

Banelektrifiering och kraftförsörjning

i Nigeria

av

Th. Thelander.

Nigeria

Banelektrifiering och kraftförsörjning.

1. Allmänna synpunkter.

I en översikt över de möjligheter till rationalisering och utveckling, som stå de nigerianska järnvägarna till buds, har banelektrifieringen sin givna plats. Genom införandet av elektrisk dragkraft skapas nämligen nya förutsättningar för järnvägsdriften. Tunga tåg kunna framföras med god hastighet även i starka stigningar och medelhastigheten kan hållas nära den medgivna maximihastigheten. Härigenom uppnås en hög transportkapacitet och utnyttningen av järnvägarnas resurser i personal, anläggningar och rullande materiel blir den bästa möjliga. Olägenheterna av knapp tillgång på välkvalificerad arbetskraft motverkas.

Mellan banelektrifiering och kraftförsörjning råder alltid växelverkan. Banelektrifieringen måste baseras på befintliga kraftanläggningar eller ge upphov till att nya sådana tillkomma. Oftast visar det sig möjligt att på ett harmoniskt sätt samordna kraftförsörjning för bandrift och andra ändamål. Med stigande välstånd följer nämligen växande behov av både kraft och transporter. Omvänt gäller att riklig tillgång på kraft och goda transportmedel stimulerar näringslivet och ökar välståndet. Banelektrifieringen kan således betraktas som ett naturligt led i allas strävan efter förbättrad utkomst. Härvid spelar, såsom i det följande skall visas, valet av elektrifieringssystem en icke oväsentlig roll.

Vad ovan sagts har generell giltighet. Tillämpat på Nigeria får det ökad tyngd, ty landet är rikt på tillgångar, som måste väl tillvaratagas, för att den växande befolkningen skall vinna tryggad försörjning.

Bortsett ifrån banelektrifieringens gynnsamma inflytande på den allmänna kraftförsörjningen, vars värde kan vara svårt att exakt beräkna, är det möjligt att under visaa förutsättningar avgöra, när en järnväg av ekonomiska skäl bör elektrifieras. Detta problem skall behandlas i det följande. Helt allmänt gäller emellertid inom järnvägarna, att den elektriska driftens fördelar bli mer och mer framträdande, allteftersom anspråken på transportprestationerna stegras. Några såsom exempel framförda sifferuppgifter kunna härvidlag verka upplysande.

2. Traktionstekniska jämförelser.

Sveriges statsbanor inköpte under 1940-talet ett antal elektriska lokomotiv av en typ kallad F. De hade en effekt av 3500 hkr och vägde 102 ton. Några år senare anskaffade Danmarks statsbanor en serie diesellokomotiv av typ kallad Y. Vikten uppgick i detta fall till 108 ton och effekten till 1500 hkr. Den specifika effekten per ton lokvikt utgjorde således för F-maskinen $3500 : 102 = 34,2$ hkr, för Y-maskinen $1500 : 108 = 13,9$ hkr. Båda loktyperna voro konstruerade för en maximihastighet av 120 à 130 km/h. I inköp betingade de i stort sett samma pris.

Effektbegreppet är icke detsamma i dieseldrift och elektrisk drift. Dieselmotorn har en bestämd maximeffekt, som icke kan nämnvärt överskridas på grund av motorns konstruktion och arbetssätt. Den elektriska motorns maximeffekt bestäms av temperaturstegringen, vilken icke får drivas så långt, att isolationen skadas. Vid mycket hög belastning uppnås den kritiska temperaturen på kort tid. Är belastningen lägre, stiger temperaturen långsamt och når kanske aldrig den kritiska gränsen.

Av det sagda följer, att effektbegreppet för elektroloket egentligen är obestämt. Enligt fastlagda internationella normer är emellertid effekten den, som kan presteras oavbrutet under en timme utan att motortemperaturen blir kritisk. Det ligger i sakens natur, att timeffekten kan temporärt överskridas utan att därav vållas olägenhet. Överskridanden med 50 à 70 % äro i själva verket normala. Det elektriska lokomotivet har sålunda - i motsats till diesellokomotivet - förmåga att avgiva effekt, betydligt högre än den nominella.

Det ovan för F-lokomotivet omtalade hästkrafttalet hänför sig till den kritiska temperatur, som angavs i normerna vid den tidpunkt, då lokomotivet anskaffades. Sedan dess har den normenliga temperaturen blivit höjd. F-lokomotivet har härigenom erhållit en med ca 10 % ökad nominell effekt. I jämförelser, grundade på aktuella normer, ter sig F-lokomotivet således mera fördelaktigt än i de här genomförda.

Ett lokomotivs kraftutveckling är alltid intermittent. På perioder med hög belastning i uppførsbackarna följer avlastning på horisontella sträckor och i utførsbackarna. Den elektriska motorn är under sådana förhållanden idealisk. Den tål mycket stora toppbelastningar, enär dessa sällan äro så varaktiga, att motorn blir otillåtligt varm. I elektrisk drift är det därför lätt att hålla en jämn och hög tåg hastighet.

Tack vare den omständigheten att energikällan icke medföres av det elektriska lokomotivet har detta, såsom ovan antytts, en hög specifik effekt. Värdet härav gör sig särskilt gällande i uppførsbackar. Där måste nämligen ett lokomotiv förbruka en del av sin effekt på den inproduktiva uppgiften att lyfta sig självt ifrån en lägre till en högre nivå, och denna effektförlust blir alltmera besvärande ju högre hastigheten är, och ju tyngre lokomotivet är i relation till sin prestationsförmåga. Detta förhållande åskådliggöres i bifogad grafisk framställning, som visar hur den i F- resp. Y-lokomotivets dragkrok tillgängliga kraften förändras med hastigheten och stigningsförhållandet.

Omräknas den ur dragkraftkurvorna vid viss hastighet utläsbara dragkraften till effekt, framkomma följande, för de båda lokomotiven gällande värden:

Lok- typ	Stig- ning o/oo	I dragkroken disponibel effekt, hkr vid en hastighet i km/h resp. (mph) av:					
		20 (12,5)	40 (25,0)	60 (37,5)	80 (50,0)	100 (62,5)	120 (75,0)
F	0	1440	2630	3620	4550	4700	3690
F	5	1400	2550	3510	4400	4520	3470
F	10	1360	2480	3400	4250	4330	3340
F	15	1330	2400	3290	4100	4150	3120
Y	0	1215	1215	1215	1215	1215	1215
Y	5	1175	1135	1090	1055	1015	970
Y	10	1135	1060	975	895	815	730
Y	15	1090	975	855	735	615	490

Elektrolokets dragkraft bestämmes vid låg hastighet av adhesionsvikten, vid hög hastighet av motoreffekten. Härav vållade diskontinuiteter i dragkraftkurvorna avspeglas i oregelmässigheter i de för elektroloket angivna sifferserierna. Diesellokomotivets elektriska kraftöverföring har för enkelhetens skull antagits arbeta med en konstant verkningsgrad av 81 %. Värdet, sammansatt av en tänkt verkningsgrad av omkr. 90 % hos den generator och en lika god verkningsgrad hos de motorer med tillhörande mekaniska element, som ingå uti kraftöverföringen, kan diskuteras, men sådana avvikelser ifrån detsamma, att jämförelsen förryckes, äro uteslutna. I kalkylationen har hänsyn tagits endast till kraftförluster, vållade av stigningsmotståndet. Skulle hänsyn ha tagits jämväl till det med hastigheten växande friktions- och luftmotståndet, hade diesellokets underlägsenhet i förhållande till elektroloket blivit mera framträdande än tabellen utvisar. Redan de angivna siffrorna ha emellertid tillräckligt mycket att säga.

Av tabellen framgår, att en ökning av stigningen ifrån 5 till 15 o/oo medför en nedsättning av den vid 80 km/h uttagbara effekten vid elektrisk drift med ca 7 %, vid dieseldrift med ca 40 %. Siffrorna bekräfta det kända förhållandet, att diesellokomotivet är en dålig backtagare. Ett fortsatt studium av tabellen ger ytterligare belägg härför.

Fastän de jämförda maskinerna äro i det närmaste lika tunga, förmår elektroloket avgiva en nyttig effekt, som redan vid en hastighet av 40 km/h är gott och väl dubbelt så stor som diesellokets. Ju brantare uppførsbackarna äro, desto större blir skillnaden. Den växer även med hastigheten. Vid 80 km/h kan elektroloket prestera ett nyttigt arbete inemot fem gånger större än det dieselloket förmår uträtta. Endast vid mycket låg hastighet äro de båda lokomotiven i traktionstekniskt avseende likvärdiga.

Ett praktiskt exempel verkar kanske än mer upplysande. Tänker man sig, att vagnar med en totalvikt av 1000 ton skola framföras, och att anspråken äro sådana, att i uppførsbackar med stigningsförhållandet 1:100 skall kunna hållas en hastighet av 60 km/h, finner man, att härför ford-ras lokomotiv, som vid den nämnda hastigheten förmå utveckla en kraft

i dragkroken av ca 13,5 ton. Skulle denna kraftutveckling åstadkommas med de ovan omtalade lokomotiven, vore ett enda elektrolok av typen F väl tillräckligt, medan tre diesellok av typen Y nätt och jämt skulle klara uppgiften. I dieseldrift bleve man därför tvungen antingen att fördela vagnarna på tre tåg eller att på amerikanskt sätt framföra dem i ett tåg, draget av tre "multiple-unit"-kopplade lokomotiv. Ingendera utvägen vore lockande, ty båda skulle kräva en jämförelsevis stor insats av lokomotiv och den förstnämnda dessutom utrymme på banan och i tidtabellen, som skulle medföra ökade indirekta kostnader.

Den bild av konkurrensförhållandet mellan elektrisk drift och dieseldrift, som här tecknats, har icke rönt sådan påverkan av den fortgående utvecklingen, att elektrodriftens övertag blivit mindre framträdande. Diesellokomotivets specifika effekt har visserligen kunnat ökas, men detsamma har i än högre grad gällt det elektriska lokomotivet. För de i Sverige på senare år anskaffade elektriska lokomotiven har den specifika effekten successivt stegrats ifrån 33 till 54 hkr per ton. Framsteg, liknande dessa, noteras icke på dieselområdet och torde där icke heller kunna förväntas. Diesellokomotivet, som hämtar sin kraft direkt ur ett råstoff, är nämligen på grund av denna sin egenart en tyngre maskin än elektroloket, som tillföres energi i högförädlad form.

Vad ovan sagts om förhållandet mellan elektrisk drift och dieseldrift gäller i allt väsentligt förhållandet mellan elektrisk drift och ångdrift. Liksom diesellokomotivet är nämligen ånglokomotivet en maskin med låg specifik effekt, och dess överbelastningsförmåga är, jämförd med det elektriska lokomotivets, mycket liten.

Betraktar man järnvägsdriften enbart ur traktionsteknisk synvinkel, är det uppenbart, att den elektriska driftformen är helt överlägsen. I ekonomiskt avseende är bedömningen icke lika entydig. Den beror av många faktorer, bland vilka kraftförsörjningen först och främst tilldrager sig uppmärksamhet.

3. Kraftförsörjningen.

En fullständig planläggning av kraftförsörjningen i Nigeria är en uppgift, som faller utom ramen för den nu aktuella utredningen. På grund härav begränsas den följande framställningen till en allmänt hållen orientering i frågor, rörande kraftförsörjningen och dess samband med en eventuell banelektrifiering.

Världsbanken har genom sin expertis i en rapport, avgiven i september 1954, tecknat en bild av den nigerianska kraftförsörjningen. Redogörelsen är i stort sett pessimistisk. Man konstaterar, att kraftalstringen är fördelad på ett stort antal små, delvis uttjänta kraftverk, som arbeta oberoende av varandra, att ekonomiska förutsättningar för kraftledningsbyggnad i större skala saknas och icke kunna väntas inträda under lång tid framåt, att industrien bör på egen hand förse sig med kraft, kort sagt, att den allmänna kraftförsörjningen är illa ordnad, och att genomgripande förbättringar av densamma höra en så avlägsen framtid till, att man bör iakttaga försiktighet och återhållsamhet, då man angriper det nigerianska kraftförsörjningsproblemet.

Rapporten saknar ändock icke ljuspunkter. Det påvisas, att åtskilligt blivit uträttat, att vissa utbyggnader ligga inom räckhåll och att belastningen på existerande anläggningar vuxit med i medeltal 16 % per år. Denna tillväxt, innebärande fördubbling vart femte år, ger antydning om ett stort uppdämt kraftbehov. Intrycket förstärkes av uppgiften, att belastningsökningen på vissa håll varit avsevärt större än den nämnda.

Under de år, som förflutit sedan Världsbanken verkställde sin undersökning, ha förutsättningarna för en gynnsam utveckling förbättrats. I Nigeria har medvetandet om landets tillgångar blivit mera levande, viljan att tillvarata dem har gjort sig mera gällande och tillförsikten har vuxit. Utbildningsanstalterna ha utbyggt. Intresset för rationella arbetsmetoder har blivit större. En frigjord nation spänner sina krafter för att finna sig själv.

Det vore knappast försvarligt att med bortseende ifrån allt detta låta en pessimistisk syn på kraftförsörjningsproblemet verka förlamande.

Det vill tvärtom synas som borde problemet angripas med frejdigt mod. Ett land med 35 à 40 milj. invånare och med en snabbt tillväxande befolkning, som eftersträvar tryggad tillvaro, kan icke länge undvara en välordnad kraftförsörjning.

Redan behovet av energi för fundamentala hushållsändamål måste i ett land, sådant som Nigeria, bli av stora mått, och behoven i övrigt torde inte bli mindre. God tillgång på kraft stimulerar produktionen. Härav framkallas i tur och ordning ökad köpkraft, ökad konsumtion och ökat kraftbehov. Så fullbordas det första varvet i en uppåtgående spiral med tilltagande stigning. Behovet av kraft växer i geometrisk progression intill dess att marknaden börjar bli mättad. Den av Världsbanken framlagda statistiken bekräftar detta, men den bygger på så små initialinsatser, att den successiva fördubblingen icke väcker berättigad uppmärksamhet. Liksom sädeskornen på schackbrädet kommer den emellertid att i sinom tid föra de stora talens övertygande språk, förutsatt att utvecklingen får ha sin gång.

Vid den tid, då Världsbanken publicerade sin rapport, var konsumtionen av elektrisk energi i Nigeria mycket liten. Per invånare och år höll den sig omkring 5 kWh, mot ca 3500 kWh i Sverige vid samma tid.

Den angivna relationen har i stort sett förblivit oförändrad. Den understryker därför än i dag behovet av förbättrad kraftförsörjning i Nigeria. Den har däremot icke mycket att säga om målsättningen för de utbyggnader, som böra komma till stånd, därtill äro förhållandena i Nigeria och Sverige alltför olikartade. Det kan emellertid vara av intresse att konstatera, att årsbehovet av elektrisk energi i Nigeria skulle öka med ca 7000 milj. kWh redan för det fall, att den nigerianska per capita-konsumtionen komme att uppgå till 5 % av den svenska.

Exemplet visar, att en obetydlig standardhöjning ger plats för avsevärda kraftleveranser. I här förekommande sammanhang är detta förhållande särskilt beaktansvärt, enär av detsamma följer, att kraft, som icke kommer att tagas i anspråk för järnvägsdrift, bör finna god användning på andra områden.

I Nigeria framställes elektrisk energi huvudsakligen i diesel- och ångkraftverk. Vattenkraft finnes, men exploateringsmöjligheterna äro icke så väl utredda, att hänsyn kan tagas till dem. Ångkraften är nu dominerande och torde för avsevärd tid framåt komma att så förbli. Här förda resonemang grundas på denna förutsättning. Skulle vattenkraften kunna tillvaratagas under ekonomiskt gynnsamma betingelser, får elektrifieringstanken ökad tyngd.

De nigerianska ångkraftverken erhålla sitt bränsle ifrån kolfälten i trakten av Enugo. Från dem uttages även det bränsle, som erfordras för järnvägsdriften, där denna upprätthålles medelst ånglokomotiv.

Det har i det föregående visats, att diesellokomotivet har låg specifik effekt, och att det därför är ett traktionsmedel med starkt begränsad prestationsförmåga. Detsamma har visats vara fallet med ånglokomotivet. Detta är emellertid, i motsats till diesellokomotivet, en maskin med ogynnsamma egenskaper även i termodynamiskt avseende. Av bränslets energiinnehåll omvandlas i ånglokomotivet vanligen mindre än 10 % till mekaniskt arbete. Detta nedslående resultat förklaras av det relativt låga pantrycket, avsaknaden av kondensor och annan bränslesparande utrustning, starkt varierande belastning och ofta förekommande avställning.

Ett välplanerat ångkraftverk arbetar i alla dessa avseenden under diametralt motsatta förutsättningar och uppnår härigenom en verkningsgrad av mer än 30 %. Fastän kraftdistribution alltid medför förluster, lönar det sig därför i bränsleekonomiskt avseende att utbyta ånglokomotiv emot elektriska lokomotiv, även om de sistnämnda matas ifrån ångkraftverk. Fördelarna av ett sådant utbyte bli särskilt framträdande, när det i kraftverket använda kolet hämtas ifrån så närbelägna fyndigheter, att det icke avsevärt fördyras genom transporter.

Under sådana betingelser arbetar det vid Oji River mellan Enugo och Onitsha uppförda kraftverket. Mindre välbelägen är landets hittills största kraftanläggning, Ijoraverket i Lagos. Det kol, som där förbrukas, transporteras ifrån Enugo^u, först på järnväg till Port Harcourt, därefter sjöledes till Lagos.

Kraftverket vid Oji River har ännu icke infogats i ett kraftförsörjningssystem av större omfattning. Från Lagos överföres däremot kraft till Ibadan genom en högspänningsledning, som torde bära betraktas såsom första led i en framtida stamlinje, här kallad "Västra stamlinjen", sträckande sig inåt landet, kanske först till Oshogbo och Ilorin, längre fram till Minna och Kaduna.

Tänker man sig, att utvecklingen kommer att påkalla en alltmera intensifierad och rationaliserad utnyttjning av koltillgångarna, vilket synes antagligt, har man att räkna med utbyggnad av kraftverket vid Oji River och med en tillkommande högspänningsledning, "Östra stamlinjen", för överföring av kraft ifrån detta kraftverk såväl söderut till Port Harcourt som norrut i riktning mot Makurdi och Kaduna. Såsom ett naturligt komplement ter sig en i senare skede etablerad förbindelse, "Södra stamlinjen", mellan Oji-anläggningen och Ibadan eller Oshogbo, förslagsvis via Onitsha och Benin.

Till stamlinjenätet bära givetvis efter hand anslutas icke blott de nämnda utan även andra befintliga eller tillkommande kraftverk, så att kapaciteten blir tillräcklig, stabiliteten god och driftsäkerheten tillfredsställande. Såsom i det följande påvisas, kan banelektrifieringen i detta sammanhang komma att spela en icke oväsentlig roll.

De antydda utbyggnaderna kunna givetvis icke detaljplaneras, än mindre komma till utförande utan grundliga förberedande undersökningar. Det är enellertid uppenbart, att arbetet bör så bedrivas, att anläggningarna successivt anpassas efter stigande anspråk. Man kan t.ex. uppställa kraftledningsstolpar, konstruerade för att uppbära en dubbelledning för 220 kV, men nöja sig med att i en första etapp upplägga endast en enkelledning eller att hålla en spänning av 130 kV. Det bör även vara möjligt att i väl avpassade steg öka ledningsnätets omfattning samt kraftverkens antal och effekt, så att kapitalinvesteringarna även härigenom bli rimliga i förhållande till värdet av de distribuerade energikvantiteterna.

I enlighet med vad ovan sagts om diesel- och ånglokomotivens snävt begränsade traktionsförmåga och om de sistnämnda lokomotivens misshushållning med bränslet, bör banellektrifiering ifrågakomma på bandelar med tung trafik, varvid sträckor med ångdrift böra givas förtur.

I Nigeria förekommer nu ångdrift såväl på järnvägarna inom östra zonen som i väster på bandelen Lagos-Ibadan-Offa. Trafiken är i båda fallen av sådan omfattning, att den överstiger den gräns, vid vilken en övergång ifrån ångdrift till elektrisk drift brukar vara ekonomiskt försvarlig. Störst är den i väster. Med hänsyn härtill vore det naturligt att i första rummet elektrificera bandelen Lagos-Ibadan-Offa. Ånglokomotiven skulle i så fall bibehållas i det längsta inom östzonen. Även detta vore naturligt i betraktande av kolfyndigheternas belägenhet.

En onkastad ordningsföljd är likväl tänkbar av flera skäl. För kraftförsörjningen i dess helhet bör en utbyggnad av kraftverket vid Oji River bli av stort värde. Priset på den elektriska energien bör bli lägst inom östzonen, där ökat trafiktillflöde väntas till följd av järnvägsnätets utsträckning till Maiduguri. En elektrifiering, medförande sänkta fraktkostnader för det ifrån Enugy^u transporterade kolet, bör lätta den ekonomiska situationen icke minst inom Lagos-området.

Sammanfattningsvis kan det sägas, att det med hänsyn till järnvägsdriften vore befogat att låta den västra elektrifieringen gå före den östra, medan den omvända ordningsföljden torde böra givas företräde med hänsyn till de större sanlade fördelar, som den skänker.

Vare sig det ena eller det andra elektrifieringsprojektet skjutes i förgrunden, blir samordningen av kraftförsörjningen för järnvägsdriften och andra ändamål av vital betydelse. Detta problem behandlas i det följande generellt. Eljest inriktas framställningen på elektrifieringen inom den östra zonen. De framkommande resultaten infogas emellertid diskussionsvis i ett större sammanhang.

4. System för elektrisk järnvägsdrift.

En god samordning av energiförsörjningen för järnvägsdrift och andra ändamål kan icke komma till stånd utan gemenskap i kraftverk och överföringsledningar. Gemenskapen kan vara mer eller mindre fullständig.

När man går som längst, matar man järnvägarnas kontaktledningsnät och överföringsledningarna med ström av samma art - vanligen med 50-periodig växelström. Man ansluter således kontaktledningarna till överföringsledningarna helt enkelt genom transformatorer med sådant omsättningsförhållande, at spänningen på kontaktledningsnätet blir den önska-de. Anordningen kan synas vara idealisk, men den är likväl behäftad med allvarliga brister. Några av dem skola här beröras.

För allmän kraftöverföring användas av praktiska och ekonomiska skäl i regel trefasledningar. Av analoga skäl bör en vidsträckt ban-elektrifiering baseras på användningen av enfasström.

Uttages enfasström ifrån en trefasledning, blir denna snedbelas-tad. Härav vållas avsevärda olägenheter, detta i all synnerhet om ban-belastningen utgör en betydande del av totalbelastningen. Olägenheterna ge sig till känna dels i form av ojämn fasspänning med ty åtföljande variationer i effektiviteten hos motorer och belysningsanläggningar, anslutna till trefasnätet, dels i form av rubbad balans mellan fas-strömmarna med ty åtföljande induktionsstörningar på de teletekniska förbindelserna. De nämnda olägenheterna, som göra sig lokalt gällande inom skilda delar av kraftförsörjningsområdet, bli icke mindre därför, att en utjämning av snedbelastningarna inträder i kraftverken.

En trefasledning med ojämnt belastade faser verkar alltid tele-tekniskt störande. Detsamma är förhållandet med en kontaktledning, fö-rande enfasström. På grund härav och i betraktande av det förhållandet, att störningsverkningarna tilltaga med växande frekvens, är det ange-läget, att balansen i ett trefassystem, arbetande med en så relativt hög frekvens som 50 per/sek, alltid upprätthålles, och att för järn-vägsdrift användes lå-frekvent enfasström.

Även med hänsyn till de elektriska lokomotiven är den låga frekvensen av stort värde, ty enfasmotorer, arbetande med låg frekvens, kunna givas mycket goda egenskaper. Enfasmotorn är emellertid relativt utrymneskrävande. På smalspåriga järnvägar, där utrymmet i lokomotiven är knappt, kan det därför vara lämpligt att tillgripa likströmsmotorer. Sådana äro numera väl användbara i växelströmsdrift tack vare framstegen på likriktarteknikens område.

Kännedomen om snedbelastningarnas skadlighet och den låga frekvensens värde leder tanken till frågan, om järnvägarnas kontaktledningsnät verkligen bör rötas ifrån det allmänna kraftförsörjningssystemet enbart genom transformatorer? Böra icke med den förenas trefas-enfas-omformare?

Det är uppenbart, att man genom omformning undgår snedbelastningarna och alla de olägenheter, som dessa vålla, och att man uppnår möjlighet att mata kontaktledningsnätet med enfasström av önskvärdt låg frekvens. Härutöver vinnas emellertid ytterligare åtminstone fyra avsevärda fördelar, nämligen 1) Spänningen i kontaktledningsnätets inmatningspunkter kan hållas stabil, 2) Omformarna kunna användas för att stabilisera spänningen även på trefasnätet, 3) Kontaktledningsnätet kan normalt hållas hopkopplat (osektionerat) så att varje punkt på detsamma tillföres kraft ifrån två håll, 4) Den allmänna kraftdistributionen kan frigöras ifrån påverkan av i järnvägsdrift vanliga störningar.

Några ord om de nämnda fördelarna kunna här vara på sin plats.

Omformarna utföras såsom motorgeneratorer. Motorn utgöres av en synkronmaskin för trefasnätets frekvens. Generatoren, vars axel är gemensam med motorns, levererar enfasström av låg frekvens. Relationen mellan maskinernas poltal bestämmer frekvenstransformationen. En 12-polig motor kombinerad med en 4-polig generator medför nedsättning av frekvensen i förhållande 3:1 eller t.ex. ifrån 50 till 16 $\frac{2}{3}$ per/sek.

Spänningen på generatoren regleras på vanligt sätt. Den kan följaktligen automatiskt hållas konstant. Järnvägsdriften blir således oberoende av spänningsfallet i kraftöverföringsledningarna, vilket har till påföljd, att matningsavståndet på kontaktledningsnätet d.v.s. avståndet mellan dess inmatningspunkter, utan olägenhet kan göras större än eljest skulle vara.

möjligt. Inmatningspunkterna bli härigenom relativt få, kostnaderna för dem minskas och den geografiska anpassningen mellan systemen för järnvägsdrift och allmän kraftförsörjning underlättas.

Enär det drivande elementet i omformarna är en synkronmotor, kan man genom övermagnetisering av denna åstadkomma reaktiv effekt och således stabilisera spänningen på trefasnätet och öka dess belastningsförmåga. Stabiliseringens värde kan knappast överskattas, i vart fall icke i Nigeria, där stor sparsamhet torde böra iakttagas vid kraftförsörjningssystemets uppbyggnad, och där detta system därför länge torde bli ganska svagt.

I ett vidsträckt kraftöverföringssystem uppstå ofta fasvridningar, så att fasläget icke är exakt detsamma i alla punkter. Medvetandet härom har givit upphov till mycket teoretiserande betr. den elektriska järnvägsdriften. Man har trott, att det skulle vara nödvändigt, antingen att hålla kontaktledningsnätet sektionerat, d.v.s. uppdelat i matningsområden, elektriskt skiljda ifrån varandra, eller att införa mycket komplicerade maskinella anordningar.

Vid frekvenstransformation, genomförd på ovan angivet sätt, löser sig problemet av sig självt. En fasvridning av t.ex. 30° på trefassidan, motsvaras nämligen på enfassidan av en fasvridning av endast 10° , och den därav framkallade spänningsresultanten är för liten för att vid normalt förekommande impedanser i maskiner och kontaktledningar, driva fram en besvärande utjämningsström. Trots förekommande måttliga fasvridningar är det alltså, tack vare omformarna, möjligt att normalt hålla kontaktledningsnätet hopkopplat och att härigenom öka dess belastningsförmåga. Lämpliga strömbrytaranordningar få självfallet automatiskt ombesörja uppdelning (sektionering) av kontaktledningsnätet i abnorma situationer.

I elektrisk järnvägsdrift äro jordslutningar vanliga. De härav framkallade störningarna äro i regel snabbt övergående, men de skulle ändå bli besvärande för den allmänna kraftdistributionen, om denna icke på lämpligt sätt hölles skiljd ifrån järnvägsdriften. Detta åstadkommes enkelt och effektivt medelst omformarna, som blott genom en maskinaxel

d.v.s. genom ett mekaniskt element förena trefas- och enfas-anläggningarna. Den levande kraften i de roterande massorna är tillräcklig för att utjämna de i järnvägsdrift uppkommande kortslutningsstötarna, innan dessa fortplantas till trefasnätet.

Mot omformardrift reses ofta den invändningen, att omformarna kosta penningar och medföra energiförluster. Detta är emellertid en sanning med modifikation, ty mot uppoffringar av nämnt slag stå, såsom ovan visats, avsevärda vinster, vilka tillvinna sig växande uppskattning vid allsidig bedömning av kraftförsörjningsproblemet. Några uppgifter, bekräftande detta, må här inskjutas.

År 1905, då den svenska statsbaneelektrifieringen tog sin början, var man fången i föreställningen, att för elektrisk järnvägsdrift behövlan lågfrekvent energi borde alstras i särskilda kraftanläggningar och överföras ifrån den genom särskilda högspänningsledningar. På denna princip grundades den under åren 1910-1923 i etapper genomförda elektrifieringen av den 472 km långa, hårt belastade "malmbanan", d.v.s. linjen mellan Luleå och Narvik.

De uppnådda resultaten infriade högt ställda förväntningar, men vid den närmast följande, under åren 1923-1926 genomförda elektrifieringen, Stockholm-Göteborg (456 km), övergav man likväl det på malmbanan tillämpade systemet och ordnade krafttillförseln medelst omformare, fördelade utmed banan och anslutna till de för allmän kraftdistribution avsedda högspänningsledningarna. Den härigenom uppnådda förenklingen var odisputabel. Mera tveksam ställde man sig till frågan, om den för järnvägsdriften utnyttjade trefaskraften borde omformas till högspänd likström eller lågfrekvent enfasström. Grundliga utredningar gävo det sistnämnda alternativet företräde.

Efter år 1926 uppstod en paus i den svenska statsbaneelektrifieringen. Innan man gick vidare, ville man ingående studera elektrodriftens ekonomi och penetrera systemfrågan. Först år 1931 återupptogs elektrifieringsarbetet. Någon tvekan rörande omformarsystemets lämplighet förelåg då icke längre. Systemets fördelar voro dokumenterade, och genom vissa modifikationer i utförandet, innebärande bl.a. övergång

ifrån fast inbyggda till mobila omformare, hade systemet blivit lätt att anpassa efter varierande anspråk. Det hade även visat sig möjligt att till rimligt pris framställa driftsäkra omformare med hög verkningsgrad.

De goda erfarenheterna satte fart på den svenska statsbaneelektrifieringen särskilt under åren 1933-1942. Av det i bruttotonkilometer redovisade trafikarbetet på statsbanorna utfördes vid periodens början 40 %, vid dess slut 85 % med elektrisk kraft. De elektrifierade bandelarnas sammanlagda längd ökades samtidigt ifrån 1800 till 4400 km och den årliga energikonsumtionen växte ifrån 200 till 900 milj. kWh. Expansionen har sedan fortgått, tidvis i samma tempo. Den elektrifierade banlängden uppgår nu till 6800 km, och den årliga energikonsumtionen närmar sig 1500 milj. kWh.

Utvecklingen visar, att det valda systemet hävdats sig väl. Detta framgår även därav, att det befunnits lämpligt att till överensstämmelse med detta system ombygga de på malmbanan ursprungligen tillkomna anläggningarna för den elektriska järnvägsdriften. Ombyggnaden jävar en stundom framskyttande uppfattning, att drift med fördelade omformare skulle vara mindre gynnsam på banor med mycket tung trafik.

De svenska erfarenheterna på den elektriska järnvägsdriftens område ha sin förankring icke blott i kraftförsörjningsproblemet. De hänföra sig i lika hög grad till problemen rörande teletekniska störningar och elektriska lokomotiv. Det skulle förn för långt att här ingå på detta. Det må blott nämnas, att i Sverige utvecklats den metod till störningskompensation medelst återledning och sugtransformatorer, som på senare år tilldragit sig internationell uppmärksamhet, samt att Sverige intager en särställning i avseende på utvecklingen av robusta, enkla och i fabrikation billiga standardlokomotiv för enfasdrift.

Efter denna utvikning ifrån det nigerianska elektrifieringsproblemet kan det sammanfattningsvis konstateras, att såväl logiska resonemang som välgrundade erfarenheter visa, att avsevärda fördelar stå att vinna både för järnvägarna och samhället, när den elektriska järnvägsdriften anslutes till det allmänna kraftförsörjningssystemet

genom trefas-efas-omformare, uppställda invid kontaktledningsnätets inmatningspunkter. Det kan även konstateras, att fördelarna skulle bli särskilt framträdande under de förutsättningar, varmed man har att räkna i Nigeria. Här göres därför det antagandet, att energiförsörjningen för de nigerianska järnvägarna vid elektrifiering skall ordnas på ovan angivet sätt. Skulle mera ingående undersökningar visa, att andra anordningar äro mera fördelaktiga, blir följden härav endast den, att elektrifieringen kommer att framstå som så mycket mera gynnsam.

5. Drivmedelskonsumtionen och behovet av dragkraft.

Det har i det föregående framhållits, att den vid järnvägarna i Nigeria förekommande ångdriften bör ersättas med någon mera effektiv driftform, och att elektrodriften härvid tilldrager sig uppmärksamhet. Övergång till dieseldrift kan även ifrågasättas. Valet står således mellan de båda sistnämnda driftformerna. Den i det följande presenterade jämförelsen inriktas därför på den.

Drivmedelskonsumtionen ävensom behovet av dragkraft i järnvägsdrift beror icke blott av transportarbetets omfång utan även av dess kvalitet. Detta förhållande åskådliggöres enklast genom ett elementärt exempel.

Tänker man sig att det inledningsvis omtalade lokomotivet litt. Y, utvecklande hela den effekt, 1500 hkr, som dess dieselmotor kan avgiva, framför vagnar på en bana av sådan beskaffenhet, att det motstånd, som lokomotivet i genomsnitt måste övervinna, är lika stort som stigningsmotståndet i en uppförsbacke med lutningsförhållandet 1:200, finner man, att lokomotivet förmår framföra vagnar med en totalvikt av ca 600 ton, om en hastighet av 60 km/h skall kunna hållas. Fordras högre hastighet, t.ex. 80 km/h, måste vikten av vagnarna minskas till omkr. 400 ton. Härigenom minskas dock icke drivmedelsförbrukningen per timme, ty lokomotivet förutsättes fortfarande arbeta med fullt pådrag.

En dieselmotor förbrukar i allmänhet ca 200 gr. brännolja per hästkrafttimma. Det ovannämnda lokomotivet kan således under angivna omständigheter antagas konsumera ca 300 kg dieselolja per timme.

Då det per timme uträttade transportarbetet uppgår till, i ena fallet $60 \cdot 600 = 36000$ tonkm, i andra fallet $80 \cdot 400 = 32000$ tonkm, förbrukas således 8,3 resp 9,4 gr. olja per tonkm. Det framgår härav, att drivmedelskonsumtionen växer med ca 12 % till följd av hastighetshöjningen. Ökningen är beaktansvärd. Icke mindre betydelsefull i ekonomiskt avseende är emellertid den nedsättning av transportarbetet per lokomotiv, eller, otvänt, den i förhållande till transportarbetet ökade insats av lokomotiv, som framtvingas av skärpta anspråk på hastighet.

Vad här sagts om dieseldriften i ett visst tänkt fall har i princip generell giltighet, men resultaten äro variabla och påverkas både av prestationsnivån och driftformen. Jämförelser, som göra anspråk på att vara rättvisande, måste därför grundas på identiska förutsättningar ifråga om transportarbetets omfattning och kvalitet. Identitetsvillkoret bör vidgas till att omfatta även marginalen i outnyttjad dragkraft i jämförda driftformer, ty i marginaler av detta slag inneslutas ofta värdefulla tillgångar. Det måste slutligen beaktas, att - om identitetsvillkoret icke vore uppfyllt - jämförelsen mellan olika driftarter skulle påverkas av oberäkneliga faktorer, hänförliga till det inflytande, som ett mer eller mindre effektivt transportarbete utövar på järnvägens förmåga att draga till sig trafik och att förvärva inkomst.

Man elektrifierar icke en järnväg utan att tillvarataga elektrolokets goda traktionsegenskaper. Man höjer helst både vagnvikten i tågen och tågens hastighet.

I Nigeria bör hastighetshöjningen genomföras successivt och med återhållsamhet, enär en anhopning av mycket kostnadskrävande upprustningsarbeten eljest skulle uppstå. En höjning av maximihastigheten ifrån 40 till omkr. 50 miles per timme torde ligga inom räckhåll. I elektrisk drift bör i vart fall utan svårighet kunna uppnås en sådan avkortning av transporttiderna, att den emot den svarande medelhastigheten kommer att uppgå till åtminstone 35 å 40 miles per timme. Detta riktmärke innebär en fördubbling av den nuvarande, anmärkningsvärt låga medelhastigheten. En med elektrodriften jämförlik dieseldrift måste, i enlighet med det ovan sagda, förutsättas uppfylla samma hastighetsanspråk.

Banans beskaffenhet bestämmer, jämte traktionsmedlens prestationsförmåga, den vagnvikt, som kan ingå uti tågen.

De nigerianska järnvägarna äro framdragna i kuperad terräng. Uppförs- och utförsbackar omväxla med horisontella sträckor. Avsevärda nivåskillnader förekomma. Lutningsförhållandena äro emellertid i stort sett gynnsamma. I genomsnitt hålla de sig omkr. 4 - 6 o/oo. Av tillgängligt material att döma äro backar med större lutning än 10 o/oo ganska sällsynta. Kurvor med relativt små radier äro däremot vanliga. Banöverbyggnaden är delvis kraftig, men axeltryck överstigande 13 à 14 ton torde böra undvikas.

Valet av lokomotivtyp är ett komplicerat problem. En erinran härom kan här vara på sin plats.

Den på de nigerianska järnvägarna rikliga förekomsten av kurvor talar för användningen av lokomotiv, som mjukt och smidigt anpassa sig efter spårets krökningar. Intresset riktas därför på boggie-lokomotiv, i första rummet på sådana av typen B_0B_0 , vilka äro bäst ägnade att skona spåret för skadliga påkänningar och abnormt slitage. I elektriska lokomotiv av denna typ, byggda för det ovan omtalade axeltrycket och spårvidden 3'6" (1067 mm), torde kunna inrymmas en effekt av 1600-1700 hkr. En god kurvtagningsförmåga bör således kunna förenas med en hög specifik effekt.

På dieselområdet äro förutsättningarna icke lika gynnsamma. Skall den i ett lokomotiv installerade dieselmotorn arbeta med måttligt varvtal och uppnå tillfredsställande slitstyrka, blir maskineriets vikt så stor, att lokomotivet måste förses med sex axlar, därest en effekt av ca 1500 hkr skall uppnås inom den av ifrågavarande spårvidd och axeltryck bestämda konstruktiva ramen. Man tvingas härigenom till att använda de med hänsyn till kurvförhållandena mindre lämpliga lokomotivtyperna C_0C_0 eller $AlA - AlA$, och den specifika effekten blir relativt låg.

Godtagas lokomotiv av sistnämnda slag i dieseldrift, måste de vara godtagbara även i elektrodrift. Man kan begagna sig av detta faktum för att vinna en för jämförelsen mellan de båda driftarterna gemensam utgångspunkt och ett okomplicerat betraktelsesätt. Här utnyttjas denna

möjlighet. I ett elektriskt lokomotiv av typen C₀C₀ bör emellertid under förhållanden varande omständigheter kunna installeras en effekt av 2000 - 2500 hkr. Mot varandra ställas således likartade lokomotiv med den skiljaktighet i prestationsförmågan, som betingas av dieseldriftens resp. den elektriska driftens egenart.

Med detaljkännedom om banans beskaffenhet, om gällande hastighetsrestriktioner och om lokomotivens prestationsförmåga är det möjligt att med stor noggrannhet beräkna de vagnvikter, som kunna framföras, gångtiderna samt den uppkommande förbrukningen av drivmedel, men beräkningar av detta slag äro både vidlyftiga och komplicerade. De utföras därför lämpligen med tillhjälp av elektroniska räknemaskiner. Trots detta bli beräkningarna mycket tidskrävande, ty de måste föregås av ett omfattande programmeringsarbete. På grund härav, och i betraktande av det förhållandet, att här åsyftas endast en allmän orientering, baseras de följande resonemangen på utgångspunkter, framkomna genom överslagsberäkningar och erfarenhetsmässiga överväganden.

Det kan på detta sätt visas, att det med angivna anspråk på likartad och höjd hastighet bör vara möjligt att med lokomotiv av angiven typ framföra vagnar med en ungefärlig totalvikt, i elektrisk drift resp. dieseldrift av ¹⁰⁰⁰1200 resp. ⁷⁰⁰800 ton, att förbrukningen av trefaskraft, uppmätt i omformarstationerna, icke torde komma att i medeltal överstiga 25 Wh per bruttotonkm samt att emot en konsumtion av 1,0 kWh trefaskraft sannolikt skulle komma att svara en konsumtion av ca 0,65 lb (0,3 kg) dieselolja. Dessa prestations- och konsumtionsuppgifter läggas alltså till grund för den utredning, som följer.

Inriktas elektrifieringen av de nigerianska järnvägarna i första rummet på den till Enugo anslutna bandelen, kan man tänka sig, att arbetet genomföres i fyra etapper, omfattande sträckorna 1) Enugo - Port Harcourt, 2) Enugo - Makurdi, 3) Makurdi - Kafanchan och 4) Kafanchan - Kaduna.

Enär trafiken på bandelen Kafanchan-Kaduna är relativt svag och f.n. upprätthålles med diesellokomotiv, bör den sistnämnda etappen möjligen uteslutas ur det nu avhandlade elektrifieringsprogrammet. Mot en sådan åtgärd talar dock det förhållandet, att kraft under alla omständigheter torde böra överföras till Kaduna, att diesellokomotiven skulle kunna finna god användning på Bornu-banan samt att den kuperade terrängen mellan Kafanchan och Kaduna gör det önskvärt, att en banelektrifiering därstädes kommer till stånd. Programmet bibehålles på grund härav obesekuret. I detsamma skall etappernas inverkan på utbyggnaden av kraftförsörjningssystemet i viss mån belysas, medan jämförelsen mellan elektrisk drift och dieseldrift anknytes till slutstadiet, då en enhetlig driftform antages ha blivit införd på bandelen Port Harcourt - Kaduna i dess helhet. Åtskilliga detaljproblem kunna på detta sätt undanskjutas till förmån för överskådligheten.

Av tillgängliga uppgifter att döma fördelas det i tonmiles redovisade transportarbetet på bandelen Port Harcourt - Kaduna i stort sett sålunda:

	Summa
Port Harcourt - Enugo	ca 35 %
Enugo - Makurdi	" 25 % _____ 60 %
Makurdi - Kafanchan	" 27 % _____ 87 %
Kafanchan - Kaduna	" 13 % _____ 100 %

Det relativt höga procenttalet för sträckan Makurdi - Kafanchan har sin grund i sträckans längd. Hade transportarbetet redovisats i ton per år, skulle, med avvikelser ifrån ovan angivna värden, ha framkommit en serie ifrån söder till norr oavbrutet fallande procenttal.

Ekonomiska bedömningar av järnvägsteknisk art måste grundas på kännedom om det transportarbete i bruttotonmiles, som skall uträttas under viss tid. I förevarande fall är det svårt att vinna sådan kännedom, ty i den tillgängliga statistiken redovisas prestationerna huvudsakligen i nettotonmiles. Av en approximativ härledning har emellertid framgått, att det transportarbete, som på senare år uträttats på bandelen Port Harcourt - Kaduna torde ha hållit sig inom gränserna 700 - 900

milj. bruttotonmiles per år. Till utgångspunkt för det fortsatta resonemanget väljes därför medelprestationen 800 milj. bruttotonmiles per år.

Uppskattas, i enlighet med förut angivna premisser, förbrukningen av trefaskraft till 25 Wh per bruttotonkm eller 40 Wh per bruttotonmile, kommer tydligen energiförbrukningen för den ifrågavarande bandelen att uppgå till i runt tal 32 milj. kWh per år. Till detta energikvantum bör då läggas marginal för normala årsvariationer samt för trafiktillväxt.

När transporttiderna avkortas, bli trafikanterna alltid mera benägna att anlita järnvägen som transportmedel. Denna tendens gör sig omedelbart gällande. På längre sikt bör järnvägen, om den genom god service hävdar sig i konkurrensen på transportmarknaden, även få kännning av den med stigande välstånd växande varuomsättningen och resandefrekvensen.

I den kalkyl, som här genomföres, räknas därför med en total årlig energiförbrukning av alternativt 40, 60 och 80 milj. kWh ooh med ett motsvarande transportarbete av resp. 1000, 1500 och 2000 milj. bruttotonmiles per år. Mot bakgrunden av utvecklingsmöjligheterna ter sig en sådan trafiktillväxt på intet sätt abnorm. Några svårigheter att bemästra densamma skulle icke uppstå, enär järnvägen utan dubbelspårsbyggnad bör kunna upptaga en trafik, mer än dubbelt så stor som den nuvarande. Till jämförelse må nämnas, att övergången ifrån ångdrift till elektrisk drift ökade kapaciteten hos den förut omtalade svenska malm-banan mer än tre gånger, och att på de mest belastade delarna av denna fortfarande enkelspåriga bana numera framföres en godsmängd av 10 à 11 milj. ton per år.

Med kännedom om det samband, som erfarenhetsmässigt råder mellan energikonsumtionen och effektbehovet i järnvägsdrift kan man komplettera och sammanställa de ovanstående uppgifterna såsom i nedanstående tabell anges. Med alternativen I, II och III ha i tabellen betecknats de omtalade stegen i utvecklingen, varigenom det först påräkneliga transportarbetet antages växa med 50 resp. 100 %.

Rubrik	E t a p p						
	1	2	3	4	1+2	1+2+3	1+2+3+4
I.							
Milj.br.ton miles per år	350	250	270	130	600	870	1000
Milj.kWh trefasenergi per år	14,0	10,0	10,8	5,2	24,0	34,8	40,0
Effektbehov kW trefaskraft	6350	-	-	-	8000	9650	10500
II.							
Milj.br.ton miles per år	525	375	405	195	900	1305	1500
Milj.kWh trefasenergi per år	21,0	15,0	16,2	7,8	36,0	52,2	60,0
Effektbehov kW trefaskraft	7500	-	-	-	10000	13000	14300
III.							
Milj.br.ton miles per år	700	500	540	260	1200	1740	2000
Milj.kWh trefasenergi per år	28,0	20,0	21,6	10,4	48,0	69,6	80,0
Effektbehov kW trefaskraft	8750	-	-	-	12000	15800	17800

Etapp 1 förutsättes skola föregå de successivt tillkommande etapperna 2, 3 och 4. Det emot dem svarande effektbehovet uppträder således icke självständigt utan sammanlagrat, såsom av tabellen framgår.

För det avhandlade elektrifieringsprojektet i dess helhet skulle tydligen det totala effektbehovet, alltefter transportarbetets tillväxt, komma att ökas ifrån ca 10000 till ca 18000 kW, medan effektbehovet för den första etappen skulle hålla sig inom gränserna 6000 - 9000 kW. Av tabellen framgår att till disposition för den elektriska järnvägsdriften böra ställas följande ungefärliga effektbelopp:

Vid genomförd elektrifiering enligt alt. I	10500 kW
" " " " " II	14300 "
" " " " " III	17800 "

6. Kraftanläggningar för bandelen Port Harcourt-Kaduna.

Såsom ovan framhållits bör kraftförsörjningssystemet utbyggas successivt. I enlighet härmed torde till en början bära framdragas endast en enkel kraftöverföringsledning för 130 kV utmed järnvägen Port Harcourt-Kaduna, men stolparna dimensioneras lämpligen så, att de förmå uppbära ytterligare en framdeles tillkommande ledning av samma slag.

Utföres kontaktledningsnätet enligt svensk standard och väljes den vid enfasdrift vanliga kontaktledningsspänningen, 16 kV, bör det vid den trafik, som nu förutses, vara tillräckligt att på bandelen Port Harcourt-Kaduna anordna sju inmatningspunkter. Förlägges den sydligaste av dem ca 30 miles ifrån Port Harcourt och den nordligaste lika långt ifrån Kaduna, kommer medelavståndet mellan inmatningspunkterna att uppgå till omkr. 85 miles (136 km), vilket bör gå väl för sig, om spänningen hålles konstant i inmatningspunkterna, och kontaktledningen mellan dem normalt hålles hopkopplad (osektionerad). Framdrages den ovan nämnda kraftöverföringsledningen i närheten av järnvägen, är det lätt att utöka antalet inmatningspunkter, när trafikutvecklingen ger anledning härtill.

De i inmatningspunkterna placerade omformaraggregaten bör vara transportabla på egna hjul och under drift hållas uppställda på dem. Omdispositioner av den tillgängliga maskineffekten kunna härigenom snabbt genomföras, och i inmatningspunkterna inbesparas dyrbara maskinbäddar och traverser. Underhållet av omformarna kan förläggas till verkstad, där det bäst utföres. Med hänsyn till spårets beskaffenhet bör omformarna icke göras alltför tunga. En begränsning av deras effekt till ca 2000 kVA torde vara lämplig. Vikten av en sådan maskin torde uppgå till omkr. 75 ton.

Järnvägsbelastningen ställer stora krav på omformarnas överbelastningsförmåga. Enligt svensk praxis skall en omformare utan men kunna tåla överbelastning med 100 % under 6 minuter och större påkänningar under kortare tid. Detta villkor leder till så riklig dimensionering, att den nominella effekten kan kontinuerligt överskridas med omkr. 50 %. Ett aggregat med en nominell effekt av 2000 kVA kan således till kontaktledningsnätet kontinuerligt avgiva ca 3000 kVA.

Anses en höggradig momentan maskinreserv vara önskvärd, bör i varje inmatningspunkt uppställas 2 st. omformare. Anskaffas ytterligare ett aggregat för att därmed skall täckas behovet av mera långvarig reserv, kommer maskinbeståndet att omfatta $2 \times 7 + 1 = 15$ st. omformare. Antalet bedömes vara väl tillräckligt även efter full utbyggnad enligt alternativ III. I alternativen I och II innebär detsamma en överdimensionering, som torde böra korrigeras.

Varje omformare kombineras med en mobil enfastransformator, medelst vilken generatorspänningen upptransformeras till kontaktledningsspänningens nivå. Verkningsgraden för en omformare av nämnd storlek, inkl. tillhörande enfastransformator torde i drift komma att hålla sig mellan 85 och 90 %. Mot en nominell enfaseffekt av 2000 kVA svarar således en nominell trefaseffekt av ca 2300 kVA.

Omformarna anslutas till trefasledningen via transformatorer. Anpassas deras kapacitet och överbelastningsförmåga efter omformarnas, bör tydligen trefastransformatorernas sammanlagda nominella effekt uppgå till omkring 35000 kVA. Fördelas denna effekt på mobila enheter à 5000 kVA, bör behovet av trefastransformatorer inkl. tillfredsställande reserv bli väl tillgodesett, om 8 st. aggregat anskaffas. I den mån större transformatoreffekt påkallas för den allmänna kraftförsörjningens skull, skola merkostnaderna härför icke bäras av järnvägen.

Omformarna med tillhörande utrustning böra stå under järnvägens uppsikt och vara järnvägens egendom. Kraftleverantören bör däremot äga och driva ej blott kraftverket med därtill anslutna ställverk och högspänningsledningar utan även de transformatorer, varigenom järnvägens omformare tillföras trefaskraft. Kostnaderna för kraftleverantörens anläggningar inkluderas i kraftpriset.

7. Drivmedelskostnaderna.

En beräkning av kraftkostnaderna för den elektriska järnvägsdriften kan icke genomföras utan kännedom om förhållandet mellan järnvägens och andra kraftavnämares andelar i den i varje utvecklingsfas tillgängliga effekten. Här om råder emellertid ovisshet. Man kan därför ha anledning att i första hand undersöka, hur högt kraftpriset kan vara, utan att den elektriska driften medför högre årskostnader än diesel-driften. Befinnes paritet i årskostnaderna för de båda driftformerna inträda vid så högt kraftpris, att normala kraftproduktionskostnader rymmas inom detsamma, ställes man i andra hand inför uppgiften att med utgångspunkt ifrån rimliga antaganden framräkna de emot alternativen I, II och III svarande kraftpriserna och att undersöka deras inverkan på järnvägsdriftens ekonomi. Denna metodik tillämpas i det följande. Frågan om kraftpriset undanskjutes således intill dess att det visar sig, om densamma bör upptagas till behandling.

Den i dieseldrift använda brännoljan betingar enligt aktuell uppgift ett förrådspris i Nigeria av 14 pence per gallon eller £ 15 per ton. Med tillägg av 7 % för distribution, serviceanläggningar och kanske någon säkerhetsmarginal blir konsumtionspriset på dieseloljan, tillhandahållen i lokomotivens tankar, i medeltal £ 16 per ton. I alternativ I, där oljekonsumtionen uppskattas till 12000 ton per år, skulle således den årliga drivmedelskostnaden i dieseldrift uppgå till omkr. £ 192000. I alternativen II och III blir motsvarande kostnad 288000 resp. 384000 £ per år.

8. Lokomotivkostnaderna.

Lokomotivkostnaderna bero i första hand av det behövliga antalet lokomotiv. Till grund för bestämningen av detta antal borde helst läggas en för varje transportvolym väl avpassad tidtabell. För tidtabellskonstruktionen krävas emellertid särskilda undersökningar, som nu icke kunna genomföras. På grund härav tillämpas i det följande mera summariska bedömningar.

I enlighet med vad ovan anförts förutsätts de elektriska lokomotiven ha sådan prestationsförmåga, att uppställda hastighetskrav kunna uppfyllas, när vikten av de per lokomotiv framförda vagnarna (inkl. last) uppgår till ca 1200 ton. Göres det antagandet, att lokomotivens prestationsförmåga i medeltal utnyttjas till 70 %, kommer tydligen vagnvikten per tåg att i medeltal uppgå till 840 ton. Vid en transportvolym enligt alt. I av 1000 milj. bruttotonmiles per år måste följaktligen antalet tågmiles komma att uppgå till $1000 \cdot 10^6 : 840 = 1,2 \cdot 10^6$ per år.

Det kan icke undvikas, att de i tåg-tjänst använda lokomotiven då och då överföras från en plats till en annan utan att framdraga vagnar, och visst rangeringsarbete utträttas alltid med dem. Lokomotiven antagas därför i genomsnitt tillryggalägga 10 % längre väg än tågen d.v.s. sammanlagt $1,32 \cdot 10^6$ miles per år. Vad varje lokomotiv förmår prestera i miles per år beror av flera faktorer såsom av den för reparationer m.m. behövliga avställningstiden, tidtabellen och järnvägens utsträckning. För elektriska lokomotiv i tåg-tjänst brukar den normala årsprestationen hålla sig inom gränserna 70000 - 130000 miles.

I Nigeria, där stora avstånd främja en rationell användning av lokomotiven, men en låg medelhastighet och långsamt bedrivna reparationer ha motsatt verkan, torde det icke vara rådligt att i genomsnitt räkna med mer än 70000 miles per lokomotiv och år. För tåg-tjänst skulle således vid full utbyggnad enligt alt. I behövas $1,32 \cdot 10^6 : 70000 = 19$ st. elektriska lokomotiv. Avrundas antalet till 20, kommer häremot att svara 30 resp. 40 st. lokomotiv vid full utbyggnad enligt alternativ II resp. III.

I dieseldrift begränsas under analoga förutsättningar medelvikten av vagnarna (inkl. last) i tågen till $0,70 \cdot 800 = 560$ ton. Härav följer dels att det totala antalet lokomotivmiles per år vid full utbyggnad enligt alternativ I kommer att uppgå till $(1000 : 560) \cdot 1,10 \cdot 10^6 = 1,96 \cdot 10^6$, dels att för tågtjänst i detta alternativ skulle behövas $1,96 \cdot 10^6 : 70000 = 28$ st. lokomotiv, förutsatt att även i dieseldrift avverkas ca 70000 miles per lokomotiv och år. Avrundas antalet till 30, kommer häremot att svara 45 resp. 60 lokomotiv vid full utbyggnad enligt alternativ II resp. III.

Av trafiktekniska skäl kan tidtabellen komma att påkalla större insatser av lokomotiv än de ovan angivna. Till undvikande av osäkra spekulationer lämnas den eventualiteten ur räkningen. Endr det angivna antalet miles per år ger uttryck åt en prestation, som bör kunna påräknas, när hänsyn toges till de vid rationellt bedrivit underhåll normala avställningstiderna, göres icke heller för deras skull något tillägg till de kalkylatoriskt bestämda antalen lokomotiv.

Anskaffningskostnaden för de elektriska lokomotiven påverkas starkt av utförandet. Baseras detta på motorer för lågfrekvent enfasström, är det möjligt att åstadkomma robusta konstruktioner till relativt lågt pris. Enfasmotorn är emellertid mera utrymmeskrävande än likströmsmotorn. Det kan därför vara lämpligt att tillgripa den sistnämnda på smalspåriga banor, där utrymmet i lokomotiven är knäppt. Likströmsmotorn är en tålig maskin, som med fördel användes även i växelströmsdrift, men den i så fall nödvändiga likriktningen fördyrar lokomotiven.

Om och när den här avhandlade elektrifieringen blir aktuell, böra infordrade anbud bestämma valet av lokomotivutrustning och läggas till grund för bedömningen av lokomotivkostnaderna. Här uppskattas dessa till ± 75000 per lokomotiv.

För diesellokomotiv är priset per hästkraft högre än för elektriska lokomotiv. Skillnaden i effekt ger emellertid fog för antagandet, att i här förevarande sammanhang även diesellokomotiven böra sättas ett pris av ± 75000 per enhet.

Tillämpas normala avskrivningstider, för elektriska lokomotiv 30 år, för diesellokomotiv 20 år, kunna kapitalinsatserna och kapitaltjänstkostnaderna sammanställas på sätt som framgår av följande tabell.

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
1. Elektrisk drift:			
Antal lokomotiv	20	30	40
Anskaffningskostnad 1000-tal £	1500	2250	3000
Ränte- och avskrivningskostnad i £ per år vid 5 % kapitalränta och 30 års avskrivningstid (6,51 %)	97650	146475	195300
2. Dieseldrift:			
Antal lokomotiv	30	45	60
Anskaffningskostnad 1000-tal £	2250	3375	4500
Ränte- och avskrivningskostnad i £ per år vid 5 % kapitalränta och 20 års avskrivningstid (8,02 %)	180450	270675	360900

Procenttalen inom parentes ange summan av ränte- och avskrivningskostnader, när annuiteterna hållas konstanta under avskrivningstiden.

Underhållskostnaderna för lokomotiven bero i hög grad av den effektivitet, varmed underhållsarbetet bedrivs. Lokomotivens ålder inverkar även. En rättvisande uppfattning om underhållskostnaderna vinnes därför icke utan ingående studier, utsträckta över långa perioder. Sådana studier äro nödvändiga även av den anledningen, att vissa kostnader, t.ex. kostnaderna för utbyten av förslitna motorer, uppträda med avsevärda tidsmellanrum.

I Sverige vunnit stadgad erfarenhet visar, att elektriska lokomotiv av här ifrågavarande storlek och typ draga en kostnad för underhåll, uppgående till omkr. 7 pence per mile (vid 1961 års prisläge). Kostnaden, vilken omfattar allt underhållsarbete såväl i verkstäder som vid

lokomotivstationer, gäller under förutsättning att maskinella hjälpmedel väl utnyttjas och att arbetet även i övrigt bedrivs rationellt.

Diesellokomotiven underhållas i Sverige lika effektivt, men de kräva mera tillsyn. Det har på grund härav visat sig, att underhållskostnaden för dem blir omkr. dubbelt så hög per lokomotivmile som för de elektriska lokomotiven.

Det bör i detta sammanhang observeras, att elektriska lokomotiv, i motsats till diesellokomotiv, kunna givas en mycket enkel konstruktion, som medför lättnad i underhållsarbetet och minskat behov av kvalificerad personal. Icke minst på grund härav skulle övergången till elektrisk drift i Nigeria, där tillgången på sådan personal är knapp, kunna medföra stora fördelar.

Det har förut framhållits, att det i ett land med tropiskt klimat är svårt att uppnå en hög arbetsintensitet. Underhållskostnaderna för lokomotiven i Nigeria skulle därför bli abnormt höga, om icke arbetslönerna voro jämförelsevis låga. Som det nu är, torde det icke vara orimligt att låta de svenska erfarenheterna vara vägledande. I så fall framkomma följande årskostnader för lokomotivens underhåll.

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
1. Elektrisk drift:			
Lokomotivmiles, 1000-tal per år	1320	1980	2640
Kostnad för lokomotivunderhåll £ per år	38500	57750	77000
2. Dieseldrift:			
Lokomotivmiles, 1000-tal per år	1960	2940	3920
Kostnad för lokomotivunderhåll £ per år	114500	171750	229000

I tabellen har endast upptagits de lokomotiv, som tänkts skola användas i tågtjänst. Vid sidan av dem erfordras maskiner för egentligt rangeringsarbete. Skulle för sådant ändamål användas elektriska lokomotiv, måste elektrifieringen utsträckas till att omfatta praktiskt taget alla järnvägsspår på den ifrågavarande bandelen. Detta kan synas onödigt, åtminstone vid en preliminär bedömning. Här göres därför det antagandet, att allt rangeringsarbete utöver det, som ombesörjes med lokomotiv i tågtjänst, under alla omständigheter skall uträttas med särskilda diesellokomotiv. Kostnaderna för dem kunna då uteslutas ur den nu aktuella jämförelsen.

9. Kostnader för lokomotivpersonal.

Kostnaderna för lokomotivpersonal kunna ställas i relation till antalet lokomotivmiles. I Nigeria drager en lokomotivbesättning, bestående av förare och biträde för närvarande en lönekostnad av omkr. £ 110 per månad och färdas, under tjänsteutövning på diesellokomotiv, månatligen ca 1200 miles. Denna sträcka bör, efter det att hastigheten blivit höjd på ovan föreslaget sätt, kunna ökas till omkr. 2000 miles. Lönekostnaden kommer i så fall att uppgå till $110 : 2000 = 0,055$ £ per lokomotivmile. Läggas härtill ersättning under sjukdom och semester samt värdet av pension och andra sociala förmåner med ca 45 %, kommer totalkostnaden för den i dieseldrift engagerade lokomotivpersonalen att uppgå till 0,08 £ per lokomotivmile. Under identiska hastighetsbetingelser bör kostnaden per mile för lokomotivpersonal i elektrisk drift bli densamma. I enlighet härmed framkomma de i nedanstående tabell angivna årskostnaderna.

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
1. Elektrisk drift:			
Lokomotivmiles i 1000-tal per år	1320	1980	2640
Årskostnad för lokpersonal £	105600	158400	211200
2. Dieseldrift:			
Lokomotivmiles i 1000-tal per år	1960	2940	3920
Årskostnad för lokpersonal £	156800	235200	313600

Elektrodriften skapar bättre förutsättningar än andra driftformer för en-bemannning av lokomotiven. Den omständigheten har här försumrats. Den torde nämligen komma till sin rätt först i framtiden, då säkerhetsanordningarna vid de nigerianska järnvägarna blivit upprustade. På längre sikt torde sålunda jämförelsen mellan kostnaderna för lokomotivpersonalen ge större utslag till förmån för den elektriska driftformen än ovan visats.

10. Kostnader för smörjmedel.

I elektriska lokomotiv, helt utrustade med rullager, är smörjmedelskonsumtionen liten. Den överstiger icke 150 gr. per 100 lokomotivkilometer eller 8,5 ounces per 100 miles. I dieseldrift beror smörjmedelsförbrukningen av belastningen och uppgår vanligen till omkr. 2 % av konsumerad kvantitet dieselolja. Ur dessa uppgifter härledes följande sammanställning:

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
1. Elektrisk drift:			
Lokomotivmiles i 1000-tal per år	1320	1980	2640
Årskonsumtionen av rullagerfett ton ca	3,2	4,8	6,4
Årskostnad i £ vid ett pris av 125 £ per ton	400	600	800
2. Dieseldrift:			
Årskonsumtion av dieselolja ton	12000	18000	24000
Årskonsumtion av smörjolja ton ca	240	360	480
Årskostnad i £ vid ett pris av 100 £ per ton	24000	36000	48000

Den i dieseldrift använda smörjoljan uppgives i Nigeria kosta 7 à 9 sh per gallon. I tabellen har angivits priset 100 £ per ton eller ca 8 sh per gallon. Det för rullager använda smörjmedlet har upptagits till i Sverige normalt pris med ett tillägg av 25 %. Kvantiteterna äro i det sistnämnda fallet så små, att en felbedömning saknar betydelse.

11. Kostnad för utrustning i inmatningspunkterna.

Utrustningen i inmatningspunkterna kommer i enlighet med angivna förutsättningar att bestå dels av järnvägens, dels av kraftleverantörens anordningar. Kostnaderna för de sistnämnda inkluderas såsom ovan påpekats i kraftpriset och uteslutas därför ur den följande kalkylen. Järnvägens anordningar och kostnaderna för dem kunna vid full utbyggnad enligt alternativen I, II och III specificeras sålunda:

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
Antal mobila omformare inkl. i vagn inmonterade strömbrytare, transformatorer och instrument	9	12	15
Anskaffningskostnad för d:o 1000-tal £	540	720	900
Anskaffningskostnad för fast ställverksutrustning, 16 kV, i inmatningspunkterna 1000-tal £	250	250	250
Summa 1000-tal £	790	970	1150
Motsvarande ränte- och avskrivningskostnad i £ per år vid 5 % kapitalränta och 30 års avskrivningstid (6,51 %)	51430	63140	74870
Kostnad för övervakning och underhåll £ per år	40000	40500	41000

Procenttalet inom parentes representerar summan av ränte- och avskrivningskostnaderna, när annuiteterna hållas konstanta under avskrivningstiden.

Det har i det föregående påpekats, att det vid högt ställda anspråk på maskinreserv kan vara befogat att vid full utbyggnad enligt alternativ III räkna med 15 st. omformaraggregat. Vidhålls detta antal jämväl i alternativen I och II, uppstår i dem en överdimensionering, som tor sig oberättigad i betraktande av å ena sidan antalet lokomotiv och de av dem orsakade belastningarna, å andra sidan omformarnas stora driftsäkerhet och rörlighet. På grund härav har för alternativen I och II i tabellen upptagits minskade maskinuppsättningar.

För den mobila utrustningens transport, uppställning och skyddande erfordras i inmatningspunkterna spåranordningar, stängsel samt enkla, såsom sol- och regnskydd utformade byggnader. Totalkostnaderna härför uppskattas till ca £ 70000:-. De motsvarande årskostnaderna torde komma att uppgå till omkr. £ 4500:-.

12. Kostnader för kontaktledningar.

Kontaktledningsnätet bedömes skola omfatta ca 700 miles spår. Vare sig elektrisk drift blir införd eller icke, förutsättes rangeringsarbetet på de stora bangårdarna bliva utfört med särskilda, för ändamålet anskaffade diesellokomotiv. Elektrifiering av sidospår på dessa bangårdar antages följaktligen kunna ifrågakomma endast i mycket begränsad omfattning.

Kontaktledningar, byggda för en driftspänning av 16 kV och utförda enligt svensk standard skulle sannolikt i Nigeria kosta i medeltal ca 45000 kronor per spårkilometer eller ca 5000 £ per track-mile. Ledningarna förses i så fall med järnstolpar, betongfundament, kontakttråd och bärlina av koppar, $(80+50) \text{ mm}^2$, genomgående återledning av aluminium, (ekvivalent area), sugtransformatorer, sektionsavskiljare etc. Totalkostnaden för kontaktledningsanläggningen torde således kunna uppskattas till omkr. 3500000 £. Häremot svarar vid 5 % kapitalränta och den för anläggningar av ifrågavarande art normala avskrivningstiden (40 år) en årskostnad av 204050 £. För underhåll tillkommer härutöver en årskostnad av ca 35000 £.

Projekteringen av kontaktledningsnätet bör anstå, tills elektrifieringstanken tagit fastare form.

13. Kostnadssammanställning.

Sammanställas de ovan redovisade kostnaderna, erhålles följande tablå:

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
A. Elektrisk drift.			
Investeringar i 1000-tal L.			
Lokomotiv, anskaffning	1500	2250	3000
Omformare m.m.	790	970	1150
Spåranordningar	70	70	70
Kontaktledningar	3500	3500	3500
Summa 1000-tal L	5860	6790	7720
Årskostnader i L.			
Lokomotiv, ränta och avskrivning	97650	146475	195300
" , underhåll	38500	57750	77000
" , smörjmedel	400	600	800
Lokomotivpersonal	105600	158400	211200
Omformare m.m., ränta och avskrivning	51430	63140	74870
" , övervakning och underhåll	40000	40500	41000
Spåranordningar m.m.	4500	4500	4500
Kontaktledningar, ränta och avskrivning	204050	204050	204050
" , underhåll	35000	35000	35000
Elektrisk kraft, införes senare i kalkylen	-	-	-
Summa L exkl. elektr. kraft	577130	710415	843720
B. Dieseldrift.			
Investeringar i 1000-tal L.			
Lokomotiv.	2250	3375	4500
Summa 1000-tal L	2250	3375	4500
Årskostnader.			
Lokomotiv, ränta och avskrivning	180450	270675	360900
" , underhåll	114500	171750	229000
" , smörjmedel	24000	36000	48000
Lokomotivpersonal	156800	235200	313600
Dieselolja	192000	288000	384000
Summa årskostnad L	667750	1001625	1335500

Bortsett ifrån kostnaden för elektrisk kraft utläses ur tabellen följande balansräkning:

	Alternativ		
	I	II	III
Årskostnad i £, dieseldrift	667750	1001625	1335500
" " ", elektrisk drift	<u>577130</u>	<u>710415</u>	<u>843720</u>
Differens £	90620	291210	491780

Om kraftkostnaden i de tre alternativen skulle överensstämma med de påvisade differenserna, bleve de jämförda driftformerna likvärdiga. Detta skulle inträffa, om priset per kWh uppginge till resp. 0,544, 1,165 och 1,475 pence i alternativ I, II och III, således vid priser, som alls icke äro verklighetsfrämmande. På grund härav bör det utrönas dels hur kraftkostnaderna kunna väntas utfalla i Nigeria vid en i stor skala bedriven, rationellt ordnad energiproduktion, avsedd att täcka icke blott järnvägens utan även andra kraftbehov, dels hur de således beräknade kraftkostnaderna influera på den elektriska järnvägsdriftens ekonomi.

14. Kraftkostnaderna.

Det har visats, att elektrifieringen av bandelen Port Harcourt-Kaduna bör samordnas dels med en utbyggnad av kraftverket vid Oji River, dels med tillkomsten av en till att börja med enkel trefasledning för 130 kV, framdragen utmed järnvägen. Det har även visats, att det allmänna behovet av elektrisk energi torde vara så stort, att kraft, som kan produceras och överföras med hjälp av dessa anläggningar och som icke åtgår för järnvägsdriften, bör finna god avsättning för andra ändamål.

Utrustas den tänkta kraftledningen med faslinor av typen Partridge (ekvivalent koppararea 83 mm^2), bör genom ledningen kunna överföras och fördelas en maximal effekt av storleksordningen 150 MW. Det förutsättes då, att järnvägens omformare utnyttjas för spänningsreglering, så att effektfaktorn kan hållas omkring värdet 0,9.

Bedrives utbyggnaden av kraftverket successivt och på sådant sätt, att den installerade effekten överensstämmer med kraftledningens överföringsförmåga, när järnvägslektrifieringen nått full omfattning enligt alternativ III, kommer tydligen järnvägens andel i den tillgängliga effekten vid denna tidpunkt att uppgå till $17,8 : 150 = 12 \%$. Mot bakgrunden härav förefaller det riktigt att vid detta tillfälle låta järnvägen täcka just 12% av de fasta kostnaderna för kraftproduktionen. Antager man vidare, att utvecklingen förlöper så jämnt, att relationen mellan kraftförbrukningen inom och utom järnvägen håller sig någorlunda konstant, bör det nämnda procenttalet kunna läggas till grund även för en bedömning av de fasta kostnadernas fördelning vid fullbordad elektrifiering enligt alternativen I och II. Vad här sagts om fördelningen av de fasta kostnaderna för kraftproduktionen (d.v.s. själva kraftverket) bör i princip kunna gälla fördelningen av de fasta kostnaderna för alla anläggningar, som utföras för att tillgodose järnvägens och övriga kraftkonsumenters gemensamma intressen.

I enlighet med det förda resonemanget skulle emot belastningarna vid fullt genomförd elektrifiering enligt alternativen I, II och III svara en maskineffekt i kraftverket om resp. 90, 120 och 150 MW eller - med tillägg av lämplig reserv - ett maskinbestånd av förslagsvis 4, 5 resp. 6 st. ångturbingeneratorer om 30 MW vardera med tillhörande upptransformatorer. Inklusivt övrig erforderlig utrustning torde anläggningskostnaden för en sådan utbyggnad av kraftverket kunna uppskattas till 5,0, 6,7 resp. 8,4 milj. £. De motsvarande årskostnaderna för ränta, avskrivning, övervakning och underhåll uppskattas till omkring 550000, 740000 resp. 930000 £ och järnvägens andel i dem till 66000, 89000 resp. 112000 £.

Den för järnvägen och övriga konsumenter av elkraft gemensamma kraftledningen, vars längd i praktiken torde bli ca 600 miles, bedömes draga en anläggningskostnad av ca 3,6 milj. £. De motsvarande totala årskostnaderna uppskattas till ca 290000 £ och järnvägens andel i dem till 35000 £.

Till ledningen anslutas de i järnvägens inmatningspunkter uppställda, helt för järnvägsdriften reserverade 8 st. nedtransformatorerna om vardera 5,0 MVA. Anläggningskostnaderna för transformatorerna inkl. tillhörande utrustning bedömas uppgå till 190000 £. De motsvarande årskostnaderna, vilka helt böra bäras av järnvägen, uppskattas till 18000 £.

Till grund för ovanstående kostnadskalkyler ha lagts svenska dagspriser med ett tillägg av 15 %, en räntefot av 5 %, normala avskrivningstider samt erfarenhetsmässigt bestämda personalkostnader.

En sammanställning av de fasta årskostnader, vilka enligt ovan angivna fördelningsprinciper och beräkningsgrunder böra bäras av järnvägen, återfinnes i nedanstående tablå. I denna angivas även de belopp, varmed de på järnvägen fallande fasta kostnaderna beräknas ingå i järnvägens kraftkostnad, beräknad per förbrukad kWh.

Rubrik	Alternativ		
	I	II	III
Kraftverksutrustning, årskostnad £	66000	89000	112000
Kraftledning, " "	35000	35000	35000
Nedtransformatorer, " "	18000	18000	18000
Summa årskostnad £	119000	142000	165000
Kraftkonsumtion milj. kWh per år	40	60	80
Fast kostnad per kWh pence	0,712	0,568	0,495

Det torde observeras, att en framtida fördubbling av kraftledningen bör medföra avsevärt sänkta kraftkostnader. De tillkommande utgifterna bli nämligen små i förhållande till kapacitetsökningen. Över huvud taget medför en fortgående utbyggnad förbättrade villkor för kraftförsörjningen.

Till de fasta kostnaderna komma rörliga kostnader för energiproduktionen. I ett ångkraftverk bestämmas de rörliga kostnaderna praktiskt taget helt av bränslekonsumtionen och priset på bränslet. Enligt uppgift är det i förevarande fall tillgängliga kolet av sådan kvalitet, att det kan utnyttjas i ångpanneanläggningar av normalt utförande.

Kostnaden för kolet uppgives hålla sig omkring 50 sh per ton vid gruvan, i vars närhet kraftverket förutsättes vara beläget. Kolets värmevärde är 11680 BTU (6500 cal/kg). I betraktande av förekommande belastningsvariationer torde av ett sådant bränsle åtgå 0,42 kg eller något mindre än 1 lb per producerad kWh. Bränslekostnaden bör följaktligen kunna uppskattas till ca 0,25 pence per kWh i kraftverket. Antages kraftöverföringsanläggningen i sin helhet arbeta med 90 % verkningsgrad, kommer produktionskostnaden för den i järnvägens inmatningspunkter levererade energin att uppgå till 0,28 pence per kWh. Läggas härtill de ovan angivna fasta kostnaderna, blir totalkostnaden i alternativen I, II och III resp. avrundat 0,99, 0,85 och 0,78 pence per kWh.

15. Kalkylationsresultat.

Enär staten bör hålla sin hand såväl över järnvägsdriften som kraftproduktionen, bör järnvägen få inköpa kraft till självkostnadspris men vara skyldig att utan ersättning leverera reaktiv energi i den mån sådan erfordras för spänningsreglering på trefasnätet och kan tillhandahållas inom ramen av omformarnas kapacitet. Tillämpas denna princip, kunna kalkylationsresultaten sammanfattas sålunda:

	Alternativ		
	I	II	III
Årskostnader i £ för:			
Elektrisk drift exkl. kraft	577130	710415	843720
Kraft 40 milj. kWh à 0,99 pence	165000	-	-
" 60 " " 0,85 "	-	212500	-
" 80 " " 0,78 "	-	-	260000
	<hr/>		
Elektrisk drift, summa £	742130	922915	1103720
Dieseldrift, " £	667750	1001625	1335500
	<hr/>		
Skillnad £	74380	- 78710	- 231780
	<hr/>		

Ur sammanställningen utläses att dieseldriften i alternativ I är mera ekonomisk än den elektriska driften, men att förhållandet är omvänt i alternativen II och III. Av ett mera ingående studium framgår, att årskostnaderna i de båda driftformerna bli desamma vid ett trafikarbete av omkring 1200 milj. bruttotonmiles per år samt att en över denna gräns expanderande trafik ger den elektriska driften ett snabbt växande ekonomiskt övertag.

I alternativ III uppvisar den elektriska driften ett överskott i förhållande till dieseldriften av £ 231780. Överskottet utgör avkastning utöver antagen kapitalränta (5 %) på det belopp (3,22 milj. £), varmed kapitalinvesteringen i elektrisk drift överstiger kapitalinvesteringen i dieseldrift. På detta belopp erhålles således en sammanlagd avkastning överstigande 12 %. Enär den elektriska driftens kostnader äro till stor del fasta, och den rörliga delen av dem tillväxer långsamt med prestationerna, förbättras avkastningen progressivt, när anspråken på transportarbetet stegras, d.v.s. när järnvägen upptager en sund konkurrens med andra transportmedel. Den elektriska driften är således i hög grad utvecklingsfrämjande. Detsamma kan icke sägas om dieseldriften, som saknar progressivt tilltagande konkurrenskraft.

Det ovannämnda gränsvärdet, 1200 milj. bruttotonmiles per år, vid vilket paritetet kan väntas inträda mellan elektrisk drift och dieseldrift på den 570 miles långa bandelen Port Harcourt-Kaduna, innebär en specifik transportprestation av i medeltal 2,1 milj. bruttotonmiles per mile och år. Transportarbetet vid de nigerianska järnvägarna torde mångenstädes vara av större omfattning. Skulle en genomgripande elektrifiering nu te sig som ett alltför vidlyftigt eller alltför spekulativt företag, bör det därför övervägas, om det icke vore lämpligt att i ett aktuellt utvecklingsprogram upptaga elektrifieringen av åtminstone vissa delsträckor.

Först i turordningen komma i så fall bandelarna Enugo-Port Harcourt och Lagos-Offa. Elektrifieringen av dem kan grundas på en relativt obetydlig utvidgning av kraftledningsnätet och effekten i befintliga ångkraftverk.

Trafiken på bandelen Lagos-Offa torde vara tillräckligt omfattande för att kunna bära det högre pris, som den ånggenererade kraften betingar inom den västra regionen. Elektrifieringen av denna bandel tilldrager sig emellertid särskild uppmärksamhet i samband med planerna på tillvaratagandet av vattenkraften i Niger. Den påtänkta kraftstationen vid Kainji, vars effekt bedömes skola uppgå till 280 resp. 960 MW i första resp. sista utbyggnadsskedet, kommer otvivelaktigt att bli en hörnsten i det ovan skisserade kraftförsörjningssystemet och en naturlig, Ijoraverket kompletterande kraftkälla för järnvägsdriften mellan Lagos och Kaduna.

Vare sig elektrifieringen Lagos-Offa baseras på ång- eller vattenkraft eller på en kombination av bådadera är den att betrakta såsom ett led i en välbehövlig rationaliseringsprocess, omfattande såväl järnvägsväsendet som kraftförsörjningen. Detsamma är förhållandet med elektrifieringen Enugu-Port Harcourt. Det gäller därför först och främst att undvika åtgärder, som skulle kunna försvåra eller fördröja de båda elektrifieringarna, därnäst att föra dem igenom. På längre sikt vidgas målsättningen.

Den översikt, som här lämnats, har tillkommit i samverkan med chefen för lokomotivavdelningen vid Sveriges Statsbanor, överingenjören S. Nyblin, samt med chefen för Mellersta och Norra Sveriges Ångpanneförening, förutvarande överdirektören i Kungl. Vattenfallsstyrelsen F. Petri.

Stockholm den 25 november 1961.

Th. Thelander