

FÖRSÖKEN MED ELEKTRISK JÄRN- VÄGSDRIFT

UTFÖRDA Å
STATENS JÄRNVÄGAR
ÅREN 1905—1907



CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM
1908.

FÖRSÖKEN MED ELEKTRISK JÄRNVÄGSDRIFT

UTFÖRDA Å
STATENS JÄRNVÄGAR
ÅREN 1905—1907

BERÄTTELSE
AFGIFVEN TILL KUNGL. JÄRNVÄGSSTYRELSEN
UNDER MEDVERKAN AF FLERE FACKMÄN

AF
ROB. DAHLANDER
BYRÅDIREKTÖR



INNEHÅLL:

	Sid.
HISTORIK	2
KRAFTSTATIONEN	22
KONTAKTLEDNINGARNE	37
BANSTRÖMMENS ÅTERLEDNING GENOM SKENORNA OCH JORDEN	81
BANSTRÖMMENS INVERKAN PÅ SVAGSTRÖMSLEDNINGAR	98
RULLANDE MATERIELEN	109
TÅGENS ENERGIFÖRBRUKNING	159
SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	183

BILAGOR:

N:r 1. Protokoll vid sammanträde den 5 februari 1908 af subkommittén för elektriska frågor å Järnvägsstyrelsens byrå för elektrisk drift.....	191
» 2. Program för försöken	192
» 3. P. M. rörande elektriska generatorer och transformatorer för provisorisk kraftstation vid Tomtebodå för försök med elektrisk järnvägsdrift.....	194
» 4. Bestämmelser rörande instrumentering och ledningar i provisorisk kraftstation vid Tomtebodå för försök med elektrisk järnvägsdrift.....	196
» 5. Prof utförda å maskiner och transformatorer i kraftstationen, af professor A. Lindström.....	199
» 6. P. M. rörande utförande af kontaktledningen vid elektriska försöksbanan Tomtebodå—Värtan	212
» 7. Bestämmelser rörande utförande af elektriska ledningar för försök med elektrisk järnvägsdrift mellan Tomtebodå och Värtan	220
» 8. Bestämmelser rörande utförande af elektriska ledningar för försök med elektrisk järnvägsdrift mellan stationerna Tomtebodå och Järfva	225
» 9. P. M. öfver elektriska kontaktledningars hållfasthet, af ingenjör C. Montelius	228

	Sid.
N:r 10. Bestämmelser rörande utförande af elektriska ledningar för försök med elektrisk järnvägsdrift mellan stationerna Tomtebodå och Stockholms Central	234
» 11. Bestämmelser rörande utförande af elektriska ledningar för elektrisk järnvägsdrift på Stockholms Centralstation	237
» 12. Redogörelse för försök med glycerincement.....	239
» 13. Hållfasthetsprof å trästolpar med och utan impregnering	243
» 14. Hållfasthetsprof å betonestolpar	246
» 15. Kungl. Järnvägsstyrelsens säkerhetsföreskrifter rörande den elektriska försöksdriften	248
» 16. Induktionsstörningar i svagströmsledningår från enfasig växelströmsledning med återledning genom skenor och jord, af docenten H. Pleijel	251
» 17. P. M. rörande ändringsarbeten å 4 st. boggivagnar för elektrisk drift	300
» 18. Försök med elektrisk uppvärmning	302

TILL
KUNGL. JÄRNVÄGSSTYRELSEN.

Sedan de försök med elektrisk järnvägsdrift, som alltsedan början af år 1905 bedrifvits först endast å linjen Tomtebodå—Vårtan och sedermera äfven å linjen Stockholms Central—Järfva, nu äro i hufvudsak afslutade, får undertecknad, som af Kungl. Järnvägsstyrelsen erhållit förtroendeuppdraget att vara dessa försöks ledare, härmed till Kungl. Styrelsen afgifva berättelse öfver dessa försök och de i samband därmed stående utredningar samt deras hufvudsakliga resultat.

Elektrisk järnvägsdrift.

HISTORIK.

Sedan genom växelströmteknikens framsteg framförandet af tunga järnvägståg på långa afstånd medelst elektrisk drifkraft från central kraftstation möjliggjorts, och sedan verkställda utredningar ådagalagt, att elektrisk drift å svenska statsbanorna äfven ur ekonomisk synpunkt vore tänkbar, blef frågan om elektrisk järnvägsdrift en aktuell fråga för vårt land, för hvilket ett ersättande af de importerade stenkolen medelst kraften från våra vattenfall och torfmossar af flere skäl måste vara synnerligen önskvärdt. Såsom lämpligaste sättet för samlande af den erfarenhet på detta nya tekniska område, som erfordrades för utförandet af noggrannare kostnadsberäkningar och för utarbetandet af för våra järnvägars förhållanden lämpade detaljanordningar, måste då framstå utförandet af egna försök med elektrisk järnvägsdrift i samband med sakkunniga utredningar. Endast härigenom kunde man väntas vinna den egna erfarenhet och grundliga sakkänedom inom hela detta vidsträckta område, utan hvilka ett framgångsrikt och målmedvetet arbete för denna viktiga frågas lösning ej är tänkbart. Inseende detta, uttalade Kungl. Järnvägsstyrelsen redan i underdånig skrifvelse den 23 december 1902 ifråga om åtgärders vidtagande för elektrisk drift å statens järnvägar sin afsikt att i slutet af därpå följande år till Kungl. Maj:t inkomma med förslag till utförande af anläggning för försök med elektrisk drifkraft å någon kortare bansträcka samt framställning om anskaffande af därtill erforderliga medel. Så skedde också genom underdånig skrifvelse den 10 december 1903, i hvilken Järnvägsstyrelsen föreslog utförandet af försök med elektrisk järnvägsdrift medelst enfasisg växelström å Värtabanan samt linjen Stockholm—Järfva med drifkraft från provisorisk ångkraftstation vid Tomtebodan och hemställde, att Kungl. Maj:t ville af riksdagen för ändamålet äska ett belopp af 425,000 kronor. Denna underdåniga framställning bifölls af Kungl. Maj:t och föranledde nådig proposition till 1904 års års riksdag, hvilken utan diskussion beviljade det begärda anslaget.

Sedan medel sålunda funnos disponibla, gällde det att fastställa försöksanläggningens tekniska detaljer och verkställa erforderliga materialbeställningar. Genom på uppdrag af Järnvägsstyrelsen under år 1903 företagna resor i Europa och Amerika hade jag fått tillfälle dels studera de mest betydande anläggningarne för elektrisk järnvägsdrift, hvarvid naturligen

särskild hänsyn togs till de nya växelströmanläggningarne, samt dels vid besök hos de ledande elektriska fabrikationsfirmorna taga del af deras nyaste framsteg, åsikter och erfarenheter.

Det torde vara af ett visst intresse att nu återkalla i minnet, hvilken ståndpunkt tekniken på detta område intog vid denna tid. Behofvet att för framförandet af tunga järnvägståg på långa afstånd med drifkraft från elektrisk kraftstation direkt använda högspänd växelström i kontaktledningen hade allmänt insetts, men angående sättet voro meningarne delade, i det en del ingenjörer och firmor ansågo den trefasiga växelströmmen vara bäst ägnad för detta ändamål, under det andra trodde sig finna lösningen med tillhjälp af den enfasiga växelströmmen, som erbjuder den påtagliga fördelen att endast kräfvä en kontakttråd och som därför till följd af de vida gynnsammare isolationsförhållandena medgifver användandet af väsentligt högre spänningar än trefasströmmen. Innan de nu allmänt använda enfaskommutatormotorerna voro kända, hvilkas tillvaro såsom praktiskt användbara motorer kan räknas från år 1902, då det amerikanska elektriska Westinghouse-bolagets öfveringenjör Lamme i ett föredrag tillkännagaf, att han lyckats utföra sådana motorer, mötte användandet af enfasström för järnvägsdrift så till vida stora svårigheter, att man måste genom komplicerade anordningar å lokomotivet råda bot för de brister, som vidlådde de enda då användbara typerna af motorer för enfasström, nämligen induktionsmotorn och synkronmotorn. Då dessa motorer sakna tillräcklig igångsättningskraft och förmåga af hastighetsreglering, hade en uppfinnare, amerikanen Arnold, sökt afhjälpa detta genom att låta motorn drifva en luftkompressor och låta den komprimerade luften verka som medium för ändamålets vinnande, under det amerikanen Ward-Leonard och schweizaren Huber läto en å lokomotivet placerad enfasmotor drifva en likströmsdynamo, som lämnade ström till de lokomotivets axlar drifvande motorerna. Båda dessa anordningar underkastades praktiska försök, och särskildt den senare, enligt hvilken Maschinenfabrik Oerlikon i Schweiz utförde ett lokomotiv, lämnade goda resultat och blef mycket uppmärksammas. Sedan nu kommutatormotorerna, som i afseende på igångsättningskraft och hastighetsreglering likna de för bandrift synnerligen lämpliga likströmseriemotorerna, nått en hög grad af fullkomning, kan ju det åsyftade målet nås på enklare sätt, och ha därför nyssnämnda anordningar hufvudsakligen historiskt intresse och torde i alla händelser endast komma till användning för alldeles speciella fall. Såsom förut nämndt, var det det amerikanska Westinghouse-bolaget, som först lyckades framställa en praktiskt användbar kommutatormotor för växelström. Denna motor var af serietypen med lamineradt järn såväl i stator som rotor och med en särskild kompensationslindning för upphäfvande af armaturreaktionen. För upphäfvande af gnistbildningen funnos särskilda förbindningstrådar med stort motstånd mellan armaturlindningen och kommutatorlamellerna. Kommuteringen vid en växelströmsmotor af detta slag blir naturligtvis väsentligt svårare än vid en likströmsmotor, bl. a. beroende därpå, att den armaturhårfva, som vid kommuteringen kortslutes af borsten, omsluter ett magne-

tiskt växelfält, som inducerar ström i härfran. Denna motortyp utfördes till en början för en frekvens af $16\frac{2}{3}$ perioder. Svårigheterna att få en fullgod kommutering växa betydligt med frekvensen, och nämnvärdt öfver 25 perioder har man ej lyckats komma vid denna motortyp. Då en motor af detta slag har gynnsammaste kommuteringsförhållanden vid hastigheter öfver synkronism, vanligen vid en hastighet mellan två och tre gånger den synkrona, så följer häraf, att man för att ej få alltför stort omloppstal måste gifva motorn ett tämligen stort potal, sex, åtta eller däröfver. För undvikande af skadlig gnistbildning fordras för viss spänning ett relativt stort antal kommutatorlameller, hvaraf följer, att motorn endast kan utföras för relativt låg spänning, och användes i regel ej mer än 300 volt. Igångsättning och hastighetsreglering utföras vid denna motor på ett synnerligen enkelt sätt utan onödig energiförlust genom tillförande af olika spänningar från en transformator, och skedde denna spänningsförändring vid Westinghouse-bolagets första konstruktioner med tillhjälp af en s. k. induktionsregulator. Detta bolag afslöt redan sommaren 1902 kontrakt om omändring till elektrisk drift af den 74 km långa banan Washington—Baltimore—Annapolis enligt det nya växelströmsystemet. Till följd af järnvägsbolagets dåliga ekonomiska ställning kom denna anläggning dock aldrig att färdigställas, men har bolaget sedermera utfört ett stort antal andra dylika anläggningar.

Meddelandet om Westinghouse-bolagets lyckade försök att utföra seriemotorer för växelström väckte naturligen inom den elektrotekniska världen det allra största uppseende, och öfriga fabrikationsfirmor inom branschen kastade sig helt naturligt ofördröjligen med ifver på studiet af denna fråga. Den firma, som närmast efter Westinghouse-bolaget hade icke blott en motor utan ett helt system för järnvägsdrift med enfasström färdiga, var Union Elektricitäts-Gesellschaft i Berlin, en särskildt på det elektriska banområdet synnerligen framstående firma, som sedermera uppgått i det stora bolaget Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (A. E. G.) i Berlin. Union-bolagets enfasmotor var baserad på vissa ursprungligen med hänsyn till trefasmotorer gjorda uppfinningar af ingenjörerna Winter och doktor Eichberg, af hvilka den senare sedermera inlagt stor förtjänst i afseende på motortypens och systemets utarbetande och fullkomnande. Denna motor, som i hufvudsak har seriemotorns karakteristiska egenskaper, såsom att hastigheten vid viss tillförd spänning aftager, då kraftparet ökas och tvärtom, är dock till sin anordning ganska olika seriemotorn och betecknas såsom kompenserad repulsionsmotor. Liksom växelströmseriemotorn var äfven den enkla repulsionsmotorn principiellt känd långt före denna tid, men hade ingendera af dessa motortyper kunnat få någon praktisk användning, då svårigheterna i afseende på kommuteringen ansetts oöfverkomliga. Repulsionsmotorn är så till vida olika seriemotorn, att statorns och rotorns lindningar ej äro elektriskt förbundna med hvarandra, utan är rotorns lindning kortsluten inom sig själf genom kommutatorborstarna. Denna egenskap gör, att statorlindningen kan utföras för relativt hög spänning. Den af Eichberg utarbetade motorn är, såsom af det föregående framgår,

en form af repulsionsmotorn, och voro Unionbolagets första motorer byggda för 6,000 volt i statorlindningen. För åstadkommande af viss reglering af hastighet och fasförskjutning finnes vid den kompenserade typen utom de nyssnämnda kortslutningsborstarna en annan grupp af kommutatorborstar, hvilka tillföra rotorn växelström af varierande spänning från en särskild transformator. Denna motor kan byggas för frekvenser upp till 40 perioder och möjligen äfven 50, men växa äfven här svårigheterna med periodtalet, och torde cirka 25 få anses vara det gynnsammaste värdet för denna motortyp. Då kommuteringen är gynnsammast vid synkronism, får motorn ett lägre pottal än seriemotorn, och användas i regeln fyra poler.

Genom tillmötesgående från preussiska statsbaneförvaltningens sida fick Union-bolaget tillfälle att praktiskt profva sitt system å den 4 km långa banan Nieder-Schöneeweide—Spindlersfeld invid Berlin. Här monterades en kontaktledning för 6,000 volt, 25 perioder, och utrustades tvenne motorvagnar, hvardera med två motorer om 120 HK, direkt upptagande den högspända strömmen i statorn. Denna försöksanläggning, som stod under statens kontroll, kom i gång hösten 1903. Redan dessförinnan hade Unionbolaget afslutat kontrakt om anläggning för elektrisk drift med enfasström af en 20 km lång smalspårig järnväg i Belgien, vid hvilken 20 motorvagnar användas.

Efter Westinghouse- och Union-bolagen ha sedermera flere andra framstående firmor utarbetat enfasmotorer för järnvägsdrift. Bland dessa må i första rummet nämnas Siemens-Schuckert Werke i Berlin, Maschinenfabrik Oerlikon i Schweiz och General Electric Company i Förenta Staterna. Bland uppfinnare och konstruktörer på detta område må nämnas fransmannen Latour, hvars uppfinning i mångt och mycket liknar Eichbergs, hvilket i vissa länder föranledt patenttvister, italienaren doktor Finzi, som ägnat sig åt seriemotorn, samt den nu aflidne svenske ingenjören Danielson, som framställt en kombination af båda motortyperna.

Såsom förut nämnt, hade *trefässystemet* varit påtänkt och äfven kommit till praktisk användning för järnvägsdrift, innan de nya enfasmotorerna framkommit. Den firma, som härvidlag gick i spetsen, var Brown, Boveri & Cie i Schweiz, hvars mest betydande anläggning var järnvägen Burgdorf—Thun med en längd af 40 km och en kontaktledningsspänning af ursprungligen 750, sedermera 850 volt vid 40 perioder. Denna anläggning kom i gång i juli 1899 och har alltjämt arbetat synnerligen tillfredsställande. En vida mer betydande anläggning är emellertid den 106 km långa s. k. Valtellinabanan, Lecco—Colico—Sondrio—Chiavenna, i norra Italien, som försetts med elektrisk drifkraft enligt trefässystemet af Ganz & Cie i Budapest. Kontaktledningsspänningen är här 3,000 volt vid 15 perioder, och drifvas såväl motorvagnar som lokomotiv, af hvilka de senare ha en maximieffekt af cirka 1,000 HK. Banan har en synnerligen svår trace, i det cirka en tredjedel går genom tunnlar och maximistigningarne uppgå till 20 ‰. Efter långt experimenterande och utförandet af en del nödvändiga detaljändringar kom anläggningen i regelbunden trafik hösten 1902 och har sedan dess fungerat tillfredsställande.

Ett särskildt omnämmande förtjäna äfven de försök, som åren 1901 och 1903 utfördes å den 23 km långa banan Marienfelde—Zossen invid Berlin af »Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen» med understöd af statsmyndigheterna. Denna bana har en minsta kurvradie af 1,000 m, men å banans midt, hvarest hastigheten var störst, förekomma inga kurvor. Anläggningen utfördes med trefasström af 45 till 50 perioder och en spänning af 10,000 till 14,000 volt. Särskilda för stor hastighet konstruerade elektriska motorvagnar voro tillverkade, och uppnåddes vid försöken hösten 1901 den största hastigheten af nära 160 km, hvarvid det likväl visade sig, att banans öfverbyggnad måste förstärkas. Sedan förbättringar i detta afseende vidtagits, upptogos försöken ånyo hösten 1903, hvarvid en största hastighet af 210 km erhöles. Enligt förkljudande torde de vid dessa försök vunna erfarenheterna komma att tillgodogöras vid en af de preussiska statsbanelinjerna inom ej aflägsen framtid för drifvande af persontåg med högst 150 km hastighet, hvarvid dock enfasström lär komma att användas.

Vid den tidpunkt, då valet af system för Kungl. Järnvägsstyrelsens försök med elektrisk järnvägsdrift skulle träffas, fanns således från färdiga anläggningar gynnsam erfarenhet angående trefasströms användande för järnvägsdrift, under det enfasströmmen för detta ändamål ännu endast befann sig på försöksstadiet.

En jämförelse mellan enfas- och trefassystemet måste omfatta förhållandena vid såväl kraftstationen som ledningarne och motoranordningarne.

Hvad först kraftstationen beträffar, så är för samma effekt en trefasgenerator lättare och billigare än en enfasgenerator. Skillnaden uppgår till i rundt tal 20 %. I afseende på transformatorerna råder ingen skillnad mellan de båda systemen; däremot blir instrumenteringen vid enfasystemet något enklare och billigare. I stort sedt äro emellertid fördelarne öfvervägande på trefassystemets sida.

I fråga om ledningarne har man att skilja mellan kontaktledningen och den högre spänning förande matarledningen. I afseende på kontaktledningen kan med enfasström väsentligt högre spänning tillåtas än vid trefasström och såväl därigenom som till följd af de enklare anordningarne kostnaden pr km betydligt nedbringas. Vid trefasström har man hittills ej vågat använda högre spänning i kontaktledningen än 3,000 volt, till följd af att de båda kontaktrådarne, mellan hvilka afståndet med anledning af det i tunnlar, vid vägkorsningar, broar, bangårdar o. s. v. begränsade utrymmet ej kan blifva synnerligen stort, sinsemellan ha fulla spänningen. Härvid är visserligen att märka, att vid de förut nämnda försöken å banan Marienfelde—Zossen med trefasström en kontaktledningsspänning af 10,000—14,000 volt användes, men voro här kontaktrådarne spända vertikalt öfver hvarandra med en meters afstånd, och förekommo å denna sträcka inga begränsningar af utrymmet och inga växlar. Vid järnvägar i allmänhet är denna anordning alldeles otänkbar och lärer ej vidare komma till användning. Under det man således vid trefasström under vanliga förhållanden ej torde kunna gå afsevärdt högre än till 3,000 volt, är man vid enfasström oförhindrad att använda 6,000, 10,000 eller möjligen ända till 20,000 volt, om så skulle erfordras. För samma procentuella förlust i ledningen er-

fordras vid 3,000 volt trefasström mindre afstånd mellan transformatorstationerna resp. betydligt större kopparvikt och således högre anläggningskostnad än vid enfasström med en förhållandevis så låg spänning som 6,000 volt. Därtill kommer, att en enfaskontaktledning, till följd af att endast en kontaktråd användes, kräver mindre antal isolatorer och spänntrådar, hvilket jämte den mindre kopparvikten medför enklare stolpanordning. Dessa för- enklingar bidraga naturligen äfven till att göra linjen billigare.

Beträffande de högspända matareledningarne ser man ofta det påståendet, att enfasström för dessa skulle för samma spänning betinga en 33 % större kopparvikt än trefasström. Detta är riktigt, om man räknar samma spänning mellan trådarne eller antager, att systemens ena pol är jordför- bunden, hvilket ju ej är fallet. Om man däremot utgår från den i detta fall riktiga utgångspunkten att räkna med samma spänning mellan systemens ytterpunkter och deras jordförbundna neutralpunkt i båda fallen, så fås under i öfrigt lika förhållanden precis samma kopparvikt vid enfas- som vid trefasström. Det mindre antalet ledningar vid enfasström gör, att kostnaden för isolatorer och montage blir lägre än vid trefasström. Därtill kommer, att driftsäkerheten gifvetvis är större med endast två trådar och isolatorer, än då tre sådana användas. Således ställer sig enfassystemet i afseende på matareledningen något gynnsammare än trefassystemet, och kan man så- ledes som sammanfattning påstå, att enfassystemet i afseende på kontakt- och matareledningarne är afgjort och betydligt fördelaktigare än trefas- systemet.

Öfvergå vi nu till motoranordningarne och lämna åsido omformare- lokomotivet såsom för vanliga fall numera sannolikt mindre konkurrens- möjligt, så ha vi att vid en jämförelse mellan enfas- och trefassystemen sätta å ena sidan kommutatormotorn och å andra sidan induktionsmotorn, två motortyper med grundväsentligt olika egenskaper.

Hvad först kommutatormotorn angår, må som fördelar anföras följande:

Den har i likhet med likströmseriemotorn egenskapen af automatisk hastighetsändring, så att hastigheten ökas, när belastningen minskas och omvänt, en omständighet, som för åstadkommande af ekonomisk drift är af ganska stor betydelse. Dessutom kan önskad reglering af hastigheten från noll till maximivärdet fås utan energiförlust genom att tillföra motorn ström af olika spänning från en transformator. I afseende på hastighets- regleringen är kommutatormotorn således ungefär likställd med ångloko- motiven.

Två eller flere motorer med något så när öfverensstämmande hastighets- kurva kunna utan svårighet samarbeta i parallellkoppling, hvarvid de dela belastningen i proportion till den effekt, för hvilken hvarje motor är kon- struerad.

En kommutatormotor arbetar lika väl med likström, en egenskap, som möjligen i en framtid kan komma till nytta, sedan ackumulatorerna kommit till en högre grad af utveckling. Man skulle då kunna å lokomotivet med- föra ett mindre batteri, som laddades af motorerna vid gång utför lutningar och som vid eventuellt linjefel kunde draga tåget in till närmaste station.

Mot kommutatormotorn tala följande omständigheter:

Kommutatorn med sina borstar är obestriddigen en jämförelsevis ömtålig del, som kräver tillsyn och underhåll.

En motor af detta slag har icke som likströms- och trefasmotorn ett konstant kraftpar, utan varierar dess kraftpar periodiskt med strömstyrkan och uppnår således vid en frekvens af exempelvis 25 perioder sitt maximivärde 50 gånger under en sekund. Om lefvande kraften ej tages med i beräkningen, är medelkraftparet teoretiskt endast 50 % af maximikraftparet, men i verkligheten är proportionen mellan medel- och maximikraftpar vid drifhjulen till följd af lefvande kraft och fjädring alltid vida gynnsammare. Likväl medför denna omständighet ett något sämre utnyttjande af adhesionsvikten och större tendens till slirning vid enfas- än vid trefasmotorer; dock torde denna skillnad genom lämpliga anordningar kunna nedbringas till så litet värde, att det saknar praktisk betydelse.

Såväl den omständigheten, att endast en del af omkretsen vid motorns luftgap deltagar i kraftparets alstrande, som nödvändigheten af kommutatorn göra, att en enfasmotor blir tyngre och dyrare än en trefasmotor för samma effekt.

Af det föregående framgå redan såsom fördelar hos trefasmotorn: enkel och till följd af frånvaron af kommutator jämförelsevis föga ömtålig konstruktion samt förhållandevis ringa vikt och pris. Därtill kommer den omständigheten, att ett trefaslokomotiv vid gång utför lutningar kan afgifva energi till linjen och såmedelst i någon grad hjälpa till att draga andra tåg. Denna omständighet kan vid bergbanor vara af stor betydelse, men vid de stigningar, som förekomma å svenska statsbanorna, är värdet däraf ej synnerligen stort. Genom något mer komplicerade anordningar kunna kommutatormotorerna äfven erhålla samma egenskap.

Trefasmotorns olägenheter äro följande: Motorn är till sin natur en motor med konstant hastighet. För att under vanliga förhållanden erhålla lägre hastighet än den normala måste inkoppling af motstånd användas, hvilket i samma grad nedsätter verkningsgraden. Genom utförande af tandem- eller polomkoppling kunna visserligen två, tre eller högst möjligen fyra hastigheter ernås, men ju längre man går i detta afseende, desto mer förlorar trefasmotorn sin öfverlägsenhet i afseende på enkelhet, lätthet och prisbillighet.

Om två eller flere motorer af samma konstruktion drifva hvar sin drifhjulsaxel å ett lokomotiv, och hjulen till dessa axlar tillföljd af olika afnötning ha något olika diameter, så kommer den motor, som drifver de större hjulen, att gå med lägre hastighet och således större eftersläpning och belastning än den motor, som drifver de mindre hjulen, och kan denna skillnad vara så stor, att den förstnämnda motorn får draga icke blott hela lasten utan äfven därjämte den andra motorn såsom generator. Samma förhållande inträder också till följd af den omständigheten, att alla drifhjulsparen på ett lokomotiv ej slira lika mycket, äfven om hjuldiametrarne skulle vara lika stora. För motorer å samma lokomotiv kan denna olägenhet öfvervinnas genom att förena axlarna medelst koppelstänger, så

att de tvångsvis få samma hvarfantal. Vid sådana tillfällen, då två trefaslokomotiv måste sammankopplas för drifvande af ett tåg, har man sökt hjälpa sig genom att låta en del extra motstånd vara inkoppladt i motorernas rotorlindningar — ett medel, som naturligen dels endast hjälper till en viss grad och dels betydligt försämrar verkningsgraden.

Det största kraftpar, som en trefasmotor kan lämna, aflager kvadratisk med spänningen. Vid utförda trefasbanor äro motorerna lindade för kontaktledningsspänningen, och användes således ingen transformator, hvilket ju är lämpligt, då linjespänningen — af förut nämnda orsaker — ej kan tagas synnerligen hög. Till följd af det aftagande kraftparet kan man vid sådana trefasbanor ej tillåta så stor procentuell spänningsförlust som vid enfasbanor, vid hvilka man i alla fall till följd af den högre linjespänningen använder transformator och således är i stånd att tillföra motorerna den spänning, som för ögonblicket är lämpligast.

Häraf framgår, att för motoranordningarne finnas fördelar och olägenheter å båda sidor. För kraftstationen är trefassystemet bättre, under det att enfassystemet i afseende på ledningarne erbjuder högst betydliga fördelar. För att emellertid kunna väga alla fördelar och olägenheter mot hvarandra måste de på något vis värdesättas. Om man då för att ha någon hållpunkt uppskattningsvis räknar på hela svenska statsbanenätet, så finner man, att ledningsnätet för trefasström vid en kontaktledningsspänning af 3,000 volt kostar, enligt af mig utförda beräkningar, åtminstone 55 miljoner kronor mer än för enfasström med 15,000 volt. Skillnaden i kostnad för kraftstationer och lokomotiv till trefassystemets favör torde däremot ej kunna uppskattas till mer än cirka 15 miljoner kronor. Skulle man kunna tänka sig att använda så hög spänning som 5,000 volt vid trefassystemet, hvilket jag dock anser mindre sannolikt, minskas skillnaden i ledningskostnad med åtskilliga miljoner, men skillnaden i total anläggningskostnad kommer likväl under alla förhållanden att öfverstiga 25 miljoner kronor. Häraf synes tydligen framgå, att, om icke de olägenheter, som vidlåda enfasmotorerna, äro af sådan natur, att driftsäkerheten därigenom äfventyras eller driftkostnaderna i afsevärd grad blifva högre än vid trefasström, företräde alldeles gifvet måste tillerkännas enfassystemet till följd af den väsentligt lägre anläggningskostnaden.

Trots det att enfaskommutatormotorerna vid slutet af år 1903 stodo i början af sin utveckling och väsentliga förbättringar i deras konstruktion med säkerhet kunde påräknas, syntes det dock med hänsyn till de gynn samma resultat, som försöken i Amerika och Tyskland medfört, redan då vara mer än sannolikt, att dessa motorers olägenheter, hvilkas befintlighet de för trefassystemet särskildt intresserade firmorna naturligen ej underlåto att behörigen påvisa, ej voro af sådan art, att driftsäkerheten och driftkostnaden därigenom rönte afsevärd inverkan. Hvad kommutatorn beträffar, så tycktes den ej bereda nämnvärdt större svårigheter än kommutatorn vid likströmsmotorerna, som dock visat sig synnerligen väl ägnade för bandrift. Den större vikten och lägre verkningsgraden medföra visserligen något större energiförbrukning, men å andra sidan är den maximieffekt, som för en viss

tågvikt och en viss medelhastighet erfordras, ej obetydligt mindre vid enfas- än vid trefasström, beroende på hastighets- och spänningsregleringen. Vill man vid trefasmotorer medelst tandem- eller polomkoppling söka i någon mån ernå motsvarande fördelar, så gå förut nämnda fördelar af lägre vikt och högre verkningsgrad till största delen eller helt och hållet förlorade. Det syntes således ej föreligga någon fördel af större betydelse för trefasgentemet enfassystemet.

På grund af dessa slutsatser, till hvilka jag kommit genom ingående studium af utförda anläggningar och försök med båda systemen samt approximativa beräkningar rörande deras tillämpning på våra förhållanden, fick jag den bestämda öfvertygelsen, att försöken med elektrisk järnvägsdrift å de svenska statsbanorna endast borde afse enfasström och att trefasström endast kunde komma i fråga för det fall, att försöken gåfve vid handen, att de enfasmotorerna vidlådande olägenheterna vore af vida allvarligare natur, än man hade anledning förmoda.

Denna åsikt delades af Kungl. Järnvägsstyrelsen, som i underdånig skrifvelse den 10 december 1903 hemställde, att Kungl. Maj:t täcktes af Riksdagen begära ett belopp af 425,000 kr. att ställas till Järnvägsstyrelsens förfogande i och för anställandet af försök med elektrisk järnvägsdrift med användande af *enfasig växelström*. I denna skrifvelse framlägger Järnvägsstyrelsen planen för de blifvande försöken, och må häraf anföras följande:

»I hufvudsaklig enlighet med hvad som blifvit nämnt i underdåniga skrifvelsen af den 31 mars detta år, har Järnvägsstyrelsen tänkt sig att bedriva försöken medelst ström från en provisorisk kraftstation vid Tomtebodas dels å Värtabanan, dels å linjen Stockholm—Järfva (se bild 1). Under sitt första stadium skulle försöksdriften äga rum mellan Värtan och Albano resp. Norrtull, å hvilken bandel förhållandena äro särskildt gynnsamma för ett ostördt experimenterande, och skulle nästa steg blifva att, i den mån försöksresultaten därtill berättigade och arbetena med utvidgande af Stockholms bangård sådant medgifva, pröfva den elektriska drifkraften under regelbunden trafik i lokaltågen, dels mellan Stockholm och Värtan, dels ock mellan Stockholm och Järfva. Ehuru dessa försök till följd af försöksbanornas ringa längd och den begränsade drifkraften måste komma att äga rum i ganska liten skala, anser dock Styrelsen, att medelst dessa sådan erfarenhet bör kunna vinnas, att man på grund däraf skall kunna öfvergå till omvandling till elektrisk drift af en eller flere bandelar, vid hvilka därigenom ekonomiska fördelar kunna påräknas. Då det af flere skäl är olämpligt att för försöksarbetena nu fastställa något bindande detaljprogram, vill Styrelsen endast nämna, att Styrelsen tänkt sig att i första rummet dels uppföra en provisorisk kraftstation å järnvägens mark vid Tomtebodas verkstad, i hvilken alstras enfasig växelström med mellan vissa gränser efter önskan variabel spänning och frekvens och en generatorkapacitet af 450 à 500 hästkrafter, dels anskaffa och utrusta för försöken erforderliga elektriska lokomotiv och motorvagnar, dels äfven montera erforderliga ledningar, hvilket torde böra ske successivt och i den mån erfarenheten från den första försökssträckan därtill berättigar. Eventuellt kunna olika sträckor af för-

söksbanan förses med på olika sätt anordnad kontaktledning för vinnande af jämförande erfarenhet.

Efter fullbordande af den provisoriska kraftstationen och öfriga förberedande arbeten, hvilket väntas kunna äga rum i slutet af nästa år, skulle planmässigt ordnade försöksfärder påbörjas, medelst hvilka, såsom redan i underdåniga utlåtandet af den 31 sistlidne mars blifvit framhållet, skulle afses bland annat fastställande af banströmmens lämpligaste spänning och frekvens, ändamålsenligaste anordningen af kontaktledningen med tillhörande detaljer, studerande af banströmmarnes inverkan på närliggande telefon- och telegrafledningar samt sättet för förebyggande af sådana störningar, jäm-

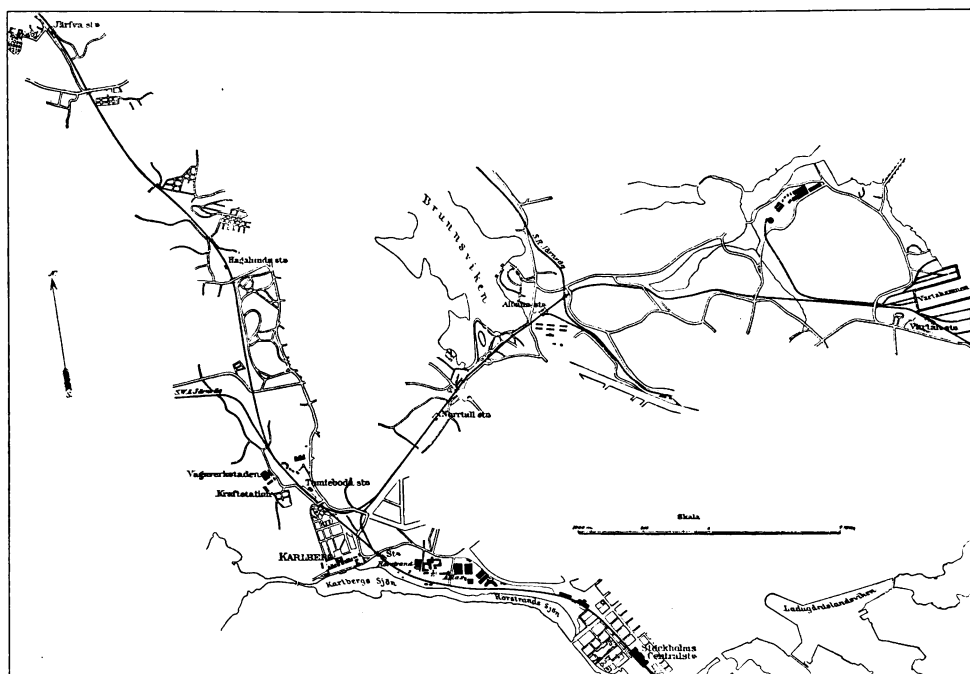


Bild 1. Situationsplan öfver försöksanläggningen.

förelse mellan olika motortyper, pådrags- och regleringsanordningar samt andra tekniska detaljer å rullande materielen, profning af anordningar för elektrisk belysning och uppvärmning af vagnarne, verkställande af mätningar rörande energiförbrukning, spänningsförluster o. d., studerande af åtgärder för betryggande af trafiksäkerheten och skydd mot de klimatiska förhållandenas inverkan samt utredning af det inflytande på de trafiktekniska förhållandena, som den elektriska driften ej torde kunna undgå att utöfva. Vid försöksanläggningen skulle dessutom en del af järnvägens personal kunna samla sådan insikt och erfarenhet, som är nödvändig för driften af eventuellt blifvande permanenta anläggningar för elektrisk drift. Då försökens vidare gång i viss mån måste bestämmas på grund af de vunna försöksresultaten och nya uppslag under arbetets gång med säkerhet komma att gifvas, är det naturligtvis vanskligt att på förhand bestämma vare sig

tiden eller kostnaderna för försökens genomförande. Hvad kostnaden beträffar, har Styrelsen likväl dels på grund af infordrade kostnadsförslag, dels på grund af uppskattning beräknat den för materielens anskaffande och uppsättning samt försökens bedrivande erforderliga summan på sätt bifogade kostnadsförslag närmare utvisar till 425,000 kr.

Ehuruväl de tekniska framsteg, som möjliggjort användandet af enfasig växelström för järnvägsdrift, härröra från de allra senaste åren, och det är att vänta, att ytterligare förbättringar komma att göras, så har dock frågan redan nu kommit i ett så gynnsamt läge, att Järnvägsstyrelsen icke tvekar förorda att utan afvaktande af möjligen blifvande detaljförbättringar redan nu genom försök samla den för elektrisk järnvägsdrifts införande i större omfattning erforderliga förberedande erfarenheten, hvilken enligt Styrelsens förmenande endast på detta sätt står att vinna.»

Sedan Kungl. Maj:t och Riksdagen beviljat ifrågavarande anslag, inkom Järnvägsstyrelsen i enlighet med föreskrifterna i lagen af den 27 juni 1902, innefattande vissa bestämmelser om elektriska anläggningar, den 7 april 1904 med underdånig skrifvelse med begäran om tillstånd att å statens järnvägar mellan Tomtebodas och Värtans stationer framdraga de ledningar, som för bedrivande af försöken å denna första försökssträcka vore erforderliga. Ur denna skrifvelse må följande anföras:

»Den nu afsedda ledningen utgår i enlighet med bifogade plankarta från den provisoriska kraftstationen å Tomtebodas verkstads område, å kartan utmärkt med bokstafven A, passerar statens järnvägars mark vid lägenheten »Ingenting» till järnvägsspåren vid B strax söder om landsvägsbron. Mellan A och B är ledningen utförd som tvåtrådig kraftledning, hvaremot fortsättningen från B till plats å Värtans station, som å kartan är utmärkt med bokstafven C, är utförd som s. k. kontaktledning för öfverförande af ström från kraftstationen till det elektriska lokomotivet eller motorvagnen. Denna kontaktledning följer banan och är spänd på lämplig höjd öfver denna samt är förenad med den ena af de ofvannämnda kraftledningstrådarna, under det den andra af dessa är förbunden med skenorna, hvilka tjänstgöra som andra ledning. För försöken skall användas högspänd enfasig växelström, hvars spänning och frekvens allt efter försökens kraf komma att variera.

I enlighet med §§ 2 och 3 af förutnämnda lag af den 27 juni 1902 bifogas, utom fullständig plan och affattning på karta af den föreslagna ledningen, äfven bestyrkt förteckning på ägare och innehafvare af de fastigheter, som äro belägna på mindre afstånd än ett hundra femtio meter från ledningen, hvarvid Järnvägsstyrelsen i underdånighet får erinra, att ledningen till hela sin sträckning följer statens järnvägars mark och att beträffande den omständigheten, att kontaktledningen på flera ställen kommer på mindre afstånd än ett hundra femtio meter från annans byggnad, tomtplats eller trädgård, det är tydligt, att för kontaktledningen någon annan sträckning än utmed banan ej kan komma i fråga. Angående i § 3 föreskrifna kostnadsförslag tillåter Järnvägsstyrelsen sig hänvisa till den underdåniga

skrifvelsen af den 10 december 1903 åtföljande beräkningen af kostnaden för försöken. I § 1 af Eders Kungl. Maj:ts nådiga stadga om elektriska anläggningar för belysning eller arbetsöfverföring af den 31 december 1902 föreskrifves, att, då ledningen är belägen på ett afstånd af mindre än 75 meter från vattentrafikled, järnväg, spårväg, allmän väg eller elektrisk eller mekanisk ledning, skall till ansökningen bifogas, utom karta, i skala ej understigande 1:5,000, äfven detaljritningar, i skala ej understigande 1:20, jämte tillhörande beskrifningar öfver tillämnade anordningar vid ifrågasatt korsning af eller sträckning utmed sådan farled eller förut befintlig ledning samt, om enligt planen eljest erfordras särskilda skyddsanordningar, detaljritningar, i skala ej understigande 1:20, jämte tillhörande beskrifningar öfver dessa anordningar. Då den nu afsedda ledningen dels korsar, dels ock till sin hufvudsakliga sträckning följer utmed, utom statens järnvägars spår, äfven ett stort antal förut befintliga elektriska ledningar, nämligen telegraf- och telefonledningar, tillhörande såväl Statens järnvägar som ock Telegrafverket, dels korsar utom flera landsvägar äfven Stockholm — Västerås — Bergslagens järnvägs spår vid Tomtebodas station samt Stockholm — Rimbo järnvägs spår i närheten af Albano station, så skulle för uppfyllande af ofvannämnda föreskrift erfordras ett mycket stort antal detaljritningar. Det ligger emellertid i sakens natur, att man vid en försöksbana som denna ej lämpligen kan en gång för alla binda sig vid en viss anordning, utan måste för uppnående af de med försöken åsyftade resultaten hafva fria händer att på grund af under försökens gång mellankommande omständigheter utföra erforderliga ändringar i anordningarne. På grund häraf tillåter sig Järnvägsstyrelsen, med erinran om, att stadgans föreskrift rörande karta i skala ej understigande 1:5,000 är uppfylld genom bifogade karta i skala 1:4,000, i underdånighet anhålla om befrielse från uppfyllande af bestämmelserna om inlämnandet af detaljritningar och beskrifningar rörande ledningens utförande å olika platser samt skyddsanordningar och dylikt.

Ehuru Järnvägsstyrelsen skall låta sig vara angeläget att så vidt möjligt äfven vid dessa försök i tillämpliga delar följa säkerhetsföreskrifterna för högspänningsanläggningar i Eders Kungl. Maj:ts förutnämnda nådiga stadga, är det ju tydligt, att detta ej på långt när i alla delar är möjligt till följd af de särskilda från vanliga ledningar afvikande egenskaper, som utmärka en kontaktledning för elektrisk järnvägsdrift. I § 4 af ifrågavarande stadga är bestämdt, att angående elektriska spårvägar och järnvägar gälle, hvad för hvarje fall är eller varder föreskrifvet. Då emellertid inom vårt land ingen och i andra länder jämförelsevis obetydlig erfarenhet föreligger rörande kontaktledningar för högspänd växelström, tillåter sig Järnvägsstyrelsen i underdånighet anhålla, att några särskilda säkerhetsföreskrifter för dessa försök ej måtte blifva utfärdade, och får Järnvägsstyrelsen i sådant afseende anföra, dels att sådana föreskrifter lätt kunde onödigtvis begränsa försöken och förringa värdet af de därmed vunna resultaten, dels att just genom de nu ifrågavarande försöken sådan erfarenhet bör kunna vinnas, som sedermera möjliggör utarbetandet af säkerhetsföreskrifter för blifvande anläggningar för elektrisk järnvägsdrift.

Om Eders Kungl. Maj:t finner godt bifalla Järnvägsstyrelsens underdåniga framställning angående befrielse från ej mindre inlämnande af detaljerade ritningar och beskrifningar af ledningens sträckning, skyddsanordningar och dylikt, än äfven särskilda tekniska säkerhetsföreskrifter för ifrågavarande försöksanläggning, får Järnvägsstyrelsen i underdånighet föreslå, att två sakkunniga personer utses, den ene af Eders Kungl. Maj:ts Telegrafstyrelse och den andre af eders Kungl. Maj:ts och Rikets Kommerskollegium i ändamål dels att på kallelse af Järnvägsstyrelsen delta i och biträda Järnvägsstyrelsen vid planläggandet af försöksledningens detaljanordningar och, när så erfordras, delta i försöken, dels äfven i enlighet med § 48 af åberopade nådiga stadgan af den 31 december 1902 bevaka, den förre säkerheten för Telegrafverkets utmed banan löpande ledningar, den senare i samråd med ombud för Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen hufvudsakligen andra trafikleders skyddande mot fara från den högspända strömmen. Järnvägsstyrelsen kommer naturligen själf att på det omsorgsfullaste vaka öfver, att säkerheten för järnvägstrafiken samt för telegraftjänsten i järnvägens egna utmed banan löpande ledningar ej på något vis äfventyras.

Järnvägsstyrelsen, som anser, att genom det ofvannämnda af Styrelsen föreslagna sättet för tillgodoseendet af andra anläggningars skydd stora fördelar skulle vinnas för ett rationellt bedrivande af dessa viktiga försök framför det vid beviljandet af tillstånd för vanliga elektriska ledningar brukliga sättet, tillåter sig i detta samband påpeka lämpligheten af att, sedan försöken kommit i gång, representanter för en del andra ämbetsverk och institutioner, för hvilka frågan om elektrisk järnvägsdrift har särskildt intresse eller som på något vis kunna bidra till denna frågas lösning, kallas till deltagande i försöksarbetena, och har Järnvägsstyrelsen för afsikt att i slutet af detta eller början af nästa år till Eders Kungl. Maj:t inkomma med underdånigt förslag i sådant syfte. Då det emellertid på frågans nuvarande ståndpunkt endast gäller erforderliga säkerhetsåtgärder för bestående anläggningars skyddande för den vid försöken använda högspända strömmen, anser Järnvägsstyrelsen ej erforderligt eller lämpligt, att flere än de båda i det föregående föreslagna ämbetsverken, hvilka i likhet med Järnvägsstyrelsen förfoga öfver fackmän på {det elektriska området, nu kallas till sådant samarbete.»

Denna underdåniga framställning blef till alla delar af Kungl. Maj:t bifallen genom nådigt bref den 21 oktober 1904, och hafva på grund häraf elektriske inspektören, ingenjören E. C. Ericson och t. f. byråingenjören, numera docenten, fil. doktor H. Pleijel såsom representanter för Kommerskollegium och Telegrafstyrelsen deltagit såväl vid planläggandet af en del af försöksanläggningens detaljer som i själfva försöken.

De viktigaste till försöksanläggningen hörande delarne beställdes af Kungl. Järnvägsstyrelsen i följande ordning:

år 1904.

den 24 maj af Aktiebolaget de Laval's Ångturbin, 2 st. ångturbiner à 270 HK,

25 maj af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, 2 st. växelström-generatorer à 270 HK jämte transformatorer,

22 juli af Siemens-Schuckert Werke, 1 st. elektriskt lokomotiv med 3 motorer à 100 HK,

samma dag af Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, elektrisk utrustning till fyra boggivagnar, af hvilka två som motorvagnar,

samma dag af The British Westinghouse Electric & Mfg Comp., 1 st. elektriskt lokomotiv med två motorer à 150 HK,

28 juli af Aktiebolaget de Lavals Ångturbin, 1 st. ångturbindynamo om 10 KW för magnetmatningen samt en vattenafskiljare,

3 augusti af Nya Aktiebolaget Atlas, 2 st. motorboggier af speciell konstruktion,

13 augusti af Surahammars Bruks A.-B., 4 st. axlar med hjul till motorboggier,

10 september af Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, strömaftagare till två motorvagnar,

20 september af The British Westinghouse Electric & Mfg Comp., diverse mätinstrument,

14 oktober af Kungl. Telegrafverket, 225 st. trästolpar,

17 oktober af Rörstrands Aktiebolag, 600 st. högspänningsisolatorer,

samma dag af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, elektriska ledningen Tomtebodan—Värtan med montage,

12 november af Siemens-Schuckert Werke, strömaftagare till det treaxliga lokomotivet,

14 november af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, instrumentering och ledningar i kraftstationen,

samma dag af L. M. Ericsson & Co, 2 st. telefonapparater för högtension.

år 1905.

7 januari af Hermann Heinrich Böker & Co, 2 axelkompressorer för motorvagnar,

17 januari af Siemens-Schuckert Werke, diverse mätapparater,

19 januari af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, 1 strömaftagare för det tvåaxliga lokomotivet,

28 januari af Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, 1 elektrisk hastighetsmätare.

Å Järnvägsstyrelsens nyinrättade kontor för elektrisk järnvägsdrift, numera byrån för elektrisk drift, för hvilket jag från början varit föreståndare, utarbetades program och bestämmelser för dessa leveranser. Här konstruerades äfvenledes de nya motorboggierna och utarbetades ritningar och bestämmelser rörande kraftstationens byggnad och inredning.

Den 6 mars 1905 ägde första profkörningen af kraftstationens maskineri rum, och gjordes sedermera under månadens lopp ingående försök för fastställande af ångturbinernas och de elektriska delarnes verkningsgrad och andra egenskaper. Den 20 i samma månad släpptes ström för första gången på matare-

ledningen mellan kraftstationen och landsvägsbron vid Tomtebodan. Den 23 gjordes för första gången mätningar för utrönande af skenledningens elektriska motstånd. Kontaktledningen mellan Tomtebodan och Albano fick ström först den 12 april, då vissa undersökningar rörande motstånd, telefonstörningar o. s. v. gjordes. Den 5 maj provvades hela kontaktledningen Tomtebodan—Värtan i afseende på trådens riktiga läge i förhållande till strömaftagaren, och provvades hela linjen med ström den 13 maj. Den 18 maj provvades en af L. M. Ericsson tillverkad kompenseringsapparat för upphäfvande af störningar i försöksanläggningens telefonledning. Den 3 juni gjordes försök rörande banströmmens störande inflytande på järnvägstelegrafen mellan Tomtebodan och Värtan. Den 15 juni profkördes första gången det af Westinghouse-bolaget levererade tvåaxliga elektriska lokomotivet. Den 26 augusti profkördes den ena motorvagnen och den 25 september hela motorvagnståget för första gången. Det af Siemens-Schuckert Werke levererade treaxliga lokomotivet kunde ej profköras förr än den 3 oktober.

Såsom af det föregående framgår, skulle utom Värtabanan äfven linjen Stockholms Central—Järfva förses med elektrisk kontaktledning. Utförandet af denna ledning uppskötts dock, till dess att en viss erfarenhet förelåg angående de olika upphängningsanordningarne för kontaktledningen å Värtabanan. För att erhålla vederbörligt tillstånd till ifrågavarande lednings utförande aflät Kungl. Järnvägsstyrelsen den 10 januari 1905 en underdånig skrivelse, i hvilken Styrelsen anhöll att på samma villkor, som blifvit fastställda för Värtabanans ledningar, få framdraga för försökens bedrivande erforderliga ledningar mellan Stockholms Central och Järfva. Denna ansökan bifölls genom nådigt bref den 29 september 1905.

I den förut citerade underdåniga skrifvelsen med ansökan om tillstånd att draga ledningar å Värtabanan framhöll Järnvägsstyrelsen lämpligheten af, att, sedan försöken kommit i gång, representanter för en del andra ämbetsverk och institutioner, för hvilka frågan om elektrisk järnvägsdrift har särskildt intresse eller som på något vis kunna bidra till denna frågas lösning, kallas till deltagande i försöksarbetena och förklarade sig ämna snart inkomma med underdånigt förslag i sådant syfte. Så skedde ock genom underdånig skrifvelse den 21 februari 1905, ur hvilken jag tillåter mig anföra följande:

»Såsom Järnvägsstyrelsen i de underdåniga skrivelserna af den 23 dec. 1902 angående åtgärders vidtagande för införande af elektrisk drift å Statens Järnvägar och af den 10 dec. 1903 angående medel till försök med elektrisk järnvägsdrift redan framhållit, afse de nu förestående försöken samlandet af den för elektrisk järnvägsdrifts införande i större omfattning erforderliga förberedande erfarenheten; och det gäller att på grund af försöken och de i samband därmed stående utredningarna sluta sig till, på hvilket sätt och i hvilken omfattning elektrisk drifkraft på teknikens nuvarande ståndpunkt bör införas å statsbanorna och att i sådant fall fastställa de tekniska grundvalarne för det system, som därvid skall komma till användning. Det är tydligt, att ett så viktigt och på järnvägsväsendets olika grenar ingripande problem för sin tillfredsställande lösning kräfver ett in-

timt samarbete först och främst mellan Järnvägsstyrelsens egna teknici såväl inom ban-, maskin- och trafikafdelningarne som inom det elektriska fackområdet. För vissa härmed sammanhängande speciellt praktiska och teoretiska frågor har Järnvägsstyrelsen tänkt att dessutom anlita en eller annan utom Järnvägsstyrelsen stående sakkunnig. På detta sätt skulle Järnvägsstyrelsen vara i stånd att hufvudsakligen med egna krafter, hvar till Järnvägsstyrelsen då räknar dess på grund af Eders Kungl. Maj:ts nyssnämnda nådiga bref anställde sakkunnige ingenjör för elektrisk järnvägsdrift, omhändertaga problemet i den mån det rör de tekniska förutsättningarne för elektrisk järnvägsdrift med hänsyn tagen enbart till Statens järnvägars egna förhållanden.

Frågan om de tekniska anordningarne för elektrisk drift å statsbanorna berör emellertid äfven en del andra ämbetsverk, i första rummet Telegrafstyrelsen samt Kommerskollegium, hvarför Järnvägsstyrelsen i underdånig skrifvelse den 7 sistlidne april angående framdragande af för elektriska driftförsök erforderliga ledningar mellan Tomtebodas och Värtans föreslagit, att hvardera af dessa ämbetsverk skulle utse en sakkunnig person i syfte dels att på kallelse af Järnvägsstyrelsen delta i försöksarbetet, dels att bevaka, den ene säkerheten för Telegrafverkets utmed banan löpande ledningar och den andre skyddandet af människor och egendom mot fara från den högspända strömmen. Detta underdåniga förslag har Eders Kungl. Maj:t genom nådigt bref den 21 oktober 1904 funnit godt i nåder bifalla, och har Järnvägsstyrelsen sedermera genom underdånig skrifvelse af den 10 sistlidne januari angående framdragande af elektriska ledningar mellan Stockholms Centralstation och Järfva gjort framställning om, att samma villkor måtte blifva gällande för denna andra försökslinje, så att de två ofvannämnda ämbetsverkens representanter skulle komma att utöfva sina af Eders Kungl. Maj:t angifna funktioner å hela försöksbanan. Då det emellertid äfven vid de i samband med försöken stående utredningarne rörande möjligen blifvande större anläggningar af ifrågavarande art torde blifva för Järnvägsstyrelsen nödvändigt eller åtminstone synnerligen värdefullt att få samråda med nyssnämnda båda ämbetsverks representanter, synes det Järnvägsstyrelsen lämpligt, att det åt dessa sakkunnige gifna uppdraget utsträckes i sådan riktning.

Utom Telegrafstyrelsen och Kommerskollegium synes det Järnvägsstyrelsen endast vara en institution, som vid utredningar rörande blifvande anläggningar och bestämmandet af de tekniska anordningarna för elektrisk drift å Statens järnvägar nödvändigt måste blifva tillfrågad, nämligen Generalstaben, som ju måste tillse, att järnvägarnes användbarhet och lämplighet för militära ändamål genom blifvande öfvergång till elektrisk drift ej på något vis äfventyras.

Då emellertid frågan om elektrisk järnvägsdrift äfven för en del af landets enskilda järnvägar har aktuellt intresse, och de erfarenheter, som vid de nu förestående försöken komma att vinnas, för dessa järnvägar måste äga stor betydelse, synes det Järnvägsstyrelsen önskvärdt, att såväl Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen som Svenska Järnvägsföreningen sättas i till-

fälle att genom hvar sin representant taga del af försöksarbetena och deras resultat, hvarvid Järnvägsstyrelsen skall låta sig angeläget vara att, så vidt förhållandena medgifva, tillmötesgå de önskemål, som af dessa representanter i de enskilda järnvägarnes intresse kunna komma att framställas.

På grund af hvad i det föregående yttrats, tillåter sig Järnvägsstyrelsen i underdånighet föreslå:

dels att Eders Kungl. Maj:t täcktes förutom de uppdrag, som genom nådiga brefvet den 21 oktober 1904 lämnats representanter för Telegrafstyrelsen samt Kommerskollegium och som af Järnvägsstyrelsen i underdåniga skrifvelsen den 10 jan. detta år föreslagits ytterligare skola lämnas dem, anbefalla dessa ämbetsverk att låta sina förutnämnda representanter på kallelse af Järnvägsstyrelsen deltaga i arbetet rörande försöksresultatens tillvaratagande och utarbetande af de tekniska grundvalarne för kommande anläggningar för elektrisk järnvägsdrift å statsbanorna i den mån dessa arbeten komma i beröring med frågor tillhörande de resp. ämbetsverkens verksamhetsområden,

dels att Eders Kungl. Maj:t täcktes anbefalla chefen för Generalstaben att utse en representant att taga kännedom om försöksarbetet och dess resultat med skyldighet att på kallelse af Järnvägsstyrelsen deltaga i arbetet rörande förslag till försöksarbetenas tillgodogörande för blifvande anläggningar af ifrågavarande art; och

dels att Eders Kungl. Maj:t täcktes bemyndiga Järnvägsstyrelsen att inbjuda Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen och Svenska Järnvägsföreningen att medelst hvar sin representant på sätt förut angifvits taga del af försöksarbetena.»

Denna framställning bifölls af Kungl. Maj:t genom nådigt bref af den 17 mars 1905. Utom Järnvägsstyrelsen stående medlemmar af den på detta sätt bildade kommissionen blefvo på grund häraf majoren A. E. Werner för Generalstaben, byråchefen, öfverstelöjtnant B. Stafsing för Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen samt de förutvarande, inspektören E. C. Ericson för Kommerskollegium och doktor H. Pleijel för Telegrafstyrelsen. Svenska Järnvägsföreningen utsåg till representant direktören, nuvarande generaldirektören och chefen för Statens järnvägar, F. W. H. Pegelow. Denna kommission sammanträdde första gången den 4 sept. 1905, och ha medlemmarne flere gånger beredts tillfälle att taga försöksanordningarne i betraktande, hvarjämte de blifvit uppmanade att till undertecknad framställa eventuella önskningsar i afseende på försöken. Trots det intresse, som dessa representanter ägnat frågan, är det dock förklarligt, att det hittills hufvudsakligen varit de elektrotekniskt utbildade representanterna, herrar Ericson och Pleijel, som effektivt deltagit i arbetet. Också utsågs redan vid kommissionens första sammanträde en subkommitté för elektriska frågor, bestående af ofvannämnda båda herrar och undertecknad, den senare som sammankallande. På mitt förslag ha med oss adjungerats byråingenjören, numera byrådirektören och chefen för K. Järnvägsstyrelsens telegrafbyrå E. I. Billing och ingenjören, numera professorn i teoretisk elektroteknik vid Kungl. Tekniska Högskolan K. A. Lindström, så att subkommittén

kommit att bestå af fem medlemmar. Denna kommitté har haft många sammanträden och har särskildt under försökens första skede, då naturligen svårigheterna voro störst, synnerligen effektivt deltagit i försöksarbetet, och har jag hos denna kommitté alltid funnit ett sakkunnigt och värdefullt stöd. Äfven hafva dess samtliga medlemmar mer eller mindre biträdt vid utarbetandet af denna berättelse.

Såsom af protokollet för subkommitténs sammanträde den 5 febr. 1908 (bilaga 1) framgår, har kommittén uttalat sin fulla anslutning till de åsikter, som uttalats i kapitlet »Sammanfattning och slutsatser» af denna berättelse.

Som fortsättning på förut lämnad förteckning öfver afgifna större beställningar af materiel för försöksanläggningen förtjänar anföras följande:

år 1905.

9 juni af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, elektriska ledningen Tomtebodas—Järfvas med montage.

år 1906.

6 februari af Maschinenfabrik Oerlikon, material för ledningen Stockholms Central—Tomtebodas samt 12 st. speciella strömaftagare,

10 februari af Friedrich Lux, Ludwigshafen, 1 st. hastighetsmätare af Frahms system,

6 september af Siemens-Schuckert Werke, själfregistrerande mätinstrument.

Monteringen af Oerlikonledningen mellan Stockholm och Tomteboda har verkställts af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget efter af Oerlikonbolaget lämnade ritningar. Stolpsättningen har utförts af järnvägens egen personal under ledning af baningenjören efter anvisningar af byrån för elektrisk drift.

Det förtjänar att nämnas, att utförandet af anläggningarna för de elektriska driftförsöken påskyndat utförandet af vissa förbättringsarbeten i afseende på banan, som eljest möjligen kommit att dröja ett eller annat år. Så voro de flesta af de Värtabanans korsande vägbroarne lägre, än den fastställda normalsektionen för fria rummet medgifver, och måste höjas. Vidare var afståndet mellan de båda persontrafikspåren mellan Stockholm och Tomteboda mycket varierande och kräfde en reglering, hvars genomförande för nu ifrågavarande ändamål medförde den fördelen, att stolparne för uppbärande af ledningarna i allmänhet kunde ställas mellan spåren.

Under november och december månader 1905 gjordes bl. a. försök med motorvagnstågets elektriska värmeledning samt iakttagelser rörande banströmmens inverkan å telegraf- och telefonledningar mellan Tomteboda och Värtan.

Under de första månaderna år 1906 företogs synnerligen grundliga prof med de levererade elektriska motorerna och öfriga utrustningarna. Den 7 mars gick det första tåget på linjen Tomteboda—Järfva. Under april och maj ändrades Westinghouse-lokomotivets manöveranordning, så att induk-

tionsregulatorn utbyttes mot ett system af reläer, som inkopplade ström af olika spänning från transformatorns uttag. Den nya materialen tillhandahölls kostnadsfritt af bolaget, men gjordes utbytet af försöksanläggningens personal vid Tomtebodas järnvägsverkstad. Den 30 maj profkördes lokomotivet första gången å linjen med dessa nya anordningar. Under juni och juli vidtogos af Siemens-Schuckert Werke grundliga förbättringsarbeten å det af denna firma levererade lokomotivet beträffande såväl motorerna och strömaftagarna som äfven och icke minst pådragsapparatens gnistsläckare, som utbyttes mot en sådan af förbättrad konstruktion. Den 14 juli var det sålunda förbättrade lokomotivet åter i drift, och användes detta lokomotiv sedermera bl. a. till att draga kolvagnar mellan Tomteboda och Värtan. I slutet af juli monterades af försöksanläggningens personal en ny å byrån för elektrisk drift konstruerad strömaftagare å Westinghouse-lokomotivet. Under augusti och september inbyggdes af Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft nya motorer, och gjordes en del andra viktiga ändringar i de levererade motorvagnsutrustningarna. Den 27 och 28 september voro de ändrade vagnarne åter i driftdugligt skick.

Monteringen af Oerlikonledningen utfördes under september och oktober. Natten mellan den 23 och 24 oktober kunde ett elektriskt tåg första gången profköras mellan Tomteboda och Stockholms Norra station till bron i Kungsgatan.

Sedan äfven ledningen å Centralstationen var färdig, hvilket arbetes utförande fördröjdes genom de pågående utvidgningsarbetena å bangården, och hela sträckan blifvit vederbörligen afprovad och besiktigad, påbörjades den 23 februari elektrisk drift af en del af persontågen mellan Stockholm och Järfva, och användes för detta ändamål två tågsätt, det ena bestående af det förut nämnda motorvagnstågsättet, det andra af Westinghouse-lokomotivet dragande 7 tvåaxliga vagnar. Dessa elektriska passageraretåg gingo t. o. m. den 29 juni utan några driftstörningar. Att de sedan dess varit inställda har berott såväl på nödvändigheten att utföra andra viktiga försök som ock icke minst på önskan att söka åstadkomma en större tillryggalagd väglängd per dag än den använda tidtabellen å Järfva-banan tillåtit. Sedan dess ha försöken under sommaren 1907 hufvudsakligen bedrifvits å Värtabanen, hvarest det ringa antalet trafiktåg medgifver ett intensivare körande med försökstågen. Vid slutet af år 1907 hade samtliga lokomotiv och motorvagnar tillryggalagt 10- å 11,000 km hvardera.

Utom förut omnämnd rullande materiel har å försöksbanorna profvats en motorvagn med elektrisk utrustning från Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget. Denna tvåaxliga vagn har två motorer om endast 20 HK och har därför ej kunnat användas att draga några tåg.

De nu afslutade försöken ha alltjämt haft att glädja sig åt ett lifligt intresse från fackvärldens sida. Utom de i försöken deltagande firmorna, som haft många representanter, däribland flere deras mest framstående ingenjörer, närvarande, ha vi haft besök af framstående såväl järnvägsfackmän som elektroteknici från såväl grannländerna och de stora kulturländerna i Europa som äfven från Nordamerikas Förenta Stater och Japan. Äfven ha

från många utländska fackmän skriftliga förfrågningar inkommit angående vid försöken vunna erfarenheter.

Hvad som gjort dessa försök i sitt slag så värdefulla, trots den jämförelsevis lilla skala, i hvilken de för kostnadens skull måst bedrivas, är den omständigheten, att dessa försök bedrivits icke af eller med tillhjälp af en enda enskild firma, hvars hufvudsyfte naturligen måste gå ut på att tillgodose sina egna ekonomiska intressen, utan af en opartisk järnvägsförvaltning, som här haft tillfälle att grundligt studera och jämföra fabrikat och detaljanordningar af de mest olika slag. I afseende på utförandet af eventuellt blifvande större anläggningar står Järnvägsstyrelsen därför nu enligt mitt förmenande på en högst betydligt mycket gynnsammare ståndpunkt, än om dessa försök icke blifvit utförda, enär Järnvägsstyrelsen nu till följd af den vunna egna erfarenheten, hvilken näppeligen kunnat erhållas på något annat sätt, är i tillfälle att målmedvetet skrida till fastställande af för våra förhållanden lämpliga, möjligast billiga detaljanordningar. Den summa, som nedlagts på försöken, torde komma att återfås med riklig ränta redan vid första större anläggning till följd af den lägre kostnad, för hvilken en sådan nu kan utföras, än om försöken ej utförts.

Af utomstående svenska personer och korporationer, som besökt försöksanläggningen och tagit del af där pågående arbeten, må nämnas dåvarande statsrådet och chefen för Civildepartementet Juhlin jämte expeditionschefen i samma departement v. Sydow, ledamöter af Riksdagens statsutskott och båda kamrar, statsrevisorerna, afdelningar af Svenska Teknologföreningen, flere järnvägsmannaföreningar, deltagarne i de allmänna elektroteknikermötena m. fl.

Vid försökens början utarbetades ett program (bilaga n:r 2) som ledning för arbetenas bedrivande, hvilket ock i hufvudsak blifvit följdt. Såsom närmaste ledare af försöken har tjänstgjort elektroingenjören, nuvarande byråingenjören vid Järnvägsstyrelsen Ivan Öfverholm, som vid detta uppdrags fullgörande nedlagt synnerligen stor förtjänst.

I det följande har jag försökt att med undvikande af alltför stor vidlyftighet redogöra för de viktigaste af de vid försöken vunna resultat och erfarenheter, som jag ansett kunna vara af större allmänt intresse.
