

DAGLIG ANVENDELSE AF DATAMATFUNKTIONER I ELSAMS CENTRALE KONTROLRUM



I ELSAMS kontrolrum anvendes datamatsystemer til:

- planlægning af den optimale produktion i området
- planlægning af primærnettets koblingstilstand
- planlægning af udveksling med udlandene
- overvågning af produktionen, udlandsudvekslinger og primærnettet i området
- fjernstyring af 400 kV, 220 kV og HVDC stationer samt udveksling med udlandet

- prisberegning for og afregning af udveksling med udlandet.

Opgaverne løses ved anvendelse af real-time- og baggrundsdatamat-systemer med dataudveksling mellem systemerne.

I februar 1980 tog ELSAM et nyt kontrolrum i brug, men flere af funktionerne har været anvendt og udviklet siden 1976.

Dette notat indeholder en kortfattet beskrivelse af de dagligt anvendte funktioner.

ELSAM -

Det jysk-fynske Elsamarbejde, stiftet 1956.

OMRÅDE:

ELSAMs interessenter, de syv landsdelsværker, producerer praktisk taget hele el-forbruget i Danmark vest for Storebælt. I 1982 var maksimalbelastningen 2600 MW, forbruget 13 TWh, og fjernvarmeleveringen 21 PJ. Antallet af indbyggere i området udgør ca. 54% af Danmarks befolkning. Forbruget af elektrisk energi vest og øst for Storebælt er omtrent lige stort.

INTERESSEENTER:

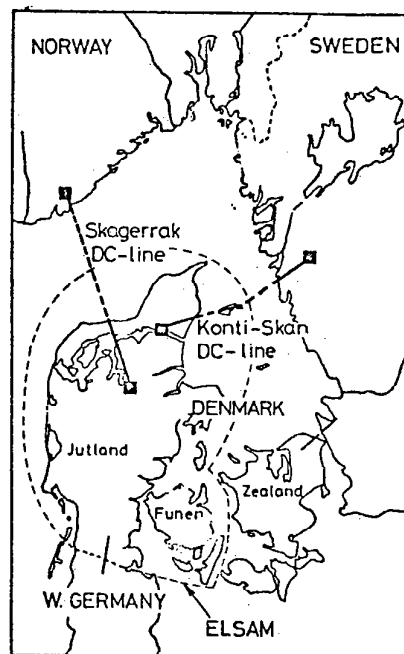
ELSAMs interessenter ejes hver især af en gruppe distributionsselskaber, der enten er købstadskommunale eller organiseret som andelsselskaber eller interessentskaber. De kommunale selskaber og de fleste af de øvrige leverer direkte til forbrugerne, men i adskillige tilfælde er der endnu et selskab eller en transformerforening indskudt.

OPGAVER:

ELSAMs formål er - til gavn for interessenternes el-forbrugere - at opnå, at den jysk-fynske udbygning og drift af kraftværker og primære ledningsnet, betragtet som helhed, sker på den bedst mulige måde, teknisk og økonomisk under hensyntagen til samfunds krav, herunder størst mulig nyttevirkning ved kombineret el- og varmeproduktion.

Udbygningen af kraftværker og primære ledningsnet, og den daglige drift af anlæggene koordineres gennem ELSAM, som også medvirker ved projektering af kraftværker hos interessenterne og forestår brændselsindkøb og finansiering af kraftværksbyggeri.

ELSAM varetager desuden områdets samarbejde med udlandet.



UDLANDSFORBINDELSER:

ELSAM er forbundet med Tyskland med en 400 kV og to 220 kV luftledninger. Den samlede overføringsevne mellem ELSAM-området og Tyskland er knap 1000 MVA.

Med Norden er ELSAM forbundet med tre jævnstrømsforbindelser: to til Sverige med en overføringsevne på ca. 570 MW og en til Norge med ca. 500 MW. Norges-forbindelsen fungerer som et spidskraftværk for ELSAM-området med en effekt på 250 MW.

PRIMÆRNET OG -STATIONER:

400 kV, 220 kV og 150 kV højspændingsnet.

4	stk.	400 kV	stationer
2	-	220	-
60	-	150	-
3	-	HVDC	-

PRODUKTIONSENHEDER:

28 kul- og oliefyrede enheder sammensat af 25 kedler og 32 turbiner placeret på 9 kraftværker.

Installeret effekt: 4200 MW.

Kulfyringsgrad i 1986: 96%.

INDHOLD:

	<u>Side</u>
0. Data for datamatsystemer i ELSAMs kontrolrum	2
1. Kontrolrummets funktion	3
1.1 Opgaver	3
1.2 Netdriftens organisation	4
1.3 Operatør = menneske + datamater	5
2. Samarbejdende datamatsystemer	7
2.1 Real time anvendelse	7
2.2 Baggrundsanvendelse	7
2.3 Real time systemer	8
Front-end systemet	9
Hoveddatamatsystemet	9
2.4 Baggrundssystemet	11
2.5 Betjening i kontrolrummet	12
3. Specielle funktioner	15
3.1 Driftsplanlægning	15
Produktionsplan for hver halve time	16
Principper for koordinering af data og resultater	18
Systemdata	19
Variable døgndata	19
Beregninger	20
Anvendt matematik	21
Resultat	22
3.2 Priser for udlandsudvekslingen	23
3.3 Afregning af udveksling med udlande	24
Energiregistreringer	24
Planer	25
Beregninger	25
4. Styling af udvekslingen med udlandet	27
4.1 Planregulering	27
4.2 Tillægsordrer til planreguleringen	28
4.3 Manuel regulering	28
4.4 Automatisk udlandsregulering	28
4.5 Overlast regulering	29
5. Fremtidig udvikling	30

Bilag 1: Konfiguration HOVEDDATAMATSYSTEMET

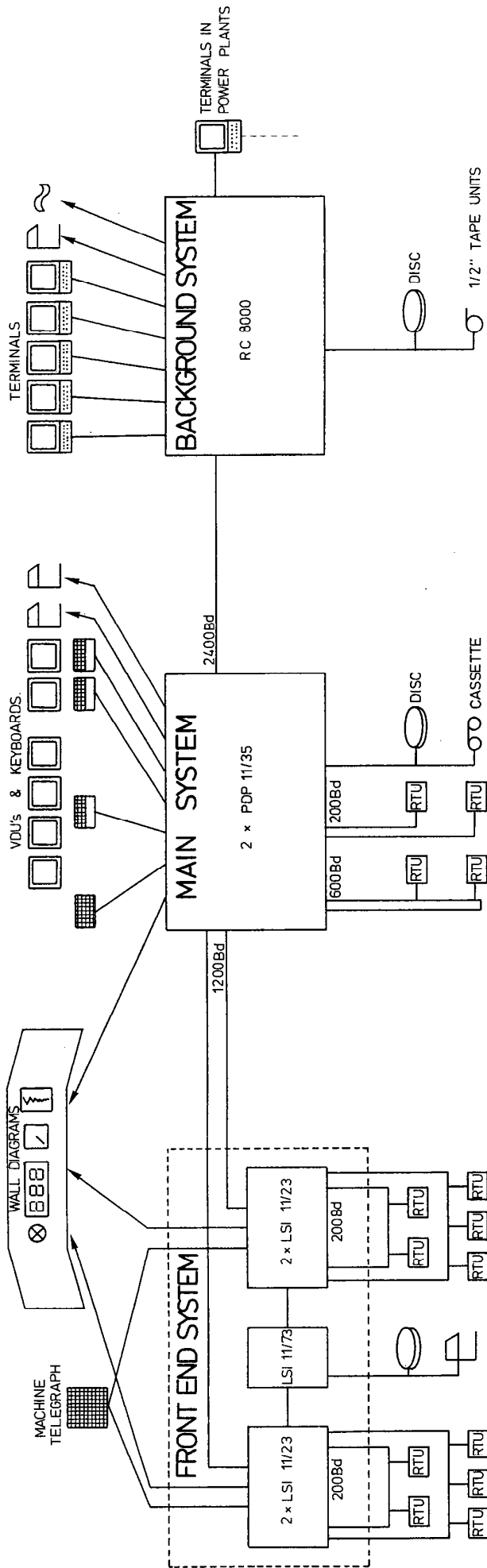
Bilag 2: Konfiguration FRONT-END SYSTEMET, sekt. 1

Bilag 3: ELSAMs primære højspændingssystem 1988

DATA ON COMPUTER SYSTEMS IN ELSAM'S CONTROL CENTRE

REAL TIME

BACKGROUND



FRONT END SYSTEM

TASKS:
Data acquisition from 150 kV sub-stations and from production units.
Distribution of short form telegraph commands to power plant control rooms.
Communication with main system.
Update displays on wall diagrams in control room.

CONFIGURATION:
5 computers LSI 11/23, 32 k words RAM, 16 bit words
2 floppy discs RX01, 256 kb
1 printer LA120
8 200 bd links to RTUs
2 1200 bd links to main system.

MAIN SYSTEM

TASKS:
Control and supervision of HVDC, 400, 220, and 150 kV substations. Supervision of power plants.
Automatic and manual regulation of HVDC links.
Communicate with background computer, front-end and remote terminal units (RTU). Update displays in control room. Perform real time calculations and value registration. Act as man/machine interface.

CONFIGURATION:
2* computers PDP 11/35, 64 k words core, 16 bit words
3 discs RK 11/05 1200 k words
2 cassette drives, 46 k words each
6 colour VDU's Barco 20", 4 keyboards
2 printers LA100
1 printer LA120

DATA AMOUNT:
300 remote commands
500 status indications (double)
1000 alarms
400 measurements (150 with limit check)
100 VDU diagrams

* one in operation, the other as stand-by. A third PDP 11/35 is used for program development.

BACKGROUND SYSTEM

TASKS:
Economic load dispatching.
Load flow computation.
Price calculations and account functions for power exchange with neighbour areas.

CONFIGURATION:
1* computer RC8000/55, 128 k words core, 24 bit words
1 disc 248 Mb
1 puncher for telex
1 printer
5 terminal display units
8 terminals in power plants, one in each
1 data link to main system, 2400 bd

* ELSAM has a total number of mainframe computers of:
2 RC8000 computers
1 UNISYS 1100/72
1 VAX 11/750

1 KONTROLRUMMETS FUNKTION

I ELSAMs kontrolrum udføres de opgaver, der normalt udføres i et nationalt kontrolrum for elforsyningen (dog er det kun få steder i verden, at man foretager særlig omfattende fjernstyring fra den centrale driftscentral).

1.1 OPGAVER

Opgaverne er primært følgende:

- overordnet overvågning af det primære højspændingsnet (150 kV, 220 kV og 400 kV ledningerne)
- styring og overvågning af 400 kV og 220 kV systemerne samt HVDC stationerne mod Norge og Sverige (HVDC = High Voltage Direct Current, jævnstrøm)
- planlægning og overvågning af den samlede elproduktion i området
- indgåelse af aftaler om eksport/import af elektricitet med Norge, Sverige og Vesttyskland
- prisberegning for og afregning af udvekslet energi med udlandet.

Opgaverne udføres af det personale, der dagligt bemander kontrolrummet, medens personale i tilknytning til kontrolrummet sørger for:

- datagrundlag
- specifikation og koordinering af funktionerne
- software-udvikling
- retningslinier for driften af elsystemet.

1.2 NETDRIFTENS ORGANISATION

Driften af elsystemet i ELSAM-området er organiseret således, at det kun er de opgaver, som det er fordelagtigt at koordinere, der løses i det centrale kontrolrum. Fig. 1 viser organisationens hierarkiske opbygning med angivelse af kommunikationsforbindelser.

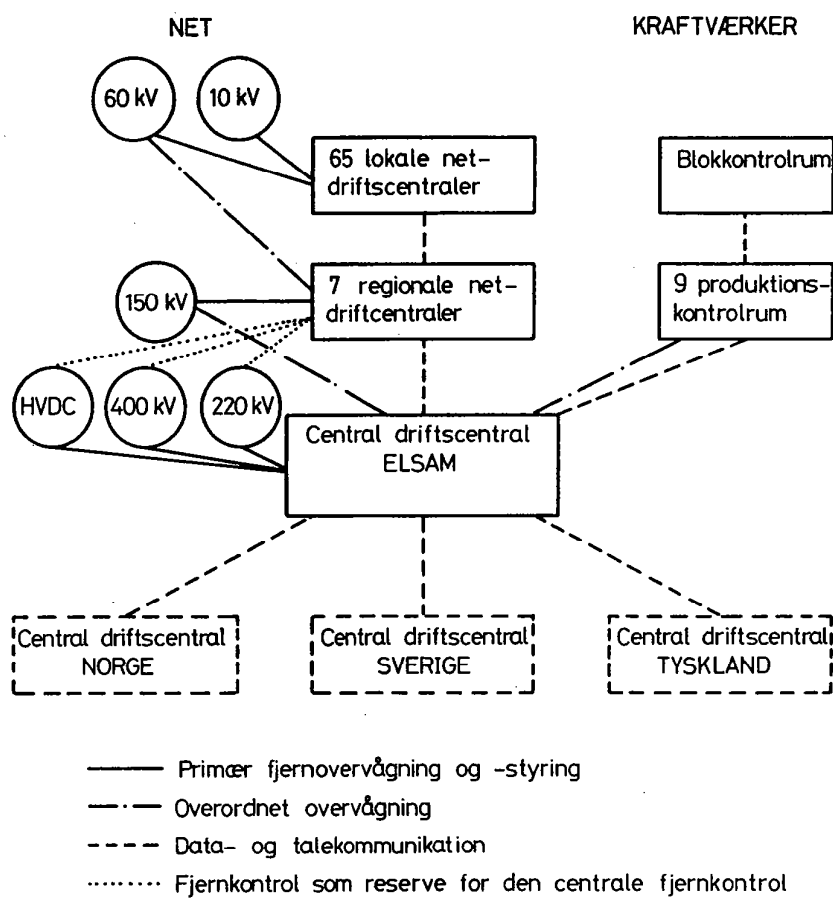


Fig. 1: Organisation af driftsfunktionerne i ELSAM-området

1.3 OPERATØR = MENNESKE + DATAMATER

Opgaverne i det centrale kontrolrum kan aldrig automatiseres fuldt ud. Til gengæld kan de krav, der stilles til opgavernes løsning, ikke honoreres uden brug af avancerede hjælpeværktøjer. For at opnå at kontrolrummets funktioner løses effektivt, anvendes forskellige typer af hjælpeværktøjer, og de er konfigureret således, at de danner en helhed.

I kontrolrummet anvendes følgende hjælpeværktøjer:

- datamatsystemer
- oversigtstavler forsynet med indikeringer og måleværdier
- specielle driftstelefonssystemer
- specielt elektronikudstyr
- instruktionsmateriale

Det stiller store krav til både den ergonomiske udformning af kontrolrummet og instrumenteringen samt til den måde, EDB-systemerne tilpasses menneskets måde at behandle information på (kognitiv ergonomi) for at opnå, at kontrolrummets funktioner kan udføres effektivt, samtidig med at kontrolrummet skal være en god arbejdsplads for det personale, der bemander det døgnet rundt. Ved etableringen af ELSAMs kontrolrum i 1980 har man søgt at tilgodese disse forhold. Al dataudveksling mellem elsystemet og kontrolrummet varetages af datamater, og betjeningen sker i stor udstrækning via dataskærme. Trods denne udprægede anvendelse af datamatsystemer er det nødvendigt at anvende vægtavler med opdateret information for at give personalet det effektive overblik over den proces, der skal overvåges. Kontrolrummets indretning er vist på fig. 2.

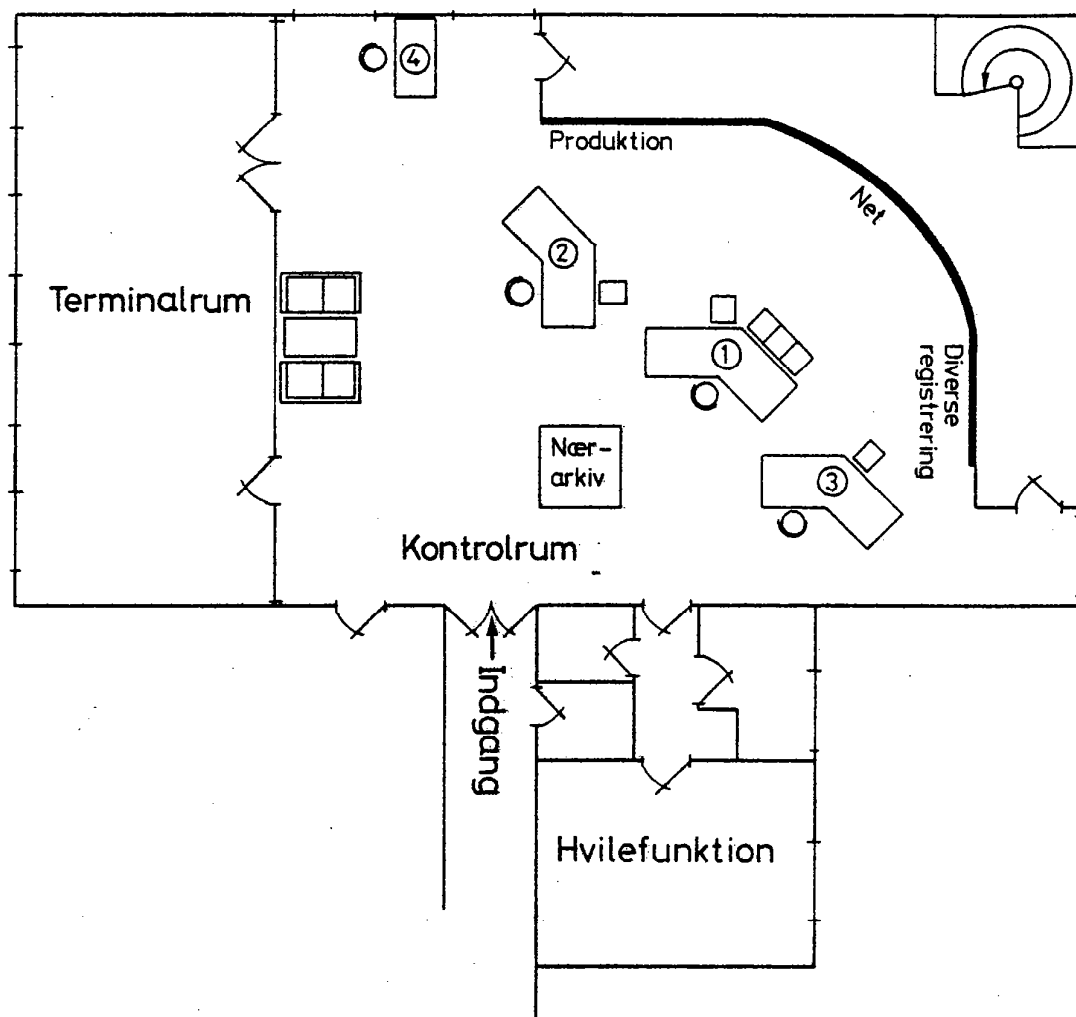


Fig. 2: Kontrolrumsindretning

Kontrolrummet har tre betjeningspulte, som er placeret foran tavlerne. Driftsvagten arbejder ved pult 1. Kun denne pult er bemannet døgnet rundt. Ved pult 2, hvorfra man kan udføre de vitale funktioner parallelt med pult 1, udfører tavlesalslederen bl.a. den langsigtede driftsplanlægning for netafbrydelse og produktionsindsats op til to år frem i tiden. Ved pult 3 arbejdes med afregningsopgaver og næste dags driftsplanlægning. Pult 4 er et arbejdsbord uden terminaludstyr. I nærarkivet findes bl.a. driftsinstruktioner. Printere tilsluttet datamater samt telexudstyr er placeret i terminalrummet. Hvilefunktionen er indrettet for at gøre det muligt at oprette dobbeltbemanding (sovevagt) uden for normal arbejdstid.

2 SAMARBEJDENDE DATAMATSYSTEMER

Kontrolrummet råder over 9 datamater. En del af disse anvendes som "back-up" for hinanden. Alle opgaver kan løses, selv om kun 4 datamater fungerer. Hvis alle datamater svigter, betyder det ikke, at elforsyningen i ELSAM-området bryder sammen. Det vil derimod ikke være muligt i længere tid at sikre den mest økonomiske drift, og sker der samtidig alvorlige fejl i højspændingssystemet, kan retableringstiden for den primære elforsyning blive forlænget.

Funktionelt er datamaterne opdelt i:

2.1 REAL TIME ANVENDELSE:

omfatter løbende overvågning og styring af net og produktion, der kræver at kunne udføres hurtigt og med meget stor tilgængelighed.

2.2 BAGGRUNDSANVENDELSE:

som omfatter kapacitets- og tidskrævende beregninger, der ikke stiller krav om gennemførelse i relation til real time, og som derfor stiller mindre krav til tilgængeligheden.

På fig. 3 er givet en funktionsoversigt over datamatanvendelse i ELSAMs driftscentral.

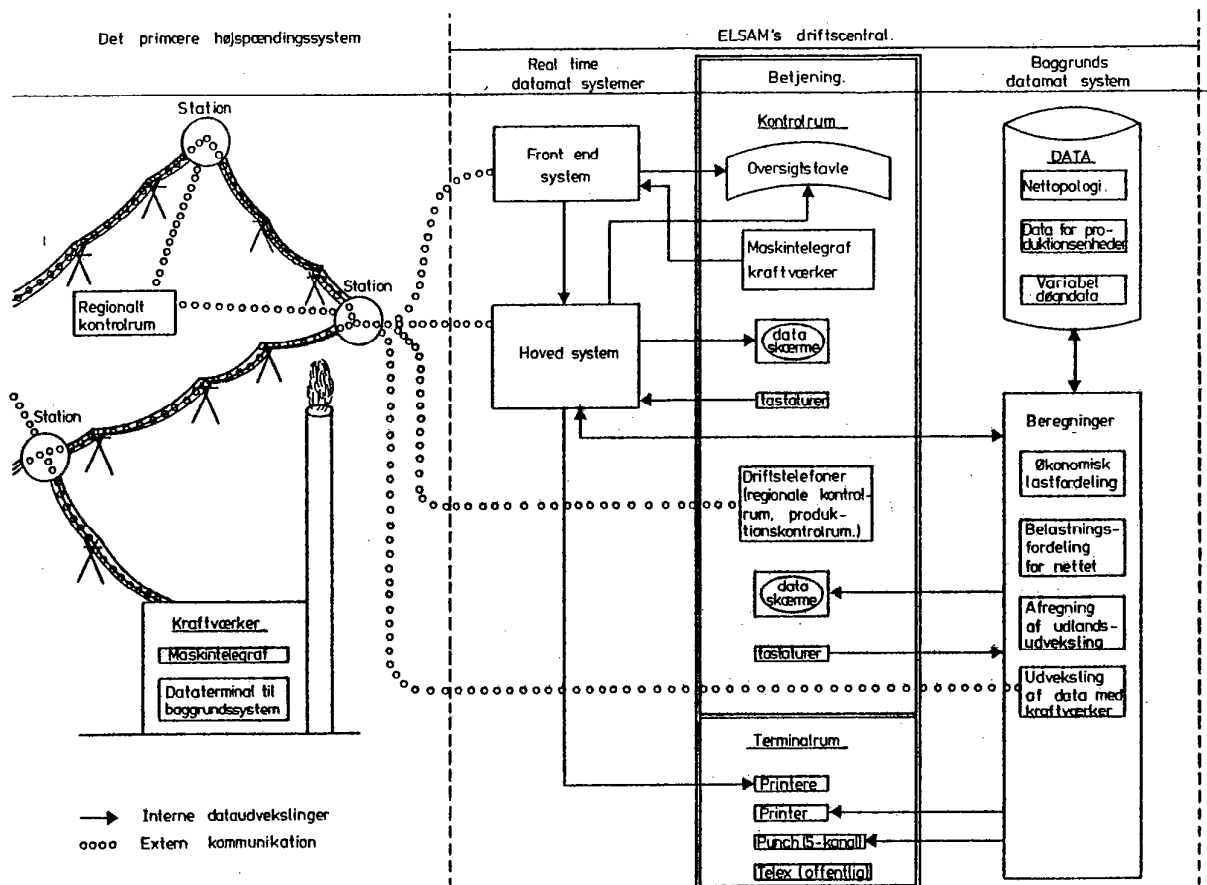


Fig. 3: Funktionsoversigt for datamatanvendelse i ELSAMs kontrolrum

2.3 REAL TIME SYSTEMER

Real time systemerne er såvel hardware- som softwaremæssigt konfigureret ud fra:

- at opnå stor tilgængelighed for data fra såvel delområder som for det totale ELSAM-område
- en opgavefordeling mellem systemerne således, at risikoen for overbelastning (CPU belastning) reduceres, samtidig med at software-systemerne kunne struktureres bedst muligt
- at betjeningen fra kontrolrummet kan foretages med stor sikkerhed og så enkelt, at personalet ikke behøver at være EDB-eksperter.

Tilgængeligheden for real time systemerne har i 1986 været > 99,99% svarende til en "ude af drift" tid på 1 time.

Real time systemerne består af 2 systemer:

FRONT END SYSTEMET

der indsamler data fra 150 kV nettet og kraftværkerne, dvs. data, som anvendes til at udføre den overordnede overvågning.

HOVEDDATAMATSYSTEMET

der indsamler data fra og varetager fjernstyringen af 220 og 400 kV nettet samt HVDC stationerne, dvs. varetager fjernkontrollen af de systemer, hvor den primære kontrol udføres fra ELSAMs kontrolrum. Desuden varetager HOVEDDATAMATSYSTEMET alle funktioner vedrørende operatørkommunikation, således at det betjeningsmæssige ved overvågning og styring, set fra operatøren, er uafhængigt af, hvilket datamatsystem der varetager selve fjernkommunikationen.

For at opnå stor tilgængelighed for de data, der indsamles, tilføres vægtavlerne data direkte fra de datamater, der indsamler dem. Herved er sandsynligheden for at miste overblikket over det totale elsystem, ved svigt af enkelte datamater, reduceret betydeligt.

De af FRONT-END SYSTEMET indsamlede data overføres direkte til HOVEDDATAMATSYSTEMET, således at videre behandling kan foretages.

Cyklustider for måleværdier er 5-10 sec., og hændelser registreres hos ELSAM mindre end 1 sec. efter, at de er opstået ude i stationerne. Fjernstyringskommandoer effektueres ude i stationerne mindre end 0,5 sec. efter afgivelse.

HOVEDDATAMATSYSTEMET kan ved operatøraktivering udveksle data med BAGGRUNDSSYSTEMET.

Der er 2 uafhængige transmissionsforbindelser til alle datamatunderstationer. Ved fejl på transmissionsforbindelser omkobles til ikke-fejllramte forbindelser. I FRONT-END SYSTEMET sker disse omkoblinger automatisk, medens de i HOVEDDATAMATSYSTEMET foretages manuelt af operatøren.

FRONT-END SYSTEMET består af 2 delsystemer, der hver især er dobbeltdatamat-systemer. Der er automatisk "fail over" ved svigt af en CPU. For de 2 delsystemer er der en fælles operatørbetjeningsdatamat, der kun anvendes i forbindelse med opstart, vedligeholdelse og teleteknisk betjening af systemet.

HOVEDDATAMATSYSTEMET består af et driftssystem og et stand-by system. De 2 systemer er altid helt adskilte, og omkobling til stand-by systemet foretages manuelt af driftsvagten. En tredje datamat anvendes til softwareudvikling og som reservedele.

HOVEDDATAMATSYSTEMETS væsentligste funktioner er:

- Meldingsbehandling
- Måleværdibehandling
- Grænseværdikontrol for målte og beregnede værdier (Amp, kV, Hz, MW for udlandsudveksling og produktion)
- Simple beregninger:
 - danne nye måleværdier ud fra de indsamlede
 - danne øjebliksværdier ud fra planværdier
 - foretage tabskorrektion på måleværdier for HVDC forbindelsen til Norge
 - danne øjebliksværdier for Tysklands andel i produktionen på det i ELSAM-området placerede kraftværk (654 MW), som PE (PreussenElektra) ejer halvdelen af
 - beregne opladetilstanden for en fjernvarmeakkumulator placeret i tilknytning til en modtryksenhed

- Styringer
 - manuelt: afbrydere
 adskillere
 viklingskoblere
 synkronmaskine
 HVDC MW-regulering
 - automatisk: HVDC MW-regulering ud fra planer og
 virkelige udveksling med Tyskland
- Registrering af
 - hændelser
 - måleværdier

på

 - disk
 - skrivende instrumenter
 - ciffer-displays
 - printere
- Mand/maskine kommunikation
- Udveksling af data med FRONT-END SYSTEMET og
BAGGRUNDSSYSTEMET.

2.4 BAGGRUNDSSYSTEMET

P.t. anvendes det ene af ELSAMs generelle EDB-anlæg næsten udelukkende til at løse opgaverne for ELSAMs kontrolrum. Disse omfatter:

- load flow beregninger for primærnettet i forbindelse med planlægning af nettets driftstilstand
- økonomisk lastfordeling af alle produktionsenheder i området under hensyntagen til primærnettets koblings-tilstand, fjernvarmelevering og udveksling med udlandet.
- prisberegninger for produktionen i ELSAM-området som grundlag for aftaler med udlandene om udveksling af energi.

- prisberegninger for produktionsmuligheder i ELSAM-området til fastsættelse af afregningspriser for udlandshandelen
- beregning af forbrugt brændsel på kraftværkerne ud fra den planlagte drift og økonomidata til brug for kontrol af datagrundlaget ved sammenligning med konstateret forbrug
- afregning af udvekslingen med udlandene:
Norge (Statkraft)
Sverige (Statens Vattenfallsverk), og
Tyskland (PreussenElektra)

Baggrundssystemet er placeret i ELSAMs generelle EDB-afdeling i etagen under kontrolrummet. Kontrolrummet benytter systemet hele døgnet rundt uden behov for EDB-operatørbemanding.

2.5 BETJENING I KONTROLRUMMET

Al betjening foregår fra driftsvagtens arbejdsplads.

Ud over betjening af datamatsystemerne er der i driftsvagtens arbejdsplads følgende funktioner:

- overvågning af driftscentralen:
strømforsyninger
brandmeldinger
køling af EDB-udstyr
sikring af vinduer og døre
telefonsystemer
diverse bygningsalarmer
- overvågning af real time datamatsystemer:
datamater placeret hos ELSAM
understationer

- valg af reservemåleværdier
for de enkelte udlandsforbindelser
- konferencetelefon til de regionale driftscentraler
(opkald sker via FRONT-END SYSTEMET)
- driftstelefon:
 - egget telefonsystem for regionale driftscentraler
og produktionskontrolrum
 - offentligt telefonsystem (reserve for eget
system)
- overvågning af udvekslingen over
AC-forbindelserne med Tyskland:
 - afvigelse i forhold til det planlagte
- maskintelegraf til kraftværkernes
produktionskontrolrum:
 - meldinger vedr. ønsker om produktionsændringer
i forhold til gældende produktionsplan og vedr.
specielle driftsforhold
- maskintelegraf fra Tyskland (PE, Hamburg) til ELSAM:
 - meldinger vedr. Tysklands ønsker om havarihjælp
fra ELSAM-området
- direkte alarmering af brandvæsen
- dørbetjening:
 - indgange til driftscentralen
- lysregulering:
 - individuelt pr. vægtavle
 - individuelt pr. arbejdsplads
 - øvrige rumbelysning
- radio- og TV-betjening

- samtaleanlæg:

personer tilknyttet driftsfunktionen.

Mange af de ovennævnte betjeningsfunktioner kunne være implementeret på datamatsystemerne. Dette er ikke gjort, da de er så vitale, at de også skal fungere ved svigt af datamater. Alle overvågningsfunktioner forårsager akustiske signaler (forskellig lyd og styrke afhængig af typen) ved ændringer i tilstande, således at der ikke er behov for, at driftsvagten visuelt overvåger systemets tilstand.

De enkelte arbejdspladser er opdelt i et funktionsafsnit og et skrivebordsafsnit. Funktionsafsnittet er opbygget som mosaik, således at funktionerne let kan tilpasses nye behov. I hver arbejdsplads er der et betjeningsafsnit for REAL TIME SYSTEMET med dataskærmene placeret foran arbejdspladsen. Betjeningen foretages via et alfanumerisk tastatur plus få specialtaster (20 stk.) i kombination med skærbilleder. For de funktioner, der kræver:

enten en meget hurtig betjening

eller en hyppig betjening

foretages betjeningen via funktionstaster (40 stk.), der ikke samtidig kræver anvendelse af skærbilleder. Betjeningen af BAGGRUNDSDATAMATSYSTEMET sker via en dataskærm indbygget i funktionsafsnittet og et alfanumerisk tastatur placeret på skrivebordsafsnittet. Da anvendelsen af baggrundssystemet kræver langvarig betjening, er dette tastatur flytbart, således at bedst mulig arbejdsstilling kan opnås.

Hvert kraftværks produktionskontrolrum har en skrivende terminal tilsluttet BAGGRUNDSDATAMATSYSTEMET, således at de til enhver tid gældende produktionsplaner frem i tiden hurtigt kan kommunikeres ud til kraftværkerne.

Alt støjende betjeningsudstyr (printere, 5 kanals-punch, telex) er placeret i det tilstødende terminalrum.

3 SPECIELLE FUNKTIONER

3.1 DRIFTSPLANLÆGNING

Planlægningen af driften af elsystemet foregår i følgende tidsmæssige faser:

- årsbasis (indeværende og følgende år):
 - revisionsplanlægning for produktionsenheder og net
 - prognose for forbrug af brændsel
 - danner grundlag for indgåelse af aftaler om køb af brændsel
 - prognose for produktion på de enkelte kraftværker
 - anvendes til økonomibudgetter
- Månedsbasis
 - prognose for forbrug af brændsel på de enkelte kraftværker
 - anvendes 1/2 år frem i tiden til dirigering af brændsel til de enkelte kraftværker
 - bestemmelse af hvilke anlæg der skal være i drift
 - anvendes 2 måneder frem i tiden for disponering af anlæggenes bemanning samt reparationsarbejder på anlæg
- Døgnbasis (1-6 døgn frem i tiden)
 - produktionsplan pr. halvtime for de enkelte anlæg
 - driftssikkerhedsvurdering for det til rådighed værende net og de idriftværende produktionsanlæg
- Minutbasis
 - tilpasning af produktion og udlandsudveksling til det aktuelle elforbrug

I det følgende behandles kun de to sidstnævnte faser.

Produktionsplan for hver halve time

For at sikre at produktionen af aktiv effekt sker økonomisk optimalt, har ELSAM udviklet et økonomisk lastfordelingssystem, der beregner den optimale produktion for de enkelte produktionsenheder i området. Beregningerne udføres primært for hver halve time i døgnet, men udføres desuden for øvrige tidspunkter med markante belastningsforhold. Ved enhver ændring i datagrundlaget korrigeres dette, og beregningerne udføres påny, således at kraftværkerne altid har kendskab til planen for produktionerne på deres anlæg.

Af særlige karakteristika for dette system kan nævnes:

- betjeningsvenligt, således at dataændringer, beregninger og distribuering af resultater kan udføres hurtigt og direkte af driftsvagten
- driftsvagten styrer, hvilke resultater der er gældende, og kan kontrollere, at disse er modtaget på de enkelte kraftværker
- samtidig med produktionsresultaterne får driftsvagten meddelelser, om belastningsforholdene i nettet er acceptable (ingen anlægsdel er tæt ved overbelastning, og stationsspændingerne er i det normale driftsområde)
- produktionsresultaterne anvendes i REAL TIME SYSTEMET til overvågning af, at produktionen sker som planlagt.

- planer for udveksling med udlandet anvendes både som grundlag for lastfordelingen og for afregning af udlandsudvekslingen samt i REAL TIME SYSTEMET til overvågning af, at udvekslingen sker som planlagt. Desuden anvendes udlandsplanerne direkte som grundlag for en automatisk styring af udvekslingen over HVDC forbindelserne.
- nettab beregnes på grundlag af den planlagte netkonfiguration, idet der udføres load flow beregninger direkte i de økonomiske optimeringsrutiner
- via data sikres, at praktiske reguleringsbegrænsninger overholdes
- via data sikres, at optimeringen sker under hensyntagen til den enkelte produktionsenheds kombination af turbiner og kedler samt fjernvarmelevering
- brændselspriser for kul og olie er individuelle pr. kraftværk, således at de indeholder brændselstransportomkostninger
- optimeringen sker ud fra den enkelte produktionsenheds brændselssammensætning (kul og olie)
- produktionsreserver beregnes
- priser for den sidst producerede MWh beregnes i udvekslingspunkter mod udlandene (anvendes som grundlag for handel med udlandene)

- det totale brændselsforbrug for kul og olie samt de energiafhængige vedligeholdelsesomkostninger beregnes. Dette gør det muligt også at benytte det økonomiske lastfordelingssystem til beregning af mer/mindre produktionsomkostninger (benyttes til beregning af priser for udvekslingen med Norge samt til beregning af ELSAM-områdets fortjeneste ved handel med udlandene).

Principper for koordinering af data og resultater

Sammenhængen mellem data og resultater er skitseret i fig. 4.

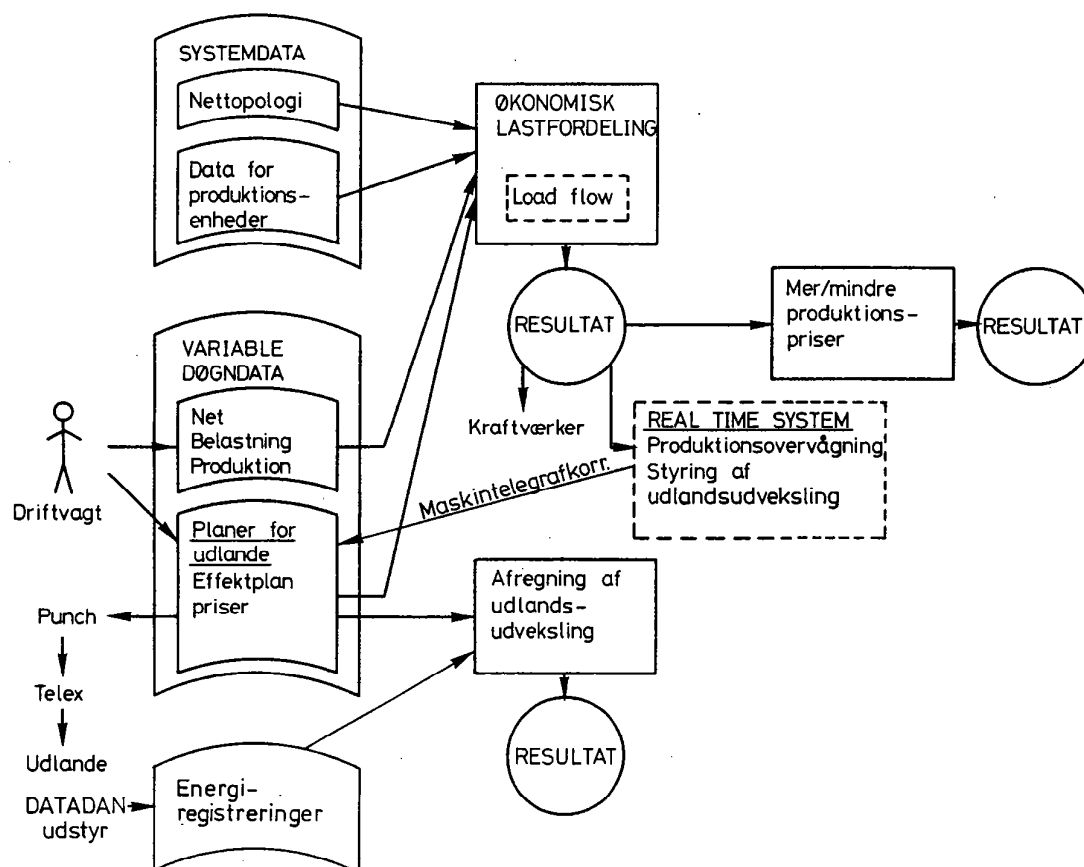


Fig. 4: Principper for koordinering af data og resultater

De anvendte data er opdelt i:

SYSTEMDATA og VARIABLE DØGNDATA.

SYSTEMDATA

For det primære net indeholder SYSTEMDATA en model af net-topologien og prognoser for belastningen i de enkelte stationer flere år ud i fremtiden. Denne prognose ajourføres mindst 1 gang årligt ud fra målte belastninger.

For alle produktionsenhederne indeholder SYSTEMDATA oplysninger om:

- varmemeforbrugskurver for varierende fjernvarme-produktion (marginal- og totalforbrug)
- kul/oliefyrimuligheder
- vedligeholdelsesomkostninger
- aktuelle priser for kul og olie
- normalt tilladelige reguleringshastigheder
- muligt reaktivt produktionsområde
- direkte startforbrug
- indirekte startomkostninger.

VARIABLE DØGNDATA

For hvert døgn og hver halvtide ajourfører driftsvagten data vedr.:

- nettet:
 - planlagte koblingstilstande
- belastningen,
 - under hensyntagen til årstid, ugedag, vejrforhold og TV sendetider samt programtype
- udvekslingen med udlandene,
 - hvor der for hvert udland angives effektplanen opdelt i forskellige afregningstyper samt afregningspriser.

- idriftværende produktionsanlæg:

det fastsættes, hvilke enheder der skal være idrift under hensyntagen til fjernvarmeleveringer, brændselstype, startomkostninger, virkingsgrad, bemandingsforhold, netstabilitet og løbende reserveeffekt. Eventuelle midlertidige begrænsninger i produktionsevne eller kulfyrimulighed specificeres.

Beregninger

Ud fra ovennævnte data beregnes den økonomiske lastfordeling efter den simplificerede beregningsmodel angivet i fig. 5.

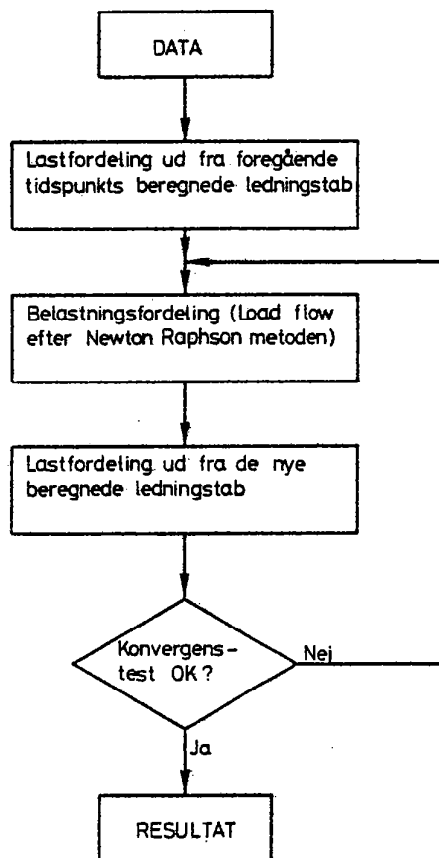


Fig. 5: Simplificeret beregningsmodel
for økonomisk lastfordelingsberegning

Ens pris for den sidste megawatttime:

Adskillige software-moduler er i brug for at klare beregningen af produktionsfordelingen mellem produktionsenhederne. Driftsvagten ajourfører til stadighed systemet med aktuelle data og iværksætter lastfordelingsberegninger efter behov. Beregningstiden for et døgn med 50 tidspunkter er 3 minutter. Hovedsigtet med planen er at skaffe sikker elforsyning til den lavest mulige pris. Derfor tages der hensyn til:

- de enkelte produktionsanlægs økonomiske og tekniske data
- anlæggenes geografiske placering
- den bedste sammensætning af fyring med kul og olie.

Optimum er nået, når prisen for den sidst producerede MWh, idet der tages hensyn til fordeling af tab i nettet, er ens for alle produktionsanlæg (marginalkurveprincippet).

Anvendt matematik

Den økonomiske lastfordeling baserer sig på, for hvert beregningstidspunkt at optimere produktionen af aktiv effekt under hensyntagen til reaktive produktionsmuligheder.

Objektfunktionen omfatter de totale produktionsomkostninger.

Den økonomiske lastfordeling foregår iterativt, hvor der for hver iteration udføres adskillige load flow beregninger for nettet (ca. 450 for 50 beregningstidspunkter).

For at gennemføre disse beregninger hurtigt anvendes følgende teknikker:

Beregning af knudepunktsspændingerne foretages iterativt via en Newton Raphson load flow.

Jacobimatricen fra load flow beregningen indeholder de 1. ordens afledede af knudepunktseffekterne. Da Jacobimatricen er tyndt besat, benyttes sparse matrix technique til reduktion af beregningsomfanget og lagerkrav. Beregningstiden for LU faktoriseringen (the triangular factorization) af Jacobimatricen reduceres betydeligt, idet Jacobimatricens elementer omnummereres ifølge Tinney-Walker metoden.

På basis af den transponerede Jacobimatrice beregnes objektfunktionens følsomhed med hensyn til den aktive effekt (den reducerede gradient metode).

Lagrange-metoden anvendes til koordinering af alle indgående begrænsninger, således at det samlede optimum kan findes.

Resultat

Resultatet af den økonomiske lastfordeling udviser for hvert tidspunkt:

- produktionsplanen for hver enhed
- udvekslingsplanen for hvert udland
- den totale belastning i området
- løbende reserve uden hensyn til reguleringsbegrænsninger
- løbende reserve under hensyntagen til reguleringsbegrænsning for såvel op som ned regulering
- marginalpriser for afregningspunkter mod udlandene
- den planlagte fjernvarmeproduktion pr. enhed
- planlagte afbrydelser af netanlæg
- alarmer ved mere end 90% belastning på netanlæg
- alarmer ved unormalt lave eller høje spændinger i stationerne
- total energiproduktion, brændselsforbrug og vedligeholdelsesomkostninger

Ovennævnte resultater viser, at lastfordelingssystemet er velegnet til simulering af forskellige driftstilstande som grundlag for planlægning af netarbejder, arbejder på produktionsanlæg og udveksling med udlandene. Marginalpri-

serne danner ofte grundlag for handel mellem de nordiske lande.

3.2 PRISER FOR UDLANDSUDVEKSLINGEN

Kortsigtede aftaler om udveksling mellem de nordiske lande baseres ofte på de enkelte landes marginalpriser beregnet på basis af forventet udveksling.

For kontraktudvekslinger mellem Norge og ELSAM anvendes afregningspriser baseret på mer/mindre produktionsomkostninger for produktion i ELSAM-området ved alternative udlandsudvekslinger. Det totale brændselsforbrug og vedligeholdelsesomkostningerne for hvert tilfælde beregnes i den økonomiske lastfordeling. Derefter beregnes mer/mindre produktionspriser som differensen mellem de pågældende tilfældeberegninger (se fig. 4). Afhængig af den pågældende mer/mindre produktionsberegning anvendes individuelle brændselspriser (aktuelle genanskaffelsespriser, lagerpriser m.v.).

De mer/mindre produktionspriser, der, afhængig af udvekslingssituationen, dagligt beregnes, fremgår af fig. 6.

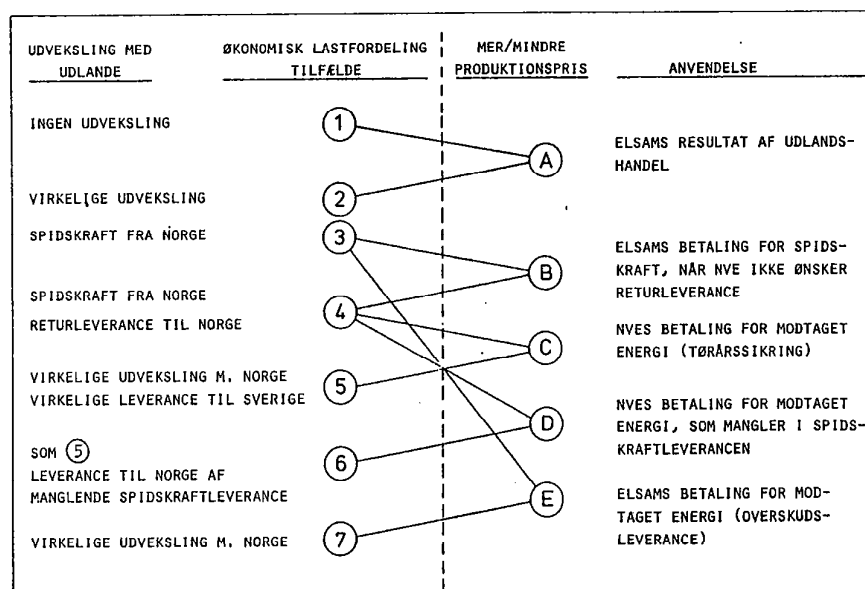


Fig. 6: Oversigt over mer/mindre produktionsprisberegninger

Udover mer/mindre produktionsprisberegninger til anvendelse for afregning af udvekslingen med Norge beregnes ELSAM-områdets samlede energiafhængige fortjeneste ved udveksling med udlandene.

3.3 AFREGNING AF UDVEKSLING MED UDLANDE

ELSAM udfører afregningen af udvekslet energi med Norge, Sverige og Tyskland.

Afregningspunkterne er for

- Norge: på AC siden af HVDC stationen i Norge
- Sverige: på AC siden af HVDC stationer hos ELSAM
- Tyskland: i en 400 kV station og to 220 kV stationer på den danske side af grænsen mellem Tyskland og Danmark.

Afregningen udføres på kvartersbasis på basis af effekt- og prisplaner samt fjernoverførte energiregistreringer for udvekslet energi (se fig. 4, side 17).

Energiregistreringer

En gang i døgnet sørger baggrundsdatamatsystemet automatisk for, at kvartersvise energiregistreringer fra udlandsforbindelser fjernoverføres til driftscentralen. Dataoverførsel sker ved brug af det offentlige telefonnet. Baggrundsdatamaten kontrollerer overførte registreringer og udskriver en døgnvis statusrapport over forløbet af dataoverførsel.

Planer

Effektplaner for de enkelte udlandsudvekslinger er manuelt opdateret som grundlag for den økonomiske lastfordeling. Da den udvekslede energi i de enkelte kvarterer ofte skal afregnes til flere forskellige priser, er den totale udvekslingsplan opdelt i flere afregningstyper. Der kan således afregnes 7 typer pr. kvarter.

<u>Type</u>	<u>Anvendelse</u>	
1	spidskraftaftaler	
2	øvrige garantiaftaler	
3	udveksling med lille leverancegaranti	
4	udveksling uden leverancegaranti	
5	tomgangsforbrug	
6	afvigelser fra det planlagte inden for en tolerance	} beregnes ved udførelse af afregningen
7	afvigelser fra det planlagte udover en tolerance	

Fig. 7: Afregningstyper

Prisplanerne indeholder afregningspriserne for de pågældende tidsintervaller og for de enkelte typer.

Beregninger

Afregningerne udføres af personalet i kontrolrummet hver dag for det forløbne afregningsdøgn. Resultaterne sendes til udlandspartnerne, således at eventuelle misforståelser ved de indgåede aftaler eller fejl i måleudrustning hurtigt kan afklares og afhjælpes.

For hvert kvarter afregnes energien i de enkelte typer med fortegn for import/eksport. Resultaterne opdeles pr. type i tidsintervaller med angivelse af import/eksport og saldo og udviser såvel mængde som pris.

Beregningstiden for 1 udlandsafregning andrager ca. 45 sec.

Døgnresultaterne lagres på disk, og hver den 1. i måneden udskrives grundlaget for faktura.

Da de beløb, der afregnes, beløber sig til op mod 75 Mdkr. for en måned, er det af stor betydning, at fakturaudskrivning kan foretages hurtigt efter udløbet af en afregningsperiode.

4 STYRING AF UDVEKSLINGEN MED UDLANDET

Planer for udveksling med udlandene overføres fra BAG-GRUNDSDATAMATSYSTEMET til HOVEDDATAMATSYSTEMET, således at planerne for nogle timer frem i tid forefindes i dette. Sammen med målinger for den virkelige udveksling danner planerne grundlaget for den direkte styring af udvekslingen over HVDC forbindelserne med Norge og Sverige. HVDC stationerne kan således normalt være ubemandede.

Der anvendes 4 reguleringsformer:

PLANREGULERING

Manuel Regulering

Automatisk Udlandsregulering

Overlastregulering

Reguleringerne udføres med reguleringshastigheder op til 20 MW/s. Driftsvagten kan altid udføre en manuel regulering, ligesom han kan til- og frakoble de 3 sidstnævnte reguleringsformer. Disse frakobles desuden automatisk ved nødeffektreguleringer (initieres lokalt ved unormal frekvens eller spænding i de til HVDC stationerne tilknyttede AC net).

4.1 PLANREGULERING

På basis af 1/2-times effektplanerne og målinger for den virkelige udveksling sendes hvert 5. minut styreordrer (hastighed, retning og ønsket slutværdi) til HVDC stationerne, således at udvekslingen følger det planlagte (erstatte et stort antal manuelle aktiveringer).

4.2 TILLÆGSORDRER TIL PLANREGULERINGEN

Planreguleringen kan overlejres med manuelle reguleringsordrer og med ordrer fra den automatiske udlandsregulering. Disse tillægsordrer udføres med maksimal reguleringshastighed. Ved næste 5-minutskift vil planreguleringen påny køre udvekslingen ind mod planen, således at afvigelser i forhold til det planlagte automatisk reduceres.

4.3 MANUEL REGULERING

Manuel regulering udføres af driftsvagten ved aktivering af taster med fast definerede reguleringsværdier (± 10 og ± 75 MW). Herved udføres en regulering med maksimal reguleringshastighed som et tillæg til den aktuelle udveksling. Desuden kan der udføres en ordre, der momentant stopper en igangværende regulering.

4.4 AUTOMATISK UDLANDSREGULERING

Alle uregelmæssigheder vedrørende balancen mellem belastning og produktion i ELSAM-området vil bevirke en udveksling over AC-forbindelserne med Tyskland, der afviger fra det planlagte. Den aktuelle plan for udveksling med Tyskland beregnes hvert 6. sec. som summen af:

Tysklands planlagte andel af den 654 MW store produktionsenhed EV3, hvoraf PE ejer halvparten.

+ øvrig planlagt udveksling mellem Tyskland og ELSAM

+ Tysklands andel i EV3's produktion, som afviger fra det planlagte.

Afvigelsen beregnes som differencen mellem den målte udveksling og den aktuelle plan.

En afvigelse i forhold til det planlagte over for Tyskland vil forplante sig gennem de enkelte elselskaber ned gennem Europa. For at påføre de berørte elselskaber mindst mulige gene er det væsentligt, at tilbageregulering til det planlagte sker så hurtigt som muligt. Den automatiske udlandsreguleringsfunktion foretager reguleringer på HVDC forbindelserne til Norge og Sverige på basis af ELSAMs afvigelse i forhold til det planlagte over for Tyskland. Herved mindskes genen for Europa, idet afvigelsen søges fordelt på alle ELSAMs nabolande. Der foretages kun automatisk udlandsregulering, hvis afvigelsen i forhold til det planlagte over for Tyskland overskrider visse indstillede tolerancer, og der tillades kun regulering på HVDC-forbindelserne inden for visse tolerancer.

4.5 OVERLAST REGULERING

Opstår der utilladelig overbelastning af højspændingslinierne mod Tyskland, sørger overlastreguleringsfunktionen for bortregulering af overlasten ved at udføre korrigerende regulering på HVDC forbindelserne mod Norge og Sverige. Funktionen igangsættes automatisk.

5 FREMTIDIG UDVIKLING

Til ELSAMs kontrolrum har man med forholdsvis beskedne ressourcer satset mest på hjælpeværktøjer, der

- sikrer den økonomiske optimering
- på simpel vis sikrer en tilpas overvågning af elsystemet
- forenkler håndteringen af udvekslingen med udlandene
- forenkler betjeningen i kontrolrummet
- gør det forsvarligt at have en beskeden bemanning i kontrolrummet.

På baggrund af den opbygning og de funktioner, som ELSAMs systemkontrol omfatter idag, er det ikke planlagt at implementere systemkontrollfunktioner som "State Estimation" og "On Line Load Flow".

Da HOVEDDATAMATSYSTEMET er fra 1976, må dette påregnes udskiftet i 1991.

Alle datamatfunktioner for driftsplanlægning og driftsopfølgning forventes i løbet af 2-3 år udført på VAX-datamater.

Systemet for driftsplanlægning på døgnbasis (den økonomiske lastfordeling) videreudvikles løbende, idet endnu flere detaljerede data behandles. Herved opnås en endnu mere nøjagtig optimering. Belastningsforudsigelser og indsættelse af produktionsenheder vil fortsat blive udført manuelt, idet

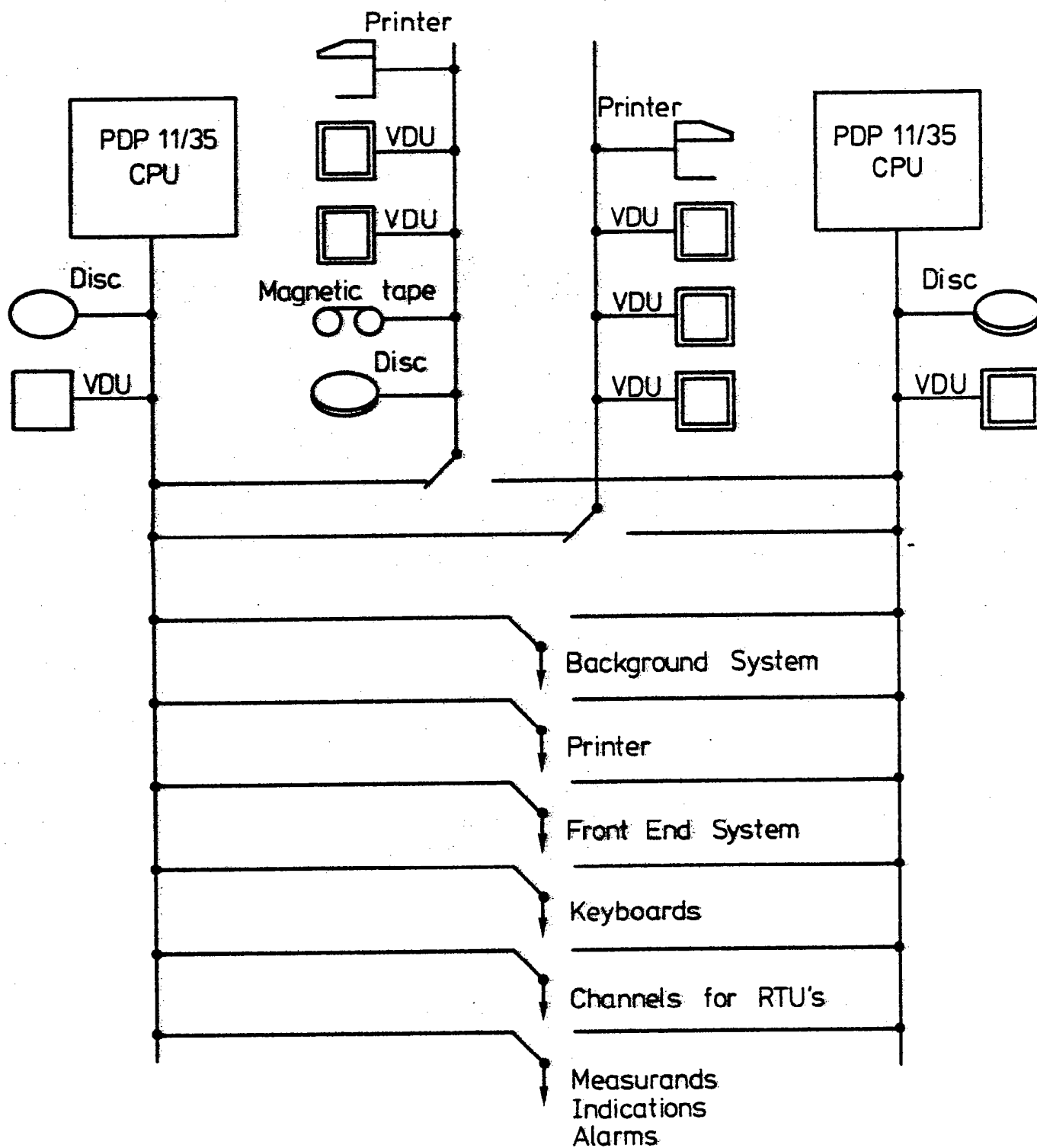
- det er relativt enkelt at udføre
- vi, på grund af mange usikre parametre, ikke finder det muligt med tilstrækkelig nøjagtighed at udføre disse funktioner automatisk (den manuelle belastningsforudsigelse foretages idag med en usikkerhed på mindre end ca. 2%).

Produktionsenheder med kulfyring kræver olietilsætning ved mindre end ca. 50% last. Da objektfunktionen ikke er lineær, er der behov for at anvende de nyeste teknikker (f.eks. dynamisk programmering) for at løse optimeringsproblemet. Disse teknikker vil løbende blive forbedret. På årsbasis lastforddeles produktion med en produktionsudgift på ca. 3 mia. d.kr., hvilket indikerer, at der er god begrundelse for at forsøge at gøre optimeringen selv få promiller mere nøjagtig.

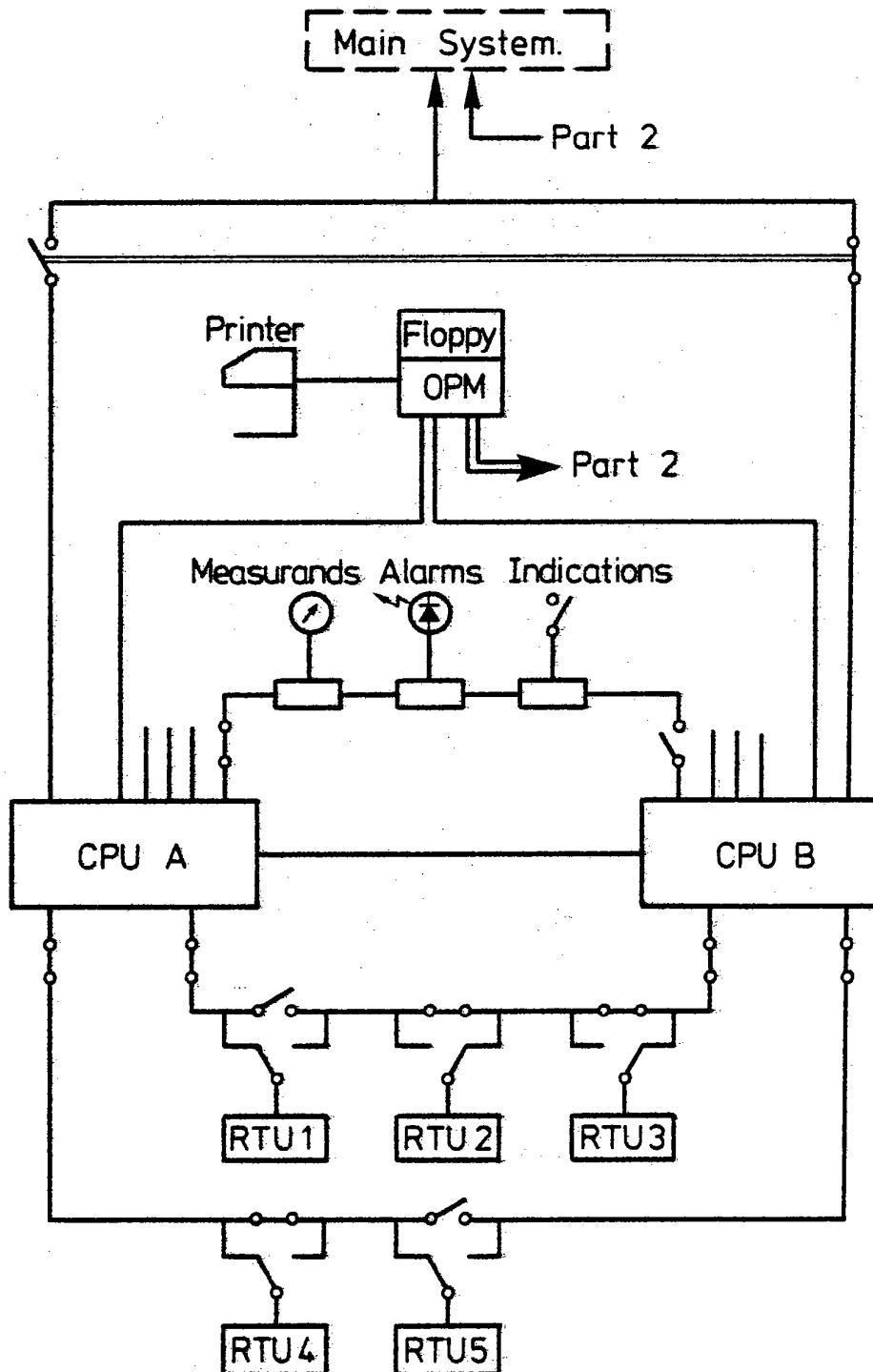
Systemer for driftsplanlægning på årsbasis og månedsbasis vil blive videreudviklet med henblik på anvendelse af automatiske prognoseværktøjer (load forecasting, unit commitment), således at nye beregninger baseret på det til enhver tid opdaterede datamateriale enkelt og hurtigt kan foretages.

Generelt satses på at øge brugervenligheden, idet datamaterne fortsat skal betragtes som et hjælpeværktøj og må tilpasse sig menneskets krav.

Configuration of the Main system.



Configuration of Part 1 of the Front End System



ELSAM's primære højspændingssystem 1988

