOR I=1 TO A2(4)
4260 P(I)=0
4270 IF F=F1% THEN 4300
4280 IF F<F4%(I,J) THEN P(I)=P4 ELSE P(I)=0
4290 IF F<F5%(I,J) THEN 4340
4300 IF (4*RND-X1)<0 THEN X1%(I)=INT(RND*10+5) ELSE X1%(I)=0%
4310 F4%(I,J)=F%+X1%(I)
4320 F5%(I,J)=F4%(I,J)+(10-X1%(I))*(RND+.5)
4330 IF F5%(I,J)<F4%(I,J) THEN F5%(I,J)=F4%(I,J)
4340 P3(J)=P3(J)+P(I)
4350 NEXT I
4360 P2(4)=P2(4)+P3(J)
4365 T1(4)=T1(4)+T4(J)
4370 NEXT J
4590 P2(5)=0
4600 FOR I=1 TO 4
4610 P2(5)=P2(5)+P2(I)
4620 NEXT I
5380 G=P2(5)/2000
5390 IF X=3 THEN 5420
5400 X=X+1
5410 IF X<71 GOTO 5540
5420 ; CHR$(12)
5430 ; "AKTIV EFFEKTSTYRNING"
5440 ; "EXEMPEL"
5460 FOR I=4 TO 23
5470 ; CUR(I,0);CHR$(151);
5480 NEXT I
5490 ; CUR(22,1);CHR$(135);" 0";CHR$(151)
5500 ; CUR(5,1);CHR$(135);" KW";CHR$(151)
5510 ; CUR(17,1);CHR$(135);30;CHR$(151)
5520 ; CUR(11,1);CHR$(135);70;CHR$(151)
5530 X=14
5540 R2=70-G
5550 IF R2<13 THEN R2=13
5560 FOR R=70 TO R2 STEP -1
5570 SETDOT R,X
5580 NEXT R
5600 ; £1,F%,P2(1),P2(2),P2(3),P2(4),P2(5)
5610 ; £1,T1(3)
6000 GOTO 1000

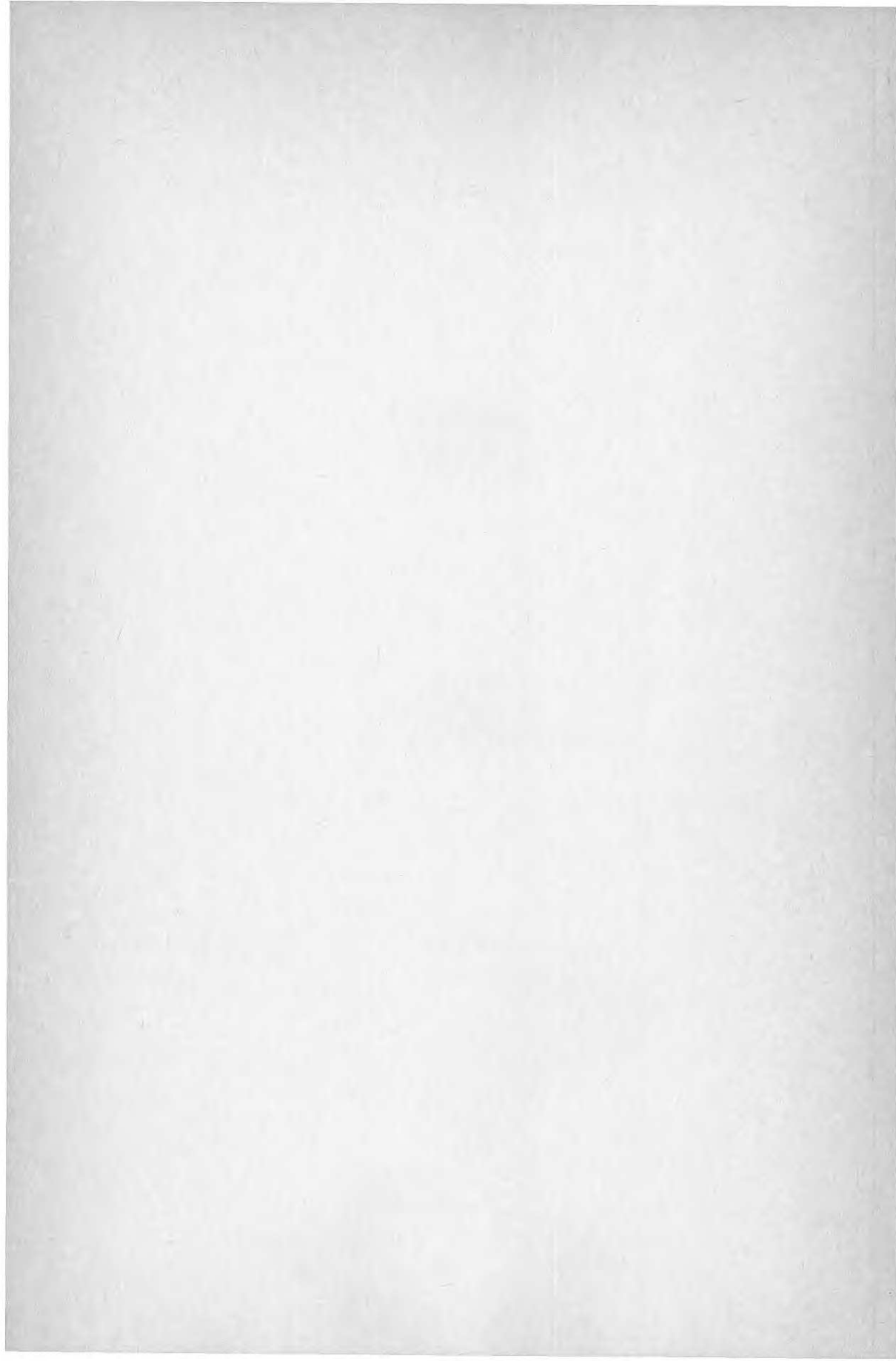
```

SAMMANLAGRING AV BELASTNINGSOBJEKT

```

10 OPEN "V24;" ASFILE 1
15 X=3
20 REM HARDUGN HJ 800603
30 DIM F6%(100),F7%(100),E%(100),T4(25),P3(25),F4%(6,25),F5%(6,25)
40 T1(1)=600 : REM START TEMP,
50 T3(1)=600 : REM BÖRVARDE
70 F1%=1%
80 M(1)=75
90 C(1)=1000
100 K(1)=1
110 A(1)=10
120 T4=20
130 F3%(1)=10%
140 F2%(1)=5%
160 A2%(2%)=20%
180 M%=1%
200 F2%(2)=4%
210 F3%(2)=8%
320 REM KYLRUM HJ 800528
340 T1(3)=-24
350 T3(3)=-24.5
360 T2(3)=-23.5
380 M(3)=10000
390 C(3)=1500
400 K(3)=.2
410 A(3)=600
460 F2=-1
470 F3%(3)=(RND*6*3600+4*3600)
480 F2%(3)=F3%(3)-2
520 REM ELVÄRMADA SMAHUS HJ 800530
540 J%=1
550 A3(4)=20
570 FOR J=1 TO A3(4)
580 T4(J)=20 : REM START TEMP,
590 NEXT J
600 T2(4)=10
610 T3(4)=20 : REM BÖRVARDE RUMSTEMP
630 A2(4)=6 : REM ANTAL RAD. I VARJE HUS
640 P4=1500
650 M(4)=7.5E+7 : REM M*CP
660 K(4)=200 : REM SUMMA K*A
1000 F%=F%+F1%
1230 IF F%<F2%(1) THEN P2(1)=10000 ELSE P2(1)=0
1240 IF F%<F3%(1) THEN 1290
1250 G1%=INT((T3-T1)+10)*(RND+.5)
1252 IF G1%<0 THEN G1%=0%
1254 IF G1%>20 THEN G1%=20%
1260 G2%=G1%+(20%-G1%)*(RND+.5)
1270 F2%(1)=F%+G1%
1280 F3%(1)=F%+G2%
1290 T1(1)=T1(1)+(K(1)*A(1)*(T4-T1(1))+P2(1))*F1%*60/(M(1)*C(1))
2190 FOR I%=1% TO A2%(2%)
2200 IF F%<=F6%(I%) THEN E%(I%)=1% ELSE E%(I%)=0%
2210 IF F%<F7%(I%) THEN GOTO 2260
2220 G1%=INT(RND*4+1)
2230 F6%(I%)=F%+G1%
2240 G2%=INT(RND*10+5)
2250 F7%(I%)=F%+G2%
2260 NEXT I%
2270 P2(2)=0
2280 FOR I%=1% TO A2%(2%)
2290 P2(2)=P2(2)+E%(I%)*1000
2300 NEXT I%

```



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790701-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Scandiaconsult AB,
Stockholm.**

R131: 1981

ISBN 91-540-3600-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700431

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 25 kr exkl moms