

## 11. Ballotage van voorgestelde leden.

Als gewone leden worden voorgesteld de heeren:

W. F. C. Cebrat, ingenieur bij den Dienst der Staats-spoorwegen te Bandoeng; ir. W. G. van Dalveen, civiel ingenieur te Delft; Dr.-Ing. H. G. K. F. Diepen, directeur der N. V. Wollenstoffen-Fabriek Gebroeders Diepen te Tilburg; Dipl.-Ing. W. Drenth, hoofdingenieur der N. V. Thomsen's Havenbedrijf te Rotterdam; ir. A. H. Fabius, ingenieur van den Rijkswaterstaat te Roermond; G. van Galen Last, wnd. directeur van Gemeentewerken te Bandoeng (voorm. lid); E. C. W. A. Geuze, 1e luitenant der Genie te 's-Gravenhage (voorm. lid); ir. W. C. van Goor, ingenieur bij den architect C. N. van Goor te Rotterdam; P. J. Groeneveld, adjunct-directeur der N. V. Algemeene Nederlandsche Electriciteits-Maatschappij voorh. Groeneveld Ruempol & Co. te Amsterdam; ir. H. J. Hewelink, tijdelijk ingenieur bij de Gemeentewerken te Arnhem; ir. E. van der Hoek, adsp.-adjunct-ingenieur bij de Electricische Tractie van de Nederlandsche Spoorwegen te Haarlem; ir. G. A. ten Huopen, ingenieur bij Siemens Schuckert Werke te 's-Gravenhage; ir. H. K. Hylkema, mijnbouwkundig ingenieur te Delft; ir. H. P. Hijmans van Anrooy, eerstaanwezend ingenieur van tractie der Staats-spoorwegen in Ned.-Indië (met verlof) te 's-Gravenhage (voorm. lid); ir. J. Th. Joosting, werktuigk.-ingenieur, mede-eigenaar van het Gezondheidsoord „Steenbergen” te Heerde; ir. P. P. Kriek, ingenieur bij de Gemeentewerken te Rotterdam; ir. L. Monhemius, assistent aan de Technische Hoogeschool (Delft) te Leiden; F. R. van Rybroek, ingenieur bij N. V. Technisch Bureau voorheen J. F. R. Hellendoorn te 's-Gravenhage; G. Sax, ingenieur der Afdeling „Nettenbouw” aan de N. V. Algemeene Nederlandsche Electriciteits-Maatschappij, voorheen Groeneveld Ruempol & Co. te Amsterdam; H. P. J. Schut, oud-kapitein der Genie, directeur van Gemeentewerken te Vlaardingen (voorm. lid); ir. A. P. F. van Slijpe, civiel ingenieur te IJsselmonde; ir. L. Sollewijn Gelpke, tijdelijk ingenieur van den Rijkswaterstaat te Roermond;

als buitengewone leden de heeren:

C. H. van Amerom, G. A. Beunders, C. G. Blijdenstein, B. C. M. Boot, R. A. Th. Brusse, J. F. Cahen, A. D. Charlouis, K. L. van Geelen, A. H. de Goede, J. F. Graadt van Roggen Jr., A. T. de Groot, L. S. Madarasz, A. W. Olivier, Jhr. M. J. Ortt, P. F. S. Otten, P. H. Poldervaart, L. A. Sanders, H. H. Smith, I. P. M. Sonneveld, Tek Tsjoan Tan, O. van den Toorn, G. Velleman, J. M. de Vos, B. L. Voskuil; allen studenten aan de Technische Hoogeschool te Delft.

De Raad van Bestuur:

S. G. EVERTS, president.

R. A. VAN SANDICK, algem. secretaris.

## AFDEELING VOOR ELECTROTECHNIEK.

Op verzoek van de Vereeniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland wordt bekend gemaakt, dat van de op 21 tot 26 November 1921 te Parijs gehouden internationale conferentie van electrotechnici, georganiseerd door de „Union des Syndicats de l'électricité”, een verslag zal worden uitgegeven.

Teneinde de oplaag van het verslag, waarvan een Fransche en een Engelsche uitgave zullen verschijnen, te kunnen vaststellen, wordt een ieder, die daarvan een exemplaar wenscht te betrekken, verzocht zich zoo spoedig mogelijk te wenden tot Monsieur TRIBOT LASPIÈRE, secrétaire général de l'union des Syndicats de l'Électricité et de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension, Boulevard Malherbes 25 à Paris, met opgaaf hoeveel exemplaren en in welke taal worden verlangd.

De prijs van het verslag is volgens de mededeeling bij intekening vóór 1 Mei 60 francs en zal daarna minstens 75 francs bedragen en verband houden met het aantal bestelde exemplaren.

De Afdelingsredacteur,

ir. C. G. I. W. KOOPMAN.

's-Gravenhage, 28 Maart 1922.

N.B. Daar de mededeeling eerst heden in mijn bezit kwam, kon zij niet eerder worden geplaatst.

## N. V. Willem Smit en Co's Transformatoren-fabriek te Nijmegen.

Inleiding tot het bezoek aan die fabriek van de Afdeling voor Electrotechniek op Vrijdag 21 October 1921,

DOOR HET LID

ir. H. G. NOLEN.

(Met afbeeldingen.)

Het verheugde ons allen op de transformatorenfabriek bijzonder dat uw Afdeling voor de tweede maal een excursie naar ons bedrijf wilde organiseeren. Toen wij in 1914, dus reeds kort na de oprichting der fabriek, uw bezoek mochten ontvangen, heeft ir. TH. J. ROSSKOPF een inleiding tot dit bezoek gegeven, waarbij hij o.a. ook de oprichting der fabriek en de oorspronkelijke inrichting uitvoerig besprak. Ik meen daarom thans er mede te mogen volstaan u een kort overzicht te geven der ontwikkeling van ons bedrijf sedert dien tijd.

Een steeds toenemende vraag naar transformatoren deed het bedrijf snel groeien; het ophouden van den aanvoer van transformatorplaat in de laatste oorlogsjaren bracht alleen een tijdelijken gedwongen stilstand in dit groeiproces. Toen in April 1919 de eerste partijen plaat met gejuich waren binnengehaald, zetten wij ons met alle kracht aan het werk om zoo snel mogelijk de achterstallige orders af te maken en daarna weer met nieuwe leveranties te beginnen.

Het aantal arbeiders en machines heeft zich sinds 1914 gestadig uitgebreid, en de gebouwen werden verschillende malen vergroot, o.a. werden een stapelmagazijn, een lasscherij en een timmermanswerkplaats bijgebouwd. Reeds in 1916 werd de voormalige pottierij „Rembrand” aangekocht en ingericht tot draadfabriek. Wij konden hier allen voor eigen bedrijf noodigen draad trekken en onspinnen, waardoor wij onafhankelijk werden van den zeer onzekeren aanvoer van gesorteerd draad uit het buitenland. Bovendien konden wij aanzienlijke hoeveelheden draad voor derden verwerken, een bedrijf, waaraan vooral in die jaren groote behoefte was.

Ondanks deze uitbreidingen bleek hoe langer hoe meer dat onze fabriek een meer ingrijpende vergroting en verandering noodig had. Vooreerst was de ruimte onvoldoende, hetgeen het voor ons fabriekaat noodzakelijke zeer nauwkeurig werken en de controle daarop bemoeilijkte. Dan werden steeds grooter eenheden verlangd, waarvoor zoowel het noodige hijschvermogen als de noodige hijschhoogte ontbrak. Voorts werd er bij onze nieuwere constructies veel houtwerk vereischt, waardoor een afdeling machinale houtbewerking noodig was. Het was wenschelijk de afdelingen plaat- en ijzerbewerking eenerzijds en wikkelaarij en montage anderzijds, die aan elkaar grensden, meer gescheiden te houden, teneinde de laatste bewerkingen te doen geschieden met die reinheid en zekerheid, die bij de fabricage van hoogspanningstransformatoren noodzakelijk is. Tenslotte moest er ruimte gemaakt worden voor de bedrijfsadministratie om behoorlijke organisatie van het werk, regeling der accoorden en kostprijscalculatie mogelijk te maken.

Er werd dan ook tot een aanzienlijke vergroting der fabriek besloten, die gepaard zou gaan met een geheel nieuwe indeeling. In den zomer van 1920 werd de bouw begonnen onder leiding van den architect O. LEEUW. De bouw kwam in het begin van 1921 gereed, en successievelijk werden de afdelingen verhuisd naar haar nieuwe localiteiten. Thans is alles definitief geïnstalleerd, alleen de afdeling „beproeving” moet nog overgebracht worden. U zult deze afdeling en de afdeling „magazijn”, die gedeeltelijk in de oude „beproeving” moet worden ondergebracht, dan ook nog in een rommelig stadium aantreffen.

Ook de draadfabriek werd vergroot door twee verbouwingen; de laatste kwam in het voorjaar 1921 gereed. Deze verbouwing werd in hoofdzaak ondernomen om de geheel onvoldoende gloeiovens door een betere en ruimere installatie te vervangen. Bovendien moest zij dienen om enkele reeds eenigen tijd aanwezige banken voor het slaan van kabels (die wij voor het verbinden der transformatorwikkelingen met de uitvoerisolatoren gebruiken) en eenige bandweefstoelen te kunnen opstellen.

Ik wil thans een korte beschrijving der fabriek in haar tegenwoordigen vorm geven om u het overzicht bij uw bezoek

van hedenmiddag te vergemakkelijken. Laat ik beginnen met de transformatorfabriek.

De verschillende hoofdbestanddeelen van den transformator bepalen de hoofdbewerkingen, die u in het bedrijf zult aantreffen: het maken der kernen, wikkelingen en bakken, het samenbouwen van kernen en spoelen, en het in den bak monteren der bewikkelde transformator-kernen. De verschillende bewerkingen zijn in afzonderlijke hallen ondergebracht; die hallen echter maken alle deel uit van één fabrieksruimte. Aan de straatzijde der fabriek liggen de kantoren. De oude fabriek was in hallen verdeeld, die in een richting loodrecht op de Groenestraat lagen (fig. 1). Bij de uitbreiding had het eenigszins voor de hand gelegen deze hallen eenvoudig te verlengen. Dit was echter om verschillende redenen niet mogelijk. Vooreerst wilden wij, zooals ik in het begin mede-

afgeschoten uitgiftemagazijn ondergebracht, dat ook langs de nieuwe fabriek doorloopt. Aan de oostzijde van deze oude fabriek ligt het ketelhuis met aangrenzende ruimte der vacuumovens voor het lakken der spoelen en het drogen der transformatoren. Er werd kort geleden voor het laatste doel een tweede zeer groote vacuumoven bijgeplaatst, zoodat ook de zeer groote transformatoren daarin onder vacuum gedroogd kunnen worden. Tusschen oude en nieuwe fabriek liggen naast elkaar: de nieuwe beproeving, de bedrijfskantoren, de afdeeling houtbewerking en de hoog- en laagspanningsruimte. Alle kracht en licht toch wordt van de G. E. W. Nijmegen betrokken, zoodat in het ketelhuis slechts ketels voor de centrale verwarming en voor de verwarming der droogovens zijn opgesteld. De bedrijfskantoren zijn in twee verdiepingen opgebouwd; onder vindt men de uitgifte der werkkaarten,

TRANSFORMATORENFABRIEK.

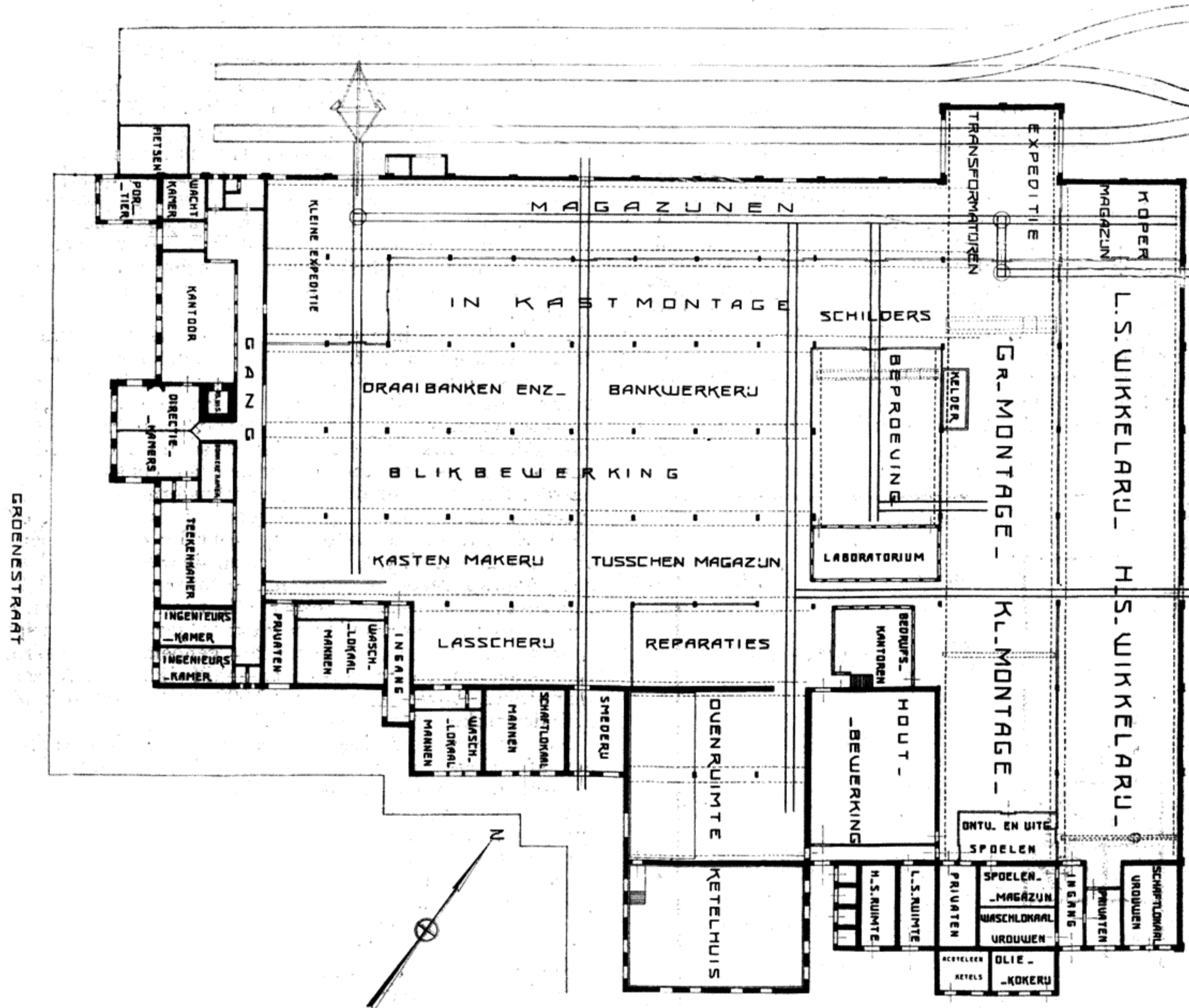


Fig. 1.

deelde, de afdelingen ijzerbewerking en wikkelaarj met montage zorgvuldig scheiden, wat bij eenvoudige verlenging der hallen niet verkregen kon worden; bovendien was bij een dergelijke wijze van vergrooing geen hooge montagehal voor groote transformatoren te verkrijgen, waarbij de zware kraan tevens kon dienen voor het laden dezer transformatoren op de spoorwagens, die dus in deze hal binnen moesten kunnen rijden vanaf het bestaande raccordement. Daarom werd de onderverdeling der nieuwe fabriek in een richting loodrecht op die der oude genomen.

In de oude fabriek vindt u al het ruwere werk ondergebracht, n.l.: kastenmakerij, blikbewerking en kernmakerij, bankwerkerij met de noodige draai-, boor-, schaaftbanken, enz., inkastmontage. Aan de westzijde is het geheel door ijzergaas

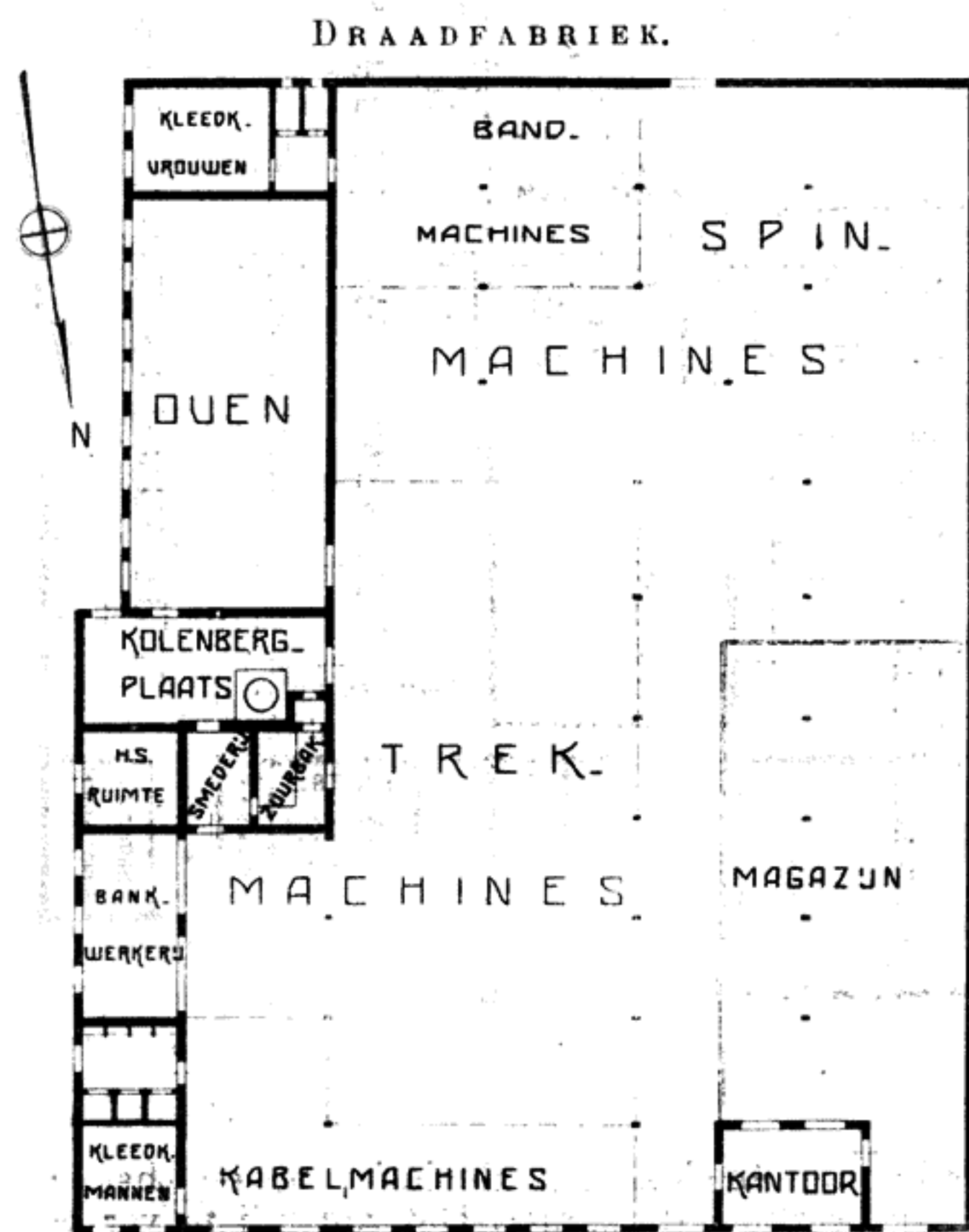
loonberekening en kostprijscalculatie, boven het accoordkantoor en werkmeesterkamer. Het zou mij te ver voeren de zeer minitieuus doorgewerkte administratieve regeling van het bedrijf en de loon- en kostprijsberekening te beschrijven.

In de nieuwe fabriek liggen de afdelingen wikkelmontage en wikkelaarj. De geheele bouw is hier er op berekend deze afdelingen zeer schoon te houden en alle stof of lekwater uit te sluiten. De wikkelmontage is verdeeld in een laag gedeelte voor het monteren der kleine transformatoren en een hooge hal, waarin de groote transformatoren ineengezet worden. Een 25-tons kraan kan hierbij steeds direct hulp verlenen. Deze hooge hal met kraan is over het raccordement uitgebouwd, zoodat binnenshuis de transformatoren met de kraan op de spoorwagens geladen kunnen worden.

Het transport in de fabriek geschiedt in de richting der hallen met elektrische en handkranen, en in de richting dwars daarop met lorriespoor.

Wat de wijze van fabriceren betreft, alle onderdeelen der transformatoren worden in massa gemaakt op z.g. magazijnorders. De halffabricaten worden op het magazijn verzameld om van daar weer uitgegeven te worden bij het ineenmonteren der transformatoren. Alleen de spoelen worden voor elke bestelorder afzonderlijk gewikkeld, omdat er te veel verschillende spanningen en schakelingen voorkomen om de spoelen in massa te maken, vooral omdat die spoelen liefst niet te lang bewaard moeten worden. De normale kernen worden in massa gemaakt en verzameld in een tusschenmagazijn, midden in de fabriek. De spoelen komen van uit de wikkelaar in het spoelenmagazijn, van waaruit voor het impregneren gezorgd wordt. De montage-afdeling ligt tusschen beide magazijnen in; men ontvangt daar dus van beide kanten de benodigde hoofdonderdeelen, terwijl de kleinere onderdeelen vooraf door een afzonderlijken dienst van magazijn gehaald en gereed gehouden worden. Hierdoor wordt bereikt dat elk zooveel mogelijk aan zijn eigen werk blijft en geen tijd verliest met materiaal halen. Is de transformator gemonteerd, dan wordt hij door den transportdienst in de beproeving gebracht, daar voorloopig doorgemeten en vervolgens verder gebracht naar de in-kast-montage. Hij gaat vervolgens in den bak naar den vacuumoven, waarin hij onder vacuum gedroogd en met olie gevuld wordt. Uit den oven komt hij terug in de beproeving, waar de verschillende verliesmetingen en hoogspanningsbeproeving plaats hebben. De controleur verzegelt daarop het deksel, en de transformator wordt aan het magazijn afgeleverd om van daar per spoor geëxpedieerd te worden. Geen werkkaart mag worden afgestempeld voor „beïndigd” voordat die afgeteekend is door den controleur, die het werk moet keuren. Dit is vooral nodig, daar de meeste werkzaamheden — behalve het wikkelen — tegen stukloon geschieden.

De draadfabriek (fig. 2) bevat in het voorste gedeelte de



GROENESTRAAT

Fig. 2.

draadtrekkerij en de banken voor het slaan van kabel, in het achterste deel de onspinnerij en de bandweefstoelen. Aan de oostzijde is een kleine bankwerkerij en de geheel gemoderniseerde oven-installatie voor het uitgloeien van het koperdraad. Aan den westkant is het magazijn. Het isoleren van draad voor eigen gebruik bestaat uit een dubbele onspinning voor het dunnere draad en uit een omvlechting voor het zware plat-koper.

Ik hoop u hiermede een indruk te hebben gegeven van de inrichting van ons bedrijf, dat er thans geheel op ingericht is ook groote bestellingen met korte levertijden te kunnen uitvoeren.

Het zij mij thans vergund nog even bij het fabricaat zelf stil te staan.

Sedert de oprichting der fabriek is het type der kleinere transformatoren betrekkelijk weinig veranderd. Wel werden verschillende verbeteringen aangebracht, voornamelijk in de wijze van wikkelen en impregneren der spoelen en in de versterking tegen de bij kortsluiting optredende krachten, maar vorm en afmetingen der kernen en bakken en de wijze van samenbouwen dezer onderdeelen bleken zeer goed te voldoen en bleven dan ook in hoofdzaak hetzelfde. Wel is in den laatsten tijd een groote uitbreiding noodzakelijk geworden van het aantal types. Terwijl b.v. sommige afnemers constructie met olieconservator voorschrijven, willen andere beslist geen conservator; terwijl sommigen waarde hechten aan een maximale temperatuursverhoging der olie van slechts 50° C. vinden anderen dat die overtemperatuur gerust 60° C. kan zijn (1). Bovendien worden voor de buitenlandsche markten, waar wij sedert eenigen tijd met succes trachten onze producten ingang te doen vinden, dikwijls weer andere eischen gesteld en zijn daarvoor weer geheel andere spanningen en frequenties nodig. Het is zeer moeilijk bij dit alles de normaliseering der onderdeelen te handhaven, die toch de eerste vereischte is voor goed, goedkoop en snel werken. Wij willen hopen dat er in de toekomst weer meer eenheid in de eischen zal komen; wij overwegen ook het aantal normaal geconstrueerde vermogens te beperken en hopen daarbij op de medewerking onzer afnemers te mogen rekenen.

In de laatste jaren kregen wij steeds meer vraag naar groote transformatoren, terwijl hoe langer hoe groter eenheden verlangd worden. Het bleek steeds meer dat, bij de berekening en de constructie dezer groote eenheden, factoren overheerschen, die bij de kleinere transformatoren nog slechts van ondergeschikte betekenis waren, en deze factoren dwongen ons er toe geheel andere vormen en constructies toe te passen, dan wij voor de kleinere transformatoren steeds met succes hadden gebruikt. Zoo werd de vroeger tot en met 1000 K.V.A. doorlopende typereeks bij een vermogen van ongeveer 200 K.V.A. afgebroken, en daarboven werd een geheel nieuwe reeks ontworpen en tot en met 4000 K.V.A. genormaliseerd. Terwijl vroeger alle types met ovalen spoelvorm en cylinderwikkeling werden uitgevoerd, zijn wij thans voor de transformatoren boven het genoemde grensvermogen overgegaan tot ronde spoelen en schijfwikkeling. Alleen voor spanningen boven ongeveer 20.000 volt bleef ook hier de cylinderwikkeling gehandhaafd.

Met deze verandering gaat een geheel andere verhouding der afmetingen gepaard, zooals fig. 3 en 4 duidelijk aantoonen, waarin een 1000 K.V.A. van het oude en een van het nieuwe type schetsmatig zijn weergegeven. De nieuwe types zijn laag en lang met wijde lage vensters, het oude type is hoog en kort. Om dit verschil in vorm nauwkeurig te verklaren zou ik te diep op het ontwerp in moeten gaan; slechts zij vermeld dat het typische verschil in het verloop der lekvelten bij cylinder- en schijfwikkeling in hoofdzaak tot deze andere verhouding van afmetingen voert, omdat bij beide wijzen van bewikkeling ongeveer gelijke kortsluitspanningen verkregen moeten worden. Het verschil is ook gedeeltelijk het gevolg van de invoering der ronde spoelen.

Ik zou thans gaarne zeer kort de factoren willen bespreken, die ons tot deze wijziging in het type noopten. Ik meen daarvoor nog wat van uw tijd te mogen in beslag nemen, omdat deze factoren niet alleen voor den bouw van groote transformatoren van belang zijn, maar zoo karakteristiek zijn voor de constructie van alle groote elektrische machines en speciaal bij den transformator zoo duidelijk te vervolgen zijn.

Er zijn hoofdzakelijk drie factoren die op de berekening en de constructie der groote elektrische machines een speciaal stempel drukken: het afkoelingsprobleem, de extra koperverliezen in de wikkeling en de electromagnetische krachten tusschen de onderdeelen.

Wat het eerste betreft: de verliezen stijgen in een type-reeks met de derde macht der afmetingen, terwijl het af-

(1) 50° C. is de temperatuur aangenomen door de I. E. C., 60° echter die der Normaliën d. V. D. I.

koelend oppervlak slechts met het kwadraat stijgt. Zoo komt er bij het voortgaan in de typereeks een oogenblik, dat b.v. een transformator met direct over elkaar gewikkelde cilindrische hoog- en laagspanningswikkeling zijn warmte niet meer voldoende aan de olie kan afgeven, doordat het specifiek afkoelend oppervlak tusschen wikkeling en olie te klein is geworden. Bovendien zijn de afstanden tusschen de windingen binnen in de spoelen en de olie steeds grooter geworden, zoodat gevaarlijke overtemperaturen in de spoelen zouden ontstaan. Men moet dus oliekanalen in de wikkeling gaan uitsparen om het specifieke koelvlak te vergrooten, en zorgen dat er geen deelen der wikkeling overblijven, waarin ontoelaatbare overtemperaturen optreden. De schijfwikkeling leent zich constructief veel beter tot het voldoen aan deze eischen, dan de cylinderwikkeling.

Wat het tweede punt betreft: zooals bekend is wordt het bij wisselstroom optredende extra koperverlies veroorzaakt door het feit dat verschillende deelen van de draaddoorsnede met ongelijk sterke magnetische velden gekoppeld zijn. Bij transformatorwikkelingen nu verandert de sterkte van het lekveld in de richting loodrecht op de magnetische krachtlijnen sterk, en daardoor liggen de deelen der doorsnede van één draad of van parallelgeschakelde draden in zeer ongelijke velden. Hierdoor ontstaat een ongelijkmatige stroomverdeling, die belangrijke extra koperverliezen en plaatselijke oververhitting veroorzaakt. Bij de cylinderwikkeling, waar de krachtlijnen van het lekveld axiaal verlopen, moeten daarom steeds vrij dunne en hoge spoelen worden gebruikt (een eisch, die trouwens ook met andere dingen samenhangt), die constructief minder sterk zijn. Bij de schijfwikkeling herhaalt zich de vorm van het lekveld bij elke spoelgroep en daardoor kunnen de verschillende laagspanningsspoelen die overeenkomstige plaatsen innemen t. o. v. de hoogspanningswikkeling eenvoudig parallel geschakeld worden, zonder dat hierdoor extra verliezen ontstaan. Slechts bij zeer groote stroomsterkten geeft ook hier het extra koperverlies ernstige moeilijkheden.

Tenslotte de derde factor: de krachten tusschen stroomgeleiders en magnetische velden. Zij trachten: 1° de stroomgeleiders rond te maken; 2° primaire en secundaire wikkeling uiteen te drijven; 3° de windingen bij de jukken t. o. v. de jukken te bewegen. Als men nu weet dat de krachten evenredig met het vermogen toenemen, dan begrijpt men dat dit een probleem is speciaal van den grooten transformator. Die krachten zijn bij het gewone bedrijf nog niet buitengewoon groot, maar zij worden zeer gevaarlijk bij kortsluitingen aan de secundaire zijde van den transformator, vooral als deze op een krachtig net is aangesloten. Dan toch stijgt de stroom tot de kortsluitsterkte en kan zelfs in het eerste oogenblik bijna tweemaal deze waarde bereiken.

Bij cylinderwikkelingen zijn de hoofdkrachten radiaal gericht; maar ook in axiale richting kunnen aanzienlijke krachten optreden, o.a. door niet volkomen gelijkmatige verdeling der hoog- en laagspanningswikkeling over de kernhoogte, door abnormaal verloop der krachtlijnen bij de jukken en vooral bij sluitingen in de wikkeling zelf. De hoge dunne cylinderwikkeling is, behalve bij transformatoren van zeer groot vermogen, uiterst moeilijk afdoende tegen deze axiale krachten te beschermen. De niet ronde spoel is verwerpelijk omdat zij uitbuigt op de rechte gedeelten en, bij eenigszins aanzienlijke vermogens, dus in elk geval radiaal gesteund moet worden, wat constructieve complicaties meebrengt.

Bij de schijfwikkeling zijn de krachten in hoofdzaak axiaal en zij kunnen door de breede eindvlakken der spoelen zeer goed door steunconstructies worden opgenomen. Kiest men bovendien den ronden spoelvorm, dan behoeft men ook voor radiale vormverandering niet bevreesd te zijn.

Uit het voorgaande zal u duidelijk blijken dat het bouwen van groote transformatoren een vraagstuk van beteekenis is; ik hoop dat u uit de fabriek den indruk mede zult nemen dat wij een oplossing er voor gevonden hebben, die met de daar straks beschreven voornaamste eigenaardigheden ten volle rekening houdt.

Wij hebben een zeer groot afkoelend oppervlak der wikkeling verkregen door alle spoelen der schijfwikkeling slechts uit twee draden boven elkaar op te bouwen, terwijl de spoelen door olieruimten gescheiden worden. Alle draden zijn direct met de olie in aanraking, zoodat de zoo gevreesde „hot spots" niet bestaan.

De extra-koperverliezen moeten natuurlijk bij het ontwerp zooveel mogelijk vermeden worden, het toepassen van ineengedraaide leidingen, zooals bij groote generatoren veelal gebruikt worden, is bij de door ons vervaardigde vermogens en normale spanningen nog niet noodig.

De steunconstructie is zeer zwaar uitgevoerd. De spoelen liggen onder op het beneden juk en een stel profiel-ijzers; boven worden zij door een zwaar drukraam aangetast, dat de spoelen over hun geheelen omtrek aandrukt. Dit drukraam is nastelbaar. Wij passen geen z.g. veerende opsluiting toe omdat men, naar onze meening, de spoelen niet in de gelegenheid mag stellen zich te eeniger tijd te bewegen, waarbij de isolatie verscheurd kan worden. Die veering hebben wij ook niet noodig omdat, door het gebruiken van in olie uitgekookte isolatiematerialen en langdurig drogen in onzen oven vóór de aflevering, alle krimp van isolatiemateriaal van te

1000 K.V.A. TRANSFORMATOR 10.000 VOLT.

Oud type.

Nieuw type.

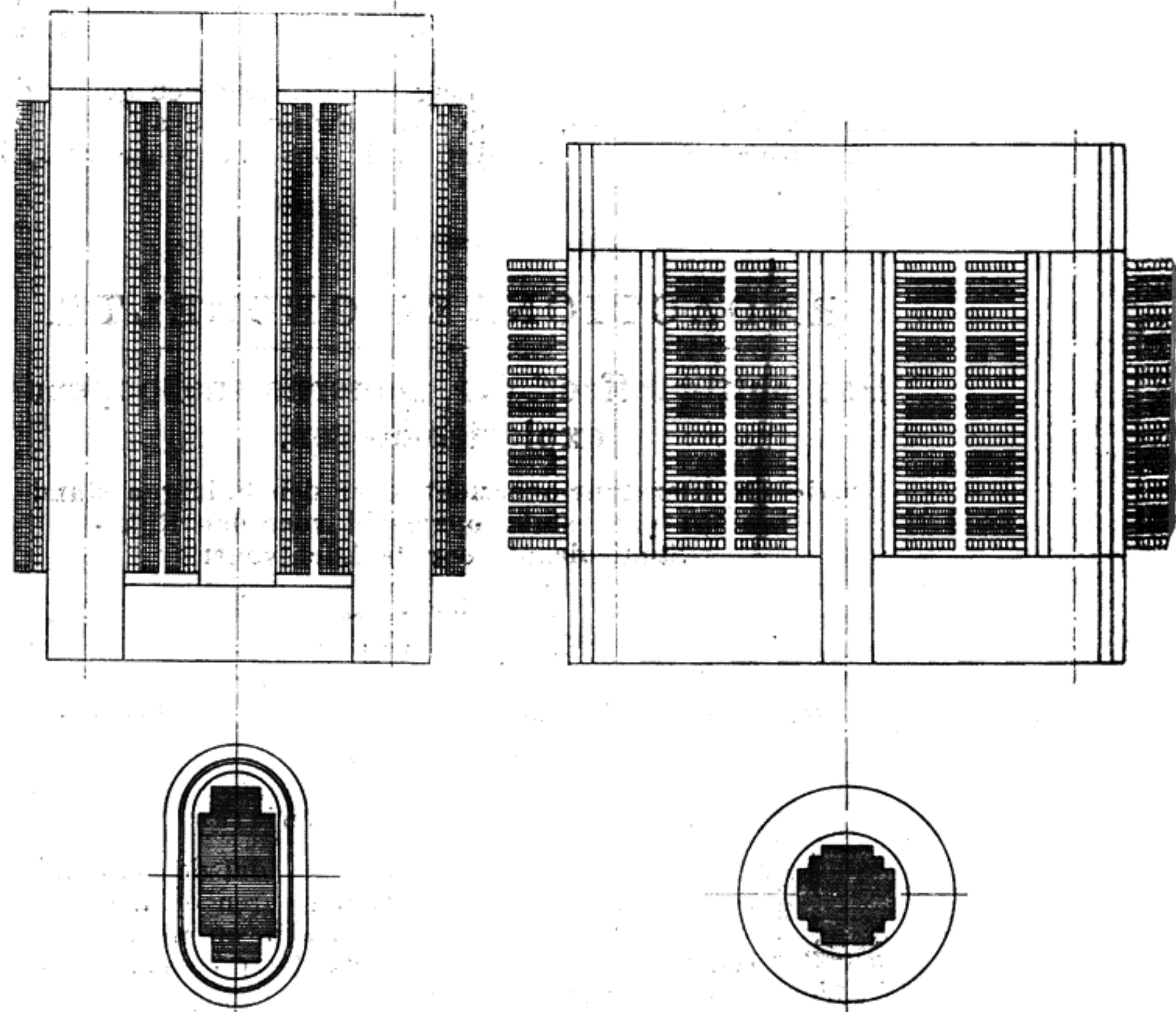


Fig. 3.

Fig. 4.

voren weggenomen wordt. De spoelen zijn gecentreerd om de kernen door pertinanschilden en spieën. Alle blokjes, die de spoelen op afstand moeten houden, zijn op spieën geregen, zoodat zij nooit van hun plaats kunnen komen. De spoelen zelf zijn met plat draad gewikkeld, zoodat zij zonder schade groote drukkrachten kunnen opnemen, terwijl nooit draden tusschen elkaar heen kunnen zakken, zooals bij rond draad mogelijk is. De spoelen hebben begin en einde aan den buitenkant, hetgeen een zeer mooie stripkopermontage mogelijk maakt. Bij groote stroomsterkten geschiedt de uitvoering aan laagspanningszijde door zware koperen strippen uit één stuk van af de spoelen tot boven het deksel.

Wij gelooven met recht te mogen zeggen dat wij nu de moeilijkheden doorgronden en te boven gekomen zijn, die de geweldige stroomsterkten der groote transformatoren aan den constructeur in den weg leggen. Naast deze groote stroomsterkten komen thans ook de zeer hoge spanningen onze aandacht vragen. Tot nu toe bleef het bouwen van transformatoren voor deze spanningen tot een enkelen grooten 30.000 volt transformator en eenige proeftransformatoren van 50 en 70 K.V. beperkt. Thans zal de 50.000 volt voor krachtverbrenging in ons land algemeen zijn intrede doen, en wij hopen aan het bouwen der hiervoor noodige transformatoren

een levendig aandeel te nemen. Was voor de groote stroomsterkten het magnetische veld het meest van belang, thans zal het elektrische veld zorgvuldig beschouwd moeten worden, en het zijn dan ook geheel andere problemen, die nu onze aandacht vragen: veldverdeling in achter elkaar geschakelde diëlectrica, gevaarlijke concentratie van elektrische krachtlijnen bij ongunstigen vorm der geleiders, het bepalen der noodige afstanden met het oog op doorslag- en overslaggevaar, de hooge spanningen, die tusschen windingen kunnen optreden bij instabiele vereffeningsverschijnselen en overspanningen. Al deze vraagstukken deden zich feitelijk reeds voor bij den bouw der kleine transformatoren voor zeer hooge spanningen, die reeds voltooid werden; bovendien zijn zij in de laatste jaren reeds van zoovele zijden onderzocht en behandeld, dat er naar mijn meening geen onoverkomelijke bezwaren voor ons te duchten zijn. Mocht uw Afdeeling onze fabriek later nog eens met een bezoek vereeren dan zullen er, naar ik overtuigd ben, naast groote transformatoren van middelmatige spanningen en enkele kleine transformatoren voor zeer hooge spanning ook transformatoren te zien zijn, die hun groote vermogen onder zeer hooge spanning verwerken en wij zullen daarin dan niets buitengewoons meer vinden.

Ik hoop dat u hedenmiddag met een tevreden gevoel de fabriek zult verlaten, in de overtuiging, dat al, wat op transformatorengebied noodig is, in ons land gemaakt kan worden.

## REDACTIONEEL GEDEELTE.

### Het nuttig effect der moderne snelloopende explosiemotoren.

Kritisch literatuur-overzicht over den huidige stand van dit vraagstuk, opgesteld voor den Rijks-Studiedienst voor de Luchtvaart

DOOR

ir. I. BAWLY,

ingenieur bij den Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart.

(Met afbeeldingen.)

#### A. Inleiding en definities.

Daar meerdere malen gebleken is, dat de vele onderzoekingen, welke in de laatste jaren op het gebied van explosiemotoren, gedaan zijn, en waarvan vele een werkelijke verbetering van het proces ten gevolge hadden, geen algemeene bekendheid bezitten, werd besloten het onderstaande kritische overzicht samen te stellen, dat den huidige stand der motorentechniek zou moeten weergeven, en dat tevens, door zijn conclusies, een richtsnoer zal moeten vormen voor de proefnemingen, welke de Rijks-Studiedienst voor de Luchtvaart in de komende jaren zal ondernemen.

Het blijkt nog steeds, ondanks vele pogingen, niet mogelijk op eenvoudige wijze het nuttig effect van een explosiemotor uit de gegevens te bepalen.

De theoretische formules, welke het nuttig effect geven als functie van compressieverhouding, of temperaturen of drukken, blijken in de praktijk niet op te gaan, daar vaak oogen-schijnlijk bijkomstige oorzaken diepgaanden invloed op het vermogen en het verbruik van den motor hebben.

In het volgende is daarom getracht, aan de hand van de onderzoekingen der laatste jaren, een systematisch overzicht te geven en zooveel mogelijk de grootte te bepalen van de vele oorzaken, welke het nuttig effect van explosie- en speciaal van vliegtuigmotoren kunnen beïnvloeden, teneinde hieruit de wegen ter verbetering van dit nuttig effect te kunnen afleiden.

De indeeling is hierbij ten deele bijgehouden van een desbetreffende rede van A. H. GIBSON, getiteld „Aero-Engine Efficiencies” (verschenen als No. 3 van de *Transactions of the Royal Aeronautical Society*); de opgaven zijn ontleend aan de in de literaturopgave aan het slot van dit artikel voorkomende boeken en periodieken en ten deele uit experimenten

van den Rijks-Studiedienst voor de Luchtvaart verkregen.

*Definities.* In het volgende worden drie soorten van nuttig effect beschouwd en wel:

- het mechanisch nuttig effect,
- het volumetrisch nuttig effect (vullingsgraad),
- het thermisch nuttig effect.

Onder mechanisch nuttig effect zal worden verstaan: het quotiënt  $\frac{N_{as}}{N_i}$ , waarin dan beteekent:  $N_{as}$  het vermogen, be-

schikbaar aan de as, dus het geïndiceerd vermogen, verminderd met alle wrijvings- en pompverliezen, optredende in den motor, hierbij inbegrepen de arbeid, benodigd voor het aanzuigen en uitdrijven der lading en voor de circulatie van olie en water (waarbij bij roteerende motoren ook de arbeid, benodigd voor overwinning der ventilatieverliezen, moet worden gerekend), terwijl:  $N_i$  = het geïndiceerde vermogen.

Onder vullingsgraad zal worden verstaan: het quotiënt:  $\frac{G_{tot}}{G_{im}}$ , waarin dan beteekent:  $G_{tot}$  = het totale gewicht der aangezogen lading, en  $G_{im}$  = het gewicht van een denkbeeldige lading, welke verkregen wordt door het totale slagvolume van den cylinder gevuld te denken met gas van dezelfde samenstelling als de aangezogen lading, bij een spanning van 760 m.M. en een temperatuur van 0° C.

Onder thermisch nuttig effect zal worden verstaan het quotiënt:  $\frac{N_i}{N_{br}}$ , waarin beteekent:  $N_i$  = het geïndiceerde vermogen en  $N_{br}$  = het arbeidsvermogen, dat bij volledige verbranding van de toegevoerde brandstof ter beschikking komt.

#### B. Het mechanisch nuttig effect.

1. *De mechanische verliezen.* De mechanische verliezen, optredende in den explosiemotor, bestaan uit:

I. Het vermogen, benodigd voor het overwinnen van den wrijvingsweerstand der bewegende deelen (bij roteerende motoren nog vermeerderd met het vermogen voor de rotatie), onder te verdeelen in:

- a. Wrijving der lagers en aandrijving van het distributiesysteem en hulpwerktuigen en
- b. Zuigerwrijving, benevens
- (c. Ventilatieweerstand bij roteerende motoren).

II. Het vermogen, noodig voor het aanzuigen en uitdrijven der lading.

De verliezen, onder I genoemd, de z.g. „wrijvingsverliezen”, hangen in het algemeen af van:

- a. De „vormgeving” van den motor.
- β. Het toerental.
- γ. De temperatuur van het koelwater.

De invloed, onder a genoemd, behoeft geen nadere toelichting.

Wat den invloed onder β betreft, uit proeven van JUDGE met een vier-cylinder-automobielmotor (de wijze van bepaling is hierbij niet opgegeven) zou blijken, dat deze verliezen toenemen met het toerental, en wel in grootere mate dan direct evenredig met het toerental (1), n.l. volgens de formule:

$$W = fn^{1.5 \text{ à } 2}$$

waarin  $W$  = wrijvingsverliezen

$n$  = toerental

$f$  = constante,

althans, wanneer alle andere omstandigheden gelijk blijven.

Het blijkt n.l., dat de wrijvingsverliezen bestaan uit twee wel te onderscheiden deelen en wel:

- 1°. Wrijvingsverliezen tengevolge van den statischen druk van de explodeerende gassen en
- 2°. wrijvingsverliezen van de roteerende deelen.

Het deel onder 1°. blijft constant bij constante vulling (in de praktijk zal dit deel bij grootere snelheid dus zelfs iets afnemen, daar hierbij gewoonlijk de vulling kleiner wordt); het deel onder 2°. hangt af van den druk tusschen de roteerende deelen, welke eveneens constant blijft bij gelijke vulling, en tevens van de inertiekrachten, welke toenemen met het kwadraat van de snelheid. Het vermogen, noodig voor het aandrijven der hulpwerktuigen, blijkt eveneens sneller toe te nemen dan evenredig met het toerental.

2a. *Het vermogen, benodigd voor het overwinnen der ver-*

(1) Zie JUDGE, blz. 164, e.v.