

TROLLHÄTTAN

DESS KANAL- OCH KRAFTVERK



HISTORIK OCH BESKRIFNING
UTGIFVEN AF
K.VATTENFALL-STYRELSEN

•DEL: III• 2.3



TROLLHÄTTE KRAFTVERK.

14 1621

5.37 a
138

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300504

III. 7621/14

TROLLHÄTTAN

DESS KANAL- OCH KRAFTVERK

HISTORIK OCH BESKRIFNING

UTGIFVEN

AF

KUNGL. VATTENFALLSSTYRELSEN

DEL III. 2. 3.

TROLLHÄTTE KRAFTVERK



STOCKHOLM
KUNGL. VATTENFALLSSTYRELSEN

X
1887



II-306999

~~III 16934~~



STOCKHOLM
KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER
1914
[122235]

Akc. Nr. 5248/50

BOK-10-142/208

TROLLHÄTTE KRAFTVERK

AFDELNING II och III

KRAFTSTATIONENS ELEKTRISKA UTRUSTNING JÄMTE
DÄRTILL HÖRANDE ANLÄGGNINGAR

SAMT

DET ELEKTRISKA LEDNINGSNÄTET M. M.

REDOGÖRELSE UTARBETAD

AF

EINAR CRONVALL

MED LEDNING AF FÖREDRAG HÅLLNA AF

TORSTEN F:SON HOLMGREN

INNEHÅLLSFÖRTECKNING TILL DEL III. AFD. II OCH III.

	Sid.
Afdelning II. Kraftstationens elektriska utrustning jämte därtill hörande anläggningar	1.
Projektet	3.
Beskrifning af den utförda anläggningen	14.
Allmän orientering	14.
Trefasgeneratorerna	19.
Likströmsanläggningen	31.
Transformatorerna	36.
Trefasinstrumenteringen	42.
Kontroll- och manöveranläggningen	68.
Lokal kraftfördelning och belysning	72.
Sammandrag af anläggningskostnaderna	75.
Tid för anläggningens utförande	76.
 Afdelning III. Det elektriska ledningsnätet m. m.	 79.
Inledning	81.
Ledningsnätets allmänna disposition och omfattning	83.
Detaljbeskrifning af ledningsnätets olika delar	88.
Primärledningarna	90.
Beräkningsgrunder	90.
Bestämning af spännvidder och masttyper	92.
Ledningsmaterialet	100.
Järnlinan	101.
Isolatorerna	103.
Masterna	107.
Ledningarnas utförande	115.
Elektriska egenskaper, profningsresultat	120.
Byggnadskostnader	122.
Sammanställning af data rörande 50,000 volts linjerna	126.

	Sid.
Sekundärstationerna	127.
Sekundärlinjerna	139.
Tertiärstationer och tertiärnät	150.
Drifttelefon	155.
Sammandrag af anläggningskostnaderna till 1911 års slut för ledningsnätet	157.
Tid för nätets utförande	158.
Administration, arbetsledning och arbetareförhållanden m. m. vid de elektriska anläggningsarbetena	160.
Förteckning öfver större leverantörer och entreprenörer för de elektriska an- läggningarna	171.
Totalsammandrag af anläggningskostnaderna för kraftstationen och lednings- nätet	173.
Kraftverkets drift	174.

AFDELNING II

KRAFTSTATIONENS ELEKTRISKA UTRUSTNING JÄMTE
DÄRTILL HÖRANDE ANLÄGGNINGAR

Projektet.

Under år 1906 lämnade styrelsen för Kungl. Trollhätte kanal- och vattenverk, såsom redan i del II omnämmts, i uppdrag åt en af fyra inhemska sakkunnige, ingenjörerna D. Bergman, A. Decker, T. Holmgren och A. Lindström, sammansatt nämnd att utarbeta förslag till elektrisk utrustning af statens kraftstation vid Trollhätte strömmar. Det fullständiga förslag till kraftstationsanläggning, som i december 1906 af styrelsen inlämnades till regeringen och som den 20 april 1907 blef antaget af riksdagen, var, hvad anläggningens elektriska del beträffar, baserad på de vidlyftiga och gedigna utredningar i ämnet, som den »elektriska nämnden» i och för lösning af den förelagda uppgiften utfört och på det utkast till förslag till elektrisk utrustning, som nämnden med ledning af desamma uppgjort. Förslaget afgafs af nämnden i slutgiltig form i mars 1907.

Det afgifna förslaget innehöll dels en utförligt motiverad allmän plan, som baserats på vissa angifna förutsättningar beträffande energiens användning, dels detaljbestämmelser beträffande utrustningen. I fråga om valet af periodtal hade nämnden med Trollhättestyrelsens medgifvande anmodat ingenjören Ernst Danielsson att afgifva yttrande, hvilket yttrande aflämnades i november 1906. I förslaget behandlar nämnden Danielssons yttrande.

»Elektriska
nämndens»
förslag.

Af det följande kommer att framgå, hurusom nämndförslaget, efter sin debut inför regering och riksdag, såväl gått segrande fram genom den yttre sakkunniga kritikens korseld, som ock till sin stomme och äfven hvad en stor del af detaljinhållet beträffar, bestått i oförändradt skick vid projektets senare detaljbearbetning i samband med anläggningens utförande. Då den yttre kritiken hufvudsakligen behandlat förslagets stomme, sådan denna beskrifves och motiveras i förslagets allmänna del, och då detaljbestämmelserna delvis återfinnas i den följande beskrifningen af den utförda anläggningen, redogöres här endast för den allmänna delen af förslaget. Hufvudinhållet i densamma var följande.

Som blifvande förbrukningsorter antagas i första hand Trollhättan, såsom blifvande centrum för industri i behof af billig kraft, därefter Göteborgs stad med omnejd, med sin kommunala kraftförbrukning, sin redan befintliga storindustri och sina förutsättningar som blifvande centrum för nya industrier. Utom till dessa båda

orter antages äfven en betydande afsättning kunna påräknas till viktigare industriplatser och städer i Västergötland, Bohuslän, Dal och norra Halland. — Efter dessa antaganden kommer nämnden till den slutsatsen, att med vederbörlig hänsyn tagen till storleken af det kraftbelopp, som finns att afsätta, kraftverkets aktionsradie i allmänhet kan begränsas till c:a 150 km., och att det endast i enstaka undantagsfall torde bli fråga om att från Trollhättan leverera kraft till afsevärdt längre bort belägna platser (se fig. 1).

I afseende på energiens användningssätt förutsättes, att kraftverket skall vara istånd att tillgodose hela den mångfald af behof, hvartill elektrisk kraft öfverhufvudtaget kan användas. Det räknas sålunda med att energien utom för motordrift och belysning kan komma att användas för elektrokemiskt bruk, för elektrisk smältning, spårvägs- och järnvägsdrift etc. För elektrisk drift af statens järnvägar förutsättes, att Trollhätteverket kan ifrågakomma som leverantör af 20,000 hkr.

Strömart. Trefasig växelström föreslås utan tvekan såsom lämpligast för en anläggning af ifrågavarande art.

Periodtal. Nämnden säger sig vid valet redan från början hafva öfvergifvit tanken på hvarje annat periodtal än 25 och 50. Efter utförlig motivering tillstyrkes 25 perioder. Motiveringen innehöll i korthet följande:

1. Den omständigheten, att 50-periodtalet är så godt som standard i vårt land och på kontinenten, bör ej tillmätas sådan betydelse, att valet af periodtal får influeras häraf vid en anläggning, hvars egentliga utnyttjande torde komma att ligga åtminstone några år fram i tiden. Man har härvid att taga i betraktande, huruvida det nya periodtalet har inneboende förutsättningar att arbeta sig fram och skapa sig större användning.
2. Anskaffningskostnaden för maskiner och transformatorer blir 10 à 20 procent högre för 25 än för 50 perioder beträffande transformatorer och vissa slag af motorer. För vissa slag af motorer ställer sig däremot 25 perioder fördelaktigare än 50 i såväl kostnaden som egenskaper och användningsmöjligheter. Periodtalets inflytande på anläggningskostnaden är beroende af i hvilken omfattning kraften kommer att utnyttjas för olika ändamål. Med hänsyn till den relativt ringa prisskillnad, som under olika förutsättningar skulle uppstå till favör för det ena eller andra systemet, anser nämnden, att denna kostnadsfråga vid valet af periodtal ej bör tillmätas afgörande betydelse.
3. Spänningsregleringens beroende af periodtalet framhålles af nämnden såsom en särdeles viktig synpunkt vid bedömandet af de båda periodtalen. Man har vid den blifvande anläggningen att räkna med ett betydligt totalt spänningsfall, fördeladt på generatorerna, de primära transformatorerna, fjärrledningen, de sekundära transformatorerna, det sekundära fördelningsnätet samt i flertalet fall på de tertiära transformatorerna och ledningsnäten.

Om kraften hufvudsakligen kommer till användning för drifvande af induktiva motorer, kommer anläggningens spänningsreglering att utfalla betydligt gynnsammare vid 25 perioder än vid 50. Vid gifna ledningsdimensioner blir nämligen härvid för 25 perioder det induktiva spänningsfallet i ledningarna endast hälften, i generatorer och transformatorer säkert mindre än vid 50 perioder; dessutom blir med i öfrigt samma slags driftförhållanden belastningens effektfaktor märkbart högre vid 25 perioder än vid 50. Då det induktiva spänningsfallet i linjerna växer med ledningsarean och då det här måste förutsättas öfver-



FIG. 1. KARTA ÖFVER TROLLHÄTTEVERKETS AKTIONSSOMRÅDE.

föring af stora effektbelopp och därför relativt stora ledningsareor, skulle 50 perioder för bibehållande af tillfredsställande spänningsreglering nödvändiggöra linjens uppdelning i flera parallella kablar, än som af andra hänsyn vore önskligt. Skulle därigenom ytterligare en stolplinje behöfva tillgripas, blefve den direkta anläggningkostnaden inverkan till 50-periodtalets nackdel.

Om man däremot med användning af synkronmotordrift kunde helt bortskaffa fasförskjutningen före de sekundära transformatorerna, så skulle det induktiva spänningsfallets olägliga inverkan på spänningsregleringen komma att reduceras till ett minimum och 25-periodtalets fördelar framför 50 perioder ur regleringssynpunkt ej blifva så synnerligen stora, ehuru de dock delvis skulle kvarstå. I verkligheten blir det emellertid på grund af de belastningsvariationer, som komma att inträffa, praktiskt omöjligt att på detta sätt hålla fasförskjutningen konstant = 0, och det induktiva spänningsfallet kommer fortfarande att göra sig gällande. Äfven i detta fall kommer därför 25-periodtalet att vara förmånligare för spänningsregleringen än 50 perioder.

Ur den som mycket viktig framhållna regleringssynpunkten anser nämnden således under alla praktiskt förekommande förhållanden 25 perioder hafva en väsentlig öfverlägsenhet öfver 50 perioder.

4. Periodtalets inverkan på paralleldriften och därmed sammanhängande förhållanden framhålls som en synpunkt af vikt. Paralleldriften mellan synkronmaskiner ordnas alltid lättare tillfredsställande vid 25 perioder än vid 50 — den ofta uppträdande »pendlingen» blir vid det lägre periodtalet mindre besvärande etc. Frågan får särskild betydelse genom den omständigheten, att de större abonnenterna på Trollhätte kraft sannolikt komma att vara utrustade med eget reservverk. Härvid kommer det generande reservmaskineriets art att spela in. För det fall att reservkraften genereras af kolfmaskiner, ställer det sig enklare och billigare vid 25 än vid 50 perioder att ordna paralleldriften fullt tillfredsställande. I de fall då reservkraften skall lämnas af ångturbiner, särskildt sådana för mindre effekt än 1,000 hkr., har däremot 50-periodtalet företräde på grund af svårigheten att erhålla dylika turbiner med så lågt hvarfantal, att direkt koppling med 25-periods-generator är möjlig.

En med paralleldriften sammanhängande omständighet är de parallellt arbetande generatorernas och motorernas benägenhet att falla »ur fas» vid plötsliga spänningsvariationer. Dylika spänningsvariationer, som beröra alla parallellt arbetande maskiner, inträffa lätt vid tillfälliga linjefel å någon punkt af ledningsnätet. Vid 25 perioder falla maskinerna ej så lätt, resp. så fort ur fas som vid 50 och hafva dessutom lättare för att gå upp sig »i fas» igen, sedan de en gång gått ur fas. 25-periodtalet erbjuder således härutinnan större driftsäkerhet än 50 perioder, en fördel som är att anse som särdeles beaktansvärd.

5. Ifråga om det ena eller andra periodtalets lämplighet eller olämplighet med hänsyn till blifvande elektrisk drift af statens järnvägar göres ej något bestämdt uttalande. Nämnden säger dock, att man kan i sakens nuvarande läge »icke undgå att finna 25-periodtalet mera motiveradt än 50-periodtalet med hänsyn till framtida järnvägsdrift från Trollhättan».
6. Ifråga om periodtalets betydelse för belysningen framhålls, att alla större belysningsverk helt säkert komma att omforma växelströmmen till likström, oberoende af periodtalet. För mindre belysningsanläggningar med direkt ansluten

växelströmsbelysning skulle 50 perioder ej vara afsevärdt bättre än 25, då med det högre periodtalet skulle följa sämre spänningsreglering, som skulle komma att motväga de fördelar 50 perioder för belysningsändamål i öfrigt kunna ha framför 25.

7. Till Danielssons utlåtande beträffande valet af periodtal, hvilket utlåtande utmynnar i en tillstyrkan af 50 perioder, yttrar nämnden, dels att den tillmäter flera af de ofvan framdragna synpunkterna, som af Danielsson ej alls eller i förbigående vidrörts, stor betydelse, dels att den ansett sig böra värdesätta de båda systemens fördelar och olägenheter något annorlunda än Danielsson. I olikhet med Danielsson tillmäter nämnden sålunda icke standardiserings-synpunkten någon väsentlig betydelse, ej heller skillnaden i anläggningskostnad vid de båda systemen eller periodtalets inverkan på belysningen.
8. Som sammanfattning anföres:

»De fördelar däremot, som 25-periodtalet innebär, nämligen bättre spänningsreglering och därpå beroende större möjlighet för öfverföring af stora kraftbelopp på stora afstånd, gynnsammare villkor för god paralleldrift, större driftsäkerhet gentemot tillfälliga störningar, större lämplighet för omsättning till likström för vissa ändamål, sannolikt större användbarhet för drift af statens järnvägar, dessa fördelar anse vi vara för den här ifrågakommande anläggningens funktionerande och resultat af sådan betydelse, att vi på grund därpå bestämt tillstyrka valet af 25 perioder.»

Generatorspänning. Som generatorspänning föreslås 10,000 volt; den motiveras såsom den högsta ur driftsäkerhetssynpunkt tillrädliga. Det begränsande momentet har för nämnden härvid ej varit tanken på generatorerna själfva, utan ett antagande att jordkabeldistribution i och omkring Trollhättan skall komma till användning i stor utsträckning. För generatorerna och anordningarna i öfrigt i stationen betecknas 15,000 volt såsom en fullt driftsäker spänning. Den föreslagna spänningen 10,000 volt uppgifves emellertid vara tillräcklig för den förbrukning, som beräknas komma att uppstå i närheten af kraftstationen.

Linjespänning. Den för Göteborgsledningen lämpligaste spänningen angifves ligga mellan 40,000 och 50,000 volt. Den normalspänning som föreslås: 50,000 volt, har valts för att reservera möjligheten att utsträcka ledningarna till 150 km. Den beräknade konsumtionen uppges med obetydliga undantag vara belägen antingen inom generatorspänningens aktionsrayon, eller på betydligt afstånd från Trollhättan (50 km. och däröfver). Någon spänning mellan 10,000 och 50,000 volt anses på grund af det anförda ej behöflig.

Maskinenheternas storlek. För turbinerna hafva enheter om normalt 10,000 hkr., öfverbelastningsbara till 12,500, visat sig vara de största, som lämpligen böra ifrågakomma. Utbyggdt för 80,000 hkr. kommer verket härvid att innehålla 8 maskinenheter. Detta antal anser nämnden med hänsyn till nödig driftsäkerhet och reservmöjlighet ej böra underskridas. Uppdelning i smärre enheter framhålls leda till onödig komplikation i skötseln och fördyrning af anläggningen.

Magnetiseringsanläggning. Magnetiseringen af trefasgeneratorerna föreslås utförd så, att större delen af magnetiseringseffekten lämnas af en separat likströmsstation inom verket, återstoden af tillsatsmaskiner, anbragta på generatoraxlarna. Likströmsstationen skall bestå af tre st. turbindrifna elektriska generatorer om 500 hkr. 220 volt, samarbetande med ett ackumulatorbatteri i stånd att lämna en likströms-

generators effekt under 3 timmar. Anläggningen skall utom till magnetisering äfven lämna energi till belysning och hjälpmaskineri inom verket. Trefasgeneratorernas spänningsreglering sker genom ändring af tillsatsmaskinens spänning, som varieras mellan -220 och $+220$ volt.¹ Det framhålles, att komplicerade och dyrbara serie-reostater genom denna anordning undvikas.

Kopplingsschema. Det föreslagna kopplingsschemat återgifves å pl. 1.

För att bereda möjlighet att uppdelas driften på två skilda system, och då några bestämda förutsättningar om huru kraftbehovet kommer att fördelas härvidlag ej kunnat göras, har föreslagits dubbla samlingsskensystem samt sådan anordning, att hvilken generator eller transformatorgrupp resp. utgående linje som helst skall kunna kopplas på hvilket som helst af de resp. samlingsskensystemen.

För omkopplingen föreslås oljeströmbrytare, på hvilka afsevärdt mindre fordringar får ställas än på de för brytning af effekt afsedda hufvudströmbrytarna. För att omkoppling med trygghet skall kunna företagas under drift, manövreras omkopplarna elektriskt från kontrolltaflan. Anordningarna äro sådana, att de olika delarna af anläggningen under drift skola kunna fränskiljas för tillsyn och reparation.

Transformatorer. För att så långt som möjligt begränsa ställverkets omfattning och samtidigt erhålla största möjliga enhetlighet hafva transformatorenheterna valts så, att hvarje trefasig transformatorenhet i storlek motsvarar en generatorenhet. Transformatorer af denna storlek låta ej lämpligen utföra sig som trefastransformatorer på grund af de betydande dimensioner dessa skulle erhålla. Hvarje trefasig transformatorenhet — »transformatorgrupp» — har därför föreslagits bestå af tre stycken enfastransformatorer om vardera $\frac{1}{3}$ af gruppens effekt. För att vid snedbelastning erhålla bästa spänningsfördelning har primärt triangelkoppling föreslagits. Sekundärt föreslås stjärnkoppling särskildt på grund af den höga spänningen.

Byggnader. Nämnden anför, att, ehuru det ej tillkommer den att yttra sig om kraftverkets byggnader i allmänhet, den dock anser lämpligt framhålla följande förhållanden, som äro en följd af verkets mindre vanliga storlek:

På grund af generatorernas betydande fläkt- och värmeverkan bör med hänsyn till driftpersonalen längs raden af generatorer en gång af betydande bredd beredas, hvarjämte det bör sörjas för god ventilation. Den breda gången blir äfven behöflig för montering och demontering af maskiner. För uppläggning af maskindelar bör vid maskinrummets båda ändar dessutom beredas rikligt utrymme.

Oljetransformatorerna böra placeras i eldfasta rum i särskild byggnad, försedd med lätt tak. Anordningar böra finnas för afledning af brinnande olja, i händelse sådan skulle utrinna ur ett skadadt transformatorkärl.

Ställverksbyggnaden bör utföras med mellanbottnar af betonghvalf, hvarjämte bör sörjas för rikliga utrymmen och möjlighet för framtida utveckling. Beträffande frågan huruvida det blir lämpligt att inrymma alla ställverken i en enda byggnad eller fördela dem på två skilda byggnader framhålles, att ur elektrisk synpunkt ej några hinder föreligga att inrymma ställverket för generatorerna i en med maskinhuset kombinerad byggnad och ställverket för transformatorer och utgående linjer i en med transformatorhuset kombinerad byggnad oberoende af maskinhusets plats, liksom kontrolltaflorna för de olika ställverken kunna erhålla skilda platser.

¹ Förslaget afsåg 440 volt max. magnetspänning för trefasgeneratorerna; denna spänning har vid utförandet ändrats till 330 volt.

Utländska
sakkunnige
rådfrågas.

För att åstadkomma den allsidigaste utredning angående den elektriska utrustningens lämpliga anordning och särskildt beträffande bestämningen af periodtalet, hvilken måste blifva i viss mån normerande för andra statens anläggningar af liknande slag, beslöt Trollhättestyrelsen, såsom i del II redan antydts, att rådfråga äfven utländska auktoriteter och anmodade därpå professorerna C. Feldmann i Delft, H. Görge i Dresden och dr. W. Wyssling i Zürich samt mr. Charles F. Scott vid firman Westinghouse Electric Company, Pittsburg, att yttra sig om nämndens förslag. Den sistnämnde afböjde uppdraget, men de öfriga afgåfvotötömmade utlåtanden, Feldmann i april och maj, Görge i april och Wyssling i maj 1907.

Det skulle föra för långt att här ingå på en närmare redogörelse för innehållet i de utländska auktoriteternas utlåtanden, utan hänvisas härutinnan till Kungl. Trollhätte kanal- och vattenverks meddelande n:o 5, hvori samtliga utlåtanden finnas återgifna in extenso. De slutomdömen beträffande nämnd-förslaget hufvudpunkter, i hvilka de sakkunniges utlåtanden utmynna, äro emellertid allt för beaktansvärda för att här böra förbigås, och redogöres därför nedan i korthet för desamma:

Beträffande strömart, generator- och linjespänning, maskinenheternas storlek och transformatorerna ansluta sig samtliga tre sakkunnige till nämndens förslag, dock med följande undantag: Görge reserverar sig beträffande lämpligheten af att låta maskinreserven uteslutande ligga i öfverbelastningsförmåga samt anser ur denna synpunkt 9 något mindre enheter vid full utbyggnad (80,000 hkr.) vara att föredraga framför nämndförslaget 8. Han framkastar dessutom förslag till uppdelning af en af de stora enheterna. Wyssling föredrager triangelkoppling af transformatorernas högspänningssida.

Beträffande periodtalet instämma de sakkunniga med nämnden däri, att inga andra periodtal än 50 och 25 per sekund böra ifrågakomma. Feldmann tillstyrker nämndens förslag, 25 perioder. Görge gör valet beroende af vissa förutsättningar: om sålunda stora effekter, som erfordra större sektionensarea per ledningstråd än 50 à 60 kvmm. skola öfverföras, eller om längre jordkabelsträckor äro ställda i utsikt, så vore det enligt hans åsikt lämpligt att välja 25 perioder. Wyssling förordar 25 perioder för järnvägsdrift och 50 för all annan förbrukning, hvarvid skilda maskinerier för de båda periodtalen skulle uppställas.

Beträffande magnetiseringsanläggningen uttalar Feldmann sitt fullständiga gillande af nämndens förslag, men anser dock att generatorleverantören bör lämnas tillfälle att yttra sig om den för hans maskin lämpligaste magnetspänningen. Görge anser den föreslagna anordningen med tillsatsmaskiner onödigt komplicerad och dyr, ställer sig skeptisk med afseende på dess goda funktionerande, samt afråder från densamma. Han har äfven en fråga från nämnden afvikande åsikt beträffande maskin- och batterireservens lämpliga storlek, förordar mindre batteri samt tillråder uppställning af en tillsatsmaskin för batteriets laddning. Wyssling har betänkligheter mot tillsatsmaskinerna ur den synpunkten, att trefasgeneratorernas hastighetsvariationer komma att inverka på magnetspänningen och försvåra regleringen.

Beträffande kopplingsschemat ansluter sig Feldmann till nämndens förslag. Görges och Wyssling anse nämndförslagets schema väl kompliceradt samt afgifva hvar sitt eget förslag. Båda dessa förslag gå ut på en minskning af antalet apparater, särskildt högsp. strömbrytare, med åtföljande minskadt utrymmesbehof och minskad anläggningskostnad. Det är emellertid att märka, att både Görges och Wyssling basera sina förslag på vissa förutsättningar beträffande storleken af de energibelopp, som komma att distribueras direkt med generatorspänningen, till skillnad mot de energibelopp, som komma att upptransformeras. Wysslings schema afser dessutom »blandadt system» med afseende å periodtalet.

Beträffande byggnaderna ansluter sig Feldmann till nämndens uttalanden samt tillägger förslagsvis några anvisningar beträffande detaljanordningar. Görges gör ej något uttalande i frågan. Wyssling yttrar sig gillande beträffande vissa punkter af nämndens uttalande samt betonar dessutom vikten af att sådana anordningar träffas, att oljerök från transformatorer, strömbrytare o. d. vid eventuell brand ej får tillfälle att intränga i maskinsalen eller öfriga lokaler, där den skulle kunna hindra personalen i deras arbete.

Sedan den »elektriska nämnden» fått del af de utländska sakkunniges utlåtanden, afgaf den i juni 1907 yttrande, som dock endast afsåg de sakkunniges uttalanden i periodtalsfrågan. I yttrandet, som finnes intaget i kanal- och vattenverkets meddelande n:o 5, fastslår nämnden till en början, att professor Feldmann tillstyrkt 25 perioder samt att af professor Görges' utlåtande måste dragas den slutsatsen, att 25 perioder böra föredragas, då i förevarande fall sådana förutsättningar föreligga, hvilka prof. Görges anför såsom betingande 25 perioder.

Elektriska
nämnden
afger
yttrande.

Beträffande professor Wysslings tillstyrkande af 50 perioder för all distribution med undantag för järnvägsdrift anför nämnden, att Wyssling tillmätt den direkta belysningen med växelström långt större betydelse, än nämnden eller någon af de öfriga sakkunnige gjort, vidare att han annorlunda värdesatt de båda periodtalens inflytande på motordrift och spänningsreglering, samt att han beräknat en betydligt större skillnad i kostnad för maskiner och transformatorer till fördel för 50-periodtalet. Professor Wysslings uttalande hade därför ej rubbat nämndens öfvertygelse om 25-periodtalets fördel framför 50 för denna anläggning.

På grund af det anförda uttalar nämnden bestämdt, att den vidhöll sitt förslag att utrusta kraftstationen för 25 perioder.

Sedan ytterligare Kungl. Järnvägsstyrelsen, som anmodats att yttra sig om nämndens förslag, bland annat meddelat, att af de båda ifrågasvarande periodtalen 25 perioder vore det enda, som kunde ifrågakomma att direkt användas för järnvägsdrift, beslöt Trollhättestyrelsen den 27 juni 1907, att kraftstationen skulle utrustas för en frekvens af 25 perioder.

Periodtalsfrågan slutbehandlas; leveransprogram utskrifves; utrustningen beställes.

Så snart den fundamentala periodtalsfrågan sålunda blifvit afgjord, utskrefs program för anbud å leverans af den för kraftstationens »1:a utbyggnad» erforderliga elektriska utrustningen. Som framgår ur afdelning I

omfattade 1:a utbyggnaden af kraftstationen — hvilken planlagts för uttagning vid full utbyggnad i den utsträckning, som riksdagsbeslutet af den 20 april 1907 afsåg, af c:a 80,000 turbinhkr. medels 8 turbiner, hvardera afsedd att drifva en direkt kopplad elektrisk trefasgenerator — större delen af de för kraftstationen vid full utbyggnad erforderliga vattenbyggnaderna, men däremot maskinstation samt elektrisk instrumenterings- och upptransformeringsstation endast för 40,000 normal-turbinhkr. 1:a utbyggnadens elektriska utrustning omfattade sålunda, utom magnetiseringsanläggning för hela kraftstationens behof,¹ endast 4 af de stora trefasgeneratorerna jämte tillhörande transformatorer och trefasinstrumentering m. m.

Det »elektriska» programmet blef uppgjort i nära öfverensstämmelse med elektriska nämndens förslag, dock med alternativt angifvande af vissa sedermera genomförda förenklingar i schemat; det innehöll utom en kort öfversikt och särskilda bestämmelser angående anbudens affattning och alternativförslag, transporter etc. en detaljerad specifikation af anläggningens olika delar och tekniska bestämmelser. Vissa af programbestämmelserna återfinnas i det följande under beskrifningen af den utförda anläggningen.

Täflan om leveransen förklarades fri för såväl svenska som utländska fabrikanter och entreprenörer.

Vid anbudstidens utgång hade anbud inkommit från följande firmor:
d. 10/10 1907 å trefasgeneratorer från

Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Västerås,
Nya Förenade Elektriska A.B., Ludvika,
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin,
Siemens Schuckert-Werke, Berlin/Nürnberg,
Felten & Guillaume, Lahmeyerwerke, Frankfurt,
Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz,
Brown Boveri & Co., Baden, Schweiz,
Comp:ie Générale Electrique, Nancy.

d. 1/11 1907 å likströmgeneratorer från samtliga firmor som offererat trefasgeneratorer och dessutom från

Luth & Roséns Elektriska A.B., Stockholm.

d. 1/11 1907 å ackumulatorbatteri från sex olika utländska fabrikanter, hvaraf fyra tyska och två engelska.

d. 15/11 1907 å transformatorer från samtliga firmor, som offererat trefasgeneratorer, samt dessutom från

¹ Vissa centrala delar af maskinstationen samt instrumenterings- och transformeringsstationen, resp. af nämnda stationers utrustning såsom magnetiseringsanläggningen och diverse hjälpmaskineri m. m. hafva, som närmare framgår af den följande beskrifningen af den utförda anläggningen, redan vid 1:a utbyggnaden med en gång utförts i den omfattning, som svarar mot full utbyggnad för 80,000 turbinhkr.

Bergmann El. Werke, Berlin,

The British Westinghouse Electr. & Mfg. Co., Manchester.

d. ¹/₁₁ och ¹⁵/₁₁ 1907 å instrumentering och ledningar från samtliga firmor, som offererat trefasgeneratorer, samt dessutom från

The British Westinghouse Electr. & Mfg. Co.

Innan ännu någon annan beställning gjorts än den af maskineriet för den provisoriska kraftstationen och sekundärstationen i Skara, fick Trollhättestyrelsen anledning att ånyo behandla den redan en gång afgjorda periodtalsfrågan. Ledamoten af stadsfullmäktige i Göteborg, ingenjör A. J. Atterberg, jämte dåvarande direktören vid Göteborgs stads elektricitetsverk, ingenjör E. Wikander, föranledde nämligen frågans upptagande i lokalpressen, Tekniska Samfundet och inom stadsfullmäktige i Göteborg.

Sedan Göteborgs stadsfullmäktige, i sammanhang med antagande af kontrakt med Trollhätteverket om leverans af elektrisk energi till Göteborgs stad, uttalat en önskan, att Trollhättestyrelsen ville upptaga periodtalsfrågan till förnyad ompröfning, och därvid för sin del äfven uttalat, att det vore för Göteborg och landet i allmänhet förmånligt, om periodtalet bestämdes till 50, lämnade styrelsen på särskild begäran herrarna Atterberg och Wikander tillfälle att vid en sammankomst inför styrelsen närmare utveckla de skäl, som föranledt stadsfullmäktige att göra dessa uttalanden. Vid sammankomsten närvaro äfven »elektriska nämndens» ledamöter. Efter en vidlyftig diskussion i frågan, för hvilken stenografiskt upptecknad protokoll finns återgifvet i kanal- och vattenverkets meddelande n:o 7, beslöt styrelsen, att, »då styrelsen genom den förda diskussionen funnit sig ytterligare befast i sin åsikt rörande periodtalet, någon ändring i styrelsens förut fattade beslut, hvarigenom bestämts, att den stora elektriska kraftstationen skulle inrättas för 25 perioder, icke skulle vidtagas».

Efter en ingående pröfning af de inkomna anbuden beställdes

likströmgeneratorerna i juni 1908

trefasgeneratorerna i maj 1908 och

3 st. enfastransformatorer i dec. 1908 hos

Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Västerås,

6 st. enfastransformatorer i dec. 1908 hos

Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz,

ackumulatorbatteriet i juni 1908 hos

Akkumulatorenfabrik-Actiengesellschaft, Hagen.

Hvad instrumenteringen beträffar, hade det alltid varit ett önskemål att minska densamma i möjligaste mån med bibehållande af fullt tillfreds-

ställande anpassningsmöjligheter i fråga om energiens fördelning. En detaljerad genomarbetning af projektet visade också, att det lät sig göra att förenkla kopplingsschemat. I samband därmed utreddes frågan om lämpligaste plats för ställverket. Af efterföljande af styrelsen bifallna tjänstememorial af den 11 april 1908 framgår utredningens resultat, hvilket blifvit grundläggande för utförandet.

»Tjänstememorial

beträffande läget för Trollhätte kraftverks ställverksbyggnad.

Vid utarbetandet af ritningarna för Trollhätte kraftverks generatorstation och ställverksbyggnad har det af flera skäl visat sig önskvärdt att utreda möjligheten och lämpligheten att förlägga transformatorerna och större eller mindre del af instrumenteringen (ställverket) till annan plats än den från början förutsedda omedelbart bakom turbinerna.

De omständigheter, som synts tala till förmån för en sådan förflyttning, äro följande:

1. Sprängningsarbetena för kraftstationsbyggnaden kunna inskränkas och därigenom tidigare avslutas, till följd hvaraf uppmurningen af maskinhuset kan påbörjas tidigare. Då byggnadsarbetet därjämte blir fördeladt på två arbetsplatser, kan det bedrifvas fortare. Af dessa orsaker uppstår en tidsvinst, som kan beräknas till c:a 2 månader.
2. Kraftstationsbyggnaden kan få en gynnsammare placering särskildt med hänsyn till en framtida utvidgning efter Vänerns reglering.
3. Om ställverksbyggnaden uppföres fristående, kunna dess dimensioner bestämmas uteslutande med hänsyn till de apparater, den skall inrymma, och kan den utbyggas i mån af behof oberoende af maskinhuset. Förlagd invid maskinhuset måste ställverksbyggnadens längd afpassas efter maskinhuset med ett centrumafstånd af 10 meter från grupp till grupp, ehuru endast 7,5 m. för apparaterna behöfvas.

Ställverksbyggnadens dimensioner kunna sålunda göras ändamålsenligare. Dessutom beredes större frihet för blifvande utvidgningar.

Byggnadens yttre kan, om den icke förlägges invid maskinhuset, göras enklare. Beklädnaden med naturlig sten kan inbesparas.

4. Ställverksbyggnaden uppförd invid maskinhuset skulle nödvändiggöra de flesta högspänningsledningarnas framdragande öfver Olidehålan och nationalparken, genom hvilken en intill 80 meter bred gata blefve behöflig och öfver slussarna, hvilket ur estetisk synpunkt vore synnerligen störande och hvilket skulle betyda en längre väg för ledningarna.

De olägenheter, som åtfölja en ändring i det planerade läget äro:

1. Större kostnad för ledningar mellan maskinhuset och ställverket.
2. Nödvändigheten att pumpa vatten för transformatorernas kylning.
3. Möjligen något större kostnad för personal och mindre lätthet att öfverblicka driften vid ev. störning.

För ställverksbyggnaden förlagd fristående hafva två olika lägen kunnat ifrågasättas nämligen:

antingen platåen bakom »Olidan» mellan trafikkanalen och den nya körvägen till maskinistbostäderna, eller

platsen mellan kraftkanalen och älven nordost om hotell »Utsikten».

Af dessa båda lägen har det senare visat sig fördelaktigast af följande skäl:

1. Kablarna från maskinhuset blifva kortare och billigare.
2. Kylvatten för transformatorerna erhålles bevämt från kraftkanalen.
3. Högspänningsledningarna kunna dragas ut genom Trollhättan öfver staten tillhörig mark.

Jämför man nu kostnaderna för det ursprungliga förslaget med alternativet invid hotell Utsikten så befinnes, att följande besparingar i det första förslaget kunna göras:

1. Minskad sprängning	20,000: —
2. Minskning i kostnad för byggnadsstommen motsvarande den i ursprungliga förslaget upptagna byggnaden bakom generatorstationen, således mycket större byggnad än till en början utföres, + »bakbyggnaden» vid generatorstationen	115,000: —
3. Minskning i kostnad för fasadbeklädnad	50,000: —
4. Förkortning och förenkling af högspänningsledningar	ca 70,000: —
<u>Summa kr. 255,000: —</u>	

Däremot uppstår följande ökning i kostnaderna:

1. Konstgjord undergrund för ställverksbyggnad	70,000: —
2. Tunnlrar för kablar från maskinhus till ställverksbyggnad	60,000: —
3. Kablar mellan maskinhus och ställverksbyggnad för 8 generatorer	60,000: —
4. Årskostnaden för vattenpumpning för transformatorernas kylning kapitaliserad (75 hk. à 25 kr. per år [uppskattadt] = 1,900 kr. kapitaliseradt) efter 5 %	38,000: —
5. Merkostnad för personal (årskostnaden kapitaliserad) uppskattad till	20,000: —
<u>Summa kr. 248,000: —</u>	

Siffrorna för byggnadskostnader i ofvanstående sammanställning äro lämnade af arbetschefen för vattenverket. Ur kostnadssynpunkt äro de båda anordningarna alltså likvärdiga.

Med hänsyn till möjligheten att anordna ställverksbyggnaden ändamålsenligare, dess större anpassningsförmåga efter framtida utvidgningar, tidsvinsten vid utförandet och möjligheten att undvika ett djupt ingrepp i Trollhättans naturskönhet, är sålunda ställverksbyggnadens förläggande till platsen nordost om hotell Utsikten afgjordt att föredraga framför det ursprungliga förslaget.

Vid utförandet af projektritningarna hafva två alternativa lösningar af instrumenteringsproblemet varit möjliga. Regleringsorganen för spänningen, generatorernas inkoppling m. m. kunna antingen förläggas på en central instrumentbalkong i generatorbyggnadens midt, där manövervakten har fri utsikt öfver maskinsalen eller också i ett centralt beläget kontrollrum i ställverksbyggnaden. Den förra lösningen skulle medföra ett väsentligt större antal manöverledningar mellan generator- och ställverksbyggnaderna än den senare och äfven medföra olägenheten af stort afstånd mellan kontrolltaflorna och tillhörande apparater i ställverksbyggnaden. Den senare lösningen medför behovet af maskintelegrafer mellan kontrollrummet och maskinerna, men innebär den tungt vägande fördelen, att manöverpersonalen i kon-

trollrummet (»kraftverkets hjärna») är fullt fri från enerverande buller från maskinsalen och dessutom har bekväm förbindelse med apparatsalarna i ställverksbyggnaden. De viktiga manöverledningarnas starkt begränsade längd och däraf följande mindre tillfällen till störningar resp. snabbare afhjälpande af eventuellt inträffande störningar torde redan vara af afgörande betydelse.

Såsom stöd för valet af detta alternativ kan anföras, dels att den bekanta Ontariostationen vid Niagara utförts på analogt sätt, dels att »den elektriska nämndens» medlemmar vid muntlig förfrågan anslutit sig till samma mening.

Med stöd af ofvanstående får jag vördsamt hemställa, att ställverksbyggnaden förlägges vid hotell Utsikten och att kontrollrummet för hela trefasinstrumenteringen får anordnas inom ställverksbyggnaden.

Trollhättan den 11 april 1908.

Torsten Holmgren.»

De ofvan anförda omständigheterna föranledde som sagdt beslutet att förlägga ställverkshuset vid »Utsikten» och att inom detsamma anordna kontrollrummet för hela trefasanläggningen.

Nytt förenkladt kopplingsschema, nya dispositionsritningar och nytt detaljeradt program för hela instrumenteringsanläggningen blef sålunda uppgjort och nya anbud infordrades i juni 1908.

Nya anbud ingåfvos i augusti 1908 af samma firmor, som offererat efter det ursprungliga programmet, dock ej af Felten & Guillaume samt Comp:ie Générale Electrique.

Sedan de inkomna anbuden undergått vederbörlig granskning, anfördes instrumenteringsleveransen i sin helhet i januari 1909 åt Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Västerås.

Beskrifning af den utförda anläggningen.

Nedanstående beskrifning afser endast de delar af 1:a utbyggnadens elektriska utrustning jämte därtill hörande anläggningar, som vid utgången af år 1911 voro färdiga resp. under utförande.

Allmän orientering.

Hufvudkonturerna af kraftstationens disposition, sedda hufvudsakligen från vatten- och husbyggnadssynpunkt, hafva redan uppdragits i afdelning I. En allmän orientering i kraftstationen ur speciellt elektroteknisk synpunkt torde här vara på sin plats, om ock ett upprepande af hvad som förut blifvit sagdt, därvid delvis blir nödvändigt. I anslutning till det föregående

lämnas därför nedan i korthet en överblick öfver kraftstationens »elektriska» disposition.

De stora elektriska generatorerna, som alstra trefasig växelström om 25 perioder pr sekund och c:a 10,000 volt hufvudspänning, äro, direkt kopplade till sina resp. turbiner, horisontellt uppställda i den stora sal, som upptar hela utrymmet i det vid Olidehålan belägna maskinhusets monumentala hufvudbyggnad (se fig. 80 i afdelning I samt pl. 3 och 4 och fig. 2 och 3 i afdelning II). Maskinsalen, som bestrykes af en elektriskt manövrerad travers om 60 tons lyftkraft, har en längd af ej mindre än 94 m. vid full utbyggnad, en bredd af 22,7 m. och en höjd till takstolarnas underkant af 12 m.

Maskin-
huset.

maskinsalens midt äro de 3 turbindrifna likströmsgeneratorerna, som alstra ström för trefasgeneratorernas magnetisering m. m., uppställda; å en balkong vid väggen öfver småturbinernas tilloppstuber är likströmsanläggningens kontrolltafla anordnad.

En längs baksidan af maskinhusets hufvudbyggnad uppförd tillbyggnad inrymmer ackumulatorbatteri, 10,000 volt hufvudströmbrytare och ledningar m. m. för trefasgeneratorerna, förråd och reningsanläggning för maskinolja, rum för driftpersonal och portvakt samt diverse smärre lokaler för ackumulatorbatteriet, en varuhiss samt trappor.

Från trefasgeneratorerna ledes strömmen genom ledningar, förlagda under maskinsalgolfvet, upp till bakbyggnadens högspänningsrum och härifrån i kablar genom en c:a 200 m. lång delvis genom berget sprängd tunnel upp till det på platån framför f. d. hotell Utsikten belägna ställverkshuset (fig. 95 i afdelning I samt fig. 4 och pl. 5—9 i afdelning II).

I ställverkshuset fördelas den från maskinhuset uppledda elektriska energien dels till linjer, som med oförändrad spänning distribuera den i kraftstationens närhet, dels till transformatorer, som upptransformera den till 50,000 volt, och från hvilka den vidare fördelas till linjer, som öfverföra till aflägsnare konsumtionsorter. I ställverkshuset sker äfven, från ett särskildt kontrollrum, den hufvudsakliga manövreringen och kontrolleringen af såväl de stora turbinerna och trefasgeneratorerna som trefasinstrumenterings- och transformeringsanläggningen.

Ställverks-
huset.

Ställverkshuset är afsedt att fullt utbyggdt innehålla ett midtparti och två flyglar.

Flyglarna äro afsedda att inrymma större delen af den egentliga högspänningsinstrumenteringen, jämte — i tillbyggda celler — transformatorerna. För närvarande är endast den ena flygeln — den södra — uppförd jämte fyra transformatorceller. Flygeln begränsas mot söder af ett ändparti, som inrymmer montagehall och reparationsverkstad jämte smedja, laboratorium, rum för mätarejustering, trapphus och hiss. Ändpartiet innehåller ej några högspänningsrum. Flygeln är uppförd i 3 våningar utom

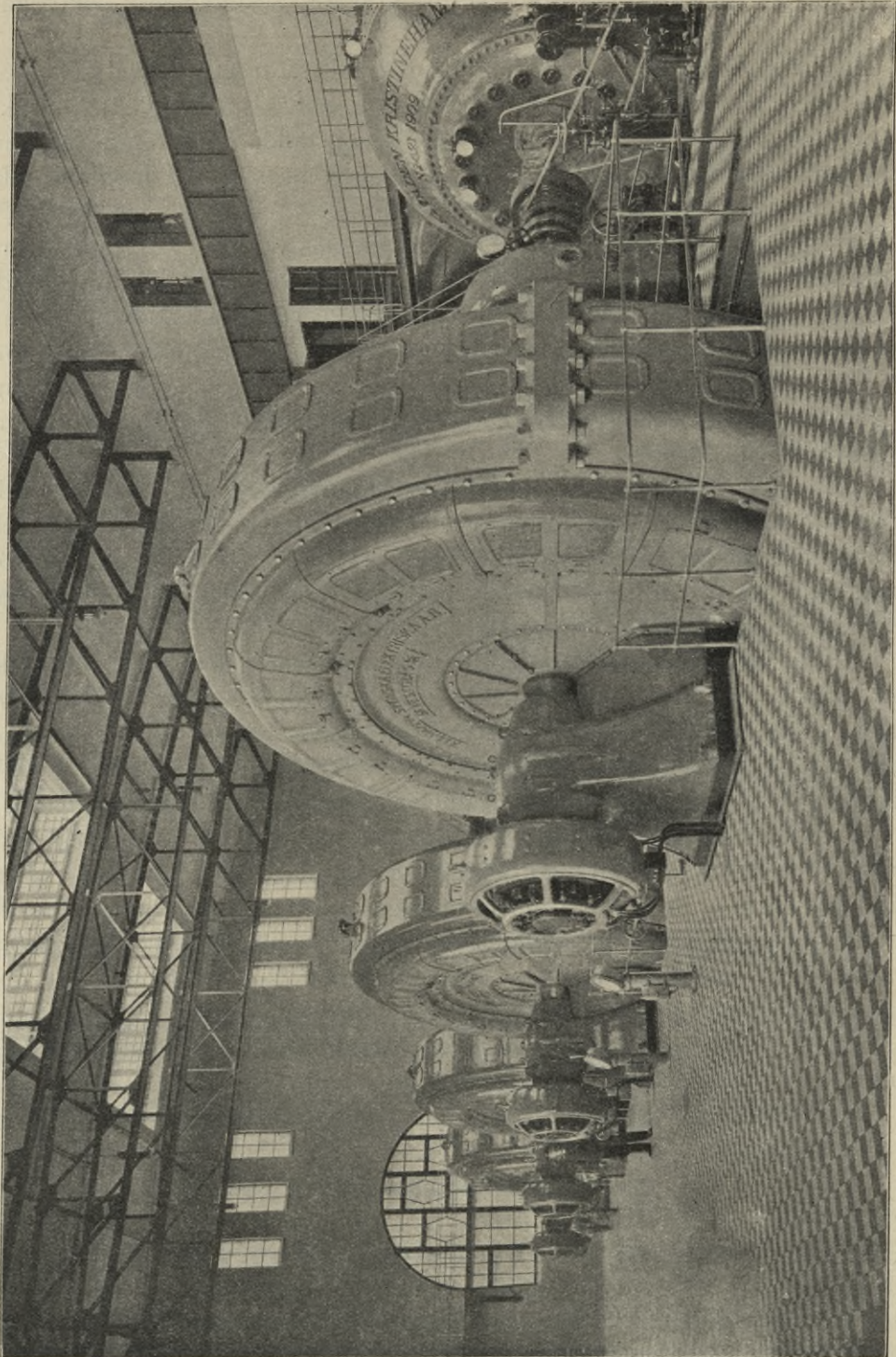


Fig. 2. Kraftstationens maskinsal, norra delen med 1:a utbyggnadens frejasmaskineri.

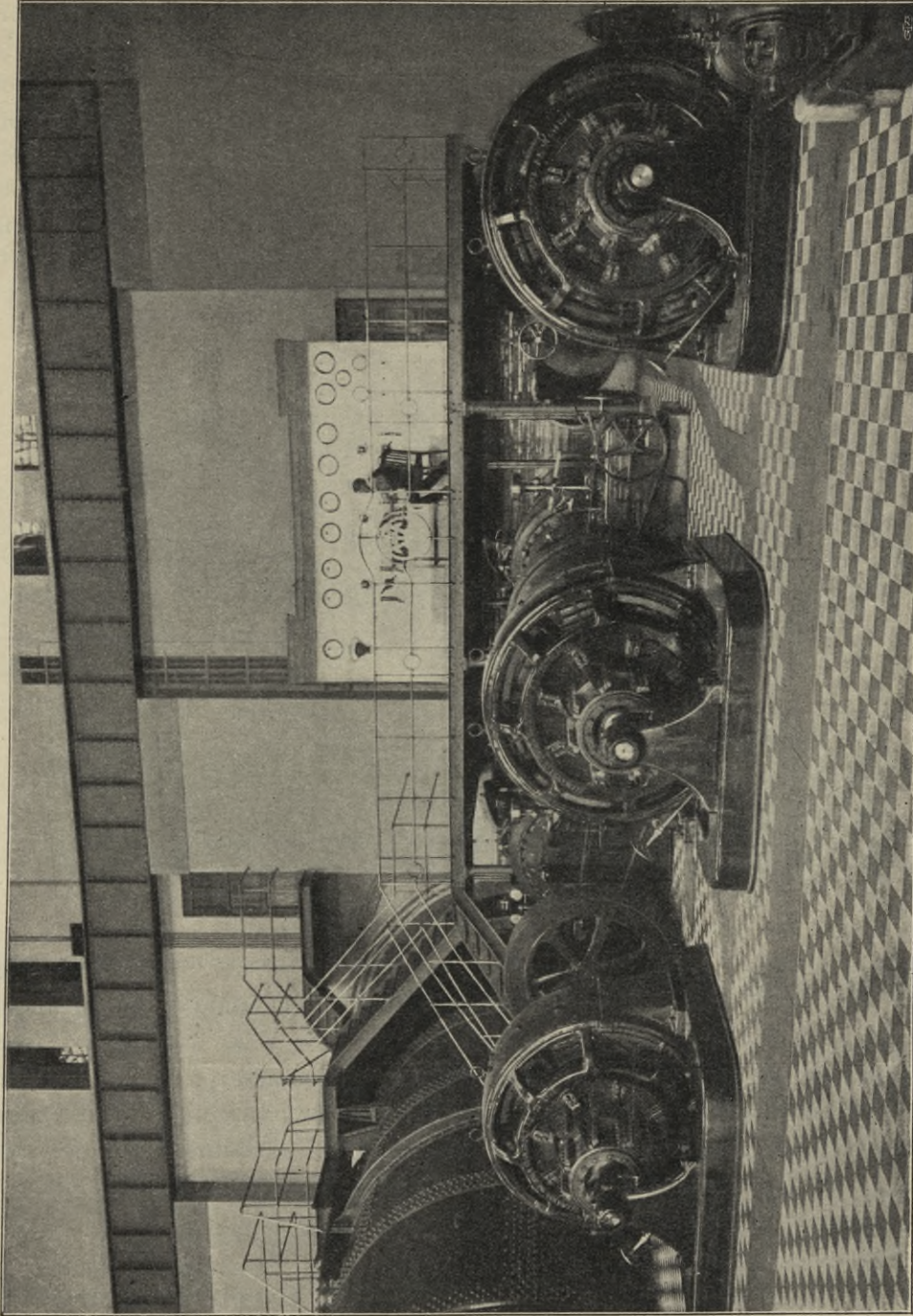


Fig. 3. Kraftstationens maskinsal, midpartiet med maskineri och kontrollapparat för likström.

källarvåningen. Dess högspänningsparti är c:a 15 m. bredt, 30 m. långt och af byggnadskonstruktiva skäl genom 2 (i källaren 3) långsgående mellanmurar från källaren t. o. m. 2:a våningen indeladt i ett motsvarande antal långsträckta rum. Partiet är så disponerad, att det inom den mot hvarje transformatorcell svarande byggnadslängden kan inrymma komplett högspänningsinstrumentering enligt kopplingsschemat (se pl. II) för ett generator-transformator-linjeaggregat med samtidig utledning af såväl en dubbel 3-trådig 50,000 volts linje som en 4×3 -trådig 10,000 volts linje. Denna

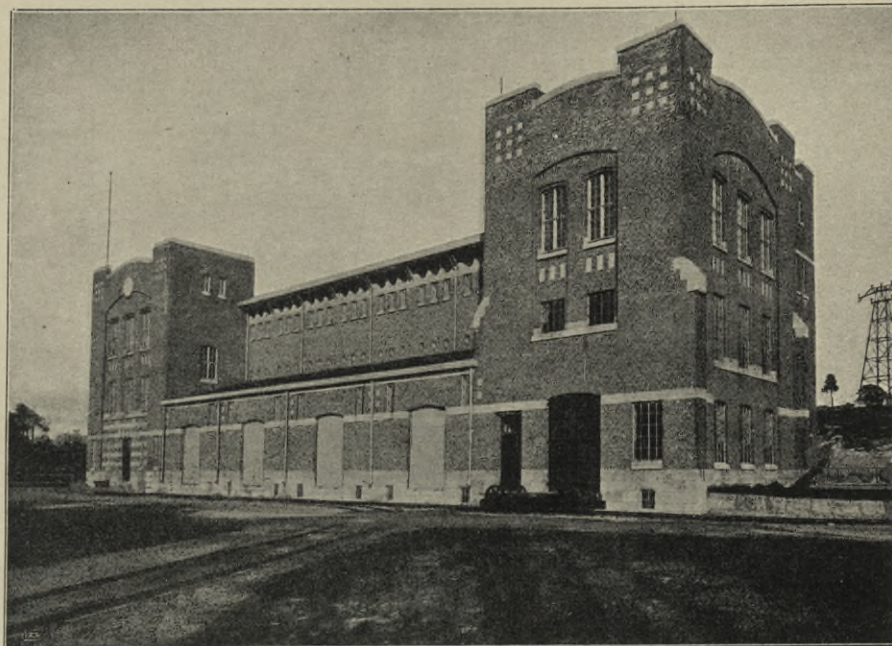


Fig. 4. Ställverkshuset, fasad mot älven.

disposition valdes, emedan man vid tiden för projektets uppgörande icke kunde öfverskåda, för hvilket ändamål kraften skulle komma att användas, och sålunda var nödsakad bereda möjlighet för dess öfverförande med 50,000 volt för aflägsna konsumtionsorter eller med 10,000 volt för de närmare omgifningarna i på förhand obestämbart omfattning — allt efter som afsättningen kunde komma att utvecklas. Vid slutet af år 1911 var dock ej all instrumentering, för hvilken utrymme finnes, installerad, utan endast den å kopplingsschemat angifna, som erfordrades för den dåvarande distributionen.

De utrymmen, som på detta sätt allt efter kraftafsättningens gestaltning ej behöfva tagas i anspråk för instrumentering, disponeras i mån af behof för olika andra ändamål, sålunda som förrådsrum, rum för justering och reparation af mätare etc.

Midtpartiet, som redan vid 1:a utbyggnaden blifvit komplett uppfördt, äfvenledes i tre våningar utom källarvåning, upptages till största delen af det ofvan omnämnda kontrollrummet, rum för pumpar samt för vatten- och oljecisterner, driftkontor o. d. lokaler, som äro af central natur, och som ej innehålla högspänningsledning. Till midtpartiet är äfven byggnadens hufvudentrée och hufvudtrappa förlagd. Högspänningsledningar och högspänningsapparater förekomma i midtpartiet endast i vissa afskilda högspänningsrum i källarvåningen och 1:a våningen (se nedan) samt i 3:e våningens tak, där 50,000 volts samlingsskenorna äro framdragna för genomledning till framtida utbyggnad.

Trefasgeneratorerna.

De stora turbinerna äro, som i den föregående afdelningen blifvit omnämndt, utförda så, att de normalt lämna 10,000 eff. hkr. (vid bästa verkningegrad) men kunna öfverbelastas med 25 %, således till 12,500 hkr. För att äfven vid tämligen ogynnsam fasförskjutning bli tillräcklig för omsättning af största turbineffekten är hvarje generator byggd för maximalt 11,000 kilovolt-ampère. För generatorernas konstruktion hafva anbudsprogrammets bestämmelser i hufvudsak legat till grund. De viktigaste programbestämmelserna beträffande själva generatören voro följande:

1. Förbindelsen med turbinen utföres med s. k. fast koppling.
2. Rotorn uppbäres af två lager försedda med ringsmörjning, oljetill- och -aflopp samt eventuellt vattenkyllning.
3. Generatören skall konstrueras för 25 perioder per sekund och 187,5 hvarf per minut samt kunna kontinuerligt utveckla 11,000 kilovoltamp. vid $\cos \varphi = 0,8$ vid hvilken spänning som helst mellan 10,000 och 11,000 volt.
4. Den normala effekten är 9,000 kilovoltamp. vid $\cos \varphi = 0,8$ och 10,000 volt.
5. Spänningsstegringen vid frånslagning af normaleffekten till tomgång vid oförändrad hastighet och magnetisering får ej öfverstiga 22 %, men kan af anbudsgifvaren föreslås lägre.
6. Med afseende på det inbördes förhållandet mellan ankarreaktionen och ankarlindningens självinduktion (läckningsreaktans) framhålles, att den förra bör vara liten, den senare stor, i afsikt att därigenom med fasthållande af den under mom. 5 föreskrifna maximala spänningsstegringen erhålla minsta möjliga momentana kortslutningsström.
7. Hufvudspänningskurvan skall praktiskt taget hafva formen af en enkel sinuskurva, och får vid tomgång den högsta afvikelsen från en enkel sinuskurva med samma effektivvärde ej öfverstiga 4 % af dennas amplitud. Framför allt måste öfvertoner af lågt periodtal undvikas och får amplituden hos 5:te och 7:de öfvertonerna icke öfverstiga 2 % af hufvudspänningskurvans amplitud.
8. I hållfasthetskänseende skall generatören vara så utförd, att den med vederbörlig säkerhet till alla delar tål dels en 85 % större hastighet än den normala, dels de

Program-
och
kontrakts-
bestämmel-
ser.

påkänningar, som uppstå vid en fullständig plötslig kortslutning vid en magnetisering motsvarande 11,000 volt, 11,000 kilovoltamp. belastning vid $\cos \varphi = 0,8$.

Lagren skola tåla den höga hastigheten under 5 minuters prof.

9. Ankarlindningen skall under en kvarts timme tåla 20,000 volt eff. spänning, såväl mellan lindningen och stativet som mellan de olika faserna inbördes. Magnetiseringslindningen skall på samma sätt uthärda 2,000 volt. Generatoren skall tåla prof i tomgång med 20,000 volts hufvudspänning under en kvarts timme.
10. I afseende på uppvärmning vid kontinuerlig drift bestämmes, att ingen del får antaga högre temperatur än 55° C. öfver den omgivande luften, vid hvilken som helst af de under mom. 3 nämnda belastningarna. Den högsta temperaturen i lagren får icke uppgå till mera än 35° C. öfver det tillförda kylvattnets temperatur.
11. Generatoren utföres med hänsyn därtill, att den vid enfasbelastning med 10,000 volt bör förmå kontinuerligt afgifva största möjliga effekt, utan att den i mom. 10 angifna temperaturstegringen öferskrides.

I leveranskontraktet upptogs bl. a. följande tillägsbestämmelser:

1. Den högsta för magnetlindningen erforderliga spänningen skall utgöra 330 volt.
2. För erhållandet af en bättre regleringsförmåga vid mindre belastningar konstrueras generatoren så, att kortslutningsströmmen vid den magnetisering, som motsvarar 10,000 volt vid tomgång, icke understiger 900 amp.
3. Generatoren utrustas med en levande kraft $\frac{1}{2} M v^2$ vid 187,5 minuthvarf af 3,600,000 mkg.

Magnetise-
ring.

För reglering af generatorernas magnetisering har den af elektriska nämnden föreslagna anordningen med tillsatsmaskiner kommit till utförande, en anordning som hittills icke varit använd, åtminstone i Sverige. Hvarje trefasgenerator är sålunda försedd med en direktkopplad, separat magnetiserad likströmgenerator — tillsatsmaskin — hvars induktor i serie med trefasgeneratorns fältlindning är ansluten till den centrala likströmsanläggningens 220 volts fördelningsskenor. Tillsatsmaskinens spänning är reglerbar mellan — 220 volt vid 0 amp. och + 110 volt vid full magnetström. Spänningen mellan trefasgeneratorns släpringar blir härvid reglerbar mellan 0 och 330 volt. (Programmet föreskrifver 440 volt maximal magnetspänning och således reglering af tillsatsmaskinens spänning mellan — 220 och + 220 volt; bestämmelsen ändrades i kontraktet till öfverensstämmelse med ofvanstående.) Regleringen af generatorspänningen sker sålunda med reostat i tillsatsmaskinens magnetlindning. Då strömstyrkan i nämnda lindning är mycket liten, maximalt 2 amp. vid drift med ogynsammaste belastning, blir energiförlusten med därpå följande uppvärmning i regleringsreostaten obetydlig. Reostaten är så utförd, att man genom vridning af reostatvefven i en riktning kan kontinuerligt öka trefasgeneratorns magnetiserström från 0 till erforderligt maximum. I programmet föreskrifs, att trefasgeneratorns spänning mellan 9,000 volt vid tomgång och 11,000 volt

vid maximal belastning ej får ändras mera än högst 1,5 % för hvarje reostat-knapp vid hvilken förekommande temperatur som helst, att generatorns magnetiseringsström skall kunna noggrant inregleras på noll, äfven om spänningen å likströmssystemets samlingsskenor afviker från 220 volt med intill 5 %, samt att tillsatsmaskinen skall arbeta gnistfritt utan ändring af borstläget vid hvilken belastning som helst.

Tillsatsmaskinen är så utförd och anbragt på generatoren vid dennas fria axelända, att den hastigt och bekvämt kan borttagas och ersättas med en annan.

Generatorernas utförande och uppställning framgår af fig. 2 samt Ventilering. fig. 5—10. De äro som synes af s. k. slutentyp, d. v. s. utförda lufttätt inkapslade. Ändamålet med inkapslingen är dels att möjliggöra deras kylning med frisk kall luft samt en bekväm och effektiv afledning från maskinsalen af det i generatorerna alstrade förlustvärmets, dels att dämpa bullret, som vid öppen uppställning af dessa generatorer skulle bli besvärande starkt, dels slutligen att vid eventuellt inträffad läcka å turbinskåpen förhindra sprutning af vatten på generatorlindningarna. Hvad förlustvärmets beträffar, ger en jämförelse med den vid stenkolseldning utvecklade värmemängden en god föreställning, om hvilka kvantiteter det här blir fråga om. Om förlusten i generatoren anslås till 4 %, så blir det per maskin normalt c:a 280 kilowatt och för alla generatorerna i maskinsalen tillsammans c:a 2,240 kw. Då nu en kilowattimme är 864 V. E., komma de 8 generatorerna vid normal drift att gifva ifrån sig till den omgifvande luften nära 2 millioner värmeenheter per timme eller ungefär samma värmemängd, som skulle erhållas af 300 kg. kol per timme — motsvarande en kolåtgång af 7,2 ton per dygn. Det är påtagligt, att under varma sommark dagar utsläppandet af en sådan värmemängd i maskinsalen skulle alstra en såväl för personalen besvärande som för maskinerna olämpligt hög temperatur, som genom vanlig ventilation af maskinsalen endast med stora svårigheter skulle kunna nedbringas till drägligt värde.

Inkapslingen af generatoren har utförts med användning af gjutjärns-kåpor, segmentvis hopskrufvade och fastgjorda vid statorns plansidor. Inkapslingen medför nödvändigheten af konstgjord ventilation af det inkapsade rummet. Två alternativa förslag till anordning af denna konstlade ventilation ha blifvit tagna under ompröfning:

- alt. A., anordning med fläktvingar å rotorn, hvarvid rotorn tjänstgör som fläkt och generatoren således själf ombesörjer ventilationen,
- alt. B., anordning af separat elektromotorfläkt.

Ur kostnadssynpunkt befunnos båda alternativen likvärdiga. Ur teknisk synpunkt har det förstnämnda ansetts vara att föredraga på grund af att generatorns drift härvid ej såsom vid alt. B blir beroende af ett hjälpmaskineri, som dessutom skulle inkräkta på utrymmet samt medföra ökadt

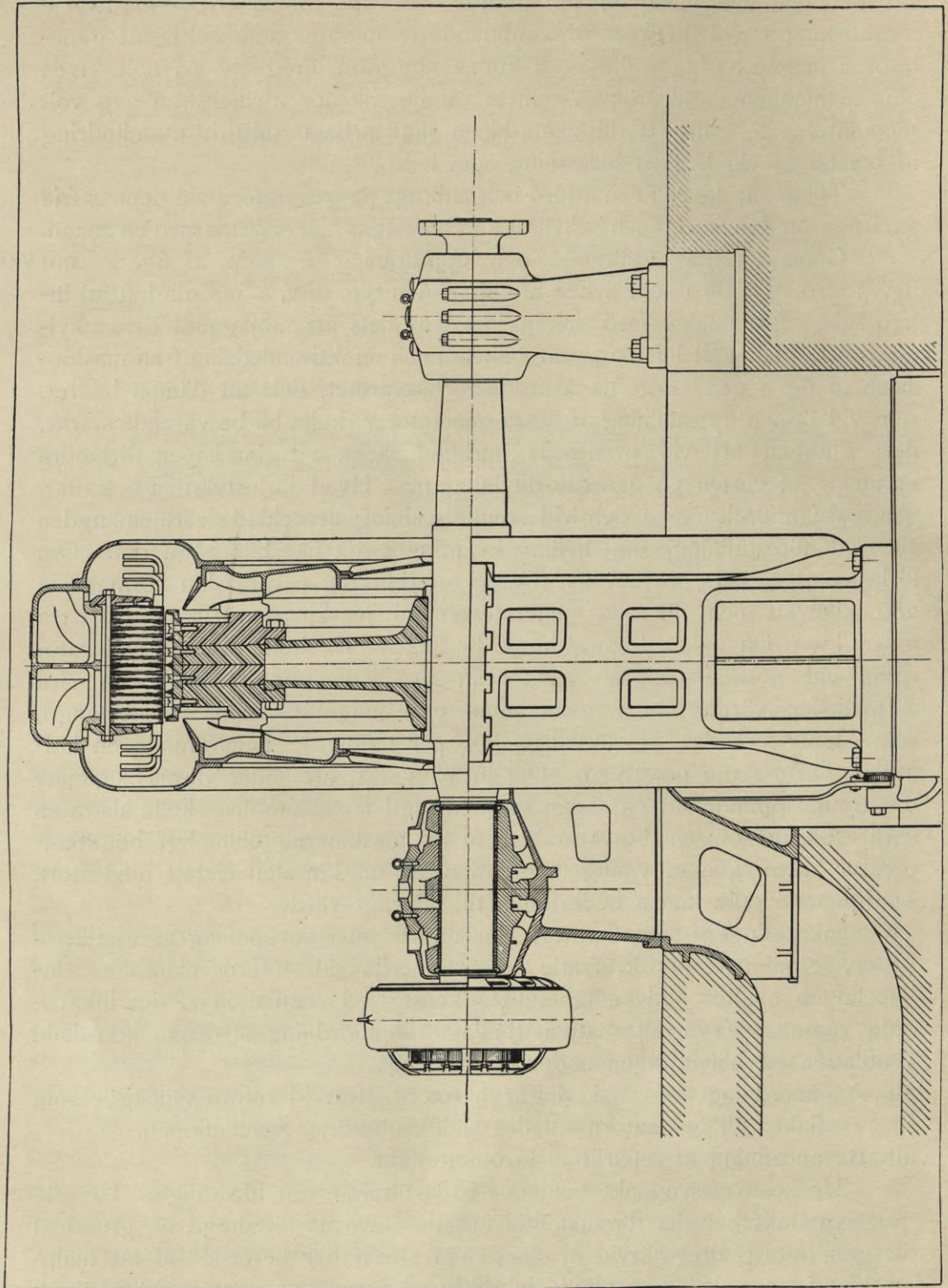


Fig. 5. Kraftstationens trefasgenerator för 11,000 k. v. a., 10,000—11,000 volt, levererad af Altm. Svenska Elektr. Aktiebolaget, längdsnittet.

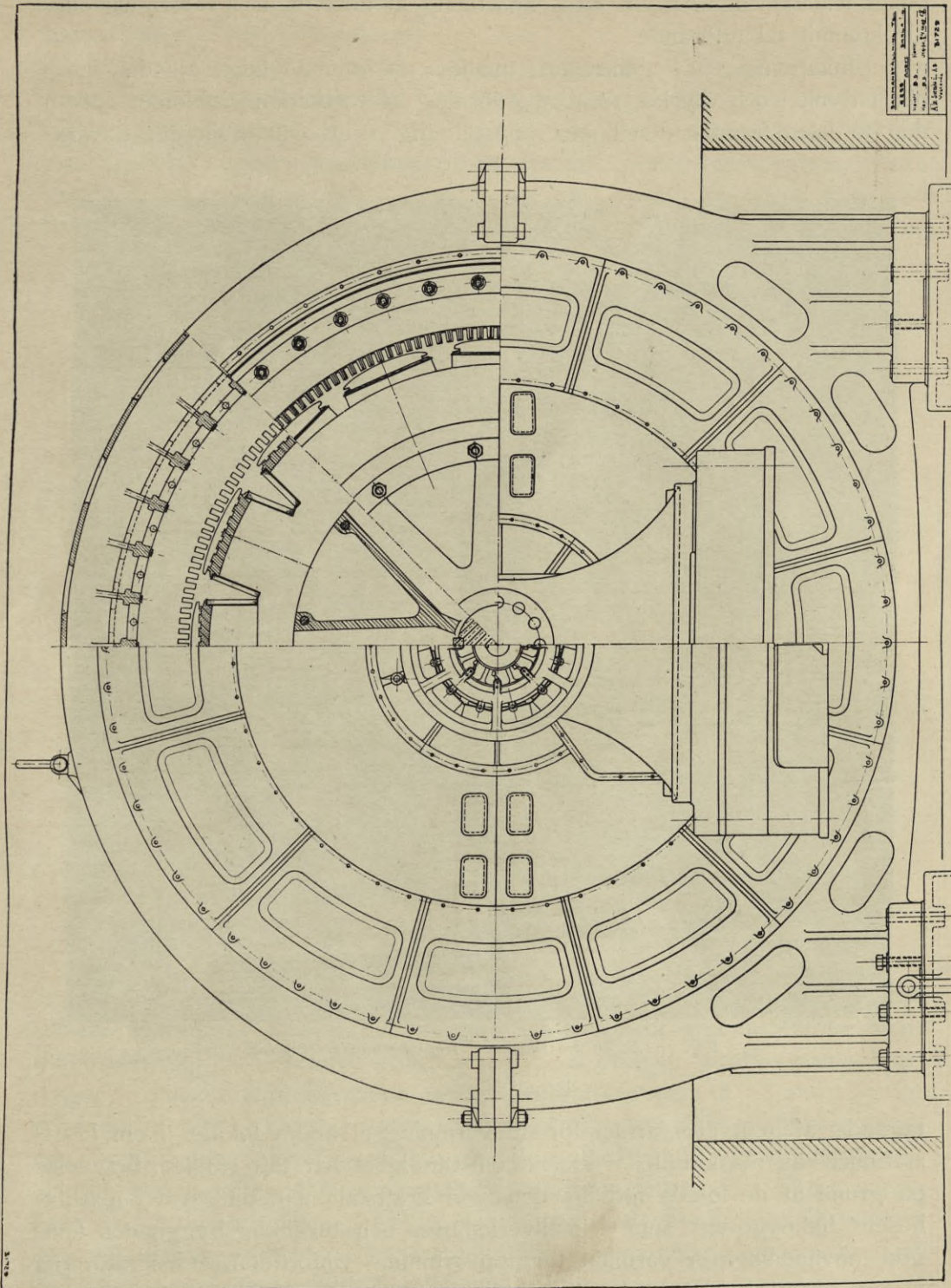


Fig. 6. Kraftstationens trefasgenerator för 11,000 k. v. a., 10,000—11,000 volt, levererad af Alim. Svenska Elektriska Aktiebolaget, ändny och tårsektion.

buller i stationen. Alt. A med anordning af fläktvingar å rotorn har därför kommit till utförande.

Inkapslingen af generatorn medför, på samma gång som den innebär en enkel och mycket förmånlig lösning af ventilationsproblemet, äfven den fördelen framför den öppna uppställningen, att den möjliggör tillvara-

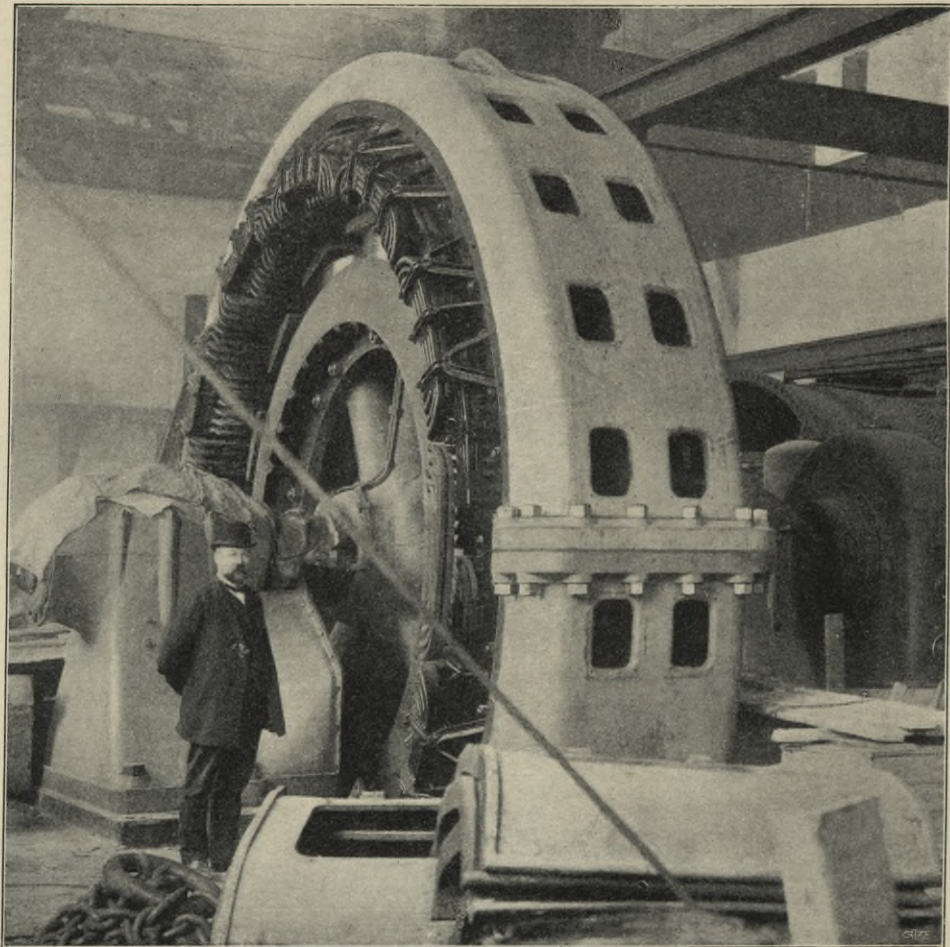


Fig. 7. En af kraftstationens trefasgeneratorer okapslad.

tagande af generatorvärmets för uppvärmning af andra lokaler inom kraftstationen än maskinsalen. Denna omständighet har fått särskild betydelse på grund af de lokala förhållandena vid kraftstationen, då såväl i maskinhusets bakbyggnad som i ställverkshuset och turbintagsbyggnaden finns god användning för varmluft till uppvärmning vintertiden. Generatorerna utgöra äfven så betydande värmekällor, att ett utnyttjande af förlustvärmets

på detta sätt blir ekonomiskt fördelaktigt, och anordningar för ändamålet hafva därför äfven vidtagits.

Som i afdelning I redan omnämmts, tages den kalla ventilationsluften för generatorerna in med låg hastighet genom gallerförsedda intag ofvan maskinsalstaket samt ledes ned genom kanaler i murpelarna till en samlingsgång under maskinsalsgolvet framför generatorgroparna. Från samlingsgången suges luften genom en för hvarje generator anordnad kanal genom golvet och lagerstommen axiellt in i generatorkåpan genom

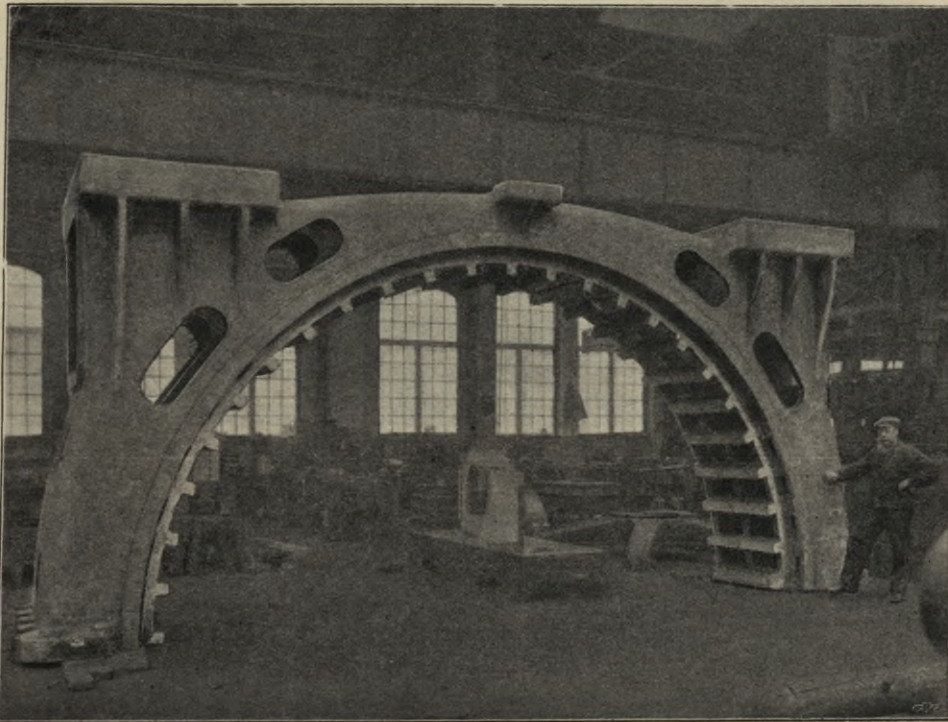


Fig. 8. Undre statorhalfvan till en af kraftstationens trefasgeneratorer.

en öppning å den åt gången längs generatorerna vettande gafveln. Medelst rotorns fläktvingar slungas den insugna luften radiellt genom statorns ventilationskanaler ut i statorns ytterstomme samt pressas härifrån genom öppningar i statorfotens kortsidor nere i generatorgropen ut i tunnlar under maskinsalsgolvet. Dessa tunnlar leda fram till maskinhusets bakbyggnad, där de utmytna i vertikala schakt, försedda med spjäll och så anordnade, att den varma luften kan ledas antingen ut i fria luften eller till en varmkammare i bakbyggnaden. Från varmkammaren distribueras varmluften dels till bakbyggnadens olika lokaler, dels genom kabelgångarna upp till turbintagsbyggnaden och ställverkshuset.

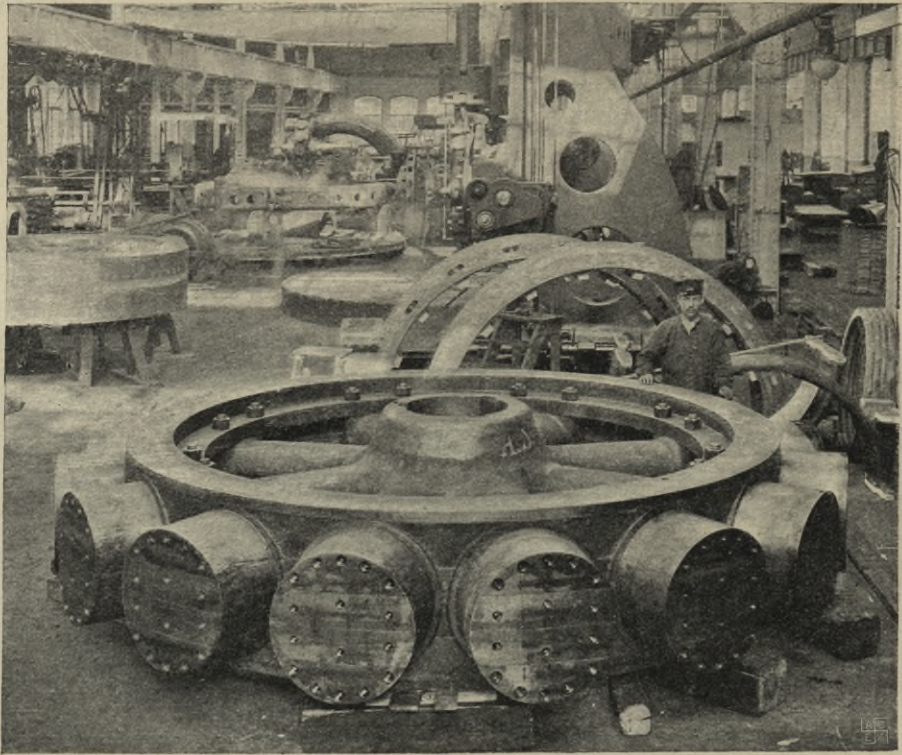


Fig. 9. Rotorstommen till en af kraftstationens trefasgeneratorer.

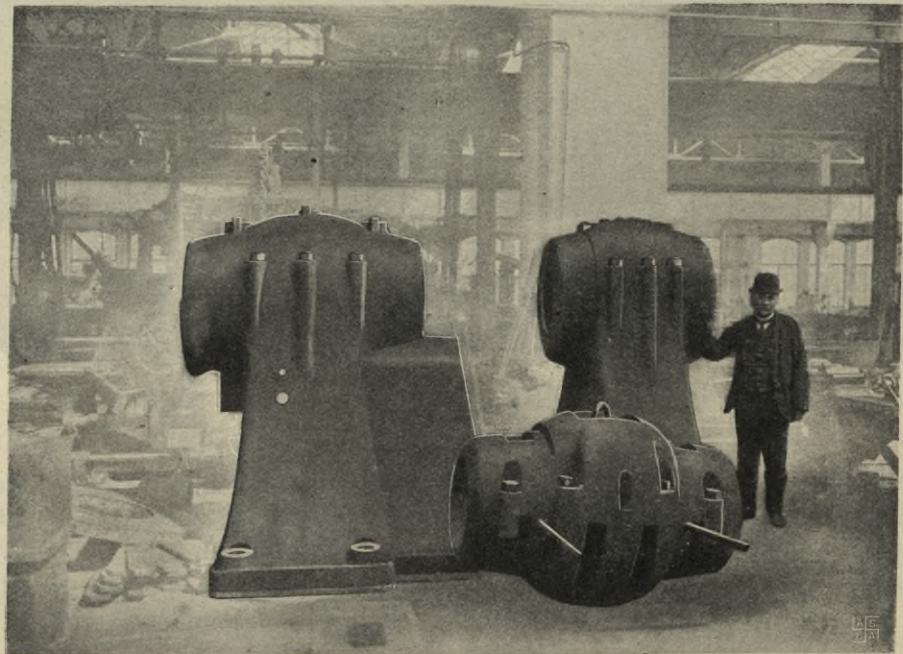


Fig. 10. Lagerbockar till en af kraftstationens trefasgeneratorer.

Generatorernas temperaturstegring är, såsom senare anføres, vid ogynnsammaste belastning endast 45° öfver den tillförda luftens temperatur. Vid normal drift blir därför kylluftens temperaturförhöjning endast 10 à 20 grader C. vid passerandet af generatorm. Vid stark köld utomhus skulle därför den från generatorerna afgående luften hafva en för uppvärmningsändamål obrukbar temperatur, om icke särskilda anordningar i detta hänseende vidtagits. Genom insättandet af luckor med omkastningsspjäll i muren mellan maskinsalen och de vertikala luftkanalerna har möjlighet beretts att taga kyl luften antingen direkt utifrån eller från maskinsalen — eller bådadera i lämplig blandning. Mellan de under maskinsalen framdragna gångarna för den från maskinerna kommande uppvärmda luften och maskinsalen hafva likaså ventiler med spjäll förlagts i golvet, så att erforderlig varmluft kan insläppas i maskinsalen. Genom den utförda anordningen kan alltså luft tagas till maskinerna utifrån det fria eller från maskinsalen och från maskinerna varm luft pressas in i maskinsalen, ut i det fria eller genom kabeltunneln upp till ställverk och tubintag — allt i mån af behof. På detta sätt kan temperaturen i maskinsalen hållas praktiskt taget konstant året om. Likaså kan vid snöyra allt insugande af snö i generatorerna förebyggas.

Följande sifferdata rörande ventilationen torde kunna påräkna intresse.

I afseende på uppvärmning vid kontinuerlig drift är i leveranskontraktet garanteradt, att ingen del af generatorm skall antaga högre temperatur än 45° C. öfver den i tilloppskanalen för luften rådande temperaturen, under förutsättning att lufttemperaturen i maskinrummet icke öfverstiger lufttemperaturen i tilloppskanalen. Hvarje generator garanteras härvid erfordra högst 20 kbm. kyl luft per sekund. Vid 15 kbm. per sekund och generator är lufthastigheten i till- och afloppskanalerna 6,5 à 7 m. per sek. och tryckförlusten sammanlagdt c:a 20 m/m vattenpelare.

Generatorerna äro utförda så, att de efter borttagande af inkapslingen och fläktvingarna kunna med normal uppvärmning arbeta såsom öppna maskiner.

Beträffande generatorkonstruktionen i öfrigt lämnas med leverantörens tillstånd nedanstående uppgifter, som delvis äro hämtade ur anbudsbeskrifningen. Konstruktion.

Statorstommen är utförd i två delar, lindningen utförd som 2-planslindning i öppna spår med mikanitrör i spåren och den fria lindningen isolerad med sterling-varnish-preparat. Öppna spår hafva användts för att möjliggöra snabb reparation. För att undvika de vid öppna armaturspår ofta uppträdande öfvertonerna i spänningskurvan, ha polskorna anordnats förskjutna enligt Lindströms metod, till hvilken anordning leveran-

tören innehar patent. För att minska uppvärmningen genom hvirvelströmmar i den yttersta ledaren, är denna utförd särskildt uppdelad.

Starka stöd, 2 för hvarje härfgupp, förhindra deformation eller vibration af de fria härfsidorna vid eventuell felfasning eller kortslutningar.

För justering af luftgapet till lika längd rundt om är statorn försedd med ställskrufvar i såväl vertikal som horisontel led.

Statorstommen är rikligt dimensionerad för att förebygga deformation och vibration. Den hvilar med 3 fötter på gjutjärnsbottenplåtar, ingjutna i generatorgropens betongbotten. För ernående af goda reparationsmöjligheter har uppställningen anordnats så, att statorn med tillhjälp af en baxningsanordning kan förskjutas i axiell led. Statorfötterna och bottenplåtarna äro därför utbildade med glidytor, försedda med styrlinealer. Bottenplåtarna äro medels 60 à 40 mm. ankarbultar förankrade vid gjutjärnsplattor, nedbäddade i betonggrunden.

Rotorn består af ett armkors af gjutjärn med ihåliga armar, på hvilka en mjuk martinring med fastgjutna polkärnor är påkrymt. Ringen och polerna äro delade i fyra parallella skifvor, ett antal som bestämts af hänsyn dels till möjligheten att erhålla gods af ifrågavarande vikter dels till kontroll af martingodsets täthet.

Polplattorna äro utförda af martinstål, försedda med hyflade laxstjärtslister, på hvilka polplattlaminingen är fästad. Polplattan fasthålls vid kärnorna medels stålskrufvar.

Å generatorernas polplattor har anbringats hål för dämplindning, hvilken lindning emellertid inlagts endast å den generator, som ej är direkt förbunden med ett transformatoraggregat. Dämplindningen anbragtes, med tanke speciellt på generatorns eventuella användning som enfasgenerator för blifvande järnvägsdrift, till förebyggande af allt för stor värmeutveckling i polskorna och för erhållande af god form å spänningskurvan.

Magnetlindningen är utförd af kopparband, lindade på högkant med impregnerad pappersisolation mellan hvarfven.

Mellan polkärnan och magnetlindningens innersida är lämnadt rum för ventilation, likaså mellan magnetpolens öfverkant och polplattan.

Axeln har kärnborrhats efter hela längden och kärnan uttagits hel, hvarvid felfritt material konstaterats.

Kåpan består af segment af gjutjärn; den är konstruerad med hänsyn till största möjliga stabilitet mot vibrationer (tyst gång). Den är försedd med ett antal lätt löstagbara luckor för tillsyn af lindningarna.

Magnetmatarens magnetfältring är af martin, utförd i ett stycke och fastskrufvad vid generatorlagret. Magnetkärnorna äro af smidesjärn, fästade vid magnetringen med utifrån åtkomliga bultar, så att magneterna

vid eventuellt behof kunna utbytas utan att någon annan del af maskinen rubbas. Armaturhärfvorna äro nedlagda i öppna spår, fasthållna med tråkilar. På den från strömsamlaren vända sidan af armaturen finnas utjämningsringar för skydd mot inre strömmar, orsakade af ojämnhet i styrkan hos polerna. Luftgapet är relativt stort för erhållande af tillförlitlig spänningsreglering vid 0-spänning; särskildt kompenseras genom det stora luftgapet den remanenta magnetismens härvid ogynnsamma inflytande. Lamellerna i strömsamlaren äro af hårddragen elektrolytisk koppar; all isolering i strömsamlaren utgöres af glimmer. Lamellerna fasthållas af tryckringar af gjutstål. Borstarna äro af kol och borsthållarens konstruktion sådan, att borstläget ej undergår någon förändring vid olika slitning af kolet. Samlingsckenorna ligga väl skyddade på insidan af borsthållarringen.

Trefasgeneratorns yttre dimensioner äro:

Rotorns diameter	4,67 m.
Statorns ytterdiameter	6,5 »
Statorns största längd i axelns riktning (kåpans ytterdimension)	1,9 »
Generatorgropens dimensioner:	
i plan	6,7 × 3,5 »
djup	2,1 »
Höjd från maskinsalsgolvet till lagercentrum	1,5 »

Hela generatoren väger c:a 200 ton, hvaraf tyngsta delen, rotorn med magnetpoler, 67 ton. Hvarje lager innehåller c:a 200 liter olja, och drager för kylning en vattenmängd af 60 min./liter.

Transporten af hvarje generator från Västerås till Trollhättan tog 17 st. järnvägsvagnar i anspråk.

De leveransprofningar, som dels i Västerås, dels i Trollhättan utförts Egenskaper. å de levererade generatorerna, hafva gifvit mycket godt resultat. Särskildt förtjänar framhållas, att generatorerna på ett glänsande sätt bestått såväl »rusnings»- som »kortslutningsprofvet», det sistnämnda omfattande plötslig kortslutning vid full magnetisering. De mekaniska påkänningar, som vid dessa prof åverka maskiner af denna storlek, äro högst betydande. Maskinerna hafva äfven under driften hittills fungerat synnerligen tillfredsställande, såväl i fråga om driftsäkerhet som öfriga egenskaper.

Spänningsstegringen vid frånslagning af normalbelastningen vid 10,000 volt uppgår till 21 %. Magnetiserströmmen vid 11,000 k.v.a. 11,000 volt, $\cos \varphi = 0,8$ uppgår till 260 à 270 amp. Verkningsgraden är enligt utförda prof 96 % vid normalbelastning, 10,000 volt, $\cos \varphi = 0,8$. Fig. 12 visar tomgångs- och belastningskurvor för generatoren enligt utfördt prof.

Fig. 13 torde i detta sammanhang kunna påräkna intresse. Den visar ett vid profning af generatorerna i Trollhättan användt trefasaflastningsmotstånd, som för ändamålet sänktes ned i den förut i afdelningen I

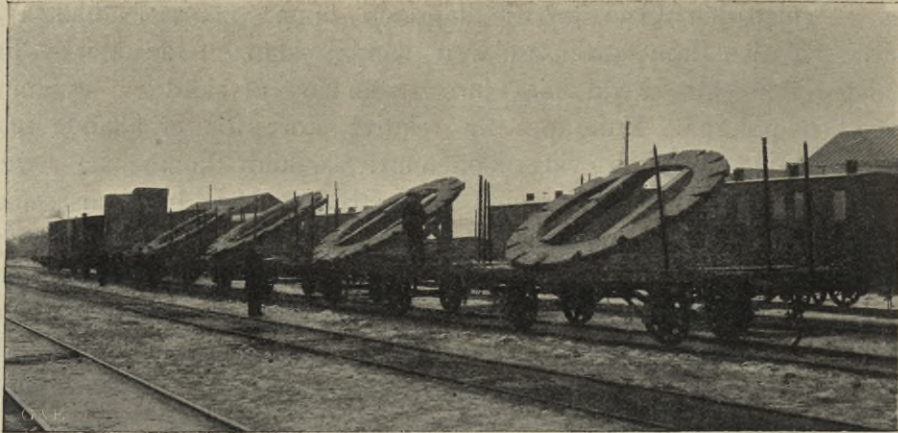


Fig. 11. Tåg lastadt med delar till en af kraftstationens trefasgeneratorer.

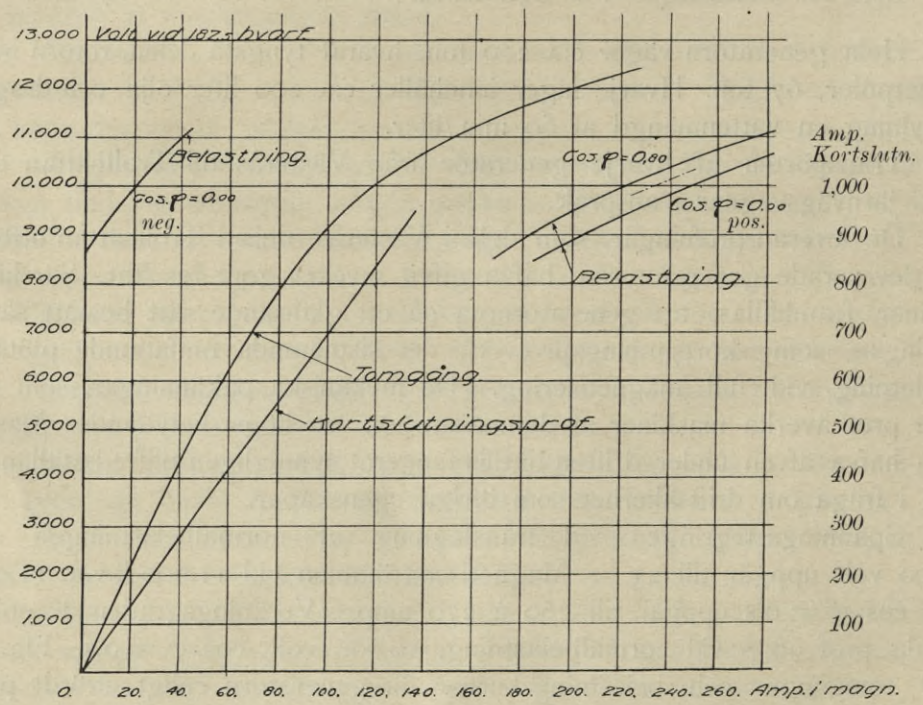


Fig. 12. Tomgångs- och belastningskurvor för en af kraftstationens trefasgeneratorer, enligt utfördt prof. Belastning 11,000 kilovoltampere.

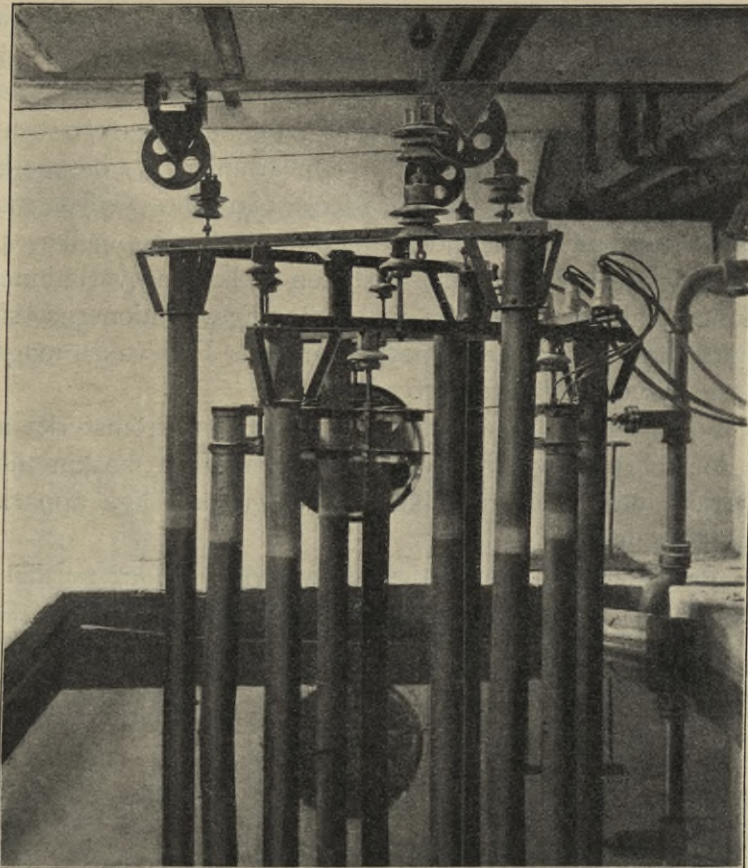


Fig. 13. Trefas-belastningsmotstånd för 11,000 kw., 10,000 volt, i kraftstationens ställverkshus.

omnämnda badbassängen i ställverkshusets källare. Detta motstånd är i stånd att kontinuerligt upptaga en trefasgenerators fulla effekt, således 11,000 kw.

Likströmsanläggningen.

I öfverensstämmelse med elektriska nämndens förslag har för generering af hufvudparten af den för trefasgeneratorerna erforderliga magnetiseringseffekten inom verket anordnats en separat likströmsstation, bestående af 3 turbindrifna elektriska generatorer om vardera 350 kw. — turbiner à 500 hkr. — samarbetande med ett ackumulatorbatteri i stånd att lämna en likströmgenerators effekt under 3 timmar. Anläggningens normalspänning är 220 volt. Då trefasgeneratorernas magnetspänning vid ogynnammaste belastning, 11,000 kva, 11,000 volt, är 330 volt och då tillsatsmaskinen häraf lämnar 110, kommer den separata likströmsstationen vid

sådant exceptionellt förhållande att lämna $\frac{2}{3}$ af den erforderliga magnetiseringseffekten. Då generatorerna emellertid normalt arbeta vid en varierande belastning af 6 à 8,000 kilowatt, $\cos \varphi$ 0,9 à 0,95, ligger magnetiseringsströmmen vid normal drift som regel mellan 150 och 200 amp. Fältlindningens motstånd är vid full uppvärmning 0,9 ohm. Spänningen mellan släpringarna är alltså i regel 120 à 180 volt. Tillsatsmaskinen arbetar sålunda normalt som motor med en spänning mellan 40 och 100 volt. Vid hastighetsändringar hos turbinen (belastningsvariationer) bidrager tillsatsmaskinen sålunda att hålla ned spänningsvariationerna, så att dessa blifva mindre än vid separat magnetisering. Det valda magnetiserings-systemets två hufvudförtjänster äro sålunda:

dels medförandet af möjligheten att med en strömstyrka af maximalt 2 amp. i kontrollrummet (vid igångsättningen af en maskin tillfälligt intill 6 amp.) direkt utan mellankoppling af några känsliga apparater reglera generatorns spänning,

dels förmågan att vid hastighetsvariationer under normal drift automatiskt utan hjälp af någon som helst apparat hålla ned däraf härrörande spänningsvariationer under de värden, som skulle uppstå vid konstant magnetiserspänning.

Grundtanken i magnetiseringssystemet härrör från ingenjör P. Frenell vid Elektriska Pröfningsanstalten, hvilken under år 1906 biträdde öfveringenjör Holmgren vid utarbetandet af detaljerna i den elektriska nämndens utredningar (se sid. 3).

Utom till magnetisering lämnar likströmsstationen ström till belysning och hjälpmaskineri inom verket samt till belysning i verkets bostäder, automaternas utlösningsspolar o. d.

Anläggningen är tillräcklig för att tillgodose hela kraftstationens behof af på densamma ankommande likström vid full utbyggnad med 8 maskin-enheter; den har redan vid första utbyggnaden af kraftstationen utförts i komplett skick.

Genera-
torer.

Likströmgeneratorerna äro direktkopplade till de i maskinsalens midt horisontellt uppställda turbinerna (fig. 3). De utveckla vardera vid 410 hvarf per minut kontinuerligt 350 kw., vid hvilken spänning som helst mellan 220 och 300 volt. Batteriets laddning sker sålunda med generatorerna direkt utan användning af tillsatsmaskin. Hvarje generator har 2 lager med ringsmörjning samt separat svänghjul. Beträffande konstruktionen må omnämnas, att magnetfältringen är af martin, horisontellt delad i två delar, försedd med vändpolar; armaturlindningen är försedd med utjämningsringar. Generatorns nettovikt är 6,5 ton; rörelseenergi vid 410 hvarf $\frac{1}{2} MV^2 = 45,000$ mkg; garanterad verkningsgrad vid $\frac{1}{1}$ last 92,5,

vid $\frac{1}{2}$ last 91 %. Bland utförda leveransprof må omnämnas rusning till 85 % större hastighet än de normala. Konstruktionen framgår i öfrigt af fig. 14.

Akkumulatorbatteriet innehåller 122 element af Accumulatorens Fabrik Actiengesellschafts typ I 176, hvaraf 42 reglerceller anslutna till en dubbel cellkopplare. Kapaciteten vid tre timmars urladdning är garanterad till 4,752 ampère-timmar och har vid afprofning uppmätts till 5,580 amp.-timmar motsvarande 118 % af den garanterade kapaciteten. Högsta tillåtna laddnings- och urladdningsströmmen är 1,584 amp. Garanterade verkningsgraden är 72 % med afseende å wattimmar, 90 % med afseende

Batteri.

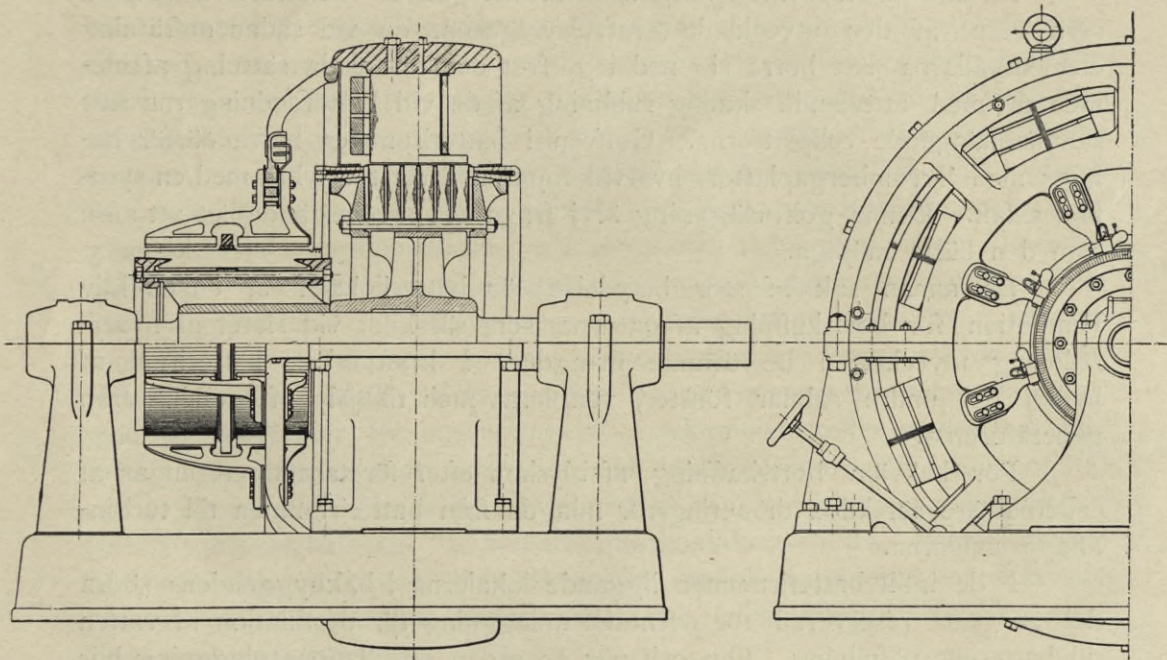


Fig. 14. Kraftstationens likströmgenerator för 350 kw., 220—300 volt, levererad af Allm. Svenska Elektriska Aktiebolaget.

å ampère-timmar. Då fabrikatet är väl känt inom fackkretsar, ingås här ej på någon närmare beskrifning af cellerna.

I leveranskontraktet har fabrikanten mot en viss årlig underhållspremie åtagit sig att under 20 år upprätthålla batteriets fulla kapacitet och sålunda verkställa erforderligt utbyte af plåtar och tråkar (de sistnämnda endast under 10 år), slamrensning etc.

Batteriet är uppställt i två öfver hvarandra belägna rum i midtpartiet af tillbyggnaden bakom maskinsalen (se pl. 4). I det undre rummet, som ligger i höjd med balkongen för likströmkontrolltaflan (se nedan), be-

finna sig reglercellerna. Det öfre batterirummet ligger i höjd med den i afdelning I omnämnda körvägen bakom byggnaden, så att tillfart af syra och material för batteriets underhåll kan ske denna väg och transporter genom maskinsalen undvikas. De båda batterirummen kommunicera med hvarandra genom en person- och varuhiss, som äfven går ned till maskinsalen. Elementen äro uppställda på mot golfvet isolerande träpallar. Längs cellraderna äro gångbanor af trä anordnade.

Beträffande batterirummens anordning och inredning må här på grund af de speciella betingelser, som gälla för dylika lokaler, göras några förklarande tillägg till de uppgifter, som redan lämnats i afdelning I.

En sak af stor vikt i batterirum är, att golfvet ej anfrätas af utspilld syra resp. af den utvecklade svafvelsyregasen, då vid sådan anfrätning elementpallarna lätt borra sig ned i golfvet och föranleda sättning af elementen med åtföljande skadlig rubbning af de vid batteriledningarna fast sammanhängande cellplattorna. Golfven i batterirummen hafva därför belagts med Skrombergaplattor, hvarvid fogarna öfverst utfyllts med en syrefast asfalt. Denna golfbeläggning är i fråga om syrebeständighet att anse som den bästa möjliga.

En annan sak af stor betydelse för batterilokaler är en effektiv ventilation för bortskaffning af gaserna, som särskildt vid slutet af hvarje laddning utvecklas i besvärande mängder. I kraftverkets batterirum, af hvilka det undre saknar fönster, ventileras med tillhjälp af pressluft från generatorerna.

För bekväm bortskaffning af blyslam efter företagna rensningar af cellerna, äro särskilda dräneringsrör inlagda från batterirummen till turbinafloppstunnlarna.

I de intill batterirummen liggande lokalerna i bakbyggnadens södra del är plats reserverad för eventuell anläggning för destillation af vatten till batteriets påfyllning. Om och när en sådan destillationsanläggning blir af ekonomisk fördel, kan den komma till utförande.

Instrumen-
tering.

Å kraftstationens kopplingsschema, pl. 2, visas schematiskt likströmsanläggningens ledningar, apparater och instrument. (Schema för det till likströmsanläggningen anslutna fördelningsnätet för belysning och kraft till hjälpmaskineri, som beskrifves under särskild rubrik i det följande, är ej medtaget i pl. 2.)

För generatorerna, batteriet och cellkopplaren äro anordnade 3 samlings-skenor, hvaraf en laddningsskena. Hvarje generator anslutes till samlings-skenorna genom en enpolig bakströmsautomat, en enpolig strömbrytare med proppvoltmeter för inkoppling, omkastare för laddningsskenan samt shuntar för mätinstrument. Batteriet och cellkopplaren anslutas till samlings-skenorna genom säkerhetsapparater och shuntar för mätinstrument.

I samlingsskenornas förlängning äro inbyggda shuntar för instrument för totalströmmens uppmätning.

Från samlingsskenorna utgå 2 fördelningsskenor, till hvilka hvarje trefasgenerators fältlindning i serie med resp. tillsatsmaskin anslutes.

Ställverket för generatorerna och batteriet med kontrolltafla är, som förut nämndt, anordnad på en i maskinsalens midtparti öfver småturbinerna anordnad balkong (se pl. 4 och fig. 3). Kontrolltaflan är af marmor, hvit med grön sockel och fris. Den är indelad i 5 fält: 3 för generatorerna, 1 för batteriet och 1 för totalströmmens uppmätning. Bakom taflan äro magnetreostaterna, säkerhetsapparater, strömbrytare etc. med tillhörande ledningar samt samlingsskenorna monterade. Strömbrytarna äro utförda med lamellerade presskontakter. På taflans framsida finnas endast apparaternas manöverorgan samt mätinstrument, hvilka äro infälda i marmor-taflan, så att glasskifvan ligger i taflans plan. Den dubbla cellkopplaren är uppsatt bakom instrumenttaflan i en i muren utspasad nisch, hvarigenom kopparskenorna i batterirummet kunnat anslutas direkt till cellkopplaren från baksidan utan genomgång af hela den tjocka betongmuren och en fri gång därjämte erhållits mellan instrumenttaflan och cellkopplaren. Innanför balkongen och å samma höjd ligger som nämndt det undre batterirummet med reglercellerna. Cellkopplarens anslutningsbultar vetta ut i nämnda rum, hvarvid ledningarna mellan cellkopplaren och reglercellerna erhållit minsta möjliga längd. Cellkopplaren är af Siemens-Schuckerts fabrikat, med 22 kontakter för anslutning af 2 ackumulatorceller mellan två närbelägna kontakter, dessutom anordnad med omkastare för anslutning till en s. k. hjälpcell (se kopplingsschemat), så att regleringen sker med 2 volt för hvarje halfsteg. Utbytbara gnistkontakter finnas. Manövreringen kan ske dels för hand, dels elektriskt medels 2 motorer, manövrerade genom tryckknappar på kontrolltaflan, där cellkopplarens ställning markeras af en visareapparat.

Likströmgeneratorerna äro förbundna med ställverket på balkongen medels 700 volts jordkablar.

Ledningarna mellan batteriet, cellkopplaren och ställverket utgöras af 800 kvm. kopparskenor. I batterirummen bestrykas ledningarna till skydd mot syrans inverkan med konsistensfett.

Fördelningsskenorna för trefasgeneratorernas magnetström äro från samlingsskenorna bakom kontrolltaflan uppledda i en kanal efter maskinsalsväggen in i den förut omnämnda varmkammaren, där de framdragits i stationens längdriktning. I hvarje generators härifrån afgrenade magnetströmkrets äro insatta 2 enpoliga strömbrytare (med presskontakter och momentutlösning), som manövreras elektriskt (med solenoid) från trefasgeneratorernas kontrolltafla i ställverkshuset, samt shunt för en på

samma generortafla monterad ampèremeter. De båda sistnämnda strömbrytarna äro monterade på en marmortafla, uppställd invid motsvarande generators 10,000 volt hufvudströmbrytare i bakbyggnadens högspänningsrum (se fig. 18). Frånslagningen af magnetströmbrytaren kan äfven ske för hand; handfrånslagning är afsedd att användas, om generatören af någon anledning stannat utan att magnetströmkretsen förut blifvit bruten. För nedreglering af magnetströmmen, som vid stillstående generator uppgår till c:a $\frac{2}{3}$ af maximalvärdet, inkopplas i magnetströmkretsen före handfrånslagningen ett reglerbart motstånd, som finns monteradt invid magnetströmbrytaren.

Regleringsorganen för trefasgeneratorernas spänning befinna sig, som förut nämndt, i ställverkshusets kontrollrum. Reostaterna för tillsatsmaskinernas magnetfält äro sålunda placerade bakom stora generatorkontrolltaflan, med manövrerrattarna anbragta på taflans framsida. Rattarna äro försedda med sådana kopplings- och utväxlingsanordningar, att hvarje reostat kan regleras för sig eller tillsammans med en eller flera af de öfriga. För detta ändamål äro två från hvarandra skilda system af långsgående axlar förlagda bakom manövertaflan. Hvarje generators regleringsratt kan tillkopplas det ena eller det andra af dessa system, eller manövreras fritt för sig oberoende af de öfriga.

Vid igångsättning af generatören sker från kontrollrummet inkopplingen af magnetströmkretsen, sedan tillsatsmaskinen magnetiserats till — 220 volt. Härvid tillgår så, att sedan den ena magnetströmbrytaren slutits, spänningen mellan den andra ännu öppna strömbrytarens poler med användning af en differensproppvoltmeter inregleras på noll, hvarefter strömbrytaren slutes. Härefter magnetiseras trefasgeneratören genom minskning af tillsatsmaskinens spänning.

Ledningarna mellan fördelningsskenorna och taflan för magnetströmbrytarna samt mellan nämnda tafla och trefasgeneratorerna utgöras af 700 volts jordkabel, likaså ledningarna mellan tillsatsmaskinens magnetledning och reostaten i ställverkshuset. Voltmeterledningarna från magnetströmbrytaren till kontrolltaflan i ställverkshuset äro däremot af samma slag som kraftstationens »manöverledningar», som beskrivas i det följande.

Transformatorerna.

I enlighet med elektriska nämndens förslag hafva transformatorerna utförts såsom enfastransformatorer för hopkoppling i grupper tre och tre, hvarje grupp i storlek motsvarande en generator. Hvarje enfastransformator är sålunda utförd för en effekt af normalt 3,000 k.v.a., maximalt 3,670

Storlek, typ
och konstruktion.

k.v.a. Omsättningsförhållandet i tomgång är 10,000 till 30,000 volt. På primärsidan användes triangelkoppling, på sekundärsidan stjärnkoppling. Den sekundära hufvudspänningen vid 10,000 volt primärspänning blir härvid 52,000 volt.

Vid slutet af 1911 funnos i kraftstationen 9 enfastransformatorer, således 3 grupper, installerade. Som nämnt äro 3 af dessa transformatorer af Allmänna Svenskas, 6 af Oerlikons tillverkning.

Transformatorerna äro utförda som kärntransformatorer med cylinderlindning i olja och med vattenkylning. Kylvattnet cirkulerar genom kopparrörspiraler, inbyggda i oljebehållaren. Denna kylmetod har föredragits framför den i utländska anläggningar på åtskilliga håll använda »yttre» kylningen, vid hvilken oljan medels pumpar tvingas att kontinuerligt cirkulera genom oljebehållaren och ett utanför transformatorn i kylbassänger anordnad rørsystem. Den »yttre» kylningen betingar en något mindre anskaffningskostnad för själfva transformatoranläggningen, men medför olägenheten af komplikation i anläggningens skötsel och kräfver större utrymme.

Bland program- och kontraktsbestämmelser, som i öfrigt legat till grund för utförandet, må anföras följande:

1. Primärlindningen skall under en kvarts timme tåla 20,000 volt effektiv spänning mot järnet. Sekundärlindningen skall under en kvarts timme tåla 100,000 volt effektiv spänning såväl mot järnet som mot primärlindningen. Transformatorn skall under en kvarts timme tåla prof i tomgång med 20,000 volt primärspänning.
2. Primärspänningen vid kortsluten sekundärlindning och 300 ampère i primärlindningen — »impedansspänningen» — skall vid 25 perioder per sekund utgöra 350 volt.
3. I afseende på uppvärmning vid kontinuerlig drift med 3,670 kilovoltamp. vid 10,000 volt bestämmes, att temperaturstegringen i lindningarna, bestämd genom motståndsmätning, ej får öfverstiga 60° C. öfver det tillförda kylvattnets temperatur.
4. Transformatorerna skola vara så utförda och så monterade, att de utan att skadas kunna uthärda en kortslutning på högspänningssidan, då 4 af kraftverkets generatorer arbeta parallellt på 10,000 volt samlingsskenorna, förutsatt att de automatiska strömbrytarna äro inkopplade för normala driftsförhållanden.
5. Oljebehållaren skall vara så utförd, att den med vederbörlig säkerhet motstår uppträdande öfvertryck och bör provas med minst 10 atmosfärers tryck för Allm. Svenskas, 5 atm. för Oerlikons.

Fig. 15 och 16 visa Allmänna Svenskas transformatorer. Pl. 10 visar Oerlikon-transformatorernas konstruktion. Beträffande konstruktionerna torde följande uppgifter, som lämnas med fabrikanternas medgifvande, vara af intresse:

Plättjockleken i kärnorna är 0,35 resp. 0,5 mm. Induktionen är c:a 13,000 resp. 14,000 kraftl. per cm² vid normalspänning. Isolationsmaterielen utgöres af:

hos Allmänna Svenskaskas transformatorer i spolarna sterlingväf och pressspann, mellan lindningarna mikanitcylindrar; hos Oerlikons transformatorer i spolarna impregneradt papper, mellan lindningarna pappers- och mikanitcylindrar.

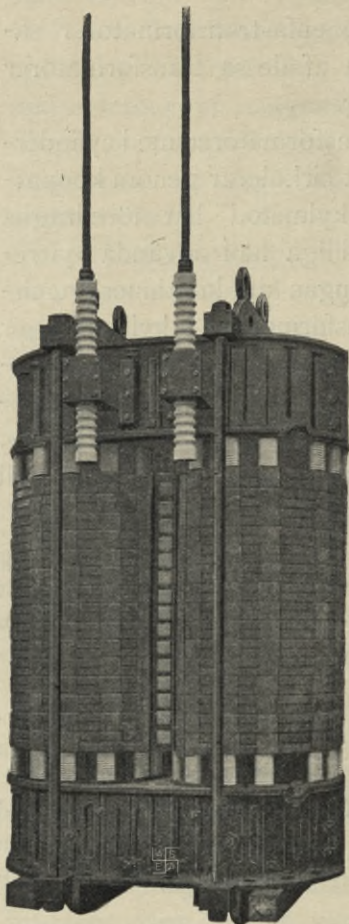


Fig. 15. Kärnan till en af de af Allm. Svenska Elektriska Aktiebolaget levererade enfastransformatorerna för 3670 k.v.a., 10,000/30,000 volt i kraftstationen.

Spolformen är hos Allmänna Svenskaskas transformatorer oregelbunden, nämligen cirkelrund för större delen af omkretsen, mellan kärnorna rätsidig. Den runda formen har betingats af den öfvertagna hållfasthetsgarantien gentemot kortslutning. Oerlikons spolar äro rektangulära. Särskild omsorg har till förebyggande af deformation vid kortslutningar nedlagts på uppstagning af spolarna i såväl axiell som radiell led. Den mekaniska konstruktionen har i öfrigt gjorts särskildt kraftig till förebyggande af de skadliga vibrationerna hos kärnan. Det nedre oket är bladadt; det öfre ligger an med »stöt-fog», så att det lätt kan demonteras.

Allmänna Svenskaskas transformatorlådor äro runda, helsvetsade — en följd af den öfvertagna garantien rörande öfvertryck — Oerlikons fyrkantiga.

Till förebyggande dels af afsättning af fukt i transformatorerna dels af eldfara äro transformatorerna lufttätt slutna.

Kylvattenåtgången per enfastransformator är 60 resp. 40 min./liter vid ett erforderligt tryck mellan röruttagen af 1,5 resp. 2 m. vattenpelare. Verkningsgraden är 98,5 % vid $\frac{1}{4}$ last, 97,2 % vid $\frac{1}{2}$ last.

Vikterna äro per enfastransformator följande:

aktiva delen	16 resp. 13 ton
oljan	7,5 » 4,4 »
transformatorn totalt	28 » 21,7 »

Anläggning för kylvatten och transformatorolja.

Transformatorerna hafva, i öfverensstämmelse med elektriska nämndens förslag, med hänsyn till de betydliga oljekvantiteter, som de innehålla, och den härmed förenade brandrisken, blifvit inrymda i eldfasta »celler», som dränerats med grofva rör för afledning af utfluten olja vid eventuell explosion. Transformatorcellerna äro utbyggda med solida murar under lätt tak utanför och längs efter västra hufvudmuren af ställverkshusets »högspänningsparti». Hvarje cell är afsedd att inrymma en »grupp» enfas-

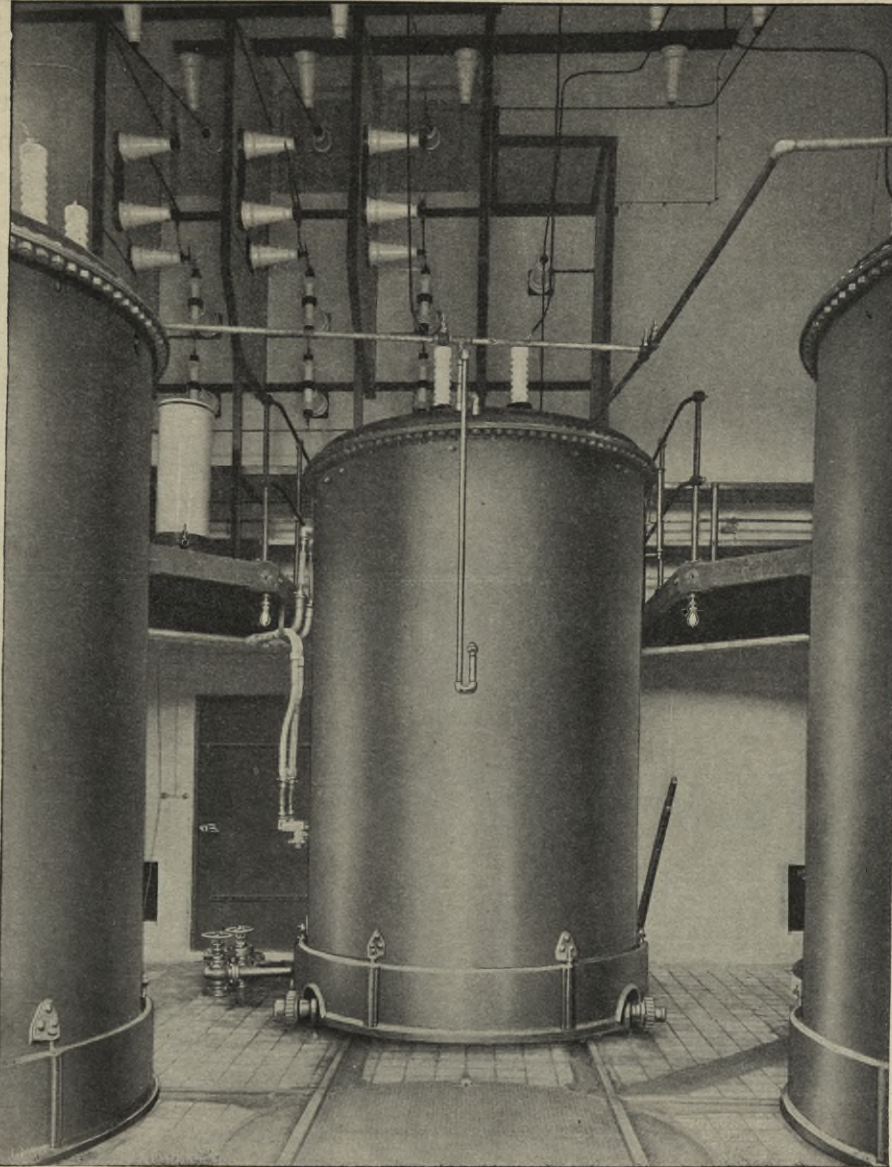


Fig. 16. Interiör af en transformatorcell i kraftstationens ställverkshus, med enfastransformatorer för 3,670 kv.a., levererade af Allm. Svenska Elektr. A. B.

transformatorer; i cellen är en vändskifva anordnad, så att transformatorerna, som äro monterade på hjul och försedda med baxningsanordning, lätt kunna förflyttas till eller från en tralla, som löper på ett järnvägsspår, framdraget längs cellerna till den i ställverkshusets ändparti inrymda med travers utrustade montagehallen (se pl. 5 och 7 samt fig. 4 och 16).

Kylvattnet för transformatorerna pumpas från kraftkanalen medelst elektromotordrifna centrifugalpumpar, uppställda i ställverkshusets källarvåning (fig. 17), till en i 2:a våningen af ställverkshusets midtparti uppställd dubbelcistern om 50 kbm. rymd, från hvilken vattnet rinner med självtryck genom transformatorernas kylrör. Pumpanläggningen innehåller 4 pumpaggregat för hvardera 1,500 min./lit. vid 15 meter eller

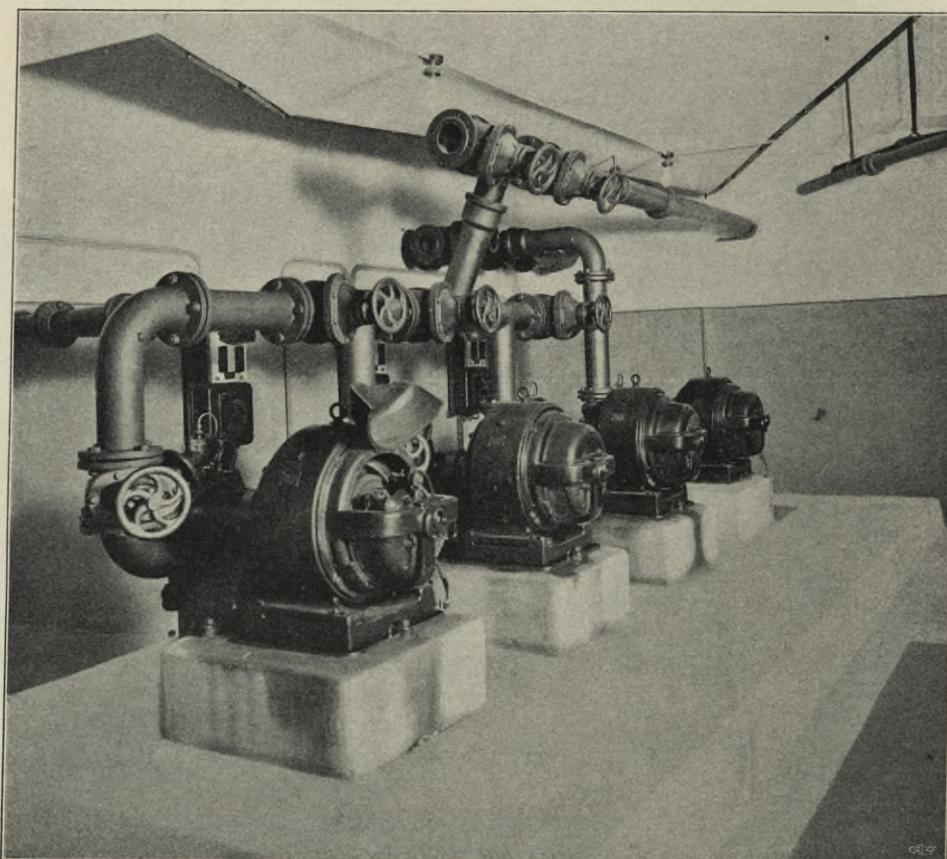


Fig. 17. Motorvattenpumpar i kraftstationens ställverkshus.

500 min./lit. vid 25 m. uppfordringshöjd. För den normala driften användes en pump för transformatorernas kylvatten och en för pumpning till en å midtpartiets vind uppställd 10 kbm. cistern, från hvilken distribueras till högspänningsställverkets öfverspänningsapparater. De två andra pumpaggregaten stå som reserv. Vid projekteringen af erforderlig reserv för den centrala pumpanläggningen, af hvilken hela transformeringen är beroende, har alltså samma princip följts, som tillämpats beträffande den centrala magnetiseringsanläggningen. Är en maskinenhet söndertagen för repara-

tions- eller underhållsarbeten, så finns dock alltid en enhet driftfärdig, om något händer den i bruk varande. Cisternerna tjäna, utom som regulatorer för distributionstrycket, äfven som »momentreserv», och är cisternen för transformatorernas kylvatten f. n. tillräcklig för 2 timmars normal drift. Från transformatorernas kylrör rinner det uppvärmda afloppsvattnet för kontroll med fri stråle i trattar och härifrån till den i källaren under transformatorcellerna anordnade, förut omnämnda badbassängen eller direkt till hufvudafloppsledningen. Regleringskranar för vattentillobbet samt afloppstrattarna äro anbragta på marmortaflor i den intill transformatorcellerna gränsande högspänningssalen i ställverkshusets 1:sta våning (fig. 20). Invid regleringskranarna och trattarna äro elektriska distanstermometrar för afläsning af transformatorernas oljetemperatur anordnade. Oljetemperaturen kan äfven afläsas i kontrollrummet å en där uppsatt distanstermometer med omkastare. Afloppstrattarna äro försedda med en kontakthanordning, som signalerar elektriskt till kontrollrummet vid afbrott i vattencirkulationen. På liknande sätt signaleras i kontrollrummet vid lågt vattenstånd i kylvattencisternen samt, med tillhjälp af kontaktermometrar insatta i transformatorerna, vid för hög oljetemperatur i dessa.

För lagring och ombyte af transformatorolja (resp. strömbrytarolja) finnas dels i källaren under transformatorcellerna, dels i 3:dje våningen af ställverkshusets midtparti uppställda ett antal cisterner, som genom rörledningar och elektromotordrifna kolfpumpar stå i förbindelse med hvarandra och med transformatorerna. Oljecisternerna, rörledningarna och pumparna bilda två skilda system, hvaraf det ena användes för ren, det andra för skadad olja. I 3:dje våningens cisterner har torkning af oljan skett genom elektrisk uppvärmning under vacuum. Härvid kan vattnet aflägsnas ur oljan genom uppvärmning till endast 50° C., vid hvilken temperatur oljan förblir fullständigt oförändrad. Vid torkning på vanligt sätt under atmosfärtryck vid 120° C. undergår oljan som känt skadliga förändringar, hvarjämte härvid rätt mycket energi erfordras. Under år 1911 infördes emellertid ett af General Electric Co i Amerika tillverkat läskpappersfilter med motorpump, hvilket visat sig på ett utomordentligt enkelt, snabbt och effektivt sätt rena olja. Apparaten är transportabel och har därför också med fördel använts för rening af transformatorolja i sekundärstationen vid Göteborg.

Motorpumparna för vatten äro tillverkade af A.-B. de Laval's ångturbin och Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, levererade genom ingenjörsfirman Zander & Ingeström.

Hela den vidlyftiga röranläggningen för vatten och olja i ställverkshuset har på ett förtjänstfullt sätt utförts af Halmstads Mek. Verkstad.

Trefasinstrumenteringen.

Kopplings-
schema.

Vid den tid, då kopplingsschemat med hänsyn till upprätthållandet af den för anläggningen uppgjorda byggnadsplanen måste fastläggas, var så godt som ingen kraft försåld. Denna omständighet har vid utarbetandet af det definitiva kopplingsschemat föranledt fullföljandet af den grundtanken, att möjlighet måste beredas att distribuera kraften från hvarje generator vare sig med generatorspänningen eller med upptransformerad spänning. Samtidigt har det ansetts vara af vikt att bereda möjlighet till matning af hvilken transformator resp. hvilken utgående 50,000 eller 10,000 volts linje som helst från hvilken generator som helst. Då vidare eventuella störningar i nätet medföra svårare skador, ju större effekt, som ligger bakom, har det ansetts nödvändigt att bereda möjlighet för driftens normala uppdelning i så många af hvarandra oberoende system, som utan olägenhet kan ske utan begränsning af kraftens fullständiga utnyttjande. Då hvarje apparat dels i och för sig medför en eventuell källa till störning, dels vid här förekommande kraftbelopp och spänningar kräfver stort utrymme och kostnad, har det slutligen sträfvats efter att gestalta schemat så enkelt som varit möjligt vid fasthållandet af ofvan anförda riktlinjer för projektet.

Fullföljandet af dessa syften har ledt till valet af det å pl. 2 återgifna kopplingsschemat, som omfattar den vid 1911 års slut installerade elektriska utrustningen (med undantag för det lokala belysnings- och kraftfördelningsnätet).

Det definitiva schemat har som synes vissa grunddrag gemensamma med elektriska nämndens förslag, pl. 1, men har förenklats så långt det varit möjligt utan allvarsam olägenhet. Schemats hufvuddrag äro i korthet följande.

Från hvarje generator ledes strömmen via förgreningsskenor antingen direkt till motsvarande transformatorgrupps lågspänningsklämmor, eller i och för öfverledning till annan transformatorgrupp resp. för paralleldrift resp. för direkt 10,000 volts distribution till ett dubbelt 10,000 volts samlingsssystem, eller slutligen samtidigt till såväl motsvarande transformatorgrupp som till samlingskenorna. Från hvarje transformatorgrupps högspänningsklämmor ledes strömmen vidare via förgreningsskenor antingen direkt ut på en motsvarande 3- eller 2×3-trådig 50,000 volts linje, eller för öfverledning resp. paralleldrift in på ett enkelt 50,000 volts samlingsssystem, eller samtidigt till såväl linje som samlingskenor.

Mellan generatoren och 10,000 volts förgreningsskenorna är en automatisk »hufvudströmbrytare», afsedd för effektbrytning, inbyggd, likaså mellan anslutningspunkten å förgreningsskenorna och transformatorn; för-

greningsskenorna anslutas till samlingsskenorna genom »omkopplare» (ej automatiska oljeströmbrytare, ej afsedda för effektbrytning). De båda 10,000 volts samlingsskenssystemen kunna genom 4 st. inbyggda sektionströmbrytare af »omkopplaretyp» (af hvilka dock för närvarande endast 1 finns installerad), uppdelas i grupper eller sammankopplas i ring. Mellan transformatorns högspänningsklämmor och 10,000 volts förgreningsskenorna är en »hufvudströmbrytare», mellan förgreningsskenorna och 50,000 volts samlingsskenor en »omkopplare» inbyggd. Hvarje linje utledes genom en strömbrytare af »hufvudströmbrytare»-typ.

Nollpunkterna såväl för generatorerna som för transformatorernas högspänningssida äro jordförbundna genom motstånd.

För generator n:r 4 finns f. n. ej installeradt och därför ej heller inritadt på schemat någon motsvarande transformatorgrupp med tillhörande ledningar och apparater, ehuru utrymme och anslutningsanordningar finnas för sådan installation, om den skulle visa sig erforderlig. I stället utgår enligt schemat från de mot generator n:r 4 svarande afdelningarna af 10,000 volts samlingsskenor en 4×3-trådig luftledning (Stallbacka-Vargölinjen), afsedd för sammanlagdt 1 generators effekt. Till 10,000 volts samlingsskenornas förlängning äro dessutom anslutna förgreningsskenor för utgående 10,000 volts kablar. Vid slutet af år 1911 utgingo 2 sådana 3-faskablar för hvardera c:a 1,000 kw. (Stridsberg & Björcks järnbruk, kraftverkets 25—50 per. omformarestation). Hela den direkta 10,000 volts distributionen tillgodosågs vid slutet af år 1911 normalt från generator n:r 4.

Af 50,000 volts linjer funnos utleda vid 1911 års slut från hvardera transformatorgrupperna n:ris 1 och 2 en 3-trådig linje (Göteborg), från grupp n:r 3 en 2×3-trådig linje (Skara, vid slutet af 1911 endast 3 trådar upplagda å linjen).

Af trefasinstrumenteringen är, som förut nämnts och som äfven markerats å kopplingschemat, endast en ringa del, inkluderande bland viktigare apparater generatorernas hufvudströmbrytare samt spänningstransformatorer för infasningen, placerad i generatorstationen. Hela det öfriga ställverket är jämte anläggningens kontrollrum inrymdt i ställverkshuset vid Utsikten. Den närmare anordningen af ställverket och dess lokaler är följande.

Maskinhuset, pl. 3 och 4. Generatorströmbrytarna äro uppställda i tillbyggnaden bakom maskinsalen, två och två i afskilda rum (fig. 18). De manövreras i likhet med alla trefasanläggningens oljeströmbrytare normalt elektriskt från kontrollrummet, men kunna äfven slås ifrån för hand. Strömbrytarrummen ligga på en höjd af c:a 5¹/₂ m. öfver maskinsalsgolfvet, ungefär midt emellan motsvarande turbintuber. Kommunikationen från maskinsalen till strömbrytarrummen förmedlas från gångbanan öfver de stora tuberna genom småtrappor, som leda upp till dörrar i maskinsalens bakre

Ställverkets
allmänna
disposition.

hufvudmur. Strömbrytarna befinna sig således inom relativt nära räckhåll för maskinsalspersonalen, en omständighet som kan bli af betydelse, om den elektriska manövreringen skulle vägra att fungera och af någon anledning det härvid skulle bli nödvändigt att skyndsamt slå ifrån någon strömbrytare för hand. Den bekväma kommunikationen till dessa strömbrytarrum kommer äfven till pass vid eventuell erforderlig handfrånslagning af magnetströmmen, för hvilket ändamål »nödfallsreostater» äro monterade invid resp. generatorströmbrytare.

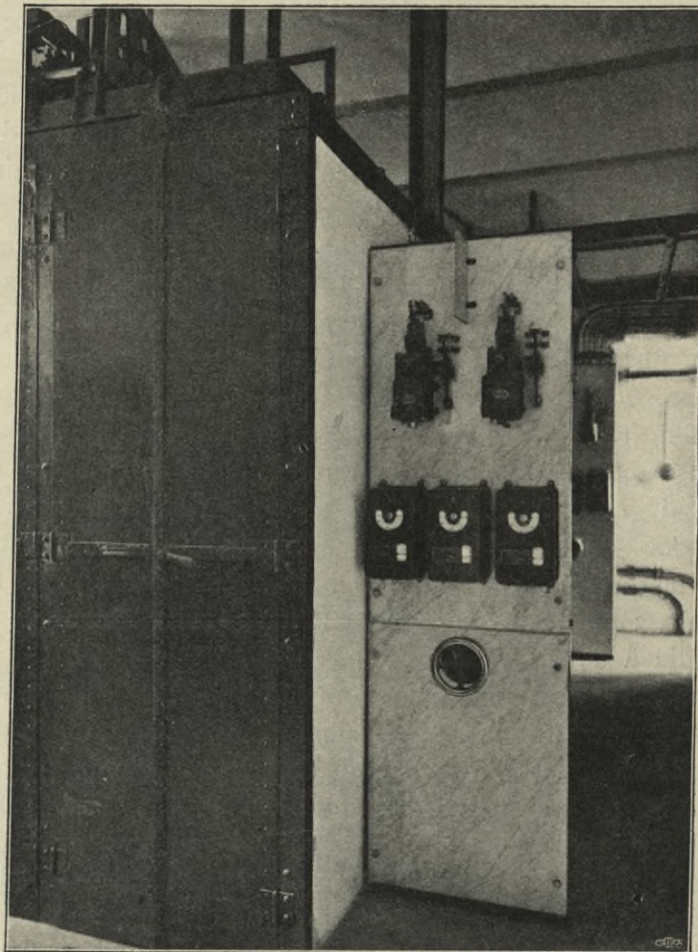


Fig. 18. Interiör af ett strömbrytarrum i maskinhusets bakbyggnad.

Ledningarna mellan trefasgeneratorerna och generatorströmbrytarna utgöres af blanka skenor på isolatorer; dessa skenor äro framdragna under maskinsalsgolvet i de förut omnämnda tunnlarna för generatorluftens utblåsning, samt uppledda till strömbrytarrummen i vertikala schakt. I hvarje

tunnel resp. schakt äro två generatorers ledningar förlagda. I uppléningsschaktet äro spänningstransformatorer för infasningen monterade.

Generatorernas nollpunkter äro, som förut nämnts, jordade genom motstånd, hvars uppgift är att dämpa strömrusningen vid jordfel. Till en början ordnades jordförbindningen med ett för alla generatorerna gemensamt motstånd, (vid paralleldriftdock jordas dock till förekommande af utjämningsströmmar endast 1 af de parallellkopplade generatorerna). Motståndet genomsläppte vid normal spänning mot jord c:a 1,000 amp., hvilken ström var tillräcklig för utlösning af generatorautomaterna. Sedan numera emellertid af kraftverkets tjänstemän utarbetats ett nytt, känsligt och driftsäkert reläsystem, med hvilket jordfel utan svår strömrusning kunna automatiskt fränkopplas (se sid. 66), har emellertid det s. k. nollpunktsmotståndet ökat, så att numera endast c:a 100 amp. släppas genom eventuella jordfel. Samtidigt har också hvarje generator utrustats med separat nollpunktsmotstånd, hvarigenom flera med hvarandra icke synchroniserade system gjorts ömsesidigt helt oberoende af eventuella jordfel. Motstånden samt fränskiljarna i nollpunktsledningarna äro monterade i den för samtliga generatorerna gemensamma kalluftskanalen under maskinsalgolfvet. Fränskiljarna manövreras med spak från maskinsalen.

I förbindningen mellan hvarje generator och dess nollpunktsmotstånd är inbyggd en strömtransformator, som genom relä, placeradt på magnetströmbrytartaflan i bakbyggnaden, är ansluten till signal- och allarmapparater i kontrollrummet i ställverkshuset, hvilka apparater sålunda signalera vid jordledningsfel.

Kabeltunneln, pl. 2 och 3. Mellan maskinhuset och ställverkshuset äro, som förut nämnts, de elektriska ledningarna framdragna i en tunnel, som förbinder maskinsalens bakbyggnad med ställverkshusets källarvåning. Tunneln, som till större delen af sin längd är utsprängd i berget, är genom murade väggar och bjälklag indelad i 4 st. c:a 2 m. höga, 1,2 m. breda eldfasta gångar, af hvilka hvar och en innehåller ledningar för 2 generatorer. Hufvudledningarna, för hvarje generator 4 st. järn- och blyarmerade trefaskablar à $3 \times 95 \text{ mm}^2$, afgrenade från förgreningsskenor i närheten af generatorströmbrytarna, äro förlagda på golfvet, skilda från hvarandra i hvar sin ränna af betong och öfvertäckta med grus, detta för att i möjligaste mån begränsa verkningarna af en kortslutning i en kabel. Alla biledningar — manöver- och instrumentledningar, tillsatsmaskinernas magnetiserledningar o. d. — äro förlagda på väggarna, öfversiktligt ordnade; i gångarnas tak äro likströmsmatarkablarna för ställverkshusets lokala ljus- och kraftfördelningsnät framdragna. Alla biledningarna äro armerade och vattentäta.

Kabeltunnelns gångar tjäna, som förut nämnts, äfven för uppleddning till tubintags- och ställverkshusen af varmluften från generatorerna.

Ställverkshuset, pl. 5—9. Från kabelgångarna äro generatorernas hufvudkablar indragna i källarens midtelgång, där de gruppvis, på samma sätt som vid tunnelutledningen i maskinhuset, äro anslutna till förgreningsskenor (fig. 19); härifrån utgöras alla högspänningsledningarna i ställverkshuset af blanka skenor resp. rör på isolatorer. Invid kabelboxarna äro spänningstransformatorer för infasningen och för mätinstrument placerade. Från kabelförgreningen äro skenorna uppdragna till 1:a våningens mellersta högspänningsrum, där de förgrenas till 10,000 volts



Fig. 19. Inledning i källarvåningen i kraftstationens ställverkshus af 10,000 volts kablar från 1:a utbyggnadens trefasgeneratorer.

oljeströmbrytarna, som placerats i högspänningsrummet längs transformatorcellerna (fig. 20). Från strömbrytarna gå ledningarna enligt schemat dels till samlingsskenorna i midtelgången (fig. 21), dels in till transformatorerna.

10,000 volts luftlinjerna utledas i 2:a våningen från det östra högspänningsrummet, där en del af dessa utledningars öfverspänningsapparater äro placerade. De öfriga öfverspänningsapparaterna samt strömbrytarna för dessa utledningar hafva sin plats i 1:a våningens östra högspänningsrum.

Från 1:a våningens mellersta högspänningsrum äro 10,000 volts samlingsskenorna neddragna till midtpartiets källare för genomledning till den

blifvande norra flygeln. I midtpartiets 1:a våning är åt öster inredt ett afstängdt högspänningsrum, i hvilket plats reserverats för samlingsskenornas sektionströmbrytare och i hvilket all instrumentering, såväl högspänd som lågspänd, för utgående 10,000 volts kablar med tillhörande kontrolltaflor är inrymd.



Fig. 20. Högspänningsrum längs transformatorcellerna i kraftstationens ställverkshus (1:a våningen).

T. v. oljeströmbrytare för 10,000 volt för transformatorer och samlingsskenor; på högra väggen reglerings- och kontrollanordningar för transformatorernas kylvatten.

Från transformatorernas högspänningsuttag äro ledningarna indragna i 2:a våningens västra högspänningsrum, där oljeströmbrytarna mellan transformatorerna och 50,000 volts samlingsskenor äro uppställda (fig. 22). 50,000 volts linjernas oljeströmbrytare äro uppställda i 2:a våningens mellersta högspänningsrum (fig. 23). I 3:e våningen, som utgöres af ett enda rum, utledas 50,000 volts linjerna åt öster eller väster efter behof. Här inrymmas 50,000 volts samlingsskenor (fig. 24), spänningstransformatorer för mätinstrument samt öfverspänningsapparater (fig. 25).

Fig. 26 visar dämpspolar för en 50,000 volts utledning.

De automatiska oljeströmbrytarnas relätransformatorer hafva ej någon annan sekundär belastning än resp. reläer. Mätinstrumenten matas af särskilda strömtransformatorer. Afsikten härmed har varit att erhålla största noggrannhet och oberoende justering för reläer och mätinstrument samt reserv vid fel. Samtliga strömtransformatorer äro placerade så, att de äro

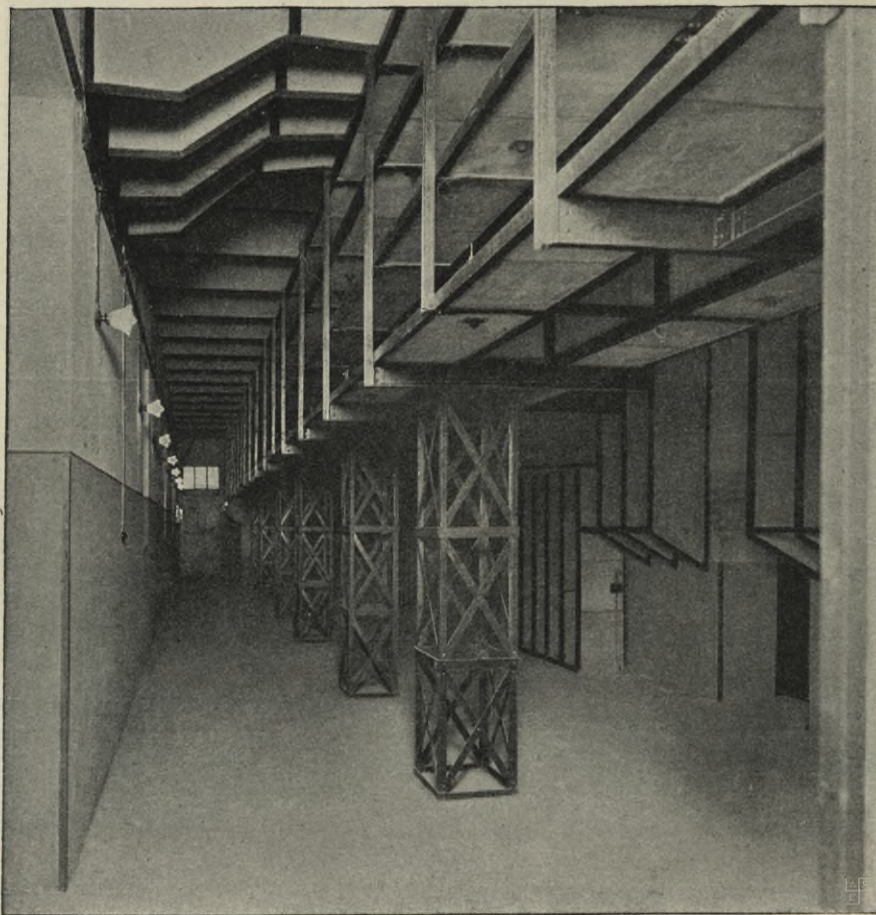


Fig. 21. 10,000 volts samlingskenor i kraftstationens ställverkshus (1:a våningen).

lätt åtkomliga och demonterbara. Strömbrytarreläerna äro utplacerade i högspänningsrummen, monterade på marmortaflor i närheten af resp. relätransformatorer. Härigenom har ernåtts minsta längd för relätransformatorernas sekundärledningar, som vid centralt montage af reläerna skulle fått afsevärd längd med åtföljande mindre driftsäkerhet.

Mellanvägar, säkerhetsanordningar.

För högspänningsställverket i dess helhet, maskinhusets såväl som ställverkshusets, är, som ritningarna och fotografierna utvisa, det s. k.

cellsystemet genomfört, d. v. s. alla högspänningsledningar (utom kablar) och apparater äro, hvarje fas för sig, genom eldsäkra mellanväggar afskilda från hvarandra. Mellanväggar mellan faserna äro dock ej anordnade vid strömbrytarna för 10,000 volts kabelutledningar, där effekten är mindre och där endast hvarje trefasig grupp af ledningar och apparater afskiljes med mellanväggar (se fig. 35).

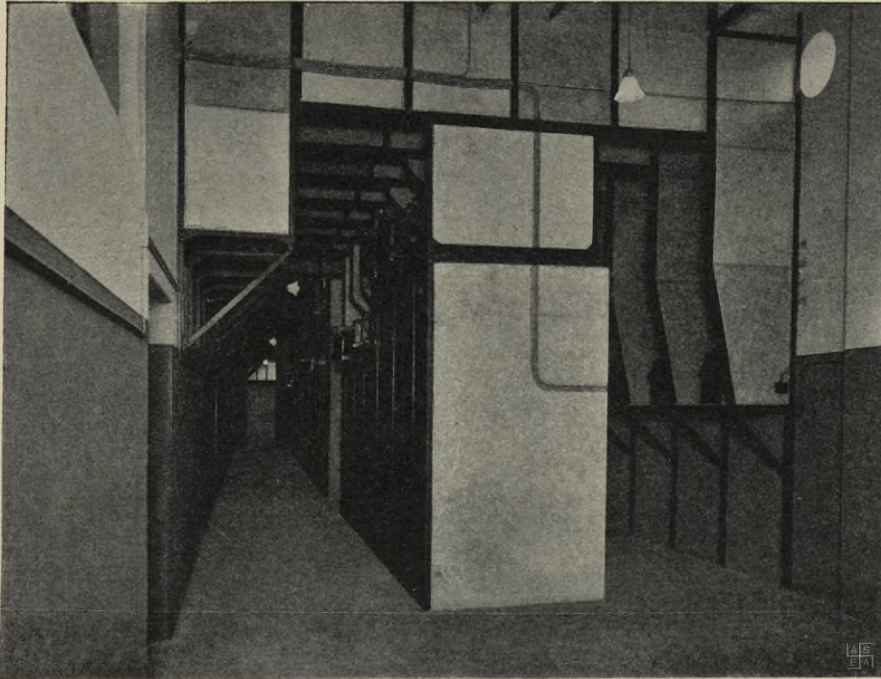


Fig. 22. 50,000 volts oljeströmbrytare för transformatorer och samlingsskenor i kraftstationens ställverkshus (2:a våningen).

Mellanväggarna utgöras till största delen af i regel armerade, finputsade betongplattor, 30 till 45 mm. tjocka, inmurade i fasta skelett af hopnitade resp. hopskrufvade ramar af 50—65 mm. profiljärn. Alla mot passagegångarna utskjutande kanter äro omramade af U-järn. Järnställningarna hafva till större delen tillverkats och uppsatts af Collin & Ström, Borlänge, efter fullständiga detaljritningar uppgjorda af konstruktionskontoret för kraftstationens elektriska utrustning. Plattorna, till hvilka likaledes fullständiga ritningar uppgjorts på förhand, götos i särskild form med hål för hvarje isolatorfäste på rätt plats. Längden af hvarje platta bestämdes af hänsyn till hållfasthet och bekväm handterlighet vid montaget. Vid montaget tillgick så, att först järnställningarna, allt efter som byggnadsarbetet fortskred, uppsattes, hvarefter plattorna insattes. Allt efter som plattorna insattes, monterades isolatorerna.

Detta mellanväggssystem, som för öfrigt är mycket solidt och ändamålsenligt, ställer sig, hvad själva väggmaterialet och tillvägagångssättet vid tillverkningen och montaget beträffar, något dyrare än exempelvis gipsdielen-systemet, som användts för vissa väggar i ställverkshuset (se nedan) och för samtliga mellanväggar i sekundärstationerna. Det har emellertid här blifvit valdt därför, att det efter verkställd utred-

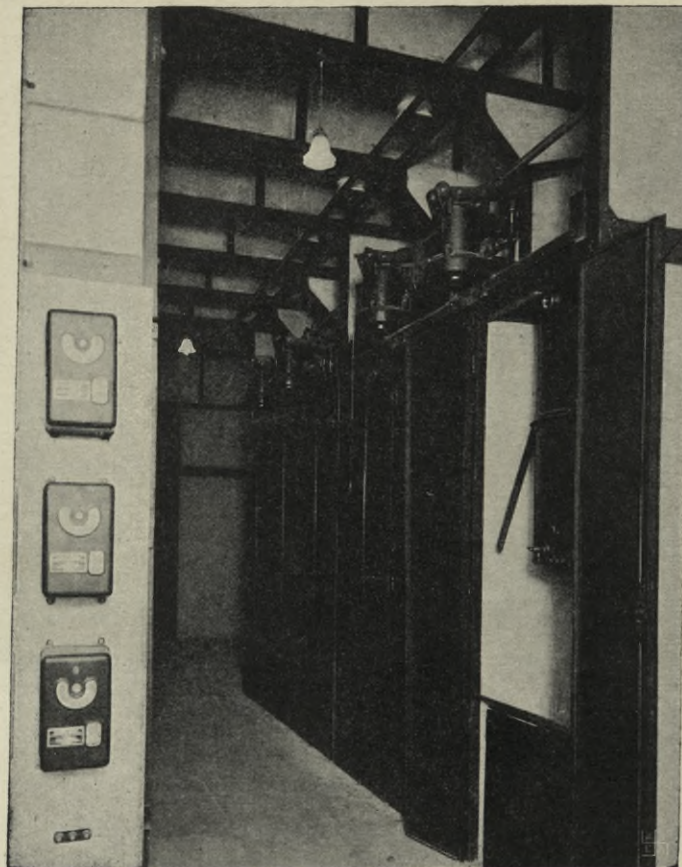


Fig. 23. 50,000 volts linjeströmbrytare i kraftstationens ställverkshus (2:a våningen).

ning visat sig vid den starka forcering, under hvilken ställverkshuset måst utföras, betinga minsta tid för väggarnas och därmed för hela instrumenteringsanläggningens färdigställande.

Vissa mellanväggar hafva gjutits af betong direkt i ramarna. Några väggar, särskildt sådana med mycket stora ytor såsom 50,000 volts hornåskledarecellernas, bestå af gipsbräder — »dielen» — som uppmurats direkt i ramarna.

Lednings- och apparatfacken afstängas från passagegångarna med manshöga gallerdörrar.

Mellanväggarna för det vid slutet af år 1911 installerade högspänningsställverket hafva en sammanlagd yta af c:a 3,000 kvm., hvaraf c:a 500 kvm. kommer på väggar för strömbrytarceller (se nedan). Järnställningarna hafva en sammanlagd vikt af c:a 70 ton.

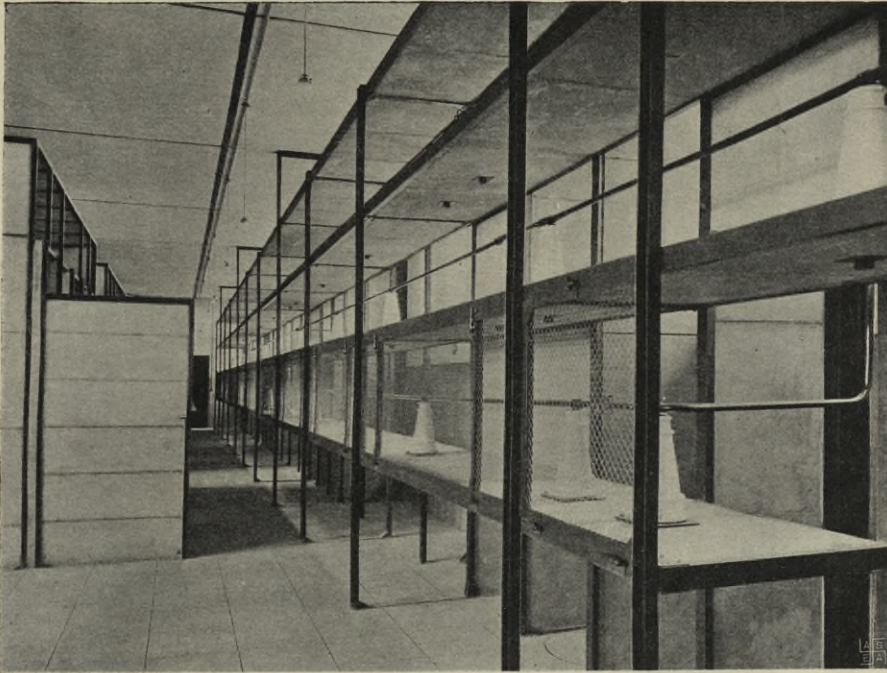


Fig. 24. 50,000 volts samlingsskenor i kraftstationens ställverkshus (3:e våningen).

För hvarje oljeströmbrytare i anläggningen (med undantag för kabelutlednings-strömbrytarna), där kontaktdelarna för hvarje fas äro inneslutna i en separat oljelåda, har, som de återgifna ritningarna och fotografierna utvisa, uppförts en trekammarcell, i hvilken lådorna äro inbyggda. Cellväggarna äro af betong c:a 100 mm. tjocka, gjutna direkt i solidt ramverk af profiljárn af motsvarande dimensioner. Cellerna täckas upptill af den gjutjärnsplatta, i hvilken lådan är upphängd och på hvilken strömbrytarmekanismen är monterad (se sid. 56), samt afstängas framtill af järndörrar. Hvarje cellkammare bildar sålunda ett slutet rum. Afstängningsdörrarna äro af lätt konstruktion och afsedda att vid eventuell explosion af oljelådan slås upp i afsikt att förebygga, att gstrycket härvid trycker sönder betongväggen. Innanför afstängningsdörrarna finns för hvarje cellkammare dessutom en solidare dörr, som endast når

upp så högt från golvet, att den kan stänga in event. utfluten olja (se fig. 23 och 31). För afledning af utfluten olja är hvarje cellkammare försedd med ett dräneringsrör, som från cellbotten leder till samlingsrör i underliggande vånings tak (se fig. 20 och 39), hvarifrån oljan utledes i byggnadens allmänna afloppsledning. Oljedränledningarna utgöras af 4" gjutjärnsrör.

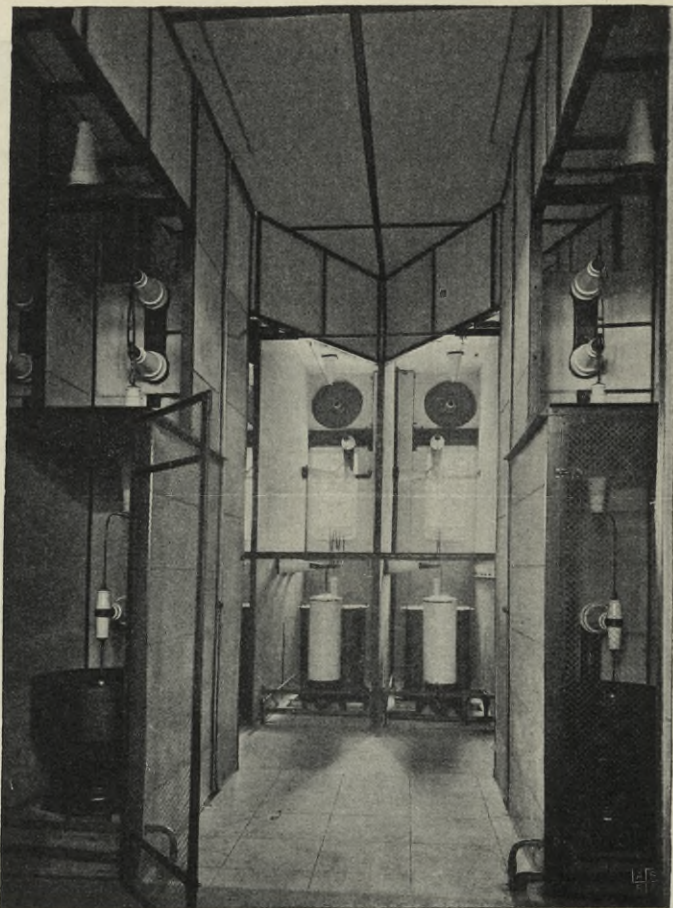


Fig. 25. 50,000 volts vattenstrålarapparater, hornåskledare och linjeutledning i kraftstationens ställverkshus (3:e våningen).

För att begränsa eventuell oljebrand från oljeströmbrytare och mättransformatorer och förhindra spridning af den kväfvande oljerök, som härvid utvecklas, äro alla högspänningsrum afskilda med järndörrar, samt alla ledningsgenomföringar i innerväggar och golf utförda med genomföringsisolatorer af porslin, monterade i betongplattor i jordförbundna järnramar. Liknande genomföringsisolatorer, ehuru monterade i marmorplattor i järnram, hafva användts för linjeutledningarna genom ytterväggarna (fig. 25).

Alla järnställningar liksom alla isolatorjärn samt apparatstommar och dylikt, som ej äro afsiktligt isolerade mot jord, äro omsorgsfullt jordförbundna genom kopparledare. Jordförbindningarna äro för 10,000 volts ställverket samt för alla 50,000 volts systemets isolatorjärn, som ej äro monterade direkt på järnställning eller i betongplatta resp. gipsdielenvägg omgifven af järnram, utförda med 75 kvmm. koppararea. Öfriga jordförbindningar äro utförda med 25 kvmm. koppararea.

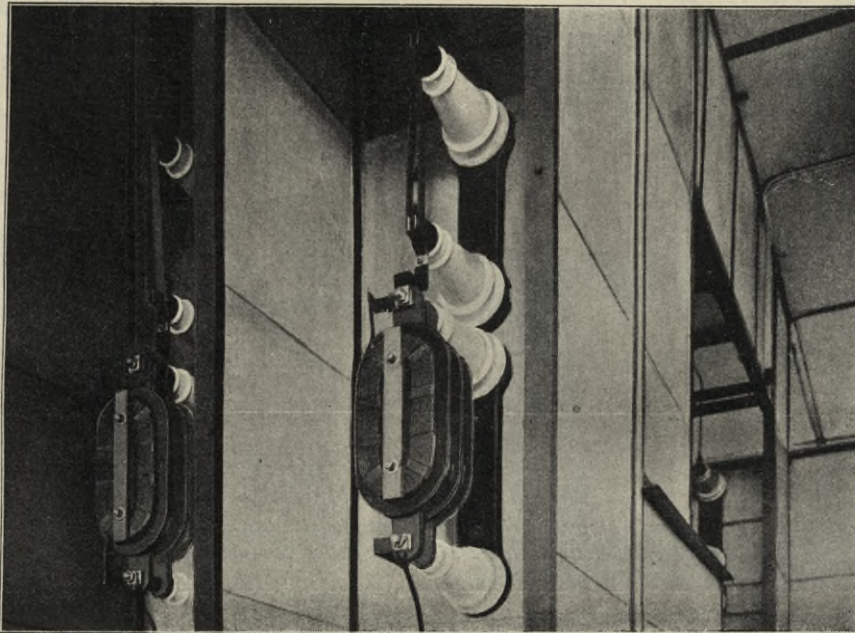


Fig. 26. 50,000 volts dämpstolar för linjeutledning i kraftstationens ställverkshus (3:e våningen).

I alla högspänningsrumms golf är ett jordförbundet järntrådnät utlagt öfver betongen under putsen i afsikt att förebygga farliga spänningsdifferenser, i händelse en spänningsförande del skulle göra kontakt mot någon del af byggnaden.

Normalafståndet mellan högspänningsledningarna och jord är 200 mm. för 10,000 volts systemet, 400 mm. för 50,000 volts systemet. Hela anläggningen skall kontraktensligt tåla dubbla hufvudspänningen mot jord. Isolationssäkerheten är sålunda mer än trefaldig.

Beträffande ledningsmateriel och apparaterna torde i öfrigt följande detaljuppgifter kunna påräkna intresse.

Isolatorerna (fig. 27) äro af slät typ, som föredragits framför de i vårt lands högspänningsanläggningar hittills så godt som uteslutande använda s. k. rillen-isolatorerna. Den släta typen torde få anses erbjuda

Detaljuppgifter rörande ledningsmateriel och apparater.

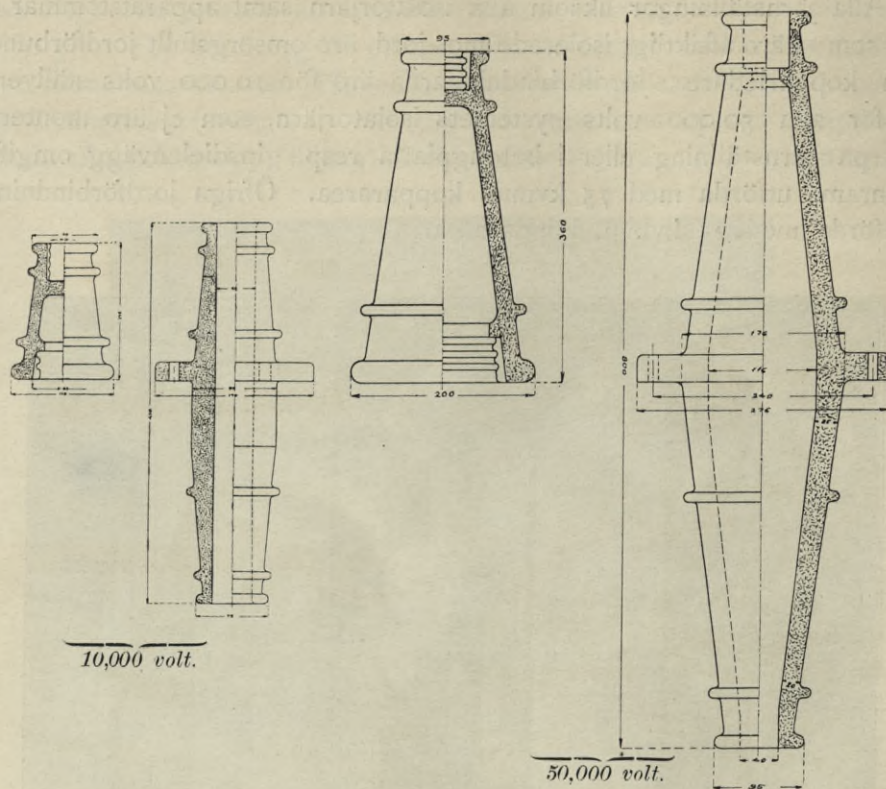


Fig. 27. Isolatorer och genomföringar i kraftstationen samt sekundärstationerna Lilla Edet, Nol och Göteborg (tillverkade vid Rörstrand, levererade genom Allm. Svenska Elektr. A. B.)

större såväl elektrisk som mekanisk hållfasthet än den räfflade. Dess största förtjänst ligger dock däri, att den dels på grund af de jämnt fördelade laddnings- och läckningsströmmarna håller sig synnerligen fri från damm och fukt, dels gifvetvis är betydligt lättare att rengöra än de räfflade isolatorerna. De sistnämnda påfordra ett ytterst besvärande putsningsarbete, hvilket för en anläggning af detta slag, som måste vara i drift dag och natt året om, måste förorsaka stora olägenheter. Detta gäller särskildt om 50,000 volts isolatorerna. Vid den släta isolatortypen reduceras putsningsarbetet till ett minimum. Den släta typen blir något större och dyrare än den räfflade, men denna olägenhet är oväsentlig i förhållande till den fördel, som enbart minskningen af putsningsarbetet innebär.

Bottenbultar och skenhållare fastgjutas i isolatorerna medelst blyglete och glycerin. Till en början göts bindmassan med direkt anliggning mot porslinet och järndyblarna; då isolatorerna emellertid efter gjutning på detta sätt visade stor benägenhet att spricka, har sedermera tillgripits användning af elastiskt mellanlägg mellan kittet och porslinet resp. järndyb-

larna, erhållet på så sätt, att motliggande ytor af porslinet och järnet före ingjutningen bestrukits med plastic varnish.

Isolatorerna och genomföringarna äro af Rörstrands tillverkning.

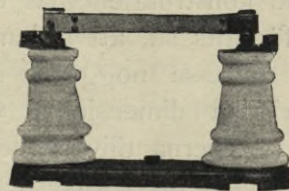
För 50,000 volts ledningarna användas uteslutande kopparrör för erhållande af största styfhet hos ledningarna med åtföljande minsta antal erforderliga isolatorer.

Frånskiljarnas kniflängd är 200 resp. 500 mm. Alla takfrånskiljare äro försedda med låsanordning, lätt manövrerbar med frånskiljarestång och så beskaffad, att knifven ej af sig själf kan öppnas vare sig på grund af knifvens egen vikt eller genom elektromagnetiska krafter vid eventuella kortslutningar. Utseendet framgår i öfrigt af fig. 28.

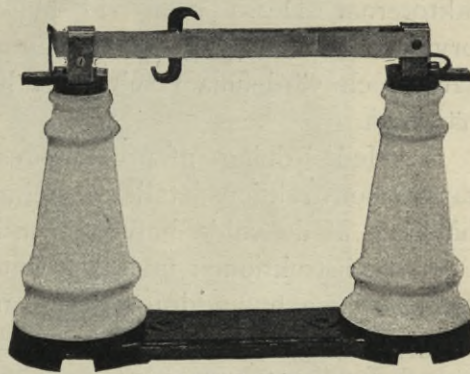
Beträffande oljeströmbrytarna har för hufvudsystemet, som förut omnämnts, två skilda typer kommit till användning: »hufvudströmbrytare» och »omkopplare». Hufvudströmbrytarna äro afsedda för brytning af stora effekter och utlösas automatiskt med användning af reläer för s. k. omvänd tidreglering. Omkopplarna äro ej afsedda för brytning af någon större effekt och ej automatiska. Alla dessa oljeströmbrytare manövreras normalt elektriskt medelst »manöverströmbrytare» från kontrolltaflan, men kunna äfven manövreras för hand.

För 10,000 volts kabelutledningarna användas automatiska strömbrytare af en mindre typ, afsedda för brytning af relativt små effekter.

Med hänsyn till den viktiga mission, som oljeströmbrytarna hafva att fylla i en anläggning af Trollhätteverkets karaktär och omfattning, har den största omsorg blifvit nedlagd för att erhålla fullgoda och tillförlitliga apparater. För hvarje hufvudströmbrytare har fordrats och i leveranskontraktet äfven garanterats att den säkert skall kunna bryta den högsta vid kortslutning af 8 parallellkopplade, fullt magnetiserade generatorer uppträdande effekten. Denna kan vid fullständig kortslutning i eller i närheten af kraftstationen uppgå till bortemot en half million k. v. a. Gifvet är att kon-



10,000 volt.



50,000 volt.

Fig. 28. Frånskiljare i kraftstationen samt i sekundärstationerna Lilla Edet, Nol och Göteborg (levererade af Allm. Svenska Elektr. A. B.)

struktionen af en apparat för brytning af en sådan jätteeffekt erbjudit en hel del problem att lösa. Äfven de öfriga strömbrytarna i anläggningen ha delvis måst utläggas efter nya linjer. Då någon nämnvärd erfarenhet från vårt land beträffande dylika apparater ej stod till buds, och då den tekniska litteraturen hittills innehållit så godt som intet beträffande de speciella problem, som här förelågo, har jämsides med teoretiska öfverläggningar vid konstruktionernas utbildande försöksvägen måst tillgripas. Härvid har förfarits så, att sedan alla i marknaden förekommande strömbrytartyper af intresse noggrant studerats, hufvuddragen för apparaterna fastslogos, rikliga dimensioner valdes och profströmbrytare af de olika förekommande typerna tillverkades. Med de tillverkade apparaterna företogos därefter enligt af kraftverket upprättadt program utom rent mekaniska prof uttömmande profserier med oscillograf för utrönande af deras brytförmåga och för närmare studium af de på brytförmågan inverkanse faktorerna. Dessa prof, vid hvilka en uppmätt effekt per trefasströmbrytare af intill 45,000 kilovoltamp. blef bruten, gåfvo i hög grad intressanta och värdefulla resultat, på hvilka det dock skulle föra för långt att här ingå.

Med ledning af profningsresultaten kunde de utförda profströmbrytarnas konstruktionsdetaljer justeras så, att största brytförmåga med bibehållande af de valda hufvuddimensionerna erhöles.

Konstruktionen utvisar följande för alla hufvudsystemets strömbrytare gemensamma hufvuddrag. För hvarje fas är en fast och en rörlig kontaktbrygga anordnad, den sistnämnda försedd med lamellerade, fjädrande presshufvudkontakter samt med lätt utbytbara gnistkontakter. För hvarje fas finnes en oljelåda, inbyggd i afskild cell. De fasta kontaktdelarna och lådan äro upphängda i en gjutjärnsplatta, som vid 50,000 volts strömbrytarna samtidigt utgör lock för lådan och tak för cellen, och på hvilken strömbrytarmekanismen är monterad; vid 10,000 volts strömbrytarna har lådan särskildt lock, i hvilket kontaktdelarna och lådan äro upphängda och som i sin tur är upphängdt i celltaksplattorna. Den rörliga bryggan är upphängd i en vertikal trästång, som skjuter upp genom celltaket och är förbunden med mekanismens häfarmssystem. Brytningen sker med vertikal rörelse nedåt, hvarvid det rörliga systemet hufvudsakligast påverkas af tyngdkraften, som dock äfven understödes af fjäderkraft. Oljelådan kan med tillhjälp af ett motormanövreradt lyftbord (för 10,000 volts omkopplarna handmanövreradt), som rullas in i cellen, bekvämt sänkas ned, så att alla kontaktdelarna på en gång blifva åtkomliga för inspektion (fig. 29). Denna montagemetod har betingat en betydande höjd hos cellen.

De beskrifna anordningarna hafva betingat den enligt ritningarna använda strömtilledningen bakifrån eller uppifrån strömbrytaren.

Hufvudströmbrytarna för transformatorerna äro för minskning af strömstöt vid inkoppling och delvis för nedbringande af öfverspänningar försedda med förkopplingsmotstånd. För nedbringande af öfverspänningar vid tillslagning af linjer och kablar äro öfriga hufvudströmbrytare likaså försedda med »uppladdningsmotstånd», som vid tillslagning momentant under $\frac{1}{2}$ à 1 period inkopplas och därefter kortslutes, då gnistkontakterna slutas. Vid frånslagning är förhållandet omvänt. Motståndet är af metalltråd. Det är inbyggdt i lådan under kontakterna, upphängdt i lådlocket. Motståndets ohmtal är för 10,000 volts hufvudströmbrytarna c:a 70 ohm och för 50,000 volts hufvudströmbrytarna c:a 1,100 ohm, allt per fas.

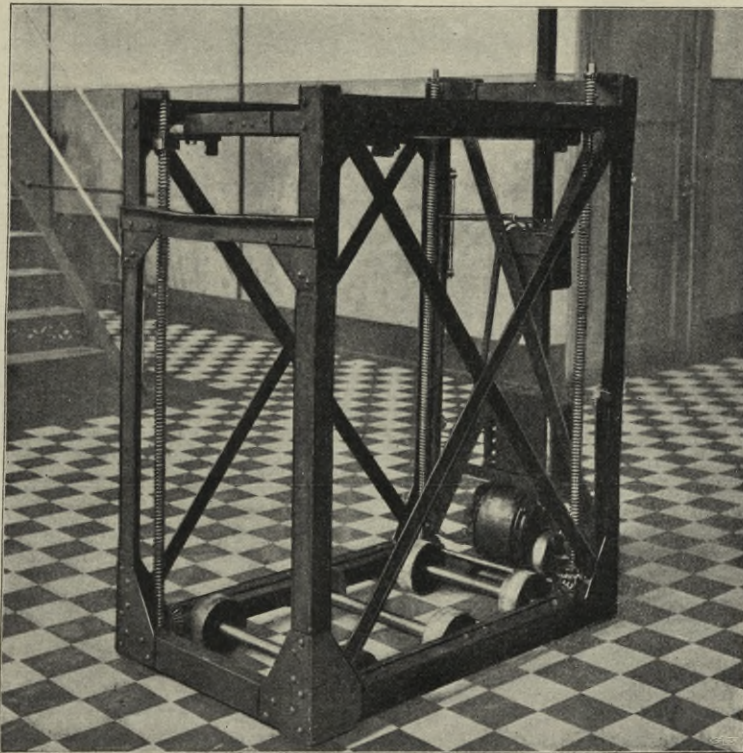


Fig. 29. Lyftbord för oljeströmbrytare.

Hufvudströmbrytarna skilja sig i konstruktionen i öfrigt från omkopplarna hufvudsakligen däri, att de hafva dubbel kontaktbrygga med 4 st. 2 och 2 parallellkopplade brytställen per fas (omkopplarna enkel brygga med 2 brytställen), gnistkontakter med 4 brytställen per fas (antingen 2 och 2 i parallell med momentbrytning eller alla 4 i serie utan momentanordning) samt, delvis som en följd af dessa förhållanden och af laddningsmotståndets inbyggande, betydligt rikligare dimensioner å oljelådan.

Fig. 30 visar en 10,000 volts hufvudströmbrytare, fig. 31 en 10,000 volts omkopplare. Å den sistnämnda strömbrytaren har oljelådan för en fas nedsänkts på samma sätt som sker vid inspektion af strömbrytaren. Fig. 32 visar en 50,000 volts hufvudströmbrytare, fig. 33 kontaktdeklar och förkopplingsmotstånd till densamma. Oljelådan till den sistnämnda strömbrytaren upphänges i celltakplattan under fastpressning af lådöppningens kant mot plattans undersida med tillhjälp af häfstångslås.

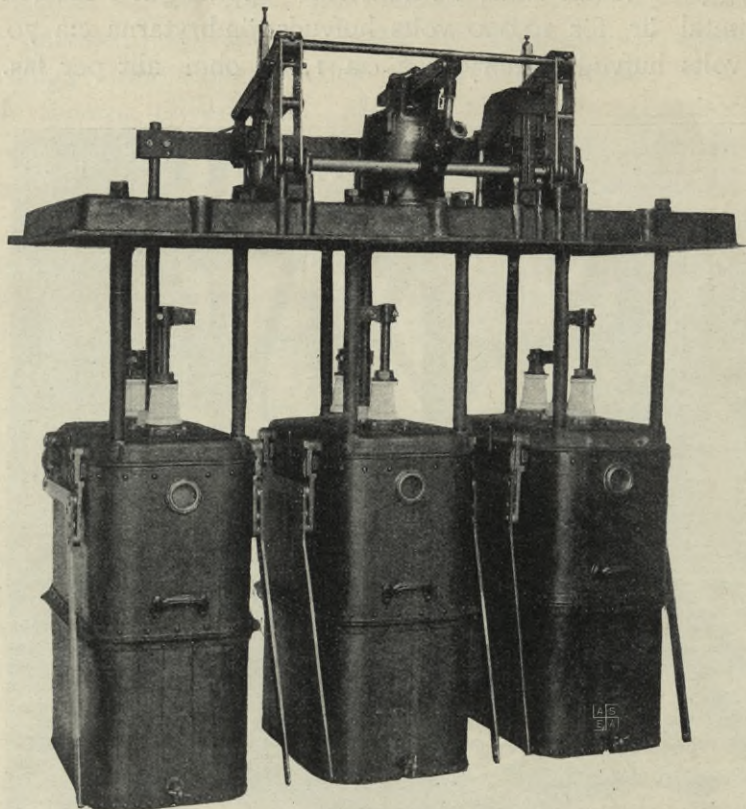


Fig. 30. Hufvud-oljeströmbrytare för 10,000 volt med inbyggt förkopplingsmotstånd, i kraftstationen och Göteborgs sekundärstation (levererad af Allm. Svenska Elektr. A. B.).

Följande data gälla för hufvudströmbrytarna:

	10,000 volt	50,000 volt
Afstånd mellan polerna för en fas (kontaktbryggans längd)	220	300 mm.
Total brytningsrörelse	2 X 275	2 X 400 »
Tillslagnings tiden räknadt från manöverströmbrytarens inläggning till hufvudkontaktens slutning	0,75	1,4 sek.
Frånslagnings tiden räknadt från kontaktgifningen vid manöverströmbrytaren till dess brytvidden vid brytkontaktarna är 150 mm.	0,30	0,30 »
Rörelsehastigheten hos hufvudkontaktarna i brytningsögonblicket	0,8 å 0,85	0,8 å 0,85 m/sek.
Oljemängd per fas	245	590 liter.
Strömbrytarens totala vikt c:a	1,500	3,000 kg.

Den elektriska manövreringen af hufvudsystemets strömbrytare sker med hjälp af solenoider. Oljeströmbrytaren bryter själf sin manöverström, så att både manöverströmbrytarens och de automatiska reläernas kontakter befrias från denna uppgift. Oljeströmbrytaren är för detta ändamål för-

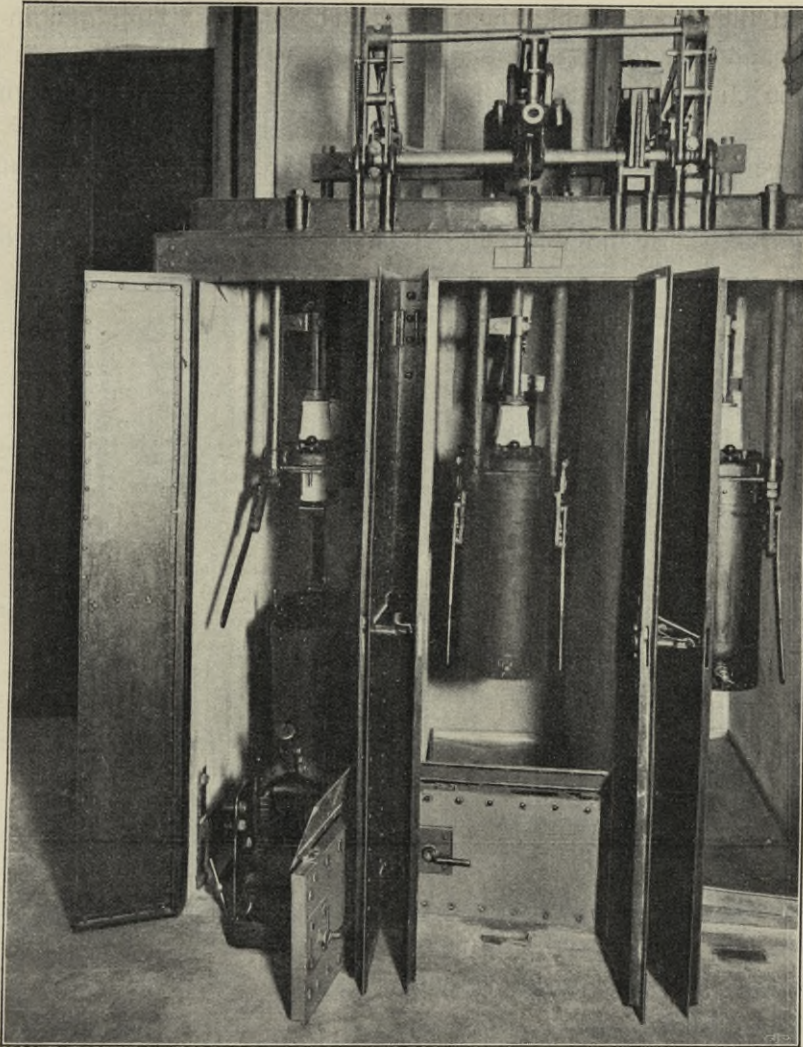


Fig. 31. Omkopplare för 10,000 volt i kraftstationen.

sedd med en särskild omkopplare med ett magnetiskt lås, elektriskt förbundet med särskilda kontakter hos manöverströmbrytaren. Denna anordning befordrar i hög grad säkerheten vid manövreringen.

Manöverströmbrytarna (fig. 34) hafva konstruerats efter speciella bestämmelser, och har med hänsyn till deras viktiga funktion nedlagts stor

omsorg på att göra dem solida och fullt tillförlitliga samt i största mån »foolproof» till förebyggande af felmanövrering.

De äro utförda som tvåvägsomkopplare med ett nolläge i midten samt ett halfspänn-signalläge och ett manöverläge åt hvardera sidan. Vid manöverhandtagen äro i kontrolltaflan infällda signallampor (en röd och en grön), med tillhjälp af hvilka hvarje oljeströmbrytares läge genom inläggning af manöverhandtaget i halfspännlägena när som helst, äfven om den ena lampan skulle vara defekt, kan kontrolleras. Om båda lamporna skulle vara defekta, utvisa dock två med handtaget förbundna skyltar, hvilket manöverläge handtaget intog vid närmast föregående manövrering. För att halfspännläget skall kunna passeras med handtaget måste först en spärrhake frigöras; härigenom förhindras ofrivillig eller förhastad manövrering.

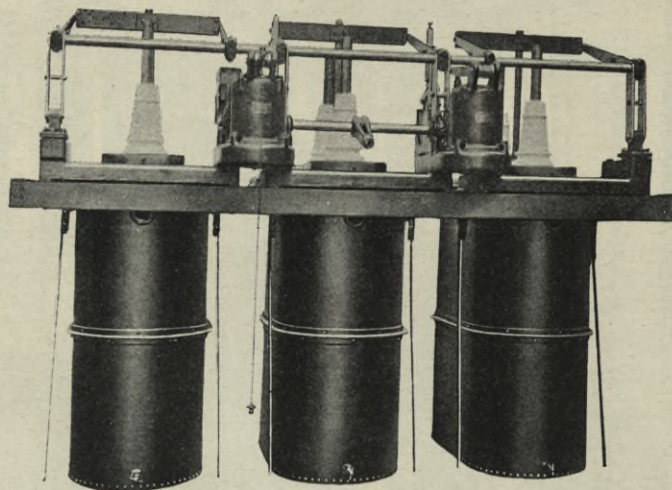


Fig. 32. Hufvud-oljeströmbrytare för 50.000 volt i kraftstationen samt i sekundärstationerna Lilla Edet, Nol och Göteborg (levererad af Allm. Svenska Elektr. A. B.).

Om handtaget föres öfver i manöverläget, slår oljeströmbrytaren till eller ifrån, och motsvarande signallampa tändes i samma ögonblick brytaren fungerar. Då handtaget släppes, återgår det af sig själf i nolläget, och lampan släckes.

Under normala förhållanden lyser således icke någon signallampa, när manöverhandtaget intager nolläge. Skulle däremot oljeströmbrytaren slås ifrån direkt för hand eller på grund af strömbrytarreläernas funktionerande, tändes den röda lampan och fortsätter att lysa, till dess handtaget lagts öfver i manöverläget för fränslagning.

Skulle man af misstag eller på prof koppla in den automatiska oljeströmbrytaren under spänning på en kortsluten strömkrets, bryter den på vanligt sätt automatiskt, äfven om manöverhandtaget kvarhålles i manöver-

läget, och kan sedan ej slås till utan att handtaget öfverförts till frånslagningsläget. Genom denna anordning omöjliggöres s. k. pumpning. Manöverhandtagen hafva gjorts kraftigare än hvad vanligen är fallet, detta för att i största mån markera, att de kommendera stora effekter och ej få handteras som leksaker.

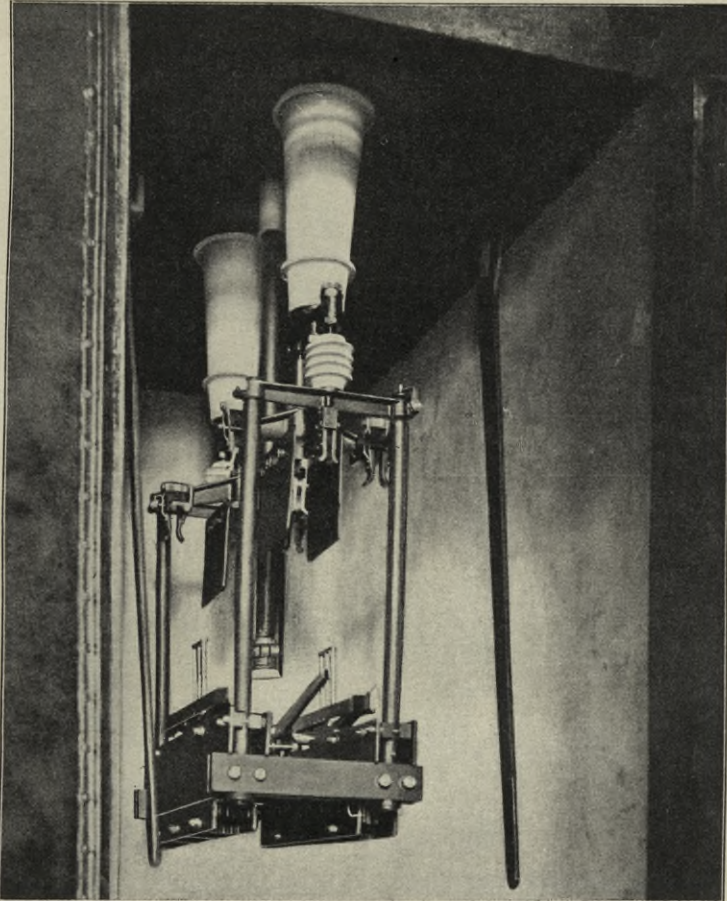


Fig. 33. Kontaktdelar och förkopplingsmotstånd till en hufvud-oljeströmbrytare för 50,000 volt i kraftstationen.

10,000 volt kabelströmbrytarna (fig. 35) äro anordnade för automatisk utlösning och afsedda att bryta effekter upp till c:a 10,000 k. v. a., ehuru vid utförandet en betydligt större brytförmåga uppnåtts. Om afsevärdt större effekt skulle uppkomma vid kortslutning i kabelnätet, kommer den att brytas af en hufvudströmbrytare mellan generatorerna och kabelutledningen. Denna förläggning af brytningen af viss effekt till viss strömbrytare åstadkommes genom motsvarande reläinställning (se nedan). Kabelströmbrytarna hafva i likhet med hufvudsystemets strömbrytare vertikal brytningsrörelse

nedåt och tillledning uppifrån. Kontaktanordningarna utgöras af enkla bryggor med knifhufvudkontakter och gnistkontakter med momentbrytning. De fasta kontaktdelarna liksom lådorna äro upphängda i en på ett fristående stativ upplagd gjutjärnsplatta, på hvilken mekanismen är monterad. Lådorna sänkas ned med lyftvagn. Laddningsmotstånd, bestående af karborundumstafvar, finns inbyggdt i tilledningsgenomföringarna.

Följande data gälla för kabelströmbrytarna:

Afstånd mellan polerna för en fas (kontaktbryggans längd)	225 mm.
Total brytningsrörelse	150 »
Oljevikt	80 kg.
Strömbrytarens vikt excl. olja	205 »

Tillslagningen af dessa strömbrytare, som uppställas bakom resp. kontrolltafla, sker uteslutande för hand.

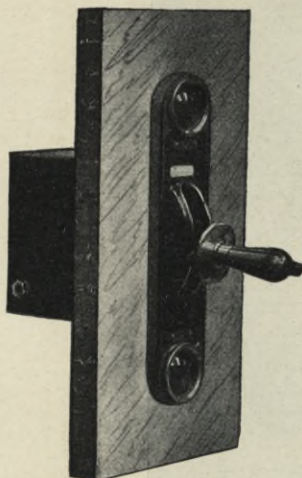


Fig. 34. Manöverströmbrytare för oljeströmbrytare i kraftstationen samt sekundärstationerna Lilia Edet och Göteborg.

Strömtransformatorernas sekundärström är normalt 5 amp. Strömtransformatorerna för 10,000 volt äro af luftkyld typ, de för 50,000 äro oljekylda. För 10,000 volt användas två typer, en mindre för ampèremetrar och reläer, samt en större för wattmetrar.

Hvarje strömtransformator är försedd med spänningssäkerhetsapparat, ansluten mellan lågspänningsuttagen. Som af kopplingsschemat framgår, är hvarje strömtransformators ena lågspänningsuttag jordförbundet. Spänningssapparaten jordförbinder det normalt ej jordade sekundäruttaget, då spänningen mellan detta och jord uppgår till 250 volt. Härigenom förhindras högspänningen att vid event. öfverslag i strömtransformatorn komma ut i lågspänningsnätet, äfven om lågspänningslindningen skulle smälta på grund af jordströmmen genom den permanenta jordförbindningen. Spänningssäkerhetsapparaten smälter först vid 500 amp.; strömtransformatorns lågspänningslindning smälter för betydligt mindre ström och således *före* spänningssapparaten.

Strömbrytarreläerna (fig. 36) äro af Siemens & Halskes induktionsmotortyp med variabel ström- och tidsinställning. Ströminställningen afser den minsta primärström, för hvilken reläet löser ut; tidsinställningen afser motsvarande utlösningstid. Det mest karakteristiska hos denna relätyp är, att utlösningstiden vid gifven ström- och tidsinställning med stigande primärströmstyrka minskas efter en hyperbelliknande kurva, samt att för gifven ströminställning och primärströmstyrka utlösningsskontaktens

rörelse sker med konstant, af tidsinställningen oberoende hastighet. Af den sistnämnda omständigheten beror reläets värdefulla egenskap, att vid gifven ströminställning för hvarje värde å primärströmmen ge en utlösningstid, som varierar direkt proportionellt med tidsinställningen.

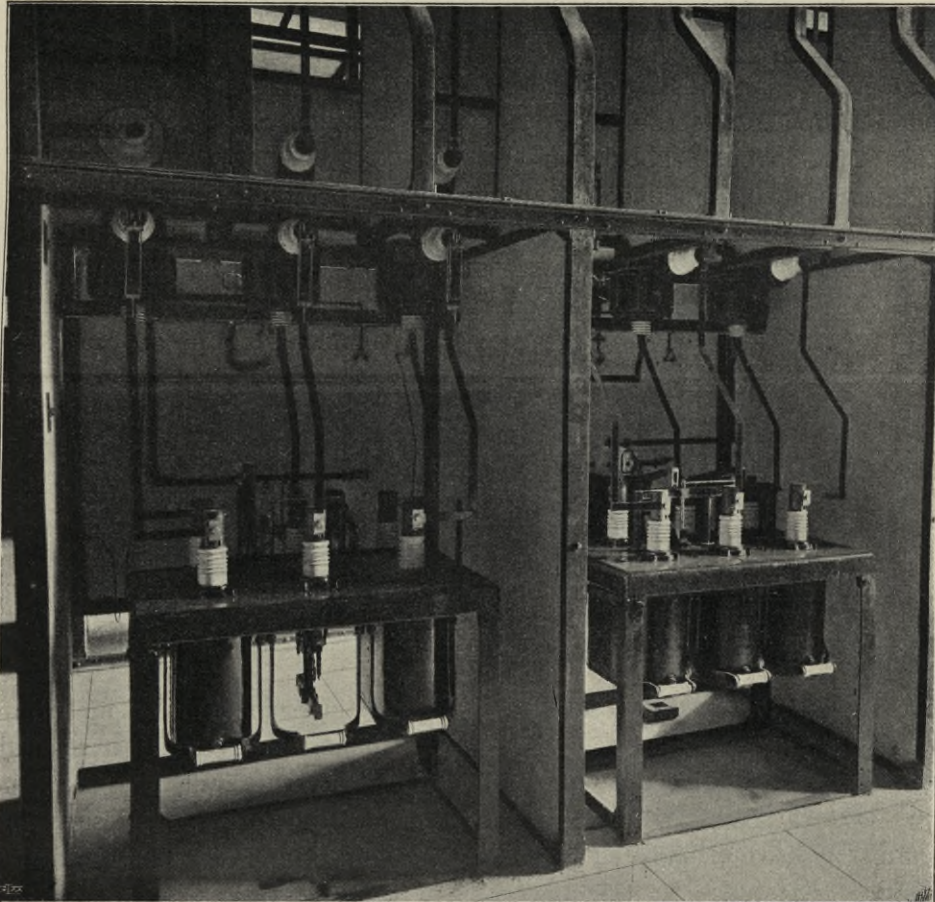


Fig. 35. Automatiska oljeströmbrytare för 10,000 volts kabelutledningar i kraftstationens ställverkshus.

Då någon modell, som uppfyllde de specialfordringar, hvilka efter en ingående behandling af reläfrågan blifvit uppställda från kraftverkets sida, ej fanns i marknaden, har efter utförliga prof framställts en för kraftverket särskildt ändamålsenlig »Trollhättemodell» af Siemens-reläet.

Af den fastslagna modellen hafva, utom normalreläerna, 2 specialmodifikationer som betingats af olika användningssätt, och som skilja sig från normalreläet uteslutande genom olika gränser för ströminställningen,

kommit till användning. Tidsinställningen är för alla reläerna variabel mellan gränserna 4 och 40 sekunder.

För normalreläerna är ströminställningen variabel mellan 3,5 och 7 amp. primär reläström (70 och 140 % af normalströmmen).

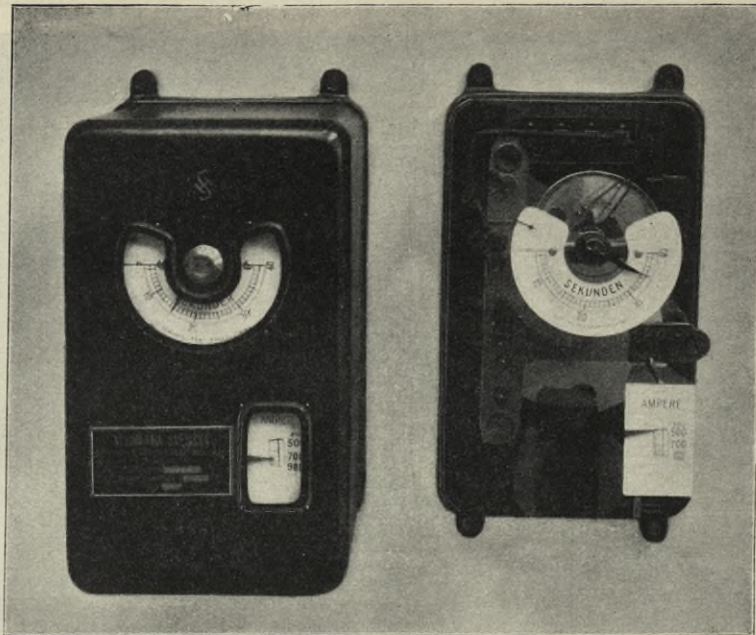


Fig. 36. Strömbrytarrelä af Siemens & Halskes tillverkning, modell »Trollhättan».

Å fig. 37 visa de heldragna linjerna utlösningsskurvan för normalreläet vid 3,5 amp., 5 amp. och 7 amp. ströminställning och 40 sekunders tidsinställning. Som synes kan en utlösningstid af ända till 7 sekunder vid de största strömstyrkor erhållas. För lägsta ström- och tidsinställning (3,5 amp. 4 sek.) erhålles ur den lägsta af de 3 kurvorna på grund af den omnämnda proportionaliteten minst c:a $4 \times \frac{4}{40} = 0,4$ sek. utlösningstid vid stora strömstyrkor. Reläet kan sålunda tydligen inställas för utlösning vid kortslutningsström efter hvilken tid som helst mellan 7 och 0,4 sekunder. Det relativt stora tidsafståndet mellan dessa gränser möjliggör inställning för ett relativt stort antal seriekopplade automater så, att de äfven vid kortslutningar utlösa i bestämd ordningsföljd. Denna bestämbarhet af ordningsföljden vid utlösningen utgör grundvalen för det system, som blifvit följdt vid utplaceringen af automaterna i kraftstationen och dess ledningsnät och som går ut på att vid kortslutningar få den skadade delen af nätet afskild från det matande systemet så nära felstället som möjligt, med andra ord att begränsa i anläggningen uppkommande driftstörningar till minsta möjliga område.

En annan egenskap af fundamental natur hos ifrågavarande reläkurvor är den, att två kurvor, af hvilka den ena gäller för inställning för kortare tid men större ström än den andra, vid lämplig afpassning af in-

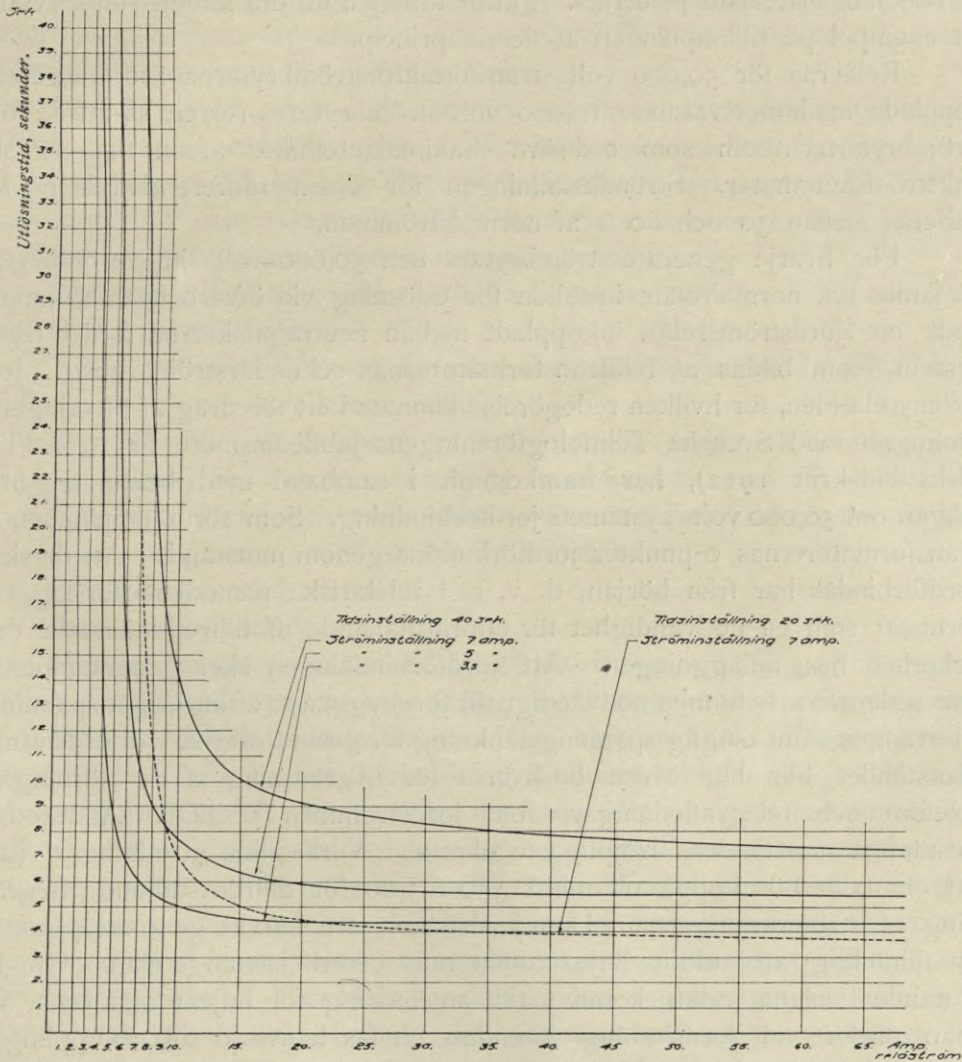


Fig. 37. Utlösningsskurvor för normalrelä, modell Trollhättan.

ställningarna komma att skära hvarandra (se den streckade kurvan å fig. 37). Om två seriekopplade strömbrytares reläer äro inställda på detta sätt, komma de båda automaterna att för öfverbelastning intill en viss strömstyrka, beroende på den afpassade storleken af skärningspunktens abscissa, utlösa i en viss ordningsföljd, vid större ström däremot i emot denna omvänd följd. Genom inställning af anläggningens reläer efter denna princip,

har det blifvit möjligt att, om samtidigt någon eftergift göres i fordran på störningens begränsning vid den större strömstyrkan, använda strömbrytare med mindre brytförmåga och sålunda mindre och billigare, ju längre ut i ledningsnätet de placerats. I kraftstationen utgöra kabelströmsbrytarna ett exempel på tillämpningen af denna princip.

Reläerna för 50,000 volts transformatorströmbrytarna äro differentialkopplade med motsvarande 10,000 volt-strömbrytares reläer, så att de förra strömbrytarna utom som ordinära maximalautomater äfven fungera som bakströmsautomater. Ströminställningen för dessa »differentialreläer» kan varieras mellan 30 och 60 % af normalströmmen.

För hvarje generatorströmbrytare och 50,000 volts linjeströmbrytare är jämte två normalrelän, inställda för utlösning vid öfverbelastning, anordnad ett »jordströmsrelä», inkoppladt mellan neutralpunkterna å det trefas-system, som bildas af relätransformatorernas sekundärströmkretsar. Jordströmsrelä-idén, för hvilken redogörelse lämnats i ett föredrag af öfveringenjör Holmgren vid Svenska Teknologföreningens jubileumsmöte år 1911 (Teknisk Tidskrift 1912), har framkommit i samband med behandlingen af frågan om 50,000 volts systemets jordförbindning. Som förut omnämnts, äro transformatorernas o-punkter jordförbundna genom motstånd. Att de skulle jordförbindas har från början, d. v. s. i »elektriska nämndens» förslag, varit förutsatt som en nödvändighet för upprätthållande af tillfredsställande driftsäkerhet hos anläggningen. Att jordförbindningen sker genom motstånd har sedermera befunnits nödvändigt till förebyggande af lifsfarliga spänningar i terrängen samt oläglig spänningssänkning för generatorerna vid jordslutning. Motståndet blir här äfven önskvärdt för begränsning af de störningar å telefon- och telegrafledningar, som jordströmmen orsakar. Återstod att bestämma motståndens lämpligaste ohmtal. Verkställda utredningar visade, att ohmtalet bör uppgå till minst 350 å 400 för tillfredsställande begränsning af strömrusningarna. Den jordström, som härvid genomsläppes, blir ej tillräcklig att utlösa linjeautomaternas öfverbelastningsrelän. Om utslutande sådana relän komme till användning för linjeautomaterna, vore man därför vid jordslutning å endast en fas hänvisad till urkoppling för hand efter signal om felet, hvilken metod måste anses otillfredsställande. Jordströmsreläerna möjliggöra den automatiska linjefrånkopplingen vid jordslutning, äfven då nollpunktsmotstånd af erforderligt ohmtal användes. De kunna därför äfven anses utgöra en lösning på den så ofta och hittills så resultatlöst omdebatterade frågan om jordförbundet eller isolerat trefasystem.

I detta sammanhang må omnämnas, att transformatormotståndens ohmtal i början fixerades till 375 ohm. Ehuru påtagliga fördelar kunde vinnas med högre ohmtal, blef detsamma dock begränsadt uppåt af följande omständigheter:

1) strömmen vid jordfel måste afpassas större än största förekommande åskskyddsströmmen per fas, för att dissymmetrireläet ej skulle koppla ur vid urladdning i åskskydden,

2) hänsyn måste tagas till den goda funktioneringen hos såväl de bakströmsrelän, som äro afsedda att anordnas för transformatorstationernas linjeströmbrytare, som dissymmetrireläerna.

Sedan numera hela reläsystemet genom af kraftverkets tjänstemän utfördt arbete i väsentlig grad fullkomnats, har emellertid jordströmmen kunnat begränsas till ett betydligt mindre värde än det, som erhöles vid 375 ohms motstånd. En redogörelse för hela detta arbete torde dock här föra för långt och böra sparas till en kommande publikation.

Dissymmetrireläerna äro inställbara mellan c:a 19,5 à 30 och 39 à 60 % af normalströmmen.

Till skydd mot öfverspänningar hafva dämpspolar och 3 olika slags afledande apparater installerats, nämligen:

hornåskledare, som antingen äro »dubbla» med två seriekopplade gnistgap (»finskydd» och »grofskydd»), kombinerade med ett motstånd i serie med båda gapen och ett i serie med endast finskyddet, eller »enkla» med endast ett gnistgap med seriekoppladt motstånd,

rullåskledare med motstånd,

vattenstrålapparater.

Hvarje apparattyp är afsedd att afleda sitt speciella slag af öfverspänningar. Beträffande apparaternas utplacering hänvisas till kopplingsschemat.

Vid de dubbla hornåskledarna (fig. 25) användes för grofskyddet vattenmotstånd, afsedt att vid urladdning för fasspänningen mot jord normalt begränsa strömmen till c:a 15 amp.; för finskyddet användes metallmotstånd i olja för c:a 4 amp. vid fasspänning. Grofskyddets vattenmotstånd utgöres för 50,000 volts systemet af vertikala porslinscylindrar med en vattenvolym af c:a 50 liter och ett elektrodafstånd af max. 700 mm., för 10,000 volts systemet af lertråg med c:a 190 liters vattenvolym och 550 mm. maximalt elektrodafstånd. Urladdningsströmmen kan regleras genom ändring af elektrodernas storlek och afstånd. Alla vattenmotstånden äro anordnade för rinnande vatten med en vattenförbrukning af intill c:a 5 min./liter per fas. Finskyddsmotstånden tåla 4 amp. under 5 minuter; de äro försedda med temperatursäkerhetsapparat, som är inbyggd i strömkretsen under oljan, och som smälter och därmed bryter strömkretsen vid 90 à 100° oljetemperatur. Apparaten är kombinerad med en utanpå oljelådan anbragt signalplåt, som genom sitt läge anger, huruvida säkerhetsmetallen är afsmält eller ej.

För de enkla hornåskledarna vid transformatorerna användes metallmotstånd i olja för c:a 0,5 amp. vid fasspänning.

Alla horn äro inställda för urladdning först vid en spänning mot jord

som är något högre än hufvudspänningen, detta för att förhindra urladdning i ej jordförbundna faser, då jordledningsfel uppstår å en fas af systemet. Vid jordslutning uppstår nämligen, som en följd af o-punkternas jordning genom motstånd, hufvudspänning mellan de ej jordförbundna faserna och jord.

Rullåskledarnas motstånd utgöras af karborundumstafvar.

Vattenstrålapparaterna (fig. 25) äro af springbrunntyp, med reglerbar strållängd (maximalt 700 mm. vid 50,000 volt); de äro afsedda att normalt vid fasspänning mot jord genomsläppa ca 0,1 amp. och hafva en vattenförbrukning af 5 å 10 min./liter per fas.

Alla de öfverspänningsafledande apparaterna, med undantag för rullåskledarna, som f. n. ej användas, hafva vid företagna prof visat sig fungera med fullt tillfredsställande driftsäkerhet äfven vid urladdningar med hufvudspänning mot jord.

Hela öfverspänningsskyddet i anläggningen har emellertid nu efter konsultation af professor Petersen i Darmstadt i grund omarbetats.

Kontroll- och manöveranläggningen.

Kontroll-
och manö-
veranlägg-
ningen.

Den »intressantaste» lokalen i ställverkshuset är utan tvifvel det i midtpartiet inrymda kontrollrummet — kraftverkets »hjärna» (pl. 5 och 8, fig. 38). För erhållande af centralaste läget i förhållande till byggnadens högspänningsrum har kontrollrummet förlagts till 2:dra våningen; det står genom dörrar i direkt förbindelse med 2:dra våningens högspänningsrum; det sträcker sig upp äfven genom 3:dje våningen, där ett galleri är anordnadt, från hvilket dörrar leda in till 3:dje våningens högspänningsrum och ut till balkongen under 50,000 volts utledningarna. Direkta trappor, afsedda endast för driftspersonalen, förmedla kommunikationen mellan kontrollrummet och galleriet resp. 1:a våningen och källaren. Utifrån kommer man till kontrollrummet och galleriet direkt från hufvudtrappuppgången.

Större delen af kontrollrummets apparater äro monterade på kontrolltaflor af pulpettyp med vertikalt öfverstycke, sammanbyggda i tre olika grupper: en centralgrupp, uppställd i kontrollrummets fond, för kontroll af generatorerna, och två sidogrupper, en på hvardera sidan om centralgruppen vinkelrätt mot denna, för transformatorer och linjer. Centralgruppen innehåller ett fält för hvarje generator och dessutom ett midtelfält för synkronoskop och manövrering af samlingsskenornas sektionströmbrytare, samt har redan från början uppförts komplett i 9 fält; apparater hafva från början dock monterats endast för 4 generatorer. Sidogrupperna äro afsedda att innehålla ett fält för hvarje mot en generator svarande grupp af transformatorer resp. linjer; från början har endast den ena sido-

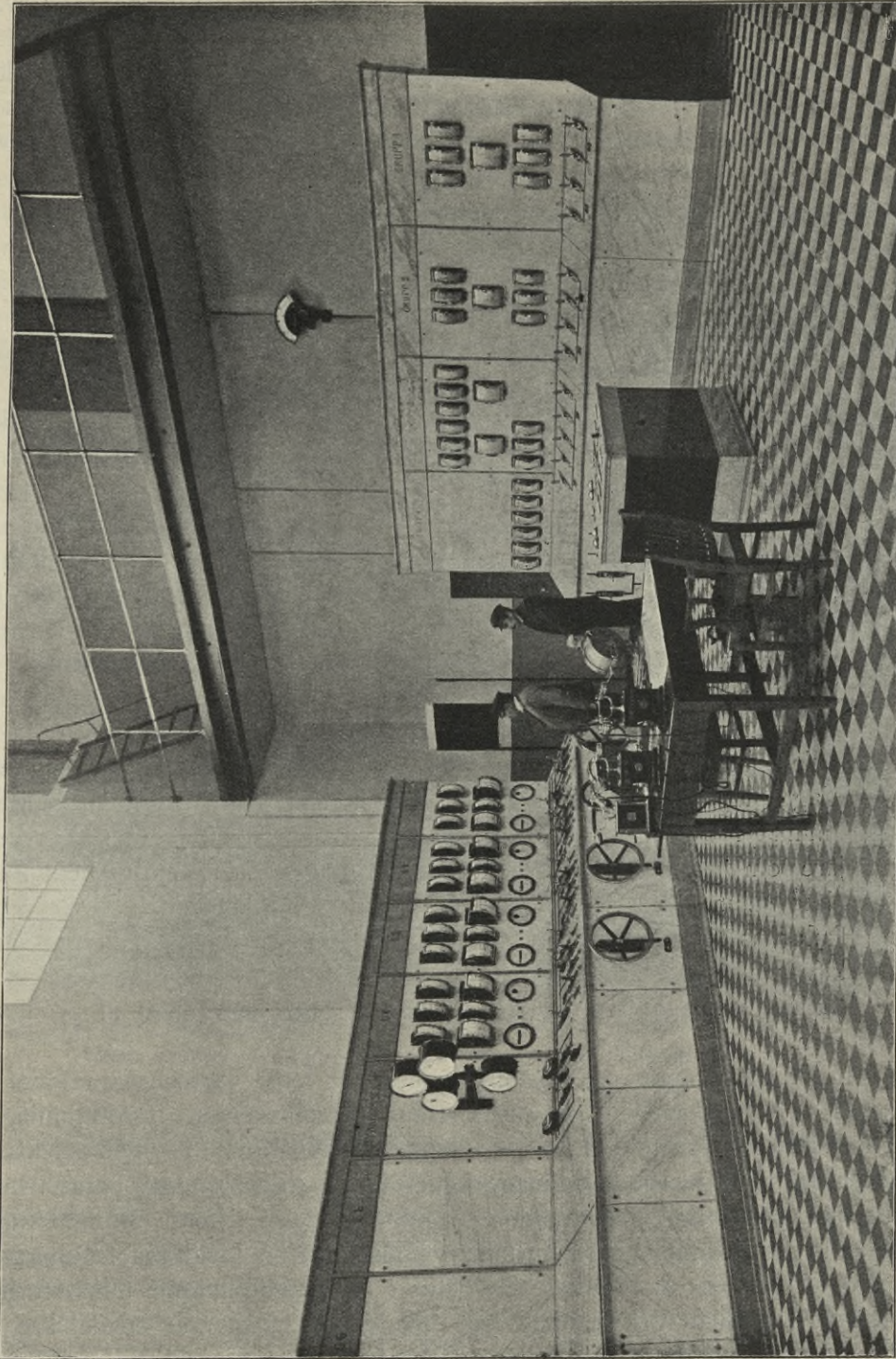


Fig. 38. Interiör af kontrollrummet i kraftstationens ställverksbus.

gruppen uppställts, innehållande 4 fält för de mot generatorerna 1—4 svarande transformatorerna och linjerna.

För generatortafeln gäller följande: under pulpeten äro tillsatsmaskinernas fältreostater placerade; handrattarna, med hvilka generatorernas spänning regleras, befinna sig på pulpetens vertikala del. Här finnas äfven tryckknappar för nedfirning af de stora turbinluckorna i turbintagsbyggnaden. Med knapparna åstadkommes elektromagnetisk lossning af den broms, som fasthåller luckans spel. Denna möjlighet för maskinisten i kontrollrummet att hastigt kunna nedsläppa en turbinlucka kan bli af stort gagn, om turbinen af någon anledning skulle rusa och ledskeneapparaten ej alls eller ej hastigt nog skulle kunna afstängas, eller om en svårare läcka i turbinskåp eller tub skulle uppstå.

På pulpetbordet befinna sig manöverströmbrytarna för den elektriska manövreringen af oljeströmbrytarna och generatorernas magnetströmbrytare. Från pulpeten sker vidare genom tryckknappar förställning på elektrisk väg af de stora turbinernas regulatorer, således reglering af turbinernas hastighet. På pulpeten finnas slutligen proppkontakter för magnetinkopplings-voltmetern samt för »infasningen». På taflans vertikala öfverstycke äro mätinstrumenten placerade, för hvarje generator en magnet-amp.meter, frekvensmätare samt volt-, ampère-, kilowatt- och effektfaktor-mätare.

Transformator- och linjetaflan innehåller endast manöverströmbrytare och mätinstrument, placerade analogt med generatortafeln.

Mellan manöverströmbrytarna är anläggningens kopplingsschema enligt inlagdt med miniatyrskenor af svart metall. Alla frånskiljarna återfinnas i miniatyr i schemat och förställas för hand, allteftersom ställverkets frånskiljare omläggas. Läget hos samtliga högspänningsställverkets frånskiljare kan sålunda kontinuerligt överblickas af maskinisten.

Taflornas vertikala delar äro af hvit marmor, sockel och fris samt pulpetskifvor af grön kolmårdsmarmor.

Mätinstrumenten äro till större delen Ferrari-instrument af profiltyp, förställbara.

Ingångsättningen och afställningen af de stora turbinerna utföres af personalen i maskinsalen på order från kontrollrummet. Ordergifningen sker medelst maskintelegrafer — »kommandoapparater» — med elektrisk öfverföring. För hvarje maskinaggregat finns en kommandoapparat i kontrollrummet och en i maskinsalen. Apparaterna äro i kontrollrummet uppställda i rad framför generatortafeln, i maskinsalen invid resp. generator. De äro af Siemens & Halskes tillverkning med elektomagnet-manövrering, öfverföra 11 olika kommandon och meddelanden, hvaraf en del äro afsedda att lämnas från maskinsalen till kontrollrummet.

Hvarje order resp. meddelande kvitteras genom apparaterna efter särskildt system. Vid hvarje kommando signalerar apparaten i kontrollrummet genom ringklocka, i maskinsalen genom en central motorsirén, kombinerad med nummervisare. Allarmapparaten ljuder så länge, tills kommandot blifvit kvitteradt af mottagaren.

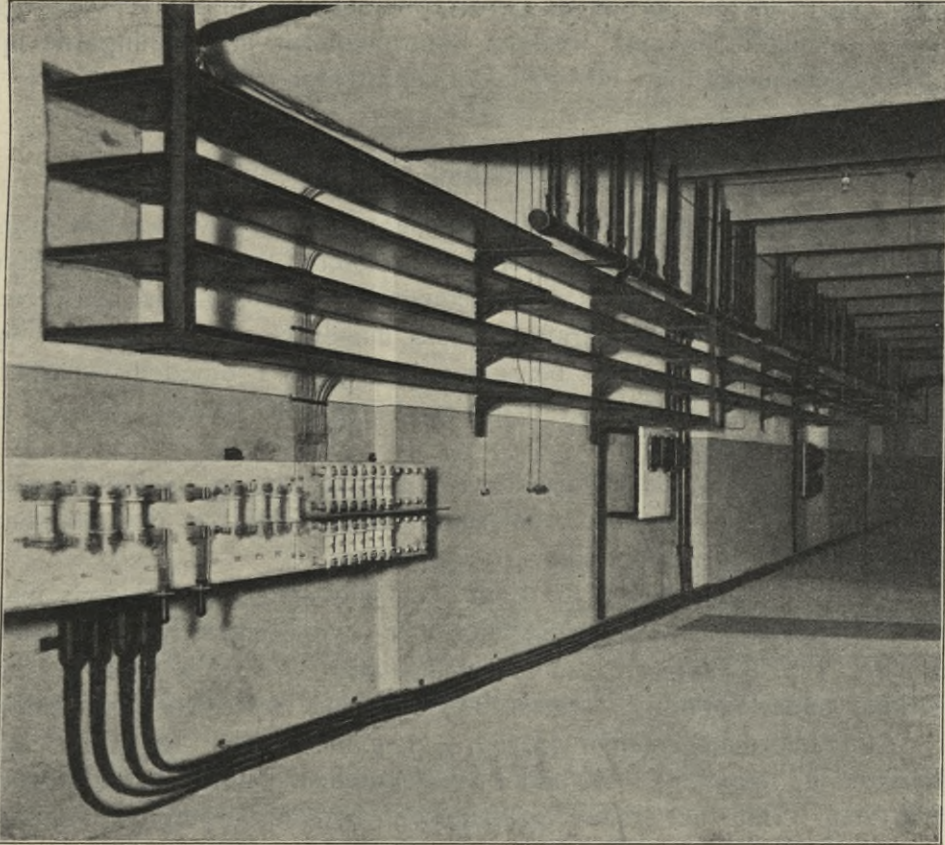


Fig. 39. Hyllor för manöverledning i kraftstationens ställverkshus (källarvåningen). Nedanför hyllorna fördelnings- och gruppcentralen K. B. S.—K. 121 å ledningschemat fig. 40.

Kontrollrummet innehåller vidare ett »signalbord», å hvilket finns distanstermometer med omkopplare för transformatorerna samt ringklocka och nummerklaffar, som signalera o-ledningsström vid generatorer och transformatorer, afbrott i transformatorernas kylvattencirkulation samt lågt vattenstånd i vattencisternerna.

All elektrisk manövrering och signalering i kraftstationen sker med ström från kraftstationens centrala likströmsanläggning och är således oberoende af trefasanläggningens spänning.

Manöver-, signal- och mätledningar utgöras af lättböjliga flertråds-kablar, armerade med ståltrådsomflätning eller blymantel. Särskild omsorg har blifvit nedlagd på att få dem lättåtkomligt och öfverskådligt monterade; det är äfven betydande längder af sådana ledningar som förekomma i kraftstationen. Uppläggningsen i kabeltunneln har förut beskrifvits. I högspänningsrummen äro de större ledningsknippena upplagda på hyllor af järnplåt, en hylla för alla till ett generator-transformator-ställverksaggregat hörande ledningar (fig. 39). Bakom kontrolltaflorna äro ledningarna uppdragna på eternitskärmar, utbyggda vinkelrätt mot taflan.

Lokal kraftfördelning och belysning.

Allt hjälpmaskineri inom kraftstationen, såsom traverser och kranar, spel, hissar, pumpar för vatten och olja, motorer för turbinregulatorernas förställning, för luftkompressorer, vacuumrenare, strömbrytarvagnar, verktygsmaskiner m. m., vidare kraftstationens manöver- och signalsystem, uppvärmningsmotstånd samt all belysning inom och i omedelbar närhet af kraftstationens olika byggnader matas med 220 volt likström från den centrala likströmsanläggningen.

Motorinstallationen omfattade vid 1911 års slut ett trettiotal motorer om sammanlagdt c:a 150 hkr., belysningsanläggningen c:a 600 glödlampor om upp till 200 normalljus samt 10 bågglampor.

Fig. 40 visar schema för kraft- och belysningsanläggningens matar- och hufvudledningar, fördelningstaflor och gruppcentraler (K betecknar kraftnätet, B belysningsnätet, S fördelningstafla. *En* siffra efter K eller B betecknar matarledning, *två* siffror hufvudledning, *tre* siffror gruppcentral).

Hufvudfördelningstaflan H (fig. 41), gemensam för kraft- och belysningsnätet, är uppställd i ett under batterirummen i höjd med maskinsalen inredt rum. Den är genom grofva kopparskenor ansluten till samlings-skenorna bakom taflan på balkongen. Taflan innehåller 3 fält; å midtelfältet äro mätare, å ena sidofältet \perp polens, å den andra $-$ polens säkerhetsapparater monterade.

Från hufvudtaflan utgingo vid 1911 års slut 4 matarledningar, hvaraf en för kraft och belysning till turbintags-byggnaden, en för kraft och en för belysning till ställverkshuset, samt en till den s. k. omformarestationen, och för bostädernas belysning. Ledningarna utgöras af enkla järn- och blyarmerade 700 volts kablar. I ställverkshuset äro de båda matarkablarna framdragna i källaren till en fördelnings- och gruppcentral K B S — K 121 (se fig. 39), där de vid behof för reserv medelst enpoliga strömbrytare kunna hopkopplas till en »ringledning», som genom strömbrytare å fördelningstaflorna KS och BS kan sektioneras.

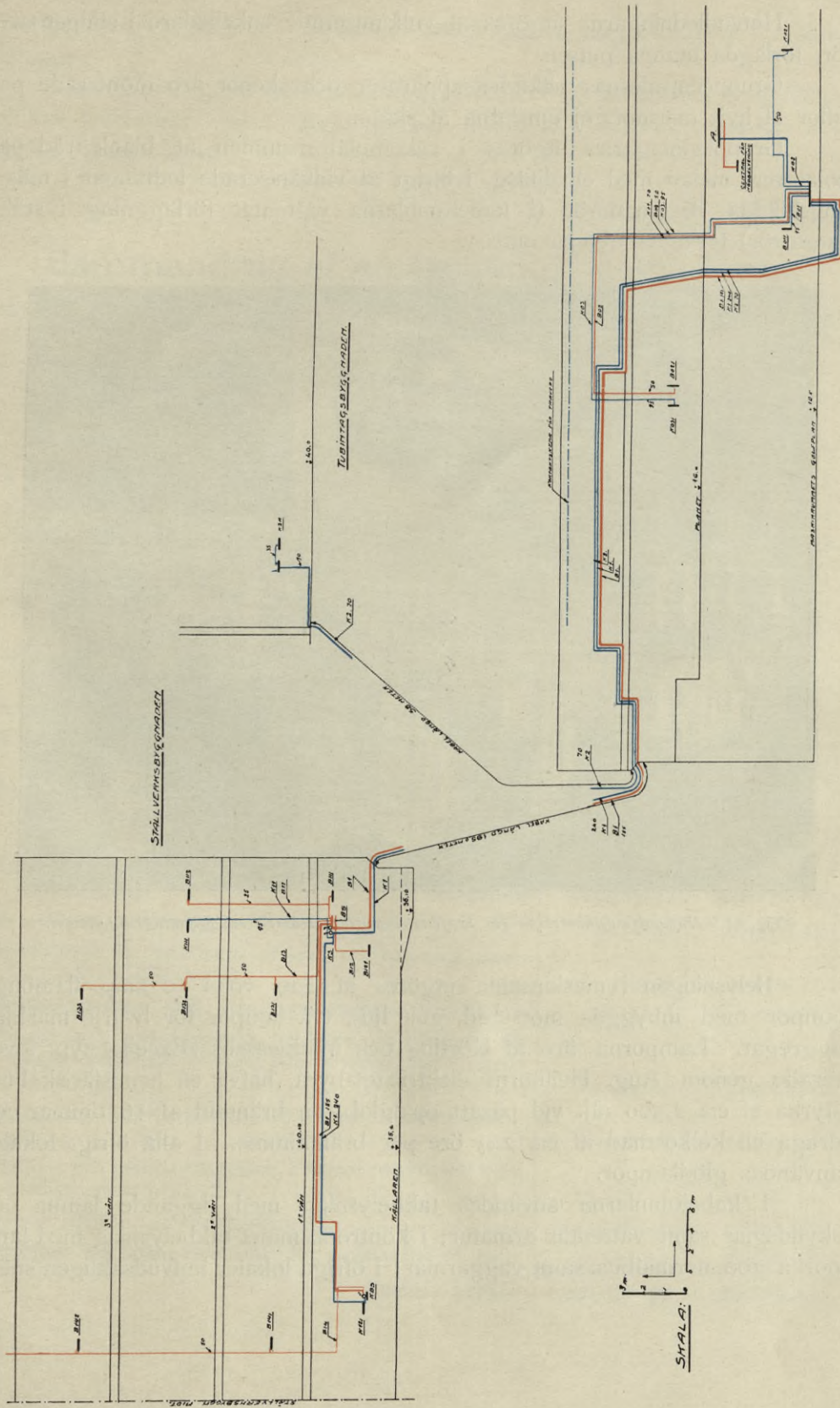


Fig. 40. Materlednings- och hufvudledningschema för kraftstationens lokala kraft- och belysningsinstallation.

Hufvudledningarna utgöres af vulkaniserade enkelledare i stålansarrör, förlagda utanpå putsen.

Gruppcentralernas säkerhetsapparater och skenor äro monterade på tafloer af hvit marmor, ej omslutna af skåp.

Gruppledningarna utgöres i ackumulatorrummen af blank tråd på isolatorer, målad med emaljfärg, i öfrigt af vulkaniserade ledningar i mäsingsklädda Bergmannrör (i kabeltunnlarna vattentät förläggning i stålansarrör) förlagda utanpå putsen.

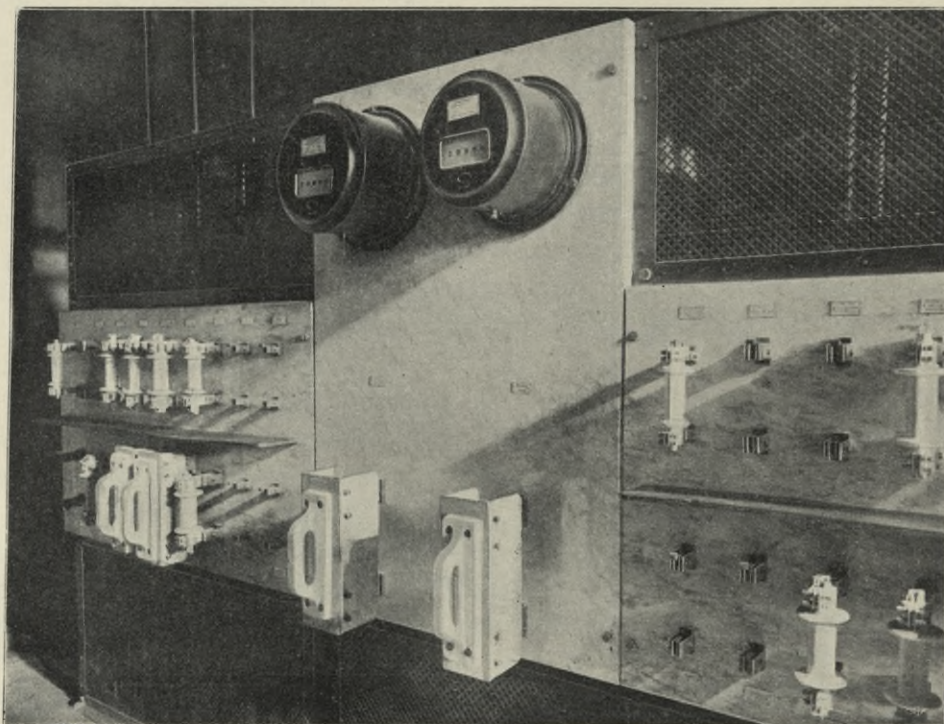


Fig. 41. Hufvudfördelningstafta för kraftstationens lokala kraft- och belysningsinstallation.

Belysningen i maskinsalen utgöres af 220 volts 10 amp. flambåglampor med inbyggda motstånd, gult ljus, två lampor för hvarje maskinaggregat. Lamporna äro af Körting och Mathiessens »Excello»-typ, levererade genom Aug. Heilborns elektricitetsbyrå, hafva en hemisfärisk ljusstyrka af c:a 2,500 nlj. vid påsatt opalglob, en bränntid af 16 timmar och draga en kolkostnad af c:a 2,25 öre per bränntimme. I alla öfriga lokaler användas glödlampor.

I kabeltunnlarna användes takbelysning med liggande lampa och skyddsglas samt vattentät armatur; i kontrollrummet takbelysning med lampor à 200 normalljus samt väggarmar; i öfriga lokaler hufvudsakligen snör-

pendlar och väggarmar. Dessutom finnas talrika väggkontakter för handlampor.

Installationen är med undantag af en del af motorerna, som tillhört skilda leveranser, samt båglamporna, utförd af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget.

Sammandrag af anläggningskostnaderna.

Kostnaderna afse endast sådana delar af anläggningen, som tillhöra kraftstationens 1:a utbyggnad.

	Kostnad till slutet af år	
	1910. Kr.	1911. Kr.
4 st. trefasgeneratorer à 11,000 kva.	474,493: 16	476,015: 14
3 » likströmsgeneratorer à 350 kw.	24,717: 15	24,901: 62
Akkumulatorbatteri à 4,752 amp.tim.	83,784: 08	83,786: 08
9 st. enfastransformatorer à 3,670 kva.	190,090: 71	190,241: 24
Likströmsställverk med kontrolltafla och ledningar för akkumulatorbatteriet.		
Ställverk 10,000 volt (excl. mellanväggar) jämte blanka ledningar för trefasgeneratorerna.		
Ställverk för 50,000 volt (excl. mellanväggar).		
Kabelledningar mellan likströmsgeneratorerna och likströmsställverket.		
Kabelledningar mellan trefasgeneratorerna och likströmsställverket samt ställverkshuset (genom kabeltunneln).		
Kontrolltaflor samt biledningar och instrument för trefasström tillsammans	305,387: 74	349,170: 05
Järnställ och mellanväggar för trefasställverket	87,379: 51	96,312: 25
Ledningsnät för distribution af kraft och belysning (inomhus och i kabeltunneln)	31,909: 31	39,019: 71
Belysningsarmatur (incl. första uppsättningen lampor) . .	3,142: 36	3,432: 67
Pumpar och elektromotorer, behållare och rörsystem för transformatorernas kylvatten och för öfverspänningskydd och åskledare	24,252: 07	24,786: 74
Anläggning för distribution och rening af transformatorolja	12,992: 90	14,391: 37
Telefon- och telegrafanläggning, kommandoapparater inom kraftstationens olika delar	10,372: 08	10,734: 59
Diverse allmänna anläggningskostnader	13,948: 33	17,547: 55
Ingenjörs- och kontorskostnader för projektering m. m. .	35,562: 13	40,246: 12
Summa kronor	1,298,031: 53	1,370,585: 13

Tid för anläggningens utförande.

De tider, som åtgingo för de olika leveransernas fullgörande, framgå af nedanstående tabell:

	Beställdes.	Inmonteringen		
		påbörjades.	var i hufvudsak avslutad.	var komplett avslutad.
Akkumulatorbatteriet	Juni 1908	April 1909	Juli 1909	Dec. 1909
Likströmgeneratorerna.				
N:o 1	Juni »	Aug. 1910	Sept. 1910	Sept. 1910
N:o 2	» »	Febr. »	Mars »	April »
N:o 3	» »	Juni 1911	Juni 1911	Juni 1911
Likströmsinstrumenteringen . . .	Jan. 1909	Dec. 1909	Mars 1910	Juni »
Trefasgeneratorerna.				
N:o 1	Maj 1908	Jan. 1910	Juni »	Aug. 1910
N:o 2	» »	April »	Aug. »	» »
N:o 3	» »	Dec. 1909	Mars »	Okt. »
N:o 4	» »	Juni 1910	Sept. »	» »
Transformatorerna				
Allm. Svenskas	Dec. »	Maj »	Sept. »	Sept. »
Oerlikons	» »	Nov. 1909	Mars »	Febr. 1911
Trefasinstrumenteringen	Jan. 1909	Okt. »	Juli »	Maj »

Kraftstationen togs i bruk för energileverans den 25 mars 1910, hvarvid driften till en början uppehölls med den enda trefasgenerator, som då var färdigmonterad, dock utan inkapsling. Den fortsatta inmonteringen och öfriga kompletteringsarbeten för den elektriska anläggningens färdigställande fortgingo sedan under pågående drift. Anläggningen i sin helhet var, hvad 1:a utbyggnaden angår, i allt väsentligt färdig vid slutet af år 1910.

I omedelbar anslutning till 1:a utbyggnaden hafva, som i afdelning I redan omnämnts, arbetena med vattenbyggnadernas och maskinstationens kompletta färdigställande — så när som på installeringen af turbingeneratoraggregaten n:ris 5 till 8 — fortgått. Dessa arbeten hafva fullbordats under

1912 resp. början af 1913. För omfattningen af den del af dessa arbeten, som fullbordats till slutet af år 1910, har redogjorts under afdelning I. De till 2:a utbyggnaden hörande turbingenerator-aggregaten n:ris 5—8 hafva beställts under åren 1910 (n:o 5), 1911 (n:o 6) och 1912 (n:ris 7 och 8) jämte instrumentering för de fyra nytillkommande generatorerna samt för en betydande utvidgning af den direkta 10,000 volts distributionen. De fyra sistnämnda generatorerna hafva liksom de föregående beställts hos Allm. Svenska Elektriska A.-B. Vid 1911 års slut pågick montaget af den under 1910 beställda 5:e generatorn.

Någon vidare utbyggnad af ställverkshuset i samband med insättningen af generatorerna n:ris 5—8 har hittills ej företagits; den till ställverkshuset hörande delen af 10,000 volts instrumenteringen för nämnda generatorer samt för den utvidgade distributionen installeras t. v. i sådana högspänningsrum, som på grund af uteblifven 10,000 volts distribution från generatorerna n:ris 1—4 finnas disponibla (se sid. 18).

AFDELNING III.

DET ELEKTRISKA LEDNINGSNÄTET M. M.

Inledning.

Preliminära underhandlingar om leverans af elektrisk energi från den planerade kraftstationen i Trollhättan påbörjades redan innan riksdagen beslutat kraftstationens anläggande. Sedan beslutet härom fattats af 1907 års riksdag, hafva underhandlingar i samma syfte kontinuerligt bedrivits och fört till det resultatet, att aftal om energileverans träffats såväl med ett flertal städer och kommuner som med ett betydande antal enskilda förbrukare — industriella verk, jordegendomar, etc. — på skilda orter inom det förutsatta afsättningsområdet. Bland aftal om leverans af mera betydande energibelopp, som till 1911 års slut blifvit träffade, må omnämnas följande:

Energi- kontraktets datum.	A b o n n e n t.	Effektbelopp	
		minimum kw.	maximum kw.
26/10 1904	Trollhätte kommun	—	120
26/6 1906	Trollhättans Elektr. Kraftaktieb., Trollhättan	1,472	1,472
1/8 »	A.-B. Skandinaviska El.-verk, Vänersborg .	515	736
23/5 1907	Skara stad	175	750
1/9 »	Lyckebergs tegelbruks A.-B., Upphärad . .	40	100
16/7 »	A.-B. Sjuntorp, Sjuntorp	200	400
30/10 »	Göteborgs stad	5,500	15,000
14/11 »	F. O. Svensson, Elektricetsverk, Vara . .	59	200
8/1 1908	Vargöns A.-B., Pappersbruk, Vargön . . .	2,208	2,208
14/11 »	Alingsås stad	500	750
19/12 »	Sulfitaktiebolaget Göta, Lilla Edet	460	550
18/12 »	Sköfde stad	150	500
29/10 1909	Stokkebyes Kvarnaktiebolag, Göteborg . .	120	250
14/2 1910	Trollhättans Elektrothermiska A.-B., Trollhättan	3,700	3,700
	Transport	15,099	26 736

Energi- kontraktets datum.	A b o n n e n t.	Effektbelopp	
		minimum kw.	maximum kw.
	Transport	15,099	26,736
18/3 1910	Göteborgs Pappersbruksaktiebolag, Göteborg	250	325
18/4 »	Järnkontorets försöksverk, Trollhättan . . .	2,208	2,288
13/6 »	A.-B. Sv. Trämjölfsfabriken, Göteborg . . .	85	102
25/8 »	Falköpings stad	150	750
6/8 »	Nydqvist & Holm, Mek. Verkstad, Trollhättan	240	538
2/9 »	A.-B. Difosfat, Trollhättan	80	100
22/9 »	Trollhätte kanals ombyggnad	385	385
6/10 »	Kungälfvs stad	50	150
10/3 1911	Dr. Ing. R. v. Koch, Trollhättan	221	221
1/4 »	Ahlfors Nya Spinneri A.-B., Ahlfors . . .	75	275
10/10 »	A.-B. Surte-Liljedahl, glasbruk, Surte . . .	100	200
13/11 »	Trollhättans Elektrotermiska A.-B., Trollhättan	7,500	8,070
7/12 »	Göteborgs—Dahls Pappersbruksaktiebolag, Göteborg	300	360
	Summa kilowatt	26,743	40,500

Inalles voro vid 1911 års slut aftal träffade med 366 abonnenter om leverans af sammanlagdt min. 30,859 och max. 46,049 kw.

För energiens distribution från kraftstationen till förbrukarna har ett vidsträckt ledningsnät omfattande såväl kraftledningar som understationer m. m. måst utföras genom Trollhätteverkets försorg. För ledningsnätets anläggning och för därmed sammanhängande arbeten erforderliga medel hafva af 1907—1911 års riksdagar efter propositioner från regeringen beviljats med sammanlagdt 6,500,000 kronor. Nätet har utbyggt successivt i den mån så påfordrats för fullgörande af ingångna aftal om leverans af elektrisk energi. Vid utbyggandet resp. dimensioneringen af nätets olika delar har utom till träffade aftal gifvetvis hänsyn blifvit tagen äfven till eventuell framtida distribution af energi till blifvande konsumenter i de af nätet berörda trakterna.

Ledningsnätets allmänna disposition och omfattning.

I det föregående har angifvits, hurusom den energi, som ej distri- Primär-
bueras från kraftstationen direkt med generatorspänningen, 10,000 volt, till linjer.
förbrukare i Trollhättan med omnejd, öfverföres med 50,000 volts linje-
spänning — »primär-linjer» — till längre bort belägna förbrukningsorter.
Det må här bringas i erinran, att de skäl, som varit bestämmande för valet
af primär-linjespänningen och för hvilka äfven förut redogjorts, hvilat på
vissa förutsättningar, som vid kraftstationens planläggning måst göras angå-
ende den sannolika gestaltningen af energiens afsättning. Ehuru den hit-
tills vunna erfarenheten ingalunda vederlagt riktigheten af dessa förutsätt-
ningar, får det dock ej anses uteslutet, att i betraktande af de stora
kraftbelopp, som finnas att afsätta, vid framtida utvidgning af kraftstationen
enstaka öfverföring på större afstånd än 150 km. (se sid. 4) och därvid
äfven högre linjespänning än 50,000 volt kan ifrågakomma. I detta samman-
hang må framhållas, att kraftstationens nuvarande disposition ej lägger något
hinder i vägen för öfvergång till andra spänningar vid framtida utvidgning.

I det föregående har vidare omnämnts, hurusom de från kraftstationen
utgående 50,000 volt linjerna i regel äro afsedda att hvardera öfverföra
maximalt en generators hela eller halfva effekt.

Primär-linjerna kunna från ställverkshuset, som redan förut blifvit
nämndt, utledas antingen åt öster eller åt väster. De nuvarande 50,000
volts linjerna äro samtliga utledda åt öster.

De från kraftstationen direkt utgående 10,000 volts linjerna behandlas
i det följande såsom sekundär-linjer.

50,000 volts linjerna öfverföra energien till sekundärstationer, förde- Sekundär-
lade utefter linjerna, för nedtransformering och vidare distribution. Verk- stationer.
ställda utredningar hafva visat, att det i regel ej lönar sig att anlägga
sekundärstationer för mindre kraftbelopp än c:a 500 k. v. a.; ledningsnätet
har därför blifvit planlagdt för anläggning af ett relativt litet antal och
relativt stora sekundärstationer. För de hittills utförda och planerade se-
kundärstationerna hafva transformatorenheter om 500 och 1,000 k. v. a.
adopterats som standard, hvarvid förutsatts, att i regel högst 6 enheter
à 1,000 k. v. a. komma att installeras i någon station. Undantag bildar
sekundärstationen vid Lilla Edet, som planlagts för framtida upptransfor-
mering från blifvande kraftstation därstädes, samt sekundärstationen vid

Göteborg, där enheter till storlek och slag med hänsyn till öfverföringsförlusterna motsvarande dem, som användas i kraftverket, blifvit installerade.

Sekundära
linjer.

En följd af sekundärstationernas betydande storlek har blifvit, att de fått relativt vidsträckta områden att mata, och har en aktionsradie af 15 à 20 km. måst förutsättas. Det har härvid naturligtvis ej kunnat bli tal om att mata från sekundärstationerna direkt med lågspänning, utan har distribution med mellanspänning till lämpligt förlagda tertiärstationer för ytterligare nedtransformering resp. omformning och fördelning måst tillgripas i enlighet med principer, som af öfveringenjör Holmgren framställdes i föredrag vid 1907 års elektroteknikermöte (Tekn. Tidskrift 1908). Tertiärstationerna bilda härvid matarpunkter för hvar sitt mindre område. Efter utredningar, verkställda för utrönande af öfverförings- och transformeringskostnad vid olika spänningar för olika kraftbelopp och distanser, har 10,000 volt såsom varande den lämpligaste distributionsspänningen antagits som standard. Vissa mindre städer (hittills Skara, Sköfde och Alingsås) hafva dock betingat sig 3,000 volt, och matas därför dessa städers elektricitetsverk med denna spänning från sekundärstationer, belägna invid resp. stadsgränser, hvarvid nedtransformeringen i sekundärstationerna sker direkt från 50,000 till 3,000 volt. — En speciell afvikelse från standardspänningen har blifvit gjord för Göteborgs stad, som betingat sig 6,000 volt, och hvars elektricitetsverk matas med denna spänning från Trollhätteverkets sekundärstation i stadens utkant. De sekundärstationer, som mata stadselektricitetsverk med 3,000 resp. 6,000 volt, äro afsedda att samtidigt äfven mata 10,000 volts sekundär-linjer för distribution i de resp. städernas omnejder. 3,000 volts- resp. 6,000 volts-energien till städerna levereras i resp. sekundärstation, och hafva sålunda af Trollhätteverket endast sekundär-linjer för 10,000 volt blifvit utförda.

10,000 volts ledningarna hafva hittills, med undantag för några få kortare kabelsträckor, utförts som luftlinjer.

Tertiärsta-
tioner och
tertiärnät.

Af de till 10,000 volts linjerna anslutna talrika tertiärstationerna ut-
utgöres ett fåtal af Trollhätteverket tillhöriga transformatorstationer, som mata lågspända fördelningsnät (tertiärnät) för ljus och kraft inom mindre samhällen, köpingar o. dyl. De hittills uppförda eller planerade stationerna af detta slag äro afsedda att innehålla hvardera 2 trefastransformatorer om 50 à 100 k. v. a.; terciärnäten, där de tillhöra Trollhätteverket, utföras för 190 volts hufvudspänning.

Det stora flertalet af de till 10,000 volts linjerna anslutna tertiärstationerna utgöras af abonnentanläggningar, som ej tillhöra Trollhätteverket, och som nedtransformera (event. omforma) strömmen antingen för abonnentens egen förbrukning (abbonentanläggning utan distributionsrätt) eller för vidare fördelning genom abonnentens försorg till ett flertal förbrukare (abbonentanläggning med distributionsrätt). Gifvetvis har för dessa

abonnetanläggningar någon standard med afseende på förbrukningsspänning, transformatorheters storlek etc. ej kunnat utbildas, utan hafva dessa faktorer, som i hvarje fall berott af abonnentens val, kommit att variera väsentligt från fall till fall allt efter förbrukningens karaktär och storleken af det abonnerade kraftbeloppet. Dock har såväl i alla Trollhätteverkets tertiärstationer som i de flesta abonnetanläggningarna transformatorspänningarna 200, 400 och 800 volt kommit till användning. Den normala motorspänningen är alltså 190, 380 eller 760 volt och lampspänningen 110 volt, då ju 4-trådssystem användes.

De omnämnda med 3,000 resp. 6,000 volt matade stadselektricitetsverken, hvilka äro att anse som tertiärstationer i Trollhätte-nätet, omforma den mottagna energien till likström eller distribuera den utan föregående nedtransformering eller omformning antingen i fördelningsnät med transformatortryckpunkter, resp. understationer eller direkt till förbrukarna.

Vid slutet af år 1911 omfattade ledningsnätet nedan angifna Trollhätteverket tillhöriga primärlinjer, sekundärstationer, sekundärlinjer, tertiärstationer och tertiära fördelningsnät (se ledningskartan fig. 42). Beträffande sekundärlinjerna omfattar förteckningen endast sådana, som öfverföra 25-periodig ström, genererad i kraftstationen. Förteckningen öfver tertiärstationerna och tertiärnäten upptager endast sådana, som matas med 25-periodsström från någon af de angifna sekundärlinjerna. Förutom dessa sekundärlinjer och tertiäranläggningar hör till Trollhätteverket ett äldre 50-periodigt ledningsnät i Trollhättan och dess omnejd med ledningar om upp till 10,000 volts spänning, matadt dels från de af Trollhätteverket öfvertagna äldre kraftstationerna i Trollhättan, dels från den nedan omnämnda omformarestationen invid den stora kraftstationen.

Nätets omfattning.

Primärlinjer för 50,000 volt, trefas.

»Utledningsknippet» vid kraftstationen	1,3 km., se sid. 113			
Trollhättan—Skara (»Skaralinjen»)	69,8 km., dubbellinje för 6×35 mm ² koppar			
	vid slutet af 1911 var upplagdt 3×35	»	»	
Skara—Sköfde (»Sköfde-linjen») 23,9 km., enkellinje för 3×16		»	»	
Trollhättan—Göteborg (»Göteborgs-linjen»)	66,4 km., dubbellinje » 6×70	»	»	
Lilla Edet—Alingsås (»Alingsås-linjen», afgrenad från Göteborgs-linjen)	31,7 km., » » 6×35	»	»	
	vid slutet af 1911 var upplagdt 3×35	»	»	
Sammanlagda längden af ofvanstående primärlinjer utgör 193,1 km.				

Sekundärstationer.

Station.	Sek. spänning volt.	Byggd för k. v. a.	Installerad transf.-effekt för nedtransf. från 50,000 volt, inkl. reserv.
Håkantorp	10,000	3,000	1,000
Skara	10,000 och 3,000	3,000	1,500
Sköfde	10,000 » 3,000	3,000	500
Lilla Edet	10,000	10,000	1,500
Nol	10,000	3,000	1,000
Göteborg	10,000 och 6,000	49,500	23,100
Alingsås	10,000 » 3,000	3,000	1,000
Summa k. v. a.			29,600

Sekundärlinjer för 10,000 volt, trefas.

Linje.	Energiens användning resp. belastningens art i hufvudsak	Linjens totala längd med afgreningar. km.	Ledningens area. mm ²
Trollhättan—Omformarestationen (kabel)	50-periods äldre ledningsnät med motorer o. belysning.	0,5	2 × 3 × 25 koppar.
» —Knorren, (Stridsberg & Björck; kabel)	järnverk.	2,5	2 × 3 × 25 »
» —Stallbacka	smältverk för framställning af järn och zink.	3,9 (hvaraf 0,6 i utledn.-knippet)	9 × 100 } alumi- 3 × 160 } nium
Stallbacka—Vargön . .	pappersbruk.	8,2	3 × 160 »
Håkantorp—Vara köping	motorer o. belysn.	6,7	3 × 16 koppar
» —Grästorpe » med afgr. till Sparlösa kvarn	» »	18,8	» »

Linje.	Energiens användning resp. belastningens art i hufvudsak.	Linjens totala längd med afgreningar. km.	Ledningens area. mm ²
Håkantorps—Helås . .	kvarn.	4,7	3 × 16 koppar
Skara—Axvall med afgr.	landtbruk.	16,0	» »
		1,0	2 × 16 järn (enfas)
Skara—Falköping . .	motorer o. belysn.	27,1	3 × 60 aluminium.
Falköping—Redberga .	landtbruk, kvarn.	2,5	3 × 16 järn.
Sköfde—Nedergården med afgr.	kalkbrott.	2,7	» koppar.
Lilla Edet—Göta med afgr.	sulfitfabrik, tegelbruk.	5,2	» »
Nol—Kungälf—Tofta med afgr.	landtbruk.	26,8	» »
Nol—Alafors	spinneri.	1,6	» »
Göteborg—Agnesberg—Surte	kvarn, glasbruk.	11,7	» »
» —Partilled—Lerum med afgr.	landtbruk.	24,2	» »
» —Hisingen (kabel)	pappersbruk, såg.	1,0	2 × 3 × 25 »
» —Säfvenäs (kabel)	trämjölsfabrik.	1,8	3 × 25 »
Alingsås—Vårgårda med afgr.	kvarn, tegelbruk m. m.	26,4	3 × 16 »
» —Vekaryd . .	landtbruk.	6,0	» »

Sammanlagda längden af ofvanstående sekundärledningar uppgår till

193,5 km. luftledning

5,8 » kabel.

Med 50-periods-ledningarna i Trollhättedistriktet inräknade uppgingo totala längderna af kraftverket tillhöriga sekundärledningar vid slutet af år 1911 till

234,2 km. trefaslinjer à 10,000 volt

2,2 » enfaslinjer à 5,800 »

5,1 » trefaslinjer à 3,300 »

Summa 241,5 km.

Tertiärstationer med fördelningsnät.

Station.	Stationen.		Fördelningsnätet.	
	Byggd för k. v. a.	Inst. transf.- effekt k. v. a.	Stolpledn. km.	Antal serviser c:a.
Grästorps köping	100	50	2,8	60
Vårgårda samhälle	100	25	2,2	38

Till Trollhätteverkets egna tertiärstationer är äfven att räkna en efter kraftstationens igångsättning till omformarestation för omformning från 25 till 50 perioder och matning af det äldre 50-periods-nätet i Trollhättan ombyggd provisorisk kraftstation, som under åren 1906—1908 uppfördes vid Olidehålan.

Från den provisoriska kraftstationen matades Skaralinjén, som blef färdig för drift i juni 1908, ända till den 3 juli 1910, då den inkopplades till stora kraftstationen.

Omformarestationen, som är byggd för 2,500 k. v. a., innehöll vid slutet af år 1911 omformare för omformning från 25 till 50 perioder om sammanlagdt 1,500 k. v. a.¹

Detaljbeskrifning af ledningsnätets olika delar.

Nedanstående beskrifning afser ledningsnätet i dess omfattning vid utgången af år 1911.

De tekniska detaljerna till Trollhätteverkets ledningsnät uppvisa i åtskilliga afseenden väsentliga afvikelser från hvad som före detsamma tillkomst varit användt. Särskildt torde detta gälla ifråga om primärlinjerna, och har det på grund häraf ansetts vara på sin plats, att här något närmare ingå såväl på förfaringssättet vid nämnda linjers konstruktion och utförande som på de erfarenheter, som härvid vunnits. Den följande beskrifningen af ledningsnätet har därför ifråga om primärlinjerna blifvit relativt mer detaljerad än ifråga om ledningsnätets öfriga delar.

Det enpoliga generalkopplingschemat, fig. 43, visar hufvuddragen af Trollhätteanläggningens ledningssystem från generatorerna till sekundärstationernas sekundärsida.

¹ En omformare för ytterligare 1,000 k. v. a. blef färdiginstallerad i början af år 1912.

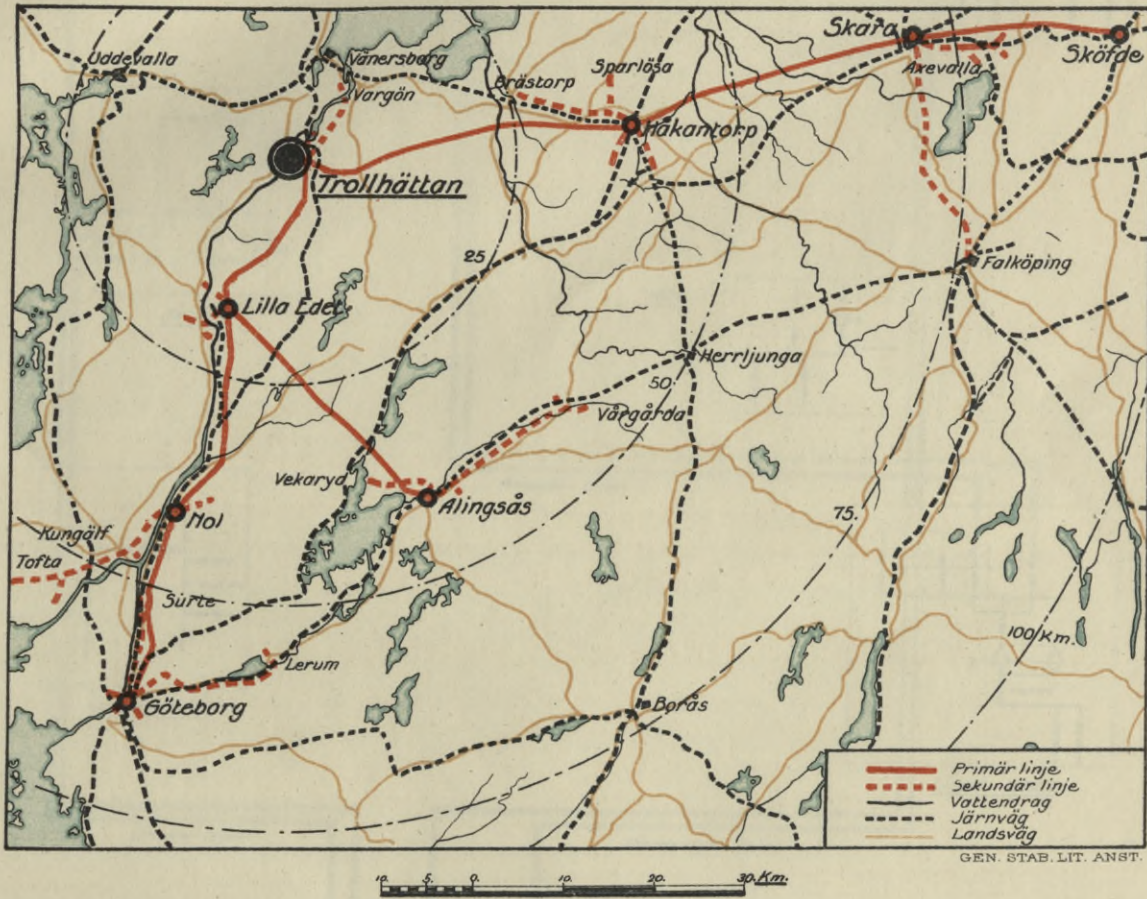


FIG. 42. TROLLHÄTTEVERKET'S LEDNINGSNÄT VID SLUTET AF ÅR 1911.

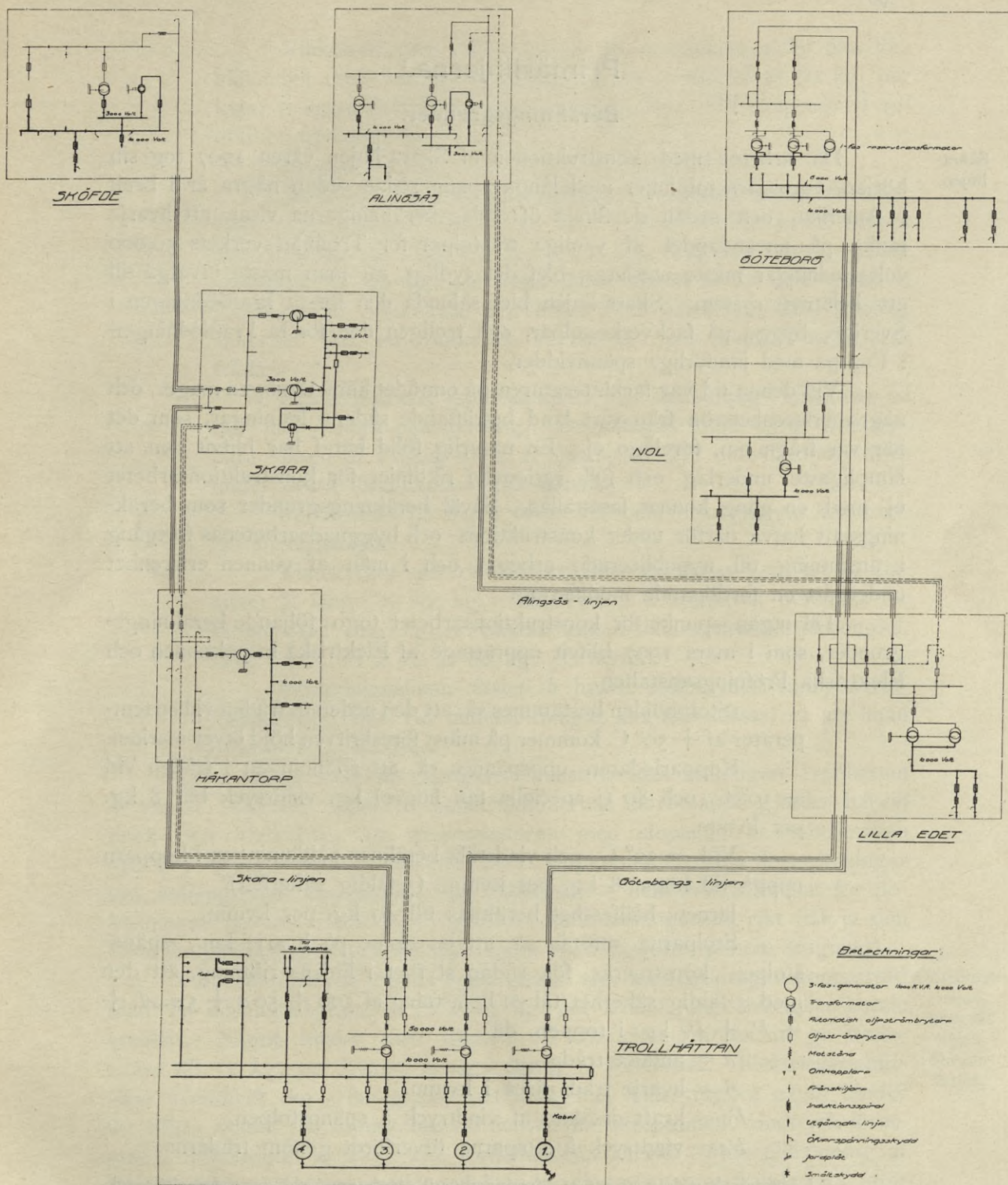


Fig. 43. Generalkopplingsschema för kraftstationen, primärledningarna och sekundärstationerna vid slutet af år 1911.
12-122235. Trollhätte kraftverk. Afd. III.

Primärlinjerna.¹

Beräkningsgrunder.

Skara-
linjen.

Då arbetet med konstruktionen af Skara-linjen våren 1907 tog sin början, voro järnstolplinjer med långa spann redan sedan några år i bruk i Amerika, och sedan de första öfverslagsberäkningarna visat, att hvarje tanke på användandet af vanliga trästolpar för Trollhätteverkets 50,000 volts ledningar måste uteslutas, blef det tydligt, att man måste öfvergå till ett helt nytt system. Skara-linjen blef sålunda den första kraftledningen i Sverige, byggd på fackverksstolpar, och troligen den första kraftledningen i Europa med jämförliga spännvidder.

Vid denna tid var facklitteraturen på området ännu tämligen mager, och några erfarenhetsrön från vårt land beträffande sådana ledningar, som det här var fråga om, förelågo ej. En naturlig följd häraf har blifvit den, att lämpligaste underlag och fullt rationella riktlinjer för konstruktionsarbetet ej med en gång kunnat fastställas. Såväl beräkningsgrunder som beräkningssätt hafva därför under konstruktions- och byggnadsarbetenas fortgång i anslutning till nypublicerade arbeten och i mån af vunnen erfarenhet undergått en fortlöpande modifiering.

Till utgångspunkt för konstruktionsarbetet togos följande beräkningsgrunder, som i mars 1907 blifvit upprättade af Elektriska Inspektionen och Elektriska Pröfningsanstalten.

»Stolphöjden bestämmes så, att den nedersta tråden vid en temperatur af $+ 50^{\circ}$ C. kommer på minst föreskrifven höjd öfver marken.

Kopparledaren uppspännes så, att spänningen i tråden vid $- 10^{\circ}$ C. och 80 (i speciella fall högre) kg. vindtryck blir 8 kg. per kvmm.

Vid $- 30^{\circ}$ C. och vindstilla beräknas påkänningen i kopparn uppgå till högst 8 kg. per kvmm. (5-faldig säkerhet).

Järnets hållfasthet beräknas till 40 kg. per kvmm.

Stolparna utföras så, att en stolpe på hvarje km., »spännstolpe», konstrueras för sådan styfhet i linjens riktning, att den med 3-faldig säkerhet tål en belastning af $500 + 50a + 5a \cdot A + P_v + P_d$ kg. i toppen, då

a = antalet trådar.

A = hvarje tråds area i kvmm.

P_v = kraft orsakad af vindtryck å spännstolpen.

P_d = vindtryck å stolparna öfverfördt genom trådarna.

¹ I hufvudsak utdrag ur ett af öfveringenjör T. Holmgren vid 1909 års elektroteknikermöte hållet föredrag, tryckt i Teknisk Tidskrift 1910.

Vinkelrätt mot linjen skola dessa stolpar under alla förhållanden med 5-faldig säkerhet tåla ett vindtryck af 80 kg. per kvm. (i speciella fall högre), äfven om linjen vid stolpen med 20° afviker från rak linje.

Spännstolparna böra helst vara kvadratiska.

Stolparna mellan spännstolparna beräknas såsom »bärstolpar», utan annan hänsyn till styfhet i linjens riktning, än att stolpen med 3-faldig säkerhet bär $30 + 3A$ kg. dragning i toppen jämte vindtryck af 40 kg. per kvm. jämte vikten af ett helt spänn af ledningarna. Vinkelrätt mot linjen skall bärstolpen med 5-faldig säkerhet tåla ett vindtryck af 80 kg. per kvm. å stolpe och trådar.

Dessa normala »spännstolpar» och »bärstolpar» användas på rak linje i nära plan terräng. De antagas utom egen vikt uppbära vikten af 2 hela spänn af ledningen. Till snöbelastning tages under dessa förhållanden icke hänsyn.

För vinklar på linjen öfver 20° och för stigningar konstrueras specialstolpar.

Vindtrycket på en kopparledare beräknas vara $0,5 \times \text{diameter} \times \text{längd} \times 80$ kg. Vindtrycket å stolparna beräknas för sådan yta, som ligger bakom annan lika stor konstruktionsdel, vara $0,5 \times 80$ å $1,0 \times 80$ kg. per kvm.

Jordledningslinan fästes å hvarje stolpe med stadig skrufförbindning, som vid undersökningar lätt kan lossas, så att linan isoleras från stolpen.»

Efter dessa beräkningsgrunder konstruerades ledningen Trollhättan—Skara. Vid de definitiva konstruktionernas utarbetande gjordes härvid dock den afvikelsen, att spännmasterna med slopande af enkelkraften ($30 + 3A$) kg. — som motsvarar event. uppkomna ensidiga linjespänningar vid ledningarnas uppläggning på masterna — beräknades endast för påkänningar genom vindtryck, egen vikt samt ledningarnas vikt (då ju den ensidiga påkänningen kan undvikas eller oskadliggöras genom stagnering).

Vid utförandet af Skara-linjen visade sig, att hårddragen koppartråd med en elasticitetsgräns af 16 å 20 kg. per kvmm. utan svårighet kunde erhållas. Något hinder med hänsyn till elasticitetsgränsen att gå åtminstone till 12 kg. per kvmm. ansågs därför ej förefinnas. Elektricitetsstadgans föreskrift om 5-faldig säkerhet ansågs ej heller utgöra något hinder att tillåta denna påkänning, om vid densamma exceptionellt vindtryck förutsattes, då stadgan ej torde afse förhållandena härvid. Med tillämpning af denna norm i förening med en del andra så småningom framkomna uppslag hafva för konstruktionen af ledningen Trollhättan—Göteborg liksom

Göteborgs-
linjen,
Alingsås-
linjen,
Sköfde-
linjen.

äfvén af linjerna Lilla Edet—Alingsås och Skara—Sköfde följande beräkningsgrunder kommit till användning.

Kopparlinan får en påkänning af 12 kg. per kvmm. vid -10° C. och ett vindtryck af $0,5 \times d \times 125$ kg. per kvm.

Spännmasterna beräknas med 3-faldig säkerhet:

i linjens riktning för egen vikt, vikten af ett maximalspann, vindtryck på stolpen själf samt den ensidiga kabelspänning, som uppkommer vid -10° C. och vindtryck i linjens riktning, då alla kablar äro uppspända åt ett håll;

vinkelrätt mot linjen för egen vikt och $1,33$ gånger vikten af maximalspannet, vindtryck på stolpen själf och $1,33$ gånger maximalspannet samt brytpåkänning för 20° vinkel på linjen.

Bärmasterna beräknas med 3-faldig säkerhet:

i linjens riktning för egen vikt och vikten af ett maximalspann samt för horisontalpåkänningen vid $+10^{\circ}$ C. på grund af vindtryck hos den mest ansträngda bärstolpen;

vinkelrätt mot linjen för egen vikt, och $1,33$ gånger vikten af maximalspannet samt för vindtryck på stolpen själf och på $1,33$ gånger samma spann.

Jordlinan uppspännes så, att påkänningen hvarken vid vindstilla och -30° C. eller vid 125 kg. vindtryck ($\times 0,8 \times d$) och -10° C. öfverstiger 25 kg. per kvmm.

Nedersta linans höjd öfver marken = 6 m. vid $+50^{\circ}$ C.

Vindtrycket på masterna antages uppgå till 125 kg. per kvm.

För Göteborgs-linjen har maximalspannet utfallit 50 %, för Alingsås-linjen 35 % och för Sköfde-linjen 25 % större än normalspannet. Maximalspannet har bestämts med hänsyn till terrängen, större än som svarar mot mastens höjd i plan terräng, för att normala master må kunna användas på större spann i kuperad terräng. För än större spann äfvensom för sådana fall, då lägre master på höjder kunnat användas, hafva specialmaster konstruerats.

Bestämning af spännvidder och masttyper.

Ekonomiska
spännvidder
och mast-
typer.

För en viss spännvidd är den lägsta erforderliga masthöjden i plan terräng från nedersta isolatorn räknadt tydligen föreskrifna 6 meter plus kopparlinans nedhängning vid $+50^{\circ}$ C. Då nu nedhängningskurvan praktiskt taget är en parabel, blir ökningen i erforderlig masthöjd vid stigande spännvidd proportionell mot kvadraten på spännvidden. Masternas antal per km. minskas omvänt proportionellt mot spännvidden, men vikten och kostnaden per mast ökas ungefär proportionellt mot kvadraten på mast-

höjden. Vid gifven masttyp blifva därför totalkostnaderna för masterna på plan terräng ett minimum vid en viss spännvidd — den ekonomiska spännvidden.

Gifvetvis influerar masttypen på kostnaden för konstruktionen; betongstolpe, helvalsadt rör, fackverkskonstruktion af rör eller af valsadt profiljärn kan ifrågakomma. Någon viss för alla förhållanden mest ekonomisk af dessa grundtyper kan ej fastställas, utan torde kunna sägas, att hvar och en af dem i sitt särskilda fall har berättigande. Detsamma gäller angående form och utseende i öfrigt hos konstruktionen vid de olika grundtyperna. I regel kan vid gifven spännvidd, msthöjd och belastning samt vid gifna terrängförhållanden framkonstrueras en viss masttyp, som betingar minsta kostnad — den ekonomiska masttypen. Den ekonomiska spännvidden kan tydligen ej exakt fastläggas, förrän masttypen bestämts.

Den ekonomiska spännvidden och den ekonomiska masttypen har för Trollhättelinjernas vidkommande i hvarje särskildt fall varit föremål för omsorgsfull utredning. Den allmänna gången af dessa utredningar har varit den, att sedan grundtypen fastställts — för de hittills utförda 50,000 volts linjerna har fackverkskonstruktion med profiljärn blifvit vald såsom lämpligast — och spännvidden preliminärt blifvit begränsad, den ekonomiska masttypen undersökts och fastställts. Härefter har den ekonomiska spännvidden och därmed msthöjden kunnat närmare utredas och definitivt fastställas.

Beräkning af kopparlinornas nedhängning, som baserats på en maximipåkänning af 8 kg. per kvmm. och en högsta temperatur af $+ 50^{\circ}$ C., genomfördes till en början på vanligt sätt »för hand»; sedermera hafva, efter den af Nicolaus i E. T. Z. 1907 publicerade synnerligen bekväma metoden att grafiskt framställa ledningsmaterialets egenskaper och nedhängningsförhållanden, kurvor, uppritade för det material, som användts vid Trollhättelinjerna, blifvit använda (pl. 11 och 12).

För det närmare tillvägagångssättet vid normalspännviddernas och masttypernas bestämmande och för de framkomna resultaten (se fig. 44 och 45) lämnas nedan en kortfattad redogörelse. Resultaten illustrera rätt väl, hur olika den ekonomiska masttypen kan utfalla under olika förhållanden.

Vid konstruktionen af Skara-linjen förelågo inga erfarenhetsdata rörande den ekonomiska masttypen, hvarför utredningarna här måste göras särskildt omständliga. Enkelt nog kunde påvisas, att fackverkskonstruktion, afsedd för åtminstone 130 m. spann, var det lämpligaste, och att kostnaden för dubbelinje på en mastrad är så väsentligt mycket lägre än kostnaden för två enkellinjer, att det förra alternativet är att föredraga, äfven om tills vidare endast den ena linjen är behöflig.

Masterna hafva sålunda konstruerats för 6 kopparlinor om 35 kvmm. Linornas konstruktion bestämdes på förhand så, som angifves i det följande under rubriken »Ledningsmaterialet». Linornas inbördes läge bestämdes lika-

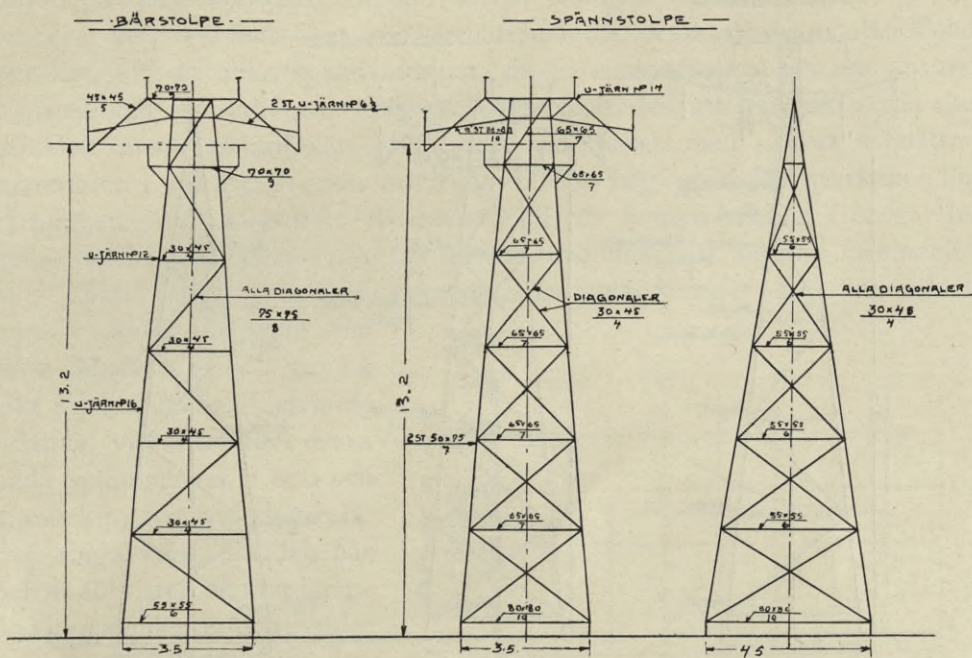
Skara-
linjen.

ledes på förhand så, att hvardera linjens tre linor i sektion vinkelrätt mot linjen bilda hörnen i liksidiga trianglar med 1,8 meters sida. Den närmast masten belägna sidan i hvardera triangeln är vertikal och belägen 1,2 meter från mastens centrumlinje. Hvardera linjens öfversta och nedersta isolator sitta sålunda midt öfver hvarandra på ett afstånd af 2,4 meter från den andra linjens närmaste isolator. Stödisolatorer användas på alla masterna. Jordlinans area har i någon mån blifvit beroende af mastkonstruktionen.

Undersökningen af masttyper genomfördes att börja med för bärmaster, afsedda att uppbära 6 köpparlinor à 35 kvmm. och en järnlina om 55 kvmm. med en spännvidd af 130 meter — allt efter förut angifna beräkningsgrunder. 9 olika sådana mastkonstruktioner, representerande två helt skilda typer, genomräknades för jämförelse af vikterna; den ena typen var den, som sedan kommit till utförande, således afsedd för utbyggnad genast för dubbellinje; den andra typen afsåg uppsättning i två stadier. Vikterna för de genomräknade konstruktionerna varierade mellan 1,100 och 730 kg. för den förra samt mellan 1,320 och 920 kg. för den senare typen. Den sistnämnda typen förkastades såsom oekonomisk och oestetisk. För den förstnämnda typen utreddes inflytandet af fackantal, diagonalernas anordning och bredden vid basen, samt sträfvades efter att finna ett sådant förhållande mellan basbredd och fackhöjd och sådana profiler, att ramstängerna utnyttjas i samma grad vid åverkan i linjeriktningen och vinkelrätt däremot. Enkla diagonaler valdes såsom mest ekonomiska, och emedan de göra masten otillgängligare för obehöriga. Genom utredningen konstaterades, att en betydlig reduktion af mastvikten erhålles, om den i de ursprungliga beräkningsgrunderna antagna dragkraften $30 + 3 A$ kg. i linjeriktningen slopas. Då motivet för dessa belastningars införande i beräkningsgrunderna varit hänsyn till eventuellt uppkommande ensidiga linspänningar vid ledningarnas uppläggning på stolparna, var det tydligt, att denna synpunkt på billigare sätt kunde tillgodoses genom stagning af stolparna vid lindragningen, om så erfordrades. Den utförda konstruktionen har därför beräknats utan hänsyn till denna kraft.

Den mastkonstruktion, som på detta sätt befanns mest lämplig och ekonomisk för de gifna förhållandena, och som vid 130 meters spann uppvisade en vikt af 730 kg., genomräknades därefter med bibehållande af fackindelning (6 fack) och basbredd (3,5 m.) äfven för 150 och 170 meters spännvidd. För de tre spännvidderna 130, 150 och 170 meter anställdes så en jämförelse med afseende på kostnaden för bärstolpar per km. med hänsyn tagen till kostnaden äfven för fundament, markersättning, isolatorer m. m. Resultatet af undersökningen framgår af den med ledning af de erhållna siffrorna uppritade kostnadskurvan, fig. 46. Som synes har kurvan ett tydligt minimum vid 170 m. spannet.

— KRAFTLEDNINGEN TROLLHÄTTAN - SKARA —



— KRAFTLEDNINGEN TROLLHÄTTAN - GÖTEBORG —

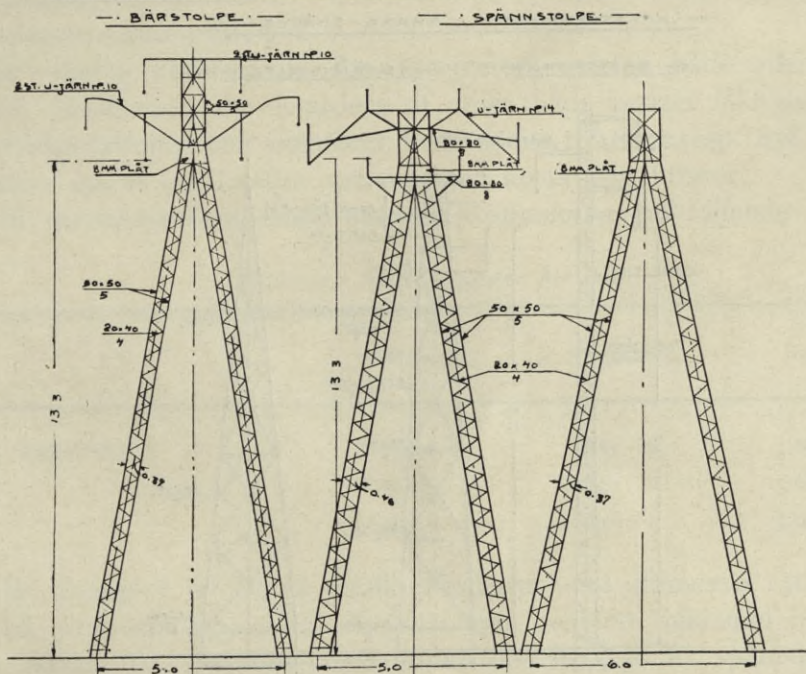
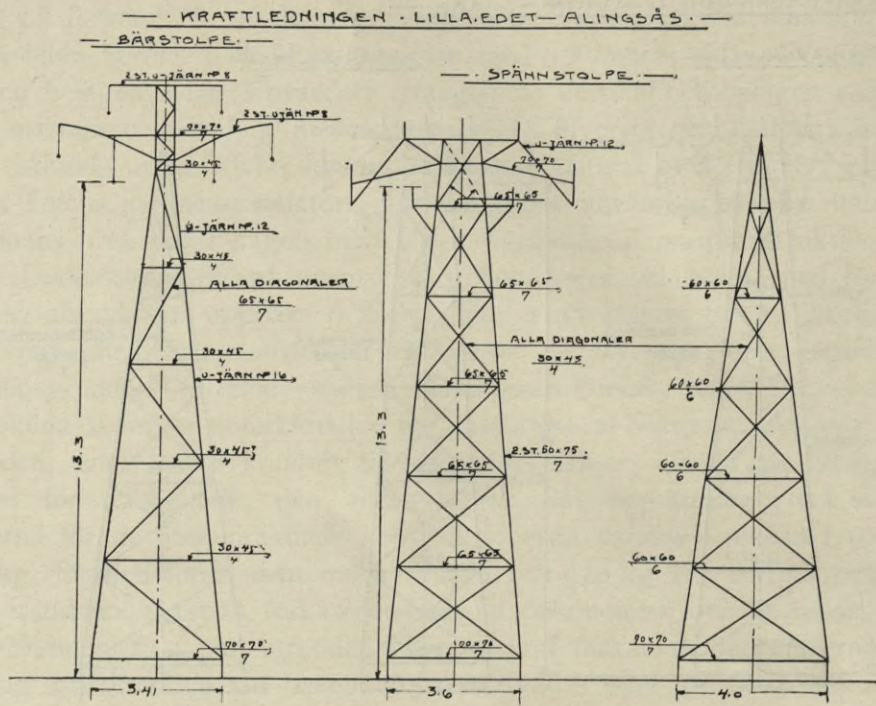


Fig. 44. Masttyper för Skara-linjen och Göteborgs-linjen.



KRAFTLEDNINGEN · SKÅRA-SKÖFDE ·

BÄRSTOLPE · SPÄNNSTOLPE ·

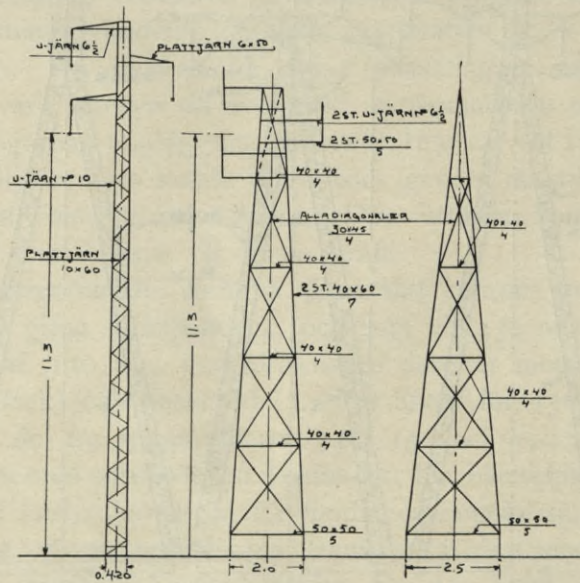


Fig. 45. Masttyper för Alingsås-linjen och Sköfde-linjen.

Återstod att behandla spännmasternas konstruktion och deras inflytande på den ekonomiska spännvidden; nämnda inflytande måste gifvetvis tendera att utjämna den genom bärmasterna orsakade kostnadsskillnaden per km. för de olika spännvidderna, då ju en spännmast per km. användes i hvarje fall (se sid. 90). Till en början fixerades, att spännmasterna skulle utbildas med rektangulär grundform vid basen med sådana sidmått, att materialet i hörnstråfvorna utnyttjas i lika hög grad för åverkan i linjeriktningen som vinkelrätt däremot, och att konstruktionen i öfrigt skulle göras analog med bärmasternas under användning af samma fackindelning etc. Efter dessa principer konstruerades spännmaster för 150 och 170 meters spann. Bortsedt från vissa detaljer, som få samma vikt i båda fallen, blefvo de relativa vikterna för dessa båda spännmaster 1,800 och 1,920 kg., hvarvid den relativt ringa viktskillnaden har berott af bristen på fullt lämpliga järnprofiler för den mindre masten. Säkerheten för den mindre masten var härvid också 3,6-faldig, för den större masten däremot nätt 3-faldig.

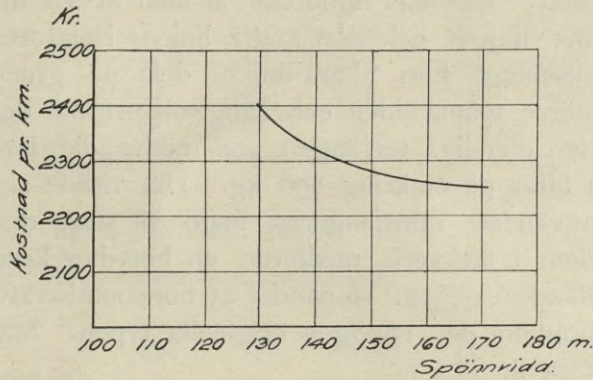


Fig. 46. Kostnad per km. för bärmaster af Skara-linjens tyf.

Närmast mindre normalprofil för 150-meters masten hade gifvit för låg säkerhet. Kostnaden för hvardera af dessa båda master inklusive fundament, markersättning och isolatorer beräknades till 802 resp. 838 kr. För 130 meters spann beräknades spännmasten kosta 680 kronor.

En sammanställning med bärmast-kostnaderna gaf följande

jämförbara totalkostnader per km.

F ö r	Bärmaster.	Spännmaster.	Summa.
130 m. spännvidd	2,400 kr.	680 kr.	3,080 kr.
150 » »	2,280 »	802 »	3,082 »
170 » »	2,250 »	838 »	3,088 »

Det framgick alltså, att totalkostnaderna inom gränserna 130 och 170 meter bli praktiskt konstanta, dock troligen med ett minimum i närheten af 150 meter, då den beräknade kostnaden för 150 m. spännmasten är oproportionerligt hög. — Vid beräkningarna har emellertid hänsyn icke

tagits till omkostnaderna för materielens uttransporterande, uppsättning och målning. Af dessa kostnader måste gifvetvis någon del vara beroende af stolparnas antal och sålunda inverka till förmån för det största spannet. Då det vidare ur driftsäkerhetssynpunkt är af fördel att i möjligaste mån reducera isolatorernas antal, talade alla skäl för att välja den största spännvidden. Linjen blef därför konstruerad för 170 m. spann.

Masthöjden till nedersta isolatorn är 13,2 m.

Göteborgs-
linjen.

Göteborgs-linjens master äro konstruerade för 6 kopparlinor om 70 kvmm. och en normal spännvidd af 200 m. För bärmasterna hafva hängisolatorer kommit till användning, för spännmasterna användas stödisolatorer. Linornas inbördes afstånd är 1,8 m. Minsta afståndet mellan den ena linjens och den andra linjens isolatorer är 2,6 m. Masttypen afviker väsentligt från Skara-linjens dels på grund af den ökade linvikten, den större spännvidden och hängisolatorerna, dels äfven till stor del på grund af den oländiga terrängen, som nödvändiggjorde transporterandet af masterna i bitar på omkring 200 kg. Det visade sig nämligen, att om Skaratypen användes, ramstängerna fingo så stora dimensioner, att en uppdelning af dem i fackverk medförde en betydlig kostnadsminskning, som ytterligare ökades genom sloandet af horisontalsträfvor och diagonaler. På så sätt uppkom den tämligen originella typen. Masthöjden till den nedersta isolatorn är 13,3 m.

Alingsås-
linjen.

Alingsås-linjens master äro konstruerade för 6 kopparlinor om 35 kvmm. och en normal spännvidd af 185 m. För bärmasterna användas hängisolatorer, för spännmasterna stödisolatorer. Linornas inbördes afstånd är 1,8 m. Minsta afståndet mellan den ena linjens och den andra linjens isolatorer är 2,7 m. å normal-masterna. Masterna äro af samma grundtyp som Skara-linjens med de ändringar, som betingats af de ändrade beräkningsgrunderna, den större spännvidden och hängisolatorerna. Masthöjden till nedersta isolatorn är 13,3 m.

Sköfde-
linjen.

Sköfde-linjen är konstruerad för 3 kopparlinor om 16 kvmm. med användning af hängisolatorer för bärmasterna och stödisolatorer för spännmasterna. Linornas inbördes afstånd är 1,8 à 3,55 m. Vid konstruktionen klargjordes till en början, att som bärmaster enkla »spårvägmast» på ett fundament för denna linje var en särskildt ekonomisk och lämplig masttyp, och hafva sådana master därför blifvit använda. Sedan masttypen fastslagits, beräknades kostnaden för bärmaster för olika spännvidder (d. v. s. för master af olika höjd). Spännmasterna antogos därefter betinga dubbla bärmastkostnaden, och totalkostnaden för linjen per km. för de olika spännvidderna uträknades. Resultaten af dessa beräkningar äro sammanförda i följande tabell:

Data för bärmaster för 50,000 volts 3 × 16 kvmm. ledning.

Normal spännvidd på horisontal mark i m.	160	148	134	118	100
Total masthöjd ofvan mark i m.	16,0	15,0	14,9	13,0	12,0
Masthöjd ofvan mark till nedersta isolatorn i m.	13,3	12,3	11,3	10,3	9,3
Järnvikt per mast i kg.	770	615	490	445	395
Total järnvikt per mast i kg.	850	685	545	500	445
Betongfundament, volym i kubm.	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
Betongfundament, vikt i kg.	2,200	2,200	2,200	1,760	1,760
Avstånd mellan spännmaster i m.	960	1,036	938	944	1,000
Antalet bärmaster per sektion (mellan 2 spännmaster)	5	6	6	7	9
Järnkostnad per bärmast kr.	255	206	164	150	134
» » sektion »	1,275	1,237	984	1,050	1,206
Kostnad för fundament per sektion kr.	200	240	240	224	288
Kostnad för isolatorer per sektion »	165	198	198	231	297
Kostnad för bärmaster per kilometer »	1,709	1,616	1,510	1,594	1,791

Totalkostnad för linjen per km. i kronor.

Spännmaster antagas betinga dubbla bärmastkostnaden.

Kostnad per spännmast med fundament och isolatorer per st. kr.	656	558	474	430	398
Kostnad för master med fundament och isolatorer pr kilometer kr.	2,392	2,157	2,021	2,050	2,189
Kostnad för transport, montage, målning och »intrång» per kilometer kr.	341	337	344	373	416
Totalkostnad för kompl. master per kilometer	2,733	2,494	2,365	2,423	2,605

På grund af denna utredning valdes spännvidden 134 m. på horisontal mark med en höjd till nedersta isolatorn af 11,3 m.

De beräknade kostnadssiffrorna äro i den jämförande utredningen tagna utan alla pålägg för oförutsedda utgifter.

En sammanställning af de grundläggande siffrorna för Trollhätte-

Sammanställning af data.

	Kopparlinornas antal och area.	Spännvidd normalt.	Masthöjd till ned. linan.
Skara-linjen	6 × 35 kvmm.	170 m.	13,2 m.
Göteborgs-linjen	6 × 70 »	200 »	13,3 »
Alingsås-linjen	6 × 35 »	185 »	13,3 »
Sköfde-linjen	3 × 16 »	134 »	11,3 »

Härvid är att märka, att å Skara- och Alingsås-linjerna att börja med endast tre 3 kopparlinor upplagts.

Påfallande häruti är, att masthöjden för alla dubbellinjerna utfallit praktiskt lika.

Ledningsmaterialet.

Koppar
eller alu-
minium.

Frågan om koppar eller aluminium som ledningsmaterial har för Trollhättelinjerna i hvarje särskildt fall varit föremål för utredning.

Aluminium kan bli mer ekonomisk än koppar endast under förutsättning af lägre materialpris för ekvivalent area. Om denna förutsättning är uppfylld, blir frågan, i hvad mån den lägre ledningsmaterialkostnaden motväges af högre mastkostnad. Ju gröfre ledningsdimension och ju kortare spann eller med andra ord, ju mindre inflytande nedhängningen har på ledningens totalkostnad, dess större är härvid möjligheten, att aluminium blir ekonomiskt fördelaktigare än koppar.

För grofva ledningar i synnerhet med korta spännvidder, där skillnaden i kostnad för master vid det ena eller andra ledningsmaterialet är obetydlig, ställer sig aluminium betydligt mer ekonomiskt än koppar. — Exempel härpå utgör det i det följande under rubriken »Sekundärlinjerna» omnämnda 10,000 volts ledningsknippet Trollhättan—Stallbacka.

För Trollhätteverkets samtliga hittills utförda 50,000 volts linjer med deras måttliga kopparareor och relativt stora mastkostnader har kopparlina vid de rådande materialpriserna befunnits mest ekonomisk och äfven af andra orsaker varit att föredraga.

Koppar-
linans kon-
struktion
och egen-
skaper.

Linan är utförd med 6 koppartrådar och hampkärna; 7-trådig lina utan hampkärna d. v. s. med den 7:de koppartråden som kärna skulle äfven kunnat ifrågakomma. Anordningen med hampkärnan ökar vindtrycket på linan med 8 % men medför i stället den fördelen, att påkänningen fördelar sig lika på hela koppararean. Den innersta tråden blir nämligen som bekant utsatt för betydligt större påkänning än de yttre, så att man i hvarje fall för att vara fullt säker måste räkna med, att påkänningen fördelar sig endast på de 6 yttre trådarna — alltså att den innersta tråden brustit. Nedhängningen blir i sådant fall tydligen ofördelaktigare för lina utan hampkärna än för lina med hampkärna.

Vid anskaffande af linan gjordes försök att erhålla en tillförlitlig konstruktion med sektorformade trådar, så beskaffade, att linans yta blef en glatt cylinder, dock utan framgång. Tydligen skulle en sådan lina medföra den fördelen, att diametern och därmed vindtrycket blefve mindre — hvarjämte vindens inverkan på grund af ytans jämnhet blefve försvagad.¹

¹ BUCK, The use of Aluminum, i: High Tension Power Transmission.

Den för Skara- och Göteborgs-linjerna använda kopparlinans egenskaper framgå af följande profningsresultat från Kungl. Tekniska Högskolans materialprofningsanstalt:

Hel lina:

	35 kvmm.	70 kvmm.
Linans diameter mm.	8,1	11,6
Antal trådar	6	6
Sektionskoppararea mm ²	35,095	70,56
Linans totalvikt per meter gram	323,8	642,9
» kopparvikt » »	317,0	637,1
Koppars spec. vikt		8,91
» elasticitetsgräns, totalt kg.	590	1,150
» » , per mm ² »	16,8	16,3
» proportionalitetsgräns, totalt »	700	1,500
» » , per mm ² »	20,0	21,3
» brotthållfasthet, totalt »	1,410	2,845
» » , per mm ² »	40,2	40,3
» töjning i % vid elasticitetsgräns	0,158	0,157
» töjning i % vid brottgräns	2,6	4,3
Hampkolfvens diameter mm.	3	2,8
Linans skruvning i hvarf per m.	10	6 ³ / ₄
Spec. ledningsmotstånd vid 15° C. ohm	0,0171	0,0171
Ledningsmotståndets temperaturkoeff. % per °C.	0,355	0,388
Linans värmeutv.-koeff., torr	0,000094	
» » » våt	0,000090	

Enskilda trådar:

Trådarnas diameter mm.	2,729	3,87
» elasticitetsgräns per mm ² kg.	17,3	17,0
» proportionalitetsgräns per mm ² »	20,7	23,4
» brotthållfasthet per mm ² »	40,0	41,5
» elasticitetsmodul	—	11,410
» värmeutvidgn.-koeff.	—	0,0000145

Som synes äro kurvorna å pl. 11 upprättade i nära anslutning till dessa värden, dock med någon jämkning till öfverensstämmelse med litteraturuppgifter.

Den hårddragna linnan tål ej hög temperatur och får därför ej skarvas medelst lödning. Af detta skäl hafva skarfvorna utförts med ovala kopparhylsor, i hvilka linorna trädts, hvarefter hylsan med en särskild tång vridits i spiral tre och ett halft hvarf. Genom prof i sträckmaskin har konstaterats, att på detta sätt gjord skarf är starkare än linnan.

Järnlinan.

Hufvudändamålet med järnlinan, som förbinder masterna med hvarandra, är dels att jordförbinda dessa — hvarje linje har en mast per kilometer särskildt jordförbunden — dels att staga bärmasterna i linjens riktning.

Uppläg-
ning.

Skara-linjens järnlina är upplagd nedanför kopparlinorna på master-
nas södra sida; öfriga linjer hafva järnlinan upplagd ofvanför koppar-
linorna. Den förstnämnda anordningen vidtogs dels för erhållande af
minsta vindtrycksmoment, dels för att järnlinan skall kunna tjänstgöra
som skyddslina vid uppspännandet af linjen n:o 2, dels slutligen med
tanke på en eventuellt framdeles behöflig telefonledning, som skulle upp-
bäras af järnlinan. Den senare anordningen med uppläggning på mast-
topparna har vidtagits med anledning af den från amerikanska linjer häm-
tade erfarenheten, att linan på detta sätt upplagd utgör ett beaktansvärdt
skydd mot linjens af störande öfverspänningsfenomen åtföljda uppladdning
genom atmosfärisk elektricitet.

Konstruk-
tion och
egenskaper.

För Skara-linjen har användts järnlina af c:a 57,8 kvmm. area bestående
af 7 st. mjuka, ohärdade, galvaniserade trådar. För Göteborgs-linjen er-
fordrades större hållfasthet hos linan än för Skara-linjen; då den elektriska
ledningsförmågan vid 57,8 kvmm. däremot var tillräcklig, visade det sig
ekonomiskt fördelaktigt att för Göteborgs-linjen använda lina med samma
area och trådantal som för Skara-linjen, men af starkare och dyrbarare
material — s. k. seghärdad rigglina. Samma slag af lina har kommit till
användning för Alingsås-linjen.

Egenskaperna hos dessa linor framgår af nedanstående samman-
ställning, baserad på profningar vid Kungl. Tekn. Högskolans material-
profningsanstalt:

Hel lina:

	Skara-linjen.	Göteborgs-linjen och Alingsås-linjen.
Effektiv area mm ²	57,88	57,8
Elasticitetsmodul	10,760	—
Brottgräns kg. per mm ²	68	108,7
Proportionalitetsgräns » » »	38,3	—
Vikt per m. gram	—	443
Värmeutv.-koeff.	0,0000094	—
Spec. ledningsmotstånd . . ohm per m. och mm ²	0,1182	0,147

Enskilda trådar:

Elasticitetsmodul	18,230	19,050
Elasticitetsgräns kg. per mm ²	—	30,1
Proportionalitetsgräns » » »	—	30,7
Brottgräns » » »	69,1	112,0
Värmeutv.-koeff.	0,0000120	—

För Sköfde-linjen har likaledes seghärdad rigglina kommit till an-
vändning; dess area är 30 kvmm., totala brotthållfastheten 3,010 kg., spec.
motståndet 0,16 ohm.

Linorna äro tillverkade i längder på 1,000 meter utan skarvning af de enskilda trådarna. Skarvning af linan har skett medelst bindtråd och lödning. Skarfvorna hafva vid prof visat sig starkare än linan.

Priset för den seghärdade 57,8 mm² ställinan har varit 16,5 öre per meter.

Isolatorerna.

För Skara-linjen blefvo, som förut nämnts, stödisolatorer använda för alla masterna. Stöd- eller
hängisola-
torer.

Då konstruktionen af Göteborgs-linjen började, hade hängisolatorer redan kommit i bruk i Amerika. De påtagliga fördelar, som dessa i vissa afseenden äga framför stödisolatorerna, föranledde infordrandet för denna linje af alternativa anbud å stöd- och hängisolatorer från såväl amerikanska som europeiska fabriker. Afsikten härvid var att eventuellt på bärmasterna använda två seriekopplade isolatorer öfver hvarandra, på spännmasterna tre st. åt hvardera sidan. I anbudsprogrammet föreskrefs beträffande hängisolatorerna med hänsyn till deras användning för spännmasterna bland annat, att två eller flera hopkopplade, upphängda isolatorer skulle i axiell led tåla en belastning af 5,000 kg., samt specificerades särskilda bestämmelser beträffande isolationshållfasthet och ytöfverledningsmotstånd hos tre seriekopplade, horisontellt uppspända isolatorer.

Studiet af de inkomna anbudena och korrespondensen i ämnet samt en ganska vidlyftig serie profningar af olika slag, som verkställdes af Porzellanfabrik Hermsdorf, resulterade däri, att tanken på användning af hängisolatorer för spännmasterna öfvergafs, emedan anordningen var riskabel, och att stödisolatorerna här sålunda bibehöllos, hvaremot för bärmasterna användning af två seriekopplade hängisolatorer bestämdes. — Vid valet mellan stöd- och hängisolatorer blef ej lämnadt ur sikte, att detsamma influerar afsevärdt på kostnaden för masterna. Användas hängisolatorer för spännmasterna, bortfalla nämligen dels de grofva isolatorpinnarna (stålrör), dels de vridande påkänningarna på toppstycket, hvilket innebär en afsevärd viktminskning. Bärmasternas höjd ökas däremot med summan af stödisolatorns och hängisolatorns höjdmått, och masten stagas i linjeriktningen nästan endast af ställinan.

Detta system med stödisolatorer för spännmaster och hängisolatorer för bärmasterna kom, som förut nämnts, till användning för såväl Göteborgs-linjen som Alingsås- och Sköfde-linjerna.

De använda stödisolatorerna äro för samtliga linjer af samma modell, tvådelade med tre mantlar (fig. 47). Hvarje isolator är garanterad Stödisola-
torerna.

uppfylla följande redan i anbudsprogrammet för Skaralinjens isolatorer specificerade fordringar.

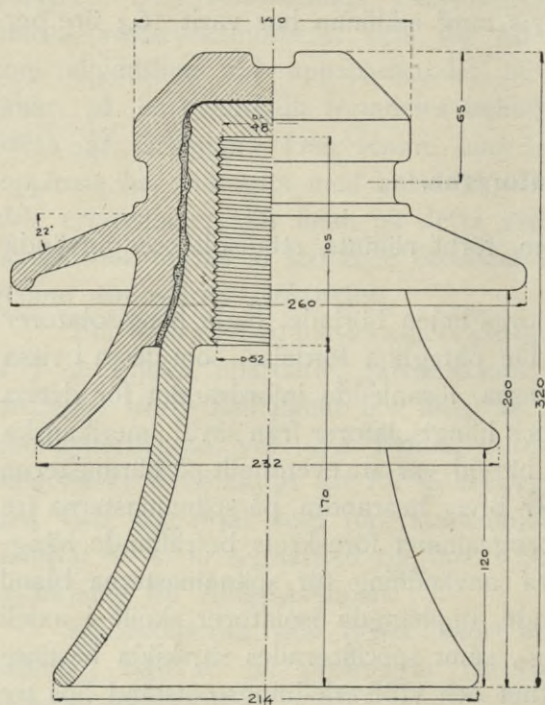


Fig. 47. Stödisolator för 50,000 volt (Skara-linjen).

I. Mekanisk hållfasthet.

Sedan isolatorn medelst tjär-dref monterats på isolatorpinnen och kopparlinan på vanligt sätt fastnajs på isolatorn, vare sig på toppen eller vid sidan, skall isolatorn tåla den påkänning, som uppstår vid dragning med 2,000 kg. i linan.

Isolatorn skall vara okänslig för praktiskt förekommande temperaturväxlingar.

II. Isolationshållfasthet.

a) Isolatorn skall i torrt tillstånd vid $+15^{\circ}$ C. 760 mm. barometerstånd, 30 % fuktighetsgrad i luften uthärda en effektiv spänning af 120,000 volt mellan ledningen och pinnen utan att öfverslag eller urladdningar därvid inträffa.

b) Konstruktionen och materialet skall vara sådant, att öfverslag omkring isolatorn förhindrar genomslag genom materialet.

c) Isolatorn skall vara sammansatt af flera delar, som hvar och en uthärda minst den normala spänningen.

d) I vertikal ställning skall isolatorn tåla 85,000 volts spänning mellan ledning och pinne utan att gnistor därvid uppträda, då isolatorn utsättes för vertikalt konstgjordt regn med vattenledningsvatten, 10 mm. per min.

e) Vid 5 mm. regn från sidan i 30° vinkel mot horisontalplanet skall isolatorn i vertikal ställning utan gnistor motstå 80,000 volt.

III. Ytöverledningsmotstånd.

Isolatorns öfverledningsmotstånd vid prof d) skall vara minst 170 megohm, vid prof e) 100 megohm.

Hängisolatorerna.

För hängisolatorerna antogs, sedan den ursprungliga amerikanska typen, »brädspelsbrickor» med ögleformade hål i porslinet, visat sig olämplig, en tvåklockig typ, där porslinet är inkittadt i en gjuten, aducerad kåpa (fig. 48). För utförandet hafva följande tekniska program- och kontraktsbestämmelser legat till grund.

I. Mekanisk hållfasthet.

Porslinsdelarna skola vara så fast sammankittade med järndelarna, att den i isolatorn inkittade bulten vid 1,000 kg. belastning icke drages ur kåpan, äfven om hela den synliga delen af porslinsklockan slås bort. Hvarje hängisolator skall, innan den lämnar fabriken, profbelastas på sträckhållfasthet med 2,000 kg. och få endast sådana isolatorer afsändas, som icke undergått någon förändring genom belastningen. Brotthållfastheten vid sådant sträckprof garanteras uppgå till minst 3,000 kg.

Hopkopplingen af isolatorn skall vara sådan, att någon brytpåkänning icke kan uppkomma.

Isolatorn skall vara okänslig för praktiskt förekommande temperaturer, skakning, nötning och stötar.

II. Isolationshållfasthet.

a) Hvarje isolator skall i torrt tillstånd tåla en effektiv växelspanning af 65,000 volt och två seriekopplade isolatorer 120,000 volt mellan ledning och upphängningspunkt, utan att öfverslag eller urladdning därvid inträffar.

b) Konstruktion och material skola vara sådana, att öfverslag omkring isolatorn förhindrar genomslag genom materialet.

c) Isolatorerna skola vara sådana, att om två seriekopplade hängas upp och utsätts för konstgjordt regn med vattenledningsvatten, 5 mm. per minut, i 30° vinkel mot horisontalplanet, de motstå 80,000 volt effektiv växelspanning utan att synbara gnistor därvid uppträda och 100,000 volt utan att öfverslag äger rum.

d) Isolatorerna skola vara sådana, att om två seriekopplade i torrt tillstånd utsätts för 50,000 volts effektiv växelspanning, något på 10 m. afstånd förnimbart surrande eller knastrande ljud icke uppkommer. Vid 30,000 volt skola isolatorerna förhålla sig absolut tysta.

III. Ytöverledningsmotstånd.

2 seriekopplade isolatorers öfverledningsmotstånd vid prof c) skall vara minst 500 megohm.

Då erfarenheten från kraftverkets första driftår gaf vid handen, att Göteborgslinjens isolation å vissa sträckor ej var fullt pålitlig, blef under år 1911 en del af de å nämnda linje från början använda tvåklockiga hängisolatorerna utbytta mot treklockiga hängisolatorer af en nyare typ, där kittning mellan porslin och metall ej förekommer (fig. 49).

Skaralinjens isolatorer äro hvita; för de öfriga linjerna hafva, med hänsyn till de folkrikare trakterna och de hvita isolatorernas mera tilldragande beskaffenhet såsom mål för skjutöfningar o. d., samtliga isolatorer utförts brunglaserade.

Priserna hafva varit:

för stödisolatorerna, hvita . . .	kr. 6: 90	per st.
» » , bruna . . . »	7: 25 à 8: 25	» »
» hängisolatorer af ofvan speci-		
ficerade tvåklockiga typ . . . »	5: 74 » 6: 10	» »
» d:o af treklockig typ . . . »	6: 50 » 6: 64	» »

fritt levererade vid järnvägsstationer utmed uppsättningsplatsen.

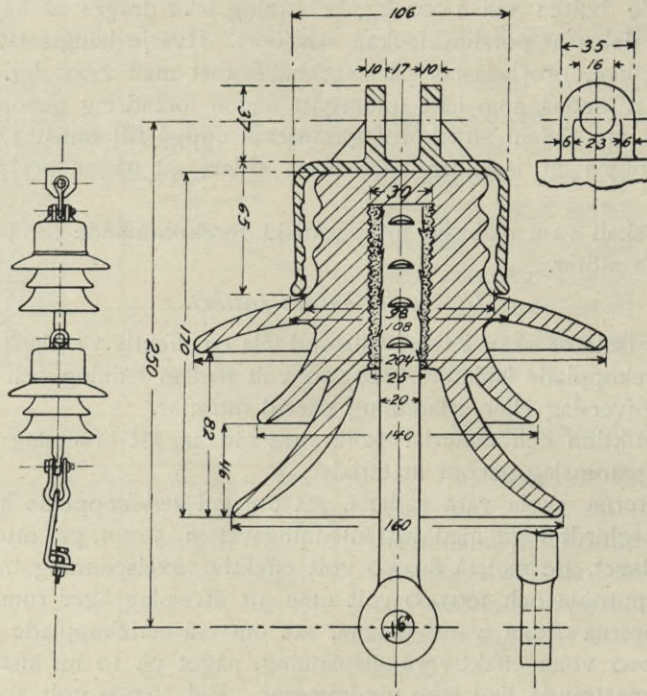


Fig. 48. Hängisolator med 2 klocker för 50,000 volt.

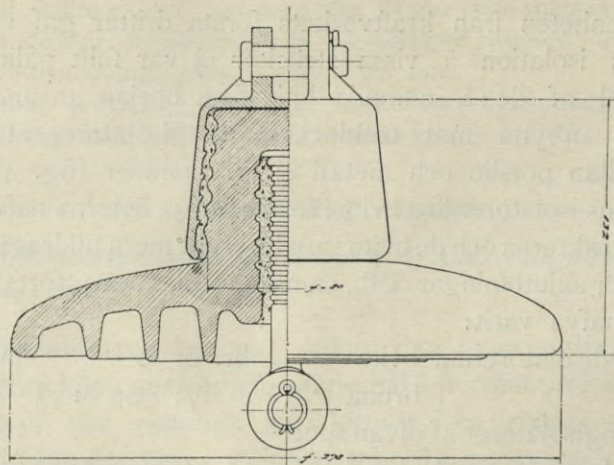


Fig. 49. Hängisolator med 3 klocker för 50,000 volt.

Masterna.

A. Normalkonstruktioner.

De normala bär- och spännmasternas utseende och dimensioner framgå i detalj af konstruktionsritningarna, pl. 13—18 samt 20 och 21. Förfaringssättet vid resningen och montaget samt de färdigmonterade masternas utseende i terrängen illustreras af fig. 50—56 och 58—60.

Järn-
konstruk-
tionen.

Beträffande de olika konstruktionernas hopsättning må anföras följande.

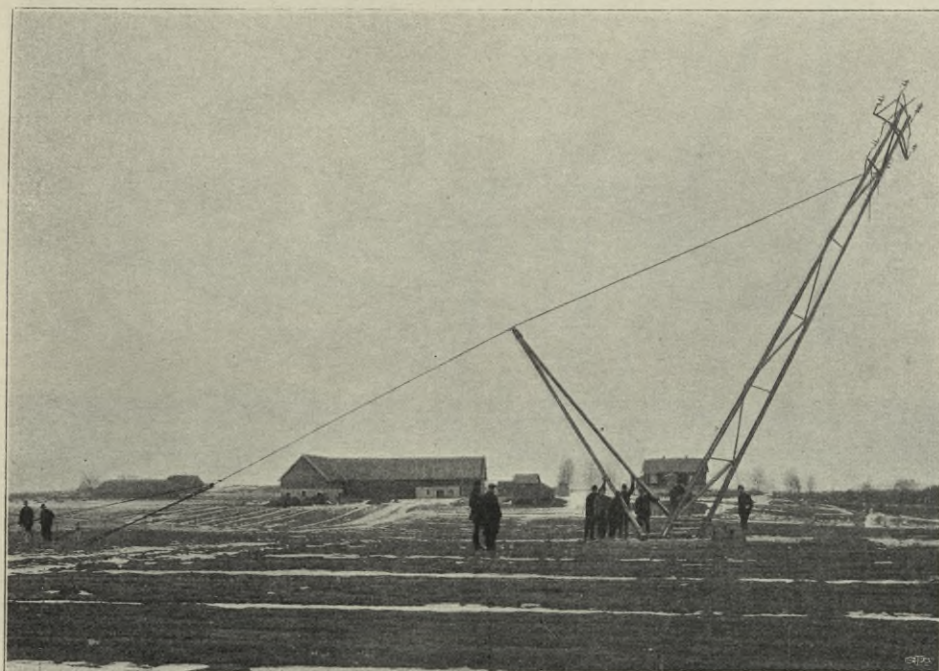


Fig. 50. Skara-linjen, resning af bärmast.

Skaralinjens bärmaster utfördes i två delar, hvardera för sig komplett hopnitad i verkstaden. Delarna blefvo härigenom så stora som möjligt med hänsyn till transporter och järnvägarnas fria utrymmen; dock måste särskilda försiktighetsmått vidtagas, då bitarna räckte åtskilligt utanför lastprofilerna. Bultförbindningar behöfdes sålunda endast för en skarf. Masterna hopskrufvades på marken och restes på »gångjärn», bestående af ett gasrör, inträddt i särskildt för ändamålet påsatta öglor på fundamentjärn och mastben. För stolpar på berg utfördes en särskild fotkonstruktion.

Spännmasterna byggdes också i delar af för transportförhållandena afpassad storlek, hopskrufvades på platsen och restes på gångjärn.

Göteborgslinjens master blefvo med hänsyn till de ogynnsamma terrängförhållandena hopnitade i mindre delar (c:a 200 kg.), hvilka med tillhjälp af en ytterst enkel montagekran direkt hopsattes i det slutliga läget.

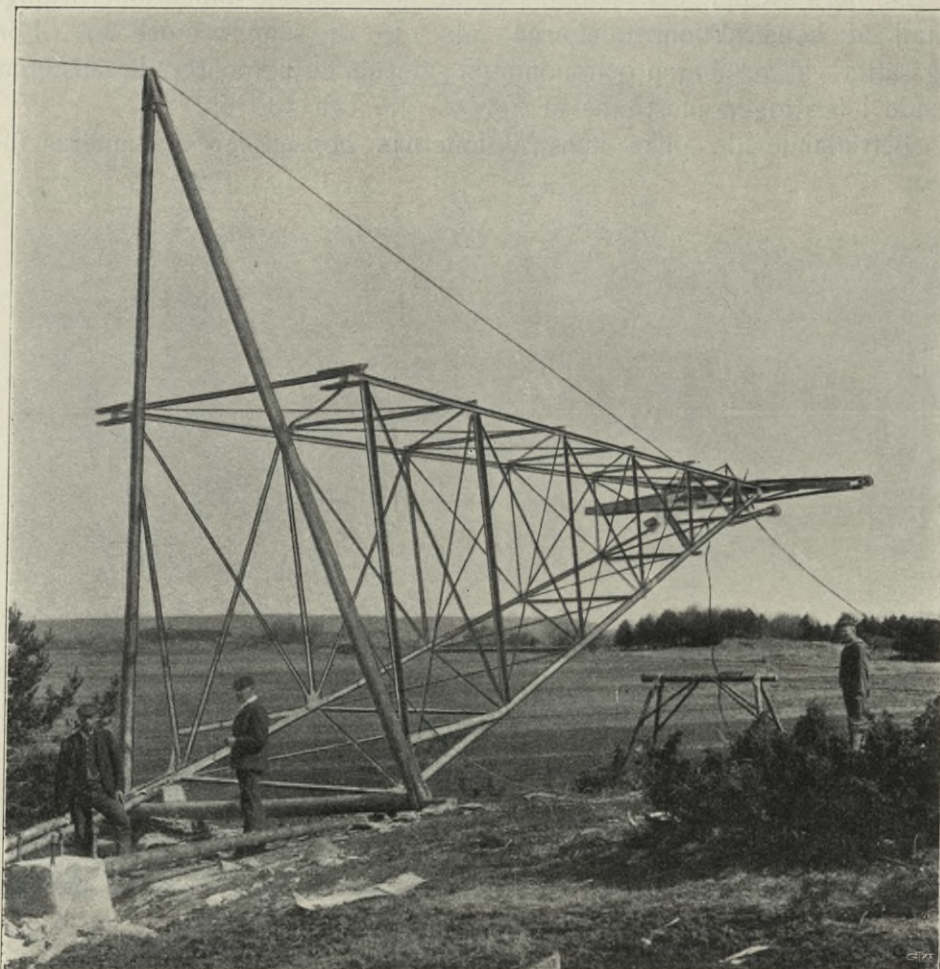


Fig. 51. Skara-linjen, resning af spännmast.

Alingsåslinjens master äro byggda i mindre delar än Skaralinjens med hänsyn till de mer än vanligt svåra terrängförhållandena. De hopskrufvades liksom Skaralinjens master på marken och restes på nedersta bulten.

Sköfdelinjens master restes också hela.

Följande sammanställning af hufvuddimensioner, järnvikter och pris för de olika typerna — allt räknadt exklusive de i fundamenten ingående järndelarna — torde kunna påräkna intresse.

	Skara- linjen.	Göteborgs- linjen.	Alingsås- linjen.	Sköfde- linjen.
<i>Bärmast.</i>				
Totalhöjd m.	14,47	16	15,96	14,365
Basbredd »	3,5	5	3,6	2,42
Vikt kg.	1,010	1,570	1,180	590
Pris kr.	258	417	250	137
Pris per kg. öre	25,5	26,6	21,2	23,2
<i>Spännmast.</i>				
Total höjd m.	14,45	14,58	14,45	12,55
Basbredd i linjen »	4,5	6	4	2,5
Basbredd vinkelrätt mot linjen »	3,5	5	3,6	2
Vikt kg.	2,250	2,860	2,290	1,180
Pris kr.	652	716	447	266
Pris per kg. öre	29	25	19,5	22,5

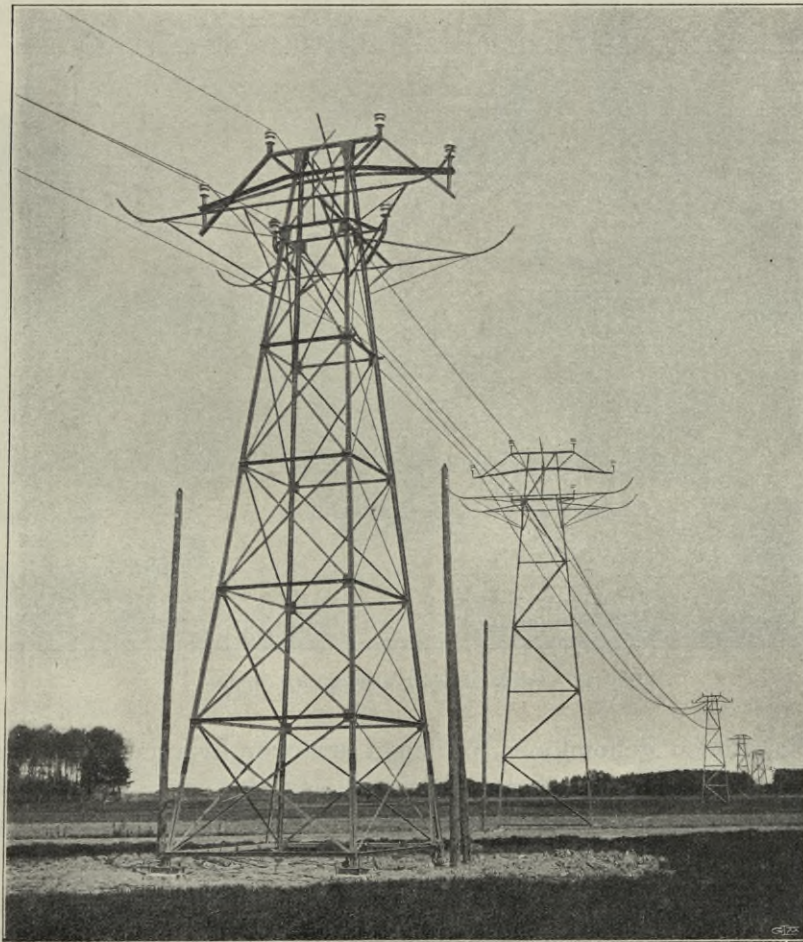


Fig. 52. Parti af Skara-linjen.

Funda-
menten.

Bergfundamenten utgöres af betongpallar, hvilka gjutits på platsen omkring i berget nedborrade, fastkilade fundamentbultar.

Jordfundamenten blefvo för Skaralinjen utförda af armerad betong, dels i Trollhättan, dels i Skara, och sedan uttransporterade till montageplatsen, där de nedgräfdes och kringfylldes. Anledningen till att de blefvo utförda i Trollhättan resp. Skara var dels den omständigheten, att i de



Fig. 53. Göteborgs-linjen, montage af bärmast.

trakter, Skaralinjen genomlöper, på långa sträckor hvarken sand eller sten stod att få, dels hänsyn till den mycket korta tid, som stod till buds för fundamentens utförande före vinterfrosten. Armeringen åsyftade att göra fundamentens konstruktion lättare och att därigenom åstadkomma besparing i transportkostnaderna för att uppnå största möjliga ekonomi.

De öfriga linjernas jordfundament hafva stampats på platsen i formär direkt på leran som botten. På vissa platser har dock rustbädd måst tillgripas.

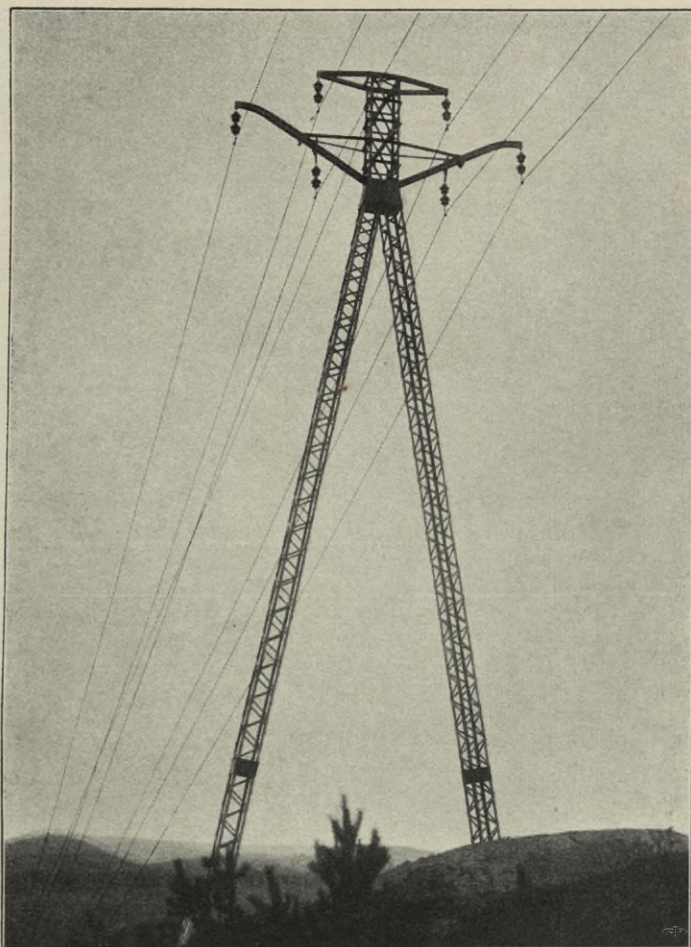


Fig. 54. Göteborgs-linjen, bärmast.

De för jordfundamenten karaktäristiska data äro nedan sammanställda.

	Skara- linjen.	Göteborgs- linjen.	Alingsås- linjen.	Sköfde- linjen.
<i>Bärmastfundament.</i>				
Antal fundament per mast	2	2	2	1
Total fundamentvikt per mast . . . kg.	2,010	6,980	4,540	2,710
Däraf järnvikt »	190	82	78	65
Total fundamentkostnad per mast c:a kr.	98	130	122	75
	(excl. montage)			
<i>Spännmastfundament.</i>				
Antal fundament per mast	4	4	4	4
Total fundamentvikt per mast . . . kg.	5,990	12,840	14,000	5,720
Däraf järnvikt »	384	164	156	148
Total fundamentkostnad per mast c:a kr.	235	248	240	232
	(excl. montage)			

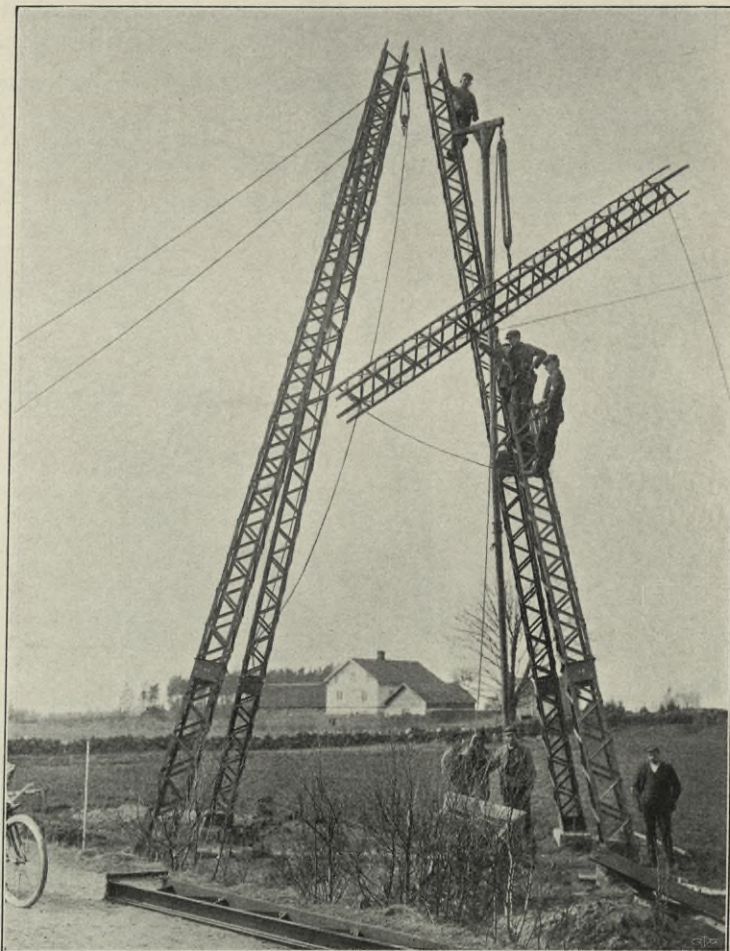


Fig. 55. Göteborgs-linjen, montage af spännmast.

Kostnadssiffrorna äro endast ungefärliga och afse totalkostnaden på platsen. De exakta genomsnittssiffrorna kunna icke erhållas ur räkenskaperna, emedan bergfundamenten icke kunnat noggrant särskiljas. Jordfundamenten äro beräknade för 1,5-faldig säkerhet mot kantring, då jorden med 20° lutning mot vertikplanet räknats såsom belastning.

Fundamentanordningarnas konstruktion för Alingsås- och Sköfde-linjen visas å pl. 22.

B. Specialkonstruktioner.

Järnvägs-
och
landsvägs-
korsningar.

Vid järnvägs- och landsvägskorsningar, som utförts med på sina ställen något modifierade normalmaster, hafva allt efter korsningens karaktär anbringats olika slags anordningar till skydd mot spänningsförande led-

ningars nedfallande. Fig. 57 visar en järnvägs korsning från Göteborgs-
linjen, pl. 19 en konstruktion för järnvägs korsning å Alingsås linjen.

De från kraftstationens ställverkshus åt öster utledda linjerna fram-
ledas alla, såväl 50,000 som 10,000 volts linjer, till en början sinsemellan
parallellt. På c:a 200 meters afstånd från ställverksbyggnaden korsas den
Kanal-
korsningen.

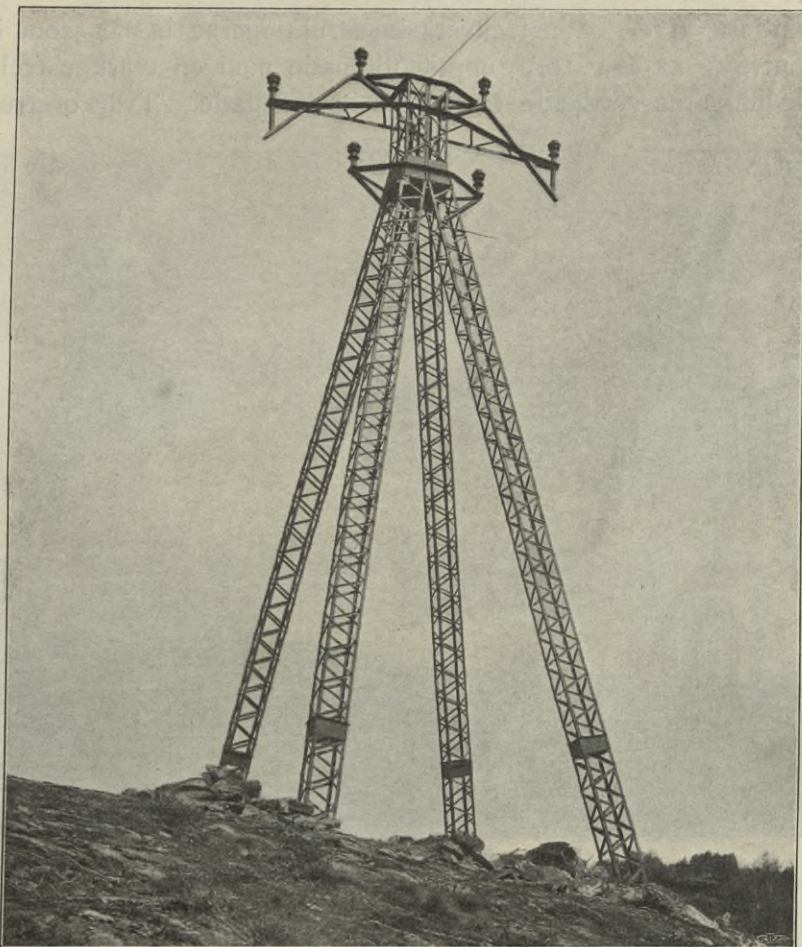


Fig. 56. Göteborgs-linjen, spannast.

nya trafikkanalen (se afdelning I, pl. I). Från punkter strax öster om trafik-
kanalen gå de skilda linjerna därefter åt hvar sitt håll. I det lednings-
knippe, som de parallella linjerna bilda, och för hvilket en gata af 86
meters fri bredd blifvit reserverad, uppbäres hvarje linje af sina särskilda
master på samma sätt som å hufvudsträckorna, utom vid den nämnda
kanalkorsningen. Här uppbäras nämligen samtliga linjernas linor på
hvardera kanalstranden af en gemensam stor fackverkskonstruktion af järn

(pl. 23 och 24 samt fig. 61 och 62), som gjorts så hög, att fartyg med master af intill 35 m. höjd öfver vattenytan äfven vid högvatten kunna passera under ledningarna.

Korsningen är utförd för 6 st. 70 mm² och 12 st. 35 mm² kopparlinor, 24 st. 100 mm² aluminiumlinor samt 7 st. 56 mm² jordledningslinor af järn.

Hvardera af de båda fackverkskonstruktionerna består, som illustrationerna utvisa, af två torn, upptill förenade med en tvärkonstruktion, å hvilken ledningarna, ordnade i tre plan, äro fästade. Tvärkonstruktionen

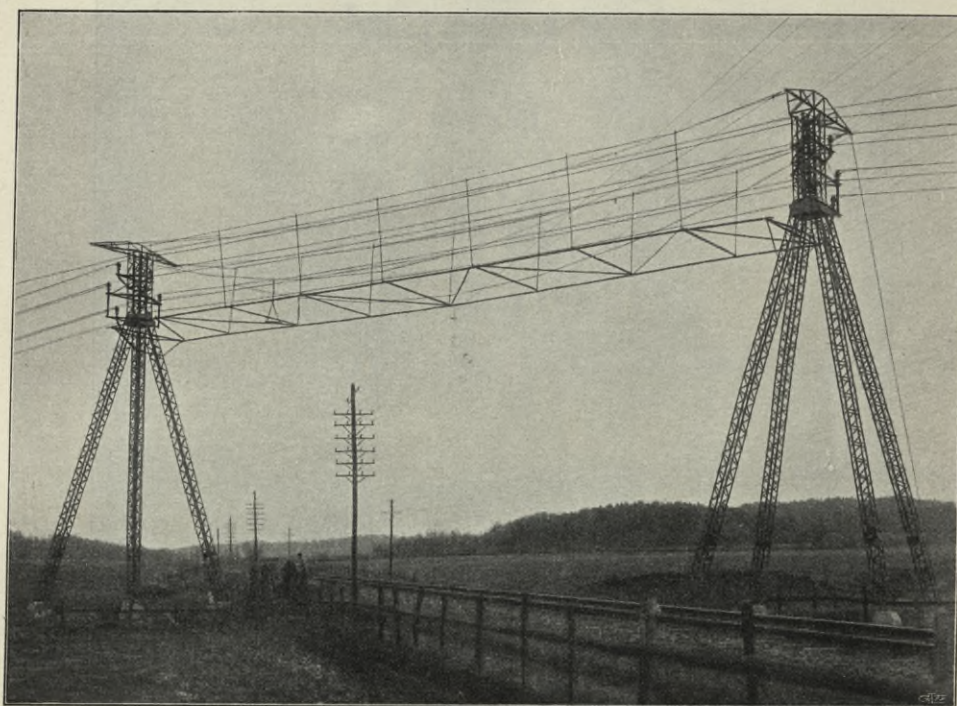


Fig. 57. Göteborgs-linjen, korsning med Bergslagernas järnväg.

är med användning af tapplager fastgjord vid tornen på sådant sätt, att den ej menligt åverkas vid eventuell fjädring och deformation hos tornen. Hvarje torn hvilar på fyra betongfundament i gjutna martin-skor, förankrade med kilbultar.

Totala järnvikten för de båda konstruktionerna tillsammans är 97,2 ton; sammanlagda priset var 30,925 kr., således 31,8 öre per kg. inkl. uppsättning, men exkl. betongfundament med förankringsbultar.

Spännmasternas isolator-»pinnar» äro på alla linjerna utförda af grofva ståltuber.

Alla master hafva till skydd mot rost blifvit två gånger mönjestrunkna verkstaden och efter montaget målade med siderosten eller rostskyddsfärg.

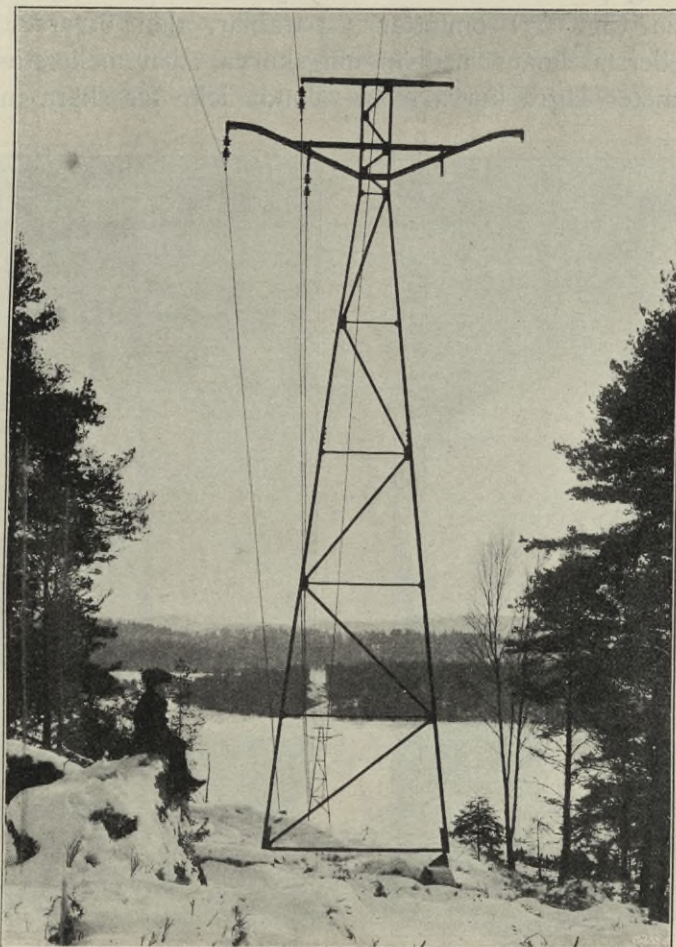


Fig. 58. Alingsås-linjen, bärmast.

Ledningarnas utförande.

Förfaringssättet vid stakning har under arbetenas gång i mån af Stakning. erfarenheter, som vunnits så småningom, undergått åtskillig modifiering. Som resultat af dessa med afseende på stakningen vunna erfarenheter har framkommit följande metod, som i hufvudsak blifvit använd vid de båda sist utförda stakningarna, nämligen för Alingsåslinjen och Sköfdelinjen.

Sedan den för linjen ekonomiska spännvidden blifvit fastlagd, upprättas på genomskinligt papper en mall öfver linans nedhängningskurva.

Stakningen verkställles så, att alla brytningar på linjen komma på spännmaster, c:a 1 km. från hvarandra. Samtidigt med stakningen verkställles afvägning af längdprofilen och med tillhjälp af mallen bestämmas masternas platser. Mallen (fig. 63) omfattar 3 parablar, den öfversta representande den nedersta linans nedhängningskurva, den mellersta en därmed parallell 6,6 meter lägre kurva, som sålunda icke får skära men väl tan-

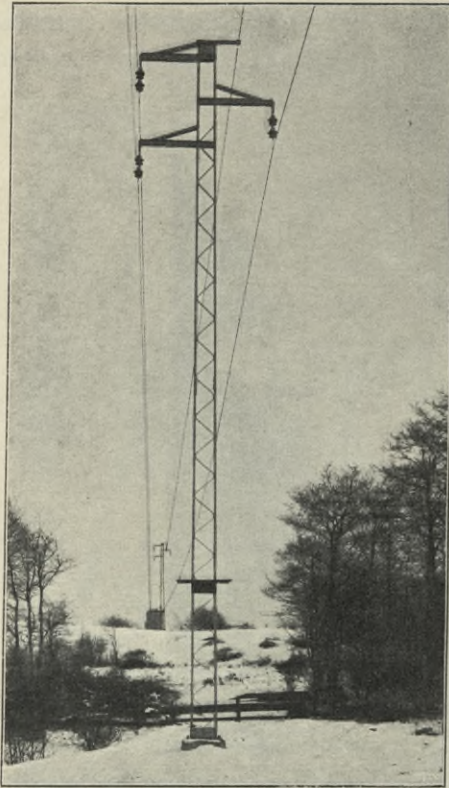


Fig. 59. Sköfde-linjen, bärmast.

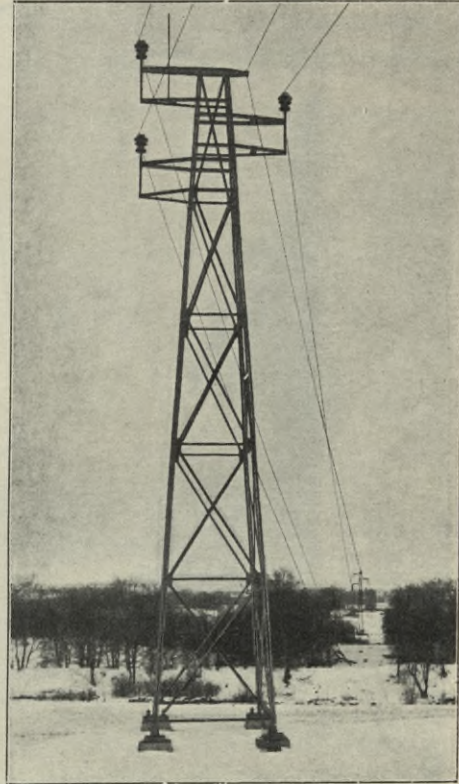


Fig. 60. Sköfde-linjen, spännmast.

gera markens profil; den nedersta kurvan går genom mastfötterna. För att finna mastplatserna parallellförskjuter man sålunda mallen å profilen, så att den mellersta kurvan på sin höjd tangerar markprofilen; den nedersta kurvan skär då marklinjen i de punkter, där masterna skola stå. Då detta verkställles ute i terrängen, kan man på kuperad mark stundom genom förskjutning af linjen dels utnyttja dalgångar och höjder så, att besparing i mastantal göres, dels få masterna placerade på berg i största möjliga utsträckning, hvilket alltid är en vinst ur flera synpunkter.

Stakningen blir på detta sätt tidsödande och dyrbar, men kan medföra stora besparingar i byggnadskostnad (se sid. 123). Vid stakningarna

har upprättats karta öfver linjen på 2×150 m. bredd i skala 1 : 5,000; på kartan hafva ägo gränser inritats och jordägarna numrerats med hänvisning till förteckningen.

Den efter stakningen kommande skogsröjningen har helst utförts på vintern, emedan det fällda virket då har största värdet. Vid andra årstider har röjningen inskränkts till det för mastplatser och transporter nödvändiga.

Röjning.

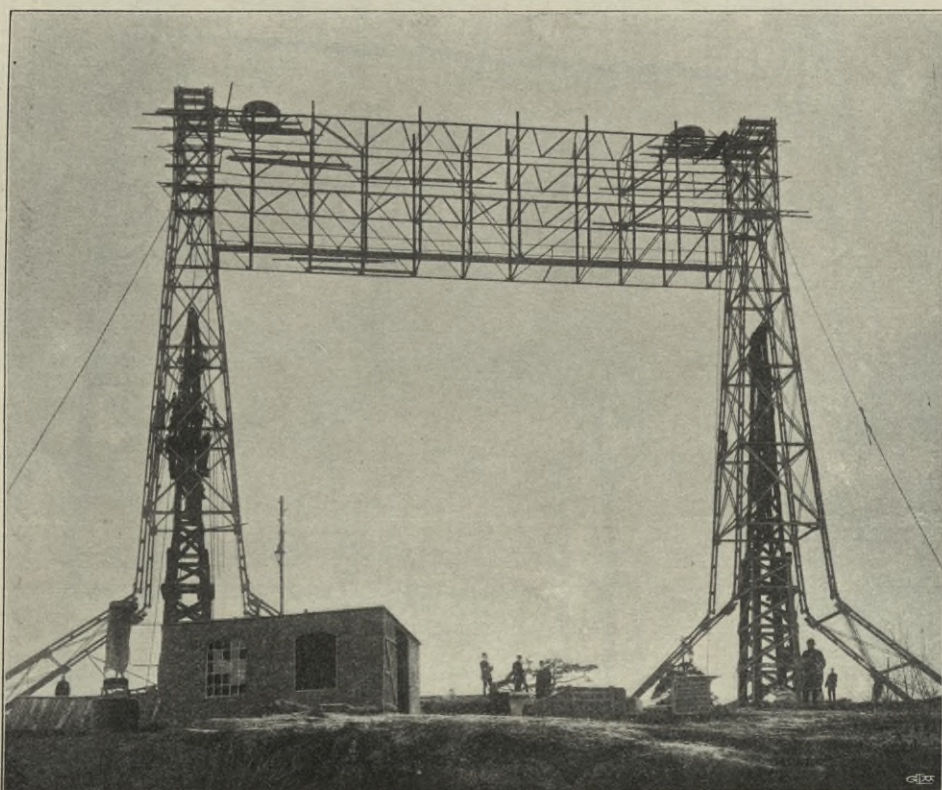


Fig. 61. Montage af en af tornkonstruktionerna för »kanalkorsningen» i Trollhättan.

För Skaralinen har gatans bredd tagits 2×6 meter, hvarjämte alla icke fullt friska träd, hvilkas höjd öfverstigit afståndet från linjen, borttagits.

På Göteborgslinjen togs att börja med en gata af 2×4 m., hvilken sedermera vid första lämpliga årstid breddades på så sätt, att alla träd borttogos, som enligt sakkunnigs bedömande kunde antagas blifva riskabla för ledningen. På Alingsåslinjen varierade gatans bredd vid 1911 års slut mellan 2×4 och 2×10 m. samt på Sköfdelinjen mellan 2×6 och 2×7 m. beroende på skogens ålder och beskaffenhet.

Pallsprängningen och borrarningen för bergmasternas fundament har kunnat utföras hvilken årstid som helst och har följt tätt efter röjningen. Betonggjutningen har ute på linjen i regel icke kunnat göras vintertid

Fundamenten.

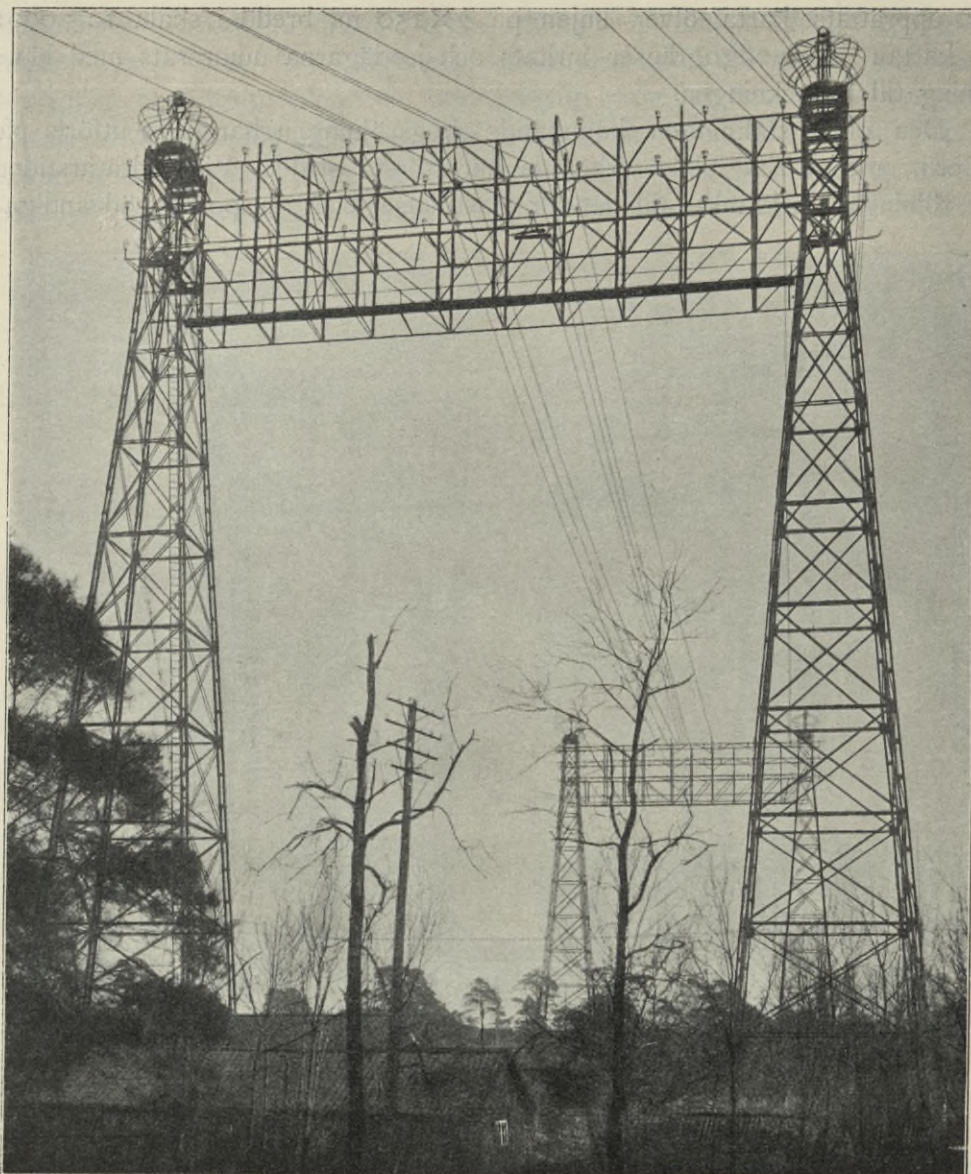


Fig. 62. »Kanalkorsningen» i Trollhättan.

emedan fundamenten naturligtvis den första tiden, innan de »brunnit», måste skyddas för frost.

För fundamentgjutningen på linjen har delvis användts decauville-material, hvilket medfört den fördelen, att blandning kunnat ske på en bestämd plats, dit ingredienserna forslats. Därigenom har besparing i sand och makadam samt transportkostnader ernåtts. Förfarandet har dock endast kunnat användas i god terräng.

I det föregående har redan omnämnts sättet för masternas montering på de olika linjerna. Tilläggas bör, att ehuru bärmasterna beräknats för de förhållanden, som råda sedan linorna lagts på, och då de stagas i linjeriktningen, någon olägenhet af att ha dem stående ostagade äfven i den starkaste storm med snöyra icke försports. Jordlinan har dock upplagts ju förr dess hellre, sedan masterna rests.

Såsom förut nämnts har en mast per km. blifvit jordförbunden.

För Skara- och Sköfdelinjerna, där så godt som alla masterna stå på ett lerlager, som hvilar på vattenförande sand, hafva jordförbindningarna i regel utförts på följande sätt. I fundamenten inlades vid deras tillverkning 16 kvmm. koppartrådar, en för hvarje jordförbunden mast, som med ena ändan pressats fast under mutterbrickor å mastfötterna, och med den andra fått sticka ut ur fundamenten en half meter under jord. I en vid ring

Masternas
uppsättning.

Jordled-
ningar.

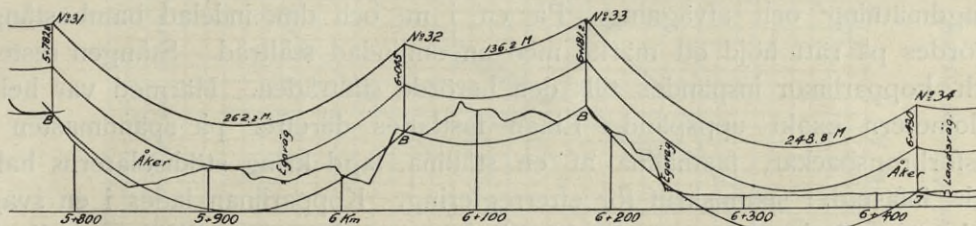


Fig. 63. Mall öfver nedhångningskurva, använd vid stakning för bestämning af mastplaceringen.

kring masten, helst i grundvatten, har nedlagts en 16 kvmm. tråd af profilkoppar (för att kännas igen hos skrothandlaren), som lödits tillsammans med trådarna från fundamenten. Härmed har åsyftats att gifva marken rundt om masten samma potential som denna, så att någon farlig spänning mellan masten och markytan inom räckhåll för människor och kreatur icke må uppkomma.

På Göteborgs- och Alingsåslinjerna, som långa sträckor gå fram öfver berg, hafva jordförbindningarna beredt mycket större svårigheter. Hittills har icke varit tillfälle konstatera, huru de utfallit.

Ledningarna hafva dragits ut efter häst, där terrängen så tillät, och efter lös uppläggning på bärmasternas isolatorer spännts upp med taljor vid spännmasterna.

Linje-
dragning.

För Skaralinen skedde uppspänningen under användning af dynamometer. Då terrängen här är så godt som plan, har spännvidden endast för några få spann kommit att öfverskrida den normala; nedhångningen har på denna linje därför i regel ej behöft särskildt kontrolleras vid uppspänningen. Linorna hafva najats direkt på spännmasternas isolatorer, hvarvid najtråden (3 mm.) virats så långt ut på linan, att en ljusbåge rundtom isolatorn skulle bränna najtråden men ej linan. På bärmasterna har linan omgifvits af en kopparränna (1 mm. bleck), som omsluter linan, men lämnar en öppning om 1 mm. upptill. Det så bildade röret, som också afser

att skydda linan för eventuell ljusbåge, är fastnajat på isolatorn. Genom prof har utrönt, att linan glider genom röret vid en dragkraft varierande mellan 100 och 120 kg. Om en lina skulle brista, kryper den sålunda genom röret utan att kröka masterna.

För Göteborgslinjen liksom för Alingsås- och Sköfdelinjerna blef dynamometer ej använd vid uppspänningen. Linorna fingo här vid utdragningen löpa öfver särskildt uppsatta rullar på hängisolatorerna. Den rätta nedhängningen erhöles på följande sätt. Det mellersta spannet afvägdes från mastfot till mastfot (för Alingsås- och Sköfdelinjerna afvägdes hela linjeprofilen, som förut nämnts, redan vid stakningen). Genom användande af millimeterpapper och mall öfver linans nedhängning, uppritad på väf för flere temperaturer, uttogs höjd och afstånd för spannets nedersta del, relativt den ena mastfoten. Punkten bestämdes i terrängen genom längdmätning och afvägning. På en i m. och dm. indelad bambustång gjordes på rätt höjd ett märke med en omlindad ståltråd. Stången restes och kopparlinan inspändes tills den berörde ståltråden. Härmed var hela kilometern exakt uppspänd. Linan fastlades därefter på spännmasten i fosforbronsbackar, fasthållna af en ställina, lagd kring stödisolatorns hals och infästad i spännskruf för efterreglering. Kopparlinan lades i en svag bukt öfver isolatortoppen. På hängisolatorerna lossades rullarna och linan gled ned i sitt rätta läge, där den drogs fast med en hakbult.

Arbetsplaner.

För åskådliggörandet af den tid och den arbetsstyrka utförandet af en kraftledning af detta slag kräfver, återgifves här en grafisk arbetsplan för Alingsåslinjens byggnad, på hvilken arbetets verkliga förlopp inritats (fig. 64). Denna metod att öfverskåda arbetet såväl på förhand som under gången har visat sig vara synnerligen praktisk.

Elektriska egenskaper, profningsresultat.

Hvarje linje är »skrufvad» ett hvarf mellan två närliggande sekundärstationer; å dubbellinjer skrufvas endast den ena 3-fas-ledningen.

För linjen Trollhättan—Skara (69,8 km. lång) gälla följande uppmätta resp. ur mättningsresultaten uträknade data.

Ohmskt motstånd vid 15° C., per fas	35,35	ohm.
Impedans vid 25 per » » » »	38,9	»
Induktivt motst. » » » » » $x = \sqrt{38,9^2 - 35,35^2} =$	16,04	»
Tomgångsström vid 53,000 volt, 25 per.	3,31	amp.
Tomgångseffekt » » » » »	26	kw.
Läckningsström » » » » » $I_l = \frac{26,000}{\sqrt{3} \times 53,000} =$	0,284	amp.
Kapacitetsström vid 53,000 volt, 25 per. $I_c = \sqrt{3,31^2 - 0,28^2} =$	3,3	»
Isolationsmotstånd vid + 12° C. och regnig väderlek, per fas	3,3	megohm
D:o d:o per isolator	1,600	»

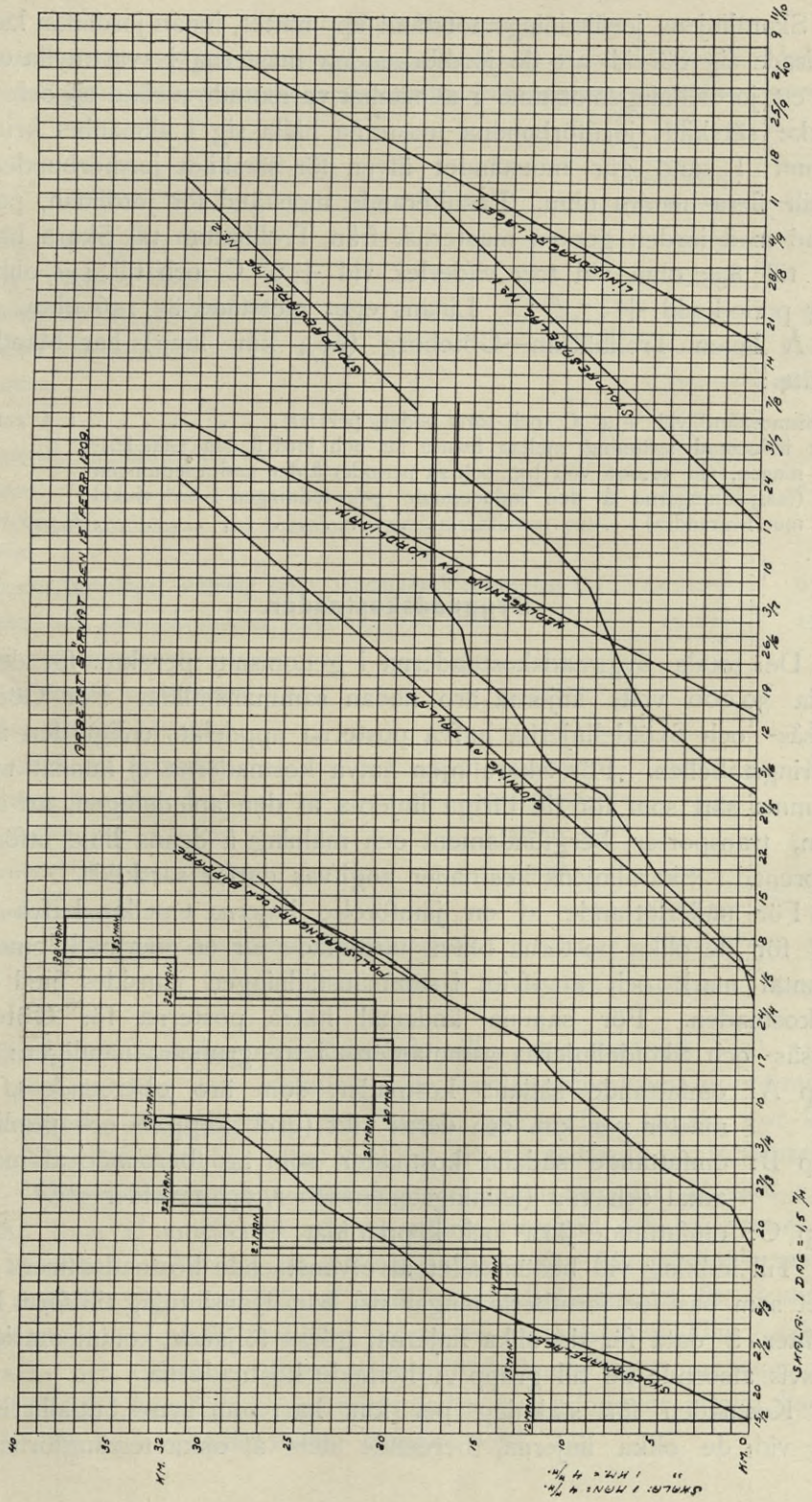


Fig. 64. Grafisk arbetsplan för Alingsås-linjens byggnad.

Skaralinjens jordledningsmotstånd uppmättes, innan jordlinan lades på. Det visade sig därvid, att de jordförbundna masterna i svartmylla och lera hafva ett jordledningsmotstånd i allmänhet varierande mellan 0,5 och 3 ohm. De icke särskildt jordförbundna masterna hålla sig i allmänhet kring 5 å 15 ohm. I sand går motståndet äfven för särskildt jordförbunden mast upp till flera hundra ohm. Resulterade motstånd för jordlinan, parallellkopplad med jorden genom masterna, från Trollhättan till Skara har uppmätts till 8,05 ohm vid torr väderlek vid $+6^{\circ}$ C. och till 4,56 ohm efter regnig period vid $+17,5^{\circ}$ C. Linans eget motstånd är 146 ohm.

Å linjen Trollhättan—Göteborg (66,4 km. lång) har bland annat uppmätts:

Isolationsmotstånd vid $+4^{\circ}$ C. och torrt väder, per fas 1 å 2 megohm.
 Statiskt inducerad spänning mellan hvarje fas och jord å ena 3-fas-ledningen, vid 50,000 volt hsp. och 25 perioder å den andra ledningen (fasspänningarna å den inducerande 3-fas-ledningen i 60° vinkel mot hvarandra) 6,300 volt.

Byggnadskostnader.

Kostnads- De totala byggnadskostnaderna i genomsnitt per km. för de hittills
 tabeller. utförda 50,000 volts linjerna äro nedan sammanställda. För Göteborgs, Alingsås- och Sköfdelinjerna hafva posterna uppdelats enligt den använda littereringstabellen. För Skaralinjen hafva kostnaderna ej kunnat uppdelas på samma sätt som för de öfriga linjerna af den anledningen, att uppsättningen, transporter, bergfundament och målning å denna linje utfördes på entreprenad. Skaralinjens kostnader angifvas därför särskildt.

För underlättande af en jämförelse linjerna emellan hafva kostnaderna för de olika posterna blifvit uträknade för en »normalkilometer» på horisontal mark och angifvits i sammanställningen jämsides med genomsnittskostnaden. För samma ändamål hafva posterna för Göteborgs-, Alingsås- och Sköfdelinjerna sammanförts i tre grupper, nämligen:

Grupp A: omfattande sådana kostnader, som äro oberoende af antalet master per km. och deras vikt (excl. koppar- och järnlina).

Grupp B: omfattande sådana kostnader, som äro beroende af masternas antal och vikt (ledningens dimensioner, spännvidder etc.)

Grupp C: omfattande järn- och kopparlina.

Kommen- Till ledning vid bedömandet af ofvanstående kostnadssiffrors använd-
 tarier till barhet som bas för förutberäkningar må här, i anslutning till förut lämnade
 kostnads- uppgifter å data för de olika linjerna, göras följande kommentarier, före-
 tabellerna. trädesvis afseende de till grupp A hörande kostnaderna.

Kostnaden för stakning per km. har, som synes, utfallit betydligt olika vid de olika linjerna, beroende dels af olika terrängförhållanden,

Skara-linjen.

Totalkostnader i kronor per kilometer i genomsnitt och per normalkilometer i öppen jord.

	Skaralinen.	
	Genomsnitt.	Per normal-km.
Stakning, kartläggning	55: 50	55: 50
Röjning (15,0 km. skog)	25: 50	—
Jordfundament vid stationer	454: —	725: —
Järnmaster vid stationer	2,520: —	1,942: —
Kopparlina	1,670: —	1,670: —
Järnlina	185: —	185: —
Småmateriel, najtråd, hylsor etc.	76: 40	70: —
Isolatorer	270: —	248: —
Extra skyddsanordningar vid korsningar med trafikleder; provisorier	10: —	—
Transporter, montage, målning (inkl. fundament) entreprenad	1,075: —	671: —
Ingenjörs- och kontorskostnader, kontroll, prof, resor	151: —	151: —
Ersättning till jordägare:		
Intrång för 66 spännmaster 1,356: —		20: 60
Intrång för 306 bärmaster 3,111: —		51: —
För gröda och hägnader 4,240: —		60: —
För skog 6,74 km. 5,584: —		—
Specialöfverensk. 1,43 km. 2,000: —		—
Ovärderad skog 5,4 km. c:a 3,000: —	302: —	—
Till värderingsmän c:a	37: 70	40: —
Intecknings- och expropriationskostnader, förslagsvis	42: 70	50: —
Summa kr. per km.	6,965: —	5,939: —

dels däraf, att stakningen utförts på olika sätt (se sid. 115). I horisontal god terräng har stakning och kartläggning samt upprättande af jordägarelistor, kontraktering etc. kunnat göras för 50 kr. per km. I mycket kuperad terräng, där särskildt arbete nedlagts på inbesparing af master (Alingsåslinjen), har stakningskostnaden uppgått till nära 150 kr. per km., hvarvid emellertid arbetet utförts vintertid och härigenom ytterligare försvårats. Att det på stakningsarbetet för Alingsåslinjen nedlagda arbetet betalats sig, framgår af den omständigheten, att för denna linje medelspännvidden utfallit åtskilligt större än normalspännvidden (under det för Skara- och Göteborgslinjen motsatt förhållande ägt rum) samt att till stor del i följd häraf genomsnittskostnaden per kilometer utfallit lägre än kostnaden för en normalkilometer i öppen jord.

Göteborgs-, Alingsås- och Sköfde-linjen.

Totalkostnader i kronor per kilometer i genomsnitt och per normalkilometer i öppen jord.

	Göteborgslinjen.		Alingsåslinjen.		Sköfdelinjen.		
	Genom- snitt.	Per normal-km.	Genom- snitt.	Per normal-km.	Genom- snitt.	Per normal-km.	
Grupp A:							
Stakning, kartläggning . . .	120:—	120:—	149:—	149:—	114:—	114:—	
Röjning	37:50	—	85:50	—	29:50	—	
Skyddsanordningar, material .	50:—	—	21:40	—	40:80	—	
» transporter	3:35	—	2:50	—	2:20	—	
» montage	84:65	—	62:50	—	35:30	—	
Verktyg (delvis i behåll) . .	95:50	95:50	56:50	56:50	52:50	52:50	
Ingenjör- och kontorskost- nader	610:—	610:—	515:—	515:—	550:—	550:—	
Jordägareersättningar för skog resp. gröda; värderingar .	290:—	185:—	248:—	268:—	278:—	200:—	
Förrådskostnader	50:50	50:50	34:50	34:50	60:50	60:50	919:—
Grupp B:							
Fundamentmaterial vid station	292:—	660:—	114:—	660:—	227:50	860:—	
» transporter	144:—		70:—		118:—		
» arbetskostnader	710:—		493:—		313:—		
Master vid station	2,750:—	2,384:—	1,255:—	1,562:—	1,632:—	1,163:—	
» transporter	110:50	109:—	126:10	142:—	33:50	36:—	
» arbetskostnader	245:—	239:—	141:50	159:—	121:—	130:—	
Isolatorer med tillbehör, trans- porter och montage	343:—	335:—	185:—	208:—	346:—	375:—	
Målning	153:—	149:—	85:—	96:—	62:20	67:—	2,628:—
Grupp C:							
Järn- och kopparlina samt småmaterial vid station . .	6,090:—	6,090:—	1,685:—	1,685:—	750:—	750:—	
» transporter	42:—	42:—	17:—	17:—	19:80	19:80	
» montage	225:—	225:—	140:—	140:—	63:20	63:20	833:—
Summa kr. per km.	12,446:—		11,294:—	5,487:—	5,692:—	4,489:—	4,380:—

Röjningskostnaden har uppgått till 180 kr. per km. skog; den har naturligtvis varit beroende af skogsbeståndet.

Beträffande skyddsanordningar, som krävas för korsningar med allmänna vägar, telefonledningar, trafikleder etc., kan en allmängiltig kostnads-siffra icke angifvas.

Verktygskostnaden synes generellt kunna anslås till 50 kr. per km., där icke särskilda lyft- eller transportanordningar behövas i större utsträckning.

Ingenjörs- och kontorskostnader synas generellt kunna anslås till 350 à 450 kr. per km., hvarvid en tredjedel är att räkna för konstruktion, upphandling, kontroll af materialleveranser etc., resten för arbetsledning.

Ersättning till jordägare har varierat betydligt. Skog har varit det dyraste. Ersättningen härför har i allmänhet bestämts så, att jordägaren behållit det fällda virket och utfått dels ett så stort belopp, som jämte det fällda virkets värde med ränta skulle hafva uppgått till den mogna skogens värde vid den för afverkningen lämpliga tiden, dels ett belopp, som motsvarar markens värdeförminskning därigenom, att den icke längre får vara skogsbärande utan endast kan användas som betesmark. Ersättningen för god skogsmark pr har under nämnda fötutsättningar kan variera mellan 200 och 400 kr. För nedtrampad gröda har värderats efter god skörds värde per kvm. — olika för vall, hafre, hvete etc. Gröda och hägnader ha ersatts med 75 à 100 kr. per km. I allmänhet har ersättningarnas sammanlagda belopp varierat mellan 200 och 300 kr. per km.

För värderingar och expropriation torde generella siffror ej kunna angifvas. Särskildt bör här dock framhållas, att staten enligt expropriationsförordningen endast ersätter den verkliga skadan, under det att enskilda, då det gäller kraftledningar, erlægga 50 % därtill.

Hvad masterna beträffar, befinnes vid jämförelse mellan Alingsås-linjen och Skaralinjen den sistnämnda linjens master per normalkilometer betinga c:a 400 kr. högre kostnad än Alingsåslinjens. Denna skillnad härrör endast från de förändrade beräkningsgrunderna, den högre tillåtna påkänningen i kopparlinan. För jämförelsen bör vidare nämnas, att på Skaralinjens master från början alla sex isolatorerna monterats, ehuru endast tre linor upplagts. På Alingsåslinjen hafva sex isolatorer uppsatts på spännmasterna; däremot hafva på bärmasterna endast de för enkellinien behöfliga tre hängisolatorerna monterats. På Göteborgslinjen hafva, som förut nämnts, alla sex linierna från början upplagts. I detta sammanhang bör äfven nämnas, att den för Alingsåslinjen angifna genomsnittskostnaden per km. för isolatorer inbegriper reservmaterial, som inköpts och bokförts tillsammans med dessa, hvarför siffran rätteligen borde vara omkring 100 kr. lägre.

Sammanställning af data rörande 50,000 volts linjerna.

För samtliga linjerna användes flertrådig kopparlina å fackverks-
master af järn med normalt 1 »spännmast» per km. I öfrigt gälla för de
olika linjerna följande data:

	Skaralinen.	Göteborgslinjen.	Alingsåslinjen.	Sköfdelinjen.
Längd km.	69,8	66,4	31,7	23,9
Koppararea mm ²	$\left. \begin{array}{l} 6 \times 35 \\ \text{f. n. } 3 \times 35 \end{array} \right\}$	6 × 70	$\left. \begin{array}{l} 6 \times 35 \\ \text{f. n. } 3 \times 35 \end{array} \right\}$	3 × 16
Kopparlinornas inbördes af- stånd mm.	1,800	1,800	1,800	1,800 à 3,300
Järnlinans area mm ²	57,8	57,8	57,8	30
» beskaffenhet	mjuk, ohärdad	seghärdad	seghärdad	seghärdad
Isolatortyp för spännmast	stödisolator	stödisolator	stödisolator	stödisolator
» » bärmast	»	hängisolator	hängisolator	hängisolator
Spännvidd normalt m.	170	200	185	134
» i medeltal »	155	195	208	145
Antal spännmaster	82	77	33	—
» bärmaster	365	265	120	—
Masthöjd till ned. kopparlinan m.	13,2	13,3	13,3	11,3
» totalt för spännmast »	14,45	14,58	14,45	12,55
» » bärmast . »	14,47	16	15,96	14,36
Basbredd vinkelrätt mot linjen:				
spännmast m.	3,5	5	3,6	2
bärmast »	3,5	5	3,6	2,42
Vikt af en spännmast kg.	2,250	2,860	2,290	1,180
» » » bärmast »	1,010	1,570	1,180	590
Pris fritt station för en				
spännmast kr.	652	716	447	266
bärmast »	258	417	250	137
Kostnad per km. exkl. koppar- och järnlina samt isolatorer »	4,764	5,746	3,460	3,310
Kostnad per km. för isolatorer »	270	343	185	346
» » » totalt »	6,975	12,446	5,487	4,489

Sekundärstationerna.

Den allmänna anordningen af sekundärstationerna framgår af det enpoliga generalkopplingsschemat, fig. 43.

Göteborgsstationen och Lilla Edet-stationen skilja sig i fråga om storlek, kopplingsschema och disposition betydligt såväl sinsemellan som från de fem öfriga stationerna, hvilka däremot i fråga om storlek och kopplingsschema tillhöra en och samma grundtyp. I Trollhätteanläggningen finnas sålunda för närvarande sekundärstationer af tre olika grundtyper, och beskrivas dessa tre typer här nedan hvar för sig.

Göteborgsstationen är afsedd att fullt utbyggd rymma 5 trefas-
 transformatoraggregat om hvardera maximalt 9,900 k. v. a. och ett om- Göteborgs
 sättningsförhållande vid triangelkopplad sekundärlindning af c:a 50,000 till stationen.
 6,000 volt (för matning af Göteborgs stads elektricitetsverk) och vid stjärn-
 kopplad sekundärlindning af c:a 50,000 till 10,000 volt (för distribution i
 stadens omnejd). Hvarje trefastransformatoraggregat sammansättes härvid
 liksom i kraftverket af 3 enfastransformatorer, här om hvardera 3,300 k. v. a.
 och stjärnkopplade på primärsidan. Stationen är vidare afsedd att vid full
 utbyggnad matas af 4 inkommande 50,000 volts trefas linjer, hvarjämte
 en fortsättningslinje för 50,000 volt kan utledas från samma fasad, som mot-
 tager de 4 ingående linjerna.

Stationsbyggnaden har med en gång blifvit uppförd till den storlek, som svarar mot stationens fulla utbyggnad. Skälet härtill har dels varit formen af den tomt, som af Göteborgs stad kostnadsfritt upplåtits, hvilken till ungefär fyra femtedelar måst tagas i anspråk för den under närmaste tiden behöfliga byggnadsstommen, dels de synnerligen dåliga grundförhållandena, som skulle hafva förorsakat en betydligt stegrad kostnad för konstgjord undergrund för en senare tillbyggnad af den lilla del af byggnaden, som utöfver det för den närmaste tiden nödvändiga rymmes på tomten. Af transformatorer hafva till en början 2 trefasaggregat jämte en enfastransformator som reserv — således inalles 7 enfastransformatorer — blifvit installerade. Stationen matas för närvarande af två inkommande 50,000 volts trefaslinjer, hvardera dimensionerad för öfverföring af en Trollhättegenerators effekt. Kopplingsschemat (pl. 25) är utbildadt analogt med schemat för kraftstationen i så måtto, att hvarje transformatoraggregat med tillhörande instrumentering från 50,000 volts linjens inledning till sekundärsidans samlingsskenor bildar ett själfständigt helt för sig. Enkla samlingsskenor med inbyggda sektionfrånskiljare mellan aggregaten äro anordnade för hvardera af de förekommande högspänningarna 50,000, 10,000 och 6,000 volt. Automatiska oljeströmbrytare finnas för de inkommande 50,000 volts linjerna, på hvardera sidan om hvarje transformatoraggregat samt för de utgående sekundär-

linjerna. Transformatoraggregaten äro å sekundärsidan med tillhjälp af knifomkopplare omkopplingsbara, så att de kunna anslutas till endera af de båda sekundärsystemens samlingsskenor. 6,000 volts utledningarna äro så anordnade, att all 6,000 volts energien uppmättes af en och samma maximalmätare, med parallellkopplade strömtransformatorer.

Till 10,000 volts samlingsskenor är ansluten en »lokaltransformator», om 50 k. v. a., 10,000/190 volt för direkt matning af stationens hjälpmaskineri och ordinära belysning. Med 190 volts ström från lokaltransformatorn drifves äfven stationens uppvärmning samt en motorgenerator bestående af en asynkron trefasmotor om 10 hkr. med likströmgenerator om 55 amp. vid 110—150 volt (50 amp. vid 150—165 volt) och 1,450 hvarf per min. Likströmgeneratorn levererar i förening med ett ackumulatorbatteri af bufferttyp om 160 ampèretimmars kapacitet vid 3-timmars urladdning ström för manövrering af oljeströmbrytarna, för signalanordningar samt för nödbelysning.

Stationens disposition och yttre utseende framgår af pl. 26 samt fig. 65.

Byggnadens hufvudparti är uppfördt i två våningar, hvardera innehållande ett enda stort rum för högspänningsinstrumentering. I det öfre rummet, där linjerna inledas, äro öfverspänningsskydd och samlingsskenor för 50,000 volt inrymda, i den undre finns hela den öfriga högspänningsinstrumenteringen. Längs hufvudpartiets norra fasad äro utbyggda 5 celler under lätt tak för inrymmande af transformatorerna. Transformatorcellerna hafva samma dimensioner och inredning som kraftstationens, och transformatorerna äro äfven uppställda på samma sätt. Byggnadens ändparti, som har tre våningar, inrymmer kontrollrum med kontrolltafla, stationstransformatorn med likströmsanläggning, pumpar och cisterner för vatten och olja, montage- och reparationshall för transformatorer m. m., samt bostadsrum för driftpersonalen jämte trapphus.

Byggnaden är uppförd af tegel under plåttak på trätakstolar. Grunden är utförd af betong på friktionsträpålar. Bjälklagen — äfven vindsbjälklagen — äro utförda af betong mellan järnbalkar. Fasaderna äro af Hälsingborgs Ångtegelbruks handslagna fasadtegel med sparsam användning af kalksten. Byggnaden är konstruerad med hänsyn till eventuell påbyggnad af en tredje våning till högspänningspartiet.

Hela den elektriska utrustningen har levererats af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget.

Transformatorerna äro af samma typ och konstruktion och uppfylla i tillämpliga delar samma garantier som de i kraftstationen. Normaleffekten (vid bästa verkningsgrad) är 2,700 k. v. a. Primärsidan å hvarje enfas-transformator är försedd med uttag för tre olika omsättningar nämligen 28,580/5,775, 27,500/5,775 och 26,400/5,775, motsvarande vid stjärnkopplad sekundärsida 49,500/10,000, 47,600/10,000 och 45,700/10,000 volt resp.

Kylvattenanläggningen, som äfven matar öfverspänningsapparaterna, omfattar inom stationen 3 st. elektromotordrifna centrifugalpumpar, hvaraf två om vardera 600 min.liter vid 15 m. och den tredje om 150 min.liter vid 20 m. uppfodringshöjd, en cistern om 9 kbm. (för öfverspänningsskydden dessutom en cistern om 2,25 kbm.) samt rörledningar och signalanordningar efter i hufvudsak samma system, som kommit till användning i kraftstationen. Vattnet pumpas från en utanför stationen anlagd, af betongringar utförd sugbrunn, som matas af en c:a 200 m. lång som gravitationsledning förlagd intagsledning från Göta älf. Intagsledningens mynning i älfven är omgifven af en brunn af spåntad plank med silanordning. — Som reserv för pumpanläggningen tjänstgör stadens vattenledning. För lagring och ombyte af transformatorolja finnas i ändpartiets 2:a våning uppställda 2 cisterner om vardera 9 kbm., en för ren och en för oren olja, hvilka cisterner genom rörledningar och en elektromotordrifven oljepump stå i förbindelse med



Fig. 65. Sekundärstationen vid Göteborg, exteriör.

transformatorerna. För kontroll af transformatorernas oljetemperatur finnas liksom i kraftverket afståndstermometrar jämte allarmordning i kontrollrummet.

Högspänningsställverkets disposition är, hvad beträffar apparaternas uppställning, ledningsföring, utrymmen samt anordning af mellanväggarna, i hufvudsak densamma som för motsvarande delar af kraftstationens ställverksanläggning. Mellanväggmaterialet består dock här genomgående, utom för strömbrytarcellerna, af 30 à 50 mm. »gipsbräder», som murats in i järnställningarna samt därefter putsats med kalkbruk. Oljeströmbrytarna för

50,000 volts systemet och transformatorernas sekundärsida äro inbyggda i celler af samma konstruktion och dimensioner som kraftstationens. Järnställningarnas vikt uppgår till c:a 35 ton; mellanväggarna utgöra inkl. betongväggar för strömbrytarceller c:a 1,550 kvm. Högspänningsrummen äro liksom i kraftstationen afstängda med järndörrar.

Apparaterna och ledningsmaterielen i högspänningsställverket äro af samma typ och konstruktion som motsvarande delar i kraftstationen. De stora oljeströmbrytarna (d. v. s. de i celler inbyggda) äro alla af »hufvudströmbrytartyt».

Såväl de stora strömbrytarna som strömbrytarna för 10,000 volts utledningarna äro anordnade för normalt elektrisk till- och fränslagning

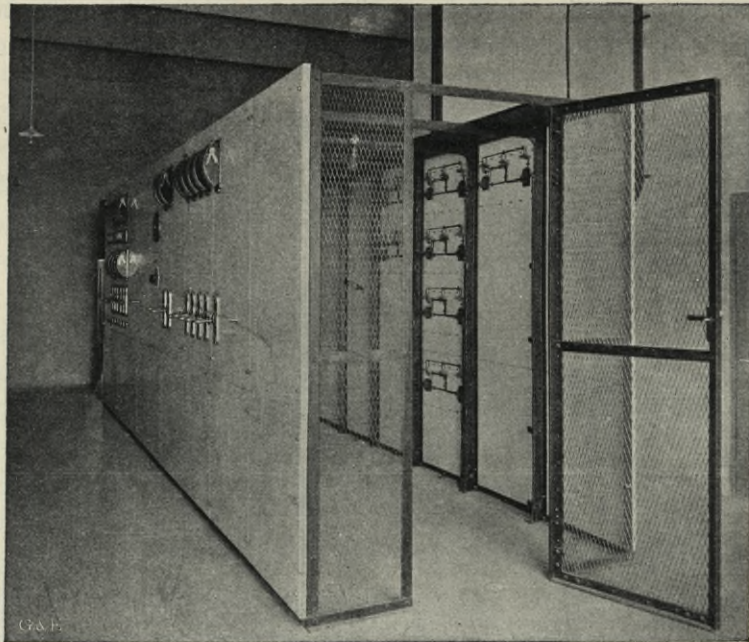


Fig. 66. Kontrolltaflan i sekundärstationen Göteborg.

från kontrolltaflan, men kunna äfven manövreras för hand. Reläerna och öfverspänningsskydden äro af samma typ som i kraftstationen.

I ett särskildt kontrollrum i ändpartiets bottenvåning är uppställd en kontrolltafla af hvit marmor (fig. 66), upptagande oljebrytarnas manöverströmbrytare samt mätinstrument. Strömbrytarreläerna äro monterade å en bakom kontrolltaflan uppställd marmortafel, indelad i samma antal fält som kontrolltaflan. I kontrollrummet finns vidare en signaltafel, upptagande allarmordning med signalklaffar, som signalera strömbrytarutlösning, temperaturfel i transformatorerna och fel i kylvattenanläggningen. Ma-

növer-, signal- och mätledningarna utgöras af ståltrådsomflätade flerledarkablar.

Lilla Edet-stationen är afsedd att framdeles tjänstgöra som upp-
transformeringsstation för 10,000 volts energi från en blifvande kraftstation vid Lilla Edet. Det nu uppförda partiet af stationen är afsedt att därvid mottaga ett från Lilla Edet-kraftstationen inkommande 10,000 volts hufvudledningsknippe om 4×3 trådar samt att inrymma ett transformatoraggregat för 10,000/50,000 volt af samma storlek som Trollhätte-kraftstationens transformatoraggregat. Transformatoraggregatets 50,000 volts sida skall härvid kunna anslutas dels direkt till en utgående 50,000 volts dubbelinje (Alingsåslinjen), hvars ena trefasledning redan nu utgår från stationen, dels genom förmedling af ett enkelt samlingsskensystem till Göteborgslinjens båda ledningar, som blifvit genomledda genom stationen. För närvarande tjänstgör stationen dels för fördelning af Trollhätteenergien från Göteborgslinjen till Alingsåslinjen, dels för nedtransformering till 10,000 volt i och för distribution i den närliggande delen af älfvalen. Nedtransformeringen ombesörjdes vid 1911 års slut af en trefastransformator om 1,000 k. v. a. med en transformator om 500 k. v. a. som reserv.

Enligt generalkopplingsschemat (fig. 43) äro de genomgående 50,000 volts linjerna anslutna till 50,000 volts samlingsskenor genom hvar sin automatiska oljeströmbrytare. För de utgående 50,000 volts linjerna och för transformatoraggregatets 50,000 volts sida finnas äfven automatiska oljeströmbrytare anordnade på samma sätt som i kraftstationen. På 10,000 volts sidan finnas enkla samlingsskenor, från hvilka distributionslinjerna utledas genom automatiska oljeströmbrytare.

Till 10,000 volts samlingsskenor är ansluten en »lokaltransformator» om 50 k. v. a. och 190 volts sekundärspänning, för matning af hjälpmaskineri, värmeelement och belysning i stationen.

Stationens yttre utseende framgår af fig. 67. Byggnaden är uppförd i 3 våningar; öfversta våningen inrymmer öfverspänningsskydd för 50,000 volts linjerna, mellanvåningen 50,000 volts samlingsskenor och linjeströmbrytare, bottenvåningen transformatorerna (i afskildt rum), transformatorströmbrytaren och 10,000 volts ställverk med kontrolltaflor, kontrollrum med kontrolltafla för 50,000 volts systemet och fördelningstafla för lokalanläggningen samt slutligen montagehall för transformatorer m. m.

Byggnaden är uppförd af tegel under plåttak på järntakstolar, på undersidan inklädda med korrugerad plåt; grunden består af gråsten på berg; bjälklagen äro af samma konstruktion som Göteborgsstationens; fasaderna äro af vanligt murtegel med kalkstenslister.

Den elektriska utrustningen har levererats af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget.

1,000 k. v. a.-transformatorn är liksom kraftstationens transformatorer utförd som olje- och vattenkyld kärntransformator med cylinderlindning; vattenförbrukningen är garanterad maximalt 19 min./lit.; samma garantier med afseende å isolationshållfasthet hafva gjorts gällande som för kraftstationens transformatorer. Transformatorn är försedd med extra uttag, så att 2 olika omsättningar kunna erhållas, nämligen 49,500/10,000 och 47,000/10,000. Verkningsgraden har uppmätts till 97,2 vid 1/1 last. Transformatorns vikt är exkl. behållare och olja 6,25 ton, behållarens med tillbehör vikt 3,3 ton, oljans vikt 3,4 ton; transformatorns totala vikt således 12,95 ton.

Kylvattnet pumpas från en c:a 200 m. från stationen belägen tjärn medelst 2 elektromotordrifna centrifugalpumpar om vardera 600 min.liter vid 39 meters uppfodringshöjd (1 pump reserv). Pumparna äro installe-

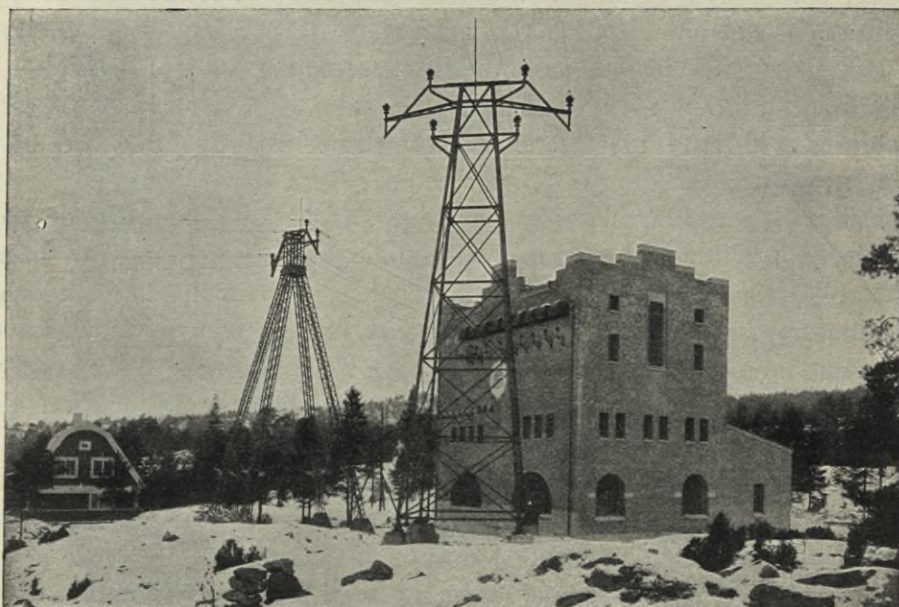


Fig. 67. Sekundärstationen vid Lilla Edet, exteriör.

rade i ett särskildt pumphus af tegel, som uppförts invid tjärnen (fig. 68). Till kylvattenanläggningen hör en cistern om 4 kbm., uppställd å en balkong i montagehallen (för transformatorerna) och en mindre cistern i 3:e våningen.

För lagring af transformatorolja finnes en cistern om 4 kbm.; oljan pumpas från transformatorn till cisternen med handpump.

Transformatorn är utrustad med distanstermometer kombinerad med allarmanordning; kylvattencisternerna äro försedda med allarmanordning för lågt vattenstånd. Signal- och alarmapparaterna äro placerade i kontrollrummet.

Beträffande högspänningsställverkets disposition, apparaterna och materielen samt mellanväggarna gäller hvad som sagts om motsvarande delar för Göteborgsstationen. Dock äro oljeströmbrytarna ej för närvarande anordnade för elektrisk tillslagning; utlösningen och signaleringen sker medelst ström från ett torrelementbatteri, sedermera dock liksom i öfriga sekundärstationer ersatt med ett Jungnerbatteri, som laddas med omformare. Kontrolltaflan för 50,000 volts systemet är anordnad analogt med taflan i Göteborgsstationen. Kontrolltaflan för 10,000 volts-systemet är sammanbyggd med ställverket (fig. 69).

Håkantorps-, Skara-, Sköfde-, Nol- och Alingsåsstationerna hafva Småstationer samtliga utbyggt för inrymmande af hvardera 3 trefas transformator-enheter

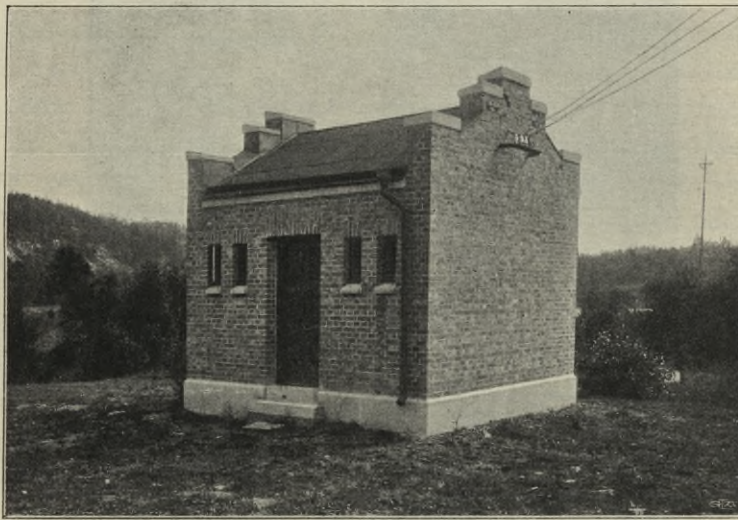


Fig. 68. *Pumphus vid sekundärstationen Lilla Edet.*

om högst 1,000 k. v. a. för nedtransformering från 50,000 till 10,000 eller 3,000 volt. De äro alla, utom Sköfdestationen, som matas af enkellinje, afsedda att matas af en genomgående dubbel 50,000 volts linje.

Kopplingsschemat är, som nämnts och som äfven framgår af generalschemat, fig. 43, i hufvuddrag lika för de fem stationerna. I hvarje station finnas enkla samlingsskenor för 50,000 volt samt för hvardera förekommande sekundärspänningen likaledes ett enkelt samlingsskenesystem. I de stationer, som hafva både 10,000 och 3,000 volts distribution, finns mellan de båda sekundära samlingsskenesystemen inkopplad en transformator om 250 à 300 k. v. a. 10,000/3,000 volt, som vid behof tjänstgör som reserv för transformering i endera riktningen. 50,000 volts linjernas anslutning till samlingsskenorna är för Skara- och Håkantorpsstationerna något olika

anordningen i de öfriga stationerna; anordningen i Sköfde-, Nol- och Alingsåsstationerna, hvilka äro af senare datum än de båda förstnämnda stationerna, har adopterats som standard för Trollhätteverkets sekundärstationer af denna typ.

De tre sistnämnda stationerna skilja sig från de båda första i fråga om vissa andra detaljer af kopplingsschemat samt dessutom och ej oväsent-

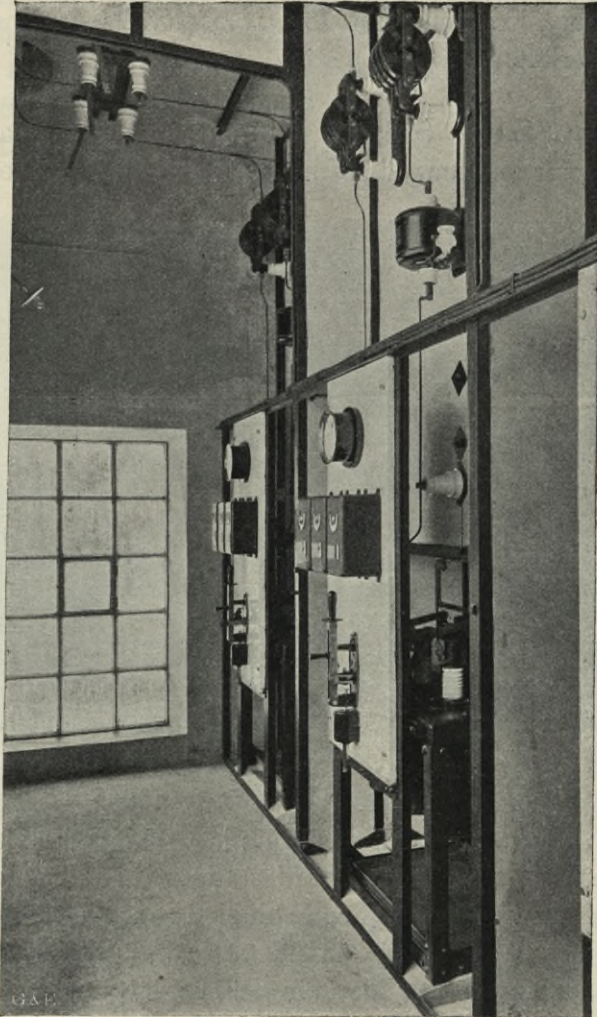


Fig. 69. Kontrolltaflan för 10,000 volts systemet i sekundärstationen Lilla Edet.

ligt i fråga om byggnadens och ställverkets disposition samt apparaternas och materielens typ och beskaffenhet. Dessa olikheter hafva i fråga om byggnadens och ställverkets disposition uppstått som en följd af naturlig utveckling i mån af teknikens och de elektriska firmornas framsteg på högspänningsområdet, hvilka under åren 1906—1910 voro oerhördt snabba

och föranledde en betydande förändring i standarddimensionerna hos praktiskt taget alla apparatslag.

Som normaltyp för Trollhätteverkets sekundärstationer framstår särskildt Alingsåsstationen, af hvilken Sköfde- och Nolstationerna utgöra kopior endast med de modifikationer, som betingats af enkellinjen (för Sköfdestationen) och saknaden af 3,000 volts sekundärspänning (för Nolstationen) och som beträffande utrustningens konstruktiva detaljer betingats af olika leverantörer. Alingsåsstationens karaktäristiska hufvuddata framgå af följande beskrifning.

Alingsås-
stationen.

Kopplingschemat (pl. 27), hvars hufvuddrag redan antydts, visar hurusom den inkommande 50,000 volts enkellinjen anslutes till samlings-skenorna medelst frånskiljare. Stationen är emellertid disponerad så, att framdeles, när dubbellinje indragits, linjerna kunna anslutas till samlings-skenorna genom automatiska oljeströmbrytare. Hvarje 50,000 volts transformator har på hvardera sidan en automatisk oljeströmbrytare; dessa strömbrytares reläer äro differentialkopplade. För hvarje transformator finns utrymme för utledning genom oljeautomater af två sekundära luftlinjer. 3,000 volts energien till Alingsås utledes genom kabel med oljeautomat. Reservtransformatorn för 10,000/3,000 volt skyddas å ömse sidor med oljesäkerhetsapparater.

Till 10,000 volts samlings-skenor är ansluten en lokaltransformator om 50 k. v. a. 190 volt sek. spänning för leverans af ström till hjälpmaskineri, uppvärmning och belysning i stationen.

Byggnaden (se dispositionsritning pl. 28 och fig. 70) innehåller ett 3-våningsparti och ett parti i 2 våningar. 3-våningspartiet inrymmer i 3:e våningen öfverspänningsapparater för 50,000 volts linjerna, i 2:a våningen plats för 50,000 volts linjeströmbrytare, i 1:a våningen kontrollrum med kontrolltafla för 50,000 volts linjerna och fördelningstafla för lokalströmmen m. m., reservtransformatorn, lokaltransformatorn samt montagehall. 2-våningspartiet inrymmer det öfriga ställverket, i 2:a våningen 50,000 volts samlings-skenor och öfverspänningsskydd för sekundärlinjerna, i 1:a våningen ställverk för transformatorerna och sekundärlinjerna. — 50,000 volts transformatorerna äro inrymda i eldfasta celler utbyggda under lätt tak till 2-våningspartiet. Hvarje transformatorcell upptager samma byggnadslängd som ställverket för motsvarande transformator. 3-våningspartiet har från början uppförts komplett för 2 st. 50,000 volts linjer. 2-våningspartiet är för närvarande uppfördt med 3 transformatorceller och till motsvarande längd. Stationen är så disponerad, att utvidgning af 2-våningspartiet kan utföras genom utbyggnad med en likadan flygel på andra sidan om 3-våningspartiet; härigenom erhålles en fördelaktig anpassningsförmåga med hänsyn till utledningen af blifvande sekundärlinjer.

Byggnaden är uppförd af tegel. Grunden är af betong på sandbotten. Bjälklagen äro af armerad betong; yttertaket består af träcement på armerad betong med undersidan inklädd med rabbitsputs. Fasaderna äro af vanligt murtegel med kalkstenslister.

Transformatorerna äro levererade af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget samt äro af samma typ och konstruktion som motsvarande transformatorer i Lilla Edet-stationen. Reservtransformatorn 10,000/3,000 volt är oljeisolerad och vattenkyld. Kylvattenanläggningen jämte signalanordningen samt oljeanläggningen äro anordnade på samma sätt som i Lilla Edet-stationen, med den skillnaden, att vattnet här pumpas från en förbi-flytande å medelst en roterande klappump om 200 min./lit., uppställd i montagehallen.

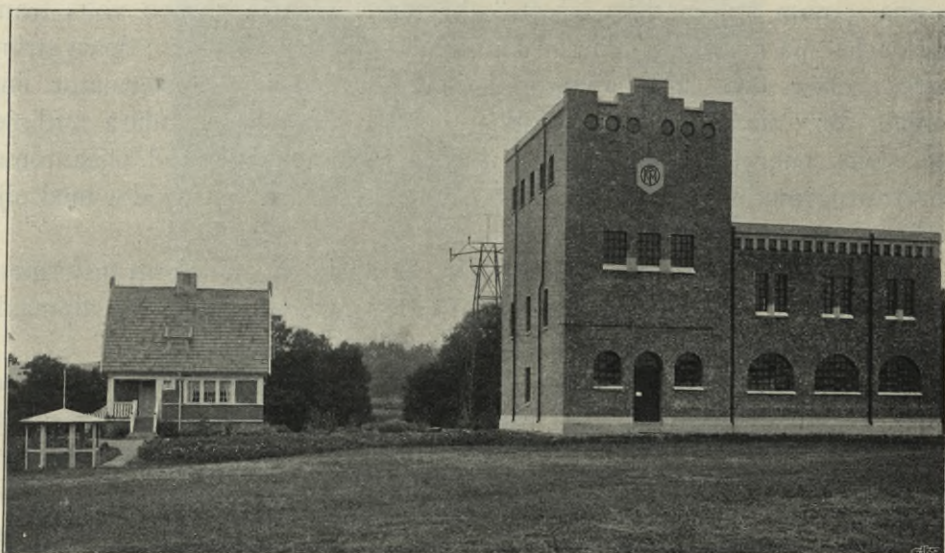


Fig. 70. Sekundärstationen vid Alingsås, exteriör.

Beträffande högspänningsställverkets disposition, apparaternas uppställning, ledningsföring, utrymmen samt anordningen af mellanväggarna gäller hvad som ofvan sagts om Göteborgs- och Lilla Edet-stationerna. Oljeströmbrytarna för 50,000 volts systemet äro inbyggda i celler af samma konstruktion och dimensioner som i ofvannämnda stationer resp. kraftstationen. Vikt af mellanväggarnas järnställningar 12,56 ton; mellanväggarna (vid slutet af 1911 uppförda endast för 2 af transformatorställverken) utgöra 460 kvm., hvaraf 44 kvm. betongväggar för strömbrytarceller. Priset har varit för järnställningarna inkl. uppsättning och målning 329 kr. per ton, för gipsbräddväggarna 5 kr. resp. 6 kr. per kvm. (2 groflek, inkl. puts 50 resp. 65 mm.), inkl. uppsättning och puts.

Instrumenteringen har levererats af Nya Förenade Elektriska Aktiebolaget. Högspänningsställverkets apparater och materiel äro levererade efter i hufvudsak samma bestämmelser som motsvarande delar i Göteborgs- och Lilla Edet-stationerna resp. i kraftstationen; beträffande typer och konstruktion hafva också i hufvudsak samma normer blifvit tillämpade.

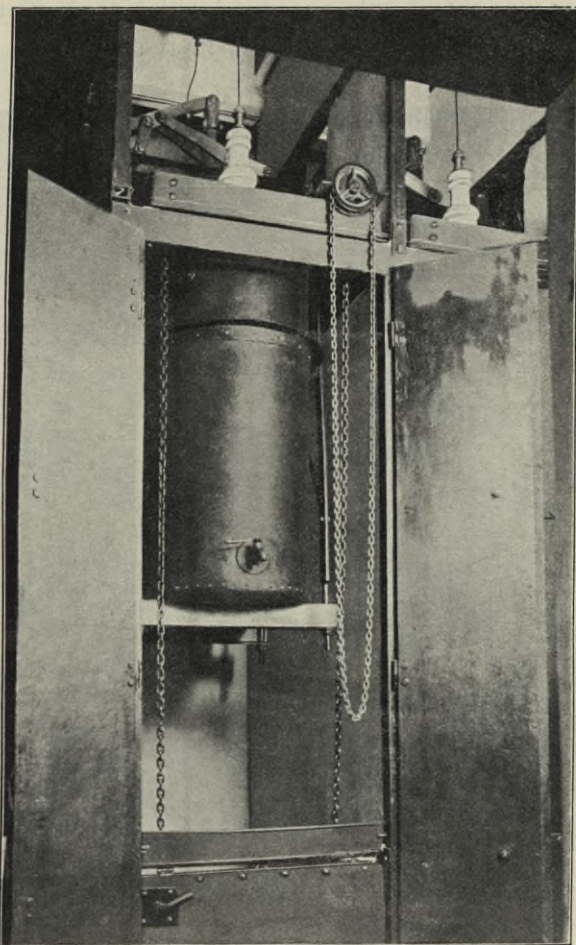


Fig. 71. Automatisk oljeströmbrytare för 50,000 volt i sekundärstationen Alingsås, levererad af Nya Förenade Elektriska Aktiebolaget.

50,000 volts strömbrytarna (fig. 71) äro af »hufvudströmbrytartyper» med i oljelådan inbyggda laddningsmotstånd, garanterade att kunna bryta 50,000 kw. Frånslagningen sker elektriskt från kontrolltaflan eller för hand, tillslagningen däremot endast för hand. Strömbrytaren liknar kraftstationens 50,000 volts hufvudströmbrytare däruti, att brytningen sker vertikalt nedåt. att kontaktdelar och oljelådan äro upphängda i en gjutjärnsplatta som

bildar tak för cellen och som uppbär mekanismen, och att tilledningen sålunda är uppifrån. Oljelådans dimensioner äro äfven ungefär desamma som för kraftstationens strömbrytare. Kontaktbryggornas och kontaktdelarnas konstruktion är däremot en helt annan. Brytningen fördelas på ej mindre än 6 seriekopplade brytställen per fas. Brytningshastigheten kan (genom variation af fjäderkraften) varieras upp till c:a 1,5 m. per sekund per kontakt. Tillslagningen sker med handspak anordnad vid sidan om strömbrytarcellen. Oljelådan kan bekvämt manövreras af 1 man genom en å strömbrytaren

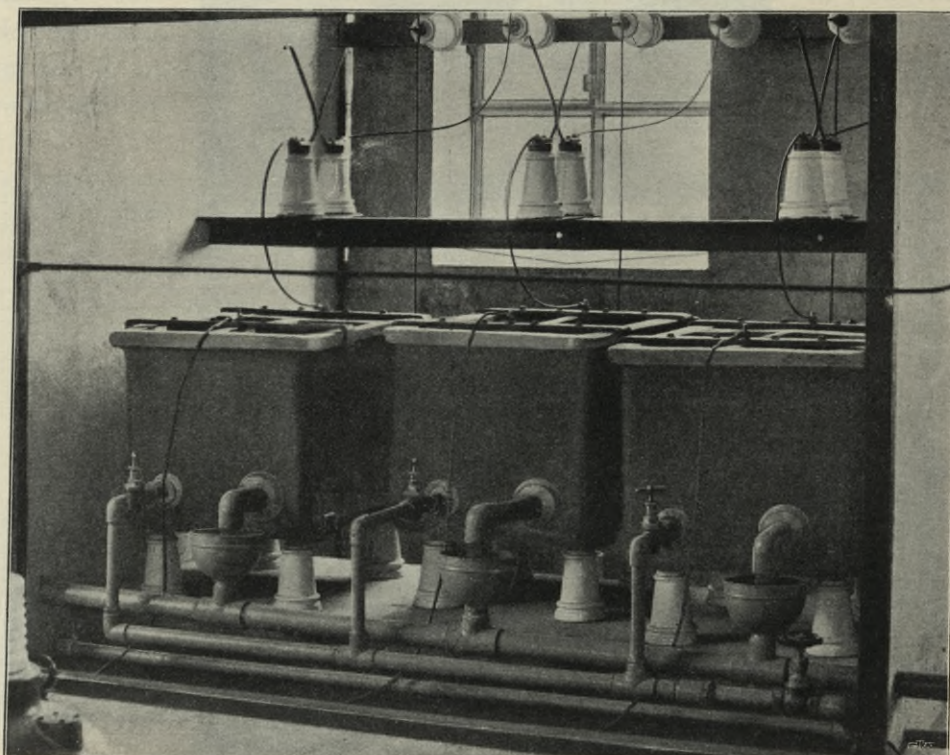


Fig. 72. Hornåskledare med vattenmotstånd för 10,000 volt i sekundärstationen Alingsås.

fast monterad hissanordning. Några elektriska brytprof hafva ej företagits med strömbrytaren; däremot har den blifvit mekaniskt utprovad med särdeles godt resultat. Konstruktionen förefaller mycket ändamålsenlig; utförandet är äfven mycket solidt.

10,000 volts strömbrytarna för transformatorerna och sekundärledningarna skola enligt bestämmelse i leveransprogrammet kunna bryta hvardera 6 parallellkopplade 1,000 k. v. a. transformatorers kortslutningseffekt.

Strömbrytarreläerna äro som i kraftstationen af Siemens & Halskes »Trollhättemodell».

Öfverspänningsskydden (fig. 72) äro af samma slag som i kraftstationen. Vattenmotstånden för 50,000 volts grofskydd och för 10,000 volts hornåskledarna utgöras emellertid af horisontella lergodstråg med ungefär samma vattenvolym som kraftstationens motstånd.

Fig. 73 visar den med ställverket sammanbyggda kontrolltaflan för 10,000 och 3,000 volts systemen.

Anläggningskostnaderna intill 1911 års slut för Göteborgs-, Lilla Edet- och Alingsås-stationerna äro nedan sammanställda:

	Göteborgs-stationen.	Lilla Edet-stationen.	Alingsås-stationen.
Byggnad, inkl. grund och planering	149,937: 17	55,082: 02	33,365: 57
Transformatorer	122,750: 30	13,984: 12	12,334: 54
Instrumentering och ledningar	104,296: 56	45,568: 84	23,423: 74
Mellanväggar och järnställ	24,635: 51	14,936: 04	7,906: 76
Lyft- och transportanordningar för transformatorer etc.	5,915: 02	2,385: 13	703: 80
Cisterner, pumpar, rörledningar för vatten och olja	10,503: 53	9,147: 06	4,931: 98
Brunn med rörledningar, aflopsledning . . .	23,044: 60	2,579: 50	474: 40
Ingenjör- och kontorskostnader för projektering, kontroll, prof, resor	19,581: 35	12,772: 36	13,708: 69
Kronor	460,664: 04	156,456: 07	96,849: 48
Bostadshus för vaktpersonal	—	9,630: 04	8,678: 62
Summa kronor	460,664: 04	166,086: 11	105,528: 10

Sekundärlinjerna.

10,000 volts ledningen Trollhättan—Stallbacka består af ett knippe om 12 st. aluminiumlinor på fackverksmaster af järn, som dessutom uppbära 2 järnlinor om 35 mm². Af de 12 aluminiumlinorna hafva 9 st. en area af 100 mm² och användas för matning af industriområdet vid Stallbacka (Trollhättans Elektrotermiska A.-B. och Järnkontorets försökssmältverk). De öfriga 3 linorna hafva 160 mm² area och mata ledningen Stallbacka—Vargön (se nedan).¹

¹ Parallellt med den här beskrifna ledningen Trollhättan—Stallbacka, som togs i bruk vid kraftstationens igångsättning, mars 1910, har under år 1912 uppförts ytterligare en ledning för 6 aluminiumlinor à 200 mm². Den sistnämnda ledningen synes till vänster å fig. 75, 76 och 77. Hösten 1912 påbörjades uppförandet af en tredje ledning till Stallbacka, parallellt med de två föregående och af samma slag som den under 1912 färdigställda.

Trollhättan—Stallbacka-ledningen är konstruerad för normalt 1 spännmast per km. och för 150 meters normalspann. Maximalspannet är 225 meter. För mastkonstruktionen hafva samma beräkningsgrunder och beräkningssätt kommit till användning som för Göteborgs-, Alingsås- och

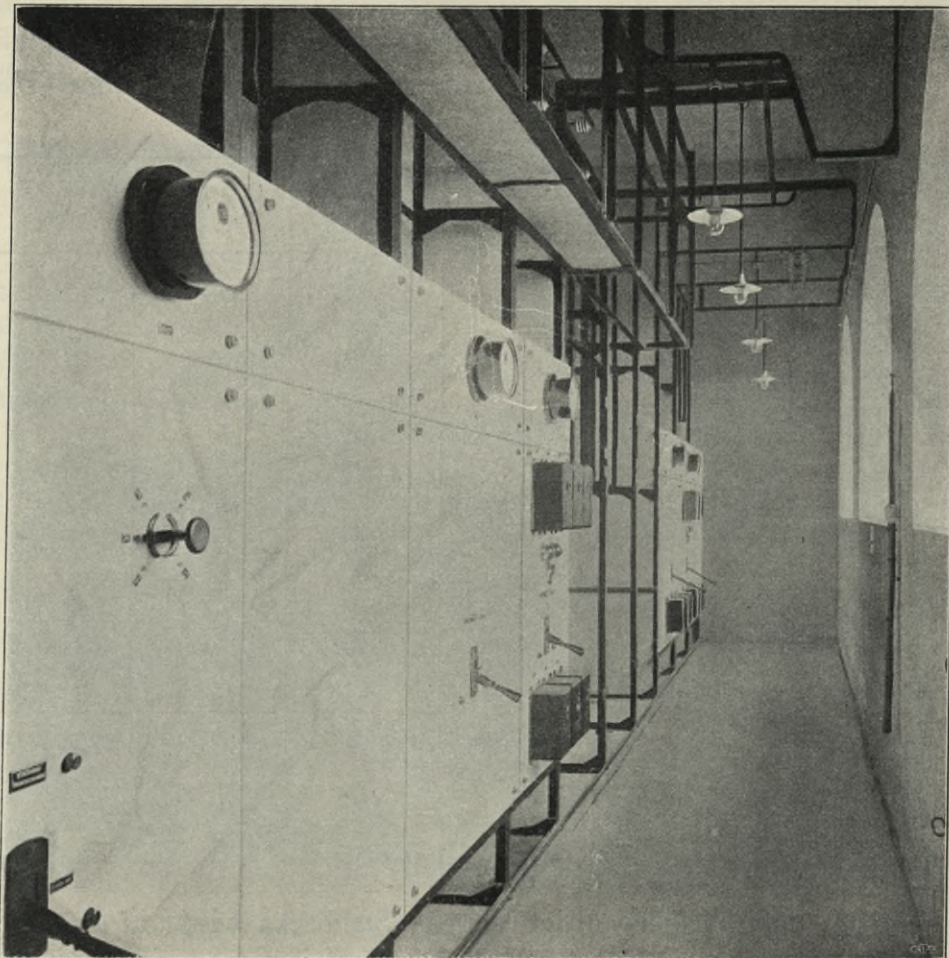


Fig. 73. Kontrollafan för 10,000 och 3,000 volts-systemet i sekundärstationen Alingsås.

Sköfdelinjerna, hvarvid för aluminiumlinan räknats med en maximalpåkänning af 7 kg. per kvmm. För att hålla räkning för eventuell oxidering har vid den jämförande beräkningen för koppar och aluminium ett tillägg till den senares elektriskt ekvivalenta area motsvarande ungefär 2 % af diametern gjorts.

För 160 kvmm. aluminiumlinan gälla följande data:

	Profsiffror.		Garanteradt.
<i>A. Hel lina.</i>			
Diameter mm.	16,7	16,9	16,4
Antal trådar st.	19	37	19
Genomskärningsarea mm ²	160,7	162,1	160
Vikt per meter gram	435	441	455
Trådarnas skruvningshvarf per m. st.	5,2	5,4	8—10
Proportionalitetsgräns kg. per mm ²	7,5	8,6	
Brottgräns » » »	18,0	21,9	25
Tänjbarhet på 200 mm. %	2,3	1,8	
Elasticitetsmodul	3,060	1,880	6,000
<i>B. Enskilda trådar.</i>			
Diameter mm.	3,282	2,362	
Genomskärningsarea mm ²	8,458	4,382	
Elasticitetsgräns kg. per mm ²	7,1	8,0	9
Proportionalitetsgräns » » »	8,3	9,1	
Brottgräns » » »	19,2	23,9	
Elasticitetsmodul	6,340	5,820	6,000
Spec. vikt	2,72	2,73	
Värmeutvidgningskoefficient	0,0000215	0,0000207	0,0000213
Spec. elektriskt ledningsmotstånd . . oh.m per m. och mm ²	0,02793	0,02826	0,029
Temperaturkoefficient % per ° C.	0,4	0,4	0,37
<i>C. Kemisk analys.</i>			
Al %	99,124	99,262	
Si »	0,27	0,23	
Cu »	0,006	0,008	
Fe »	0,6	0,50	
	100,000	100,000	

Fritt från magnesium, nickel och zink.

Skarfnigen af linan har liksom å kopparlinan skett med hylsor. Till najning har måst användas aluminium och har öfver hufvud taget tillsetts, att linan icke kommit att ligga i beröring med någon annan metall.

Isolatorerna äro brunglaserade; typ och dimensioner framgå af fig. 74. De hafva spänningsprovats med 40,000 volt. Priset har varit kr. 1:65 för såväl den större som för den mindre typen.

För masterna, hvilkas konstruktion framgår af pl. 29 och 30 samt fig. 75 och 76, gälla följande data:

Masthöjd till ned. aluminiumlinan	10,85 m.
» totalt för spännmast	12,65 »
» » » bärmast	12,65 »
Basbredd vinkelrätt mot linjen:	
spännmast	3,5 »
bärmast	3,5 »
Vikt af en spännmast	3,300 kg.
» » » bärmast	1,290 »
Pris fritt station för en	
spännmast	830: — kr.
bärmast	250: — »

Vargölinjen.

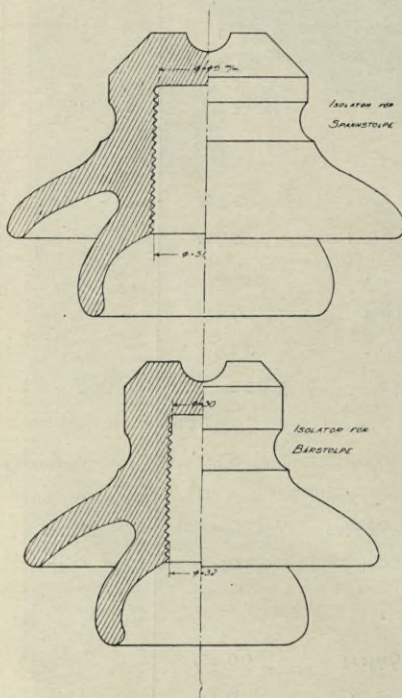


Fig. 74. Isolatorer å 10,000 volts-ledningen Trollhättan—Stallbacka—Vargön.

Fig. 77 visar ledningens korsning med Bergslagens järnväg.

10,000 volts ledningen Stallbacka—Vargön består af 3 st. 160 mm² Al.-linor på kreosoterade trästolpar och utgör fortsättning på den förutnämnda 3 × 160 mm² Al.-ledningen Trollhättan—Stallbacka. Ledningen uppbär dessutom en c:a 35 mm² järnlina, som jordförbinder isolatorkrokarna och skyddsbyglarna. Ledningens spännvidd är 120 m., såväl normalt som maximalt. På hvarje kilometer användes en spännstolpe sammansatt af två A-stolpar. Bärstolparna utgöras af enkla A-stolpar.

Ledningen är beräknad efter följande grunder.

Aluminiumledningarna äro så uppspända, att påkänningen hos dem vid en temperatur af -10° C. samt vid ett vindtryck af 125 kg. per kvm., med reduktionskoefficienten

0,5 för cylindrisk yta, ej öfverstiger 6 kg. per kvmm. Stållinan är uppspänd så, att påkänningen vid samma belastningsförhållanden icke öfverstiger 20 kg. per kvmm.

Stolphöjden är bestämd så, att ledningarna vid $+50^{\circ}$ C. och vindstilla komma 6,5 m. öfver marken.

Bärstolparna äro med 10-faldig säkerhet beräknade för egen vikt, vikt af ledningarna och vindtryck å stolpe och ledningar vinkelrätt mot linjeriktningen.

Spännstolparna äro med 10-faldig säkerhet beräknade för egen vikt, vikt af ledningarna och ensidig dragning i linjeriktningen från ledningarna, motsvarande största tillåtna påkänningen i dessa.

Vid beräkning af stolparna är spännvidden antagen 33 % större än normalspännvidden. Stolparnas böjningshållfasthet är antagen till 600 kg. per kvcm. och vindtrycket lika som vid beräkning af ledningarna.

Isolatorerna äro af samma slag som på Trollhättan—Stallbacka-ledningen.

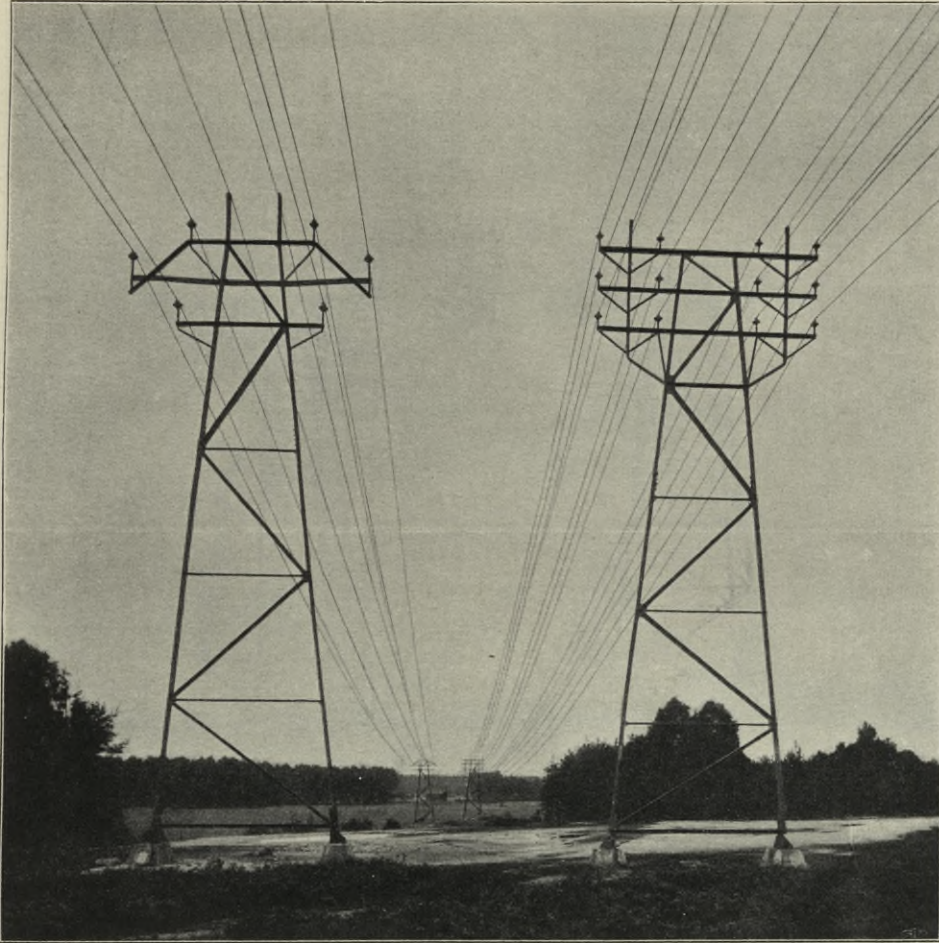


Fig. 75. 10,000 volts-ledningen Trollhättan—Stallbacka, bärmast.

Stolparnas dimensioner och utseende framgå af fig. 78. Rörande stolparnas tillverkning gäller, hvad som nedan säges om de från sekundärstationerna utgående 10,000 volts linjernas stolpar.

Fig. 79 visar en spännstolpe i terrängen.

Kostnaderna hafva uppgått till:

för en spännstolpe å förråd i Trollhättan exkl. smide etc., 4	
trästolpar å 30: 50	kr. 122:—
för en bärstolpe å förråd i Trollhättan, 2 trästolpar å 30: 50	» 61:—

Sekundär-
linjer från
sekundär-
stationerna.

De från sekundärstationerna utgående 10,000 volts luftlinjerna bestå samtliga med undantag för ledningen Skara—Falköping (se sid. 87) och en del senare byggda linjer, för hvilka ståltråd kommit till användning, af 3 st. 16 mm² koppartrådar på kreosoterade trästolpar. För några af de först byggda 10,000 volts linjerna hafva dock helvalsade Mannesmanstälror

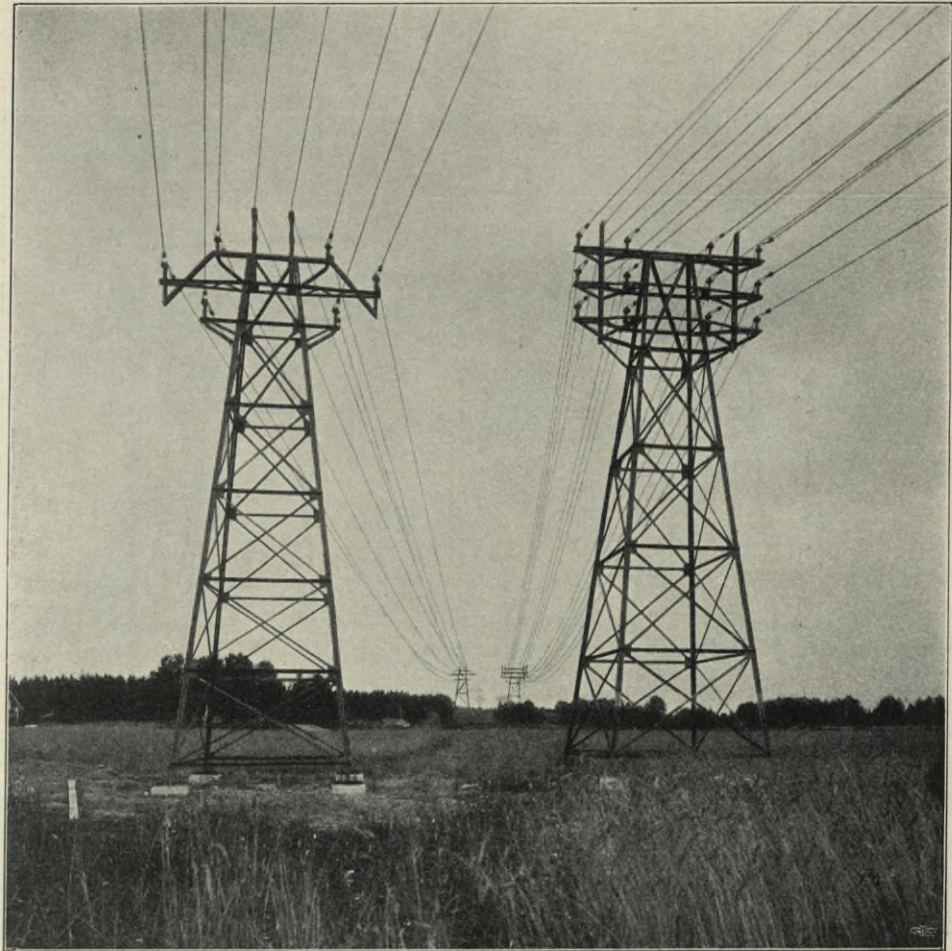


Fig. 76. 10,000 volts ledningen Trolldättan—Stallbacka, spännmast.

på grund af den korta tid, som stod till buds för stolparnas anskaffning, blifvit använda (se fig. 82). Stolparna uppbära utom koppartrådarna en galvaniserad ståltråd, likaledes af 16 mm² area. Ståltråden är å järnstolparna upplagd under kopparledarna, å trästolparna i toppen. Järnvägs korsningar äro å trästolplinjerna utförda med Mannesmanstolpar. Ledningarnas normalspännvidd är 90 å 110 m., hvilken spännvidd efter utredning befunnits mest ekonomisk. Största förekommande spännvidden är 200 m. (linjen Nol—Tofta).

Trästolparnas konstruktion har baserats på följande beräkningsgrunder, som i tillämpliga delar användts äfven för järnstolplinjerna. Till en början beräknades linjerna med användning af de öfverst, nedan angifna siffrorna; då dessa linjer emellertid befunnos öfverstarka och följaktligen onödigt dyrbara, modifierades beräkningsgrunderna så, som angifves af de undre

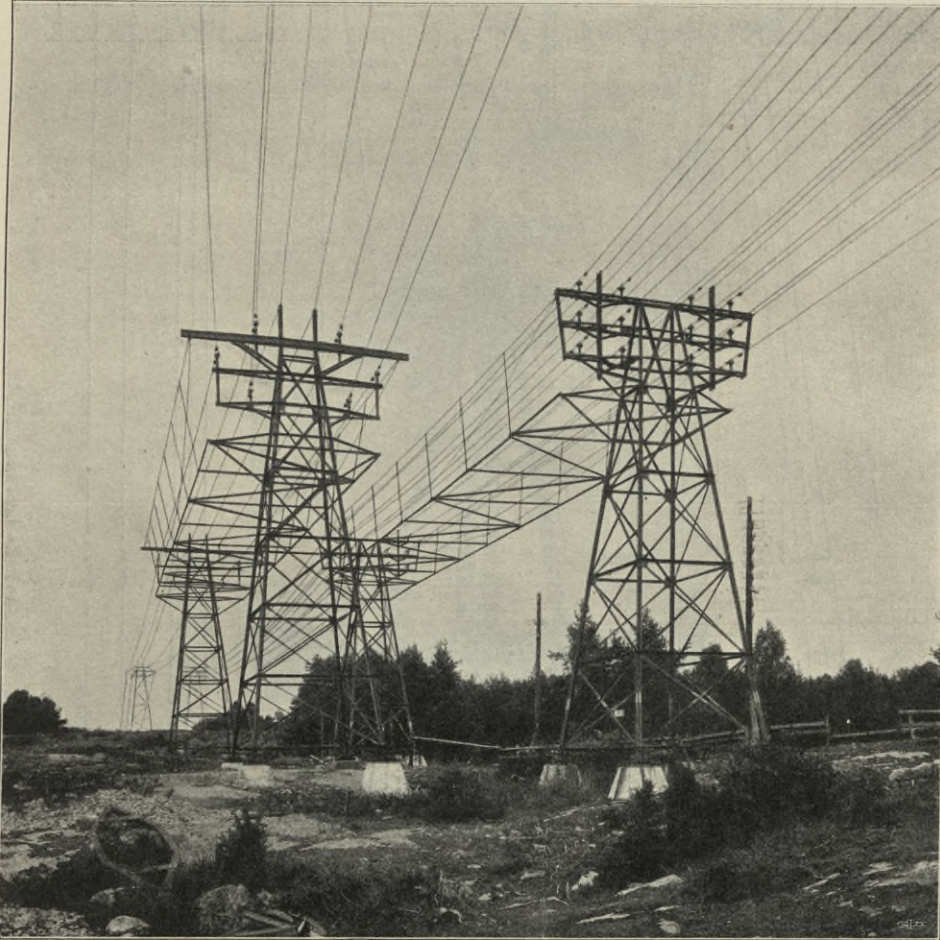


Fig. 77. 10,000 volts ledningen Trollhättan—Stallbacka, korsning med Bergslagernas färnväg.

siffrorna, hvilka gifva en med bibehållande af önskvärd hållfasthet lägsta möjliga kostnad och hvilka legat till grund för de senare byggda linjerna.

Kopparledningarna uppspännas så, att påkänningen hos densamma vid en temperatur af -10° C. samt ett vindtryck af

$\left\{ \begin{array}{l} 80 \\ 125 \end{array} \right.$ kg. per kvm. (resp. vid -30° och vindstilla), med reduk-

tionskoefficienten 0,5 för rund sektion, ej öfverstiger $\left\{ \begin{array}{l} 8 \\ 12 \end{array} \right.$ kg. per

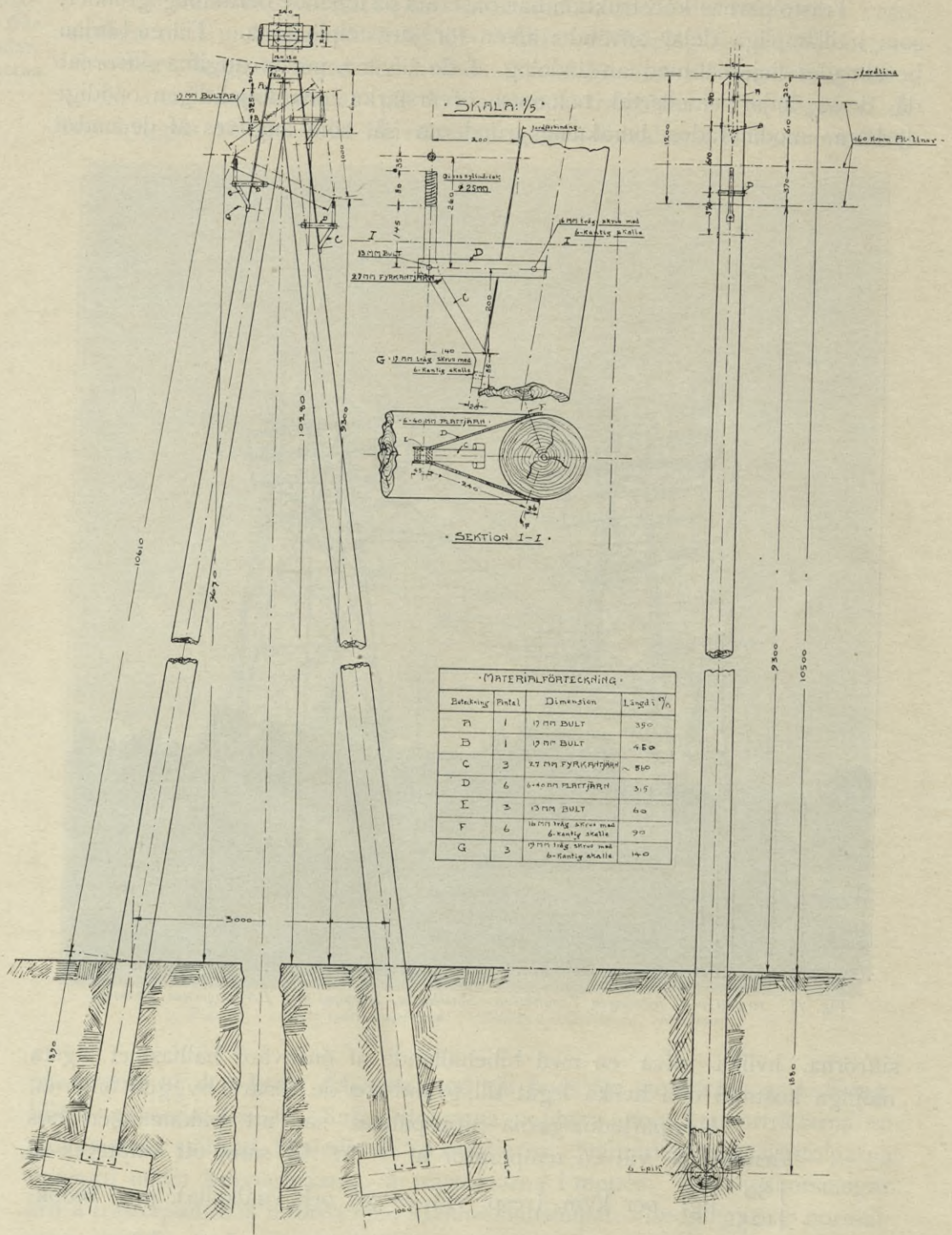


Fig. 78. Bärstolpe för 10,000 volts-ledningen Stallbacka—Vargön.

kvmm.; stolparna göras så höga, att ledningarna vid $+50^{\circ}$ C. och vindstilla på intet ställe komma marken närmare än 6 m., och att de med $\left\{ \begin{matrix} 10 \\ 3 \end{matrix} \right.$ -faldig säkerhet motstå den påkänning, som uppkommer i marksektionen på grund af förstnämnda vindtryck vinkelrätt mot linjen, hvarvid enligt de senare beräkningsgrunderna ett skikt af 25 mm. tjocklek tänkes afskaladt stolpen rundtom. Stolparnas hållfasthet vid böjning antages till $\left\{ \begin{matrix} 500 \\ 650 \end{matrix} \right.$ kg. per kvcm.

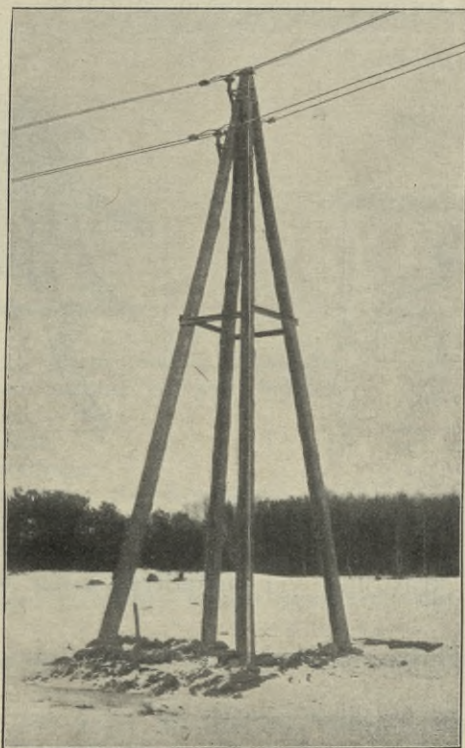


Fig. 79. 10,000 volts-ledningen Stallbacka—Vargön, spännstolpe.

Ledningstrådarna äro utförda af hårddragen koppar med en absolut hållfasthet af minst 40 kg. per kvmm. och en elasticitetsgräns af minst 16 kg. per kvmm.

Större delen af isolatorerna äro af den i fig. 80 visade typen, som spänningsprovats med 35,000 volt. Dessa isolatorer hafva kostat i medeltal 65 öre per st. På vissa sträckor, där ledningarna i närheten af västkusten äro utsatta för saltaflagring på isolatorerna vid ihållande sydvästvind, har användts en större typ, fig. 81, till ett pris af 2 kr. per st.

Trästolparnas dimensioner blifva:

		efter den äldre beräkningsmetoden	efter den nyare beräkningsmetoden
Total höjd	m.	12,5	11,5
längd i marken	»	2,0	1,7
diam. i markytan	mm.	300	245
» i toppen	»	c:a 200	c:a 165

Fig. 83 visar en trästolpe af den gröfre typen med fångbyglar, använda vid korsning med trafikled.

Stolparna hafva huggits under vintern af frisk furuskog samt därefter lufttorkats på sedvanligt sätt. Impregneringen har i regel utförts af Trollhätteverket med förhyrd impregneringsapparat.

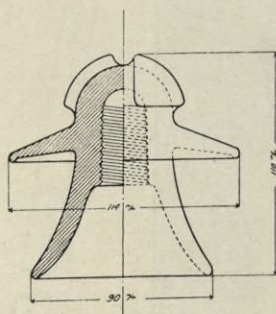


Fig. 80.

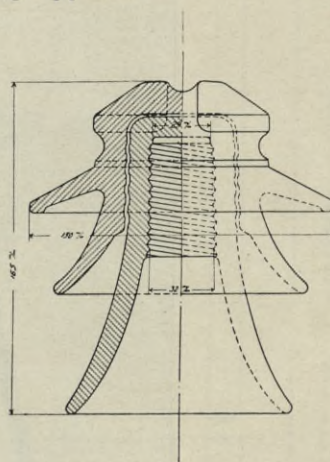


Fig. 81.

Isolatorer för de från sekundärstationerna utgående 10,000 volts ledningarna.

Priset för en trästolpe vid linjeförrådet har varierat mellan 16: 50 och 31: — kr.

Trästolpledningarnas utseende i terrängen framgår af fig. 84.

Kostnader. Anläggningskostnaderna per km. till 1911 års slut uppgå för Stallbacka- och Vargölinjerna till nedanstående belopp; för de normala trästolplinjerna med 3×16 mm² koppartråd hafva kostnaderna per km. varierat mellan nedanstående gränser.

<i>Stallbackalinjen.</i>		Kronor.
Grupp A.		
Stakning, kartläggning		76
Röjning		61
Skyddsanordningar vid station		263
transporter		10
montage		323
Verktyg		80
Ingenjör- och kontorskostnader		1,430
Förrådkostnader		126
		2,369
	Transport	2,369

Grupp B.

	Transport	Kronor.
Fundamentmaterial vid station	276	
transporter	285	
arbetskostnad	920	
Master vid station	3,225	
transporter	102	
hopsättning, montage	272	
Isolatorer vid station	166	
transport och montage	18	
Målning	127	
	<u>5,391</u>	

Grupp C.

Aluminium- och järnlina samt småmaterial vid station	6,800	
transporter	30	
montage	510	
	<u>7,340</u>	

Summa kronor per km. 15,100

Vargölinjen och de normala trästolplinjerna.

	Vargölinjen. Kronor.	Normallinjerna. Kronor.
Stakning, kartläggning och avvägning	107	62 — 61
Röjning	9	73 — 6
Lossning, magasinering och uttransportering af materiel	223	105 — 145
Montering af delar, reglar, isolatorer etc. samt målning	135	24 — 129
Jordborrning, gräfning, bergborrning	98	55 — 257
Stolpresning, stugning, fyllning	368	84 — 210
Linjedragning, najning, skarvning	179	62 — 168
Ingenjör- och kontorskostnader för projektering, kontroll, prof, resor	378	171 — 149
Stolpar vid järnvägsstation	802	360 — 535
Aluminiumlina resp. koppartråd samt järntråd	2,310	571 — 633
Öfrig materiel såsom reglar, cementrör, cement, isolatorer, skarv- hylsor, najtråd	490	86 — 312
Verktyg	114	22 — 52
Ersättning till jordägare	257	6 — 25
	<u>5,669</u>	<u>1,681—2,682</u>

Oftanstående kostnader för normallinjerna hänföra sig till Vekaryds-
linjen, 6 km. lång, hvilken tagits som typ för de billigaste linjerna i nätet,
resp. till Agnesbergslinjen, 7 km. lång, hvilken tagits som typ för de dy-
raste linjerna. Den förra linjen utmärker sig för långa spann, stort antal
bergstolpar och få korsningar med trafikleder etc. Den senare linjen ut-
märker sig för stort antal korsningar med trafikleder. Båda linjerna äro
beräknade efter de å sid. 145—147 angifna modifierade beräkningsgrun-
derna.

Järnstolplinjerna med Mannesmansrör och 3×16 mm² koppartråd
hafva kostat i medeltal 2,564 kronor per km.

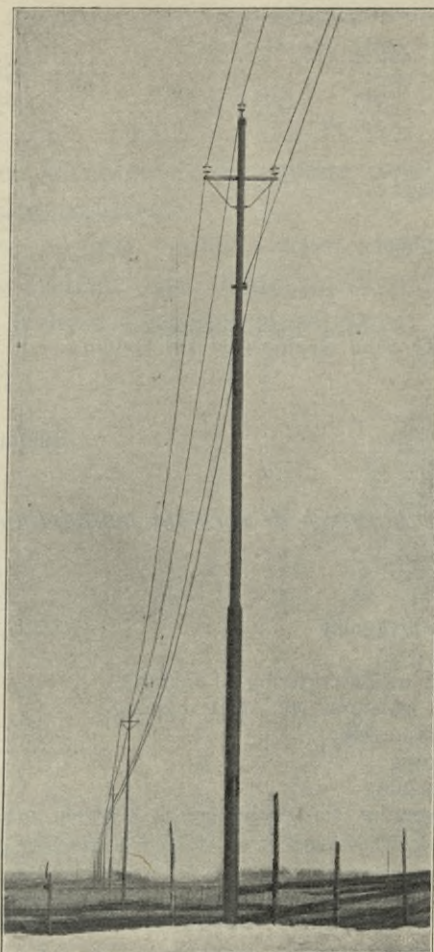


Fig. 82. 10,000 volts ledning med $3 \times 16 \text{ mm}^2$ koppartråd på järnstolpar (Mannesmannsvör).

Tertiärstationer och tertiärnät.

Abonment-
anlägg-
ningar.

Beträffande de tertiära abonnentanläggningarna må nämnas att i vissa fall transformatorer anskaffats af Trollhätteverket och lämnats till abonnenten mot viss årlig afgift på sådana villkor, att anläggningen, sedan årsafgifterna sammanlagda motsvara verkets kostnad med ränta för anläggningen, blir abonnentens egendom.

För abonnentanläggningarnas utförande förbehåller sig Trollhätteverket iakttagande af särskilda af verket utfärdade bestämmelser.

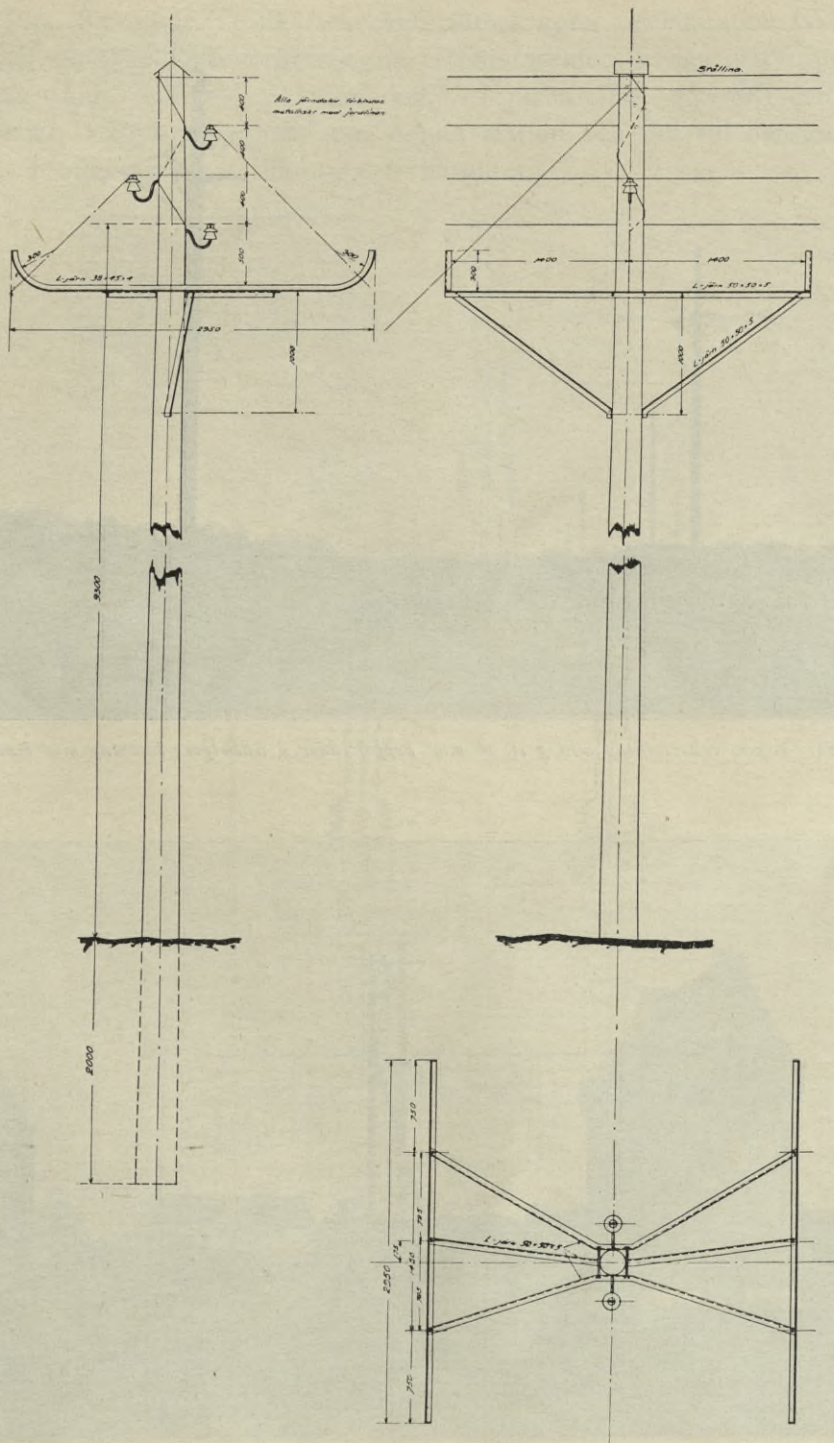


Fig. 83. Trästolpe med fångbyglar för 10,000 volts ledning med 3 st. 16 mm² koppartrådar.

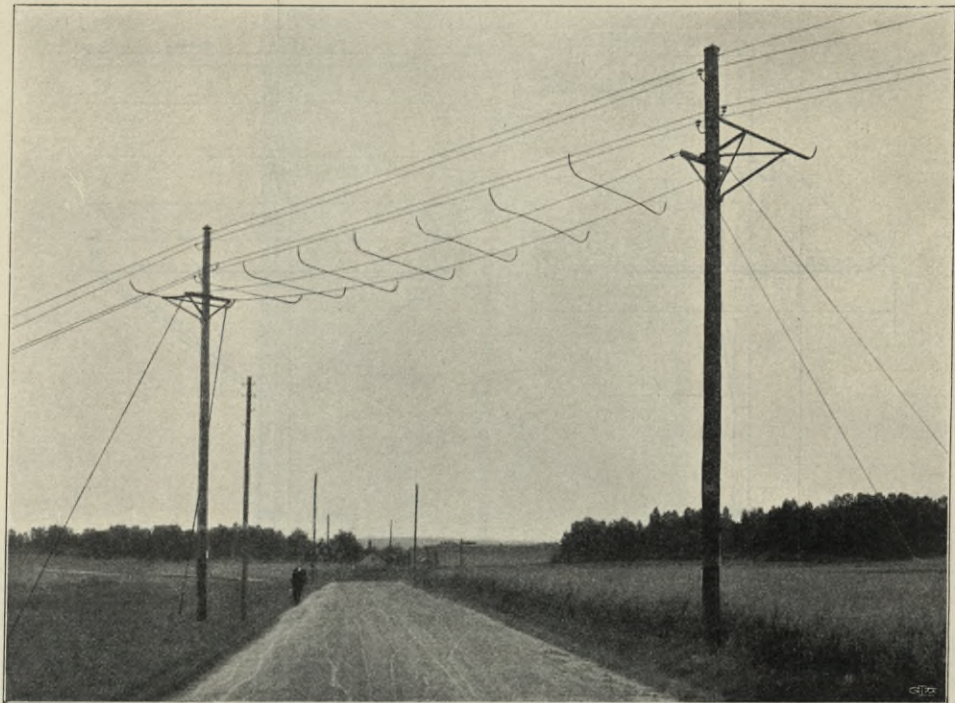


Fig. 84. 10,000 volts ledning med 3 st. 16 mm² koppartrådar å trästolpar; korsning med landsväg.

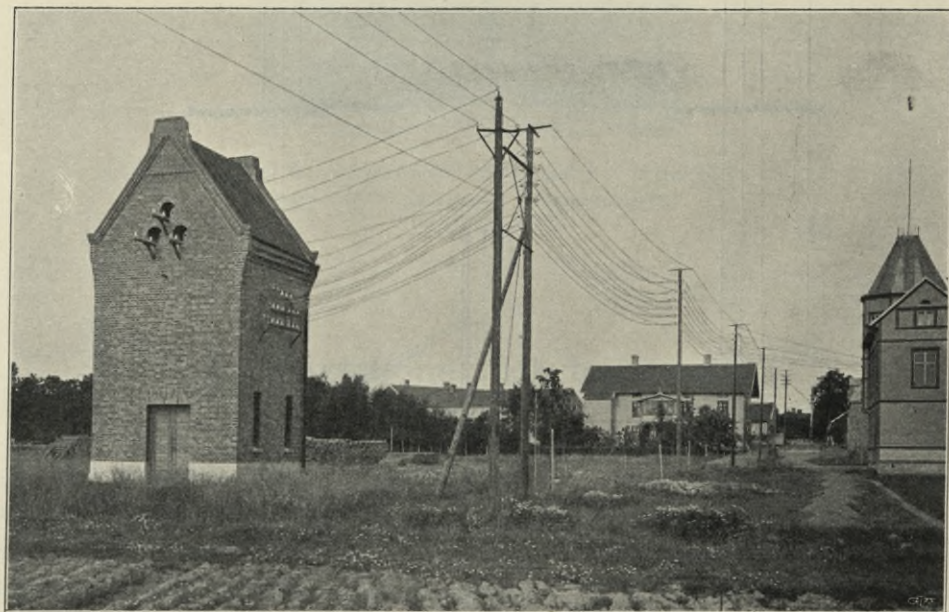


Fig. 85. Tertiärstationen i Grästorp.

Fig. 85 visar Trollhätteverkets första egna tertiärstation (Grästorpe). Trollhätte-
 Som typ för Trollhätteverkets egna tertiärstationer, hvilka äro i hufvudsak verket's egna
 likadana, kan anföras stationen vid Vårgårda (fig. 86—88) och lämnas tertiär-
 här nedan några uppgifter om denna station och det till densamma an- stationer
 slutna, Trollhätteverket tillhöriga tertiärnätet. och tertiär-
 nät.

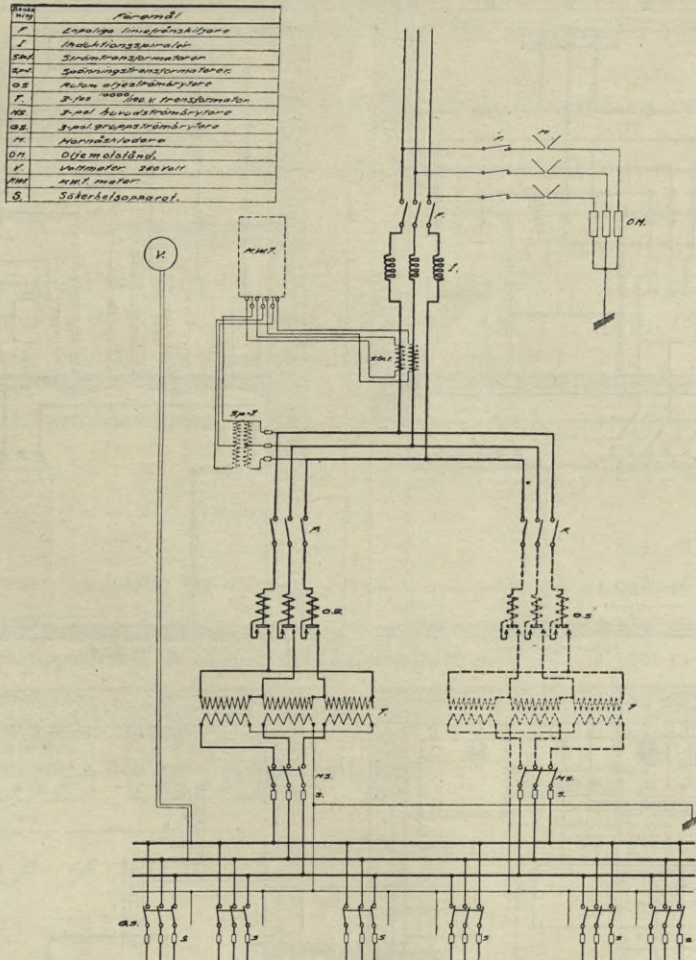


Fig. 86. Tertiärstationen i Vårgårda, kopplingschema.

Stationen är uppförd för inrymmande af 2 trefastransformatorer om
 vardera 50 k. v. a., 10,000/190 volt. Till en början blef dock endast en
 25 k. v. a. transformator insatt.

Transformatorn är oljekyllad, levererad af Elektriska Aktiebolaget
 A. E. G.

Instrumenteringen är levererad af Allmänna Svenska Elektr. A.-B.
 Isolatorerna äro af samma typ som i kraftstationen, ehuru mindre. Horn-

åskledarna äro kombinerade med metallmotstånd i olja, dimensionerade för 4 amp. vid normal spänning. Den automatiska oljeströmbrytaren på trans-

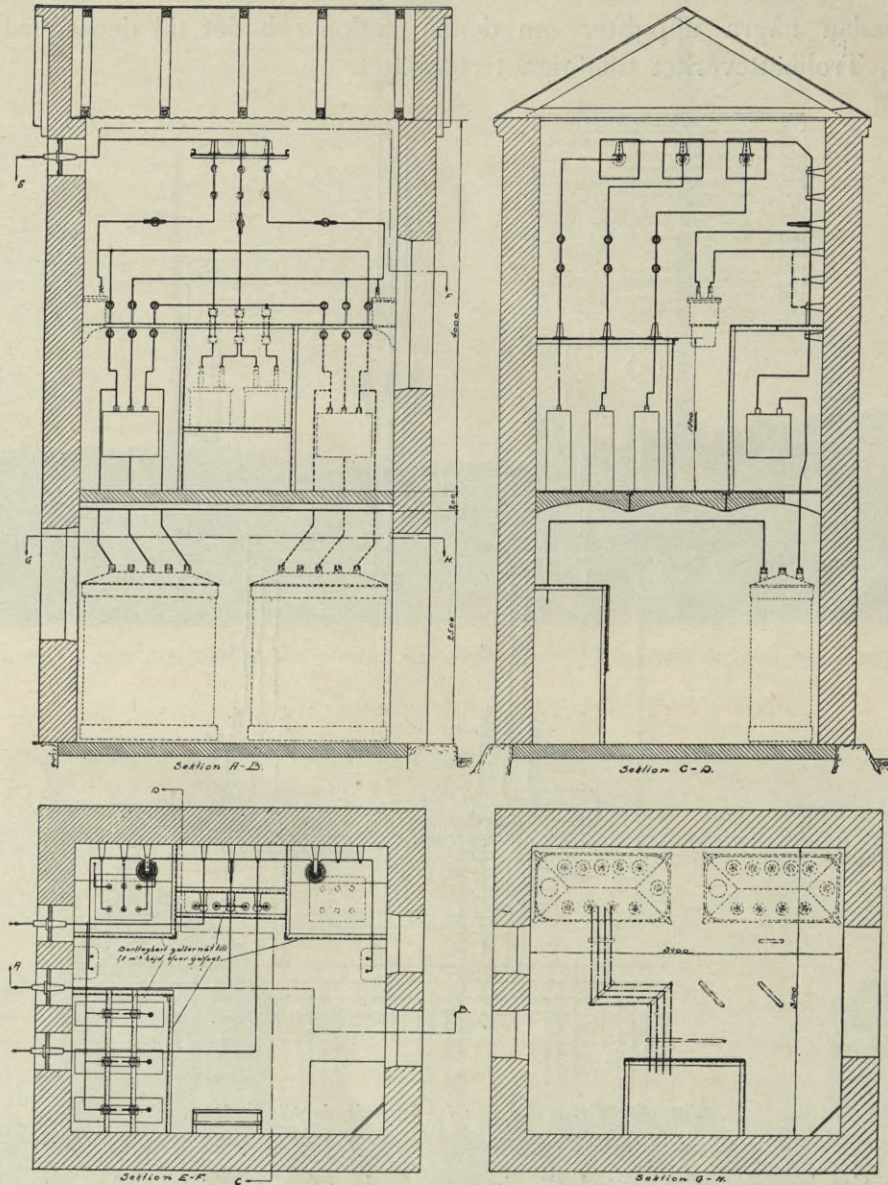


Fig. 87. Tertiärstationen i Vårgårda, dispositionsritning.

formatorns högspänningssida är garanterad kunna bryta 10,000 k. v. a. Den påverkas af ett maximalrelä med inställning för utlösning på viss tid och vid viss ström (tidsinställningen 0—8 sek.)

Byggnaden är af tegel.

Tertiärnätet i Vårgårda är utfördt med luftisolerad tråd. Stolparna äro 9 m. impregnerade trästolpar, 6" i toppen, på 40 m. afstånd. Serviserna framdragas af Trollhätteverket till husväggarna.

Nätet sträcker sig på 700 m. afstånd från stationen och omfattade vid 1911 års slut 2,2 km. stolpledning samt 38 serviser. Vägbelysning med 10 st. 50 nlj. lampor har äfven uppsatts af Trollhätteverket; de kopplas automatiskt till och från af en tidströmbrytare monterad i tertiärstationen.

Kostnaderna för Grästorp- och Vårgårda-stationerna och deras tertiärnät äro nedan angifna.

	Grästorp.	Vårgårda.
<i>Stationerna.</i>		
Byggnad inkl. grund och planering	3,541: 25	2,128: 50
Transformatorer (1 st. à 50 k. v. a. resp. 1 à 25 k. v. a.) . .	2,093: 10	1,251: 40
Instrumentering, järnställ, ledningar, apparater och öfrig utrustning	3,358: 07	3,081: 38
Ingenjers- och kontorskostnader	1,136: 82	1,914: 73
Summa kronor	10,129: 24	8,376: 01
<i>Tertiärnäten.</i>		
Stolpar	801: 18	609: 43
Reglar, isolatorer, jordplåtar etc.	1,996: 46	637: 36
Kopparledningar	4,364: 09	3,282: 19
Transport och uppsättning af stolpar och ledningar etc. . .	1,566: 31	860: 75
Servisledningar	1,453: 40	2,031: 78
Ingenjers- och kontorskostnader	594: 46	632: 18
Koncessionskostnader och extra skyddsanordningar	505: —	726: 99
Vägbelysning	1,166: 90	387: 51
Summa kronor	12,447: 80	9,168: 19

Drifttelefon.

Ordergifningen för driften mellan kraftstationen och sekundärstationerna förmedlas genom telefonering, för stationerna inom Skaradistriktet (Håkantorp, Skara och Sköfde) vid slutet af 1911 ännu per vanlig rikstelefon, för stationerna inom Göteborgsdistriktet (Lilla Edet, Nol, Göteborg, Alingsås) å direkta telefonlinjer, som byggts och underhållas af telegrafverket, men å hvilka kraftverket har ensam samtalsrätt.¹ De direkta linjerna voro vid

¹ Under år 1912 har telefonförbindelse med direkt linje anordnats äfven från Trollhättan till Skaradistriktets stationer.

1911 års slut 5 till antalet; de utgå alla från rikstelefoncentralen i Göteborg, vid hvars växelbord hvarje linje är inkopplad och numrerad samt expedieras på samma sätt som en ordinär abonnent, dock endast för samtal mellan verkets tjänstemän. De 5 linjerna äro:

- Göteborg—Trollhättan (kraftstationens telefonväxel),
 » —Lilla Edets sekundärstation,
 » —Nol »
 » —Göteborgs »
 » —Alingsås »

Sammanlagda längden af dessa 5 linjer uppgår till 207 km.



Fig. 88. Tertiärstationen i Vårgårda, exteriör.

Medelst dessa linjer kan praktiskt taget ögonblicklig telefonförbindelse mellan kontrollrummet i kraftverket och hvilken som helst af de nämnda sekundärstationerna erhållas.

Hvarje telefonerad order resp. tjänstemeddelande rörande driften nedskrifves och undertecknas af såväl afsändaren som mottagaren i särskild »telefem»-bok samt repeteras af mottagaren. I hvarje telefem angifves noggrann tid. Detta system för ordergifningen har visat sig fungera mycket tillfredsställande.

För telefonförbindelsen medelst de direkta linjerna har Trollhätteverket intill slutet af år 1911 betalat förutom samtalsavgift enligt ordinär taxa i anläggningskostnad en gång för alla kronor 17,425:25 och i årsavgift kronor 922:—.

Sammandrag af anlægningskostnaderna till 1911 års slut för ledningsnätet.

Nedanstående siffror angifva de resp. anläggningarnas totala kostnader så när som på vissa smärre slutlikvideringar för en del poster.

Primärlinjer:	Kronor.	Kronor.
Utledningsknippet	76,943: 35	
Skaralinjen	510,197: 86	
Sköfdelinjen:		
1:a utbyggn.	52,346: 73	
2:a »	56,610: 35	
Göteborgslinjen	824,155: 00	
Alingsåslinjen	<u>173,735: 72</u> ¹	1,693,989: 01
Sekundärstationer:		
Håkantorp	123,800: 10	
Skara	113,227: 86	
Sköfde	80,243: 72	
Lilla Edet	128,297: 16 ²	
Nol	166,086: 11 ²	
Göteborg	460,664: 04	
Alingsås	<u>105,528: 10</u> ²	1,177,847: 18
Sekundärlinjer:		
Trollhättan—Omformarestationen	4,159: 50	
» —Knorren	23,311: 17	
» —Stallbacka	50,069: 45	
Stallbacka—Vargön	44,634: 73	
Håkantorp—Wara	17,227: 20	
» —Grästorp	46,861: 86	
» —Helås	7,824: 56	
Skara—Axvall	44,193: 08	
» —Falköping	62,292: 12	
Falköping—Redberga	3,029: 98	
Sköfde—Nedergården	7,227: 50	
Lilla Edet—Göta m. fl. platser	18,605: 28	
Nol—Tofta	48,502: 37 ³	
» —Ahlafors	2,927: 38	
Göteborg—Agnesberg—Surte	26,257: 79	
» —Lerum	37,308: 31 ³	
» —Hisingen	12,889: 48	
» —Säfvenäs	7,196: 85 ³	
Alingsås—Vårgårda	49,053: 74	
» —Vekaryd	10,184: 32	
Öfriga linjer, hufvudsakligen utgörande 10,000 och 3,300 voltslinjer tillhörande det äldre af Trollhätteverket öfvertagna 50-periodsnätet	<u>32,787: 12</u>	556,573: 79
	Transport	3,428,409: 98

¹ Häri ingå jordägareersättningar för hela linjen.

² inkl. bostadshus för vaktpersonal.

³ Dessa linjer voro ej fullt färdiga resp. slutlikviderade vid 1911 års slut, hvarför siffrorna äro lägre än de slutliga totalkostnaderna.

	Transport	3,428,409: 98
Tertiärstationer och tertiärnät m. m.:		
Grästorp, station och nät	22,577: 04	
Vårgårda, » » »	17,544: 20	
50-periodsnätets tertiärstationer och lågspänningsledningar	57,757: 75	97,878: 71
Elektricitetsmätare	26,799: —	
Maskiner till uthyrning	12,757: 61	
Elektriska ledningar i bostäder för kraftverkets personal	13,387: 85	
Diverse tomter i Trollhättan	23,056: 89	
Förrådsbyggnader	2,152: 16	
Utredningar och diverse kostnader	11,244: 76	
Telefonanläggningar	18,709: 02	108,107: 29
Omformarestation vid Trollhättan inkl. anläggningar för provisorisk kraftstation		324,924: 31
	Summa kronor	3,959,320: 29

Tid för nätets utförande.

Arbetena å ledningsnätet igångsattes den 1 juli 1907, då stakningen af Skara-linjen påbörjades, sedan konstruktionsarbetet, som påbörjats redan i april samma år, blifvit afslutadt.

För utvecklingen af nätet till den omfattning, detsamma nått vid slutet af år 1911, och för hvilken i det föregående redogjorts, har sålunda åtgått c:a 4¹/₂ år. De tider, som åtgått för projekteringen och utförandet af nätets olika delar framgå af nedanstående tablå:

Primärlinjerna.

	Stakningen påbörjades omkr. den	Konstruktionsarbetet pågick under tiden	Stolpleveransen kontrakterades den	Uppsättningsarbetet påbörjades omkr. den	Linjen	
					blef färdig omkr. den	togs i bruk den
Skara-linjen .	1 juli 07	apr.—juni 07	5 aug. 07	1 nov. 07	20 juni 08	22 juni 08
Sköfde-linjen 1:a utbyggn.	1 apr. 09	mars 09	12 maj 09	15 maj 09	20 okt. 09	5 nov. 09
Göteborgs-linjen	1 dec. 07	aug.—sept. 08	17 nov. 08	1 nov. 08	1 apr. 10	25 apr. 10
Alingsås-linjen	15 dec. 08	febr.—mars 09	14 maj 09	1 apr. 09	1 mars »	» » »
Sköfde-linjen 2:a utbyggn.	1 apr. 09	mars 09	18 aug. 10	1 aug. 10	20 dec. »	5 febr. 11

Sekundärstationerna.

	Projekt- arbetet på- börjades omkring	Byggnaden påbörjades omkring	Stationen	
			blef färdig omkr. den	togs i bruk den
Skara	juni 07	sept. 07	20 juni 08	22 juni 08
Håkantorps	dec. »	maj 08	14 dec. »	14 dec. »
Sköfde r:a utbyggnaden . .	dec. 08	maj 09	5 nov. 09	5 nov. 09
Alingsås	dec. »	april »	25 mars 10	25 mars 10
Lilla Edet	jan. 09	juni »	» » »	» » »
Göteborg	juli 08	okt. 08	16 april »	16 april »
Nol	mars 09	juli 09	9 sept. 11	9 sept. 11

Sekundärlinjerna.

	Stakningen påbörjades den	Linjen	
		blef färdig omkring den	togs i bruk den
Håkantorps—Vara	1 dec. 07	10 nov. 07	17 dec. 08
» —Grästorps	1 jan. 08	5 dec. 08	14 » »
Skara—Axvall	20 febr. 09	1 nov. 09	5 nov. 09
Håkantorps—Helås	18 okt. »	30 jan. 10	20 febr. 10
Lilla Edet—Göta	1 febr. »	dec. 09	25 mars »
Trollhättan—Stallbacka	juni »	mars 10	» » »
Stallbacka—Vargön	» »	» »	» » »
Göteborg—Agnesberg	20 nov. »	16 april »	16 april »
Alingsås—Vårgårda	16 » »	20 juni »	20 juni »
Sköfde—Nedergården	18 dec. »	15 juli »	24 juli »
Göteborg—Hisingen	10 » »	jan. »	20 okt. »
Alingsås—Vekaryd	13 maj 10	23 okt. »	23 » »
Agnesberg—Surte	25 maj 11	3 sept. 11	3 sept. 11
Nol—Kungälf—Tofta	sept. 10	9 » »	9 » »
» —Ahlafors	1 april 11	7 juli »	» » »
Skara—Falköping	3 jan. 10	2 sept. »	13 » »
Göteborg—Säfvenäs	1 juni »	10 okt. »	12 nov. »
Falköping—Redberga	maj 11	nov. »	20 » »
Göteborg—Partilled—Lerum	15 jan. »	dec. »	dec. »

Tertiärstationerna.

	Projekt- arbetet på- börjades omkring	Byggnaden påbörjades omkring	Stationen	
			blef färdig omkr. den	togs i bruk den
Grästorps	juli 07	1 jan. 08	10 dec. 08	14 dec. 08
Vårgårda	—	11 okt. 10	20 dec. 10	20 dec. 10

Sköfde-linjen samt sekundärstationerna Sköfde och Nol hafva utbyggt i två repriser.

Sköfde-linjens 1:a utbyggnad omfattade endast den 12,8 km. långa sträckan Axvall—Sköfde, och Sköfdestationens 1:a utbyggnad endast 3-våningspartiet (se sid. 135) med instrumentering för den inkommande 50,000 volts linjen och med en transformator om 300 k. v. a. för 10,000/3,000 volt. Till den 31 dec. 1911 matades denna 1:a utbyggnad af Sköfdestationen med 10,000 volt, till att börja med från sekundärlinjen Skara—Axvall, som för ändamålet hopkopplats med den för 50,000 volt byggda linjesträckan Axvall—Sköfde. Den 5 febr. 1911 togs hela 50,000 volts-linjen Skara—Sköfde i bruk med 10,000 volt. Från den 31 december 1911, då den genom en andra utbyggnad kompletterade Sköfdestationen togs i bruk, matas stationen normalt med 50,000 volt.

Nolstationens 1:a utbyggnad omfattade byggnaden komplett uppförd, men däremot ej någon annan utrustning än öfverspänningsskydd för de genomgående 50,000 volts linjerna; 2:a utbyggnaden af nämnda station omfattade installering af en transformator enligt föregående tabell jämte motsvarande instrumentering och öfrig utrustning.

Administration, arbetsledning och arbetareförhållanden m. m. vid de elektriska anläggningsarbetena.

Administra-
tion och
arbetsled-
ning.

Planläggningen och utförandet af kraftverkets elektriska anläggningar inklusive ledningsnätet äfvensom energiens afsättning anförtroddes i likhet med planläggningen och utförandet af kraftstationens vatten- och husbyggnader (se afdelning I, sid. 129) från början åt Styrelsen för Kungl. Trollhätte kanal- och vattenverk. Sedan denna styrelse upphört, fullföljes dess uppdrag i nämnda hänseende af Kungl. Vattenfallsstyrelsen. I likhet med för-

hållandet beträffande kraftstationens vatten- och husbyggnader är det särskildt verkställande direktören i Trollhättestyrelsen, sedermera vattenfallsdirektören och ordföranden i Kungl. Vattenfallsstyrelsen, öfverste F. Vilh. Hansen, som haft att utöfva högsta ledningen jämväl öfver de elektriska arbetena.

Som förut omnämnts, lämnades i januari 1906 åt en af fyra inhemska sakkunnige sammansatt »elektrisk nämnd» i uppdrag att utarbeta förslag till elektrisk utrustning af kraftstationen. Detta uppdrag blef i det närmaste fullgjordt under årets lopp. Det i slutgiltig form utarbetade förslaget afgafs i mars 1907 och underställdes därefter, som likaledes förut omnämnts, utländska sakkunnige för yttrande.

Vid 1907 års ingång inrättades vid Kungl. Trollhätte kanal- och vattenverk en elektrisk afdelning med uppgift dels att ombesörja projektering och utförande af kraftstationens elektriska utrustning, dels att bedrifva de förberedande underhandlingarna för kraftens försäljning samt projektera och utföra af kraftförsäljningarna betingade distributionsanläggningar, dels slutligen att handhafva driften af de äldre kraftstationer i Trollhättan med ledningsnät, som vid statsinköpet av Trollhätte kanal öfvergått i kronans ägo.

Såsom direkt under verkställande direktören i Trollhättestyrelsen resp. sedermera under vattenfallsdirektören sorterande afdelningschef anställdes ingenjören Torsten F:son Holmgren, en af den elektriska nämndens ledamöter, och till hans disposition ställdes erforderligt, successivt stigande antal biträdande ingenjörer.

Under år 1907 utarbetades, som förut omnämnts, program för leverans af den för kraftstationen afsedda elektriska utrustningens olika delar och infordrades de första anbuden. I juni 1907 träffades aftal om kraftleverans till Skara stad, hvilken skulle påbörjas från en provisorisk kraftstation redan under förra hälften af år 1908. Däraf betingades en omedelbar organisation af konstruktionskontor och byggnadsafdelningar för sekundärstationer och linjer, hvilka afdelningar sedermera i mån af nya kraftleveransaftal under årens lopp växte ut, så att vid tiden före kraftverkets igångsättning i slutet af år 1909 den elektriska afdelningens ingenjörspersonal var organiserad på följande sätt.

Afdelningschefens assistent hade till hufvudsaklig uppgift att handlägga materialupphandlingar, öfvervaka förråds- och kontorsafdelningen, handlägga personalfrågor m. m.

Det elektriska konstruktionskontoret, hvars uppgift hufvudsakligen bestod i utarbetandet af ritningar jämte därtill hörande leveransprogram och kontraktshandlingar till de elektriska instrumenterings- och transformatoranläggningarna med tillbehör i Trollhättan och sekundär- resp. tertiärstationerna var uppdelad på två afdelningar. Den ena, kraftstationsafdelningen, handlade den elektriska utrustningen för kraftstationen och ställ-

verket i Trollhättan samt den därmed likartade Göteborgsstationen. Denna afdelning utöfvade äfven kontrollen öfver leverans och uppsättning i Trollhättan, samt skötte igångsättnings- och profningsarbeten därstädes. Den andra afdelningen af konstruktionskontoret, understationsafdelningen, bearbetade sekundärstationerna (exkl. Göteborg) och tertiärstationerna samt skötte leveransprofningarna för desamma.

I Skara och Göteborg voro stationerade en distriktsingenjör på hvardera platsen, hvilkas uppgift i hufvudsak var: att utöfva kontrollantskapet öfver utförandet af distriktets sekundär- och tertiärstationer, att såsom arbetsledare utföra distriktets sekundärlinjer och tertiärnät, att kontrollera utförandet af abonnenternas anläggningar samt att verka för kraftafsättningen inom distriktet.

I Trollhättan var likaså en distriktsingenjör stationerad, hvilken handhade driften af de äldre stationerna och distributionen därifrån äfvensom det provisoriska ledningsnätet för byggnadsarbetena.

Sekundärstationernas husbyggnader konstruerades och kontrollerades af en byggnadsingenjör med biträden.

Långlinjernas konstruktion verkställdes af ett linjekonstruktionskontor (föreståndare och intill 2 konstruktörer), som också utöfvade kontrollen öfver den första linjens, Skara-linjens, utförande. Denna linjes montering utlämnades nämligen på entreprenad.

Alla därefter byggda kraftledningar äro monterade af egen personal. För detta ändamål inrättades en linjemontageafdelning under en arbetsledare med biträde af intill 3 afdelningsingenjörer för de olika linjerna.

Såsom i det föregående beskrifvits hafva stationsbyggnaderna uppförts på entreprenad och den elektriska och maskinella utrustningen anskaffats genom specialentreprenader.

Efter kraftverkets igångsättning och kraftverkets särskiljande till ett direkt under vattenfallsdirektören lydande verk har organisationen förblifvit såsom ofvan angifvits med följande ändringar.

Ledningen af kraftstationens och 50,000 volts systemets drift samt kraftstationens underhåll och kontrollantskapet öfver dess utvidgningar har öfverlämnats till en driftsingenjör. Distriktsingenjörerna leda driften i sekundärstationer och därifrån utgående distributionsanläggningar, hvar och en inom sitt distrikt.

Det elektriska konstruktionskontoret och byggnadskonstruktionskontoret hafva sammanslagits till ett under en föreståndare. Kontoret handlägger alla stationernas utvidgningar och ändringar samt husbyggnadernas underhåll — liksom naturligtvis uppförandet af nya sekundär- och tertiärstationer.

Linjekonstruktions- och linjemontageafdelningarna hafva sammanslagits till en linjebyggnadsafdelning, hvilken utom nybyggnad och underhåll af

fackverksstolplinjer handlägger alla koncessions-, expropriations- och jord-ägareangelägenheter äfven för sekundärlinjerna. Dessa senare byggas och underhållas dock fortfarande af distriktspersonalen.

Ledamöterna i den elektriska nämnden samt de rådfrågade utländska sakkunnige hafva i det föregående namngifvits.

Såsom afdelningschef för här beskrifna arbeten och sedermera såsom öfveringenjör och chef för Trollhätte kraftverk har som nämnt varit förordnad Torsten F:son Holmgren. Såsom afdelningschefsassistent resp. öfveringenjörssassistent har fungerat Axel F. Gustrin. På det elektriska konstruktionskontoret hafva tjänstgjort ingenjörerna W. Borgquist (föreståndare för kraftstationsafd. 1908—1910 resp. driftsingenjör), E. Cronvall (å kraftstationsafd. 1907—1908, därefter föreståndare för understationsafd.), E. Sylwan samt som assistenter A. Landberg och C. F. Bobäck. Såsom distriktsingenjörer hafva tjänstgjort A. Nordell (Trollhättan), Th. Bergelin (Göteborg) och E. Sylwan (Skara). På linjekonstruktionskontoret har tjänstgjort E. M. Ågren (sedermera föreståndare för linjebyggnadsafdelningen) samt som assistenter vid olika tider S. Bernell och H. Kvillner. Arbetsledare vid linjemontageafdelningen har varit A. G. Hagelfeldt och afdelningsingenjörer H. Sommerfelt, P. Westin och O. Harder. Byggnadsingenjör har varit I. Lundgren, hans assistent A. Norberg. Konsulterande arkitekt för husbyggnadernas fasader har varit S. Dyhlén.

Antalet arbetare, som intill slutet af år 1911 varit sysselsatta vid de »elektriska» arbetena i kraftstationen samt vid arbetena å primärlinjerna, framgår af den grafiska tablån fig. 90, hvarå angifves såväl antalet direkt vid Trollhätteverkets elektriska afdelning anställda arbetare som antalet af dem, hvilka å arbets- resp. leveransplatserna varit anställda hos entreprenörer och leverantörer. Den nedersta figuren i tablån visar dessutom kurvor för sammanlagda antalet arbetare vid de »elektriska» arbetena i kraftstationen, vid arbetena å primärlinjerna med undantag för Skara-linjen, å sekundärstationerna Nol, Lilla Edet, Göteborg och Alingsås samt å större delen af de under åren 1909—1911 utförda sekundärlinjerna.

Förhållandet mellan Trollhätte kanal- och vattenverk resp. vattenfallsstyrelsen såsom arbetsgifvare och de för de elektriska anläggningarna anställda arbetarna har varit regleradt dels genom bestämmelser för de elektriska arbetena vid statens kraftstationer i Trollhättan af den 15 november 1907, dels genom »Allmänna bestämmelser rörande arbetare vid Kungl. Telegrafverket, Statens järnvägar samt under Kungl. Vattenfallsstyrelsen lydande verk» utfärdade den 9 februari 1909,¹ dels beträffande arbetare anställda vid linjebyggnaderna af särskilda bestämmelser af den 24 aug. 1909, utfärdade i anslutning till ofvannämnda »Allmänna bestämmelser».

¹ Bihang till Sv. Författningssamling 1909: n:o 6.

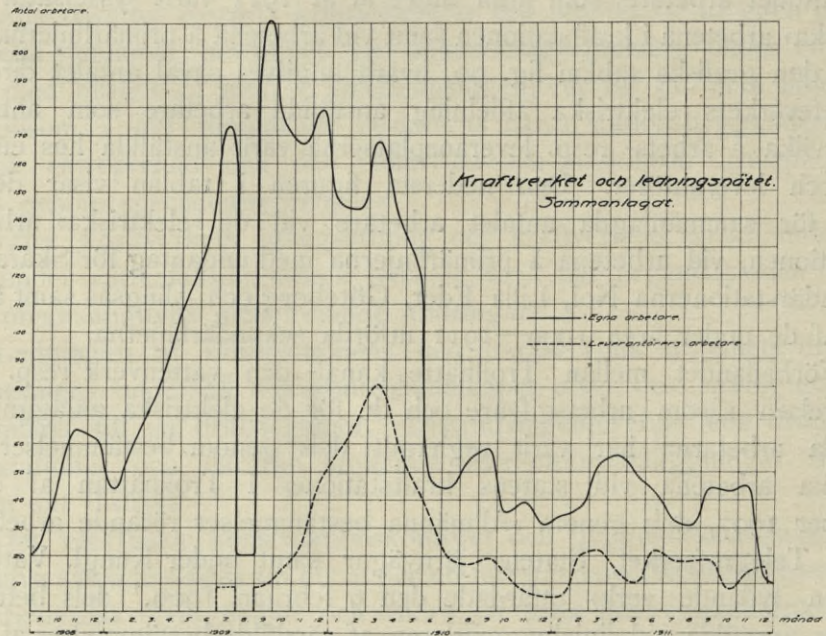
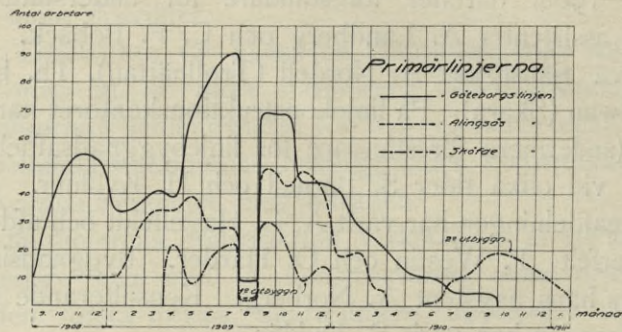
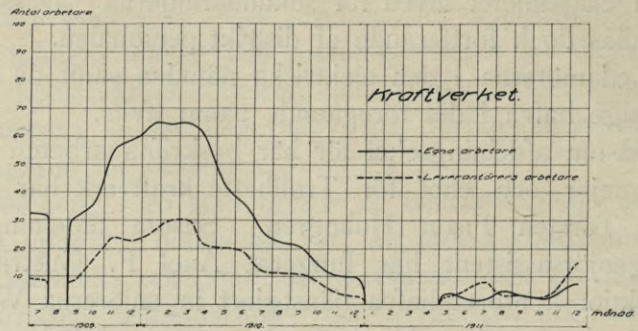


Fig. 90. Grafisk tablå öfver antalet arbetare vid de elektriska anläggningsarbetena.

Bestämmelserna af den 15 nov. 1907 innehöllo i hufvudsak följande.

En ömsesidig uppsägningstid af 8 dagar stadgas, för så vidt icke arbetare begår svårare förseelse eller förfallolöst uteblifver från arbetet. Vid betalning efter timpenning åtnjuter hvarje montör, som fyllt 21 år och arbetat i facket minst 3 år, äfvensom hvarje hjälpmontör, som fyllt 21 år, viss minimilön i enlighet med prislista, hvarom ömsesidig öfverenskommelse träffats. Bestämmelserna om minimilön gälla dock ej arbetare, som uppnått 60 års ålder eller som ej är fullt arbetsför. Rätt förbehålles arbetsbefälet att afskeda sådan arbetare, som enligt dess mening ej gör sig förtjänt af minimilön. Duglig arbetare, som arbetat ett flertal år i yrket, erhåller allt efter skicklighet och flit högre lön än minimilönen.

I regel skall ackordsarbete användas och kunna härvid minimitim-lönerna i prislistan garanteras för arbetare, som med flit och omsorg utför sitt arbete.

Den ordinarie arbetstiden är 57 timmar i veckan. Under mörkare årstid afkortas arbetstiden, såvida icke arbetsbefälet finner erforderligt, att genom konstgjord belysning bibehålla den ordinarie arbetstiden till 57 timmar. Öfvertidsarbete betalas med 25 % förhöjning för tiden mellan kl. 6 f. m. och 8 e. m., med 50 % förhöjning för tiden mellan kl. 8 e. m. och 6 f. m. och med 100 % för sön- och helgdagar, hvilka räknas från kl. 12 på natten till kl. 6 f. m. påföljande dag. Vid arbete i skift träffas öfverenskommelse om aflöningen oberoende af hvad om tilläggsprocent för öfvertidsarbete är fastställt. Vid beräkning af öfvertidsarbete medräknas ej den till måltidsraster använda tiden.

Vid arbete utom hemorten, då bort- och hemfärd sker dagligen, erhåller arbetaren, förutom ordinarie timpenning, ett extra tillägg af 75 öre per dag. För öfvertidsarbete å sådan plats gälla samma bestämmelser som för hemorten. Vid resor och arbete utom hemorten, då bort- och hemfärd ej sker dagligen, erhåller arbetare, förutom vanlig timpenning, antingen fri kost och logi, eller ett extra tillägg, som, därest resan och arbetet på en plats tager en tid af högst 8 dagar, utgår med 2 kr. 50 pr dag och eljest med 2 kr. pr dag. Erhåller arbetaren fritt logi, men ej fri kost, minskas dagtraktamentet med 50 öre pr dag.

För restid betalas vanlig timpenning för intill 10 timmar pr dag, äfven för sön- och helgdagar. Restid infallande mellan kl. 7 e. m. och 8 f. m. betalas dock som öfvertid, såvida ej sofplats erhålles, dock med högst ett dagtraktamente. Arbetsgifvaren bekostar resebiljett och frakt af bagage.

Läkarvård, sjukvård och sjukhjälp lämnas i enlighet med följande föreskrifter:

Vid all sjukdom erhåller arbetare fri läkarvård jämte medicin enligt läkares föreskrift.

Vid oförmåga till arbete, föranledd af skada genom olycksfall eller sjukdom, ådragen i arbete för verkets räkning, lämnas dessutom sjukhjälp med 1: 50 kr. om dagen samt fri sjukvård.

Blir arbetare oförmögen till arbete på grund af olycksfall utom arbete eller sjukdom, som ej föranledts af alkoholmissbruk eller venerisk smitta, lämnas sjukhjälp med 1: 25 kr. om dagen. Kräfver sådan sjukdom vård på sjukhus, meddelas fri dylik, och utgår sjukhjälp i sådant fall med 1 kr. om dagen åt familjeförsörjare och 50 öre om dagen åt icke familjeförsörjare.

Sjukhjälp utgår från och med den dag, då olycks- eller sjukdomsfallet kommit under läkarens behandling, och utbetalas för såväl söckendag som sön- och helgdag. Sjukhjälp fortfar, vid olycksfall i arbete, intill dess verkets ersättningsskyldighet enligt lag inträder, och vid annan sjukdom för högst sammanlagdt 60 dagar under loppet af ett kalenderår.

Bestämmelserna inrymma dessutom föreskrifter om aflämnande af betyg samt sätt och tid för aflöningens utbetalande.

Enligt den till bestämmelserna hörande prislistan gällde följande minimilöner:

för montörer, som kunna leda större installationer för belysning och kraft	48 öre i tim.
för montörer, som kunna arbeta själfständigt och arbetat minst 3 år i facket	38 » » »
för hjälpmontörer, som ej kunna utföra själfständigt arbete	30 » » »

Bestämmelser och prislista skulle gälla till den 1 januari 1909.

De ofvannämnda särskilda bestämmelserna rörande arbetare anställda vid linjebyggnaderna innehöllo i hufvudsak följande.

Arbetare antages af distriktsingenjör eller linjeingenjör. Den ömse- sidiga uppsägningstiden stadgas till 8 dagar. Den i de allmänna bestämmelserna omnämnda timaflöningen utgör

för linjemontörer och betongjutare, bergsprängarbas	45 öre i tim.
för borrhare, bergsprängare, stolpresare	40 » » »
för jord- och diversearbetare samt hjälparbetare	35 » » »

För öfvertidsarbete stadgas ersättning efter samma grunder, som återfinnas i de ofvan refererade bestämmelserna för de elektriska arbetena vid statens kraftstationer i Trollhättan.

Ackordsarbete må, såvidt utan olägenhet kan ske, äfven utan arbetsbefälets order bedrivas äfven på annan tid än ordinarie arbetstid; dock utgår i så fall icke öfvertidsersättning.

Den i de allmänna bestämmelserna § 9 mom. 1 a stadgade sjukaflöningen utgår från och med den dag, hvarunder arbetaren genom den ådragna kroppsskadan blifvit oförmögen till arbete, och intill den dag, han åter blir arbetsför eller till dess han enligt § 4 mom. 2 i lagen den 5 juli 1901 om ersättning för skada till följd af olycksfall i arbete blir berättigad

till lifränta. Den i § 9 mom. 2 af de allmänna bestämmelserna stadgade sjukaflöningen utbetalas endast till arbetare, som varit anställd under sammanlagt minst 2 månader vid i de allmänna bestämmelserna afsedda verk.

Vid de elektriska anläggningsarbetena i kraftstationen samt vid anläggningsarbetena för ledningsnätet hafva intill slutet af år 1911 inträffat sammanlagt 6 olycksfall, hvaraf 3 orsakats af elektrisk ström och de öfriga 3 inträffat vid stolpresning (Göteborgslinjen). Af olycksfallen genom elektrisk ström hade 1 och af de öfriga likaledes 1 dödlig utgång. Olycksfallen genom elektrisk ström hafva dels inträffat vid profningar dels föranledts därpå, att anläggningsarbeten fortgått äfven sedan kraftverket tagits i drift, hvarvid vissa arbeten måst utföras i närheten af spänningsförande ledningar.

1 olycksfall genom elektrisk ström har dessutom inträffat vid anläggningsarbetena för vatten- och husbyggnaderna.

Till förekommande af olycksfall genom elektrisk ström utfärdades den 17 oktober 1910 nedan återgifna allmänna bestämmelser, hvilka gälla såväl för nyanläggningsarbeten som generellt för de i drift varande anläggningarna:

Allmänna bestämmelser

till förekommande af olycksfall genom elektrisk ström från Trollhätte Kraftverks högspänningsanläggningar.

A. Allmänna säkerhetsföreskrifter.

1. Å i drift varande högspänningsförande del af maskin, apparat eller ledning får ej annat arbete än nödvärnsarbete företagas och detta endast af ansvarig ingenjör, verkmästare eller stationsförman på eget initiativ och ansvar. Någon befallning att utföra arbete å högspänningsförande ledning får ej meddelas. Sådant arbete får ej utföras af ensam person.

Såsom arbete å högspänningsförande del anses icke utbyte af säkerhetsmetall eller därmed jämförligt kopplingsstycke, ej heller rengöring med pressluft och vacuumrenare.

2. Arbete å till högspänningsanläggning hörande ej i drift varande maskin, apparat eller ledning får företagas, sedan de ledande delarna först fränkopplats, kortslutits och jordförbundits i omedelbar närhet af arbetsstället.

Fränkoppling af sådan del af högspänningsanläggning, på hvilken arbete skall utföras, får icke ske enbart med oljeströmbrytare utan måste därjämte betryggande, synlig fränskiljare brytas. Såsom betryggande fränskiljare räknas endast apparat, hvars kontakter uppbäras af isolatorer, skilda från hvarandra af jordförbundet ledande material, som sålunda skyddar för läckning från spänningsförande till afkopplad del. Vid fränskiljaren upphänges tydligt anslag »Arbete pågår». Vid fränkoppling skall beaktas, att afkopplad ledning kan stå under spänning från synkronmaskineri i mottagningsstationen.

Kortslutning och jordförbindning skall utföras med kopparledare af minst 10 kvmm. area eller med annat ledande material af motsvarande gröfre area. Där så särskildt föreskrifvits, skall gröfre area användas.

3. Utbyte af säkerhetsmetall eller därmed jämförligt kopplingsstycke, till och frånslagning af frånskiljare under spänning får utföras endast af driftspersonal och skall ske med verktyg, som för ändamålet godkänts af vederbörande ingenjör.
Belastning får icke brytas med säkerhetsmetall, kopplingsstycke eller frånskiljare.
4. Tillkoppling af sådan del af högspänningsanläggning, hvilken för arbetes utförande varit frånkopplad, får icke ske utan att den för inkopplingen ansvarige först själf personligen på sitt ansvar öfvertygat sig om eller af den ansvarige arbetsledaren personligen eller genom dikteradt, upptecknad och repeteradt telefonmeddelande på hans ansvar erhållit besked, att anläggningen är klar att sättas under spänning.
Det är sålunda icke tillåtet att på visst, förut bestämdt klockslag verkställa inkoppling utan föregående besked, att anläggningen efter arbetet är klar för drift.
5. Den ansvarige ledaren af sådant arbete, som skall verkställas i afkopplad del af högspänningsanläggning, är skyldig att, innan arbetet påbörjas, personligen eller genom dikteradt, upptecknad och repeteradt telefonmeddelande af den för driften ansvarige förvissa sig om, att ifrågavarande del af anläggningen är afkopplad. Han bör därjämte, om möjlighet därtill finns, på ofarligt sätt förvissa sig om, att ledningen är spänningsfri.
Så snart arbetet avslutats, är arbetsledaren skyldig förvissa sig om, att hvarje arbetare erhållit besked, att strömmen skall påsläppas, eller, om så af oförutsedd orsak ej kunnat ske, att genom utställd vakt vid arbetarens arbetsplats olycksfall förhindras.
Därefter är arbetsledaren skyldig personligen eller genom upptecknad, dikteradt och repeteradt telefonmeddelande omedelbart underrätta den för driften ansvarige, att anläggningen är klar för drift.

B. Bestämmelser rörande tillträde till och arbete i stationernas högspänningsrum.

Ansaret för att nedanstående bestämmelser tillämpas hvilar på den drifts- eller distriktsingenjör, under hvars befäl stationen står.

Med yrkeskunnig person menas i dessa föreskrifter person, som genom minst ett års praktiskt arbete blifvit förtrogen med högspänning i i gång varande anläggning eller profrum.

6. De rum, i hvilka åtkomliga högspänningsförande ledningar eller apparater finnas, skola under drift vara afstängda och låsta, så att obehöriga ej äga tillträde till dem. Såsom högspänningsrum räknas äfven sådana lokaler, där ledningar, afsedda för högspänning, finnas, äfven om dessa för tillfället äro frånkopplade.
7. Ingenjör, verkmästare resp. stationsförman med befälsrätt på stationen och vakt-hafvande maskinist samt, på uppdrag af befäl, biträdande maskinist och montör är berättigad att ensam beträda högspänningsrum för inspektion men är i sådant fall skyldig att antingen låsa ingången eller ställa instruerad vakt vid densamma.
8. Måste för driftens upprätthållande eller för rengöring arbete i högspänningsrum utföras af driftspersonal eller annan vid kraftverket anställd yrkeskunnig personal, skall den, som vid tillfället för högsta befäl i stationen, därom lämna detaljerad instruktion och är densamma ansvarig för att nödiga försiktighetsmått vidtagas.

9. Skall profning, utvidgnings- eller reparationsarbete, som icke faller under punkt 3 här ofvan, utföras i högspänningsrum af kraftverkets yrkeskunniga personal, skall skriftlig tillåtelse och instruktion därom lämnas af den ansvarige drifts- resp. distriktsingenjören eller den, han för hvarje särskildt tillfälle i sitt ställe därtill förordnar. Tillåtelsen och instruktionen gälla endast för den dag, de äro utfärdade. Instruktionen skall lämnas:
- dels till den person, som öfver arbetet för befäl,
 - dels till den vakthafvande 1:ste maskinisten resp. stationsförmannen; och skall instruktionen införas i bok, som för ändamålet förvaras i stationens kontrollrum.
- Drifts- resp. distriktsingenjör eller den, han i sitt ställe förordnat, är ansvarig för att erforderliga afspärningar och andra försiktighetsmått vidtagas samt att noggrant besked lämnas den person, som öfver arbetet för befäl, om hvilka delar af anläggningen, som äro spänningsförande.
10. Elektrisk ingenjör eller elektrisk arbetsledare, anställd hos entreprenör, är berättigad att ensam beträda högspänningsrum, i hvilket arbete under hans ledning skall utföras, under förutsättning att till kraftverket afgifvits förbindelse, som befriar kraftverket från allt ansvar för skada, som kan träffa honom, och som förbinder honom att ställa sig till efterrättelse:
- dels kraftverkets allmänna föreskrifter till förekommande af olycksfall genom elektrisk ström,
 - dels de speciella föreskrifter, som utfärdas af vederbörande drifts- eller distriktsingenjör för arbetet i fråga.
11. Arbete för elektrisk entreprenörs räkning får utföras i högspänningsrum med personal, för hvilken entreprenören ansvarar, på följande villkor:
- a) Tillstånd till utförande af visst specificerad arbete af vissa namngifna personer utfärdas skriftligt, gällande för viss dag, i två exemplar, af hvilka entreprenören behåller det ena, kraftverket det andra. Tillståndet utfärdas af drifts- resp. distriktsingenjör eller den person, han för hvarje särskildt fall därtill i sitt ställe förordnar. Det åligger den, som utfärdar tillståndet, att lämna entreprenörens arbetsledare detaljeradt besked om:
 - dels hvilka delar af anläggningen, som äro spänningsförande,
 - dels de speciella föreskrifter, som i punkt 10 sägas.
 Kraftverkets exemplar bevaras i stationens kontrollrum och delgifves den vakthafvande 1:ste maskinisten resp. stationsförmannen, såsom i punkt 9 säges.
 - b) Erforderliga afspärningar och andra försiktighetsmått vidtagas af entreprenörens arbetsledare och på hans ansvar.
 - c) All personal instrueras af entreprenörens arbetsledare noggrant om hvilka delar af anläggningen, som äro spänningsförande.
 - d) All personal instrueras af entreprenörens arbetsledare noggrant om Trollhätte kraftverks bestämmelser till förekommande af olycksfall genom elektrisk ström.
 - e) Skall icke yrkeskunnig person deltaga i arbetet, gälla de i punkt 12 gifna bestämmelserna med den ändring, att det åligger entreprenörens arbetsledare att vidtaga de åtgärder, som i punkt 12 åläggas drifts- resp. distriktsingenjör.
12. Skall i högspänningsrum arbete utföras, i hvilket någon vid kraftverket anställd ej yrkeskunnig person skall deltaga, skall skriftlig tillåtelse och instruktion därom lämnas på samma sätt, som i punkt 9 säges.

Arbetet får ej påbörjas, förrän drifts- resp. distriktsingenjör eller den, han i sitt ställe därtill förordnat, afsynat arbetsplatsen och tillsett, att alla erforderliga försiktighetsmått vidtagits.

I högspänningsrum, där arbete utföres af icke yrkeskunnig personal, skola alla högspänningsförande delar vara skyddade mot oafsiktig beröring medels skyddsväggar. Högspänningsledning, som för tillfället äro spänningslösa, skola antingen behandlas såsom spänningsförande delar och förses med skyddsväggar eller också tillförlitligt kortslutas och jordförbindas.

Vid arbeten af mycket kort varaktighet får dock arbete i högspänningsrum utföras utan genomgående tillämpning af dessa föreskrifter om skyddsväggar, därest drifts- resp. distriktsingenjören eller den, han i hvarje särskildt fall förordnat, under hela arbetet oafbrutet öfvervakar den arbetande och ansvarar för, att arbetet utföres på fullt betryggande sätt.

13. Skall i högspänningsförande rum arbete utföras, i hvilket någon icke elektriskt yrkeskunnig person deltagar, som ej är anställd vid kraftverket eller hos elektrisk entreprenör, skall densamma under arbetet ställas under direkt befäl af drifts- resp. distriktsingenjör eller den, som denne förordnar, och behandlas på samma sätt, som den vid kraftverket anställda icke yrkeskunniga personalen.
14. Tillträde till högspänningsrum får lämnas besökande, personligen åtföljd af öfveringenjören eller vederbörande drifts- resp. distriktsingenjör med befälsrätt på stationen, samt åt besökande, som till vakthafvande verkmästare eller maskinist resp. stationsförman aflämnat af öfveringenjören eller vederbörande drifts- resp. distriktsingenjör utställt inträdeskort, hvars på baksidan tryckta förbindelse af den besökande undertecknats. Besökande med kort skall vid besök i högspänningsrum åtföljas antingen af särskild af kortets utställare beordrad ciceron eller i annat fall af vakthafvande stationsbefäl eller den yrkeskunniga person, denne därtill utser.

C. Bestämmelser rörande linjearbeten.

15. Erforderliga order om verkställande af reparationer å högspänningslinjer utfärdas skriftligt eller genom upptecknad, dikteradt och repeteradt telefonmeddelande:
 - beträffande de från ställverket utgående 50,000-voltslinjerna af öfveringenjören eller i hans frånvaro af driftsingenjören,
 - beträffande de från ställverket utgående 10,000-voltslinjerna af driftsingenjören,
 - beträffande sekundärlinjerna af vederbörande distriktsingenjör.

Den för arbetet ansvarige ingenjören skall, om han ej är personligen närvarande vid arbetet, tillställa arbetsledare skriftlig instruktion rörande arbetets utförande. Bestämmelserna i punkterna 4 och 5 äro för arbetets anordnande normgivande

Meddelanden om strömmens frånslagning resp. arbetets afslutande kunna, om så är nödvändigt, lämnas genom på förhand öfverenskomna signaler af ett eller annat slag, så utarbetade, att misstag ej kan äga rum. Sådana signalsystem skola, om så är möjligt, före tillämpandet underställas öfveringenjören.

Förteckning

öfver större leverantörer och entreprenörer för de elektriska anläggningarna.

De större leverantörerna och entreprenörerna för de delar af kraftstationens elektriska utrustning och ledningsnätet, som vid 1911 års slut voro färdiga resp. under utförande, äro nedan angifna:

Accumulatorenfabrik-Actiengesellschaft, Berlin—Stockholm.

Accumulatorbatteri om 4,800 amp.-tim. och 220 volt för kraftstationen Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Västerås.

6 st. 3-fasgeneratorer à 11,000 k.v.a. med tillsatsmaskiner för kraftstationen.

3 st. likströmgeneratorer à 350 kva. för kraftstationen.

3 st. enfastransformatorer à 3,670 kva. för kraftstationen.

Instrumentering för kraftstationen.

Kabelledning mellan maskinhuset och ställverkshuset i Trollhättan.

Transformatorer för sekundärstationerna Håkantorp, Skara, Sköfde, Lilla Edet, Göteborg och Alingsås.

Instrumentering för sekundärstationerna Håkantorp, Skara, Lilla Edet, Nol och Göteborg.

Montage af Skara-linjen.

Almqvist, A., Vara.

Målning af järnstolpar för Göteborgs- och Stallbacka-linjerna.

Andersson, C. H., Göteborg.

Järnställningar för mellanväggar i Göteborgs och Lilla Edets sekundärstationer.

Arlöfs Mekaniska Verkstad och Waggonfabrik, Arlöf.

Fackverksstolpar af järn för Alingsåslinjen.

Elektriska Aktiebolaget Siemens-Schuckert, Stockholm.

4 st. elektriska maskintelegrafer för kraftstationen.

Engström, Axel, Göteborg.

Grundläggning för Göteborgsstationen.

Falköpings Mekaniska Verkstads A. B., Falköping.

Fackverksstolpar af järn för Sköfde-linjen, 2:a utbyggnaden.

Felten & Guillaume-Lahmeyerwerke, Mühlheim, (Ombud Grossh. Hugo Tillqvist, Stockholm.)

Högspänningskablar.

- Halmstads Mekaniska Verkstad, Halmstad.
Rörledningar i kraftstationens ställverkshus.
- Hessleholms Mekaniska Verkstads Aktiebolag, Hesseholm.
Fackverksstolpar af järn för Alingsås- och Sköfde-linjerna samt kanal-korsningstornen i Trollhättan.
- Holmquist, Malcus, Aktiebolaget, Halmstad.
Lyftblock.
- Kjellander & Werner, Lyrestad.
Trästolpar för sekundär-linjer.
- Kollin & Ström, Borlänge.
Järnställningar för mellanväggar i kraftstationens ställverkshus.
- Lesjöfors Aktiebolag, Lesjöfors.
Galvaniserad ståltrådslina för högspänningslinjerna.
- Lindström, Pontus, Aktiebolaget, Örebro.
Husbyggnad med grund för sekundärstationerna Håkantorps och Lilla Edet samt grund för Skarastationen.
- Lundviks, E. G., Gjuteri och Mek. Verkstad, Vänersborg.
Diverse cisterner och vändskifvor för kraftstationen. Rörledningar i Håkantorps, Skara och Göteborgs sekundärstationer.
- Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz (Ombud: Ing. Nils Westberg, Stockholm).
6 st. enfastransformatorer à 3,670 k.v.a. för kraftstationen.
- Nya Förenade Elektriska Aktiebolaget, Ludvika.
1 st. periodomformare à 650 k.v.a. för Göta Sulfitfabrik samt elektrisk utrustning för Alingsås och Sköfde sekundärstationer samt Grästorps tertiärstation.
- Persson, Axel, Göteborg.
Husbyggnad för Göteborgsstationen.
- Porzellanfabrik Hermsdorf (Ombud: Grossh. Runo Abrahamsson, Stockholm).
Stöd- och hängisolatorer för 50,000 volts linjer.
- Rosengren, E. A., Kassaskåpsfabrik, Göteborg.
Fackverksstolpar af järn för Skara-linjen, Sköfde-linjen, Göteborgs-linjen och Stallbacka-linjen.
- Rörstrands Aktiebolag, Stockholm.
Stödisolatorer för 50,000 och 10,000 volts linjer.
- Skånska Cementgjuteriet, Aktiebolaget, Göteborg.
Husbyggnader med grund för sekundärstationerna Alingsås, Nol och Sköfde samt mellanväggar för sekundärstationerna Göteborg, Lilla Edet, Alingsås, Nol och Sköfde.
- Slipers Aktiebolaget, Stockholm.
Impregnering af trästolpar.

Svenska Metallverken, Aktiebolaget, Västerås.

Koppar- och aluminiumledningar för samtliga högspänningslinjer.

Svensson, J., Skara.

Husbyggnad för Skarastationen.

Vagn- och Maskinfabriks-Aktiebolaget, Falun.

Fackverksstolpar af järn för Sköfde-linjen, 2:a utbyggnaden.

Wockatz & G:o, Göteborg.

Mannesmann-rörstolpar för sekundärlinjer.

Zander & Ingeström, Stockholm.

4 st. elektromotorpumpar för kraftstationen.

Elektromotorpumpar för Göteborgs sekundärstation.

Totalsammandrag af anläggningskostnaderna för kraftstationen och ledningsnätet.

	Anläggningskostnad till slutet af år			
	1910. Kr.		1911. Kr.	
Kraftstationen.				
1:a utbyggnaden:				
Vatten- och husbyggnader samt turbiner . . .	7,005,393: 22		7,311,205: 81	
Elektrisk utrustning jämte därtill hörande anläggningar	1,298,031: 53	8,303,424: 75	1,370,585: 13	8,681,790: 94
2:a utbyggnaden:				
Vatten- och husbyggnader samt turbiner . . .	560,350: 12		642,241: 51	
Elektrisk utrustning jämte därtill hörande anläggningar	42,575: —	602,925: 12	243,957: 78	886,199: 29
Extra kostnader, hufvudsakligen för framtida utvidgning af kraftstationen	—	132,000: —	—	132,000: —
Andel i köpeskillingen för hotell Utsikten samt kostnader som motsvaras af fordringar . . .	—	45,009: 01	—	45,009: 01
Summa för kraftstationen	—	9,083,358: 88	—	9,744,999: 24
Ledningsnätet.				
Primärlinier			1,693,989: 01	
Sekundärstationer			1,177,847: 18	
Sekundärlinier			556,573: 79	
Tertiärstationer och tertiärnät			97,878: 71	
Omformarestation vid Trollhättan inkl. anläggningar för provisorisk kraftstation			324,924: 31	
Diverse kostnader			108,107: 29	3,959,320: 29
Summa för ledningsnätet			—	3,959,320: 29
Summa summarum för kraftstationen och ledningsnätet, kronor			—	13,704,319: 53

Kraftverkets drift.

I. Sammanställning öfver vid 1911 års slut träffade aftal om leverans af elektrisk energi.

(Siffrorna afrundade till hela kilowatt.)

		Effektbelopp.	
		Minimum eller antal kw., för hvilket betal- ning erlagts under 1911.	Maximum. kw.
Trollhättedistriktet ¹		21,330	23,443
Skara distriktet:			
Håkantorp-stationens distributionsområde		177	364
Skara- »	»	405	1,233
Sköfde- »	»	187	794
Göteborgs-distriktet:			
Högstorps-stationens (Lilla Edet) »		606	685
Nol- »	»	299	449
Göteborg- »	»	7,292	18,232
Alingsås- »	»	563	840
		Summa kilowatt 30,859	46,049

II. Uppgift på antalet abonnenter vid Trollhätte kraftverk vid 1911 års slut.

A) Högspänningsabbonenter och lågspänningsabbonenter med större kraftförbrukning (≥ 10 kw.).

Trollhättedistriktet ¹	15
Skaradistriktet	17
Göteborgsdistriktet	<u>24</u> 56 st.

B) Lågspänningsabbonenter (< 10 kw.)

Trollhättedistriktet ¹	156
Skaradistriktet:	
Håkantorp	20
Grästorps	<u>88</u> 108
Göteborgsdistriktet:	
Vårgårda	<u>46</u> 310
Summa 366 st.	

¹ Inkl. anslutningarna till det äldre 50-periodsnätet i Trollhättan.

III. Anslutna transformatorer och strömförbrukningsapparater vid 1911 års utgång.

	Transformatorer.		Motorer.		Glödlampor.		Båg-lampor.		Värme-apparater.		Elektriska ugnar.		S:a ström-förbruknings-apparater.	
	Antal.	Kw.	Antal.	Kw.	Antal.	Kw.	Antal.	Kw.	Antal.	Kw.	Antal.	Kw.	Antal.	Kw.
a) Till 25-periodsnätet:														
<i>Inom Trollhätte-distriktet:</i>														
Trollhätte kanals ombyggnad	4	192	15	162	347	19	—	—	2	3	—	—	364	184
industriområdet vid Stallbacka	26	12,123	55	395	524	26	—	—	13	56	22	11,650	614	12,127
öfriga förbrukare	7	2,800	53	2,970	507	25	—	—	—	—	—	—	560	2,995
Summa	37	15,115	123	3,527	1,378	70	—	—	15	59	22	11,650	1,538	15,306
<i>Inom Skara-distriktet:</i>														
till Håkanstorps sekundärstation	5	300	26	255	2,445	115	—	—	3	23	—	—	2,474	393
» Skara »	18	650	84	654	3,856	185	—	—	27	42	—	—	3,967	881
» Sköfde »	8	200	28	520	346	18	—	—	3	20	—	—	377	558
Summa	31	1,150	138	1,429	6,647	318	—	—	33	85	—	—	6,818	1,832
<i>Inom Göteborgs-distriktet:</i>														
till Högstorps sekundärstation	3	150	8	774	231	12	—	—	2	9	—	—	241	795
» Nols »	5	525	23	308	1,917	96	—	—	—	—	—	—	1,940	404
» Göteborgs »	53	7,443	76	7,882	2,097	105	—	—	2	1	—	—	2,175	7,988
» Alingsås »	13	826	46	827	2,333	106	—	—	12	10	—	—	2,391	943
Summa	74	8,944	153	9,791	6,578	319	—	—	16	20	—	—	6,747	10,130
Summa anslutning till 25-periodsnätet	142	25,209	414	14,747	14,603	707	—	—	64	164	22	11,650	15,103	27,268
b) Till 50-periodsnätet . .	67	3,946	379	3,805	17,588	865	160	96	115	171	—	—	18,242	4,937
c) Till likströmsnätet . .	—	—	37	292	852	64	12	8	22	16	—	—	923	380
Summa summerum	209	29,155	830	18,844	33,043	1,636	172	104	201	351	22	11,650	34,268	32,585

IV. Genererad energi 1911.

	Antal kw.-timmar.
a) I stora kraftstationens trefasgeneratorer vid 25 perioder	94,749,100
b) I de äldre kraftstationerna vid 50 perioder	1,801,276
c) I stora kraftstationens likströmgeneratorer	1,109,998
Summa kw.-timmar	97,660,374

För de olika näten hafva maximiproduktionen och maximibelastningen uppgått till följande belopp samt infallit vid nedan angifna tider:

Maximiproduktionen pr dygn:

för 25-periodsnätet	d. $\frac{21}{12}$	356,600 kw.-tim.
» 50- »	d. $\frac{24}{10}$	20,525 »
» likströmsnätet	d. $\frac{18}{12}$	6,630 »

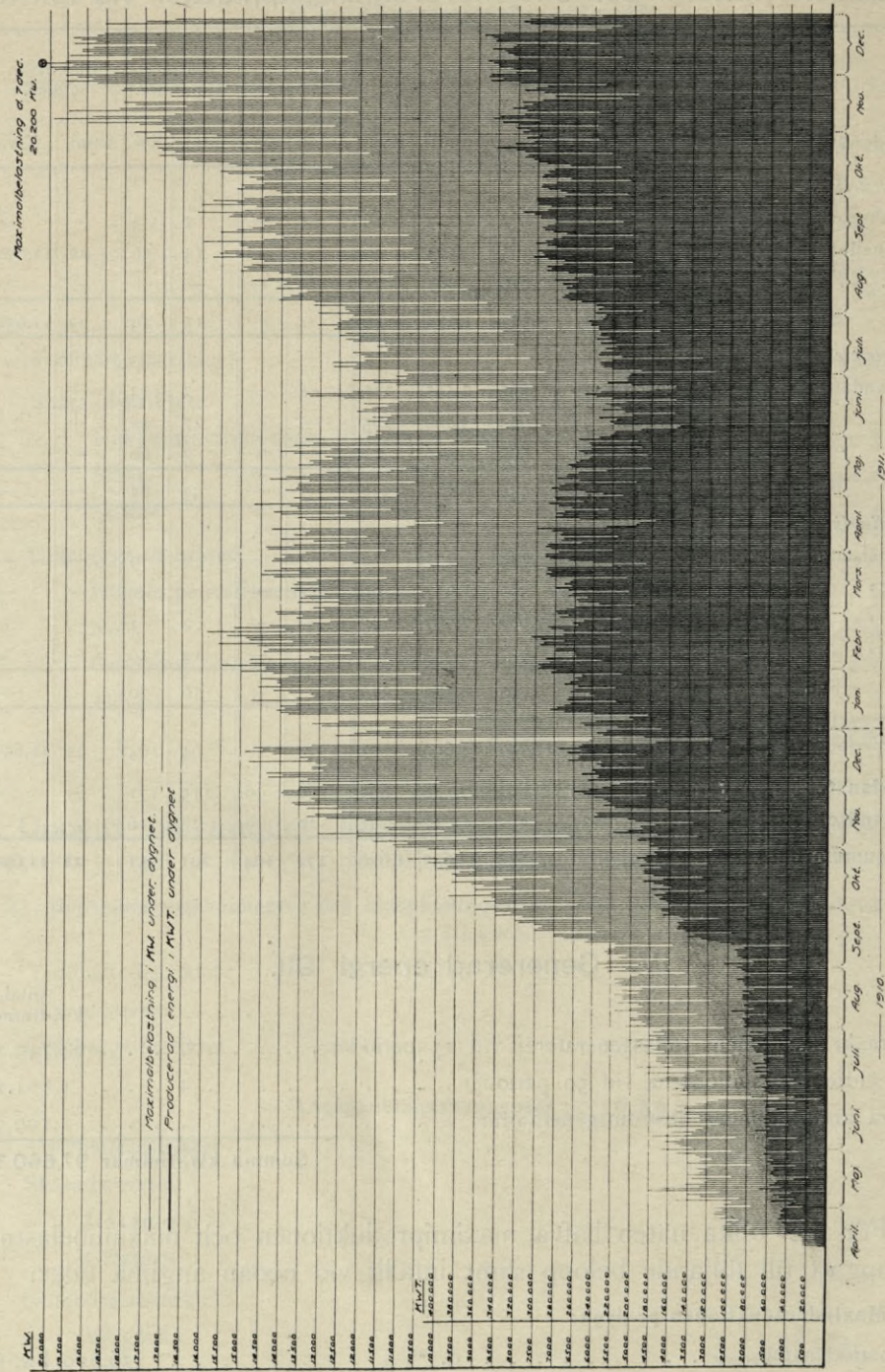


Fig. 99. Kraftstationens maximala dygnsbelastning, ar och producerade energi under aren 1910 och 1911.

Maximibelastningen:

för 25-periodsnätet vid 50,000 volt	d. 20/12 kl. 5 e. m.	11,280 kw.
» 25- » » 10,000 »	d. 9/11 » »	9,214 »
» 25- » totalt	d. 7/12 » »	20,200 »
» 50- »	d. 10/11 » »	1,560 »
» likströmsnätet	d. 4/12 » »	234 »

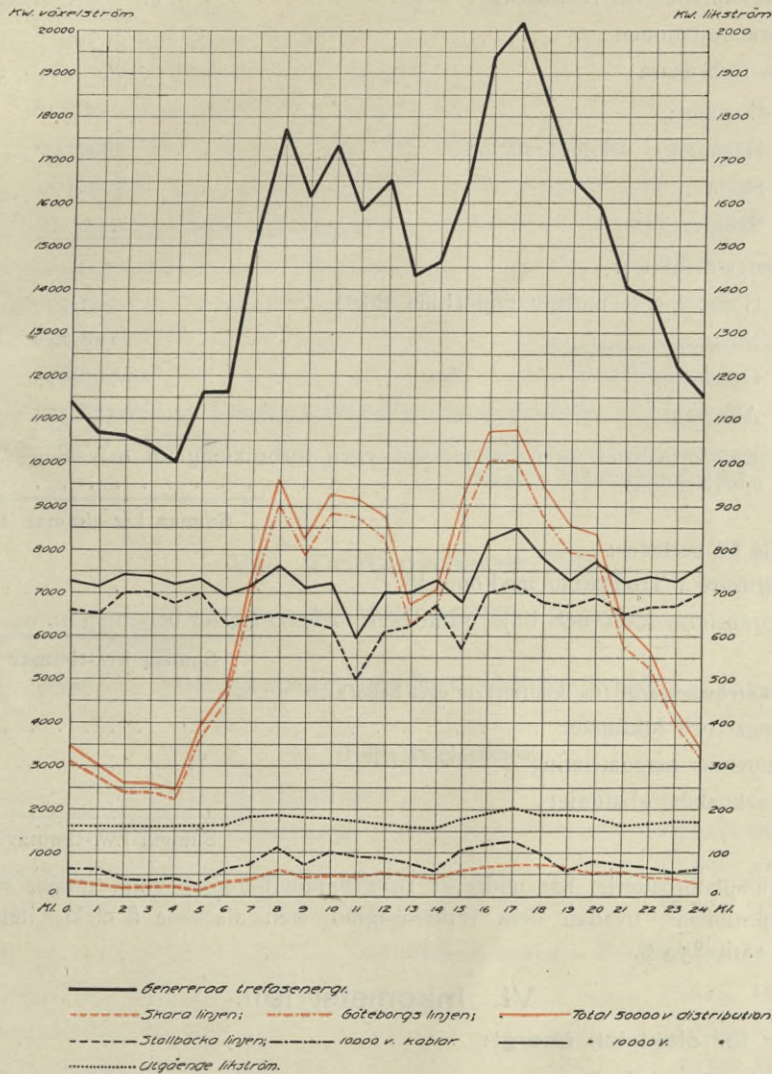


Fig. 91. Belastningskurvor för kraftstationen den 7 dec. 1911.

Fig. 90 angiver variationen under tiden från kraftstationens igångsättning till slutet af år 1911 af maximibelastningen och den genererade energien under dygnet. Fig. 91 visar belastningskurvorna för kraftstationen under det dygn 1911, då årets maximibelastning uppnåddes (7/12).

V. Förbrukad energi 1911.

(enligt uppmätning och beräkning).

a) Vid 25 perioder:

Inom Trollhätte-distriktet:		Antal kw.-timmar.	
Trollhätte kanals ombyggnad		125,983	
industriområdet vid Stallbacka		44,928,487	
omformarestationen		4,274,280	
öfriga förbrukare		<u>3,850,000</u>	53,178,750
Inom Skara-distriktet:			
från Håkantorps sekundärstation		584,740	
» Skara		545,390	
» Sköfde		<u>517,930</u>	1,647,160
Inom Göteborgs-distriktet:			
från Högstorps sekundärstation (Lilla Edet)		3,303,399	
» Nols »		128,246	
» Göteborgs »		25,796,875	
» Alingsås »		<u>1,156,371</u>	30,384,891
Förluster i transformatorer och linjer samt egen förbrukning för belysning och uppvärmning			<u>9,538,299</u>
		Summa kw.-timmar	94,749,100

b) Vid 50 perioder:

Diverse förbrukare i Trollhättan med omnejd	4,921,298
Förluster i transformatorer och linjer samt egen förbrukning för belysning m. m.	<u>266,238</u>
	Summa kw.-timmar 5,187,536

c) likströmsenergi (för kraftverkets eget behof):

Till belysnings- och kraftnätet	358,591
Till generatorernas magnetisering	744,000
Förluster i ackumulatorbatteriet	<u>7,407</u>
	Summa kw.-timmar 1,109,998

Akkumulatorbatteriet har under år 1911 upptagit 79,040 amp.-timmar samt afgifvit 67,387 amp.-timmar, hvadan dess verkningsgrad med afseende å elektricitetsmängden i genomsnitt varit 85,3 %.

VI. Inkomster 1911.

Inkomster för elektrisk energi:

a) från 25-periodsnätet:

Inom Trollhätte-distriktet:		Kronor.	Kronor.
Trollhätte kanals ombyggnad	5,444: 13		
industriområdet vid Stallbacka	199,250: 17		
öfriga förbrukare	<u>98,181: 00</u>	302,875: 30	
Transport		302,875: 30	

	Kronor.	Kronor.
Transport	302,875: 30	
Inom Skara-distriktet:		
från Håkantorps sekundärstation	22,413: 09	
» Skara »	24,364: 84	
» Sköfde »	<u>15,536: 11</u>	62,314: 04
Inom Göteborgs-distriktet:		
från Högstorps (Lilla Edet) sekundärstation	53,762: 94	
» Nols sekundärstation	8,175: 85	
» Göteborgs »	417,658: 28	
» Alingsås »	<u>42,636: 19</u>	522,233: 26
b) från 50-periodsnätet i Trollhättan		887,422: 60
c) diverse energi-inkomster (Önan m. m.)		143,951: 94
		<u>3,628: 78</u>
		1,035,003: 32
Hyresinkomster för bostäder åt kraftverkets personal, räntor, diverse inkomster		<u>19,556: 14</u>
	Summa kronor	1,054,559: 46
Häraf har till Trollhätte kanalverk öfverförts nettointkomsten af Malgöns kraftstation, utgörande		<u>23,740: 20</u>
	Summa inkomster kronor	1,030,819: 26

VII. Driftkostnader 1911.

	Kronor.
A. Aflöningsstaten.	
Tjänstemännens aflöningar	80,136: 56
Personliga lönetillägg, hyresersättning, tantiëmer, vikariatsarfvoden	<u>23,538: 08</u>
	103,674: 64
B. Omkostnadsstaten.	
<i>Stora kraftstationen med bostäder:</i>	
Extra personal för drift och renhållning	13,035: 99
Förbrukningsartiklar för d:o	15,908: 41
Underhållskostnader	<u>56,272: 90</u>
	85,217: 30
<i>De äldre kraftstationerna och omformarestationen i Trollhättan:</i>	
Extra personal för drift och renhållning	5,035: 74
Förbrukningsartiklar för d:o	3,237: 92
Underhållskostnader	<u>3,745: 37</u>
	12,019: 03
<i>Primär- och sekundärledningarna samt tertiärnäten:</i>	
Linjebevakning	4,589: 57
Öfriga driftkostnader	1,965: 89
Underhållskostnader	<u>28,844: 66</u>
	35,400: 12
	Transport 236,311: 09

		Kronor.
		Transport 236,311: 09
<i>Sekundär- och tertiärstationerna (excl. omformarestationen i Trollhättan):</i>		
Extra personal för drift och renhållning	3,236: 79	
Förbrukningsartiklar m. m.	6,611: 02	
Underhållskostnader	<u>13,295: 36</u>	23,143: 17
<i>Allmänna omkostnader:</i>		
Omkostnader för distribution	10,529: 05	
» » mätare	6,860: 77	
Expenser	15,231: 32	
Extra kontorspersonal m. m.	13,896: 81	
Sjukvård och lifräntor	3,288: 16	
Afskrifning och underhåll af inventarier och materialier samt förådsinredning	9,072: 19	
Öfriga oförutsedda utgifter	7,984: 18	
Bidrag till vattenfallsstyrelsens utgiftsstat	<u>43,921: 79</u>	
	Summa driftkostnader kronor	370,238: 53

Ofvanstående driftkostnader fördela sig på anläggningens olika delar m. m. sålunda:

Stora kraftstationen	73,778: 78
Omformarestationen	10,227: 95
De äldre kraftstationerna i Trollhättan	13,524: 02
Distributionsanläggningar	104,206: 41
Omkostnader för bostäder, vägar, planteringar	44,020: 23
Administrationskostnader	60,214: 82
Afskrifning och underhåll af inventarier	9,072: 19
Sjukvård och lifräntor	3,288: 16
Bidrag till vattenfallsstyrelsens utgiftsstat	43,921: 79
Öfriga utgifter	<u>7,984: 18</u>
	Summa kronor 370,238: 53

VIII. Driftkostnad och inkomst per afgifven kilowattimme.

	Genererade kilowattimmar.	Mot afgift levererade kilowattimmar.	Driftkostnad för kraftstationerna i öre per afgifven kw-timme.	Inkomst i öre per betald kw-timme.
Önans kraftstation	756,995	552,126	1,260	¹ 3,000
Malgöns kraftstation	1,044,281	865,794	0,580	3,741
Omformarestationen	3,386,260	3,170,722	0,293	3,000
Trollhätte kraftstation	94,749,100	² 76,702,379	0,080	1,157

¹ Önans kraftstations och omformarestationens inkomster äro sammanförda. Vid beräkning af inkomsten per betald kw-tim. delas inkomsten mellan dessa stationer i proportion till antalet mot afgift levererade kw-timmar, så att inkomsten per betald kw-tim. blir lika för dessa båda stationer.

² Dessutom har till omformarestationen levererats 4,274,280 kw-timmar, som omformats till 50 perioder. Motsvarande inkomster ingå i uppgifterna för omformarestationen.

IX. Öfverskott å rörelsen 1911.

Inkomster	kronor 1,030,819: 26
Driftkostnader	» 370,238: 53
Öfverskott för år 1911	kronor 660,580: 73

X. Administration, driftpersonal.

Såsom en själfständig afdelning af Kungl. Trollhätte kanal- och vattenverk lyder Trollhätte kraftverk under Kungl. Vattenfallsstyrelsen och är det särskildt vattenfallsdirektören och ordföranden i sistnämnda styrelse, som har att utöfva högsta ledningen öfver kraftverket.

Kraftverkets lokala ledning, innefattande såväl affärsledning som teknisk ledning och öfverinseende öfver driften af kraftstationen och dess distributionsanläggningar, utöfvas af en på viss tid af Kungl. Maj:t förordnad öfveringenjör. Den för kraftverkets administration och drift i öfrigt erforderliga personalen har för åren 1910 och 1911 förordnats af Vattenfallsstyrelsen efter af Kungl. Maj:t för tillämpning tillsvidare och i afvaktan på riksdagens beslut om aflöningsreglemente fastställd stat.¹ Under år 1911 var vid kraftverket anställd följande af vattenfallsstyrelsen sålunda tillförordnad personal för verkets administration och drift:

- 1 öfveringenjörssassistent,
- 1 driftsingenjör,
- 3 distriktsingenjörer (stationerade i resp. Göteborg, Skara och Trollhättan),
- 1 kontrollör och statistiker,
- 1 bokhållare af 2:a lönegraden,
- 1 kontorsskrifvare, kvinnlig,
- 3 driftsverkmästare,
- 1 instrumentmakare,
- 1 öfvermontör,
- 5 stationsförmän,
- 8 maskinister af 1:a lönegraden,
- 10 maskinister af 2:a lönegraden,
- 3 montörer,
- 3 telefon- och portvakter.

Af ofvanstående personal voro distriktsingenjörerna, stationsförmännen, öfvermontören och montörerna anställda uteslutande för distributionsanläggningarna. 2 distriktsingenjörer, stationsförmännen och 2 montörer voro stationerade utom Trollhättan; hela den öfriga personalen har varit sta-

¹ Dylikt aflöningsreglemente har af 1913 års riksdag blifvit antaget.

tionerad i Trollhättan. 1 driftsverkmästare och 4 maskinister hafva användts uteslutande för driften af omformarestationen och de äldre kraftstationerna i Trollhättan.

Utom ofvanstående personal har dessutom varit anställd en del extra personal, såsom biträdande ingenjörer, skrifbiträden, förrådspersonal, stations- och linjevakter m. fl.

Kraftverkets hufvudbokföring och kassaärenden ombesörjas af Kungl. Trollhätte kanal- och vattenverks ordinarie räkenskapsafdelning. Specialbokföringen skötes däremot af kraftverkets bokhålleriafdelning.

Personregister till Trollhätte kraftverk.

I = afd. I. II = afd. II och III.

- ANDERSSON, ERIK, f. 1854, lektor vid Tekniska Högskolan, d. 1911. I. 91, 110.
 ANDERSSON, L. E., f. 1861, dammbyggmästare. d. 1911. I. 23.
 ANDRÉEN, ELIS, f. 1877, ingenjör. I. 110.
 ATTERBERG, ANDERS JOHAN, f. 1845, civilingenjör. II. 11.
- BERGELIN, THORSTEN, f. 1880, civilingenjör. II. 163.
 BERGMAN, DAVID, f. 1875, civilingenjör. I. 91. II. 3.
 BERNELL, S., ingenjör. II. 163.
 BOBÄCK, CARL FILIP, f. 1889, civilingenjör. II. 163.
 BORGQUIST, WALDEMAR, f. 1882, civilingenjör. II. 163.
 BÄCKMAN, STEN, f. 1880, civilingenjör. I. 135.
- CRONVALL, EINAR, f. 1880, civilingenjör. II. 163.
- DAHLGREN, WILHELM, f. 1858, ingenjör. I. 123.
 DAHLSTRÖM, AUGUST, f. 1865, civilingenjör. I. 134.
 DANIELSSON, ERNST, ingenjör, d. 1907. II. 3, 6.
 DECKER, AUGUST, f. 1862, öfveringenjör. I. 91. II. 3.
 DVHLÉN, SVANTE, ingenjör. I. 135. II. 163.
- EKVALL, AXEL, f. 1881, civilingenjör. I. 135.
 ELDH, CARL, f. 1873, bildhuggare. I. 15.
 ERICSON, NILS, f. 1802, öfverste, d. 1870. I. 2.
- FELDMANN, C., professor. II. 8, 9.
 FRENELL, PER, f. 1876, civilingenjör. II. 32.
 FRÖMAN, KARL AUGUST, f. 1878, civilingenjör. I. 135.
- GAGNER, CARL, f. 1835, major, d. 1911. I. 2.
 GUSTRIN, AXEL F., f. 1880, civilingenjör. II. 163.
 GÖRGES, H., professor. II. 8, 9.
- HAGELFELDT, ALFRED GABRIEL, f. 1877, civilingenjör. II. 163.
 HAGLUND, E., byggmästare. I. 133.
 HANSEN, FREDRIK VILHELM, f. 1862, öfverste, vattenfallsdirektör. I. 134. II. 161.
 HANSSON, GILLIS, f. 1880, ingenjör. I. 135.
 HARDER, Ove, f. 1885, civilingenjör. II. 163.
 HENNEL, RUDOLF, f. 1879, ingenjör. I. 135.
 HENRIKSON, HUGO, f. 1885, civilingenjör. I. 135.
 HOLMGREN, TORSTEN, f. 1874, öfveringenjör. I. 91. II. 3, 14, 32, 66, 84, 90, 161, 163.
- JACOBSON, AXEL, f. 1881, civilingenjör. I. 134.
 JOSEPHSON, ERIK, f. 1864, arkitekt. I. 15, 84, 134.
- KVILLNER, H., ingenjör, d. 1912. II. 163.
- LANDBERG, ANDERS, f. 1882, ingenjör. II. 163.
 LAURELL, PEHR, f. 1837, öfverstelöjtnant, d. 1906. I. 2, 5, 16.
 LINDSTRÖM, ARVID, f. 1866, professor. I. 91. II. 3, 27.
 LUNDGREN, IVAR, f. 1881, ingenjör. II. 163.
- MAGNELL, CARL JAKOB, f. 1857, professor. I. 2.
 MALM, GÖSTA, f. 1873, kapten. I. 134, 135.
 MATTSON, H., ingenjör. I. 135.
- NORBERG, AXEL, f. 1874, ingenjör. II. 163.
 NORDELL, AXEL, f. 1881, civilingenjör. II. 163.
 NORMAN, AXEL, f. 1880, civilingenjör. I. 135.

- PETERSEN, WALDEMAR, professor i Darmstadt. II. 68.
- PETTERSSON, K. L., byggmästare. I. 125.
- PLASS, JOHN, f. 1883, ingenjör. I. 135.
- RYMAN, E., byggmästare. I. 133.
- SCHMIDT, CARL, f. 1877, fiskeriingenjör. I. 18.
- SCHULTZ, ALLAN, f. 1881, civilingenjör. I. 135.
- SCOTT, CHARLES F., mr. II. 8.
- SOMMERFELDT, HARALD, f. 1878, ingenjör. II. 163.
- STERNER, A., ingenjör. I. 135.
- SUNDBLAD, NILS, f. 1881, civilingenjör. I. 23, 135.
- SVENSSON, J., byggmästare. I. 133.
- SYLWAN, EINAR, f. 1881, civilingenjör. II. 163.
- TERSMEDEN, NILS, f. 1880, civilingenjör. I. 135.
- WALLÉN, AXEL, f. 1877, fil. d:r, föreståndare för Hydrografiska byrån. I. 2.
- WESTIN, PER, f. 1880, civilingenjör. II. 163.
- WIKANDER, E., direktör. II. 11.
- VILÉN, N., byggmästare. I. 90.
- WYSSLING, W., professor. II. 8, 9.
- ÅGREN, ERNST MALCUS, f. 1883, ingenjör. II. 163.
- ÅNGSTRÖM, CARL ARENDT, f. 1821, professor, d. 1896. I. 82.

Efterskrift.

Med hänvisning till hvad som i företalet till detta verk, del I, nämnts om de penningbidrag från enskilda, hvilka möjliggjort reproduction af äldre kartor, ritningar och afbildningar, berörande Trollhättans utvecklingshistoria, och deras utgifvande i form af en planschbilaga till ofvannämnda del I, lämnas härmed för dessa bidrag och deras användning följande

»Redogörelse.

På teckningslista 1 hafva influtit:

från Ernst Hagelin	Kr.	300: —
» Ivar Wærn	»	300: —
» H. Mannheimer	»	300: —
» A. Andréén	»	300: —
» Hjalmar Wijk	»	300: —
» A. E. Seaton	»	300: —
» Johan Ekman	»	300: —
» Henrik E. Ahrenberg	»	300: —
» Moritz Frænckel	»	300: —
» Erik Philipson	»	300: —
» Otto Platin	»	300: —
» Dan Broström	»	300: —
» Justus A. Waller	»	300: —
» Melcher Lyckholm	»	300: —
» Erik Wijk	»	300: —
» M. Kindal	»	300: —
» M. W. Rhedin	»	100: —
» L. Fürstenberg	»	50: —
» H. Fürstenberg	»	50: —

På teckningslista 2 hafva influtit:

från Lilla Edets Pappersbruks Aktiebolag (genom C. Emil Hæger)	Kr.	1,000: —
» Erik Frisell	»	1,000: —
» Inlands Pappfabriks Aktiebolag (genom P. Axel Hellström)	»	500: —
genom Ernst Hagelin	»	800: —

På teckningslista 3 hafva influtit:

från A. Nydqvist	Kr.	500: —
» Herman Nydqvist	»	500: —
» Ernst Stridsberg	»	50: —

Summa kronor 9,350: —

Att förestående belopp, 9,350 kronor, användts till gäldande af kostnader för utgifvande af arbetet »Trollhättan, dess kanal- och kraftverk» betygas å tjänstens vägnar:
Stockholm i Kungl. Vattenfallsstyrelsens kamrerarekontor

Axel Jacobson.»

I företalet har redan till de frikostiga bidragstecknarna framburits ett uppriktigt tack för gåfvorna. Detta tack må här ännu en gång med eftertryck upprepas och förenas med ett vitsord om det lifliga erkännande, hvarmed planschbilagan emottagits af alla för kulturhistoriska frågor af denna art intresserade.

Stockholm i mars 1914.

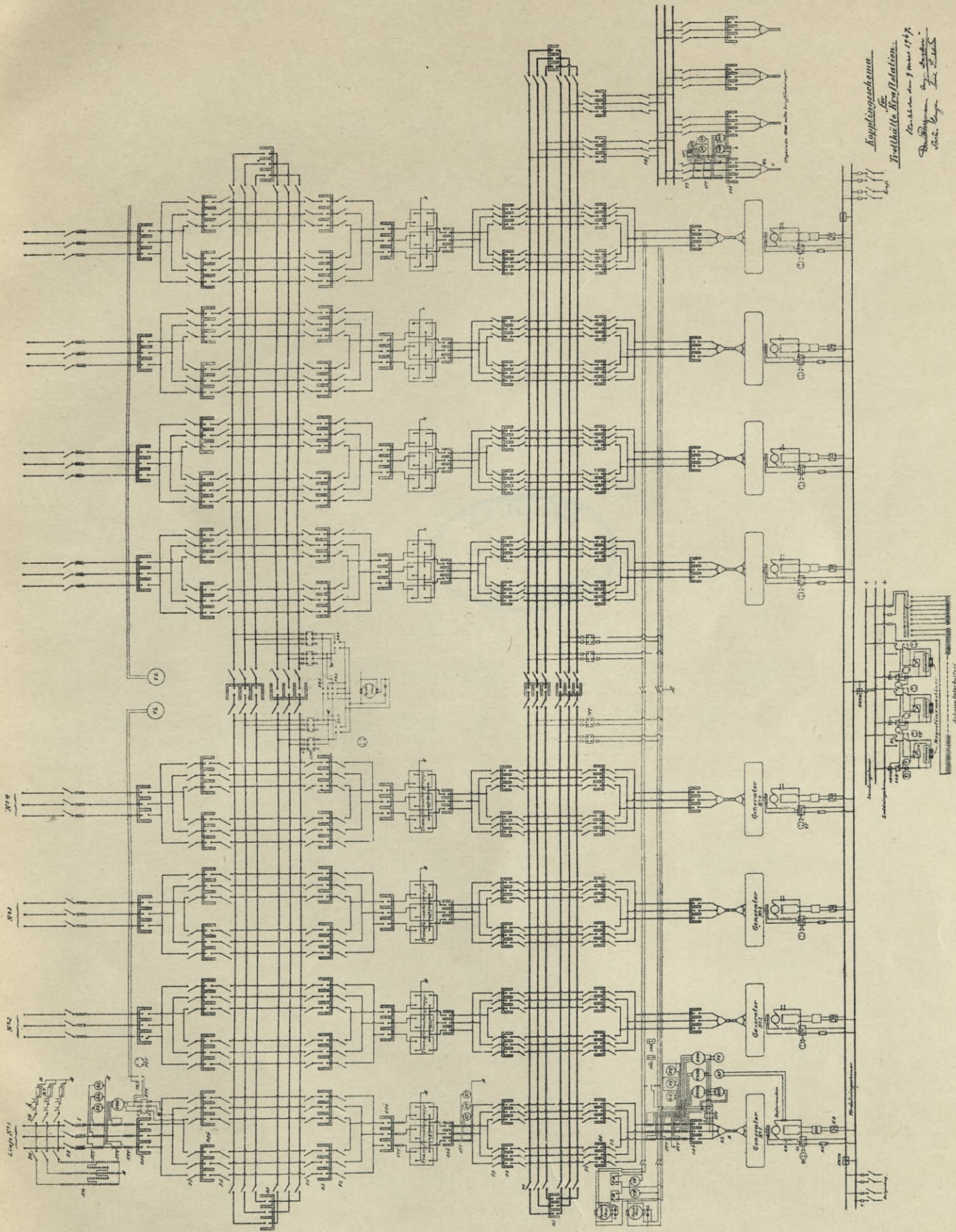
F. Vilh. Hansen.



Rättelser:

- Sid. 15, rad 11 uppfifrån *står*: maskinsalens midt *läs*: I maskinsalens midt
» 21, » 9—10 nedifrån *står*: inkapsade *läs*: inkapslade
» 35, » 9 nedifrån *står*: kvm. *läs*: kvmm.
» 70, » 9 nedifrån *står*: Ingångsättningen *läs*: Igångsättningen

Trollhätte Kraftverk. Afd. II och III.



Kopplingschema
 för
 Fullballe Kraftstationen.
 Anst. den 2 mars 1907
 Dr. P. Bergman, Ing. Gustaf
 Carlsson, Ing. J. J. J. J.

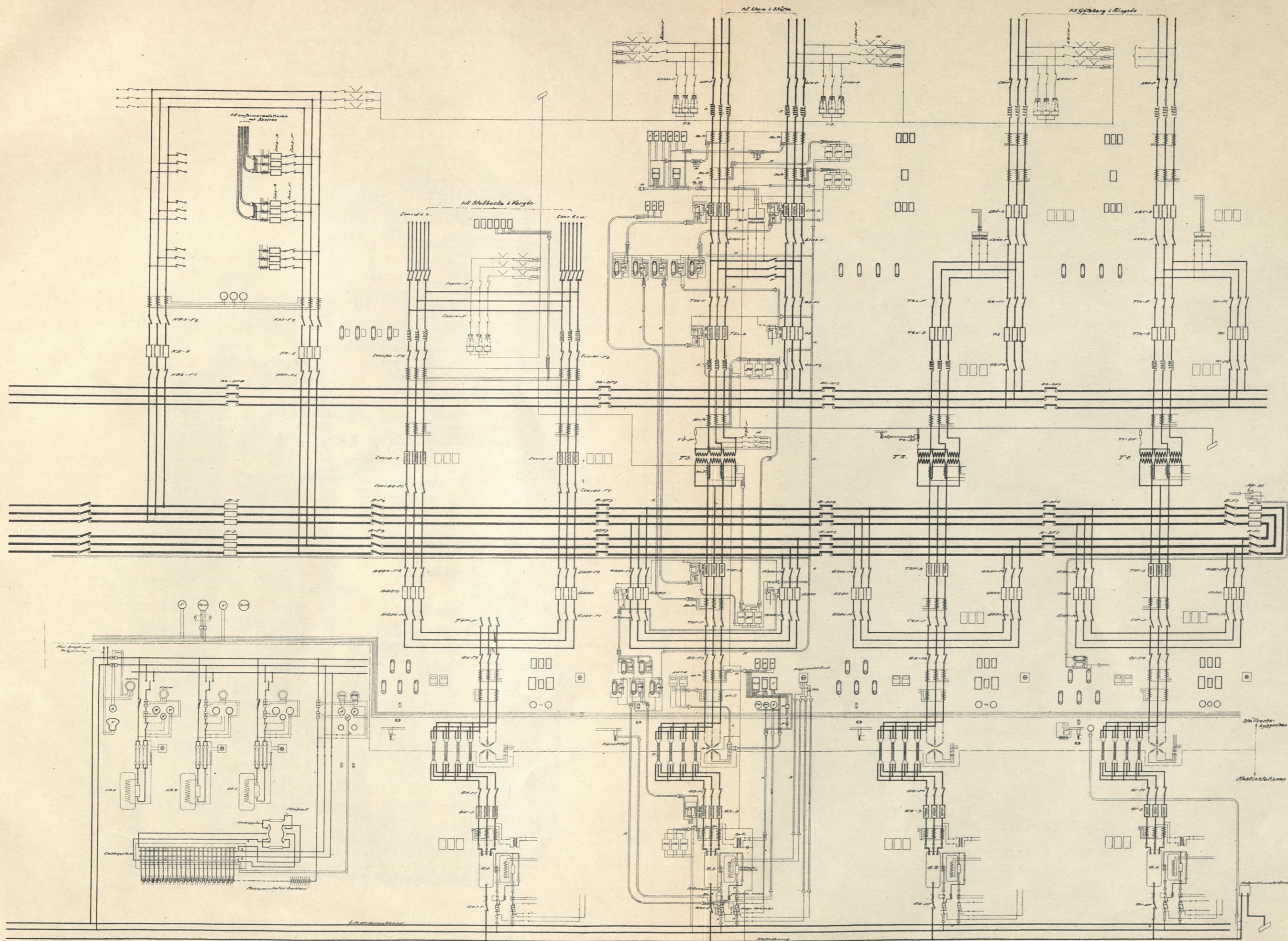
PL. I. »ELEKTRISKA NÄMNDENS» FÖRSLAG TILL KOPPLINGSKEMA FÖR KRAFTSTATIONEN



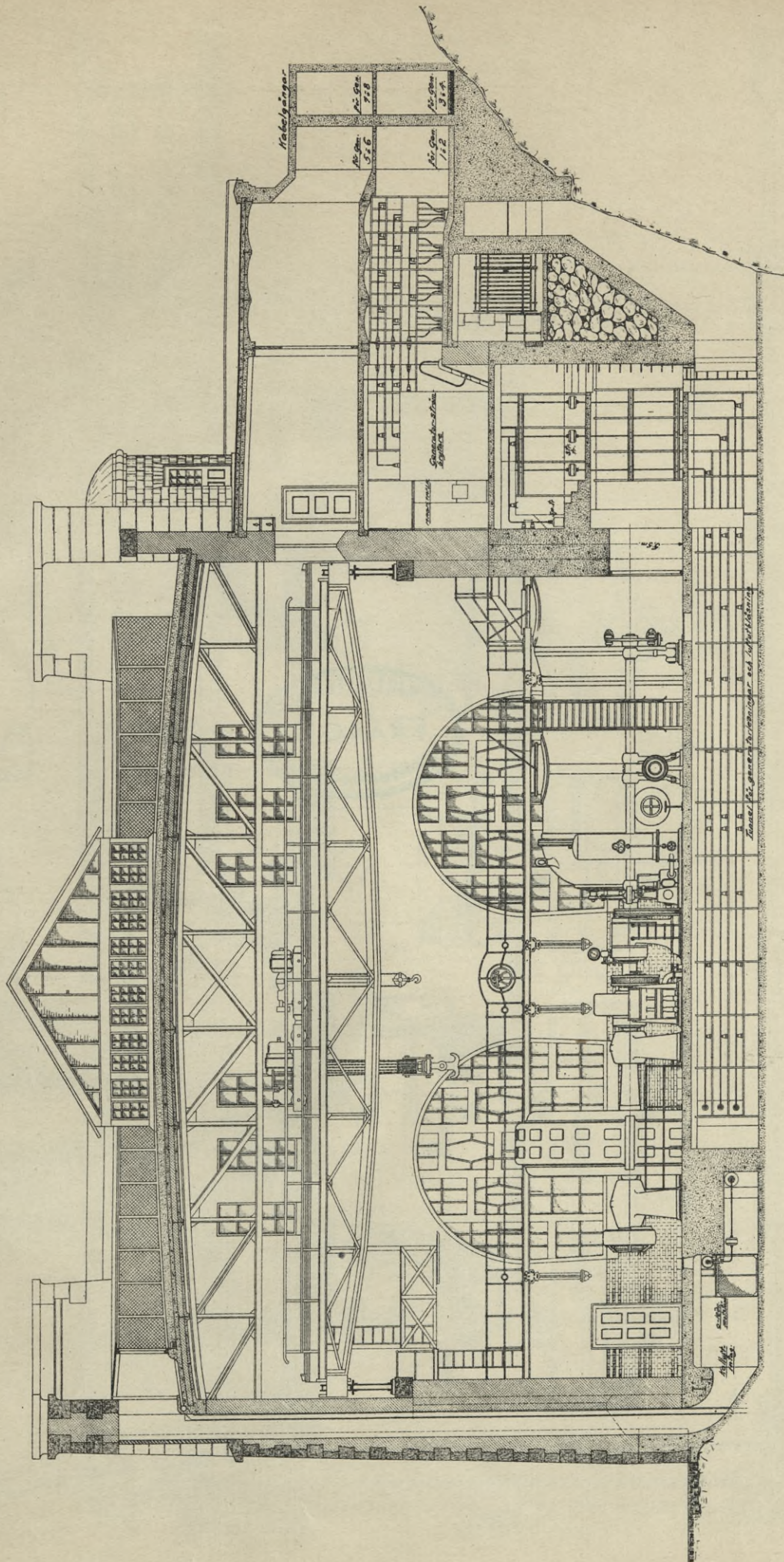
BIBLIOTEKA

KRAKÓW

*
Politechniczna

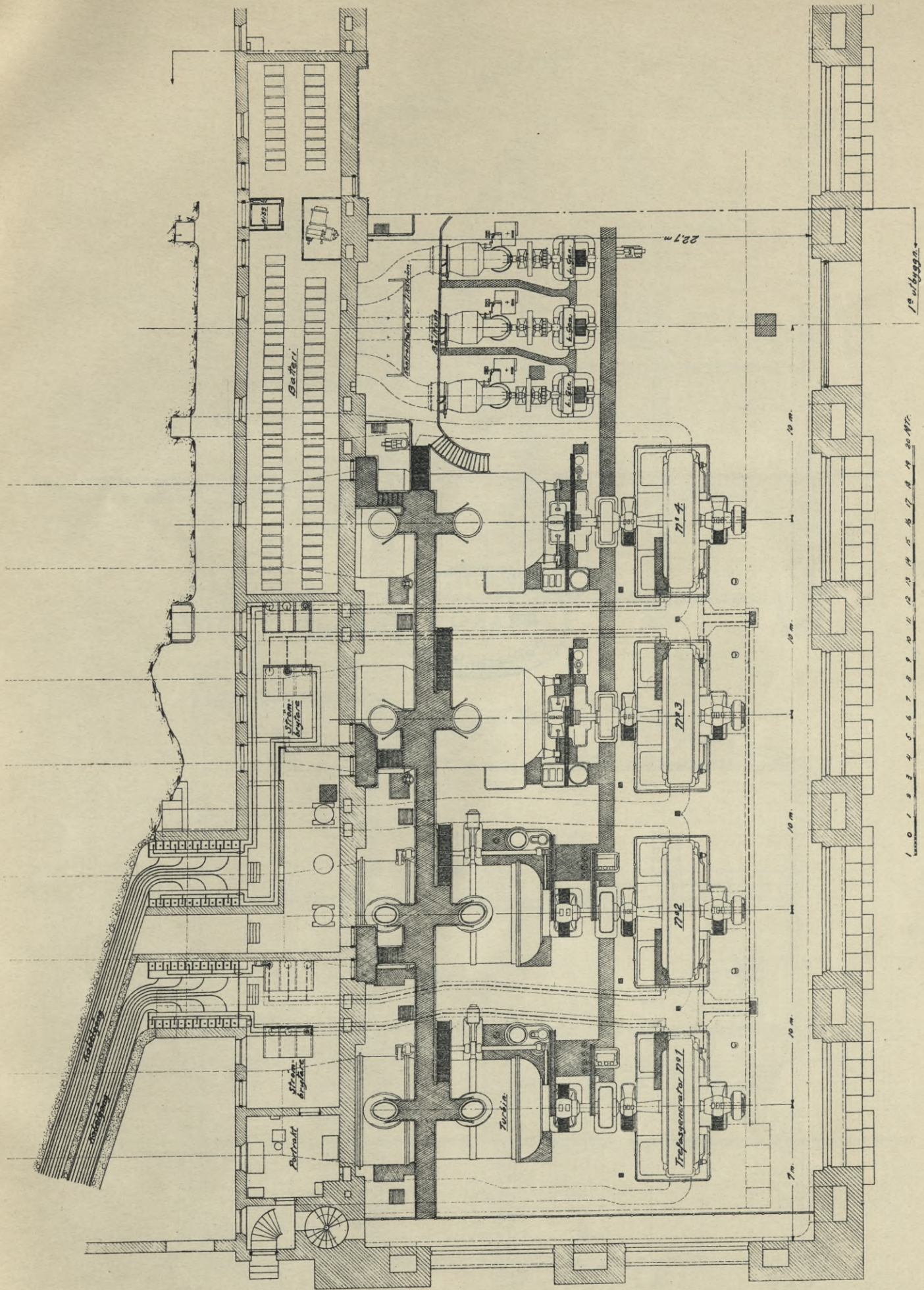


PL. 2. KRAFTSTATIONENS VID UTFÖRANDET FÖLJDA KOPPLINGSSCHEMA FÖR FÖRSTA UTBYGGNADEN.

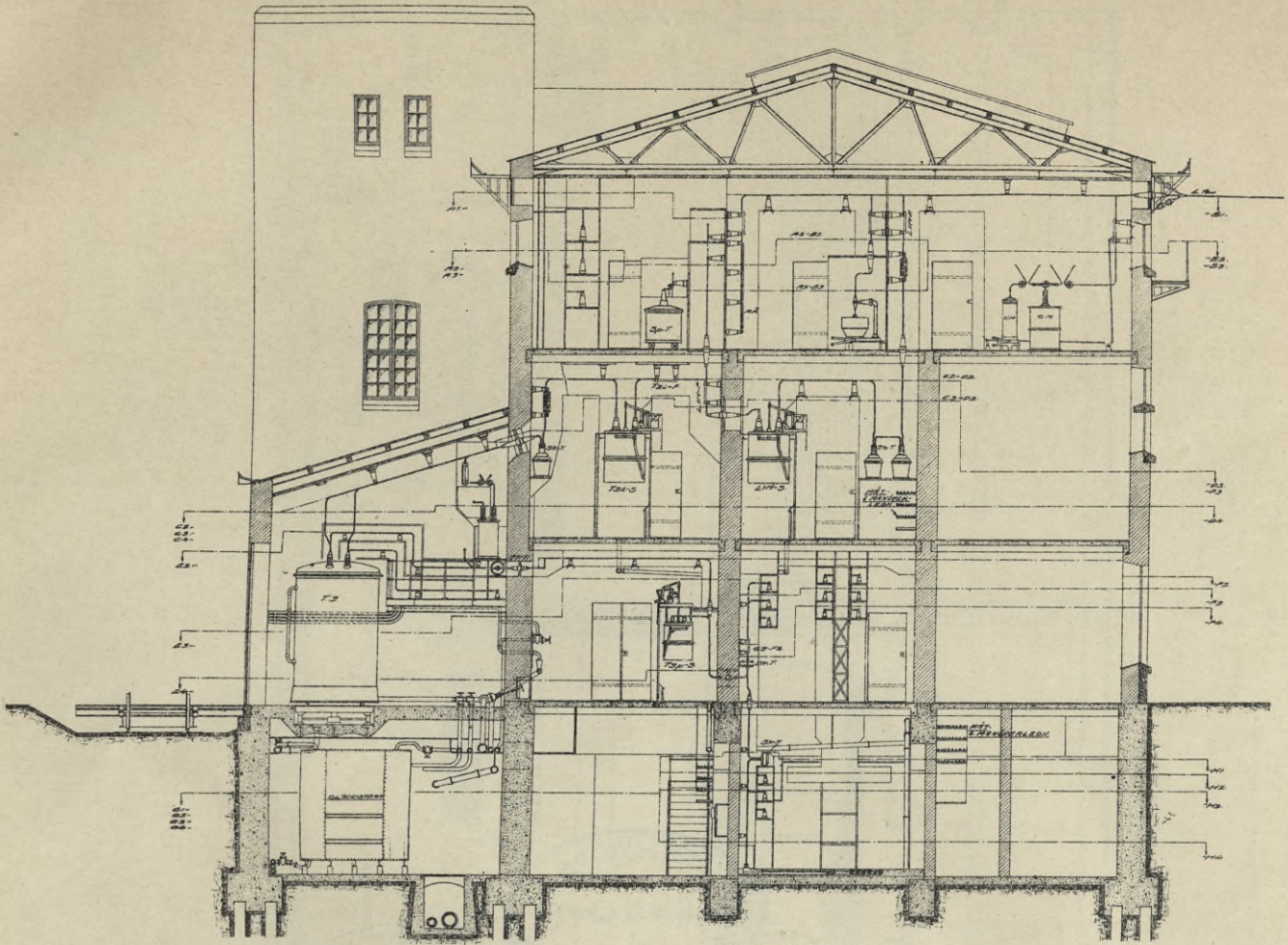


PL. 3. KRAFTSTATIONENS MASKINUS, SEKTION MELLAN TREFASGENERATORERNA N:IS 1 OCH 2.

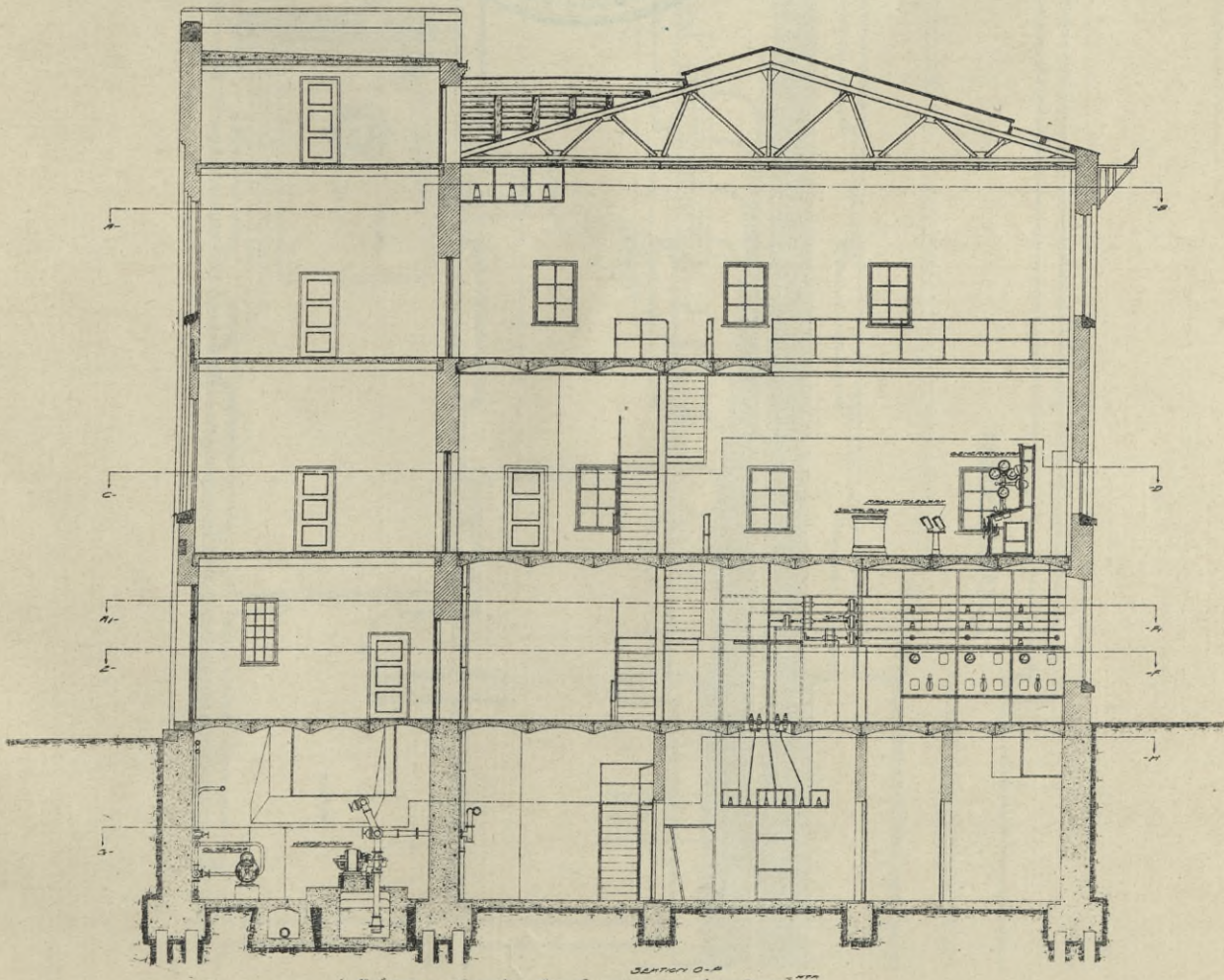




PL. 4. KRAFTSTATIONENS MASKINUS, PLAN AF FÖRSTA UTBYGGNADEN.

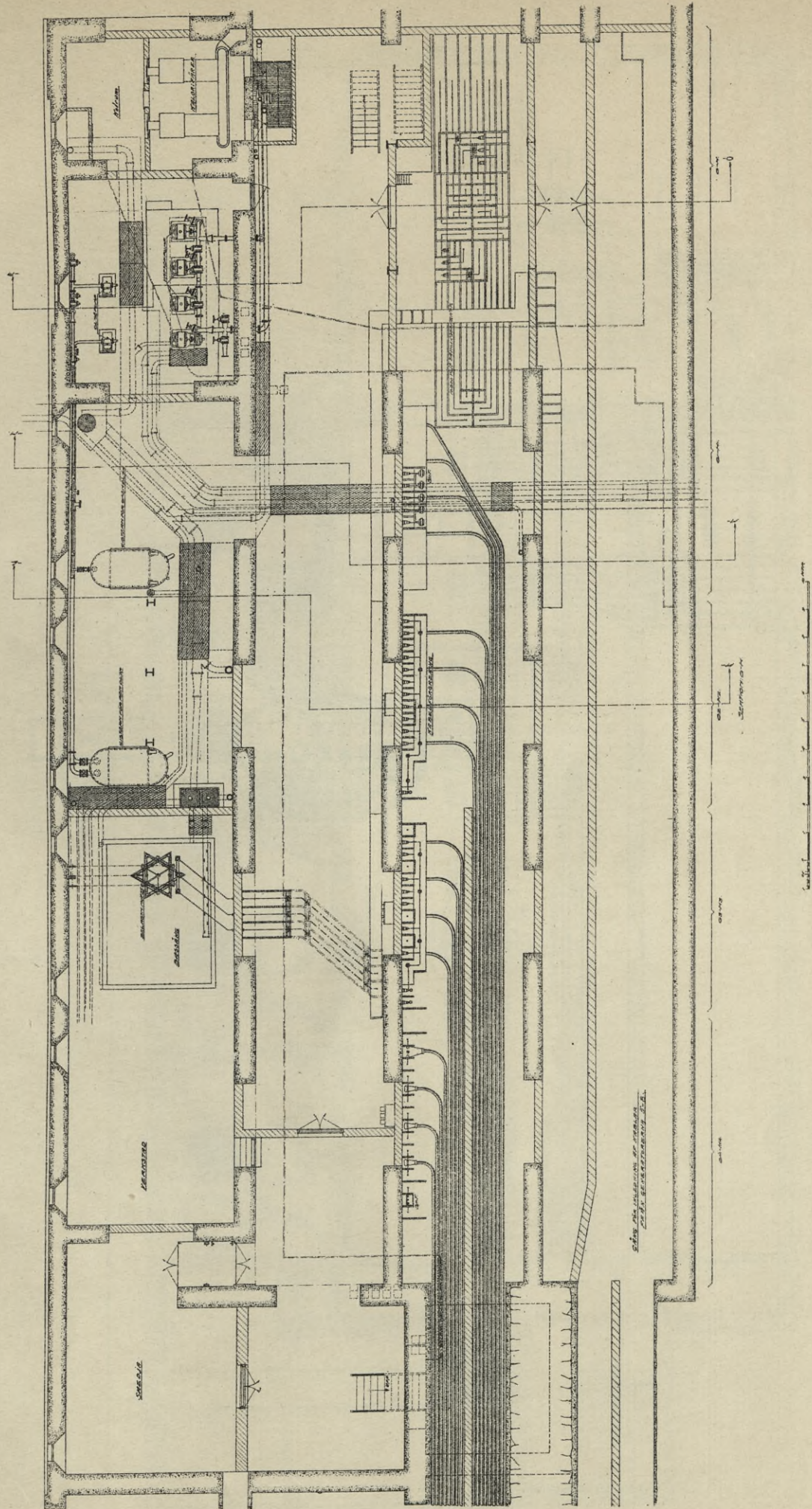


SEKTION K-L

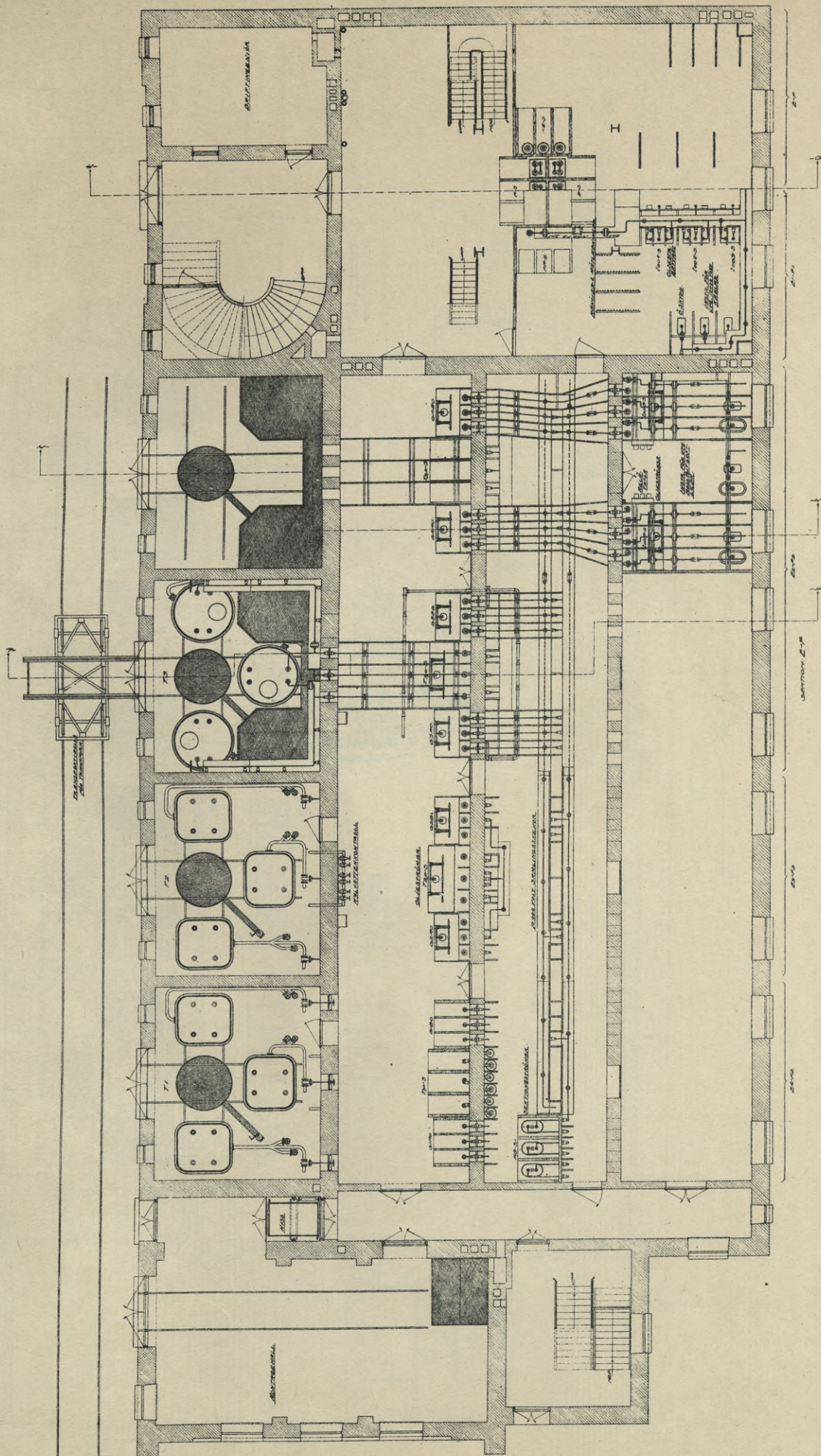


SEKTION O-P

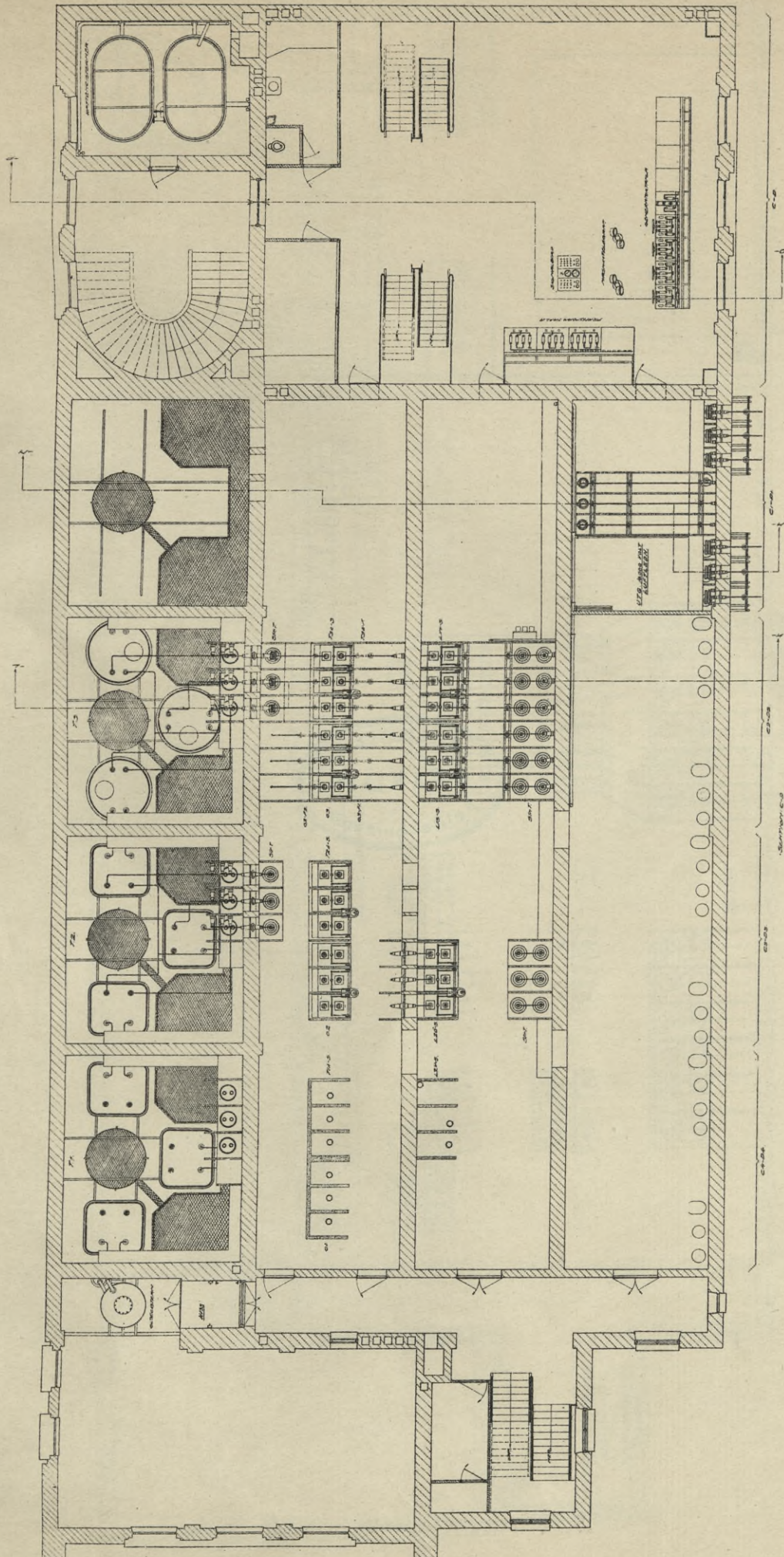
PL. 5. KRAFTSTATIONENS STÄLLVERKSHUS, SEKTIONER GENOM »MIDTPARTIET»
OCH »HÖGSPÄNNINGSPARTIET».



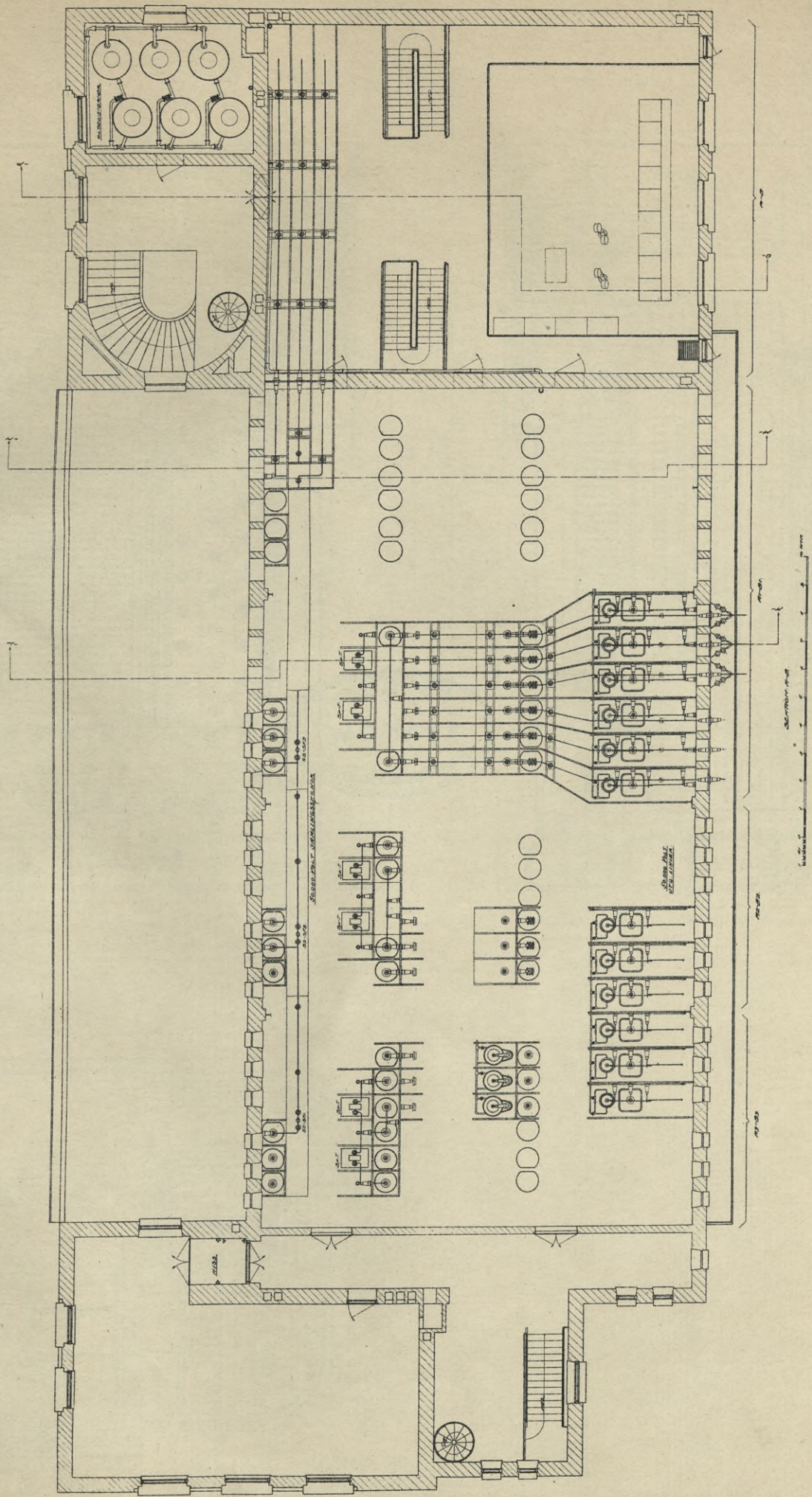
PL. 6. KRAFTSTATIONENS STÄLLVERKSHUS, PLAN AF KÄLLARVÅN.



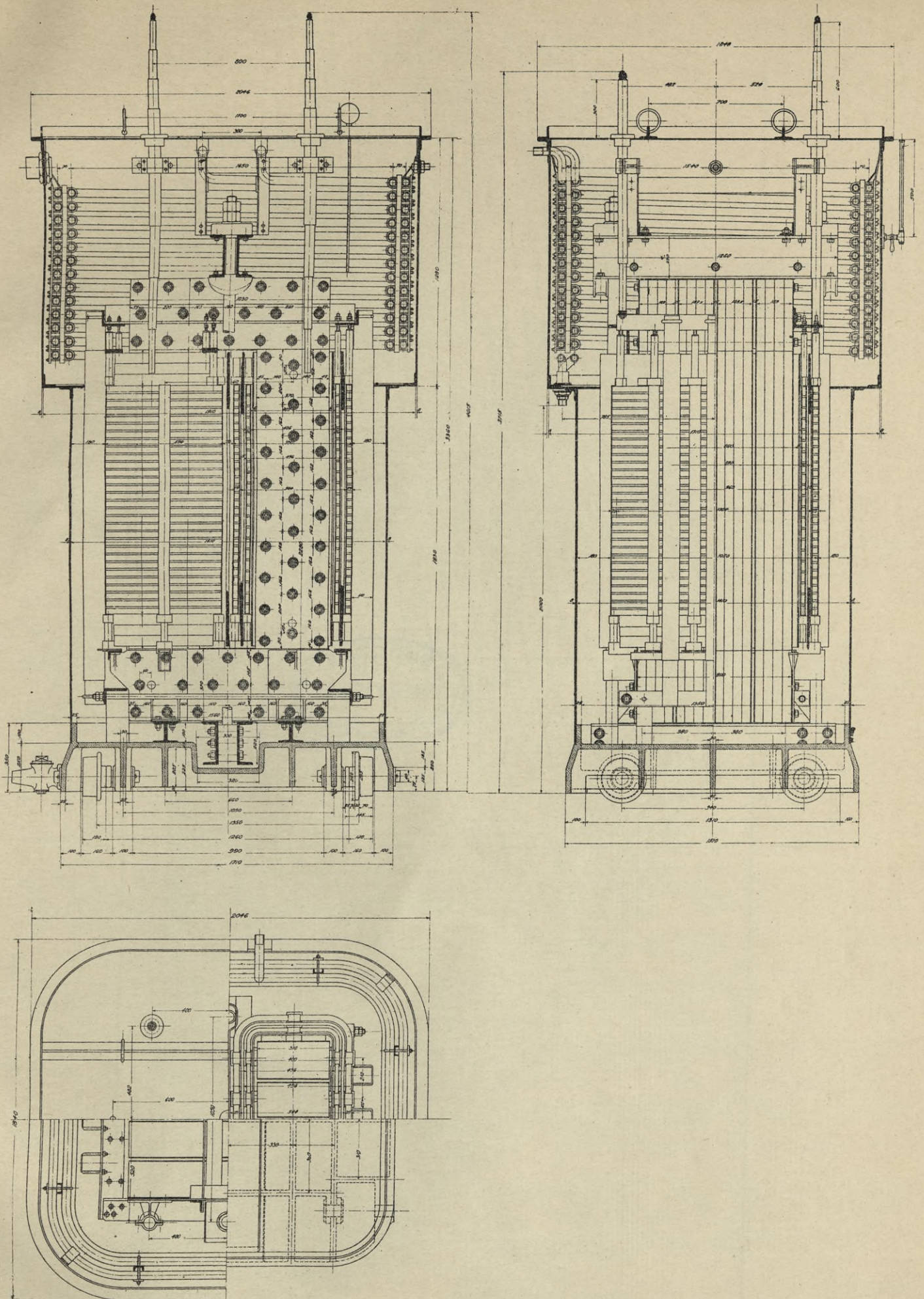
PL. 7. KRAFTSTATIONENS STÄLLVERKSHUS, PLAN AF I:A VÅN.



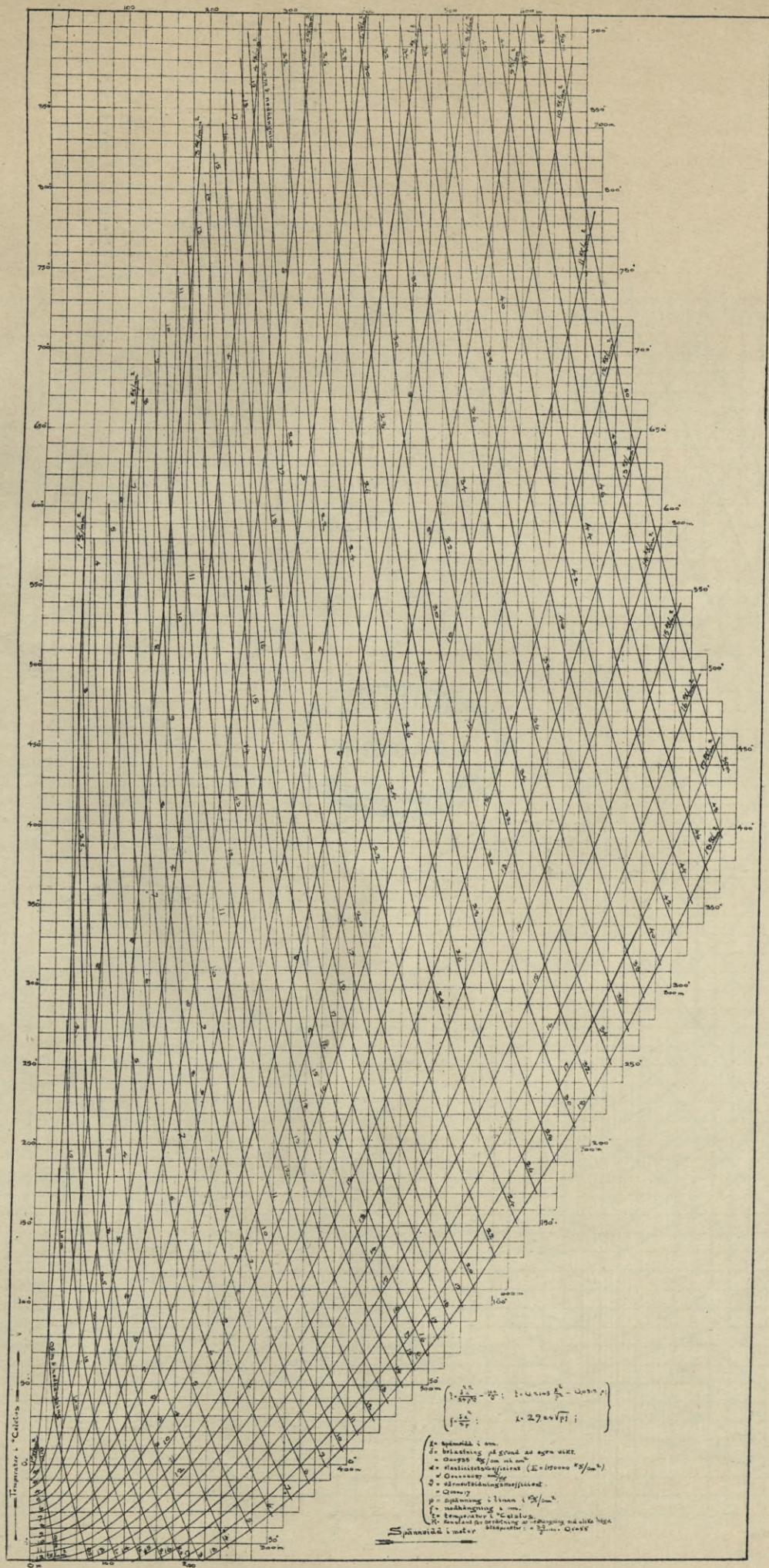
PL. 8. KRAFTSTATIONENS STÄLLVERKSHUS, PLAN AF 2:A VÅN.



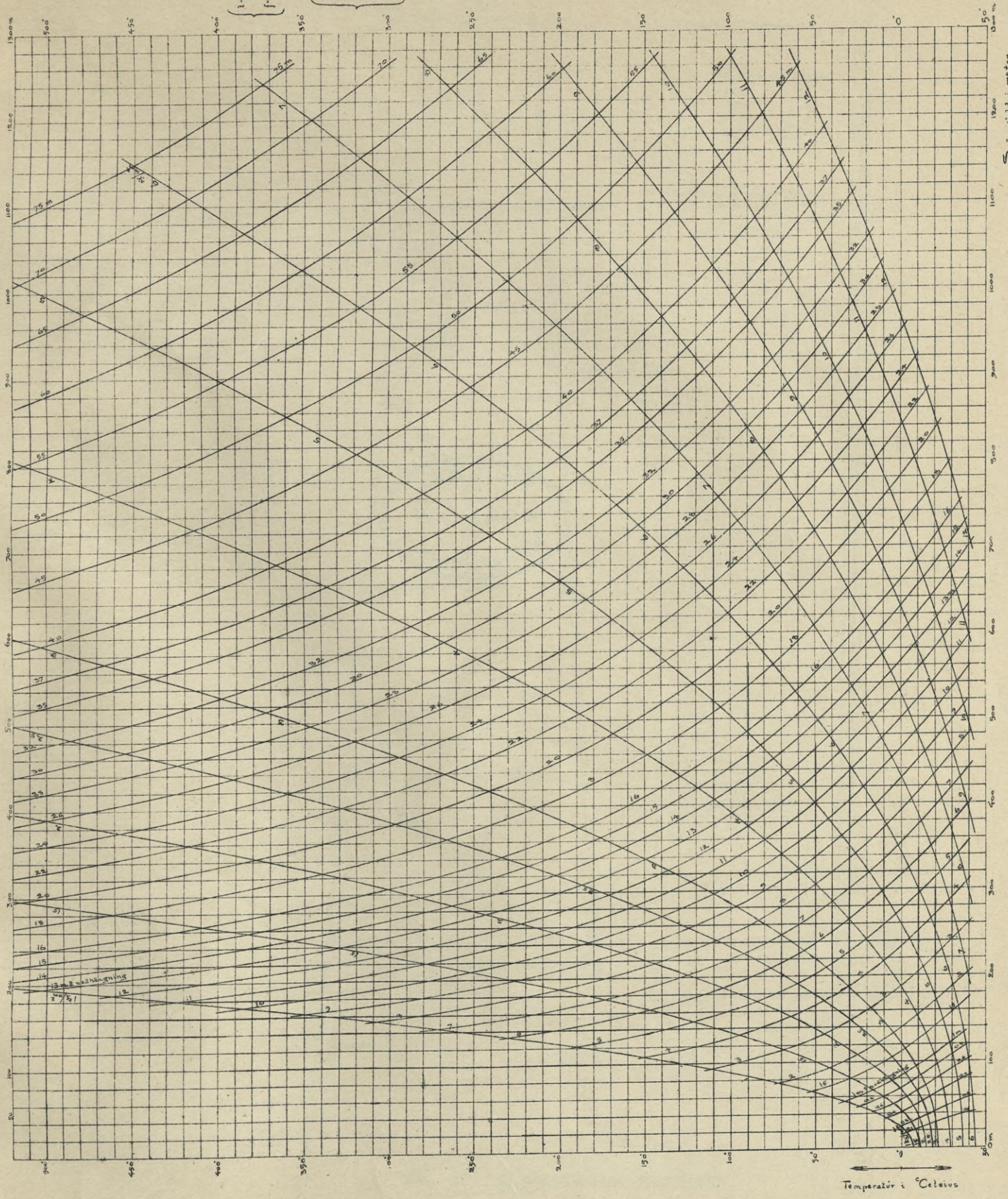
PL. 9. KRAFTSTATIONENS STÄLLVERKSHUS, PLAN AF 3:R E VÅN.



PL. 10. ENFASTRANSFORMATOR FÖR 3.670 K. V. A., 10.000/30.000 VOLT
I KRAFTSTATIONEN, LEVERERAD AF MASCHINENFABRIK OERLIKON.



PL. 11. DIAGRAM ÖFVER NEDHÄNGNING OCH SPÄNNING HOS KOPPARLINOR.

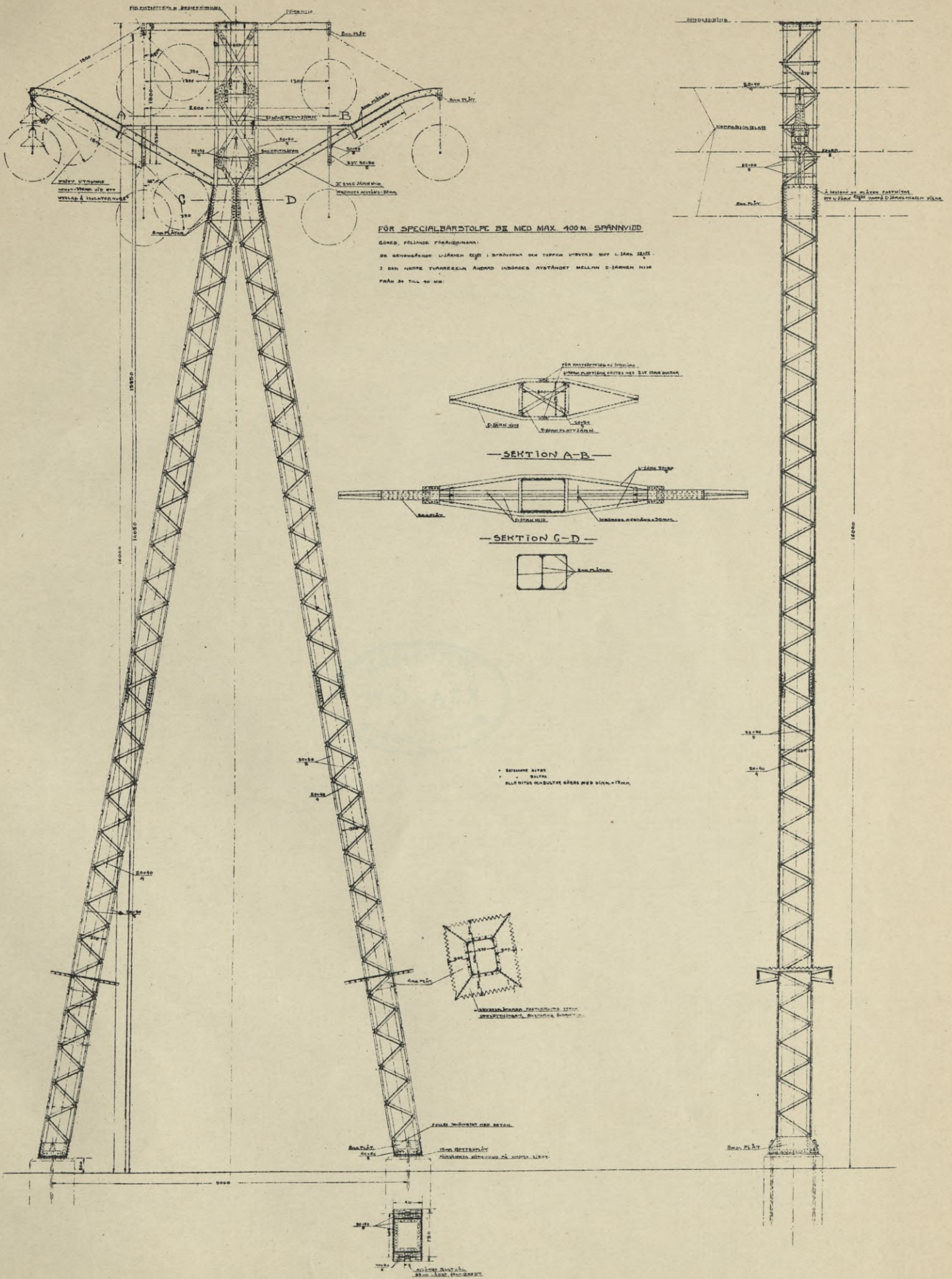


$$\left. \begin{aligned}
 1. \frac{1}{2} \frac{w^2 L^3}{48 E I} &= \frac{w L^3}{48 E I} \\
 2. 0.0001 \frac{w^2 L^3}{48 E I} &= 0.0001 \frac{w L^3}{48 E I} \\
 3. \frac{w L^3}{48 E I} &= \frac{w L^3}{48 E I}
 \end{aligned} \right\}$$

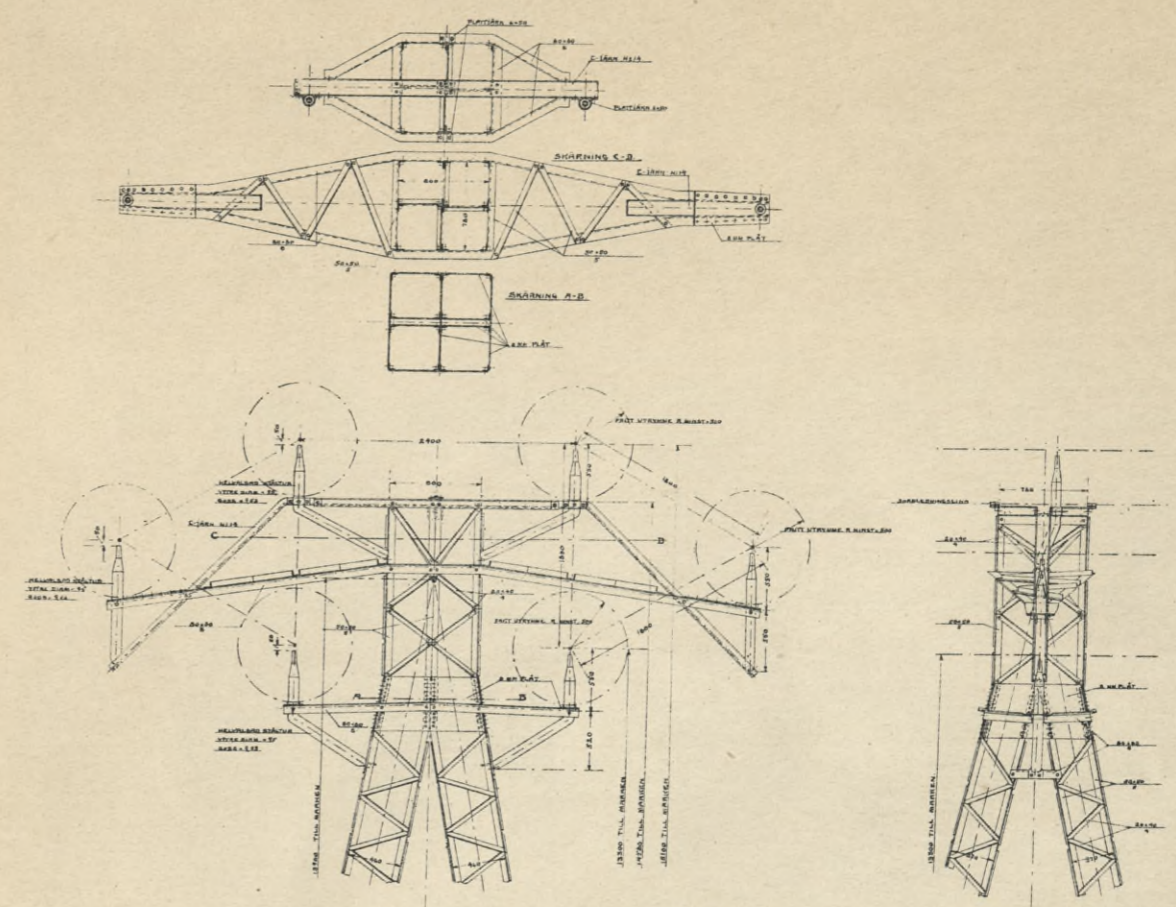
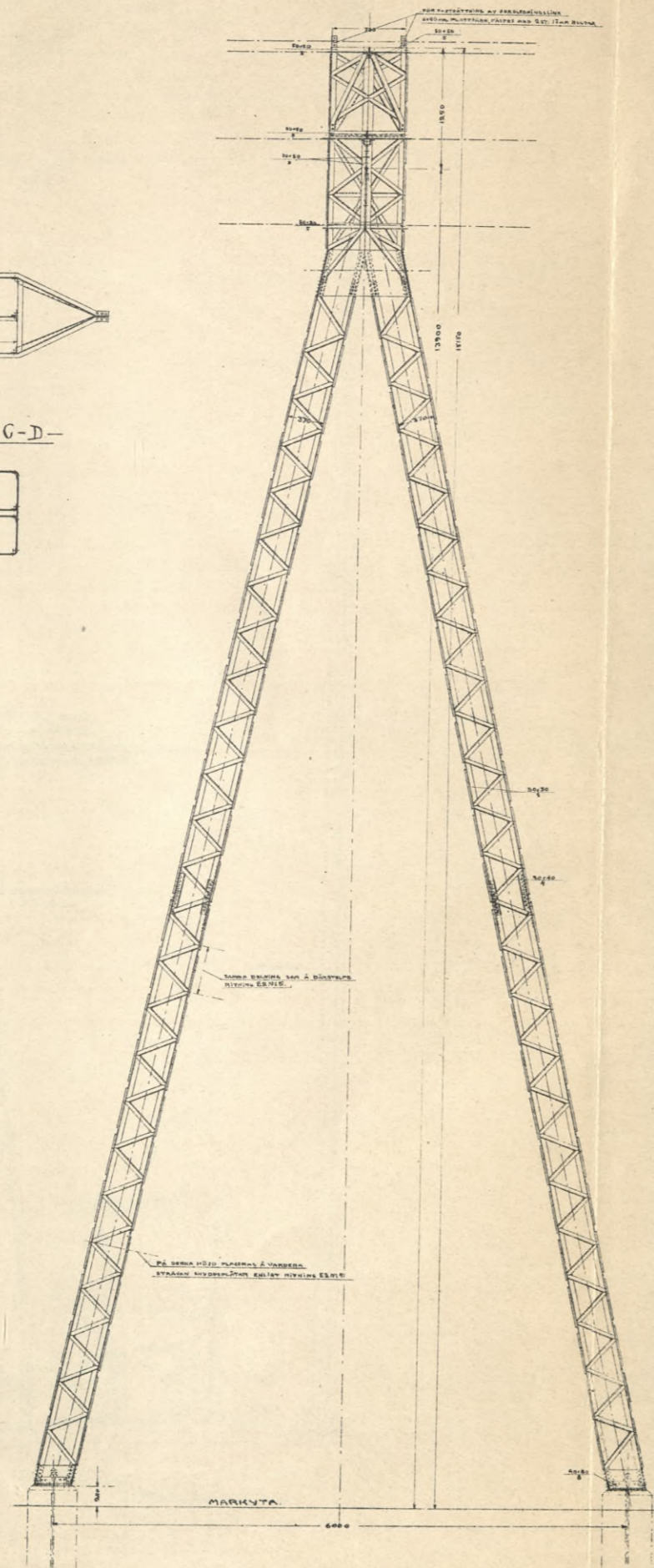
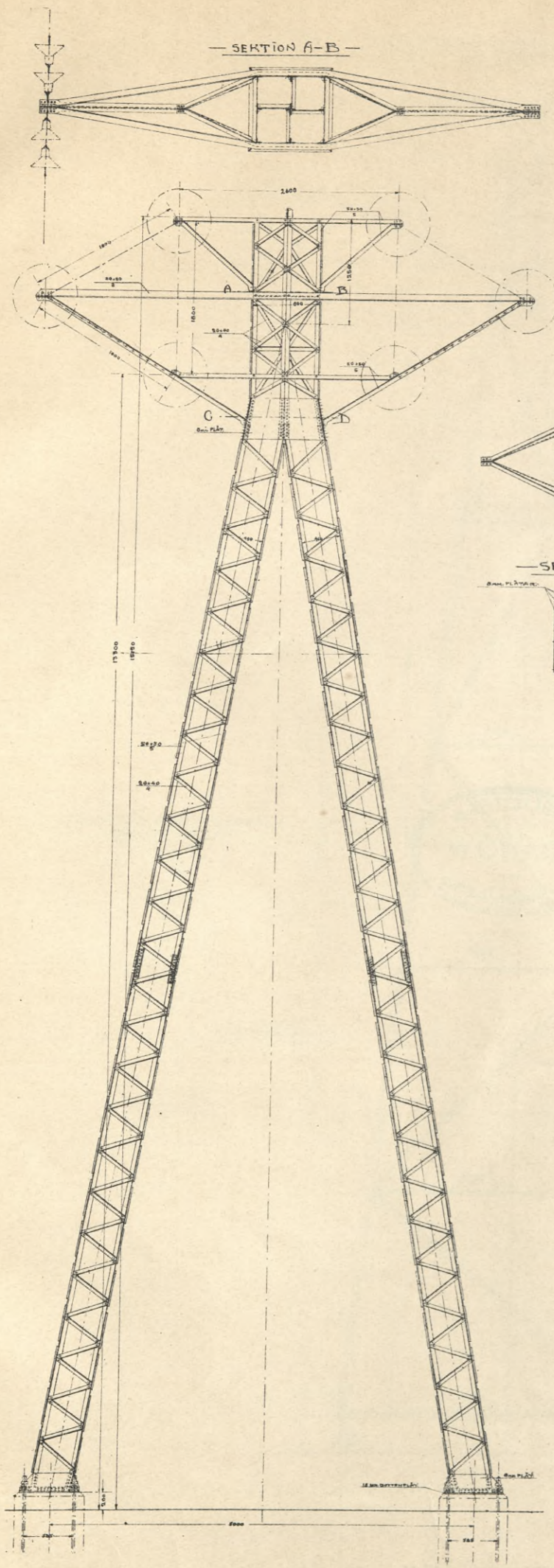
- 1. spännvid i m.
- 2. vikt i kg/m.
- 3. elasticitetsmodul i kg/mm².
- 4. moment of inertia i cm⁴.
- 5. spännvid i km.
- 6. vikt i ton.
- 7. temperatur i Celsius.
- 8. utdragskraft i kg.
- 9. utdragskraft i ton.
- 10. utdragskraft i meter.

Spännvid i meter

PL. 12. DIAGRAM ÖFVER NEDHÄNGNING OCH SPÄNNING HOS ALUMINIUMLINOR.



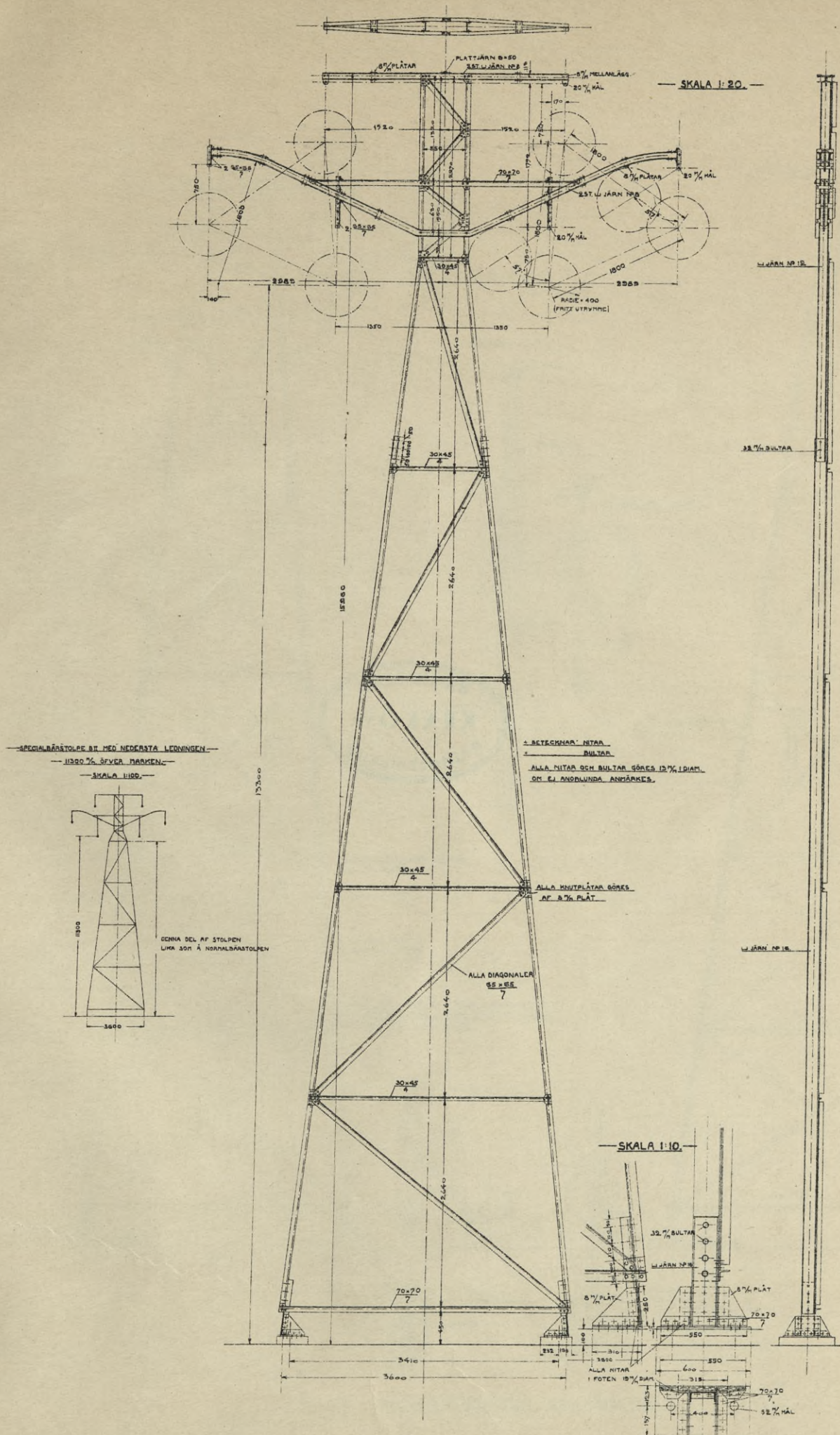
PL. 15. GÖTEBORGLINIEN, BÄRMAST.



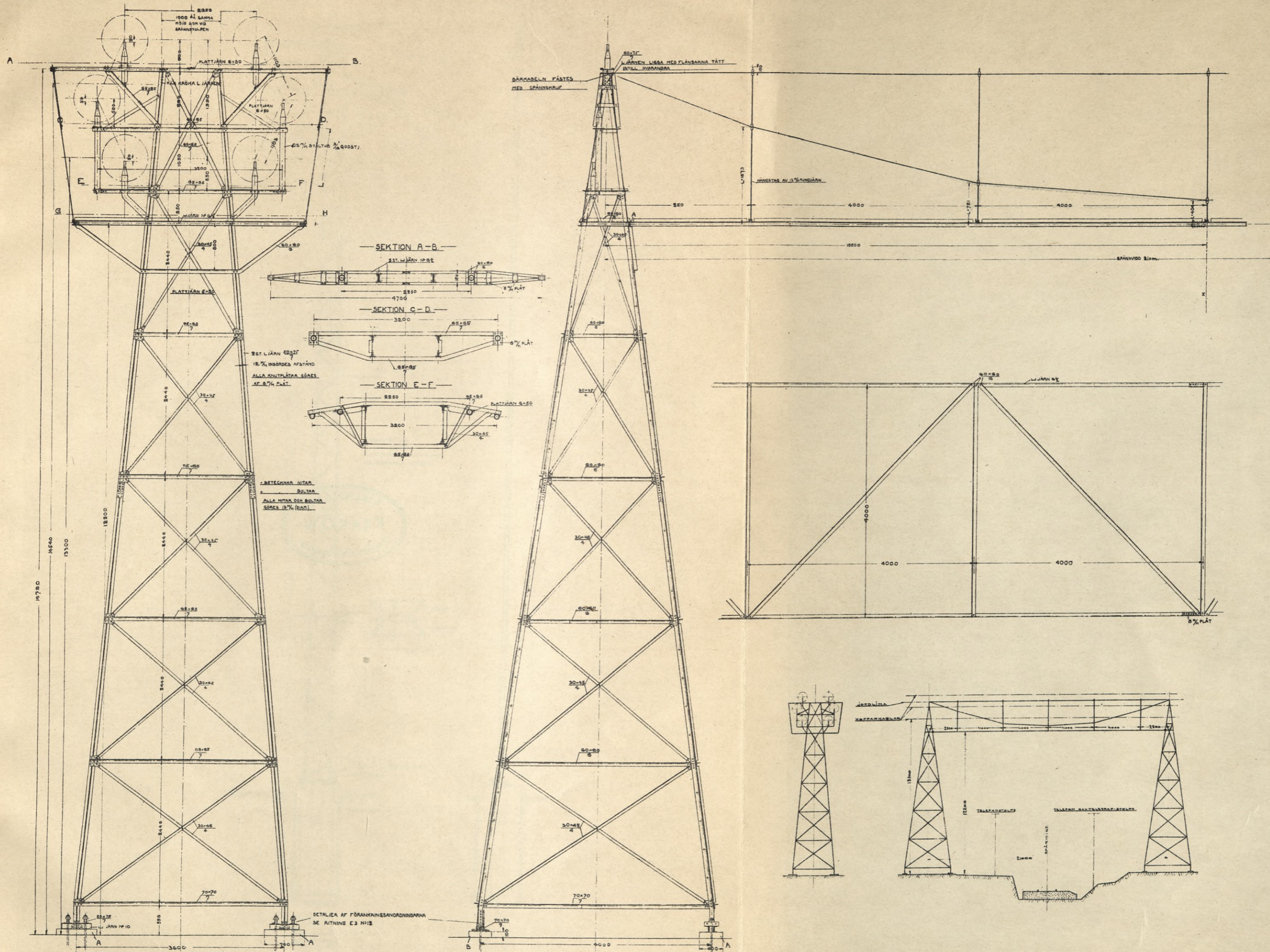
— BETECKNING RYK —
 1. — RYK —
 2. — RYK —
 ALLA RYK HAR BÅTAR SÄS MED DEN JÄRN

ANORDNING AV REGLAR FÖR UPPRÄKNING AV STÖDDELAREN Å SMÄNNSTOLPE.
 (SE RITNING E. 114)
 SKALA 1:120 MÅTT I MM

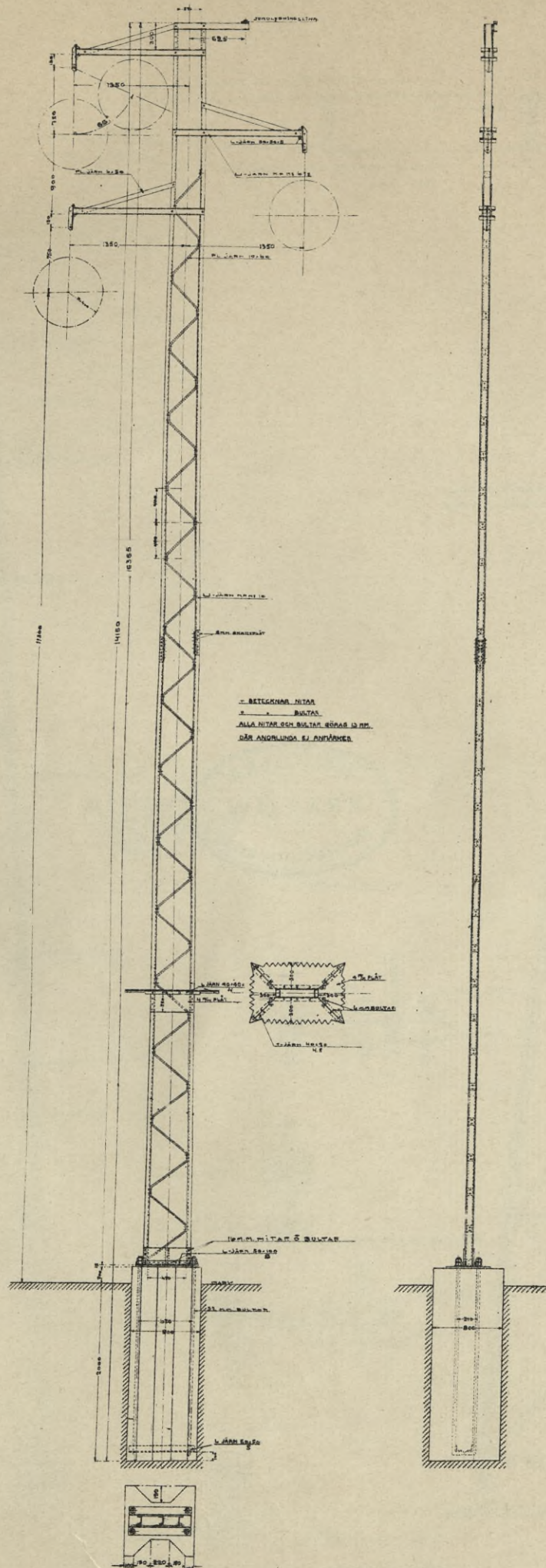
PL. 16. GÖTEBORGLINIEN, SPÄNNMAST.



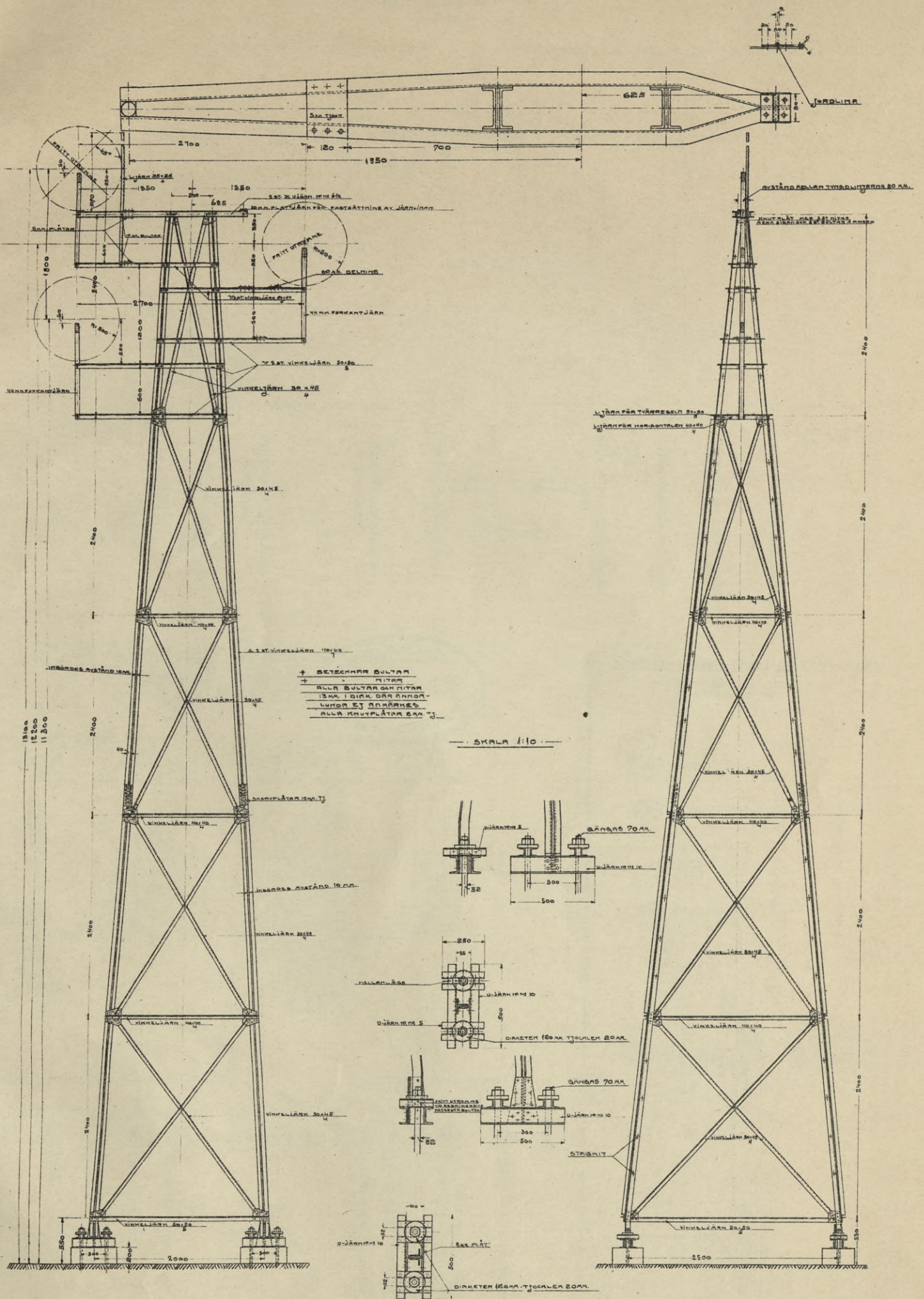
PL. 17. ALINGSÅSLINIEN, BÄRMAST.



PL. 19. ALINGSÅSLINIEN, KONSTRUKTION FÖR KORSNING AF JÄRNVÄG.



PL. 20. SKÖFDELINIEN, BÄRMAST.



PL. 21. SKÖFDELINIEN, SPÄNNMAST.

KRAFTLEDNINGEN LILLA EDET - ALINGSÅS

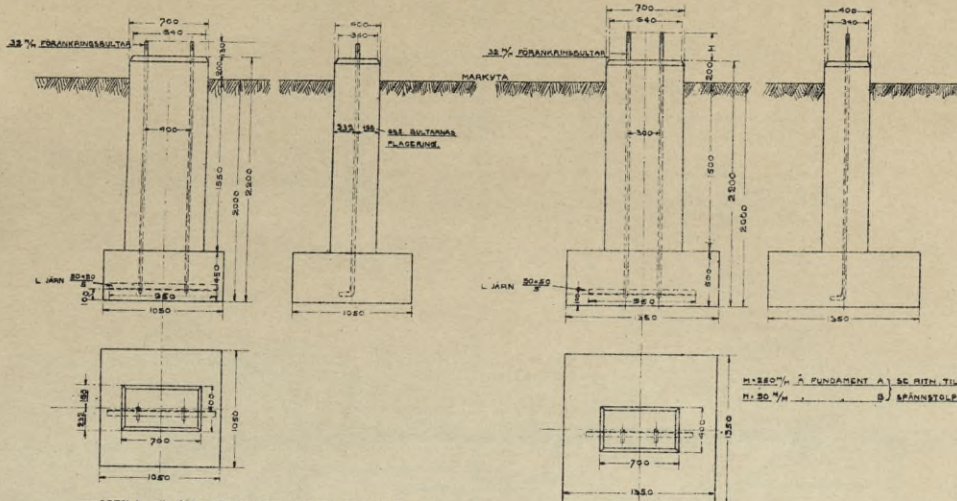
FUNDAMENTANORDNINGAR

- MÅTT I MM -

BETONFUNDAMENT FÖR BÄRSTOLPARNA S1 OCH S2 I JORD

BETONFUNDAMENT FÖR SPÄNNSTOLPE I JORD

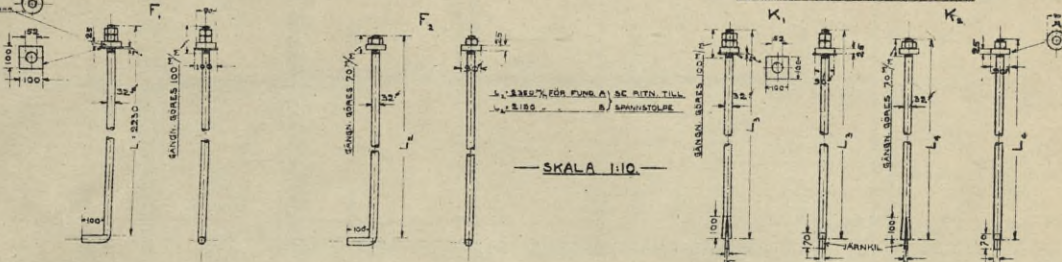
- SKALA 1:20 -



DETALJ AF FÖRANKRINGSBULTAR I BETONFUNDAMENT

DETALJ AF FÖRANKRINGSBULTAR I BEAR

NUMR. I RITNINGEN



- SKALA 1:10 -

KRAFTLEDNINGEN SKARA - SKÖFDE

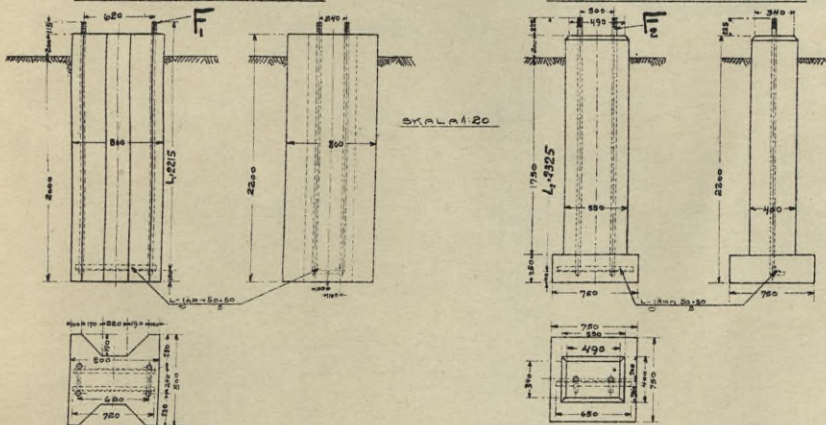
FUNDAMENTANORDNINGAR

- SKALA 1:20 OCH 1:10 MÅTT I MM -

BETONFUNDAMENT FÖR BÄRSTOLPE

BETONFUNDAMENT FÖR SPÄNNSTOLPE

- SKALA 1:20 -

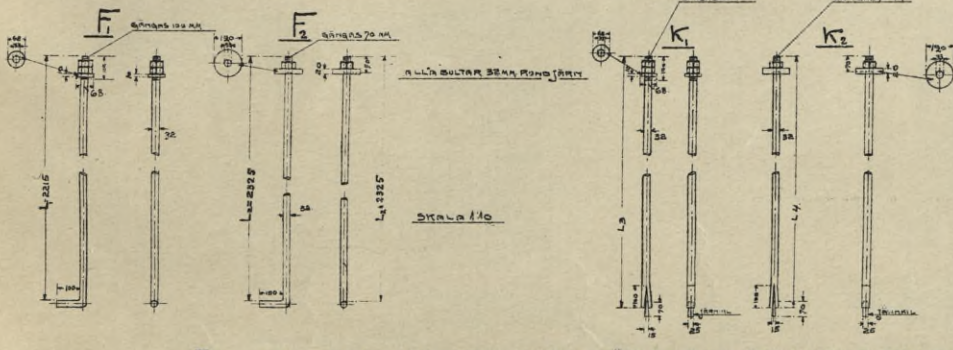


DETALJ AF FÖRANKRINGSBULTAR I BETONFUNDAMENT

DETALJ AF FÖRANKRINGSBULTAR I BEAR

ALLA BULTAR BEHÖR MONTERAS

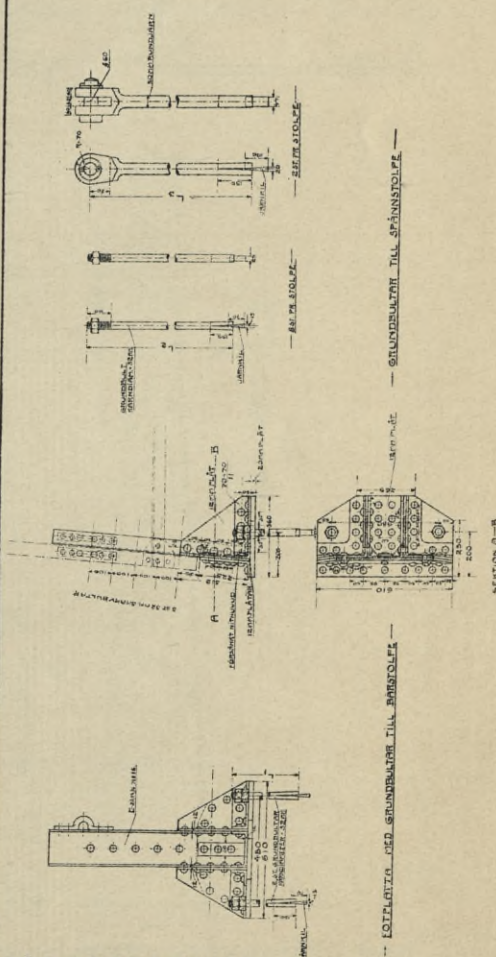
- SKALA 1:10 -



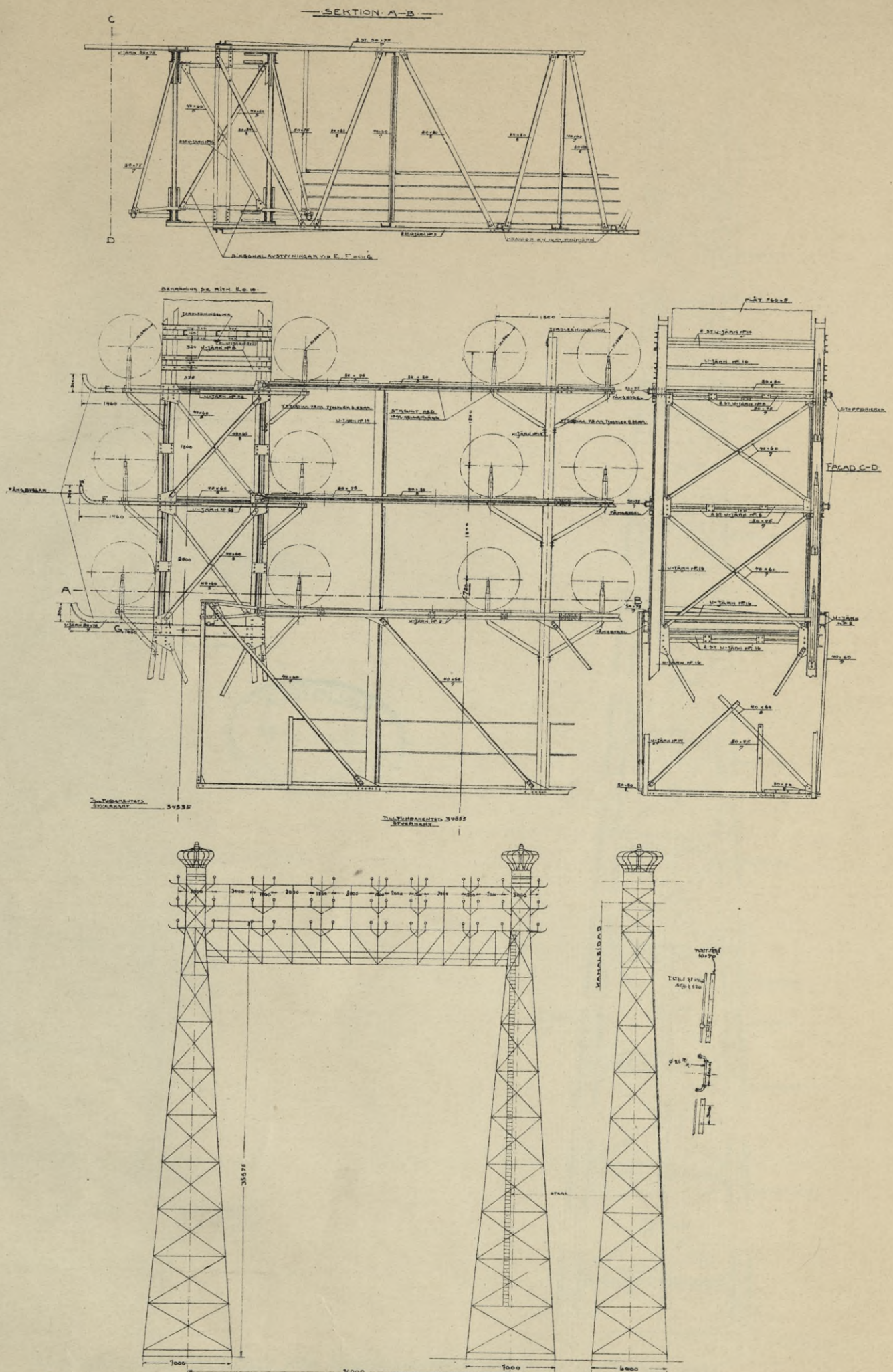
KRAFTLEDNINGEN TROLLHÄTTAN - SKARA

FÖRANKRINGSANORDNINGAR I BEAR

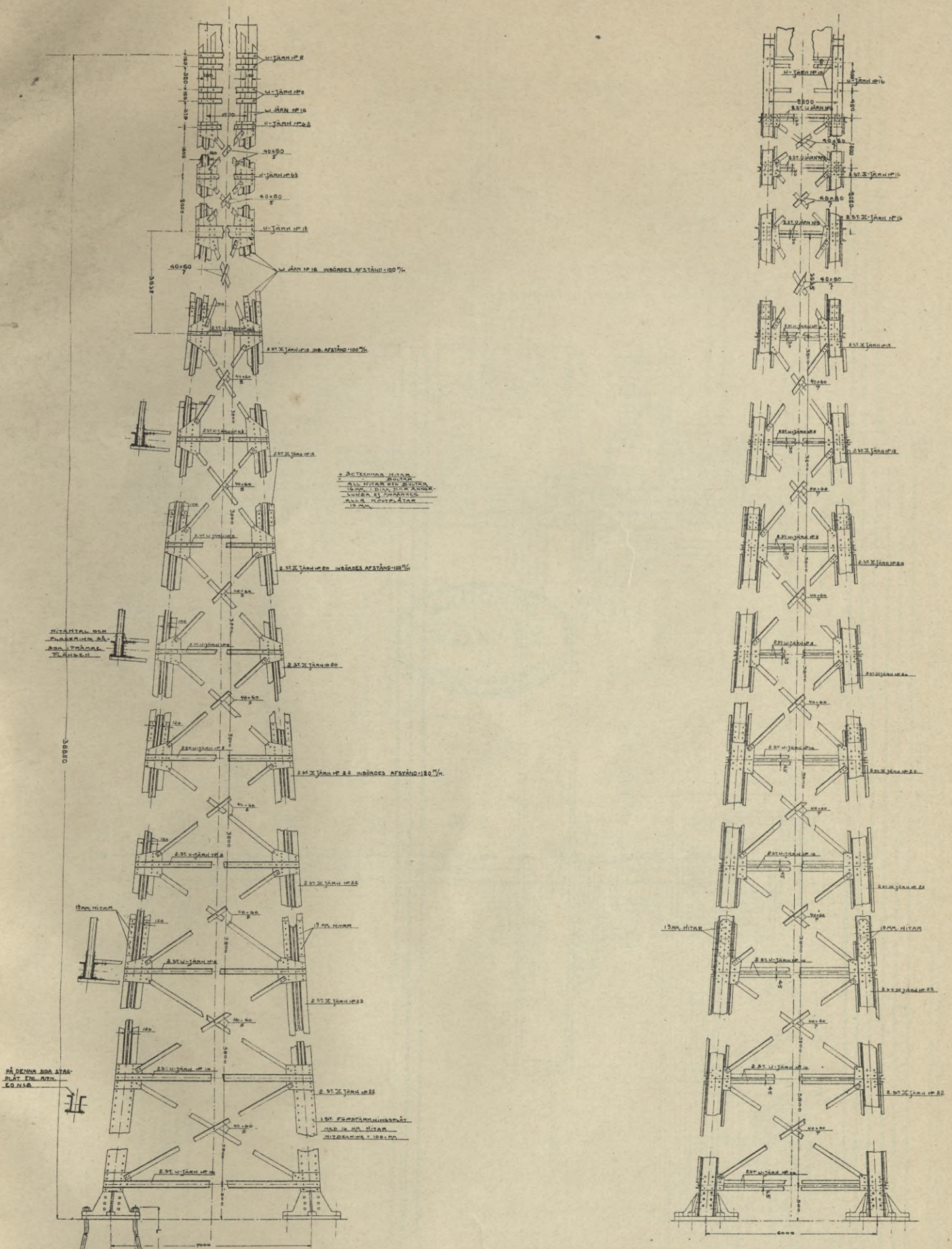
- SKALA 1:10 MÅTT I MM -



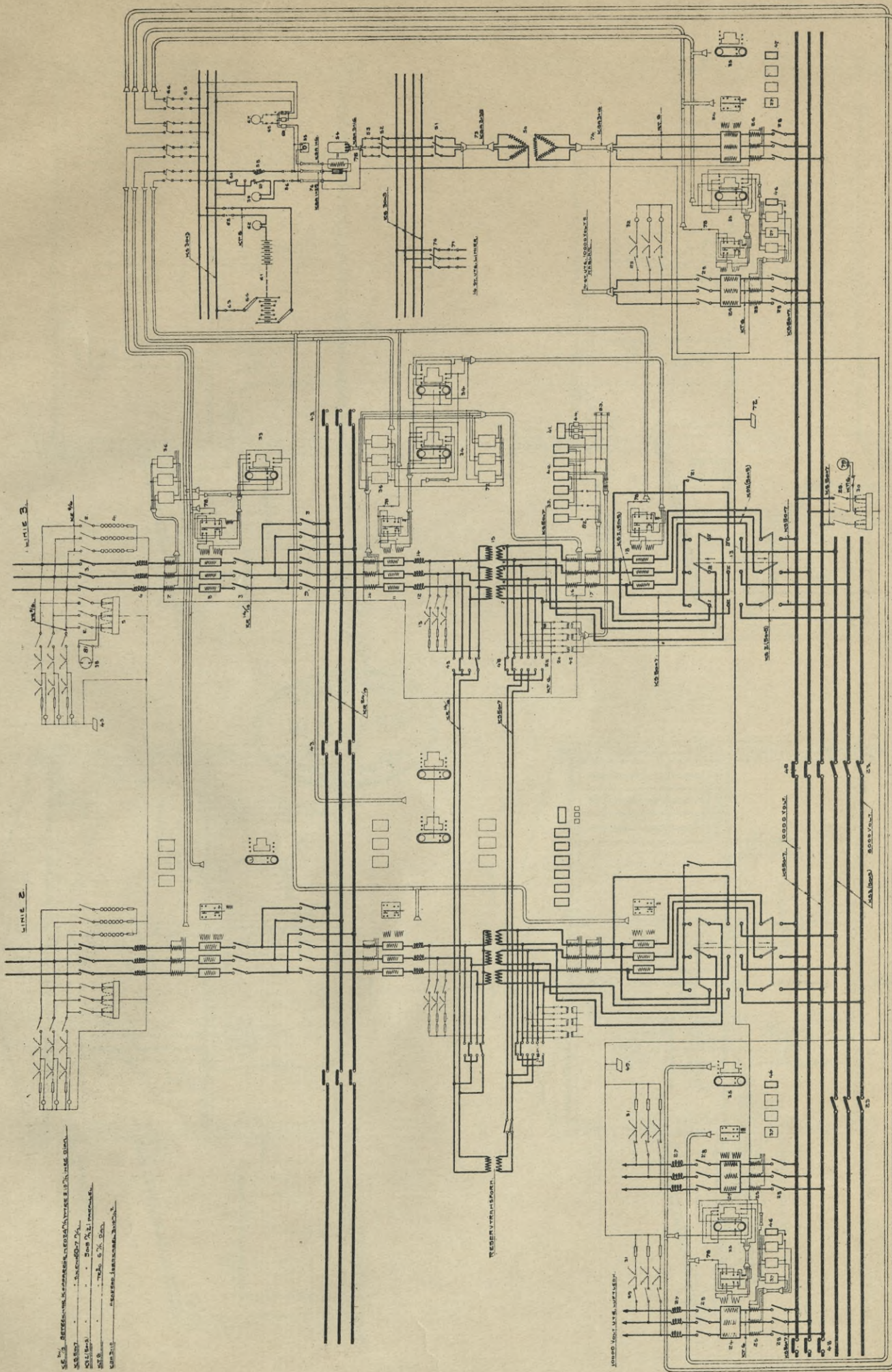
PL. 22. FUNDAMENT- OCH FÖRANKRINGSANORDNINGAR FÖR SKARA-LINIEN, SKÖFDE-LINIEN OCH ALINGSÅS-LINIEN.



PL. 23. FACKVERKSKONSTRUKTION FÖR HÖGSPÄNNINGSLINIERNAS KORSNING MED TRAFIKKANALEN I TROLLHÄTTAN; SCHEMARITNING OCH DETALJ TILL TVÄRKONSTRUKTIONEN MELLAN TORNEN.

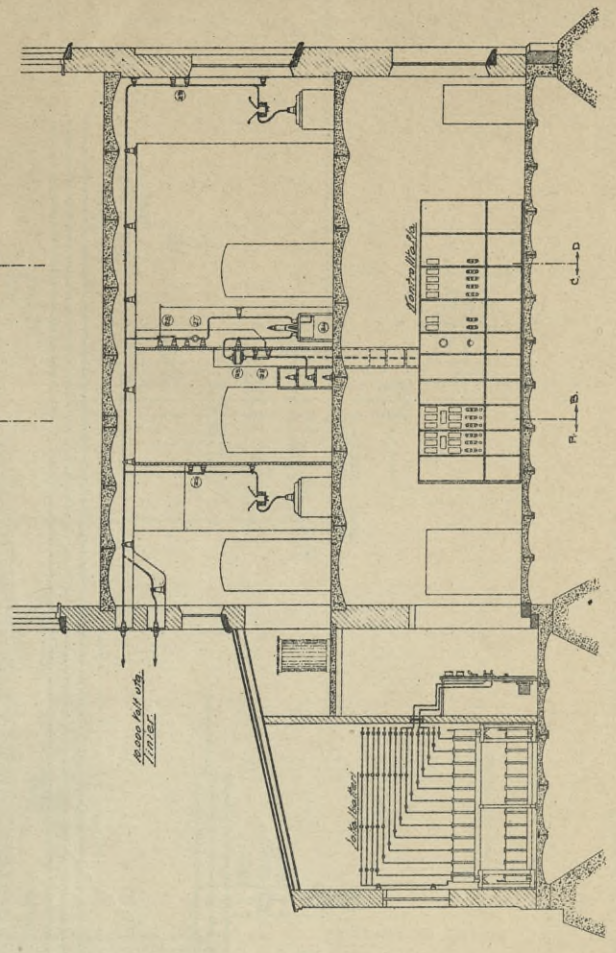
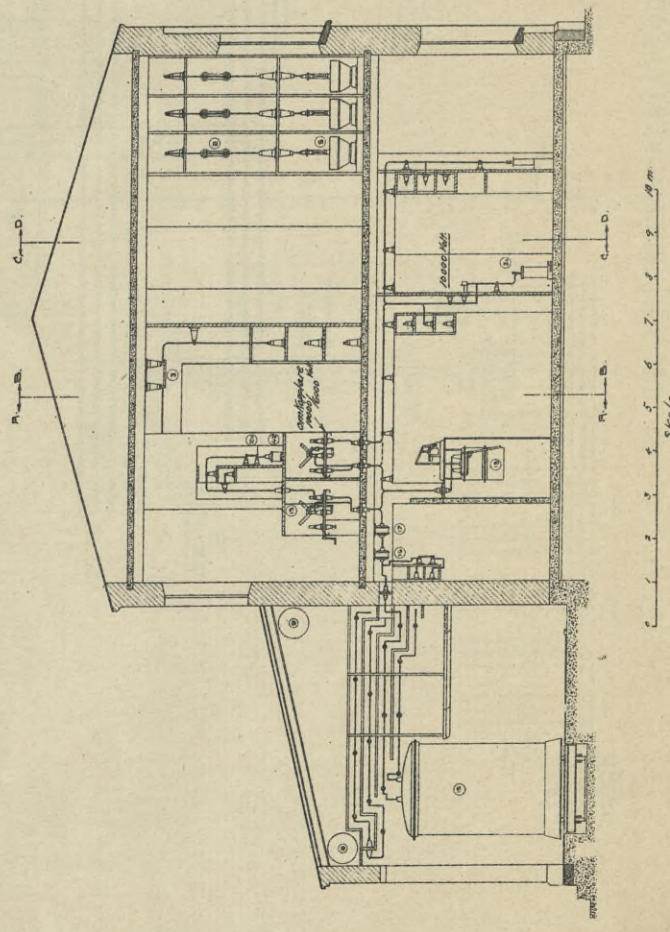
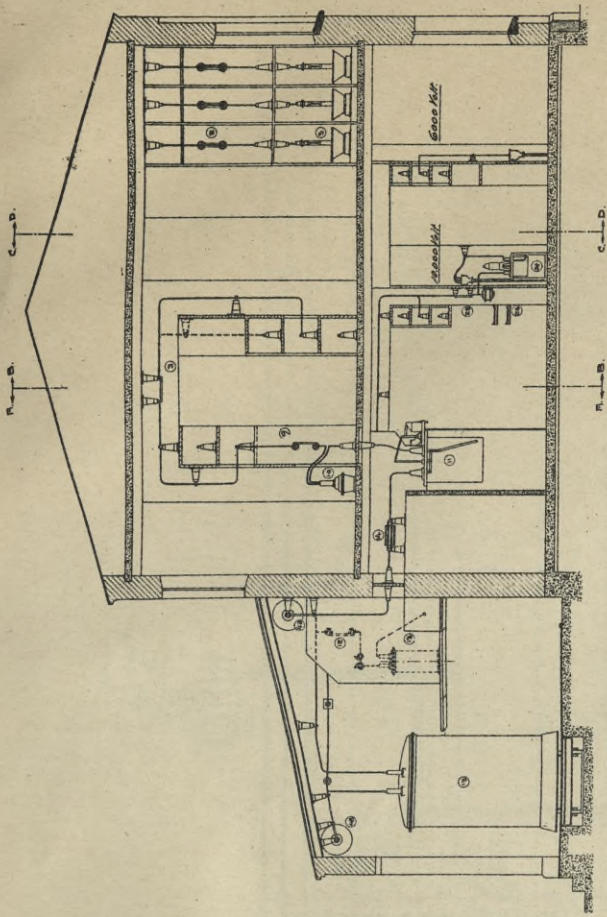
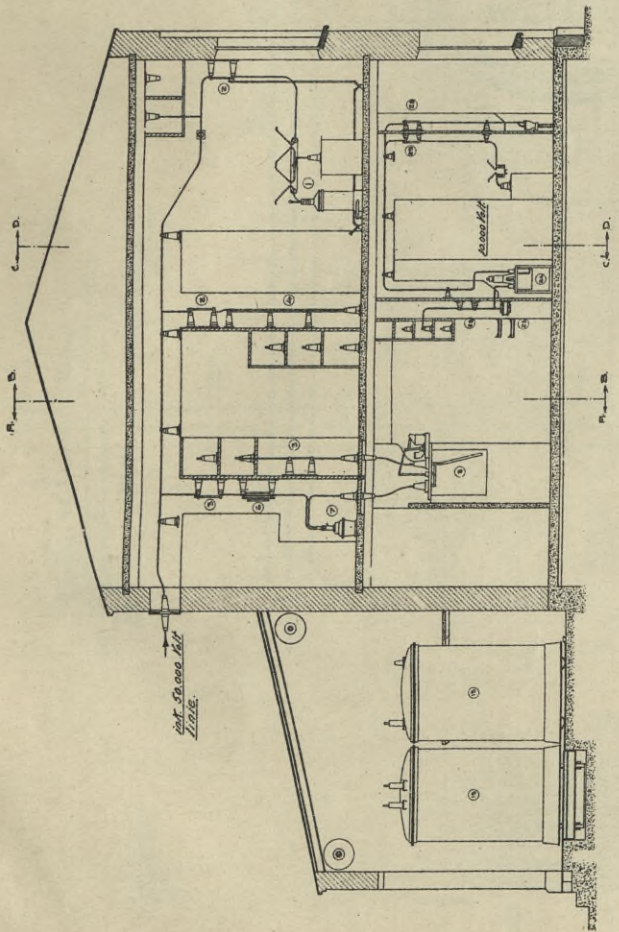


PL. 24. FACKVERKSKONSTRUKTION FÖR HÖGSPÄNNINGSLINIERNAS KORSNING MED TRAFIKKANALEN I TROLLHÄTTAN; DETALJ TILL ETT AF TORNEN.



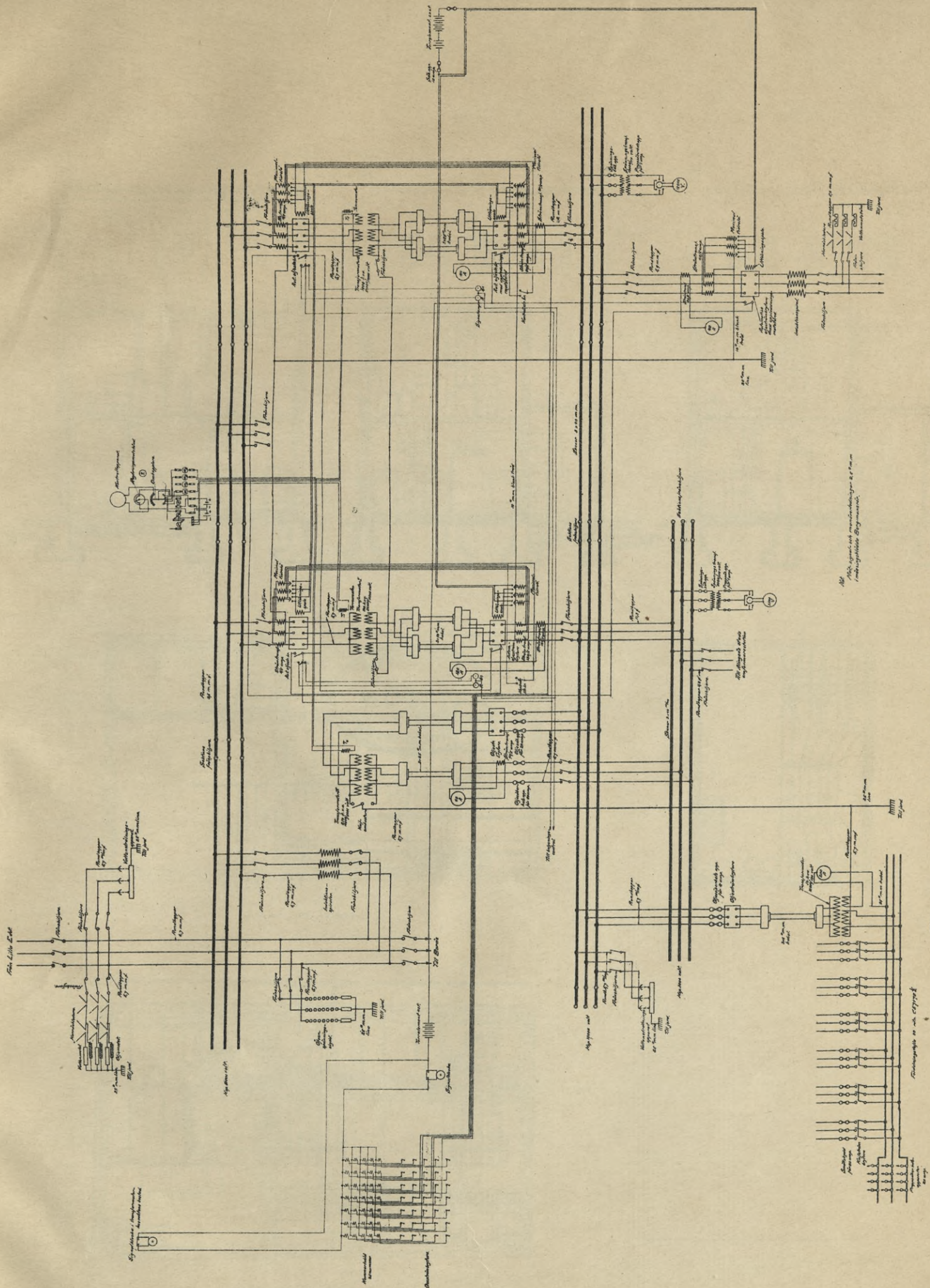
S.S. 200. BEKÄNNINGEN...
 S.S. 200. BEKÄNNINGEN...
 S.S. 200. BEKÄNNINGEN...
 S.S. 200. BEKÄNNINGEN...
 S.S. 200. BEKÄNNINGEN...

PL. 25. SEKUNDÄRSTATIONEN VID GÖTEBORG, KOPPLINGSSCHEMA.



PL. 26. SEKUNDÄRSTATIONEN VID GÖTEBORG, SEKTIONER.

3/12/14

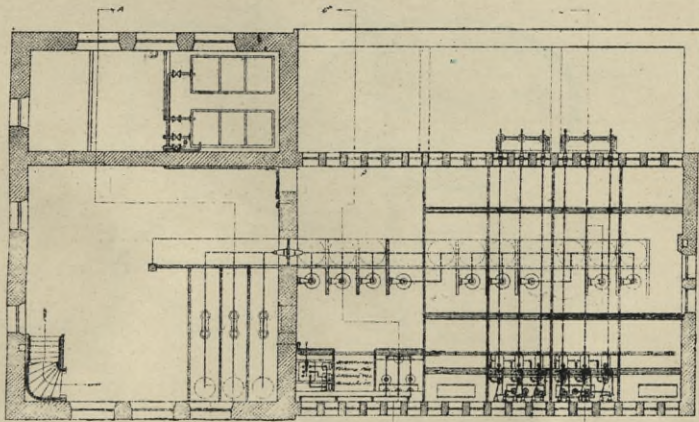
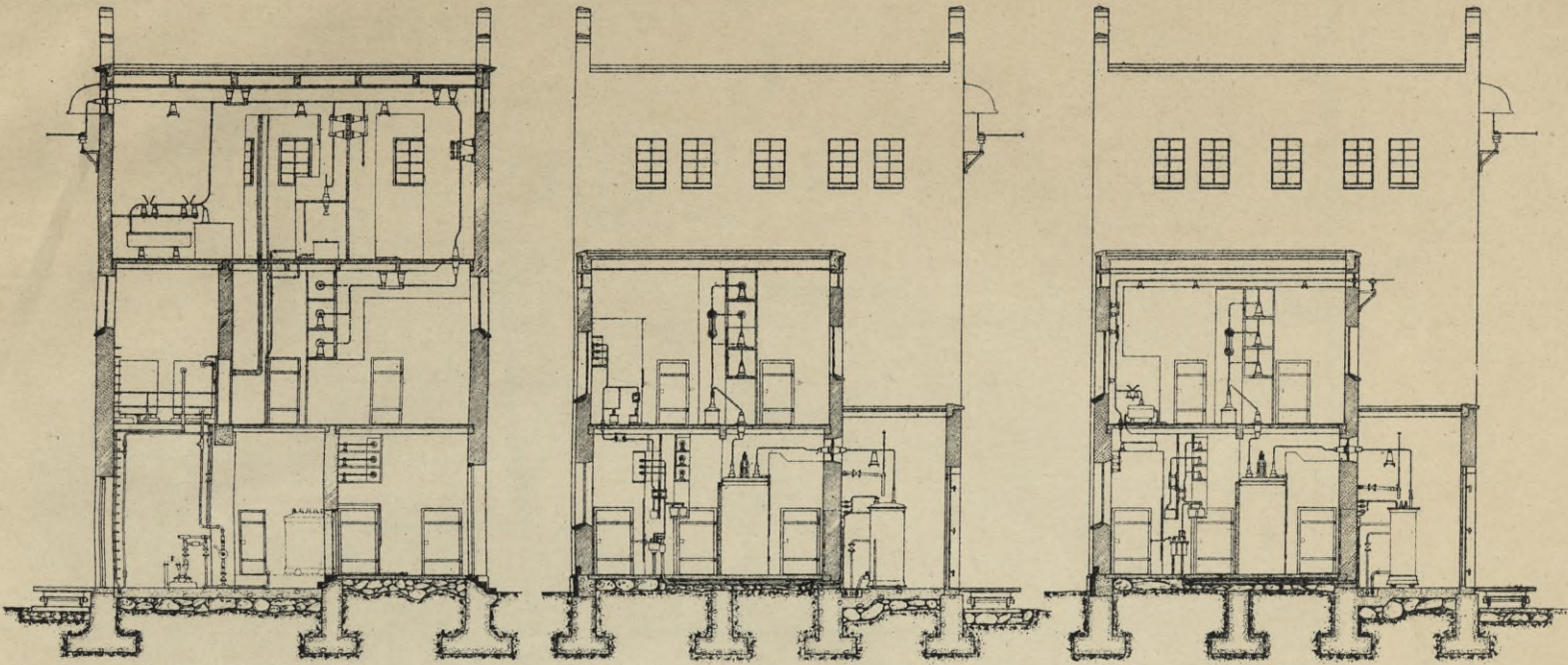


PL. 27. SEKUNDÄRSTATIONEN VID ALINGSÅS, KOPPLINGSSCHEMA.

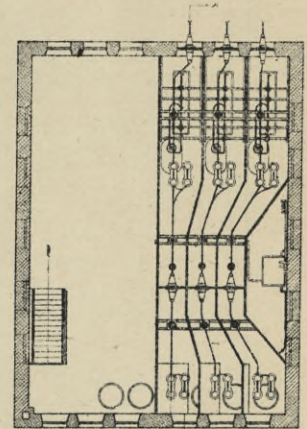
SEKTION A-B

SEKTION C-D

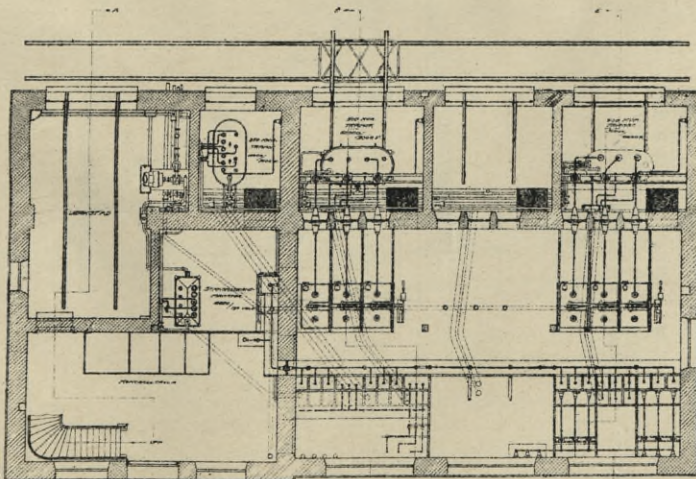
SEKTION E-F



PLAN AF 2DE VÅNINGEN

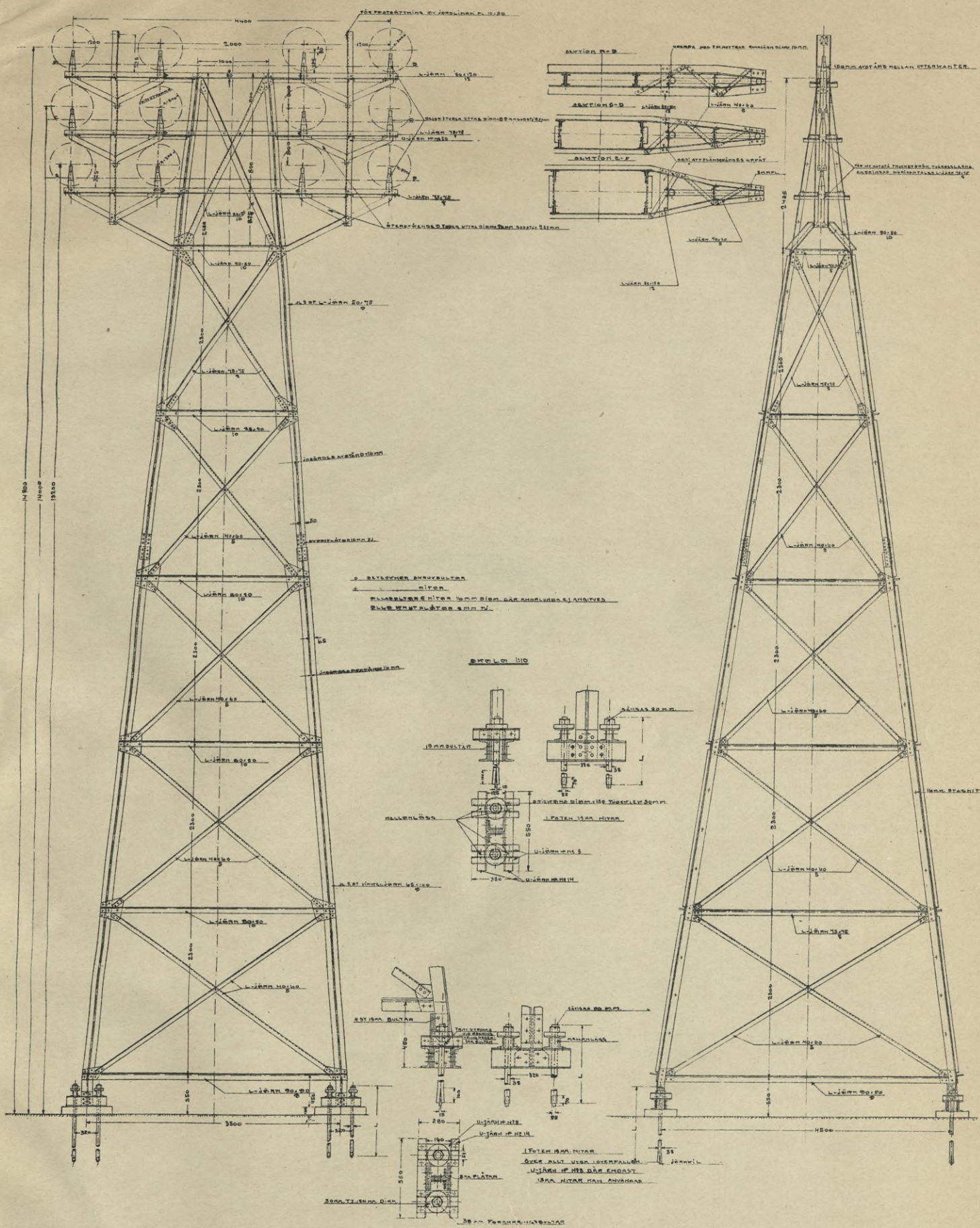


PLAN AF 3DE VÅNINGEN



PLAN AF 1DE VÅNINGEN

PL. 28. SEKUNDÄRSTATIONEN VID ALINGSÅS, PLANER OCH SEKTIONER.



PL. 30. STALLBACKALINIEN, SPÄNNMAST FÖR 35° BRYTNING.

50



S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306999

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

PRIS 5 KR.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300504