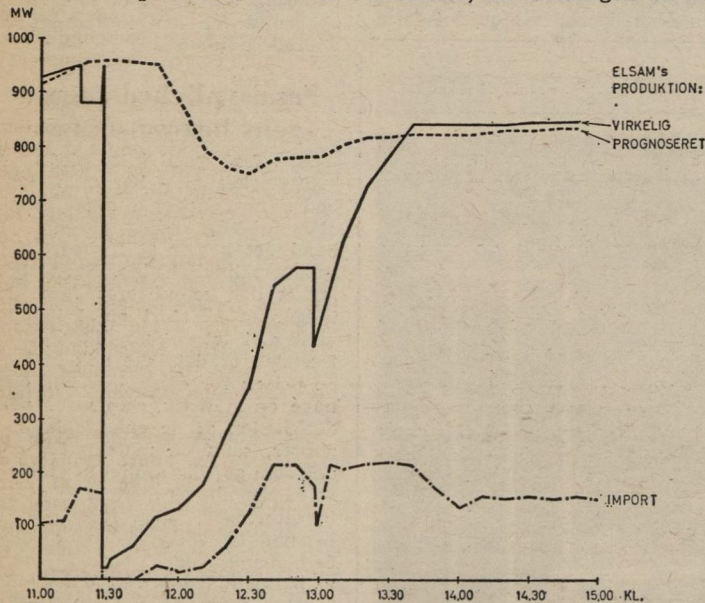


Strømafbrydelser kan ikke undgås ved et optimalt dimensioneret net

— men en gentagelse af den to timer lange ELSAM-afbrydelse vil nu blive forhindret

VI skal ikke have flere store driftsforstyrrelser, end at folk når at glemme, hvad pressen skrev om den ene, før den næste indtræffer. Således har en kendt dansk elværksingeniør engang i en diskussion defineret det optimale pålidelig-

triske sammenknytning af vidtstrakte områder betyder imidlertid også, at der er skabt mulighed for driftsforstyrrelser, som samtidigt rammer et stort antal forbrugere. Den mere eller mindre omfattende lammelse af samfundets tekniske funktioner, som sådanne store strømafbrydelser medfører, har naturligvis en ten-



Effektforbruget time for time ved den store ELSAM-strømafbrydelse. hedsniveau, som bør tilstræbes inden for elforsyningen.

Efterfølgende betragtninger skal ikke opfattes som »Ingeniørens Ugeblad«s bidrag til højnelse af elkvaliteten gennem omtale af et måske glemt driftsuheld, men blot som et forsøg på at belyse problemstillingen lidt nøjere med udgangspunkt i denne fejls forløb. Dette når pressen nemlig sjældent at få med i de meddelelser om det enkelte uheld, som gerne kommer frem på et så tidligt tidspunkt, at ingen endnu rigtigt er nået at blive klar over, hvorfor strømmen forsvandt.

Samkøringen mellem storkraftværkerne, der især er udbygget efter krigen, har betydet store fordele både i form af billigere strøm (større generatorenheder) og forbedret driftssikkerhed. Den elek-

dens til at skabe særlig blæst om disse.

Man glemmer så let, at de enkelte forbrugere — alt andet lige — ville få mange flere afbrydelsestimer under mere lokale driftsforstyrrelser, hvis man ikke havde samkøringen.

Store driftssammenbrud skyldes næsten altid ekstreme sammenbrud af mange omstændigheder. Dette må også siges at være tilfældet ved den driftsforstyrrelse, som ramte ELSAM-området den 29. marts i år:

Tilstanden i nettet før fejlen var normal, og forbindelserne til Sverige og Tyskland var inde. Tysklandsforbindelsens overføringskapacitet var dog mindre end normalt, fordi der foregik reparationsarbejder på en liniestrækning syd for Flensborg, hvor en af vintrens storme havde væltet 26 ma-

ster. Der var maskineri i gang med en samlet effekt på ca. 1000 MW samt en nettoimport på 100 MW, hvilket var tilstrækkeligt til at dække områdets belastning (960 MW) selv i tilfælde af momentant udfald af største enhed (maskine) eller af Sveriges-forbindelsen. (Import fra Sverige ca. 200 MW, eksport til Tyskland ca. 100 MW).

ELSAM-forstyrrelsen

Fejlen indledtes kl. 11.17 med udfald af en maskine med 115 MW belastning i den nordlige del af nettet på grund af en fejl i magnetiseringsmaskinen. Generatoren blev hængende på nettet uden magnetisering, indtil den blev udkoblet efter ca. 8 sekunders forløb. Det skete manuelt, idet denne driftstilstand ikke betragtes som så farlig, at den dækkes af relæbeskyttelsen. Forinden var der dog sket forskellige automatiske koblinger i nettet på grund af det forøgede krav om reaktiv effekt, som den magnetiseringsløse generator havde stillet til de øvrige enheder. Herunder var yderligere en generator med 66 MW faldet ud på grund af utilsigtet funktion af dens relæbeskyttelse. Trods dette lykkedes det dog for driftsledelsen — der for hele området er centraliseret i ELSAM's kontrolrum — ved en række manøvrer at få situationen under kontrol i løbet af de næste 10 minutter, bl. a. ved justering af effekten på udlandsforbindelserne.

Balancen mellem produktion og belastning var igen normal, og driftsforstyrrelsen tegnede til at blive en af de »mindre«, der indtræffer relativt ofte — omend ikke dagligt — og som ikke mærkes af

EL - VARMELEGEMER
efter opgave —
KVALITET siden 1935
BERG & CO. Højenhald 8
Brønshøj, Kbhvn.
(01) 23 Bella 2112

forbrugerne — endsige kommer i avisen.

Men i forbindelse med de sidste retableringer skete der kl. 11.27 uheldigvis en fejlmanøvre på omformerstationen fra jævn- til vekselstrøm på Sveriges-forbindelsen, som derved udløstes med 125 MW i retning mod ELSAM. I betragtning af den generatoreffekt, man allerede havde mistet i Jylland, var dette mere, end Tysklandsforbindelsen kunne tage, og den løste ud for overbelastning i retning mod Danmark.

Der var nu så stort underskud af produktionskapacitet i forhold til belastningen, at der startedes en kædeproces med hastigt faldende frekvens og spænding og udfald af samtlige ELSAM's værker. 30 sekunder efter Tysklandsforbindelsens udfald var hele 150 kV-nettet spændingsløst. Rent tidsmæssigt havde der ikke været mulighed for at få effektueret de ordrer om aflastning — d. v. s. bortkobling af forbrugere — som lastfordelingscentralen udsendte straks efter, at begivenhederne begyndte at tage fart i anden omgang med Sveriges-liniens udfald.

Herefter forestod en besværlig genopbygning af systemet, efter at det spændingsløse net var renset for belastning. Som grundlag havde man Tysklands-forbindelsen samt generatorerne på et par værker, som havde haft held til at koble sig fri af nettet, inden omkostallet var faldet for meget. Herfra skulle der gradvis sættes spænding på 150 kV-nettet frem til de helt standsede værker samt omformerstationen på Sverigesforbindelsen, som også var afhængig af spænding udefra for at

komme i gang igen. (»Nødforsyningen« på et værk dækker normalt kun særlig vigtige funktioner som manøvre- og kommunikationsudstyr, pumper for lejeolie-tryk o. l., men ikke hele kraftvær-

GV 25

GRUNDVANDS PUMPE

MERSER

SPILDEVAND OG

MERSER PUMPER

TLF. 50 09 50

TÆTNINGS RINGE

OLJETÆTNINGSRINGE
O-RINGE
U-MANCHETTER
V. LÖWENER
VESTERBROGADE 9 B
KØBENHAVN V TLF. (01) 2122 55

ASEA

GEARMOTORER

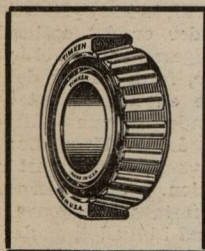
0,17-30 HK
470-10 0/m • 3-faset kortslutningsmotor

- Lav vægt..... Letmetalmotor (M)
- Tåler skrammer, stød og kemiske angreb..... BASEAL korrosionsbeskyttet motor (M)
- Perfekt kapsling og koling..... Kapslelet motor
- Gode startegenskaber..... Højt startmoment
- Enkel at tilslutte..... Rummelig klemkasse
- Let at kombinere..... Tapdiameter og centrumhøjde iflg. IEC
- Lydløs gang..... Skråråske tænder på alle hjul
- Stor driftssikkerhed..... Påkræmpet drivhjul
- Passer til al slags drift..... Mange varianter af gearmotorer

Katalogmateriale tilsendes efter ønske

ASEA

BREDGADE 45 • KØBENHAVN K • TLF. (01) 15 46 66
NØRREPORT 28 • ÅRHUS C • TLF. (06) 12 47 55



TIMKEN
KONISKE RULLELEJER
AUTOCO
Finsensvej 32 - FA 5085
København F

100% SIKKERHED

MED

EUREKA

WIRELÅSEN

Så De artiklen i Ingeniørens Ugeblad? Læste De Arbejdsdirektoratets vurdering? og certifikatet fra Lloyds Register?

WILL. HARDING
Viktorlagade 6 K. Tlf. (01) 21 23 96
orienterer Dem indgående og stiller kopier til Deres disposition.

kets hjælpemaskineri). Yderligere vanskeligheder rundt omkring — med komponenter, som sjældent bliver »rørt« o. l. — gjorde, at sidste enhed først var tilbage på nettet ca. 2 1/2 time efter driftsforstyrrelsens begyndelse. En væsentlig del af belastningen var dog dækket efter ca. 1 1/2 times forløb (jfr. kurverne).

Gentagelse forhindres

En analyse af fejlen — som naturligvis ikke kan foretages på det summariske grundlag, som er givet ovenfor — viser, at det er vanskeligt at peg på en enkelt årsag til, at den fik så stort et omfang og blev så langvarig.

Fejlmanøveren på Sveriges-forbindelsen er naturligvis et kritisk punkt, der kan drages frem. Operatørfejl spiller i øvrigt ofte en rolle i forbindelse med de meget store driftsforstyrrelser, hvilket formentlig hænger sammen med,

at de indtræffer så sjældent, at det ikke er en rutinesag at behandle dem. Op træning ved hjælp af simulatorer e. l. er af flere grunde næppe en praktisk mulighed.

Den analyse af fejlen, som ELSAM og de implicerede værker har foretaget, har bl. a. ført til en beslutning om at anskaffe frekvensrelæer, som i en tilsvarende situation skulle sikre en automatisk bortkobling af belastning så hurtigt, at sammenbruddet ikke bliver totalt. Teknikken med anvendelse af sådanne relæer er velkendt, og de findes f. eks. i det sjællandske net.

Faldende frekvens er det vigtigste symptom på alvorlig ubalance mellem produktion og belastning, og som det viste sig i dette tilfælde, kan tingene undertiden udvikle sig så hurtigt, at man ikke manuelt kan nå at holde dem under kontrol. (Under »the big blackout«

i Canada—U.S.A. i nov. 1965 blev et samkøringsområde på 50.000 MW splittet op i løbe af en halv snes sekunder — og helt strømløst i løbet af ca. 12 minutter).

Udgifterne til opsætning af frekvensrelæer i ELSAM's område vil beløbe sig til størrelsesordenen 1 mill. kr. Det er på den anden side beregnet, at der ved afbrydelsen den 29.3.67 blev tabt en levering på ca. 1 mill. kWh, og skønnes disse at kunne vurderes til 2 kr/kWh (det er tal af denne størrelsesorden, man opererer med, når man forsøger økonomisk at vurdere forbrugernes ulemper ved en afbrydelse, jfr. nedenfor), ser man, at relæerne skulle have en chance for at tjene sig ind, hvis de en gang inden for en overskuelig fremtid afværger et tilsvarende driftssammenbrud. I betragtning af det sammentræf af uheldige omstændigheder, der karakteriserede ELSAM-fejlen, er det imid-

lertid ingenlunde sikkert, at historien gentager sig. Tager man desuden i betragtning, at man ved at indføre mere relæudstyr erfaringsmæssigt også indfører nye fejlkilder hidrørende fra utilsigtet funktion af dette, kan man næppe ud fra en nøgtern økonomisk vurdering hævde, at det er oplagt, at »disse relæer burde man have haft for længe siden.«

Er forsyningspålideligheden høj nok?

Vil man prøve at besvare dette spørgsmål ud fra økonomiske overvejelser, må det i princippet ske ved, at man sammenligner de investeringer, som elværkerne må foretage for at opnå en vis forbedring af pålideligheden (og som før eller senere vil slå igennem på strømprisen) med de fordele, forbrugerne derved vil opnå i form

af formindskede økonomiske tab under strømafbrydelser.

Tager vi det sidste først, er det imidlertid ikke i praksis så let at sætte pris på en »død kW«, bl. a. fordi forbrugermassen er meget inhomogen med boligforbrugere, diverse erhvervsforbrugere o. s. v., der ikke har samme økonomiske interesse i høj pålidelighed, men som man alligevel i praksis af rent tekniske grunde til en vis grad er nødt til at skære over én kam. Desuden er mange af de økonomiske tab på grund af en strømafbrydelse af indirekte art, og ofte er der tale om gener, som slet ikke lader sig vurdere økonomisk. Derfor må elværkernes bedømmelse af, hvilken grad af pålidelighed der bør tilstræbes, bygge på et nok så subjektivt grundlag — herunder reaktioner fra forbrugerne gennem telefoniske klager, pressens behandling o. s. v. Det er den reelle baggrund for den indledningsvis citerede udtalelse.

Sandsynlighedsregningens begrænsninger

Set fra produktionssiden — kraftværkerne — har man noget bedre muligheder for på eksakt økonomisk grundlag at gøre op, hvad det koster at forbedre forsyningspålideligheden. Regnestykket er dog kompliceret, fordi der indgår et så stort antal komponenter i et elforsyningssystem. Desuden er det ikke nok at kende prisen for disse, man må også have en statistik, som viser pålideligheden af de enkelte komponenter, samt en matematisk model, som gør det muligt at etablere en sammenhæng mellem de ekstra investeringer, der foretages af hensyn til sikkerheden, og den forbedring, der derved opnås af pålideligheden. Når det gælder kraftværkerne, har man allerede i lang tid anvendt sandsynlighedsregning som et hjælpemiddel ved bestemmelsen af sammenhængen mellem kraftværksreserven og pålideligheden. Beregningen af det såkaldte »risikoindeks« udføres på cifferregnemaskine. Disse beregninger viser sammen med andre overvejelser, at det er dyrt at forbedre pålideligheden i den sidste ende, — hvilket resultat jo næppe kan overraske. Udgifterne vil stige eksponentielt, når man nærmer sig de 100 %. Det er derfor klart, at hvis man dimensionerede så forsigtigt, at man aldrig fik svigt i forsyningen, ville man ligge over det økonomiske optimale.

Med hensyn til en driftsforstyrrelse som ELSAM's må man i øvrigt sige, at de nuværende modeller, som bruges ved sandsynlighedsregningen, er alt for skematiske og simple til at man kan forudberegne sandsynligheden for at en sådan fejl vil indtræffe.

Men selvom man ikke kan regne sig frem til, hvilket pålidelighedsniveau der er det optimale, har beregningerne alligevel praktisk interesse, fordi de gør det muligt at holde en konsekvent kurs og nogenlunde samme pålidelighed gennem årene. Hvor stor denne så skal være, er nærmest bestemt af tradition. — Senere kommer også overføringsanlæggenes pålidelighed ind i billedet, og det er nok så afgørende for, hvilken pålidelighed der opnås i forsyningen af den enkelte forbruger.

bn

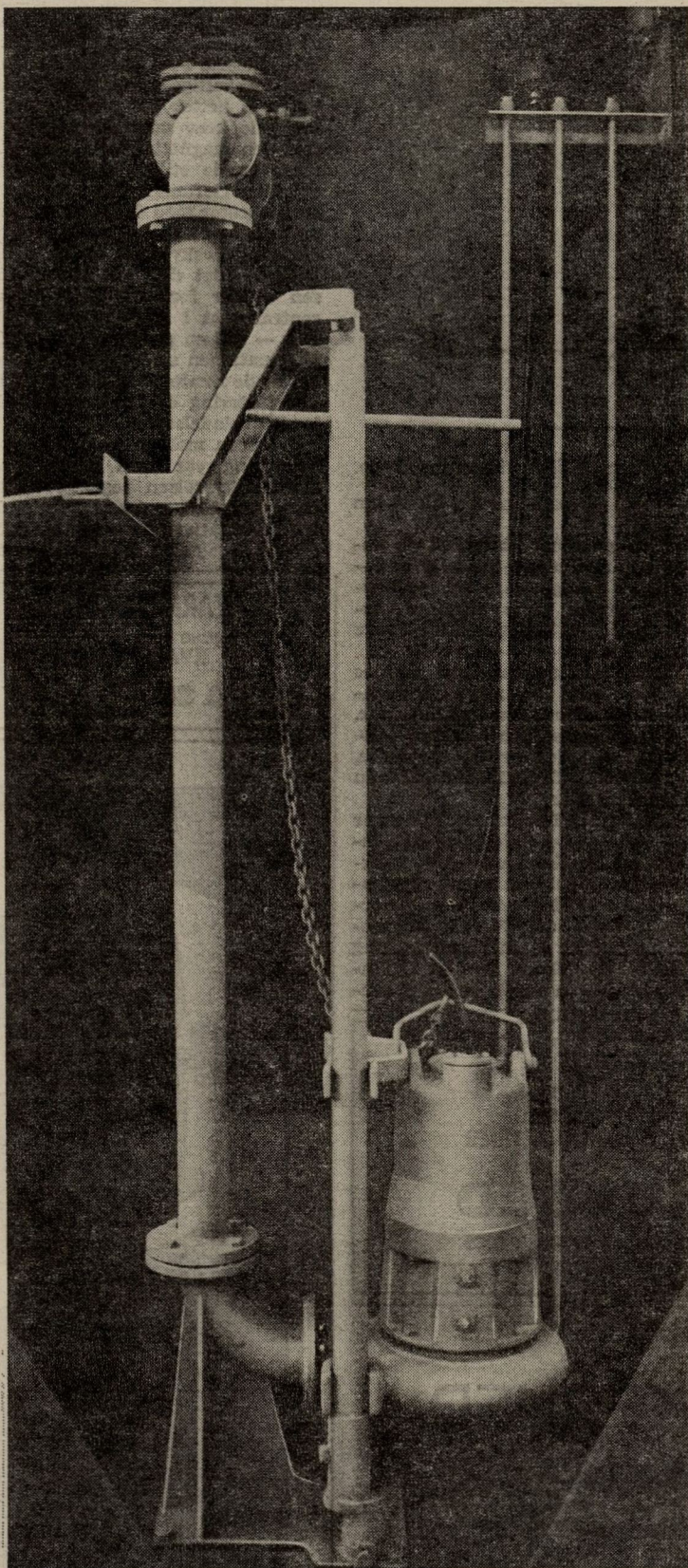
UKA PUMPE STATIONER FOR KLOAKVAND

Pumperne er velegnede til urensset kloakvand og kræver normalt ingen rist. Tilstopning forekommer uhyre sjældent på grund af det specielle spiralkanal-løbehjul. De robuste UKA-pumper, som er konstrueret på basis af 50 års erfaringer, leveres fra lager i 3"-4"-5"-6" for kapaciteter indtil 250 m³/t. Pumperne er lette at montere, hvorved omkostningerne ved indretning af pumpestationen reduceres væsentligt.

Ring efter UKA-brochuren.

J. Krüger A/S

Ole Nielsens Vej 25, København Ø,
tlf. (01) 29 02 22



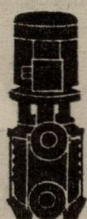
VANDVÆRKER



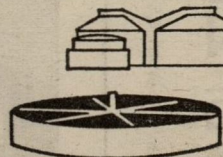
VANDTÅRNE



SVØMMEBADE

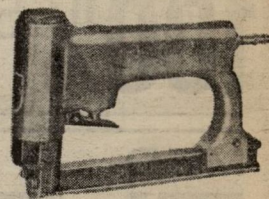


PUMPER



SPILDEVANDSANLÆG

KEMISK VANDBEHANDLING
BLØDGØRINGSANLÆG
TRYKFORØGERANLÆG
ELEKTROLYTISK
VANDBEHANDLING
KLOAKPUMPESTATIONER
m. m.



**Trykluftdrevne
Heftepistoler**

HEFTEMASKINE
til alle formål

Heftemaskinespecialisten

PETER MAJEV

Gothersgade 175 K.
15 33 50