

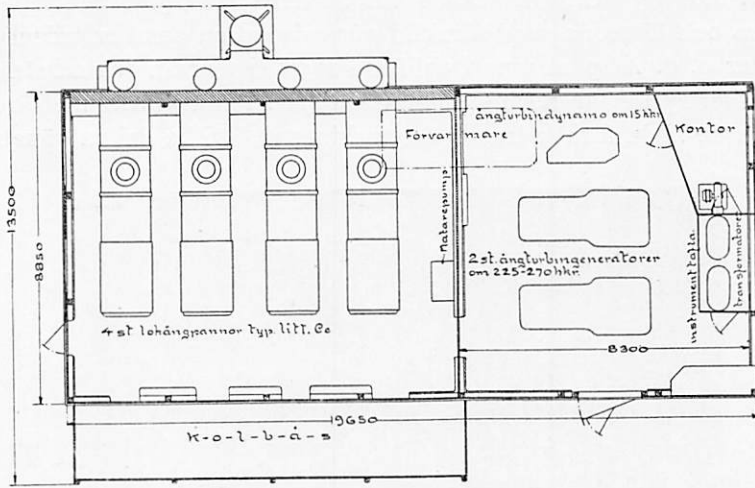
## KRAFTSTATIONEN.

Försöksanläggningens provisoriska natur gjorde det önskvärdt att för kraftstationen välja sådana anordningar, som dels betingade minsta möjliga anskaffningskostnad och dels äfven toge i anspråk så litet utrymme som möjligt i ändamål att få byggnaden billig. Driftkostnaden kom för den korta tid, hvarom det här var fråga, naturligen endast i andra rummet. Däremot måste vissa speciella fordringar uppställas rörande möjligheten att använda olika frekvens och spänning af den utgående strömmen för att i dessa afseenden kunna göra försöken så omfattande som möjligt.

Ångturbinerna.

Då vattenkraft ej fanns att tillgå, måste något slag af förbränningsmotorer väljas. Till följd af tillgången på lokomotivstenkol och möjligheten att få disponera redan färdiga lokomotivångpannor blef det snart tydligt, att ångmaskineri i någon form vore för ändamålet lämpligast, och syntes det då klart, att ångturbinen vore den mest passande typen med hänsyn till ofvan nämnda önskemål. För leverans af ångturbiner af här förekommande effekt stod Aktiebolaget de Laval's Ångturbin så godt som utan konkurrens, och beslöts efter förda underhandlingar att från denna firma beställa två ångturbiner, hvardera om normalt 225 HK. vid 750 minuthvarf, men i stånd att för kort stund afgifva 270 HK. Genom ombyte af regulatorerna skulle turbinerna äfven kunna arbeta med 600 eller 450 hvarf, därvid utvecklande maximalt 240 resp. 210 HK hvardera. De tre olika hastigheter, som på så vis kunde erhållas, erbjödo möjligheten att med fyrpoliga generatorer erhålla växelström om resp. 25, 20 och 15 sekundperioder. Användandet af två maskinaggregat, hvilka i vanliga fall båda skulle arbeta i paralleldrif, medförde den fördelen framför användandet af ett aggregat å hela effekten, att, om fel skulle uppstå i det ena, medan elektriskt tåg vore på linjen, man i regel skulle kunna med den återstående maskinen drifva tåget med liten hastighet fram till stationen. För att minska ångförbrukningen såvidt omständigheterna medgäfv, utfördes med hänsyn till anläggningens varierande belastning 6 af de 10 munstyckena å hvarje ångturbin med automatisk reglering, så att i tomgång endast de 4 fasta munstyckena voro öppna, men vid stigande belastning antalet arbetande munstycken automatiskt ökades. I enlighet med förut nämnda principer utfördes ingen kondensationsanläggning, som i detta fall skulle hafva betydligt höjt kostnaden. En del af

afloppsången från turbinerna användes för uppvärmning af matarevattnet och för ökande af draget i den provisoriska plåtskorstenen.



Spår

Bild 2. Plan af kraftstationen.

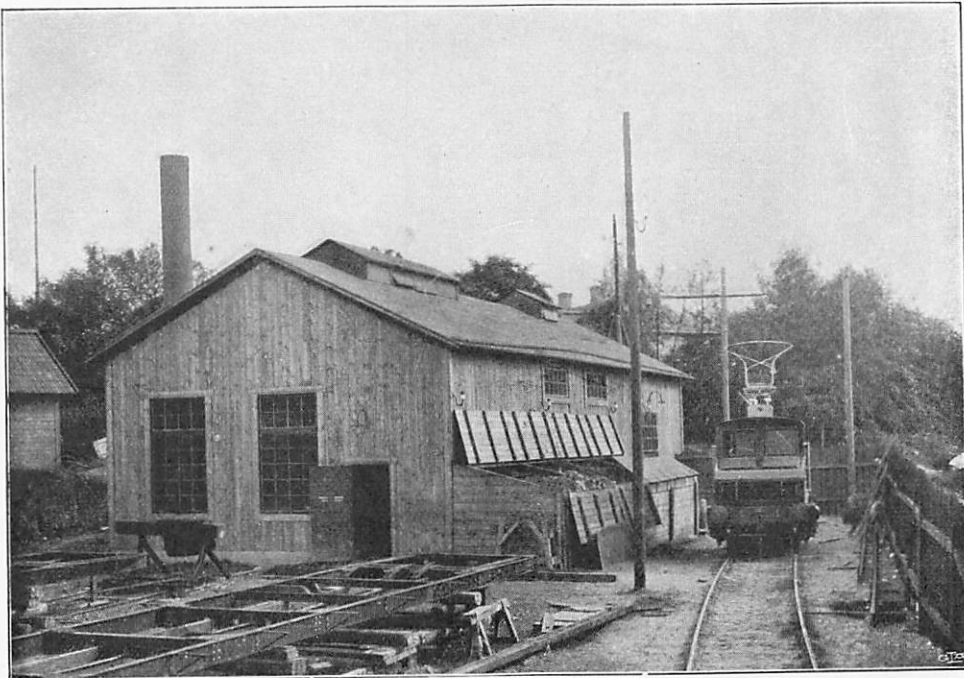


Bild 3. Exteriör af kraftstationen.

Af bilderna visar nummer 2 en planskiss af kraftstationen, 3 en exteriör och 4 en interiör därutaf.

Byggnaden utfördes af järnvägens personal under ledning af vederbörande baningenjör efter å Styrelsens byrå för elektrisk drift utförda rit-

*Kraftstationens disposition.*

ningar. I enlighet med anläggningens provisoriska karaktär gjordes huset af trä, men med stadigt betongfundament. I pannrummet uppställdes 4 st. lokomotivpannor typ Cc, tillverkade vid Statens järnvägars centralverkstäder i Örebro och försedda med särskild värmeisolation samt erforderliga matareapparater o. d. Af pannorna behöfva i regel ej mer än två arbeta samtidigt. Ångöfvertrycket är normalt 11 atmosfärer. I maskinrummet äro uppställda utom de båda förut nämnda ångturbinerna, hvilka drifva växelström-

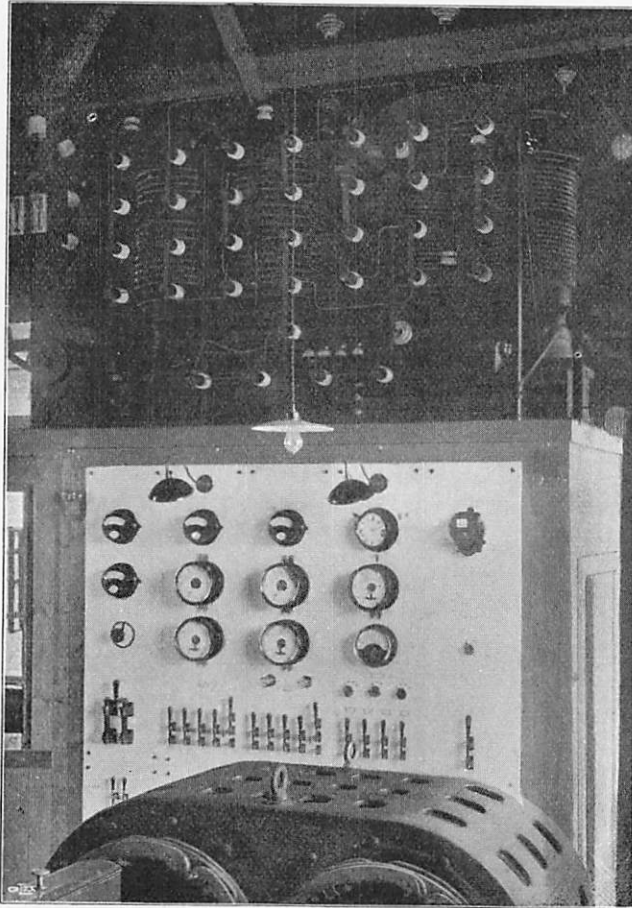


Bild 4. Interiör af kraftstationen.

generatorer af motsvarande effekt, äfven en mindre ångturbin om 15 HK, som drifver en likströmsdynamo för magnetmatningen och kraftstationens belysning, samt transformatorer med omkopplingsanordning och instrumenttafla. Kraftstationsbyggnaden inrymmer äfven ett mindre kontor samt ett litet verkstadsrum med svarf och filbänk.

*Generato-  
rerna.*

De höga hvarfantal, som äro utmärkande för de Lavals ångturbiner, nödvändiggöra som bekant användandet af kuggväxel mellan turbinen och de elektriska maskinerna. Det har därvid visat sig lämpligast för lagertryckets upphäfvande att utföra den elektriska maskinen med två rotorerna och

axlar, hvilka kopplas direkt till de två mellanaxlarne, å hvilka äro anbragta kugghjul, som drifvas från samma å turbinaxeln fästade kuggdref. Denna vid ångturbindynamos sedan åratat brukliga anordning har äfven valts här, och är därför hvarje elektrisk generator utförd som dubbelgenerator, såsom också framgår af afbildningen. Generatoraxlarne äro kopplade till turbinens sekundära axlar medelst elastiska läderkopplingar.

De elektriska maskinerna och transformatorerna samt större delen af instrumenteringen äro levererade och uppsatta af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget i Västerås. I afseende på det tekniska utförandet af dessa delar voro särskilda föreskrifter utarbetade, hvilka vid leveransens fullgörande lände till efterrättelse, nämligen dels »P. M. rörande elektriska generatorer och transformatorer för provisorisk kraftstation för försök med elektrisk järnvägsdrift vid Tomtebodas» af den 3 maj 1904 (bilaga n:r 3) och dels »Bestämmelser rörande instrumentering och ledningar i provisorisk kraftstation vid Tomtebodas för försök med elektrisk järnvägsdrift» af den 1 september 1904 (bilaga n:r 4).

Växelströmgeneratorerna äro, såsom af bestämmelserna framgår, utförda med trefaslindning, hvaraf i regel en fas icke användes, hvilket medför dels den fördelen, att i vissa fall, om fel uppstår å en lindning, den icke använda fasen kan inkopplas som reserv, dels den, att det sannolikt torde vara lättare att efter försökens slut finna användning för generatorerna, än om de varit endast enfaslindade.

Generatorernas fältmatningsspänning ändrades vid utförandet på framställning af leverantören till 30 å 35 volt. Mataredynamons armatur utfördes enligt särskild föreskrift så, att den kunde omkopplas till dubbla spänningen, hvilken möjlighet också visat sig värdefull och sedermera kommit till användning efter införandet af automatisk spänningsreglering, såsom längre fram kommer att meddelas.

Vid beställning af instrumenteringen gjordes de afvikelser från bestämmelserna, att fasmätaren och åskledaren uteslötos, och att i stället för voltmeter för 25,000 volt af Westinghouse-fabrikat anskaffades en statisk spänningsmätare af Hartmann & Brauns tillverkning. Denna senare apparat visade sig likväl vara för ändamålet oduglig, tydligen beroende på luftens i maskinrummet stora fuktighetshalt. Vid Tekniska Högskolans Materialprofveringsanstalts elektriska afdelning gaf instrumentet riktiga utslag, men i kraftstationen voro alla bemödanden att få detsamma användbart — bl. a. genom dess inneslutande i en för fukten skyddande kåpa — fruktlösa, hvarför det återsändes till leverantören, och har någon annan direkt visande voltmeter för högspänning ej anskaffats. Ej heller den af Westinghouse-bolaget levererade KW-timmätaren har visat sig fullt tillförlitlig, hvilket torde bero på de stora fluktuationerna i belastningen, för hvilka den ej varit lämpad.

För åstadkommande af öfverspänningsskydd uppsattes sedermera inom kraftstationen, af skäl, för hvilka längre fram skall redogöras, en åskledare af General Electric Co:s system.

Utöfver de spänningar, som genom i bestämmelserna omnämnda om-

*Instrumenteringen.*

kopplingar kunna erhållas, har det visat sig möjligt att genom andra kombinationer och ändring af magnetmatningen få ännu vidsträcktare spänningsreglering till stånd. Vid pröfning af linjeisolationen har spänningen sålunda höjts ända till 37,000 volt. De vid försöksdriften vanligast förekommande spänningarne ha varit 6,000, 12,000, 15,000, 18,000 och 20,000 volt. Undantagsvis ha äfven 3,000, 5,000 och 7,500 volt användts. Bild 5

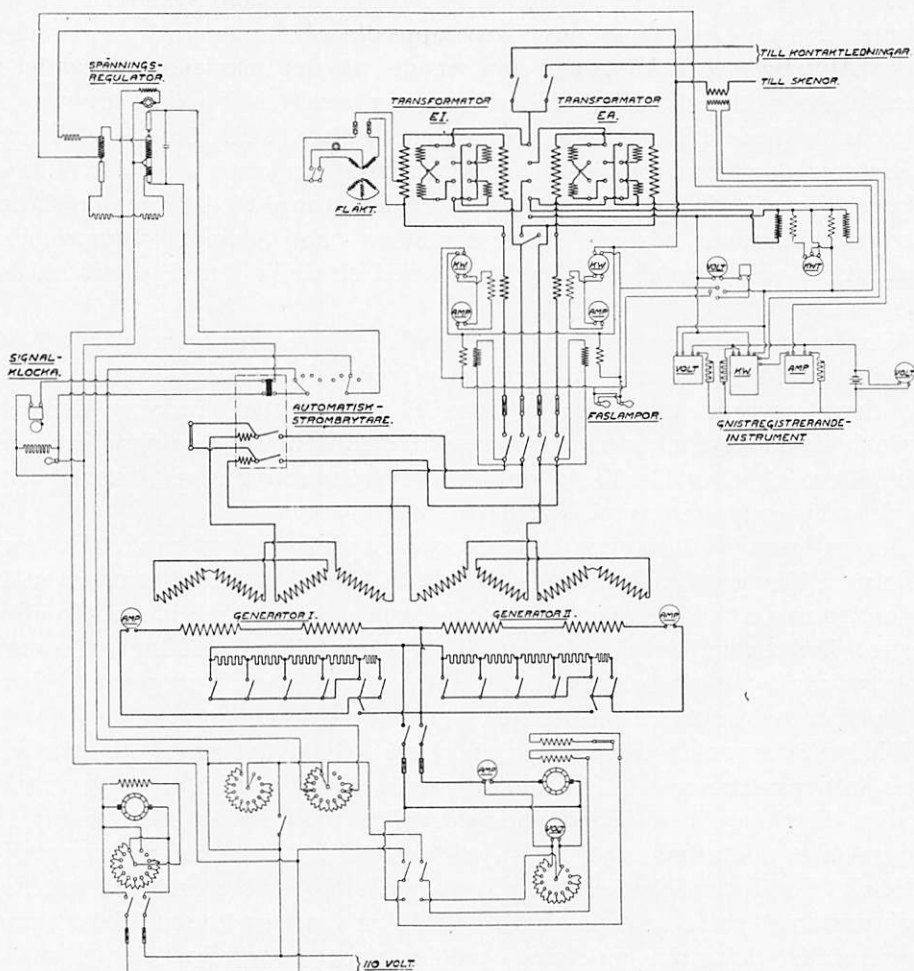


Bild. 5. Kraftstationens kopplingschema.

återgifver kraftstationens kopplingschema, sådant det var vid 1907 års slut efter verkställda ändringar.

*Förberedande erfarenheter.* Vid de första proven i kraftstationen användes för belastning ett vattenmotstånd. Detta bestod af en i närheten af kraftstationen i form af en kub med 2 meters sida i lerjord gräfd grop, som var fylld med vatten. I denna grop nedsattes i ena hörnet ett 1" vattenledningsrör, och midt i gropen nedsänktes ett annat rör af samma sort, hvilket senare medelst en högspänningsisolerad lyftanordning kunde höjas och sänkas. Röret i gropens hörn förbands med kraftstationens jordförbundna pol, hvilken var

elektriskt förenad med verkstadsspåren, och den andra polen kopplades till det andra röret. För försök med fullbelastning på en generator visade sig härvid en spänning af ungefär 3,000 volt mest lämplig, då vattnets motstånd till följd af dess stora lerhalt var relativt litet.

Det var att vänta, att vid dessa prof vissa erfarenheter skulle kunna vinnas rörande i jorden vagabonderande strömmar. Till förebyggande af fara härigenom iakttogs naturligen i början stor försiktighet. På sådana strömmar beroende fenomen läto ej heller vänta på sig. På en åker cirka 100 meter från nyssnämnda belastningsgrop var utlagdt ett provisoriskt grusspår. En godsvagn hade urspåret på detta, och några arbetare kommo med spett för att lyfta vagnen på spåret igen. Men så fort de rörde vid skenor och hjul med sina spett, erhöilo de starka elektriska stötar, så att de måste afbryta arbetet. Då saken anmälts till kraftstationen, gjordes försök att genom »jordning» taga bort felet. Därvid utlades till en början en 10 meter lång skena mellan gropen och spåret, cirka 20 m. från den förra. Denna skena förbands medelst en ketting med grusspåret. Detta visade sig likväl ej hafva märkbart inflytande, arbetarne erhöilo stötar som förut, trots det att de stodo mellan skenan och spåret, och äfven ett försök att nedgräfvä skenan i leran visade sig hafva lika liten inverkan. Med ampèremeter uppmättes nu de utgående strömmarne, och visade det sig att af 99 ampère gingo endast 15 ampère till jordröret i belastningsgropen. Öfriga 84 ampère gingo således ut genom skenor och jord till högtensionspolen i gropen. Då ändrades anordningen så, att det enda jordröret ersattes med fyra sådana rör, ett i hvarje hörn af gropen, hvilka förbundos sins emellan med järntråd. Vid sedan företagen mätning visade sig all ström gå genom jordrören, och arbetet med lyftningen af ofvan omnämnda godsvagn kunde åter upptagas utan obehag.

Samtidigt med att arbetarne fingo stötar fick också en tjänstflicka i ett närbeläget järnvägens bostadshus stötar af vattenledningskranen, då hon höll ena handen på diskbaljan, hvilken stod i ledande förbindelse med slaskröret. Vidare var det omöjligt att telefonera på en telefonledning, som gick öfver belastningsgropen och som hade en stolpe tätt intill gropen. Alla dessa fel upphörde likväl, sedan de fyra jordrören insatts i belastningsgropen. Härigenom var således ett effektivt medel funnet att på ett i förevarande fall fullt betryggande sätt förebygga i jorden vagabonderande strömmar.

Med tillhjälp af detta belastningsmotstånd gjordes erforderliga justeringar å bl. a. de automatiska munstyckena å turbinerna samt blästerkonen i skorstenen, och med dess tillhjälp undersöktes turbinernas ångförbrukning. Det visade sig därvid, att ångturbinerna ej i detta afseende motsvarade lämnade garantier, och blefvo därför sedermera de ursprungliga turbinskifvorna af leverantören utbytta mot nya, som visat sig till fullo uppfylla garantierna.

Generatorerna provvades enligt tomgångsmetoden. Därvid fanns en svårighet, nämligen att få en generators båda hälfter, som äro seriekopplade, att gå som seriekopplade motorer i tomgång, hvilket likväl lyckades efter en del försök med olika magnetmatningar.

Generatorer och transformatorer befunnos vid profningen uppfylla garanterade värden i afseende på verkningsgrad och reglering. Den enda anmärkning, som kunde göras mot generatorerna, var, att mekanisk resonans uppträdde vid ungefär 15 perioder, så att drift med detta periodtal svårligen kunde företagas med större belastning. Redan vid 16 perioder upphörde likväl resonansen. Mätningar, som kräfde ringa kraft, kunde obehindradt göras äfven vid 15 perioder.

I bilagan n:r 5 redogöres af professor Lindström för verkställda prof och mätningar med kraftstationens maskineri.

Öfverslag i generatorerna inträffade vid försökens första början, då matareledningen profvades med en spänning af 37,000 volt. Som förklaring häraf uppställdes först den hypotesen, att lågspänningssidan, som då ej var kopplad till jord, blifvit laddad från högspänningssidan på transformatorerna, och att på grund häraf en gnista öfvergått från generatorlindningen till järnet. En sedermera verkställd undersökning visade emellertid, att enligt brännmärken i generatorn en gnista då skulle hafva hoppat så långt som 60 mm, och gjorde således denna förklaringsgrund oantaglig.

Nästa gång, då öfverslag i en generator inträffade, var, när oljesäkerhetsapparaten i den utgående linjen skulle profvas. Den profvades på så sätt, att den försågs med en mycket tunn tråd, 0,1 mm koppartråd, och 3,000 volt släpptes på ytterledningen. Sedan kortslöts denna ledning medelst en öfverkastad ställina. Då kortslutningen inträffade, gick säkerhetsmetallen med stark knall, men samtidigt kastades all olja ur säkerhetsapparaten upp i kraftstationens tak, och öfverslag inträffade i den använda generatorn. Denna gång skedde intet öfverslag till järnet utan endast mellan lindningarne. Båda dessa gånger inträffade öfverslagen på den sida af generatorn, som var vänd mot ångturbinen och å hvilken största utrymmet fanns mellan härfvorna. Generatorernas lindningar voro nämligen koplade på den från ångturbinerna vända sidan, hvarest därför lindningarne lågo mycket trångt, och hade det ur denna synpunkt varit förklarligare, om öfverslagen inträffat på denna sida.

För att vid profning af ledningarnes isolation medelst högspänning ej onödigtvis riskera direkta kortslutningar anskaffades ett motstånd af lämplig storlek, som vid sådana prof kunde inkopplas i serie med transformatorernas lågspänningslindning för att dämpa kortslutningsströmmen.

Det är emellertid tydligt, att vid elektriska järnvägar kortslutningar ännu mindre än vid andra elektriska anläggningar kunna helt och hållet undvikas, så mycket mindre, som enda sättet att förebygga fara från en felaktig elektrisk ledning består i dess förbindande med skenorna. Det gäller därför att söka skaffa sådana anordningar, att en kortslutning åstadkommer så liten skada som möjligt.

Som naturligt är, inträffade kortslutningarne oftast i början, då alla detaljer ännu ej voro fullt injusterade. Många kortslutningar förekommo första tiden, då Westinghouse-lokomotivet gick på linjen, beroende på smärre felaktigheter hos lokomotivet och särskildt den mindre ändamålsenliga pro-

visoriska strömaftagaren. Exempelvis hände det, att dennas slitstycke till följd af stark gnistring och otillräcklig styfhet i sidolead fick ett så djupt spår, att dettas kanter fattade tag i kontakttrådhallaren vid en genom en jordslutningsring gående tråd, som därigenom förorsakade kortslutning af linjen.

Vid en revision, som företogs i juli 1905, observerades, att generatoraxlarna vridit sig cirka 15 grader, och blef det därför nödvändigt att utbyta axlarna. Härvid gjordes de något svagt tilltagna axeltapparna gröfre, hvaremot kopplingarnes läderskifvor försvagades, så att de kunde utgöra ett skydd för axlarna i händelse af för stora påkänningar.

Med anledning af denna obehagliga upptäckt uppdrogs åt professor Lindström att göra en del beräkningar för att förklara orsaken till, att axlarna vridit sig, och fann han därvid, att vridningspåkänningar i axeln, uppgående till flere gånger de normala, kunde uppstå vid kortslutningar (se bilaga 5).

Till följd af de stora påkänningarna vid kortslutningar hafva också ångturbinerna lidit ganska betydligt. Flere gånger hafva turbinaxlarna krökts, så att de måst riktas, och vid revisioner har det ofta visat sig, att turbin-skoflar varit antingen afslagna eller alldeles borta. För att söka förebygga öfverslagen i generatorerna uppsattes öfverspänningsskyddsapparater, dels en på hvar generator och dels en för den utgående ledningen. Dessa voro af General Electric Co:s åskledaretyp. Men dessa skyddsapparater tycktes ej hafva någon verkan, utan inträffade öfverslagen lika obehindradt som förut. Efter förhandlingar med leverantören af generatorerna insattes på en del ställen i generatorerna särskildt mekaniskt starka isoleringar i ändamål att hindra härfvorna att vid kortslutningar böjas mot hvarandra till följd af de starka mekaniska påkänningar, som då uppkomma. Detta visade sig ock vara botemedlet. Sedan dess ha många mycket hårda kortslutningar inträffat, men ingen enda gång har öfverslag inträffat i generatorerna, trots det att ofvannämnda öfverspänningssapparater för generatorerna blifvit borttagna. Att öfverslagen berodde på mekaniska påkänningar förklarar också, hvarför de ej skedde på den kopplade sidan af generatorlindningen. På denna sida stödde nämligen kopplingstrådarna lindningen just vid de svaga ställena. Att starka mekaniska påkänningar uppstå mellan lindningarna vid kortslutningar synes också tydligen däraf, att trefaslindningens två strömförande fasers lindningar i generatorerna böjt sig mot hvarandra på de ställen, hvarest de äro fria.

Sedan i kopplingarna svagare läderskifvor insatts, förstöras dessa lätt vid kortslutningar, dock i allmänhet ej i sådan grad, att omedelbart utbyte är erforderligt. En automatisk oljeströmbrytare har anskaffats för att om möjligt hindra denna förstöring genom att åstadkomma afbrott så fort som möjligt, men har detta ej visat sig göra någon nämnvärd skillnad.

Från början fanns för hela kraftstationen endast en smältsäkerhetsapparat, som var insatt i högtensionsutledningen. Som i det föregående omtalats, visade den sig redan vid första profvet alldeles omöjlig, och har därför sedermera någon säkerhetsmetall ej användts på högtensionsidan.

*Säkerhetsapparater.*



I stället anskaffades till generatorströmkretsen två st. oljesäkerhetsapparater, en för hvarje generator, af Maschinenfabrik Oerlikons tillverkning, hvilka funktionerat utmärkt äfven vid häftigaste kortslutningar. Emellertid har det varit ganska besvärligt att vid behof insätta nya smältstycken. Sedan den ofvan omnämnda automatiska oljeströmbrytaren kommit i bruk, hafva dessa oljesäkerhetsapparater, som numera endast äro inkopplade som reserv, ej en enda gång behöft bryta strömmen.

*Transformatorerna.*

I transformatorerna hafva tre gånger fel uppstått. De båda första gångerna inträffade felet på samma ställe och vid en spänning af 20,000 volt. Öfverslag uppkom nämligen mellan hvarfven i transformatorspolar i högtensionslindningen. Invid högspänningsuttaget för kontaktledningen lågo tre spolar, hvilka för tillfället voro urkopplade ur strömkretsen, af skäl som längre fram närmare angifvas. I dessa spolar inträffade genomslag. Första gången lågo spolarne alldeles losskopplade. Sedan felet reparerats, hopkopplades spolarne sinsemellan och med den öfriga högspänningslindningen. Efter andra genomslaget borttogos dessa spolar och ha sedan dess ej blifvit ersatta. Tredje gången inträffade genomslaget i en af de närmast högspänningsuttaget belägna spolarne.

Orsaken till dessa genomslag synes vara att söka antingen i de öfverspänningar, som vid störningar i systemets potential (t. ex. vid kortslutningar) med nödvändighet uppträda mellan närliggande trådar i transformatorspolarne eller också i den olikhet i dielektricitetskonstant, som förefinnes mellan trådens bomullsisolering och den mellan hög- och lågspänningslindningen belägna glimmercylindern. Mot genomslag af dessa orsaker, hvilka rätt ofta iakttagits i s. k. luftisolerade transformatorer, har man en relativt stor säkerhet vid användning af oljetransformatorer, som numera så godt som uteslutande användas för spänningar af här ifrågakommande storlek.

*Regleringen.*

Vid profningen visade sig ångturbinernas hastighetsreglering vid 750 hvarf, svarande mot 25 perioder, vara tillfredsställande. Vid öfvergång från full belastning till tomgång uppkom en maximal hastighetsstegring af 3,5 procent. Vid 600 hvarf blef denna stegring 4 procent och vid 450 hvarf 12 procent.

Den lilla ångturbindynamon gick i tomgång 1,330 hvarf och vid full belastning omkring 4 procent långsammare. Från denna dynamo erhöles, som förut nämndt, den för generatorernas fältmatning erforderliga strömmen. Denna dynamo arbetade i början med konstant spänning af 35 volt. För regleringen af magnetmatningen användes seriemotstånd, ett för hvarje generator med regleringsapparat för reglering i 5 steg.

Det är påtagligt, att en kraftstation, från hvilken endast ett enda elektriskt tåg drifves, i afseende på spänningsregleringen arbetar under exceptionellt ogynnsamma och vida svårare förhållanden, än som äro rådande vid en anläggning för drift af flere tåg, hvilkas belastningsvariationer alltid till en viss grad utjämna hvarandra. I nu föreliggande fall kan belastningen hvilket ögonblick som helst variera mellan full belastning och tomgång och, icke nog härmed, äfven effektfaktorn,  $\cos \varphi$ , som vid normal drift uppgår till 0,80 à 1,0, är vid tågens igångsättning nere i 0,2 à 0,3. Största an-

språken ställas på spänningsregleringen, då kraftstationen från tomgång får belastning af ett tåg, som sättes i gång med stor strömstyrka och låg effektfaktor. Det var därför att vänta, att denna anläggning skulle erbjuda betydliga svårigheter, men att äfven just till följd däraf många nyttiga lärdomar i afseende på spänningsregleringen skulle erhållas.

Det visade sig snart, att maskinisten, såsom äfven var att förmoda, med ofvan nämnda anordning med motstånd i fyra afdelningar, ej kunde åstadkomma tillräckligt hastig reglering af spänningen, bl. a. därför, att denna regleringsapparat ej kunde manövreras tillräckligt snabbt för att motsvara de plötsliga belastningsvariationerna. De fem motståndsafdelningarne för hvarje generator utbyttes därför mot ett motstånd, som var gemensamt för båda generatorerna och som kortslöts i ett enda steg medelst en knifafstängare, hvilken anordning tydligen tillät en vida hastigare manövrering än den förutnämnda. Men ej heller denna anordning visade sig vara tillfyllest. Spänningen kom genom denna metod att variera rätt betydligt och sjönk otillåtligt mycket vid första tillslagningen. Det försöktes då att gifva generatorerna en stark och konstant magnetmatning af 110 ampère pr maskin, hvarvid, för att tomgångsspänningen ej skulle blifva för hög, afkopplades 3 af transformatorernas 20 högtensionsspolar per ben, så att endast 17 spolar per ben voro i användning. Tomgångsspänningen blef härigenom vid 6,000 volts-kopplingen 7,050 volt, och vid en belastning af 400 kilovoltampère vid  $\cos \varphi = 0,3$  sjönk spänningen till 5,350 volt. Spänningsvariationerna voro således fortfarande betydliga, men dock tills vidare tillåtliga.

Det visade sig emellertid, att en så stark kontinuerlig magnetmatningsström som 110 ampère ej i längden var nyttig för generatorerna, enär magnetkopparen därigenom upphettades så starkt, att isolationsmaterialet mellan hvarfven torkade och lossnade, så att t. o. m. vid ett tillfälle en lokal kortslutning erhöles i en magnetpole. Därtill kom, att det under vissa omständigheter ej längre var tillräckligt med 400 KVA. Motorvagnståget, sådant det var före det sedermera utförda utbytet af motorer, hade nämligen visat sig ej kunna komma i gång under ogynnsamma förhållanden med så liten ström, och A. E. G:s ingenjörer fordrade 600 KVA för att kunna åstadkomma en under alla förhållanden god igångsättning. Men för att 600 KVA skulle kunna uttagas ur generatorerna, var det nödvändigt, att magnetmatningen momentant stegrades till 150 amp. per generator. Detta erfordrade en magnetmatarespänning af ända upp till 45 volt, något som ej kunde erhållas utan separat matning med högre spänning af magnetmatarens fältspolar.

På järnvägens förråd fanns en gammal 3 KW 110 volts likströmsmaskin. Denna togs nu i bruk och uppsattes i kraftstationen, där den blef drifven från magnetmatarens ångturbin medelst en rem, som lades på kopplingen mellan ångturbinen och magnetmataren. På magnetmataren seriekopplades magneterna — de voro förut för 35 volt kopplade i 2 parallela grupper — och magnetmatarens magneter matades genom ett motstånd från 110 volts maskinen. De förut använda seriemotstånden bortkopplades, och regleringen

skedde sedan genom att medelst den separata magnetmatningen variera magnetmatarens spänning. På detta sätt erhöles en något så när tillfredsställande reglering, som sköttes af maskinisten medelst en liten ratt. Denna regleringsanordning var försedd med 24 steg och tillät därför en ganska noggrann inreglering af spänningen. Att den trots detta stora antal steg kunde manövreras hastigt beror därpå, att denna apparat till följd af den ofantligt ringa strömstyrkan i den strömkrets, hvarest densamma verkar, kunde göras mycket liten och lättrorlig. Magnetmatningen i tomgång utgjorde, sedan denna metod tagits i bruk, cirka 80 ampère, och magnetspolarne visade sig nu utan skadlig upphettning tåla de tillfälligt förekommande stora strömstyrkorna.

Emellertid hade flere gånger frågan om anskaffande af en automatisk spänningsregulator varit på tal och äfven framstående firmor tillfrågats, utan att någon fullt lämplig anordning kunnat erbjudas. Af kända regulatorkonstruktioner syntes Tirills regulator erbjuda bästa utsikter att ernå ett godt resultat till följd af dess snabbhet och lättrorlighet. Denna apparat tillverkas sedan kort tid tillbaka af General Electric Co. i Amerika. De spänningar och öfriga förhållanden, som förekommo i kraftstationen, voro emellertid mycket afvikande från hvad som var »standard» för en sådan regulator. Regulatorn skulle således fått beställas särskildt för denna kraftstations förhållanden, och det var att vänta, att, äfven om en sådan regulator kunnat erhållas, hvilket med kännedom om de amerikanska firmornas obenägenhet att tillverka smärre specialsaker ej syntes sannolikt, denna apparat hade behöft underkastas mycket efterarbete och justeringar, innan den blifvit lämplig för det afsedda ändamålet.

Tirillregulatorn är emellertid byggd på en mycket enkel princip. Den består af en vibrerande kontaktapparat, som påverkas af ett spänningsrelä. Denna kontaktapparat kortsluter ett motstånd, som sitter i serie med magnetmatarens magneter, ett större eller mindre antal gånger per sekund en större eller mindre del af tiden, allteftersom högre eller lägre magnetmatarespänning erfordras. Orsaken till denna regulators snabba verkan är att söka just uti denna oupphörliga, äfven vid konstant belastning pågående pulsation af fältmatningen, som medför en ofantlig lättrorlighet både i mekaniskt och elektriskt afseende i jämförelse med andra slag af regulatorer, som i regel ha rätt stor tröghet att öfvervinna. På grund af dessa omständigheter och för vinnande af största möjliga erfarenhet ansågs det lämpligt att för detta speciella fall själfva söka att konstruera och tillverka en regulator i hufvudsak efter Tirills princip, och uppdrogs fullgörandet häraf åt ingenjör Öfverholm.

Den af General Electric Co tillverkade regulatorn har sitt spänningsrelä försedt med en oljekatarakt. Det försöktes först i början att göra vår regulators spänningsrelä utan sådan dämpanordning, men det visade sig omöjligt. Spänningen blef därvid aldrig konstant, utan var hela tiden i pendling. Å andra sidan var det tydligt, att, om en oljekatarakt skulle hafva gjorts för dämpningen, så skulle denna betydligt hafva minskat regleringshastigheten. En annan utväg syntes därför böra sökas, och den fanns snart.

Spänningsreläet utfördes nämligen så, att dess rörliga järnkärna fick göra kontakt mot en annan på samma sätt rörlig järnkärna af lika vikt och med lika fjädrar. Härigenom var inverkan af apparatens egensvängningar kompenserad, och därmed all pendling bortskaffad på ett sätt, som ej hindrade regulatorn att reglera hastigt. Spänningsreläet bryter och sluter medelst sin kontakt en ström, som påverkar kortslutningskontakten. Äfven för denna kommo nya idéer till användning. Den manövreras medelst två kombinerade solenoider, af hvilka en är mindre och för en liten konstant ström, under det den andra är ungefär dubbelt så stor och får ström genom spänningsreläets kontakt. Inuti dessa solenoider, som äro anordnade direkt öfver hvarandra, är anbragt en järnkärna, som drages nedåt af den lilla spolen och uppåt af den stora. Denna järnkärna har äfvenledes samma vikt och fjädring som spänningsreläets järnkärna. Järnkärnan inuti solenoiderna påverkar direkt kortslutningskontakten. Genom anordningen med två solenoider erhålles en mycket hastig gång af kortslutningskontaktens järnkärna, som därvid kommer att ryckas upp och ned medelst magnetismen. Själfva kortslutningskontakten, hvilken vid denna likasom vid Tirillregulatorn är parallellkopplad med en kondensator af lämplig kapacitet, är den del, som beredt den största svårigheten. I början brändes kontakten mycket, och ofta uppstodo ljusbågar, som ej slocknade af sig själfva. Då detta emellertid tillskrefs den starka mättningen i magnetmatarens fält, som gjorde, att regulatorns arbete försvårades, beslöts att omkoppla magnetmatarens armatur för dubbla spänningen, hvilket lätt gick för sig, då ju, såsom förut nämnts, armaturen var beställd med särskild hänsyn till möjligheten af en sådan omkopplings verkställande. Sedan denna omkoppling blifvit utförd, kunde regulatorn något bättre sköta regleringen. Nu uppkommo visserligen inga ljusbågar, annat än vid de tillfällen, då kontakter af kol och bronskol försöktes. Som material för kontakterna försöktes dessutom koppar, mässing, järn, silfver och platina. Vid användandet af dessa material uppstodo visserligen inga ljusbågar, men väl en annan olägenhet, i det kontakterna brände tillsammans, sedan de blifvit varma genom att arbeta en stund, och dessutom visade det sig, att alla metallkontakter utom de af platina efter en stunds arbete betäcktes med en oxidhinna, som verkade isolerande. Häraf var det tydligt, att en anordning måste skaffas, som på mekanisk väg höll kontakterna rena. För detta ändamål sattes den ena af kortslutningskontakterna i rotation medelst en liten elektrisk motor, hvarigenom en slipning af kontakterna erhöles. Härvid uppstodo emellertid nya svårigheter. Då kontakterna gått en stund, blefvo de nämligen repiga, hvarigenom hela kontaktanordningen kom i skakning. Sedan en hel del tänkbara kombinationer profvats, befunnos kontakter af glashårdt stål vara de för ändamålet lämpligaste, och har det visat sig, att två små sådana kontakter kunna arbeta cirka 70 timmar, innan utbyte behöfver ske. Under gångtiden måste emellertid kontakterna cirka en gång hvar 10:de timme skrufvas tillsammans så mycket, som motsvarar afnötningen. Detta kan likväl ske, under det apparaten arbetar. Utseendet af denna automatiska spänningsregulator framgår af bild 6, och synes dess koppling å schemat, bild 5.

Sedan Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft i oktober 1906 omändrat sina utrustningar, så att ej mer än 400 KVA vid  $\cos \varphi = 0,3$  erfordras vid igångsättning af motorvagnståget, har ännu en spole per ben af transformatorernas högtensionsledning tagits i bruk, så att nu 18 sådana spolar användas. Härigenom har magnetiseringsströmstyrkan per generator i tomgång sänkts till cirka 72 amp. Strömstyrkan i magnetmatarens magneter varierar mellan 0,5 och 4,6 amp. Magnetmatarens magneter hafva ett motstånd af 12 ohm och äro försedda med ett seriekoppladt motstånd äfvenledes på 12 ohm. Det motstånd, som kortslutes af regulatorns kortslutningskontakt, utgör cirka 190 ohm. Kurvorna å bild 7 visa spänningsvariationerna i kraftstationen, då tåg rör sig på linjen under i öfrigt lika förhållanden, men med olika metoder för spänningens reglering, nämligen dels (A) konstant fältmatning med 110 ampère, dels (B) handreglering och dels (C) den automatiska regulatorn.

Ozonlukt  
m. m.

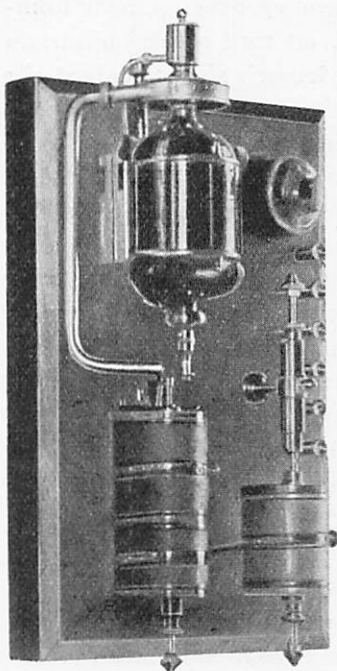


Bild 6. Automatisk spänningsregulator.

Då körning med 20,000 volt på linjen pågått, har luften i kraftstationen blifvit starkt ozoniserad. Detta har inverkat på oljan, och därigenom har i kraftstationen en allt annat än ange-

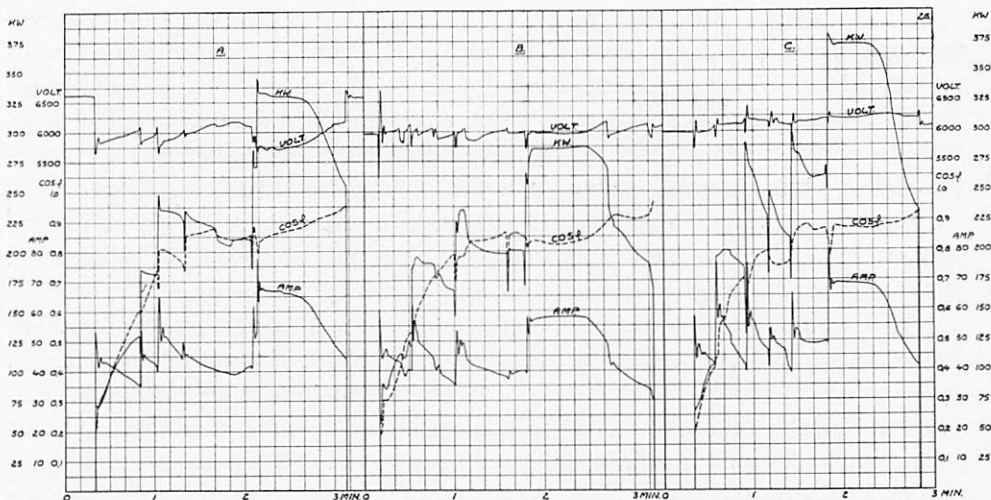


Bild 7. Kurvor vid olika slag af spänningsreglering.

A. Kurvor vid 110 amp. konstant fältmatning. B. Kurvor vid handreglering af spänningen. C. Kurvor vid automatisk reglering af spänningen.

näm lukt uppkommit. Någon märkbar ozonisering har ej uppkommit, då 15,000 volt och lägre spänningar användts.

Tyvär har under profningarne åskväder endast inträffat två gånger, den ena gången vid körning med 6,000 volt och den andra med 12,000 volt på ledningen. Ingendera gången har spår af inverkan synts vare sig i kraftstationen eller på tåget.

Utom förut omtalade, å instrumenttaflan anbragta mätinstrument anskaffades för noggranna mätningar af den utgående strömmen från Siemens-Schuckert Werke en voltmeter, en ampèremeter och en kilowattmeter jämte erforderliga spännings- och strömtransformatorer. Det var från början meningen, att dessa skulle tillsammans med en från Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft anskaffad elektrisk hastighetsmätare och en klocka monteras på en tafla och medfölja tåget på en för ändamålet särskildt inrättad mätvagn. Förslagsvis var det tänkt, att afläsningar skulle tagas på så sätt, att instrumenten med lämpliga tids mellanrum fotograferades. Denna plan har dock ej kunnat realiseras, enär dels de erhållna mätinstrumenten visade fel vid vagnens snedställning i kurvor, och dels skakningarne voro alltför stora för instrumenten. Därför blefvo alla dessa, utom hastighetsmätaren, monterade i kraftstationen å en särskild tafla. Af flere skäl har ej heller det ursprungligen tänkta sättet att fotografera instrumenten kommit till användning, utan har i stället direkt samtidig afläsning genom två eller flere personer användts. Med dessa instrument äro för ett stort antal försöksfärder afläsningar tagna, i början hvar 10:de och sedermera hvar 5:te sekund. Dessa afläsningar hafva lagts till grund vid uppritande af kurvor öfver försöksfärderna, och har i allmänhet genom jämförelse mellan dessa kurvor god kontroll kunnat vinnas, hvaraf framgått, att afläsningssfele ej varit af någon nämnvärd betydelse. Emellertid var det direkta afläsandet genom flere personer ett tidsödande arbete, hvarför anskaffandet af själfregistrerande mätinstrument från början naturligen hade stått som ett önskemål. Så länge emellertid sådana endast funnos af den äldre typen, vid hvilken friktionen mellan penna och papper ej obetydligt nedsätter noggrannheten, ansågs det bättre använda direkt afläsning. Annorlunda ställde sig saken, sedan Siemens-Schuckert Werke utbildat och fört i marknaden en ny typ, vid hvilken registrering sker med tillhjälp af gnistor från induktionsapparater, som bränna genom registreringspapperet. Såsom i historiken omnämmts, beställdes instrument af detta slag i september 1906, och hafva de användts med mycket godt resultat vid ett stort antal försöksfärder under år 1907. Då dessa instrument hafva en hel del mycket ömtåliga delar, måste de skötas med en särskildt stor omsorg, och gäller detta särskildt gnistapparatus kontakter och urverket. Registreringspapperet på dessa apparater går med en hastighet af 2 mm per sekund. Då för hvarje sekund fås ett stort antal registreringsgnistor, är det tydligt, att medelst dessa instrument fås en synnerligen god bild af förloppet vid försöksfärderna.

För förekommande af misstag genom felvisning ha samtliga dessa instrument, såväl de själfregistrerande som de för direkt afläsning, tid efter annan kontrollerats med normalinstrument.

Den förutnämnda hastighetsmätaren består af en liten dynamo med permanenta stål magneter, som lämnar ström till en voltmeter. Denna apparat

gaf i början mycket dåliga resultat, så länge de med dynamon levererade kolborstarne användes. Sedan försöktes med kopparborstar, men ej heller detta lyckades, enär då slitningen af strömsamlaren blef otillåtligt stor. Med bronskol lyckades man emellertid öfvervinna alla svårigheter, så att apparaten nu under alla förhållanden ger ett fullkomligt lugnt utslag, och har den vid alla kontrollprof visat sig lämna all önskvärd precision.

En annan apparat för samma ändamål, nämligen en hastighetsmätare af Frahms system, har också, såsom i det föregående är nämnt, provats. Denna består af svängande tungor, hvilka sättas i rörelse af en magnet, som erhåller ström från en liten från en vagnsaxel drifven växelströmgenerator. Tungorna äro stämde för olika svängningstal, och den tunga, hvars svängningstal stämmer med det, som växelströmmen för tillfället har, kommer i rörelse och anger därigenom hastigheten på en graderad skala. Detta instrument, som naturligen är synnerligen tillförlitligt, sedan det en gång är riktigt graderadt, har visat sig väl ägnadt för kontroll af andra hastighetsmätare och till ledning för lokomotivföraren, men är mindre lämpligt för snabba afläsningar på korta tidsintervaller.