

DE INGENIEUR.

601

Orgaan

VAN HET KON. INSTITUUT VAN INGENIEURS — VAN DE VEREENIGING VAN DELFTSCHE INGENIEURS.

Weekblad gewijd aan de techniek en de economie van Openbare Werken en Nijverheid.

Het Koninklijk Instituut van Ingenieurs en de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs stellen zich in geen deele verantwoordelijk voor de denkbeelden in de onderscheiden bijdragen ontwikkeld of toegelicht.

Commissie van Toezicht: W. F. LEEMANS c. i., staatsraad in buitengewonen dienst, oud-hoofdinspecteur-generaal van den Rijks-Waterstaat, te 's-Gravenhage, *president*; E. H. STIELTJES c. i., voorzitter van den Raad van Toezicht op de Spoorwegdiensten, te 's-Gravenhage, *secretaris*; J. C. DIJXHOORN w. i., hoogleeraar in de Werktuigbouwkunde aan de Technische Hoogeschool, te Delft.

Verantwoordelijk Hoofdredacteur: R. A. VAN SANDICK c. i.

Plaatsvervangend Hoofdredacteur: C. J. HUDIG.

<p>Prijs per Jaargang: <i>Franco per post.</i></p> <p>Voor Nederland f 10.— Voor het Buitenland met vooruitbetaling . . . 15.— Men abonneert zich voor een jaargang (1 Jan.—31 Dec.). Over het bedrag der abonneementen in Nederland wordt <i>halfjaarlijks</i> door de Administratie beschikt. Afzonderlijke nummers: Binnenland, 50 cents; Buitenland, 60 cents. — Bewijsnummers: Binnenland, 25 cents; Buitenland, 35 cents.</p>	<p>Verschijnt elken Zaterdag.</p> <p>Stukken en mededeelingen, boeken, brochures, enz. te richten aan den Hoofdredacteur: <i>Diligentia</i>, Lange Voorhout, te 's-Gravenhage, (Telefoon: 2170). VOOR ABONNEMENTEN zich te wenden tot de ADMINISTRATIE van dit Blad, Paviljoensgracht No. 17 & 19, te 's-Gravenhage. ADVERTENTIËN in te zenden aan de ADMINISTRATIE van dit Blad, Paviljoensgracht No. 17 & 19, te 's-Gravenhage. Firma F. J. BELINFANTE, voorheen A. D. SCHINKEL. (Telefoon 2036.) Afzonderlijke Nummers worden — voor zoover de voorraad strekt — het eerst aan Abonnés geleverd.</p> <p>'s-Gravenhage, 24 Juli 1915.</p>	<p>Prijs der Advertentiën:</p> <p>Per regel f 0.25 Groote letters naar plaatsruimte. Abonneementen volgens afzonderlijke overeenkomst Advertentiën van <i>Aanbestedingen</i> f 0.15 per regel. Idem bij 2e en 3e plaatsing f 0.10 per regel. Over het bedrag der Abonneementen op advertentiën wordt driemaandelijks beschikt.</p>
--	--	---

INHOUD.

Officieel: Ver. van Delftsche Ingenieurs. Algemeene zomervergadering op 11 September 1915; Bureau tot plaatsing van ingenieurs in het binnenland. — Kon. Inst. van Ingenieurs: Afd. voor Werktuig- en Scheepsbouw. Mededeelingen betreffende de Ljungström-turbine, vervaardigd door de Svenska Turbinfabriks Aktiebolaget Ljungström te Finspong, Zweden. Voordracht van F. P. G. VAN LOENEN MARTINET (*met afbeeldingen*).

Redactioneel: † JAN SPRINGER, door R. A. VAN SANDICK c. i. (*met portret*). — Boekbespreking: De Waterstaatsingenieur 1915, No. 2; Electr. Zeitschrift 1915, afl. 24. — Weerkundige waarnemingen. — Rivierberichten. — Binnenlandsche berichten. — Officieele berichten. — Officieele berichten uit Indië. — Personalialia. — Open betrekkingen. — Erratum.

Dit nummer heeft 22 bladzijden.

OFFICIEEL GEDEELTE.

VEREENIGING VAN DELFTSCHE INGENIEURS.

Aan de leden wordt voorloopig medegedeeld, dat de Algemeene Zomervergadering gehouden zal worden op Zaterdag 11 September 1915 te Dordrecht.

De Secretaris,

16 Juli 1915.

P. J. VAN VOORST VADER.

De beheerder van het bureau tot plaatsing van ingenieurs in het binnenland is tijdelijk afwezig.

Met 1 September 1915 wordt zijn bureau gevestigd:

Koninginnegracht 140 's-Gravenhage.

De Secretaris,

16 Juli 1915.

P. J. VAN VOORST VADER.

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS.

AFDEELING VOOR WERKTUIG- EN SCHEEPSBOUW.

Mededeelingen betreffende de Ljungström turbine, vervaardigd door de Svenska Turbinfabriks Aktiebolaget Ljungström te Finspong, Zweden.

Voordracht, gehouden in de Vergadering van de Afdeeling voor Werktuig- en Scheepsbouw van 9 Januari 1915

DOOR HET LID

F. P. G. VAN LOENEN MARTINET.

(*Met afbeeldingen.*) (1)

Toen de belangrijke toename der stroomlevering door de Delftsche Centrale uitbreiding van het machinevermogen noodzakelijk maakte, heb ik gemeend een ernstig onderzoek te moeten instellen naar het nieuwste op het gebied van het turbinewezen en kwam mij in handen een verhandeling over de Ljungström-turbine, gepubliceerd in *Engineering* van 12 en 19 April 1912 (2), waaruit mij bleek, dat de eerste turbine volgens LJUNGSTRÖM met een vermogen van 1000 K.W. was opgesteld in de centrale van de North Metropolitan Electrical Power Supply Cy. Ltd., te Willesden N.W. van Londen, door The Brush Electrical Engineering Cy. Ltd. te Londen.

November 1913 was ik in de gelegenheid deze centrale te bezoeken en had het genoegen kennis te maken met deze nieuwe turbine, die algemeen de aandacht heeft getrokken.

De machine is een dubbel roterende radiale reactie-turbine

(1) De afbeeldingen en vele gegevens zijn ontleend aan de brochures, mij welwillend door de Svenska Turbinfabriks Aktiebolaget Ljungström te Finspong en The Brush Electrical Engineering Cy. Ltd. te Londen toegezonden, waarvoor ik bij deze mijn erkentelijken dank uitspreek.

(2) «The Brush-Ljungström Steamturbine», *Engineering* April 12 and 19, 1912.

Zie ook «Die Ljungström Dampfturbine» von Dipl.-Ing. K. HOESER. *Zeitschrift für das gesammte Turbinenwesen* 1912, Heft 12/22.

met bijzonder laag stoomverbruik. De bedrijfsingenieur te Willesden was zeer tevreden over zijn nieuwe machine, die zich gedurende een jaar, voortdurend met volle belasting loopende, op uitnemende wijze van haar plicht had gekweten. Een nieuwe 5000 K.W. turbine was nabesteld en bij de Brush Cy. in de maak.

Hoewel ik den indruk kreeg van een onpartijdig oordeel, was toch voorzichtigheid in deze geboden, daar mij bij onderzoek was gebleken, dat de North Metropolitan Electrical Power Supply Cy. en de Brush Cy. financieel gelieerd zijn en bij de nabestelling wel eens andere belangen in het spel zouden kunnen geweest zijn, dan juist die, welke voor een buitenstaander over het algemeen maatgevend zijn.

Meer waarde heeft het attest van de St. Pancrasborough Council van 15 October 1914 (1), die, na het succes met haar eerste 1000 K.W. turbine, een van 5000 K.W. in bestelling heeft gegeven. De praktijk in die centrale geeft aan, dat het stoomcijfer bij volle belasting van een opgestelde 2200 K.W. turbine van niet nader aangegeven fabrikaat 7.34 K.G. stoom per K.W.U. bedraagt, terwijl de opgestelde 1000 K.W. Ljungström daar 5.8 K.G. bereikte. Bij $\frac{1}{4}$ belasting bedroegen de cijfers van oude en nieuwe machine resp. 10.35 en 8.08 K.G. (2). Een dergelijke besparing is voor een centrale-directeur om van te watertanden.

Een onzer medeleden, hier aanwezig, was zoo vriendelijk mij een berichtje ter hand te stellen (3), waarin mededeeling wordt gedaan van de onlangs gehouden proefvaart van een stoomboot, voorzien van 2 Ljungström-turbines, elk van 400 K.W., die met tusschenschakeling van generator en electromotor de voortstuwing bewerken. Tegenover een boot van dezelfde grootte, doch voorzien van gewone triple-expansie-machine, was een kolenbesparing van 30 pCt. gegarandeerd. Bij den proeftocht bleek de besparing 0.4 K.G. per uur en P.K. of 35 pCt. te bedragen. Het vaartuig is bestemd voor de vaart tusschen Göteborg en Stockholm.

Eenige dagen geleden ontving ik van de fabrikanten in Zweden het bericht, dat bij officieele proeven met een 1000 K.W. turbine voor de Sandvikens Järnverks A.B. in Zweden een stoomverbruik van 5.2 K.G., en bij de jongste machine van dezelfde grootte, bestemd voor de Skärblacka Papierfabrik nabij Finspong, een stoomverbruik van 5.11 K.G. was geconstateerd. De omstandigheden, waaronder deze proeven geschieden, zijn mij niet bekend, zoodat het moeilijk is een vergelijking te maken met andere turbine-systemen. Door de firma STORK & Co., aan wien ik het doel van mijn schrijven mededeelde, werd opgegeven als stoomcijfer voor een Zoelly 1000 K.W. machine in de gunstige omstandigheden bij vollast met stoom van 358° C., 11.7 K.G./c.M². en 96 pCt. vacuum van 5.76 K.G. per K.W. per uur, dat is dus 0.65 K.G. stoom meer of 12.7 pCt.

Na vluchtige kennismaking achtte ik het wel gewenscht zorgvuldig na te gaan of de aanschaffing van een Ljungström-turbine voor mijn bedrijf kon worden aanbevolen.

Behalve het bezoek aan de Willesden Centrale, bezocht ik de fabriek der Brush Cy. te Loughborough, die de 5000 K.W. turbo voor de bovengenoemde centrale in de maak had. Verschillende onderdeelen heb ik daar kunnen bestudeeren met uitzondering van de schoepringen, die uit Zweden werden betrokken.

De schoepringen vormen een zeer belangrijk onderdeel van de Stal-turbine, zooals de machine tegenwoordig wordt genoemd. (Het woord „Stal” is samengesteld uit de beginletters van de firma.)

December 1913 was ik ook in de gelegenheid de fabriek te Finspong in Zweden te bezoeken en wel in gezelschap van den heer J. STRUMPLER, u allen bekend.

De fabriek van de Svenska Turbine Aktiebolaget Ljungström is gevestigd in de vroegere Zweedsche kanonnenfabriek, die door de vennootschap met alle toebehooren is overgenomen.

Het oude kasteel, eertijds de residentie van den Zweedschen KRUPP, is gedeeltelijk als kantoor, gedeeltelijk als woning voor het personeel ingericht, daar het kleine Finspong weinig gelegenheid biedt voor goede huisvesting.

Het geheel maakt een grootschen indruk, het kasteel en het park met serres, vijvers en watervallen.

(1) *Engineering*, October 30, 1914.

(2) De cijfers zijn gebaseerd op de volgende toestanden: stoomdruk 180 lbs, oververhitting 200° F., vacuum 28", barometer 30".

(3) *Handelsberichten* 7 Januari 1915, blz. 726.

Een groote hall droeg de sporen van het feest, dat den vorigen avond, eenige dagen vóór Kerstmis, was gevierd. De tuinkamer was ingericht tot biljartzaal. In een zijgang lazen wij dat in de 17e eeuw door den Amsterdamschen koopman LODEWIJK DE GEER aan den Koning van Zweden een oorlogsschip ten geschenke was gegeven wat ons Hollandsch hart goed deed. Zijwaarts van het park ligt de fabriek.

Doch nu ter zake:

Zooals reeds gezegd is de Ljungström-turbine een radiale turbine met dubbele roteering, d. w. z. de leischoepen doen eveneens als werkschoepen dienst en roteeren tegengesteld. Voorts is de machine als zuivere reactie-turbine geconstrueerd.

Er zijn reeds vroeger radiaal-turbines ontworpen, waarbij de lei- en werkschoepen met gelijke snelheid, doch in tegengestelden zin, draaien. Door rotatie van de leischoepen wordt een verdubbeling der omtreksnelheid verkregen, of, bij eenzelfde omtreksnelheid, kan het aantal toeren de helft worden. Is de hoogste omtreksnelheid voorgeschreven, dan werkt de dubbelroterende turbine met tweemaal grooter stoom-

snelheid dan de normale turbine bij een gelijke $\frac{U}{C_1}$. Bij

gelijk rendement der enkele trappen kan de spanningsvermindering per trap 4 maal grooter worden, waardoor het aantal trappen kleiner wordt. Om eenzelfde totaal rendement te verkrijgen moeten de uitstrotingsverliezen, die 4 maal grooter zijn, op bijzondere wijze verminderd worden, o. a. is voorgesteld snelheidstrappen aan te brengen, die een deel van de uitstrotingsenergie nuttig maken. Doch de praktische uitvoering zou moeilijk zijn omdat de laatste schoepen zeer groot moeten worden.

LJUNGSTRÖM heeft in deze zijn eigen weg bewandeld, die tot een goede oplossing heeft geleid.

Het zal velen uwer bekend zijn dat, theoretisch beschouwd, bij stoomturbines het reactie-principe voordeelen bezit boven het drukprincipe. Dat vele constructeurs toch aan het laatste de voorkeur geven vindt zijn grond daarin, dat de toepassing bij drukturbines van stoom met hoogen druk en sterke oververhitting minder moeilijkheden geeft. Wij noemen b.v. de Zoelly-, Rateau-, Curtis-turbines, die allen volgens het actie-principe zijn gebouwd.

De reactie-turbine wordt o. m. door de Parsons-turbine vertegenwoordigd. De lange bouw typeert ze. Om de lekverliezen gering te maken moet het drukverschil per trap klein, het aantal trappen groot zijn. Groote afmetingen zijn hiervan het gevolg.

Bij grootere vermogens is de fabrikant gedwongen het zuivere reactie-type gedeeltelijk te verlaten door het bekende snelheidsrad in te bouwen, zooals b.v. bij de Brown Boveri- en de Melms Pfenniger-turbines het geval is, waar dikwijls tot 40 pCt. van het vermogen door het snelheidsrad wordt geleverd. Het overige gedeelte is als zuivere reactie-turbine behouden, een en ander echter ten koste van het stoomverbruik.

Ter vermindering van lekverliezen is een kleine middellijn van het schoepenrad gewenscht; naar verhouding moeten dan echter lange schoepen worden toegepast. Hierdoor ontstaat het nadeel van ongelijke omtreksnelheid van de verschillende

deelen der schoepen, waardoor de bekende verhouding $\frac{U}{C_1}$

van omtreksnelheid tot stoomsnelheid in de verschillende deelen van een schoep verschillend wordt. Dit verschil kan 50 tot 60 pCt. bedragen; wrijvingsverliezen zijn hiervan weer het gevolg. Daarbij komt nog dat bij lange schoepen de centrifugaalkracht nadeelig werkt. Allemaal oorzaken, waardoor de reactie-turbines in de praktijk niet de theoretisch mogelijke stoomcijfers kunnen behalen, en de constructeur van de reactie-turbine een compromis dient te sluiten met de verschillende eischen der praktijk.

Den heer LJUNGSTRÖM is het gelukt met vermindering van bovengenoemde bezwaren een zuivere reactie-turbine te construeeren door een radiale uitstroaming van den stoom te kiezen. Met de waarlijk schitterende constructie zijn vele moeilijkheden glansrijk overwonnen.

Zijn turbine heeft een laag stoomverbruik, gering gewicht en kleine afmetingen.

Het laatste blijkt al heel duidelijk uit fig. 1, die een vergelijking geeft van een Tosi-Parsons-turbine van 12.000 P.K. met een Ljungström-turbine van 11.000 P.K. dus bijna van gelijk vermogen. Men mag bij de vergelijking echter niet vergeten, dat de Parsons-turbine één generator, de Ljungström

VERGELIJKING VAN DE AFMETINGEN VAN EEN 12000 P.K. TOSI-PARSONS
TURBINE MET EEN 11000 P.K. LJUNGSTRÖM TURBINE.

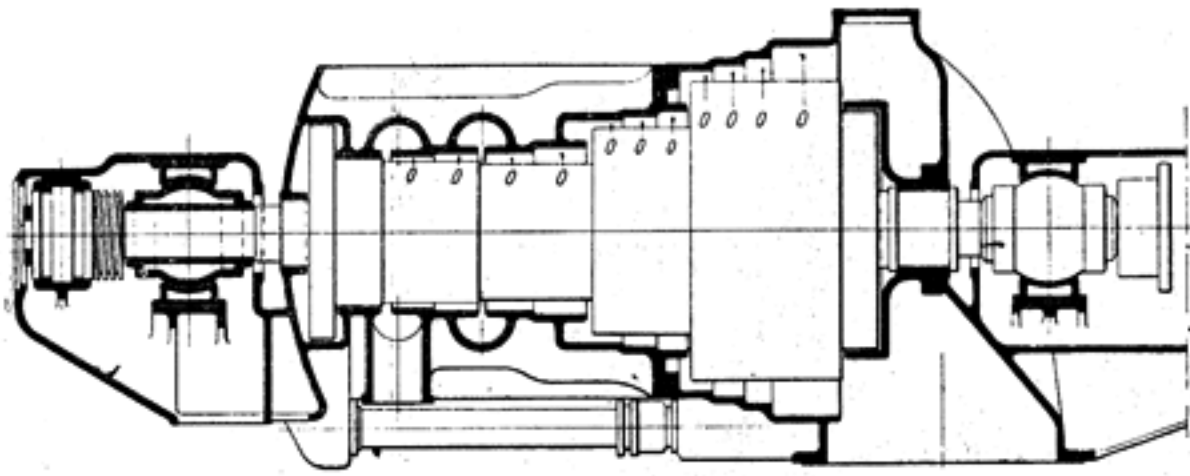


Fig. 1a.

EENZIJDIG ROTEREENDE LJUNGSTRÖM
TURBINE.

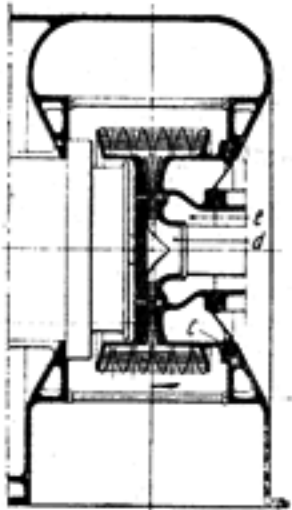


Fig. 1b.

DUBBEL ROTEREENDE LJUNGSTRÖM
TURBINE.

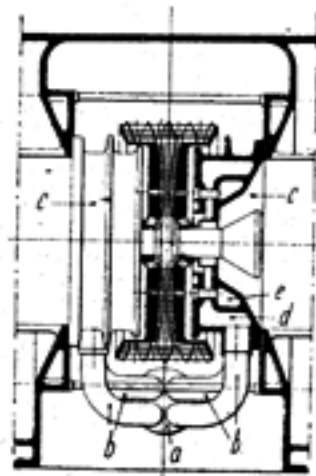


Fig. 1c.

Schaal 1 : 75.

1000 K.W.-LJUNGSTRÖM-STOOMBURBINE MET CONDENSATIE-INRICHTING,
VOORLOOPIG OPGESTELD IN DE ELECTRICHE CENTRALE
TE WILLESDEN.

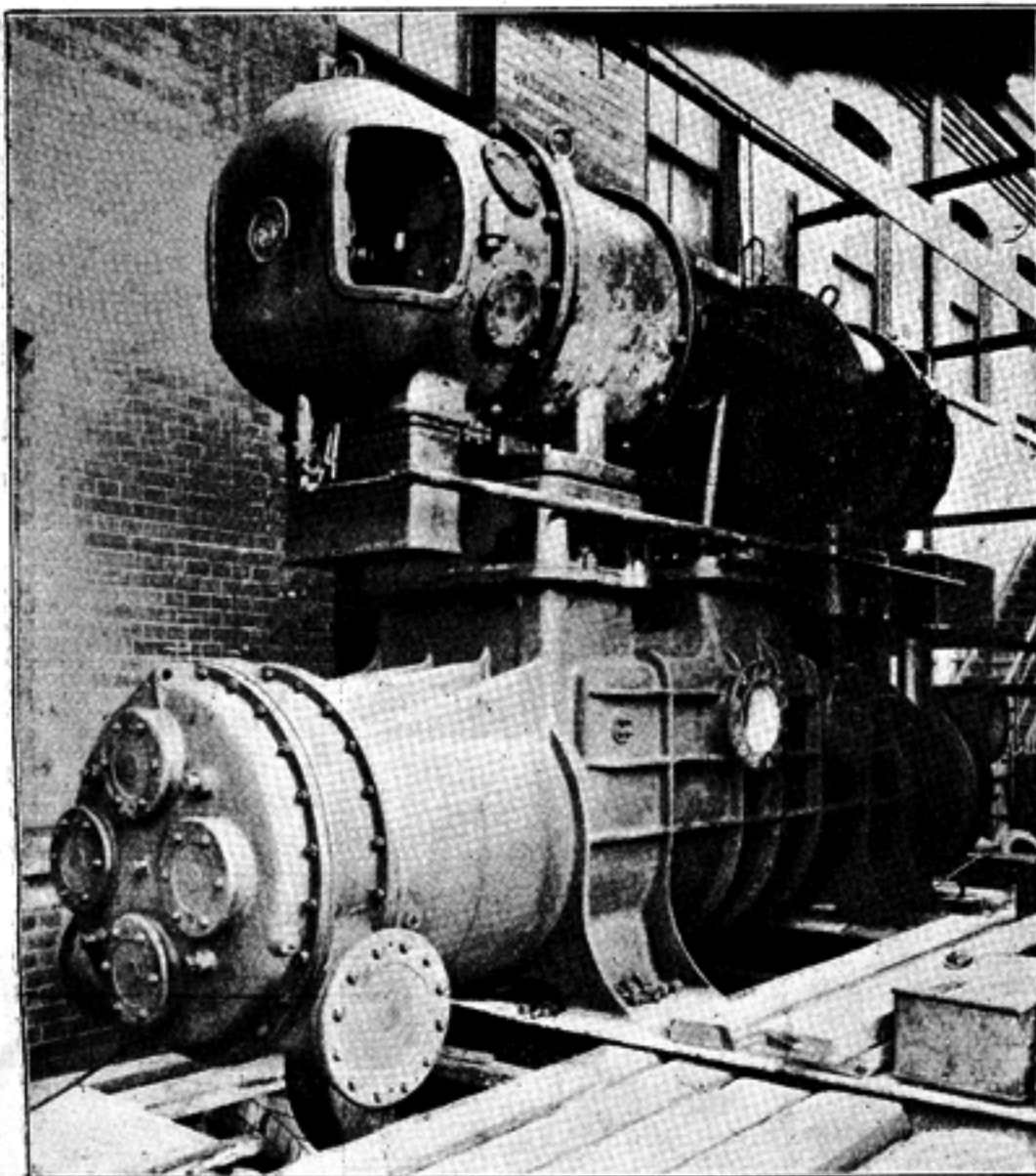


Fig. 2.

twee generatoren elk van het halve vermogen drijft, waardoor
weer een deel van de ruimtewinst te niet gaat.

Doch een Ljungström-turbine van dit groote vermogen
bestaat tot heden nog alleen op het papier. Weldra zal een
5000 K.W. type in werking gesteld worden, terwijl een
1000 K.W. turbine eenige jaren in werking is en eenige
aggregaten van hetzelfde vermogen onlangs in werking
gesteld zijn.

De te Willesden opgestelde machine is in fig. 2 afgebeeld.
De opstelling is tijdelijk, de centrale werd gedurende mijn
bezoek belangrijk verbouwd.

Verschillende merkwaardigheden vallen direct in het oog.
Allereerst de eigenaardige opstelling. De turbine is direct
op den condensor gebouwd. Het gewicht der aan beide zijden
aangebrachte generatoren, die in vollen omvang aan het
turbinehuis bevestigd zijn, wordt door middel van veeren,

DE BEIDE ROTOREN EENER LJUNGSTRÖM-TURBINE.

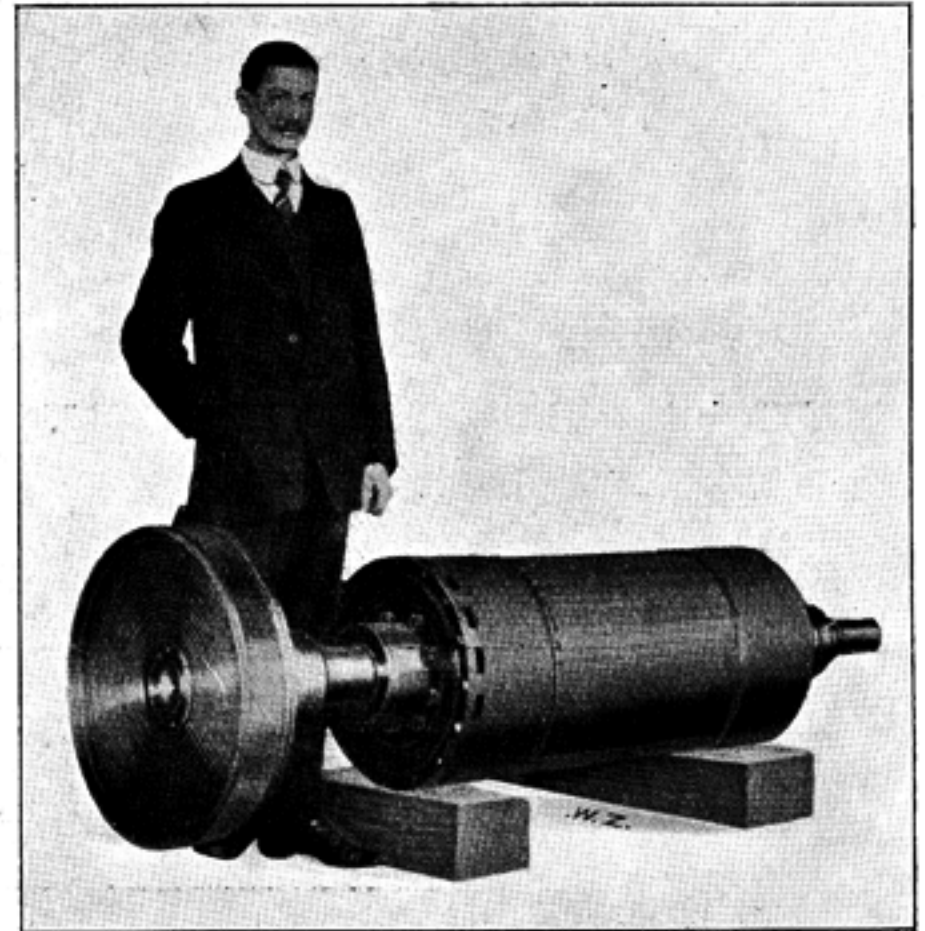


Fig. 3a.

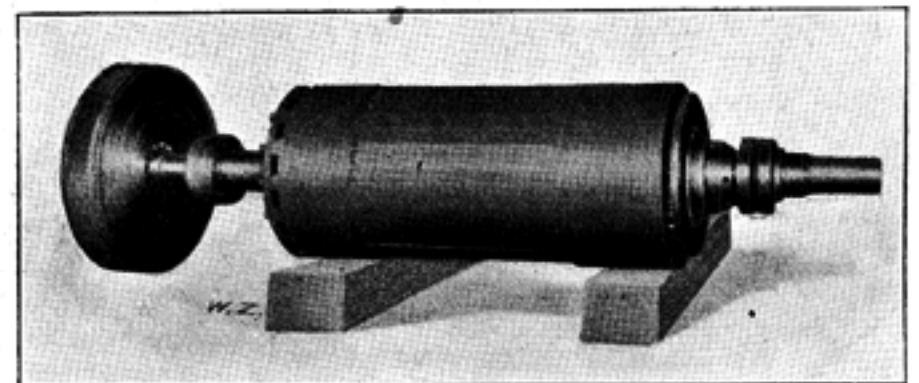


Fig. 3b.

die tusschen condensor en stator zijn aangebracht, opge-
heven.

De rotoren draaien tegen elkaar in, zwevend op de assen
zijn de beide turbinehelften gemonteerd (fig. 3).

Hier ziet men de rotoren elk met een turbinehelft. Het
zijn schijven met verscheidene ringen, samengesteld uit louter
schoepen. De schoepenringen van beide rotoren passen om
den ander in elkaar. De nabij de as door de schijf stroomende
stoom passeert radiaal de verschillende schoepen en doet de
rotoren in tegengestelde richting draaien.

Wordt de bovenhelft van het turbinehuis verwijderd,
waarvoor ca. 50 bouten losgemaakt moeten worden, dan
krijgen wij het gezicht op de eigenlijke turbine (fig. 4). In
het midden de schoepen van het lagedruk-gedeelte, aan beide
zijden daarvan de stilstaande stoomkasten. Aan de linkerzijde
zijn de windingen van een der generatoren zichtbaar. De
kappen der beide kussenblokken zijn verwijderd.

LJUNGRÖM-TURBINE MET AFGENOMEN BOVENHELFT VAN HET HUIS.
ZIJ-AANZICHT.

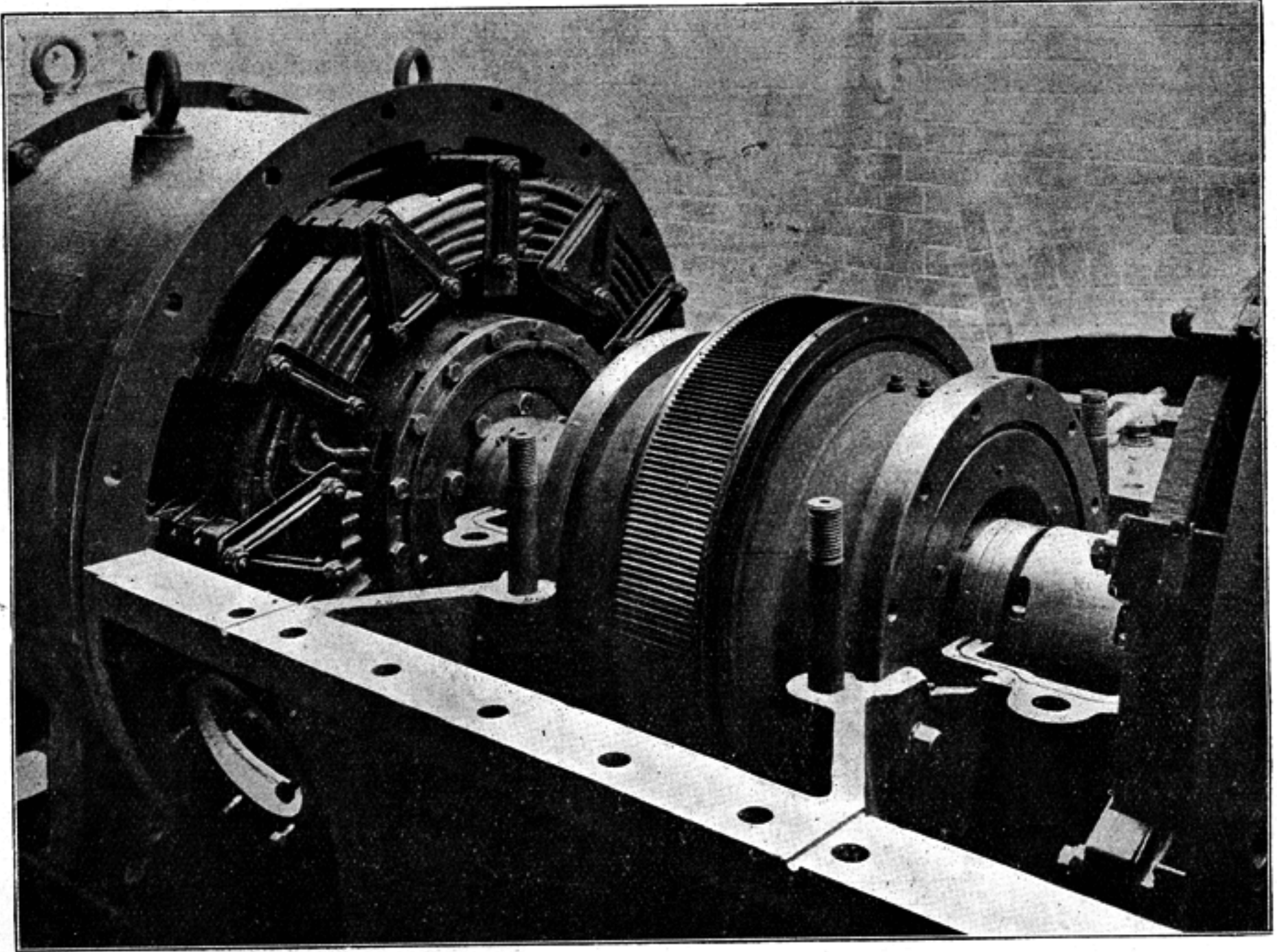


Fig. 4.

BOVEN-AANZICHT.

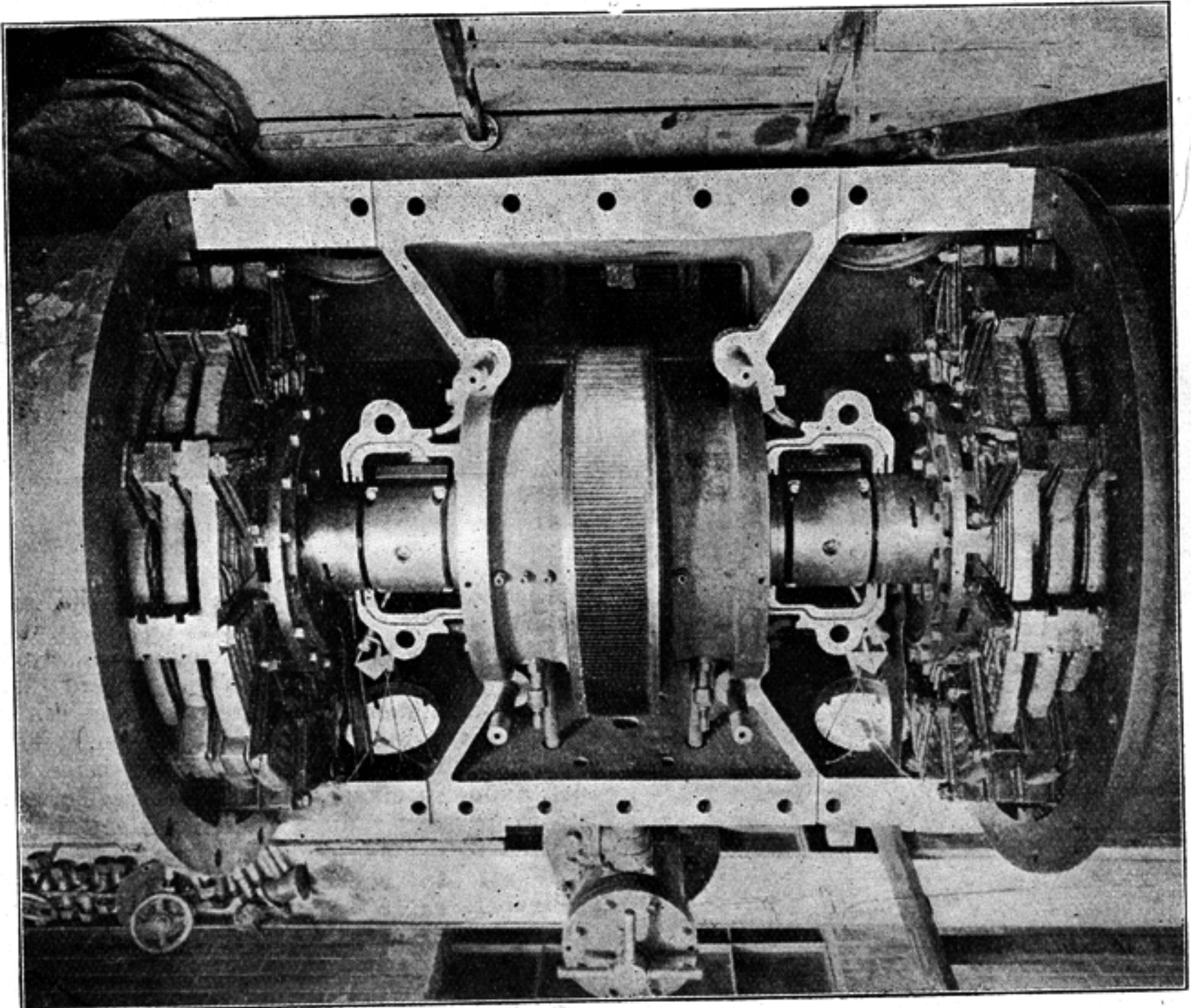


Fig. 5.

Dezelfde toestand is in fig. 5 te zien, doch nu van boven genomen. Aan de bovenzijde zijn de hoofdstoomklep, de twee veiligheidskleppen tegen overbelasting en de twee afvoerbuisen voor den stoom der pakkingbussen zichtbaar.

Op zeer eenvoudige wijze kan de eigenlijke turbine met de kraan worden uitgelicht (fig. 6). Daarvoor behoeft slechts de verbinding tusschen de turbineschijven en de as van de generatoren te worden losgemaakt.

HET UITLICHTEN VAN DE EIGENLIJKE TURBINE.

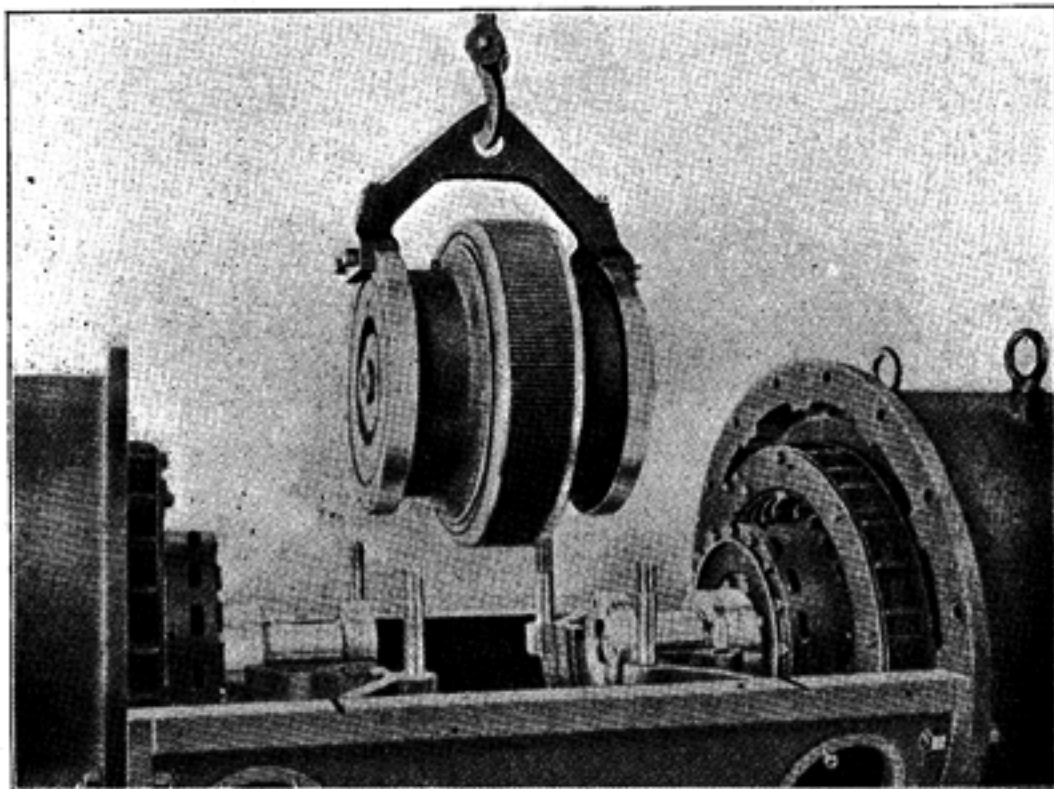


Fig. 6.

Het leege huis met de twee-armige stoomtoevoerbuis blijft dan over (fig. 7). Op de verbinding van deze buizen met de stoomkasten kom ik nog nader terug.

En zoo hebben wij dan in fig. 8 de eigenlijke turbine voor ons liggen, boven en onder de zgn. stoomkasten, in het midden de schoepenringen, die op de turbineschijven zijn gemonteerd. Naast zijn vinding staat de heer BIRGER LJUNGSTRÖM. Men ziet, dat deze 1000 K.W. turbine niet zeer

groot is, de hoogte bedraagt 50 c.M., de middellijn slechts circa 83 c.M.

De vaststaande stoomkasten zijn van de draaiende turbineschijven door een stoomlabyrinth gescheiden. De onderste

DE EIGENLIJKE TURBINE.
(1000 K.W.)

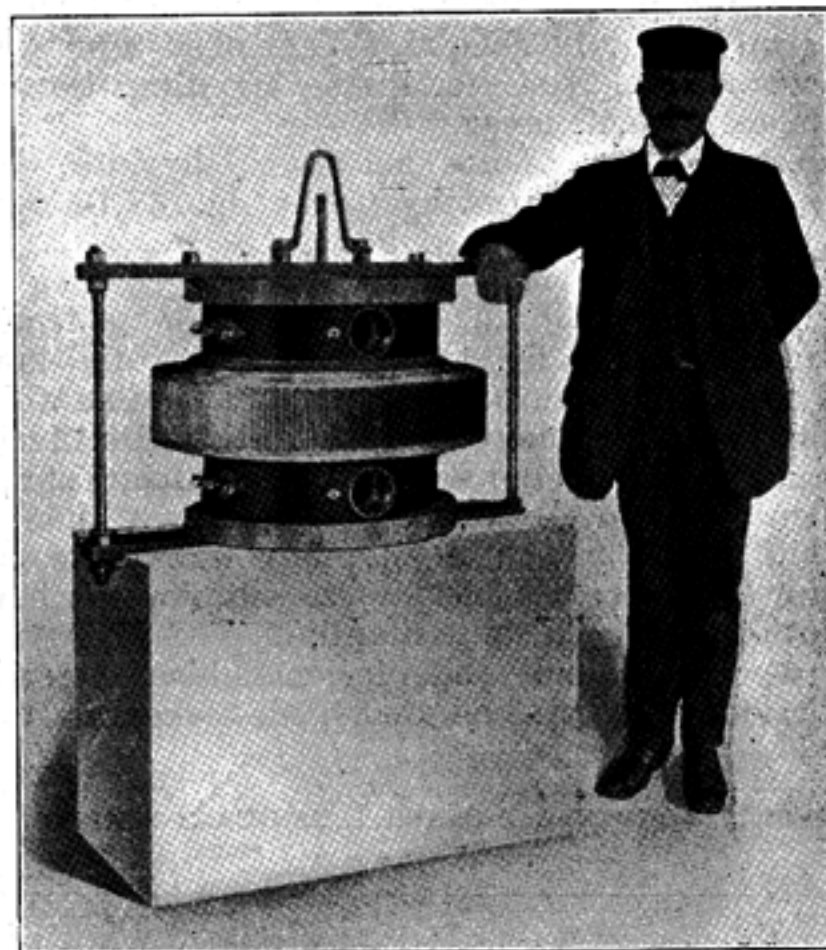


Fig. 8.

stoomkast is in fig. 9 weergegeven. Aan de bovenzijde is het stoomlabyrinth, rechts de stoomtoevoerpijp.

Ongeveer op den halven straal ziet men de openingen, welke bij overbelasting dienst moeten doen; de klep daarvoor is links vooraan zichtbaar. Rechts daarvan zit de stoomuitlaat van de pakkingbussen op de as.

HET LEDIGE HUIS EENER LJUNGSTRÖM-TURBINE, NADAT DE BOVENHEFT EN DE EIGENLIJKE TURBINE ZIJN VERWIJDERD.

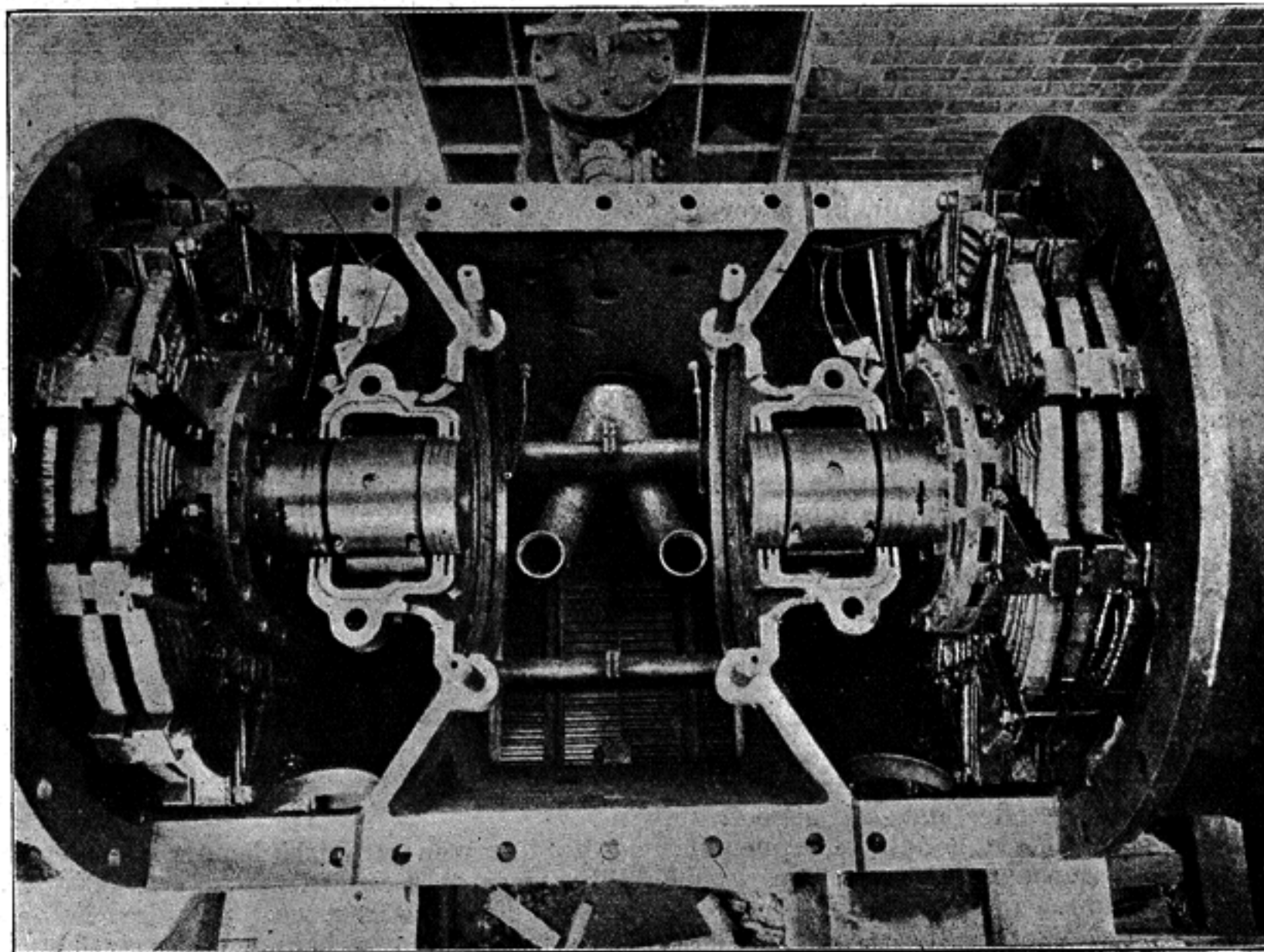


Fig. 7.

Na verwijdering van de stoomkasten blijven de beide turbineschijven met schoepenringen over (fig. 10). Een der turbineschijven staat op de flens, die met de as van den generator verbonden was. De beide schijven kunnen zonder meer van elkaar worden verwijderd. De verschillende schoepenringen worden dan zichtbaar.

In tegenwoordigheid van deskundigen is de geheele boven omschreven demontage ter inspectie van het inwendige der turbine in slechts twee uur geschied.

Fig. 11 vertoont de turbineschijf aan de labyrinth-zijde gezien, terwijl in fig. 12 drie schoepenringen zijn afgebeeld. De kleinste ring is van zeer kleine afmeting. De schoepjes er van zijn ca. 5 m.M. breed.

Verwijdert men ten slotte het stoomlabyrinth, dan blijft de turbineschijf met schoepenringen over (fig. 13). De openingen voor den stoominlaat zijn goed te zien.

Verwijdert men ten slotte de schoepenringen nog van de schijf, dan hebben wij de geheele turbine gedemonteerd. Alle deelen zien wij in fig. 14 voor ons. Aardig komt het uit welke afmeting de turbine zou hebben, indien alle ringen achter elkaar op een trommel gemonteerd waren. De 42 schoepenringen, waarvan er op elke schijf 21 gemonteerd zijn, passen dus om den ander in elkaar. Op de vlakplaat zien wij de turbineschijf, het labyrinth, de asstomp, waarop de schijf is gemonteerd, de moer waarmede deze schijf wordt bevestigd, de labyrinth-pakking en de asstomp.

Nu wij de verschillende onderdeelen hebben leeren kennen zal het niet moeilijk zijn de doorsnede-teekening te lezen.

ONDERSTE STOOMKAST EENER LJUNGSTRÖM-TURBINE.

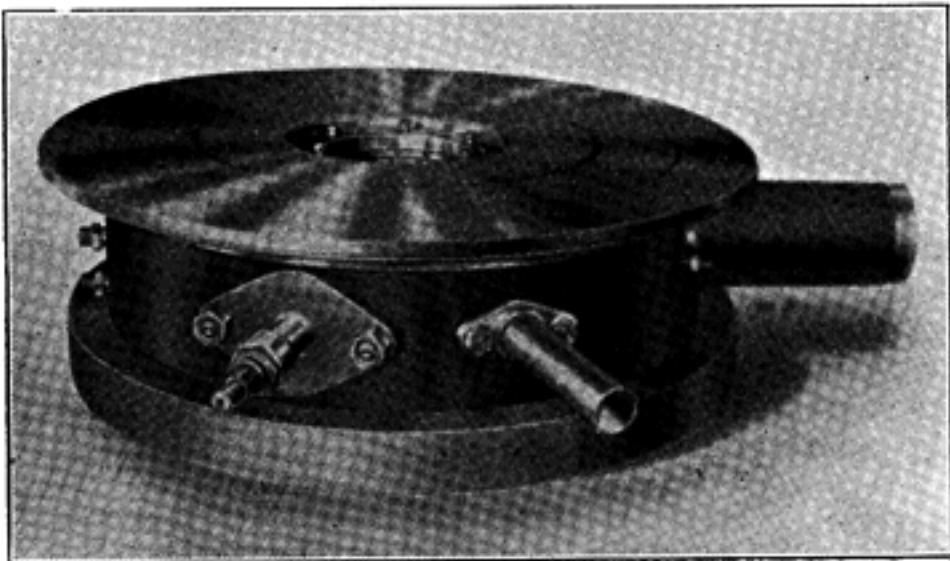


Fig. 9.

Fig. 15 geeft een doorsnede over de onderste helft van de 1000 K.W. turbine.

De versche stoom stroomt door de buis (1) in de holte (2), die zich in het inwendige van de stoomkast (3) bevindt, vloeit vervolgens door de uitsparingen (4) in het asvormig gedeelte van de turbineschijf (5) door de 42 schoepenringen (6) naar het vacuümgedeelte (7) van de turbine.

Het zal u opvallen, dat de schoepen aan de aszijde niet het kleinst zijn, doch aanvankelijk korter worden om daarna geleidelijk weer in lengte toe te nemen. Wij hebben hier te doen met twee factoren, n.l. volume-vermeerdering van den stoom en volume-vergroting van den stoomdoorlaat, tengevolge van het grooter worden van de middellijn van de schoepenring. Aanvankelijk overheerscht de laatste en moet de schoepenlengte verminderd worden om de juiste stoomsnelheid te verkrijgen.

De schoepenringen bestaan uit twee banden, die met de schoepen autogeen tot één geheel gelascht worden. De banden nemen in afmeting toe naarmate de ring grooter wordt, wat, met het oog op het toenemen van de mechanische spanningen tengevolge van de centrifugaalkracht, noodzakelijk is. Daar, waar de schoepen de geringste lengte hebben, is de breedte van den band ongeveer gelijk aan de lengte van de schoep. Ziehier de reden waarom LJUNGSTRÖM met de kleine schoepen voor den dag durft te komen, zonder dat hij behoeft te vreezen, dat de lekverliezen abnormale verhoudingen aannemen. De weg van den lekstroom is kunstmatig vergroot en wordt tevens bemoeilijkt door een dunne metaalstrip, die de doorstroomopening zoo gering mogelijk maakt. Op deze wijze is voldaan aan twee eischen, die de reactie-turbine stelt, n.l.

een groot aantal trappen met klein drukverschil en een lange weg voor den lekstroom aan de schoepeneinden, vooral in het hoogedruk-gedeelte.

Bij grooter vermogen, van b.v. 5000 K.W., kunnen om mechanische redenen de lagedruk-schoepen niet meer in enkele lengte worden uitgevoerd. Zij worden dan onder-

TURBINESCHIJVEN MET SCHOEPENRINGEN EENER 1000 K.W.-LJUNGSTRÖM-TURBINE.

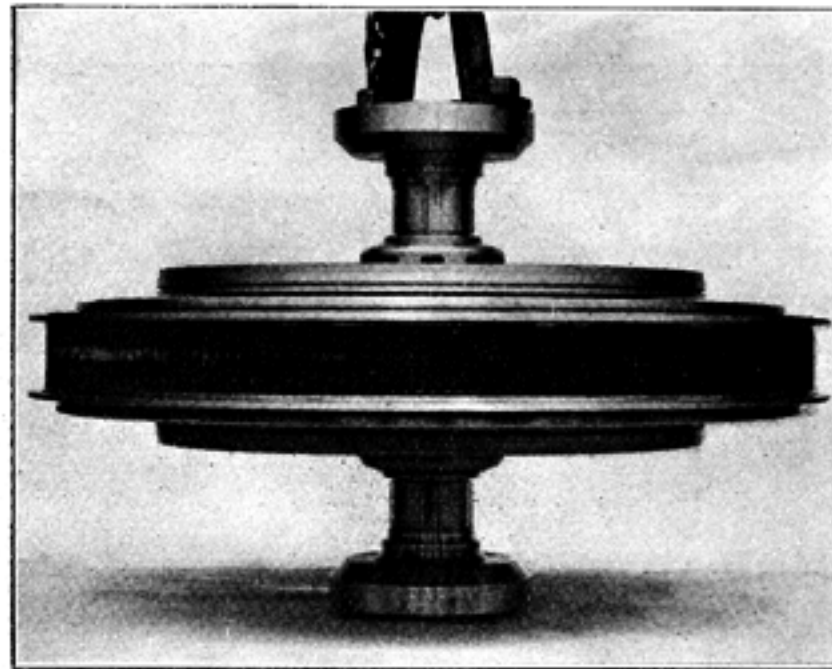


Fig. 10a.

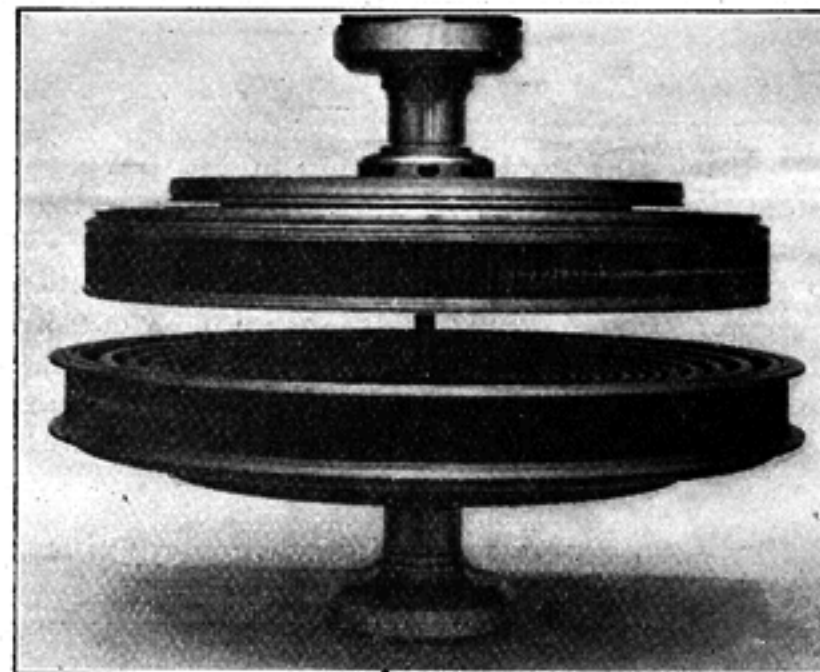


Fig. 10b.

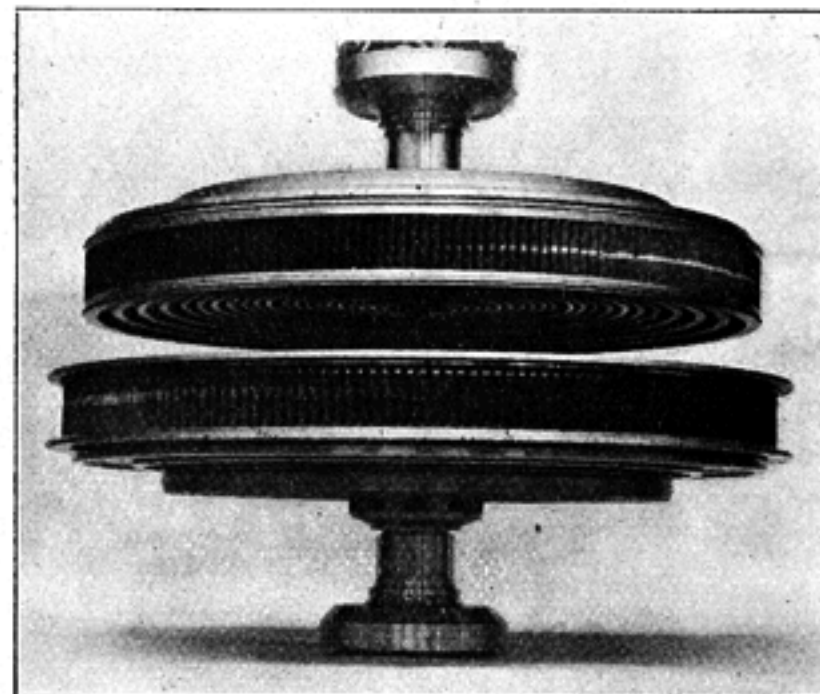


Fig. 10c.

verdeeld en van meerdere banden voorzien, zooals uit fig. 16 blijkt, waar de bovenhelft van een 5000 K.W. turbine in doorsnede is weergegeven. De schoepen zijn zesdeelig uitgevoerd, de buitenste banden ter versterking met een extra rug voorzien. Men kan hier van een hooge- en een lagedruk-turbine

spreken, terwijl de tusschenruimte als receiver mag worden opgevat. De turbineschijf heeft hier eenigszins den vorm van een hoed, op den rand waarvan de drie 6-schoepige ringen zijn aangebracht. Een ring is afzonderlijk in fig. 17 afgebeeld. Oppervlakkig beoordeeld lijkt de uitvoering wel wat erg brutaal. De middellijn bedraagt 75 c.M., naar schatting zijn er ongeveer $6 \times 142 = 852$ schoepen aanwezig.

De opbouw der schoepenringen is uiterst ingenieus.

De schoepen worden vervaardigd uit 3 procent chroom-nikkel-staven, die in profiel gewalst zijn en daarna gefraist

TURBINESCHIJF EENER 1000 K.W. LJUNGSTRÖM-TURBINE GEZIEN AAN DE LABYRINTHZIJDE.

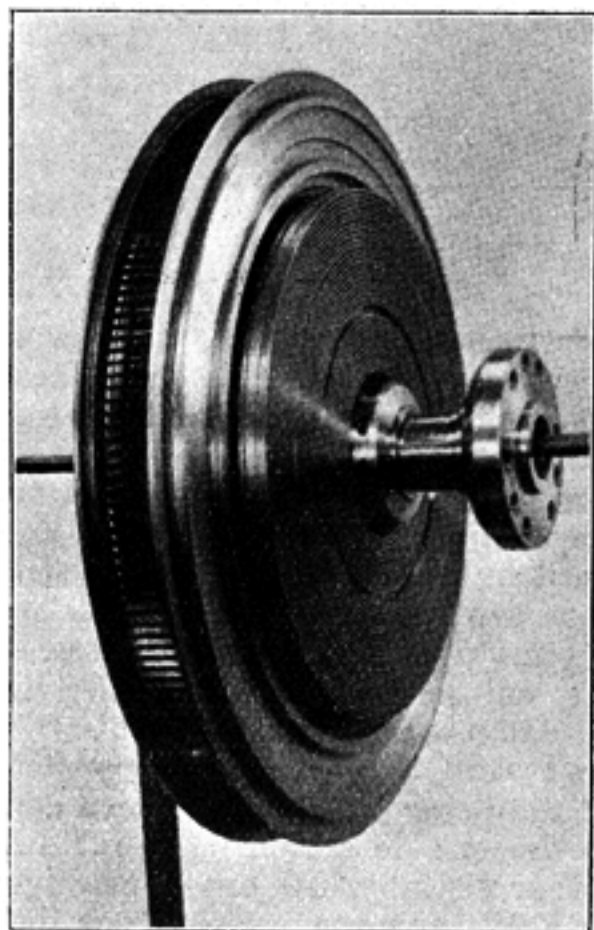


Fig. 11.

en geslepen worden. Op de schoepenlengte wordt de staaf loodrecht op de lengte-as telkens ingefraist, waarna de schoepen worden afgehakt (11 fig. 18).

Voor de vervaardiging van de schoepenringen worden twee hulpschijven (15 fig. 19) gebezigd, die aan den omtrek worden uitgedraaid, zooals in fig. 18 is uitgebeeld. Op de plaats, waar de schoepen zullen worden aangebracht, worden de juist passende gaten geponst (19 fig. 18) op een pons-machine met automatisch verdeelwerk. De schoepen, aan

3-SCHOEPENRINGEN EENER 1000 K.W.-LJUNGSTRÖM-TURBINE.

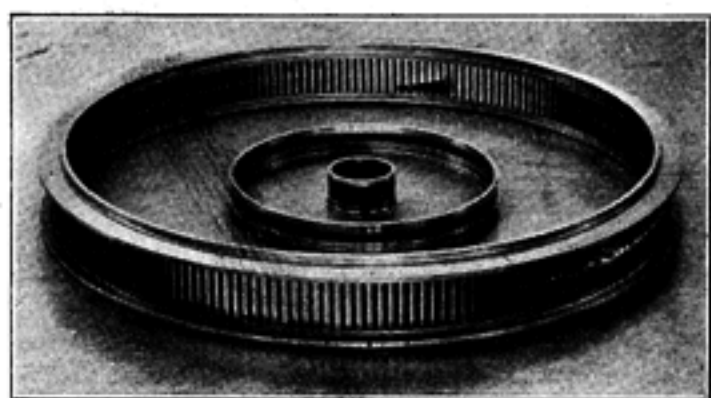


Fig. 12.

de beide uiteinden, voor bevestiging in de ringen dienende, smaller dan in het midden, worden bij de samenstelling in den juisten stand gehouden door een dunnen ring van blik (20) waarin, eveneens op de ponsmachine, gaten zijn geponst. Een der schijven (15 fig. 19) wordt nu horizontaal geplaatst, de ring met de schoepen wordt er op gebracht en de schoepen in de voor hen bestemde openingen gepast. Daarna wordt de tweede schijf (15) er boven op gezet en het geheel op de as (23) geplaatst en vastgeklemd, waarna een en ander gereed is om autogeen te worden gelascht. Bij (16) zijn de schijven smal gehouden om groote verwarming van het

middengedeelte (14) te vermijden, om trekken te voorkomen. Vervolgens wordt de ring afgedraaid met een zwaluwstaart-profiel (22). Het overgebleven gedeelte van de schijven (14) wordt weer voor een kleineren schoepenring gebruikt.

Nu worden de versterkingsringen (12 fig. 20) aangebracht door de uitstekende randen (6) dicht te rollen.

De schoepenring is thans voor het grootste gedeelte gereed. Alleen ontbreekt nog de bevestiging aan de turbineschijf, die in verband met de wisselende temperaturen en temperatuursverschillen tusschen schoepenring en schijf, haar bijzondere eischen stelt. Eenerzijds is het van belang een temperatuursverhooging van de turbineschijf zoo min mogelijk te doen zijn, anderzijds wordt dan de noodzakelijkheid van vrije uitzetting van den schoepenring des te grooter.

Een sterke warmtegeleiding naar de turbineschijf is vermeden door den dunnen band (4), die als expansiering is bedoeld en tot zekere hoogte beweegbaar aan beide zijden wordt ingeklemd. Vrije uitzetting is thans mogelijk, schadelijke materiaalspanningen zijn vermeden.

De bevestiging der expansieringen geschiedt, evenals bij de versterkingsringen, door vastrollen (5).

TURBINESCHIJF MET SCHOEPEN EENER 1000 K.W. LJUNGSTRÖM-TURBINE.

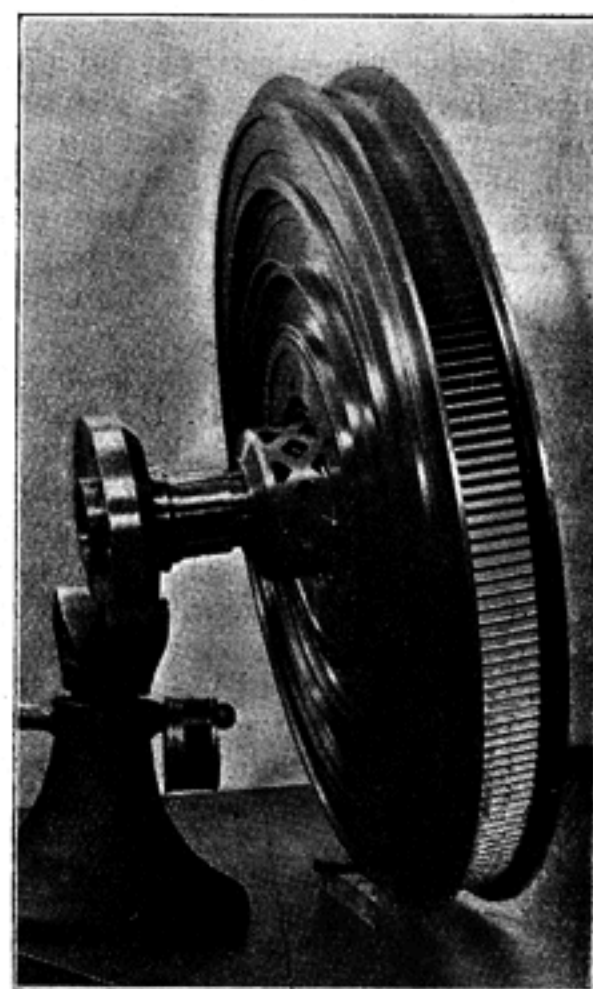


Fig. 13.

Door middel van een ring met vierhoekig profiel wordt nu de schoepenring in de turbineschijf bevestigd. Het inzetten geschiedt zeer eenvoudig door den dunnen ring (3 fig. 21) in te stempelen.

Waar noodig, zijn de ringen eenigszins golvend bewerkt ter vermeerdering der wrijving, om onderling draaien der samenstellende deelen te verhinderen. Aan den bovenrand der ringen zijn op twee plaatsen dunne metalen banden (7) met een dunnen metaaldraad (8) ingestempeld, waardoor een labyrinth wordt gevormd ter vermindering van lekstroomen. Het gebruikte metalen band is zoo dun, dat eventueel aanlopen tegen den opvolgenden ring geen schadelijke verwarming tengevolge kan hebben.

Zooals ik u reeds kort beschreef, worden de schoepenringen op de turbineschijf in groeven bevestigd. De schijf zelf (fig. 22) bestaat uit drie deelen, die, net als bij de schoepenringen, door middel van expansieringen aan elkaar bevestigd zijn. Ook hier moet worden gestreefd naar geringe warmtegeleiding en vrije uitzetting. Het centrum van de schijf toch is blootgesteld aan oververhitten stoom van 300—400° C., terwijl de omtrekken der schijven in het vacuum draaien. In de figuur zijn duidelijk de openingen (2) zichtbaar, die in de naaf zijn gespaard voor den stoominlaat; de gaten (3) dienen om den stoom bij overbelasting toe te laten.

Op twee plaatsen moet aan den stoom de doorgang worden afgesneden.

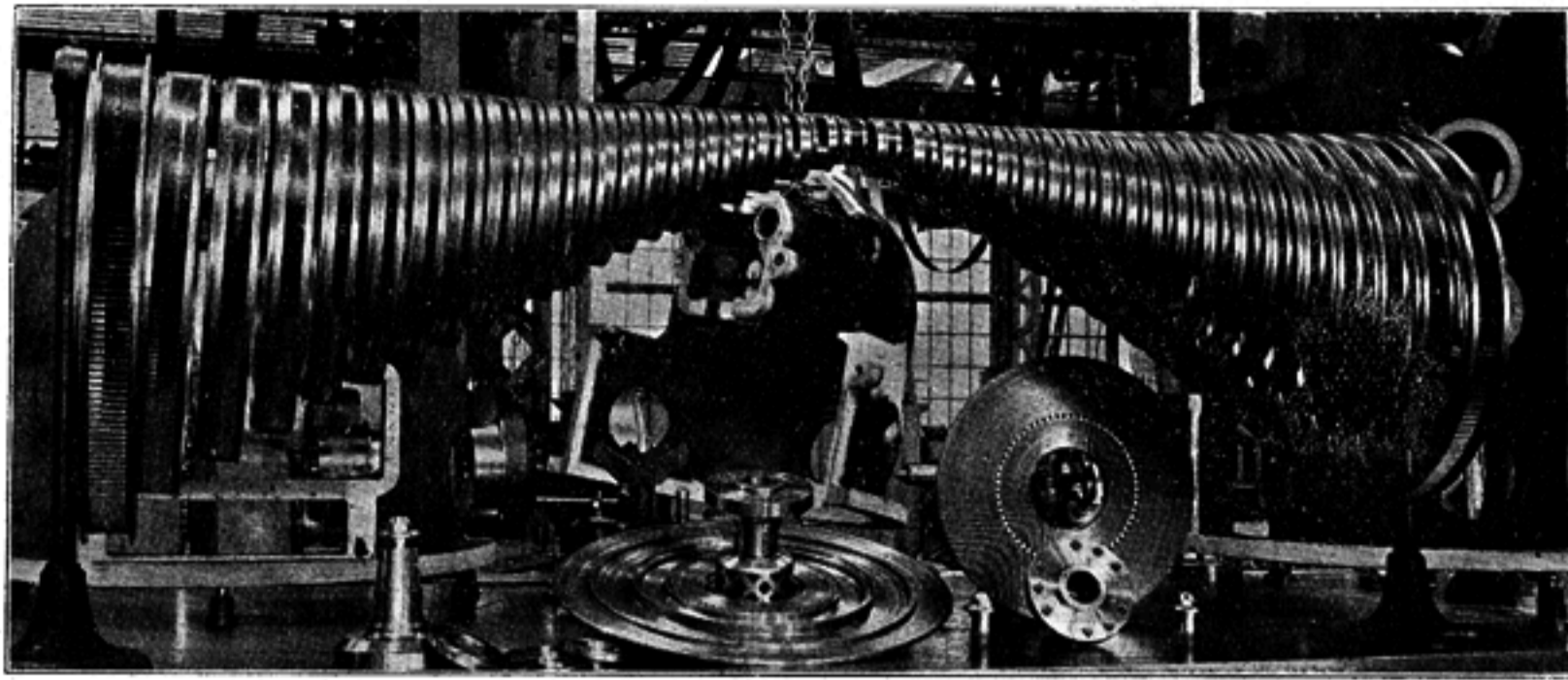


Fig. 14.

Ten eerste bij de scheiding tusschen de draaiende turbineschijf (5) en het vaststaande gedeelte (9) van de stoomkast (fig. 15).

Aan de aszijde heerscht hooge druk, bij (7) vacuum. De afdichting geschiedt met een labyrint, dat tevens dient om den zijdelingschen druk van den stoom op de turbineschijf uit te balanceeren, zooals bijv. BROWN BOVERI ook toepast voor zijn turbinepompen. Het labyrint is aangebracht op twee schijven, die ook weer met behulp van expansieringen bevestigd zijn op de draaiende turbineschijf en op de vaststaande stoomkast.

Dit labyrint is uiterst fijn bewerkt, zooals fig. 9 van de stoomkast reeds liet vermoeden. De gedetailleerde doorsnede blijkt uit fig. 23. De eigenlijke dichting is ook hier verkregen door zeer dunne strippen metaal in holten te stempelen, die op den bovenkant van de ruggen zijn ingedraaid.

Het labyrint bestaat uit twee verschillende deelen. Wanneer de schijven 3 en 4 van elkaar worden verwijderd, hetgeen zal geschieden bij toenemenden druk, dan vernauwen de doorgangen aan de drukzijde bij A zich, terwijl aan de vacuumzijde bij B de openingen grooter worden.

Het vacuum dringt, om het zoo maar eens uit te drukken,

dieper het labyrint in, terwijl de druk wordt verdrongen. Het gevolg hiervan zal zijn, dat de druk van den stoom op de turbineschijf aan de schoepenzijde den tegendruk overwint en het labyrint weer wordt samengebracht. De druk bij A dringt dan weer dieper in het labyrint, totdat deze weer overwint en de schijven uit elkaar drijft. Een automatische werking is hierdoor verkregen, de axiale druk op de assen behoeft niet door een kraagblok te worden opgenomen.

Een tweede punt dat afgedicht moet worden is de ruimte tusschen de as en de stoomkast (fig. 15). Ook hier is een labyrint (10) aangebracht, dat nog fijner is bewerkt dan hetgeen zoo juist werd beschreven. De constructie is zoodanig uitgevoerd, dat temperatuursveranderingen eenzelfde invloed hebben op alle deelen; de afdichting blijft daardoor constant. De stoom, die door het labyrint ontsnapt, ongeveer 50 K.G. (1) voor een 1000 K.W. turbine, wordt door de buis (11) naar

(1) Dit is een opgave van den fabrikant. Volgens gegevens, mij verstrekt door den bedrijfsingenieur aan de St. Pancras-centrale, bedraagt daar het stoomverlies per uur 82 K.G., waar de stoom in een kleinen condensor wordt gevoerd, die gekoeld wordt door het condensaat van de turbine.

DOORSNEDE OVER DE ONDERSTE HELFT VAN EEN 1000 K.W.-LJUNGSTRÖM-TURBINE.

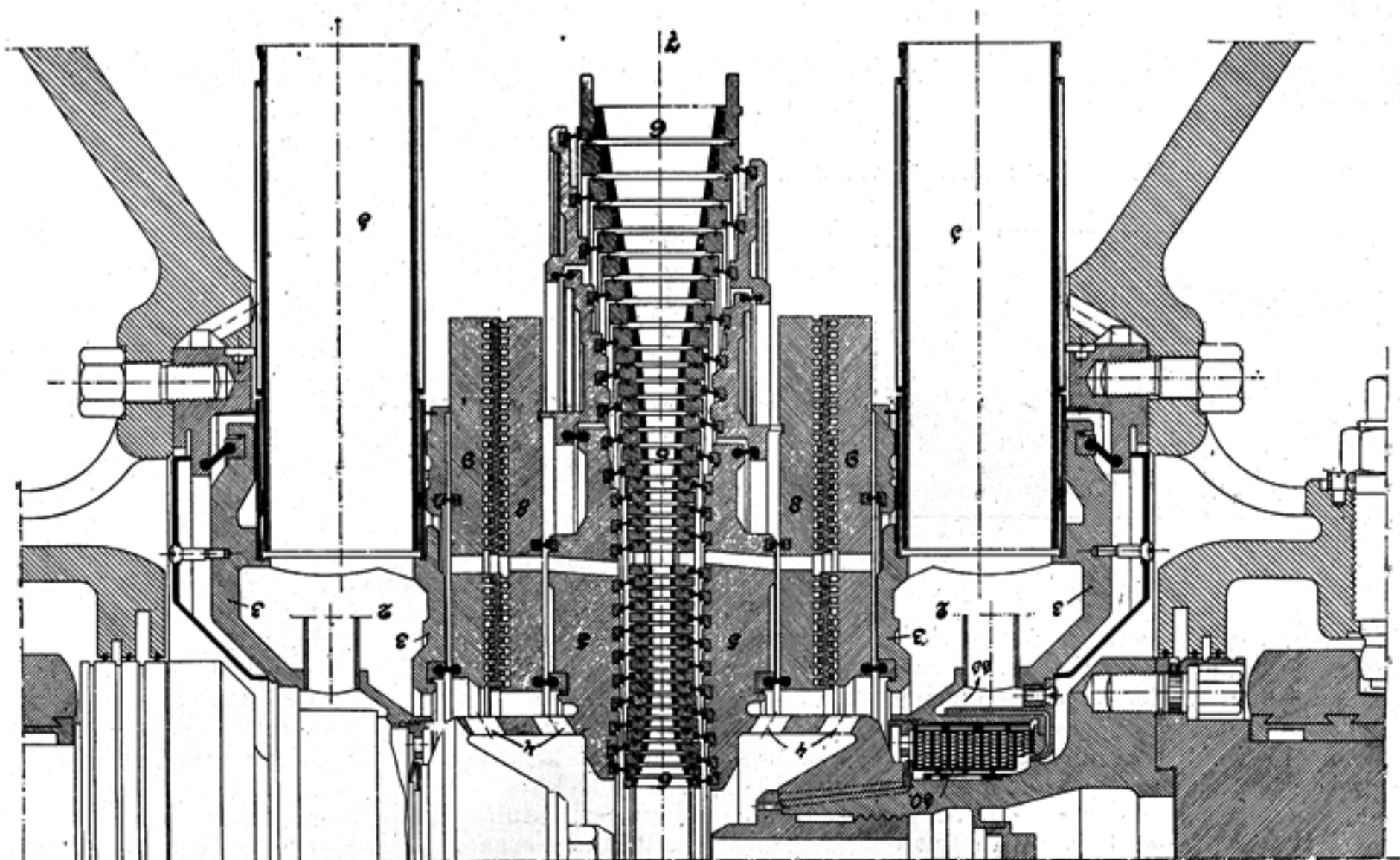


Fig. 15.

DOORSNEDE OVER DE BOVENSTE HELFT VAN EEN 5000 K.W. LJUNGSTRÖM-TURBINE.

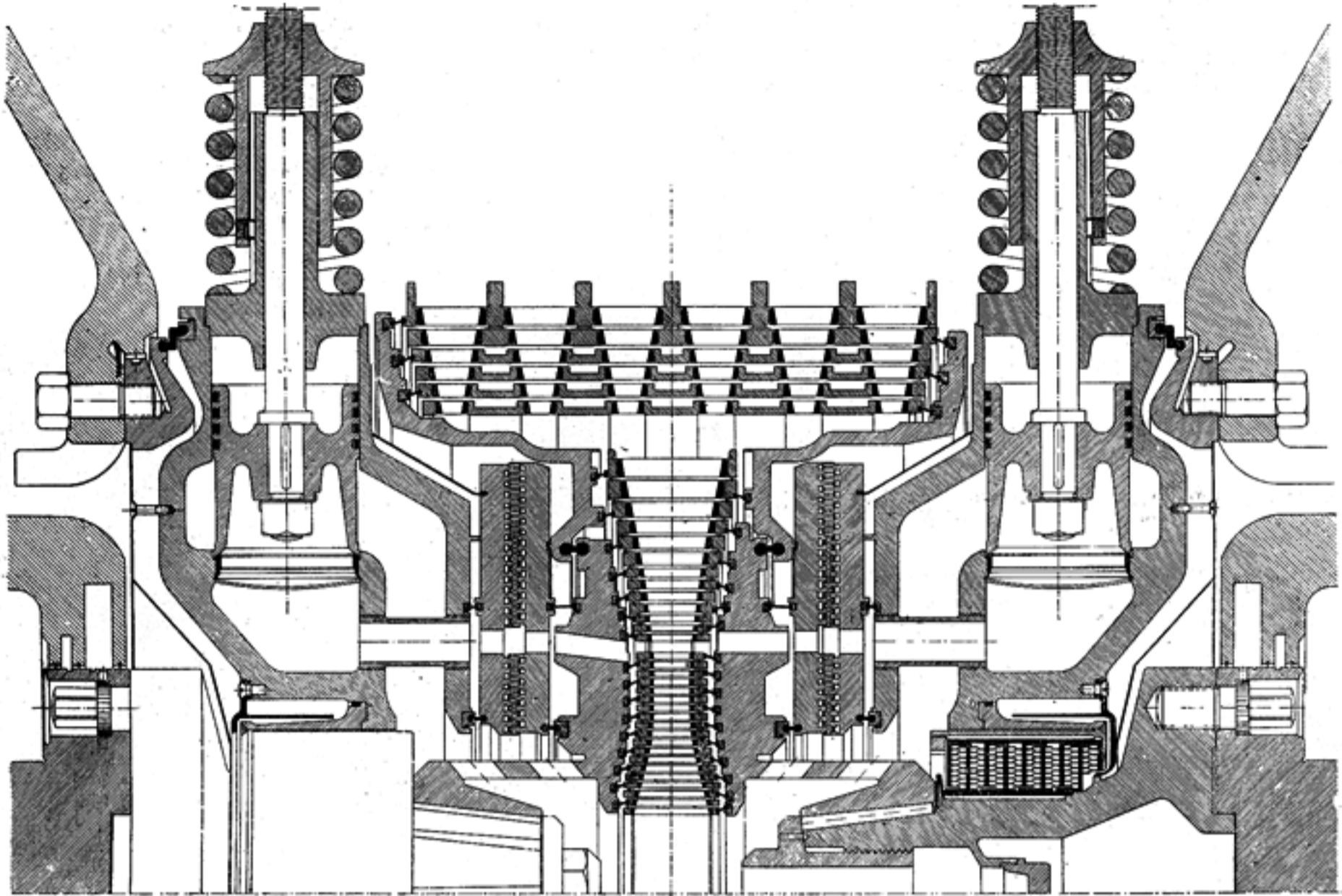


Fig. 16.

EEN ZESVOUDIGE SCHOEPENRING EENER 5000 K.W.-LJUNGSTRÖM-TURBINE.

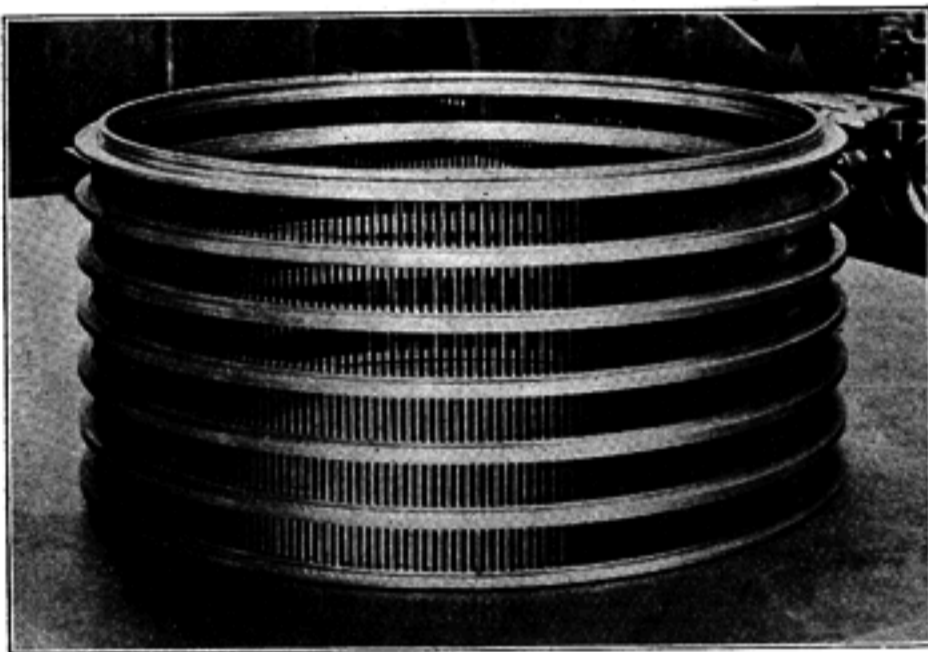


Fig. 17a.

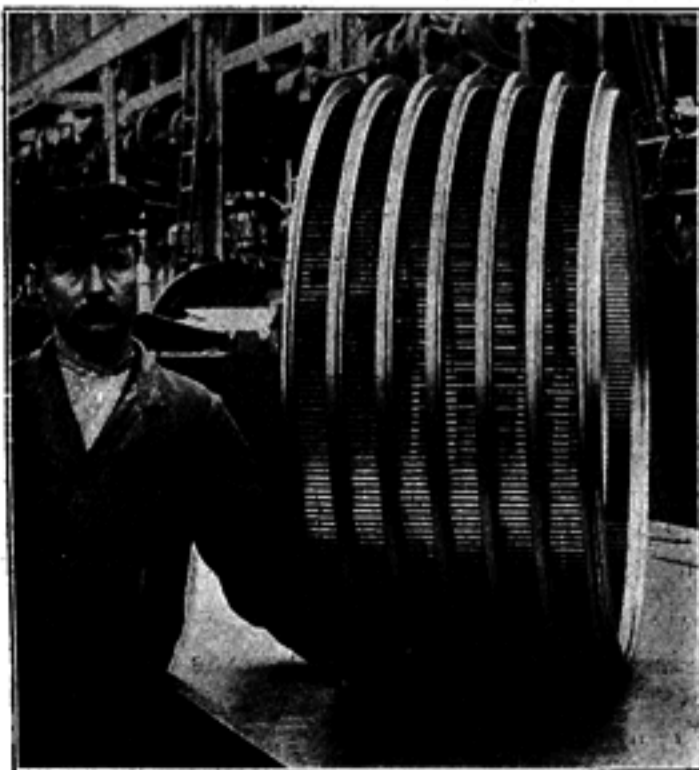


Fig. 17b.

OPBOUW DER SCHOEPENRINGEN VAN EEN LJUNGSTRÖM-TURBINE.

Schoep in de hulpschijven geplaatst.

Hulpschijf met pongsgaten.

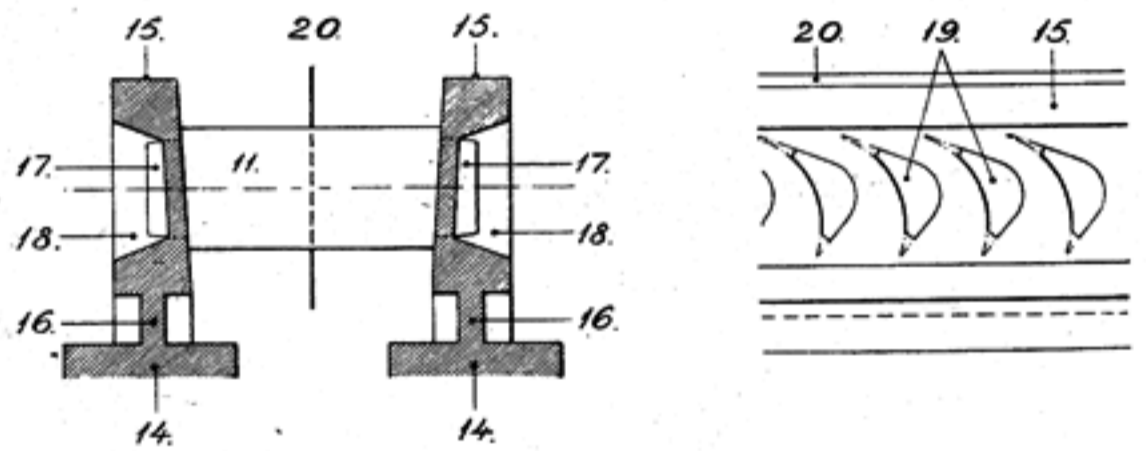


Fig. 18.

den voorwarmer van het ketelvoedingwater gebracht, zoodat weinig warmte verloren gaat. De totale lengte van het labyrint bedraagt 65 m.M., in welk kort bestek de stoom niet minder dan 106 vernauwingen moet passeeren.

Fig. 24 geeft de doorsnede weer van twee ringen.

SCHOEP, AUTOGEEN IN DE HULPSCHIJF GELASCHT.

AS MET HULPSCHIJVEN EN INGEPLAATSTE SCHOEPEN, GEREED OM AUTOGEEN TE WORDEN GELASCHT.

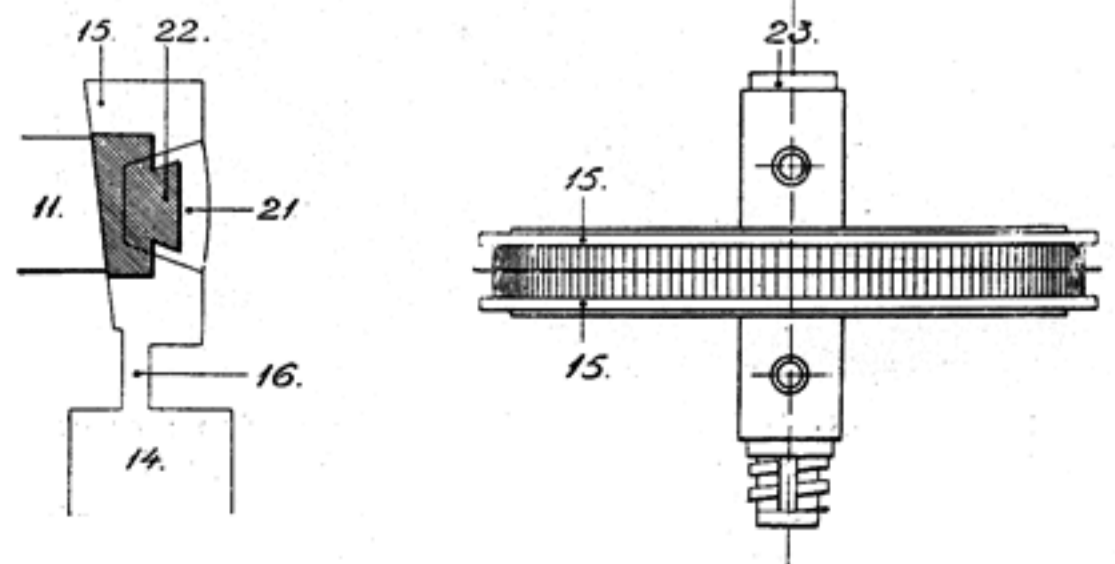


Fig. 19.

Onderaan bij (5) is de aszijde, bij (4) is de binnenzijde van de stoomkast. Aan de zijde waar de ringen door spieën (6) en (7) bevestigd zijn, is een uitsparing (3) aangebracht, die bij temperatuursverandering de juiste uitzetting waarborgt. Schijven zijn aan beide zijden zoodanig uitgedraaid, dat de

SCHOEPENRING (10) MET VERSTERKINGS- (12) EN EXPANSIE-RING (4).

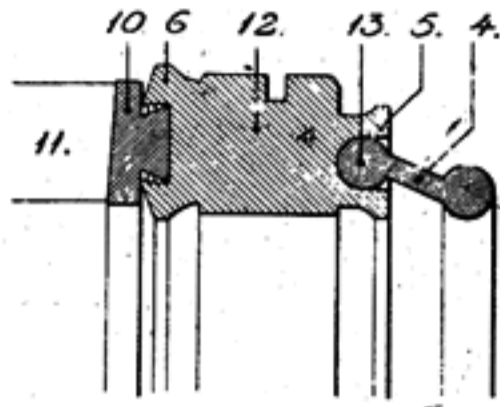


Fig. 20.

DOORSNEDE VAN EEN SCHOEPENRING EN ZIJN BEVESTIGING IN DE TURBINESCHIJF.

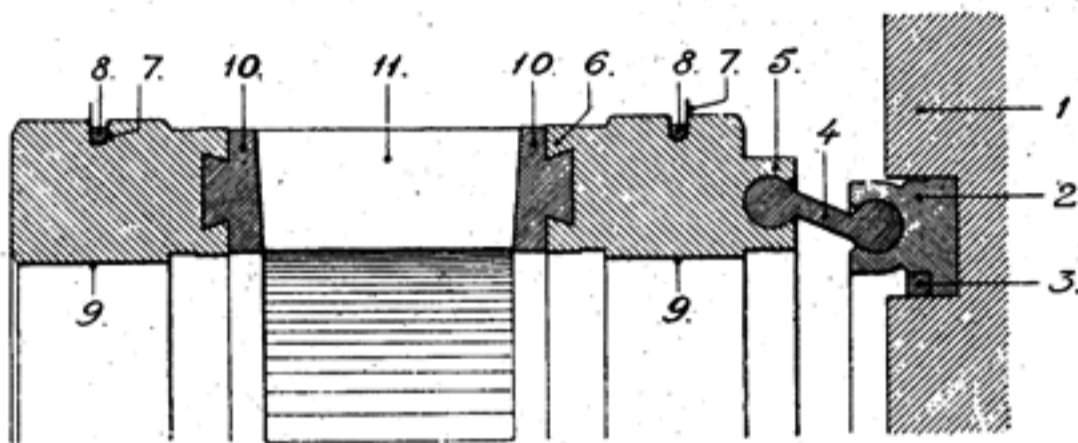


Fig. 21.

DE UIT DRIE DELEN BESTAANDE TURBINESCHIJF EENER 1000 K.W.-LJUNGSTRÖM-TURBINE.

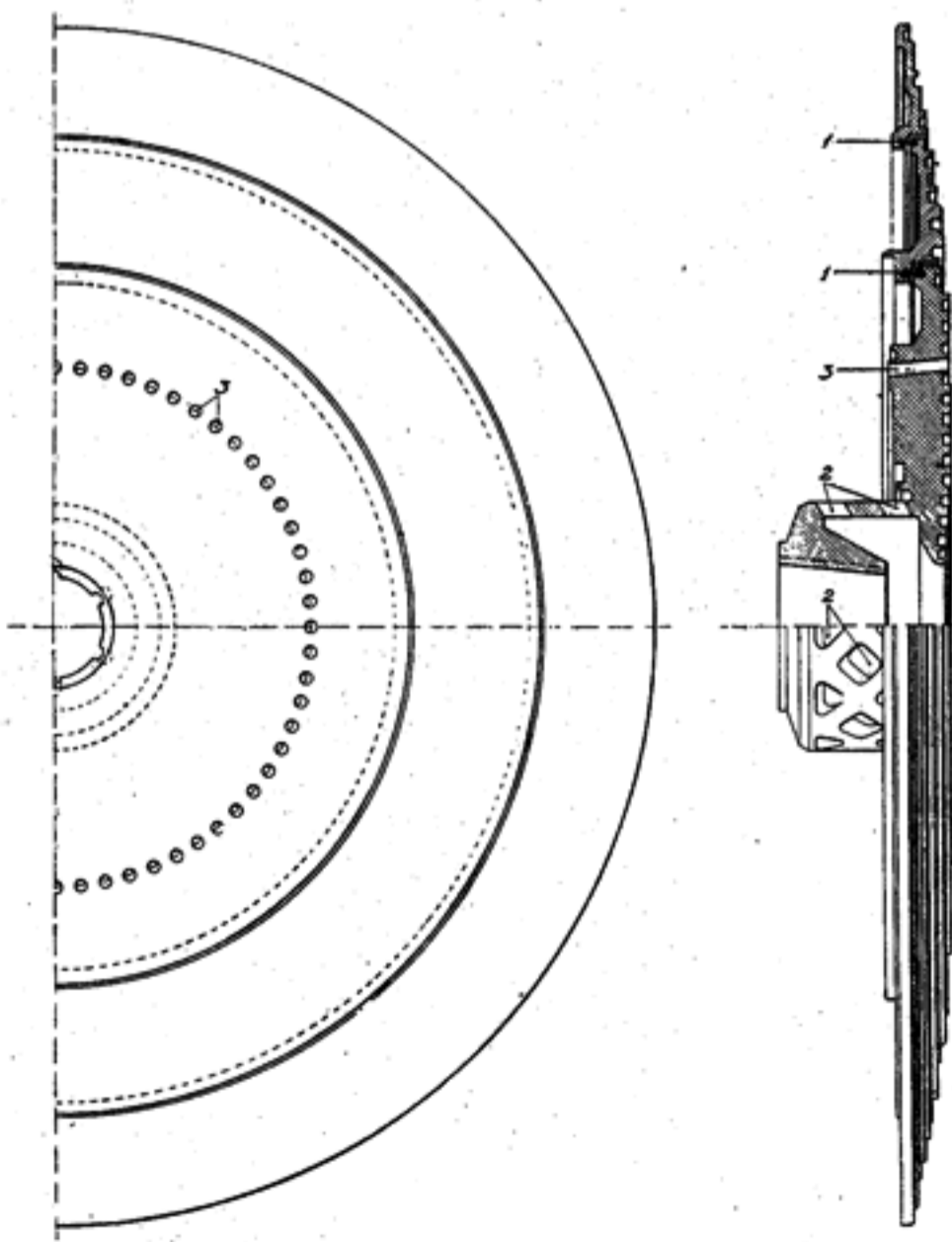


Fig. 22.

kammen (8) blijven staan, die aan de einden zeer dun uitloopen en 45° worden omgezet door forceeren. Het behoeft nauwelijks een betoog, dat warmlopen of afsmelten niet voorkomen kan, het dunne materiaal zal bij aanraking onder

het loopen eenvoudig worden afgeslepen en tot de verlangde maat afslijten.

Ik heb bij mijn bezoek te Finspong de vraag gesteld of deze dunne labyrinthen niet aan bijzonder slijtage tengevolge van roesten onderhevig zijn. Wanneer men, zooals dat in het belang van de bedrijfszekerheid aan te bevelen is,

LABYRINTH OP DE ACHTERZIJDE DER TURBINESCHIJF TER AFDICHTING, TEVENSDIENEND TER UITBALANCEERING VAN DE ZIJDELINGSCHEN DRUK VAN DEN STOOM OP DE TURBINESCHIJF EENER LJUNGSTRÖMTURBINE.

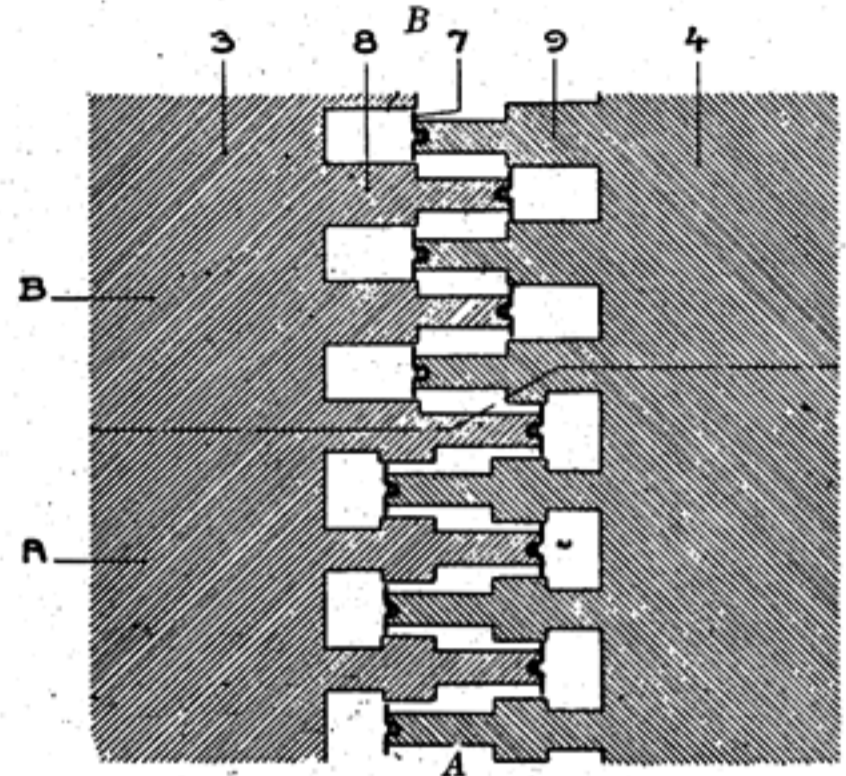


Fig. 23.

wekelijks van machine wisselt, is het neerslaan van waterdamp in de turbine en de labyrinthen niet te voorkomen en zullen de uiterst dunne ruggen in minder dan geen tijd weggeroest zijn (1). De heeren achtten dit bezwaar niet groot; met goede ventilatie kan men zorgen, dat geen neerslag ontstaat. Het zou mij interesseeren de turbine in de Willesden-

DOORSNEDE OVER TWEE RINGEN VAN HET AS-LABYRINTH EENER LJUNGSTRÖM-TURBINE.

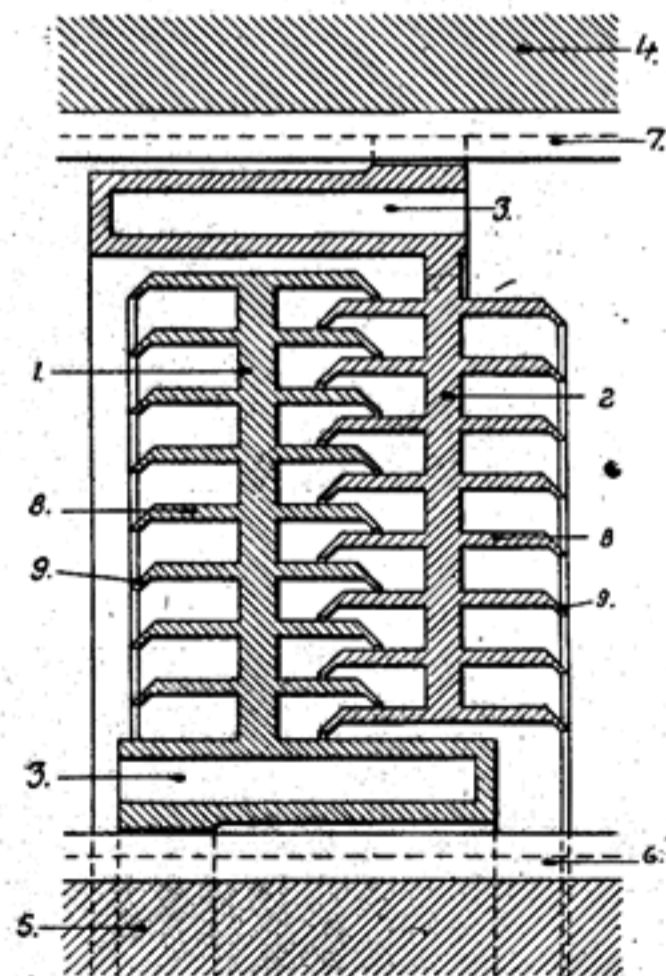


Fig. 24.

centrale, die thans twee jaren in werking is, inwendig eens te bezichtigen en in dit opzicht in het bijzonder te controleren. Het lijkt mij niet practisch mogelijk neerslag vol-

(1) De bedrijfsingenieur te St. Pancras deelde mijn vrees niet. Zijns inziens zou de gecondenseerde stoom elke luchtcirculatie in het labyrinth uitsluiten, zoodat bij gebrek aan lucht roesten niet kon optreden.

doende te voorkomen, vooral in de labyrinthen, waar tengevolge van den hoogen weerstand een goede ventilatie moeilijk kan worden verkregen.

Fig. 25 geeft een duidelijke voorstelling van de geringe afmetingen van dit labyrinth. Een der acht ringen is in fig. 26 afgebeeld.

Alvorens van de constructie af te stappen, wil ik nog een oogenblik stilstaan bij de doorsnede-teekening van de 5000 K.W. turbine (fig. 16). In hoofdzaak is de constructie gelijk aan die van de 1000 K.W. machine. Op de lagedruk-

HET AS-LABYRINTH EENER LJUNGSTRÖM TURBINE.

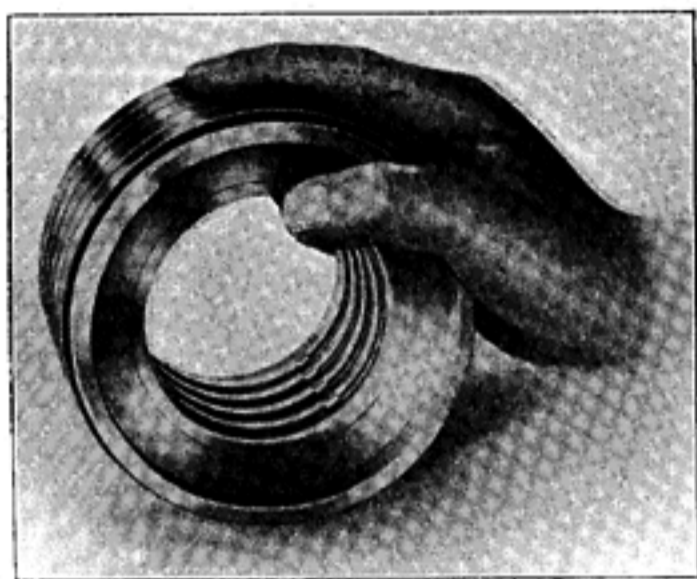


Fig. 25.

schoepenringen heb ik reeds gewezen. De turbineschijf is tweedeelig uitgevoerd. Het is duidelijk, dat uitzetting tengevolge van ongelijke verhitting reeds door den eigenaardigen vorm van de schijf voor het grootste gedeelte onschadelijk wordt gemaakt; voor het overige zorgen de expansie-ringen er voor.

De veiligheidskleppen tegen overbelasting zijn in doorsnede aangegeven, de weg van den stoom is niet moeilijk te volgen.

Nog moet ik u in het bijzonder wijzen op de toepassing van dunne metaalplaten overal daar, waar een afdichting

EEN DER 8 RINGEN VAN HET AS-LABYRINTH EENER LJUNGSTRÖM-TURBINE.

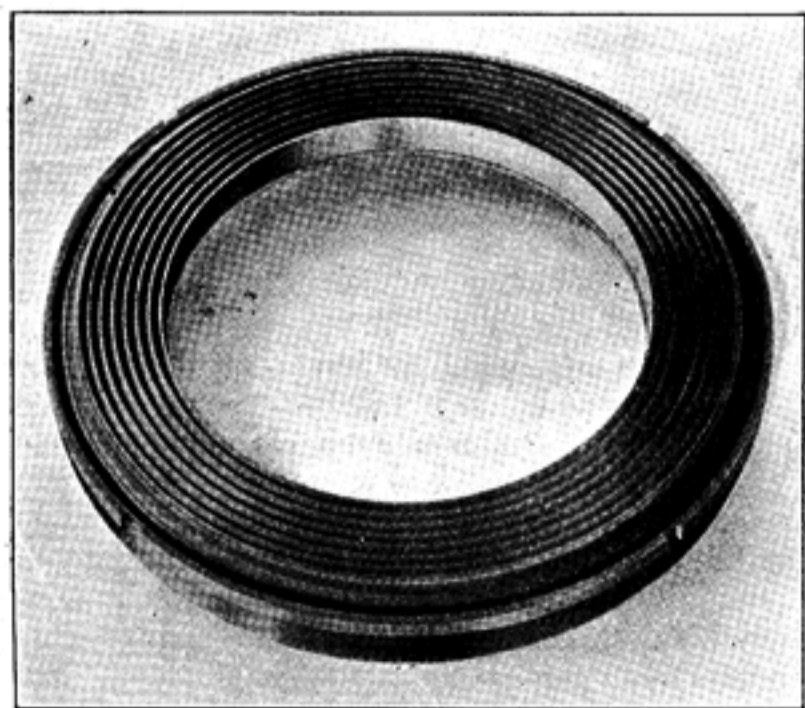


Fig. 26.

wordt verlangd tusschen twee metalen gedeelten van verschillende temperatuur, waardoor materiaalspanningen voorkomen zijn vermeden. Zie ook fig. 15 bij de 1000 K.W. turbine.

Merkwaardig is ook de stand der expansieringen, die overal zoodanig is gekozen, dat de uitzetting van het materiaal voldoende kan plaats hebben, en de verschillende bewegende deelen onderling niet van stand veranderen, zoodat temperatuurswisselingen, die het noodzakelijk gevolg zijn van belastingsveranderingen, geen nadeeligen invloed kunnen uitoefenen op de goede werking van de machine.

De toepassing van de expansieringen, van de dunne ver-

bindingsplaten en het labyrinth kan men ook vinden bij de turbine van EYERMANN (1), die door de Maschinenbau Akt. Ges. PH. SWIDERSKI in Leipzig-Plagwitz wordt gebouwd en als eerste proef mag worden beschouwd van een radiale stoomturbine met meerdere trappen sinds PARSON zijn denkbeeld daarover had aangegeven.

KUSSENBLOK DER LJUNGSTRÖM-TURBINE.

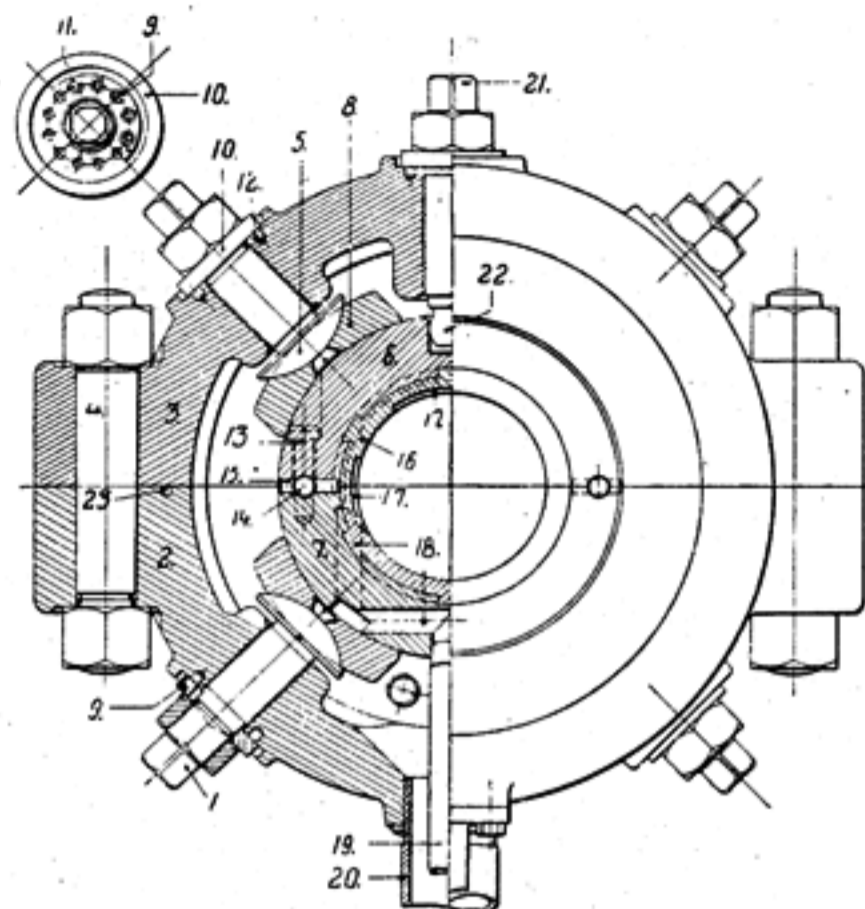


Fig. 27.

VERTICALE DOORSNEDE OVER HET TURBINEHUIS MET KUSSENBLOK EENER LJUNGSTRÖM-TURBINE.

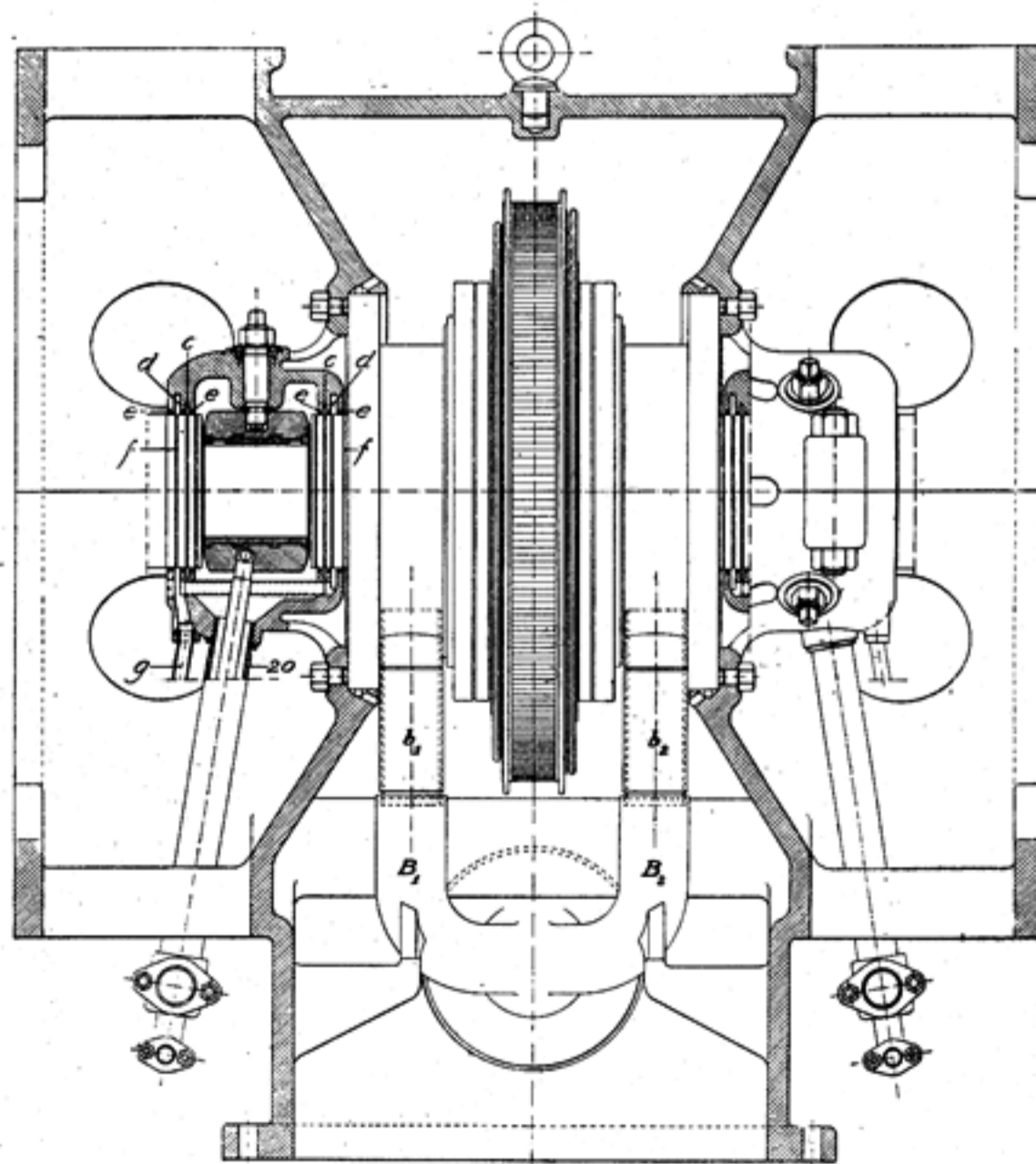


Fig. 28.

Een belangrijk punt is ook de verbinding van de hoofdstoomtoevoerpijp met de stoomkast. Op de buis is bijna aan het einde een kleine verhevenheid aangebracht, terwijl in de stoomkast een kort stuk buis stoomdicht is bevestigd, waarin

(1) A. STODOLA, «Die Dampfturbine», 4de uitgave, blz. 484.

de stoombuis past. Op de hoogte van de verhevenheid is aan de buitenzijde van het korte stuk buis over een groot gedeelte van den omtrek een uitsparing aanwezig, waarvan de beteekenis duidelijk wordt, wanneer men bedenkt, dat de stoombuis door verhitting uitzet en zich vastklemt in de korte buis, die minder warm zal worden. Deze uitzetting kan de stoomkast niet vernielen, daar uitwijken mogelijk blijft. Eventuele lekstoom wordt langs de openingen voor den overbelastingstoom weer nuttig gebruikt.

Heb ik hiermede de voornaamste deelen dezer turbine behandeld, dan rest mij nog met een enkel woord de kussenblokken te bespreken, die belangrijk afwijken van de normale constructie voor turbine-kussenblokken gebruikelijk (fig. 27).

Zij zijn voorzien van 4 stel schroeven (1), waarvan twee op het ondergedeelte en twee op de kap van het blok. De bouten zijn conisch afgedraaid en passen zeer nauwkeurig in de gaten, en dienen tevens als stelbout van de kap. De stelschroeven zijn aan de aszijde van spherische koppen (5) voorzien.

Het eigenlijke kussenblok bestaat uit twee helften (6) en (7), die door middel van klossen (8) tegen de stelschroeven

de afvoer door de binnenbuis (19) geschiedt. De olie circuleert onder druk; per seconde wordt ongeveer 2 L. toegevoerd. De kussenblokken zijn zeer gedrongen van bouw. Zij hebben te Willesden zeer goed voldaan.

In fig. 28 is de verticale langsdoorsnede te zien. Er is in het bijzonder voor gezorgd, dat geen olie verloren gaat. De buis *g* voert de overgemorste olie naar het oliereservoir terug.

Dezelfde afbeelding geeft de doorsnede over het turbinehuis. De beide stoomtoevoerbuisen *B*₁ en *B*₂ zijn zichtbaar. Het is duidelijk dat de warmte-uitstraling van de turbine zeer gering is, daar de turbine zelf zich geheel in de stoomuitlaatuimte bevindt, zoodat de machine daardoor uitwendig zeer koel blijft.

Interessant is de opstelling van het 5000 K.W. aggregaat geplaatst op den condensor (fig. 29 en 30). De totale lengte bedraagt 7 M., de breedte over de hoofdstoomklep 3 M. en de hoogte inclusief condensor, van af den ondervloer gerekend, 6.30 M.

Het aanzetten geschiedt zeer eenvoudig. Het kamrad van de hoofdstoomklep wordt geopend, waardoor de klep zooveel

OPSTELLING EENER 5000 K.W. LJUNGSTRÖM-TURBINE.

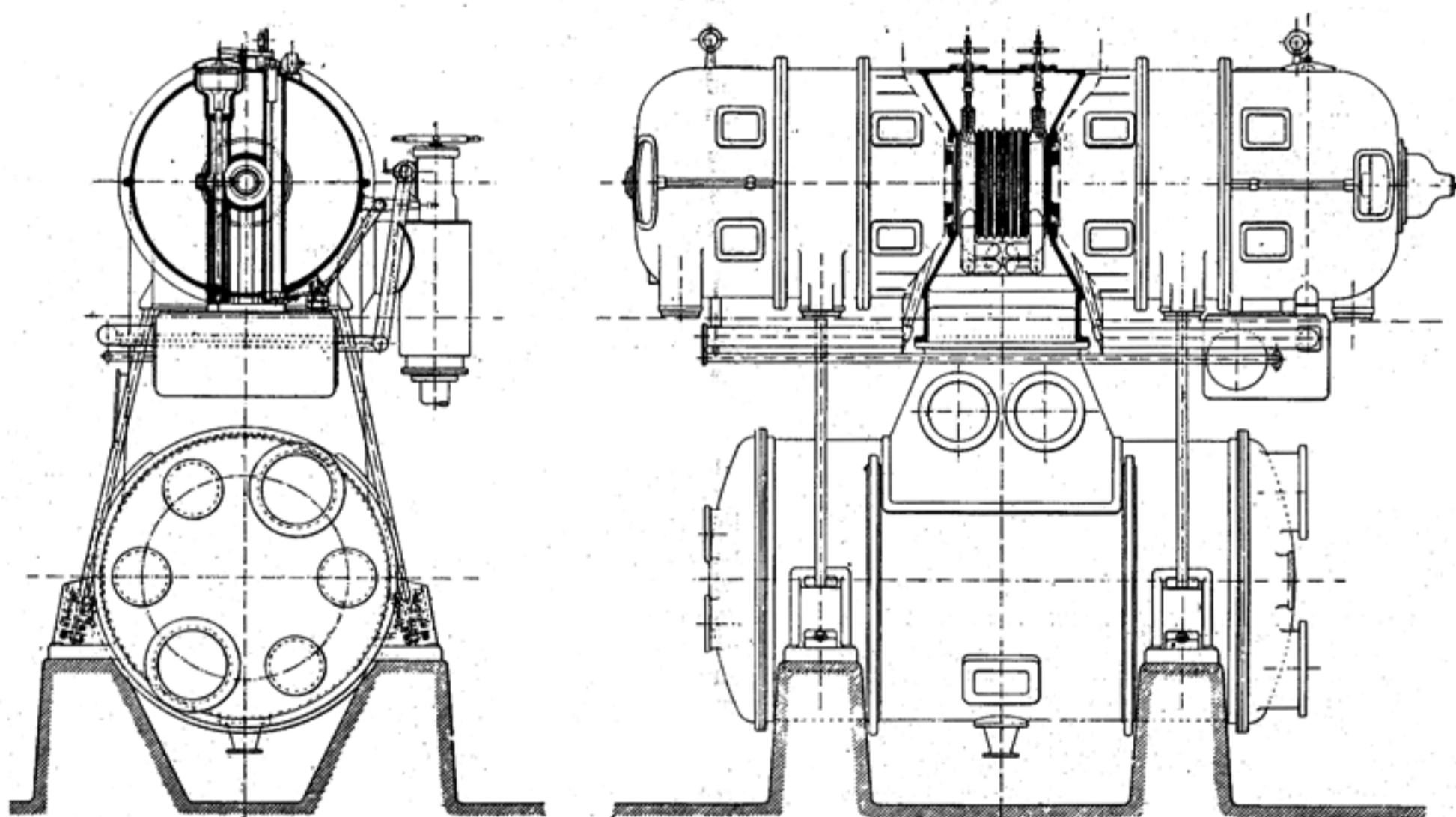


Fig. 29.

rusten. De stelschroeven worden door kleine schroeven (9) vastgezet, die in de borgringen (10) ingeschroefd worden.

Een borgring heeft 12 gaten, terwijl onder den ring in het kussenblok zelf slechts 11 gaten aanwezig zijn. Sperschijf en stelschroef kunnen daardoor in 132 standen vastgezet worden, zoodat een zeer nauwkeurige instelling van het kussenblok wordt verkregen zonder dat de schroef een al te fijnen draad nodig heeft. Nadat een en ander is ingesteld kunnen de kussenblokken uit elkaar worden genomen, waarbij hoogstens 0.01 tot 0.02 m.M. verschil in instelling mogelijk is. Eenmaal in de werkplaats ingesteld behoeft bij de montage geen nastellen plaats te hebben.

Het stellen van het kussenblok in de richting van de as, ook met het oog op eventueel verdraaien, geschiedt door den stelbout (21), die met het spherisch gevormde eind (22) in de uitholling (6) past. Dit bolvormige eind (22) is ten opzichte van de as van de stelschroef excentrisch afgedraaid, teneinde de bus door het draaien van de stelschroef een weinig in de langsrichting te kunnen verstellen. Een zelfde fijne instelling als bij de bouten (1) is ook hier mogelijk. De beide metalen (6) en (7) worden met schroeven (13) samengehouden, terwijl door stelstiften (14) en (15) de plaats van beiden is vastgelegd. De buis (20) voert de olie onder druk toe, terwijl

stoom doorlaat als voldoende is om de turbine in 8 minuten voldoende voor te warmen. Daarna wordt met de handoliepomp de olie met enkele slagen op druk gebracht, waarmee de hoofdklep geheel wordt geopend. Bij 1300 omwentelingen geeft de opwekmachine, die evenals bij de meeste turbines op het einde van de as is aangebracht, voldoende spanning om de beide in serie geschakelde ankers te synchroniseren. Na 2 minuten heeft het aggregaat zijn volle snelheid bereikt.

Door de serieschakeling zijn slechts één shunt en één hoofdstroomweerstand nodig. De statoren zijn parallel geschakeld. De beide generatoren gedragen zich naar buiten als één machine.

En hiermede, mijne heeren, ben ik aan het eind van mijn voordracht.

De reis naar Zweden was uiterst interessant.

Het resultaat van mijn indrukken was wel dat wij hier te doen hebben met een turbine, waarvan de constructie ons aller bewondering verdient. Want is het niet veelzeggend, dat het iemand gelukt, den huidige stand der turbinetekniek in aanmerking nemende, het vraagstuk eener nieuwe constructie zoodanig aan te pakken, dat een machine wordt gebouwd, die een stroombesparing van ca. 10—14 pCt.

MODEL EENER 5000 K.W. LJUNGSTRÖM-TURBINE, VERVAARDIGD VOOR DE WERELDTENTOONSTELLING TE SAN FRANCISCO.

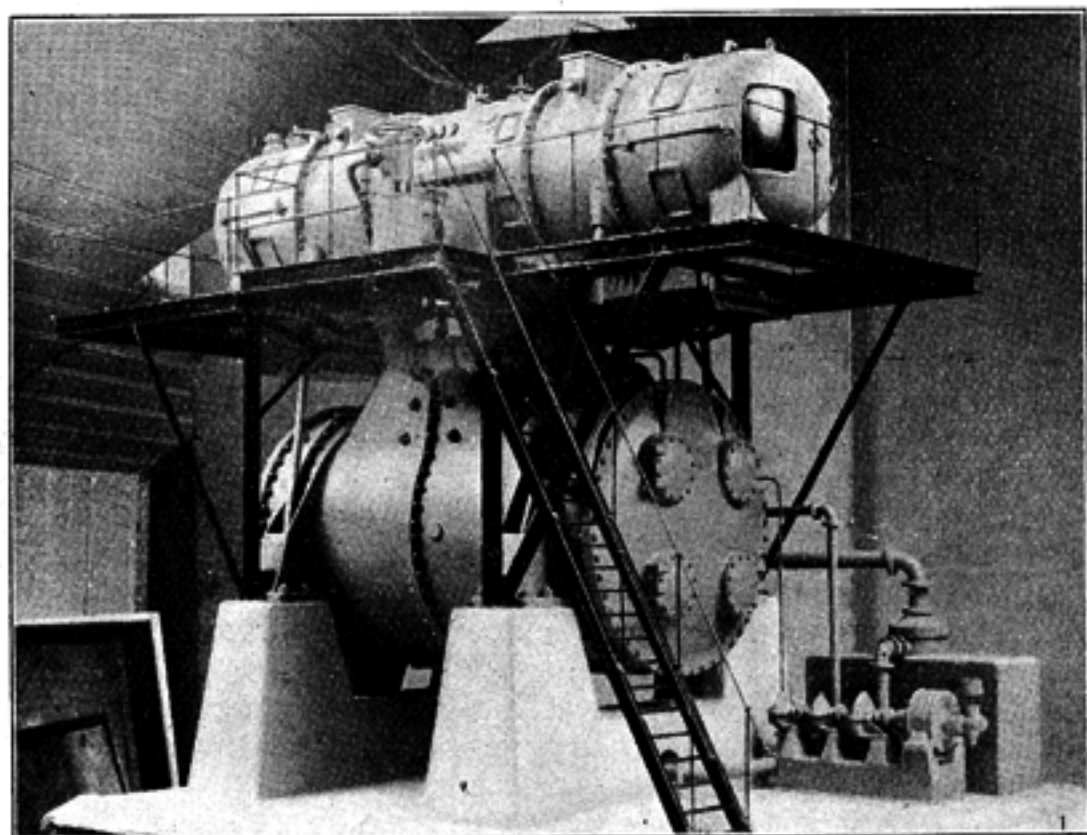


Fig. 30.

tegenover de tegenwoordige fabrikaten, gepaard doet gaan met lichtere constructie, kleiner plaatsruimte en vereenvoudigde montage?

Niettegenstaande mijn bewondering heb ik toch niet kunnen adviseeren tot aanschaffing er van voor mijn bedrijf over te gaan, daar op het tijdstip, dat een beslissing moest vallen, behalve een proefmachine van 500 K.W., slechts de beschreven turbine van 1000 K.W. bestond. Voldoende ondervinding was er niet. Delft bezit niet de aangewezen centrale om de

400 K.W. LJUNGSTRÖM SCHEEPSTURBINE IN DE WERKPLAATS TE FINSPONG.

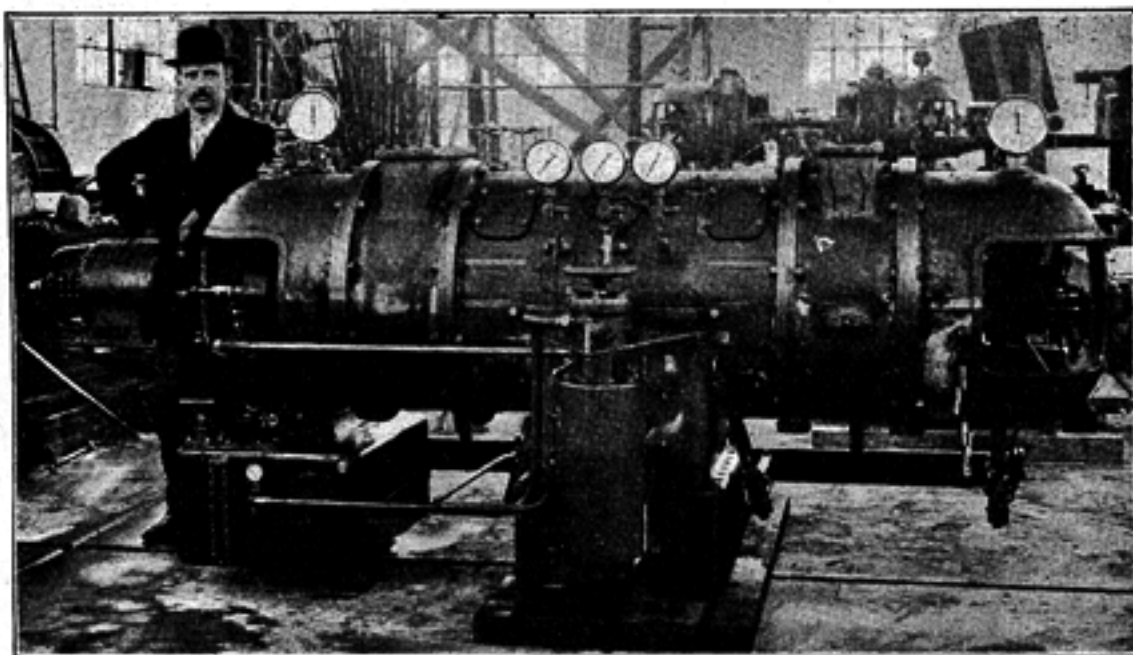


Fig. 31a.

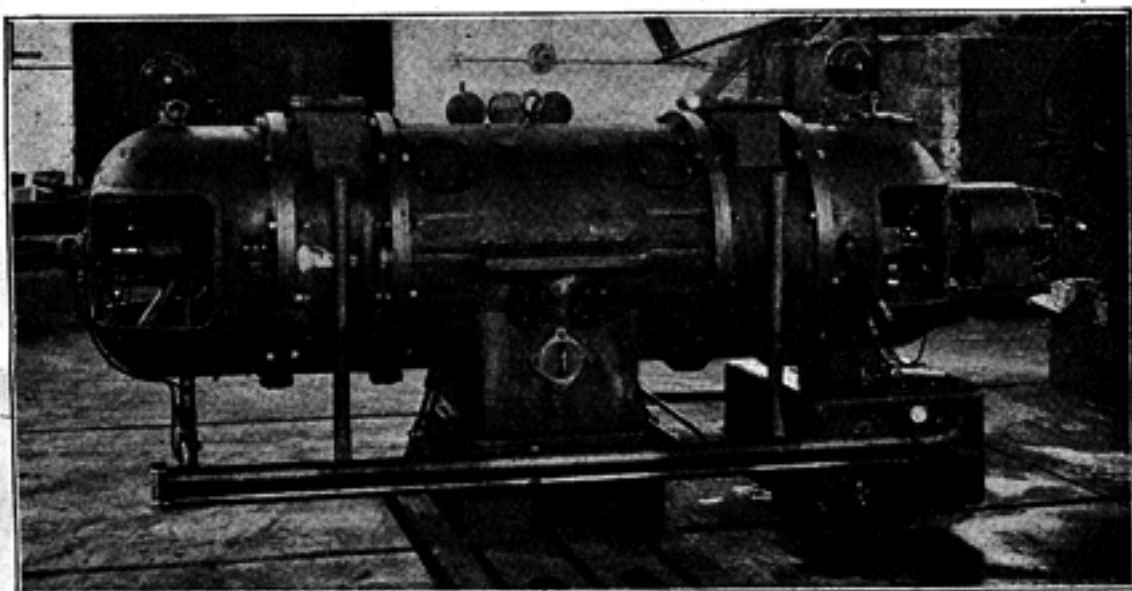


Fig. 31b.

kinderziekte met een nieuwe turbine-constructie door te kunnen maken.

Enkele onderdeelen betreffende de regeling schenen ons nog zeer primitief uitgevoerd. Doch ook hield de vrees voor de uiterst fijne constructie mij tegen. In Zweden noemde men schertsenderwijze de fabriek „Uhrmacherei”.

De practijk zal nog moeten leeren of de lichte subtiële constructie, die na de de Laval-turbine door de tegenwoordige robuuste constructies geheel was verlaten, bestand zal blijken te zijn tegen de hoge eischen, die de moderne centrales aan haar krachtmachines moeten stellen.

Thans zijn 20 turbines met totaal ca. 38.000 K.W. gedeeltelijk in werking, gedeeltelijk in aanbouw, waarvan de twee kleinste 400 K.W., de meeste 1000 K.W. en de grootste 7000 K.W. vermogen zullen hebben (1).

Het zal dus niet zoo heel lang meer behoeven te duren vóór wij zullen kunnen beschikken over voldoende gegevens om een juist oordeel uit te kunnen spreken over de mogelijkheid der toepassing van de nieuwe vinding van den heer LJUNGSTRÖM.

Beraadslaging.

De Voorzitter Alb. Ph. Kapteyn. Er zijn in deze voordracht zoovele details besproken en zoovele ingewikkelde dingen, als labyrinthen e. d., dat het kan zijn dat sommigen van de heeren ook in een labyrinth verkeerden en gaarne weder daaruit onder de leiding van den heer VAN LOENEN MARTINET zouden willen geraken.

Het lid J. C. Dijkhoorn. Het zij mij vergund eenige vragen te stellen naar aanleiding van deze voordracht.

In de eerste plaats heeft het mijn aandacht getrokken dat de heer VAN LOENEN MARTINET zeide, dat de twee helften van deze turbine, die tegen elkander indraaien, zoodanig ten aanzien van de snelheid geregeld worden, dat de twee dynamo's automatisch worden gesynchroniseerd. Nu hebben wij bij het vele wetenswaardige, dat wij gehoord hebben, niets vernomen omtrent de reguleurs. Ik zeg dit allerminst om te kort te doen aan het vele wetenswaardige dat wij hebben vernomen, maar het zou mij toch aangenaam zijn indien wij alsnog iets mochten hooren over de wijze, waarop de reguleurs hier zijn aangebracht, en hoe men bereikt, dat die stoomreguleurs automatisch de twee dynamo's synchronisch doen loopen.

Een andere vraag betreft het volgende. Heb ik de teekeningen goed begrepen, dan zijn de expansie-verbindingen met die schijfvormige uiteinden gesloten kegelvlakken. Ik wenschte nu te vragen, of te midden van deze zeer lichte constructie deze conussen, die door hun vorm vrij stijf zijn, toch zoodanige expansie zouden vertoonen, als noodig is om de hoge temperatuursverschillen, welke hier voorkomen, onschadelijk te maken.

Het is mij niet volkomen helder geworden, hoe zij als het ware zouden kunnen scharnieren, en ik zou daaromtrent nog gaarne eenige nadere toelichting van den spreker willen vragen.

Het lid F. P. G. van Loenen Martinet. Ik kan op de vragen van den heer DIJKHOORN het volgende antwoorden.

Het synchroniseeren geschiedt electricisch en automatisch. Er is één stoomreguleur die de turbine beheerscht. De twee helften gaan vanzelf loopen. Zij hebben misschien enig verschil in wrijving, maar ongeveer zullen zij hetzelfde aantal toeren aannemen. Er is geen enkele reden, dat de eene helft wat harder loopt dan de andere. Wanneer zij 1300 toeren hebben

(1) Door de fabriek te Finspong zijn geleverd of onderhanden voor:
North Metropolitan Electric Power Supply Co.
Willesden Power Station, London

1 st. 1000 K.W.
1 st. 7000 K.W.
Sandvikens Järnverks A. B., Sandviken, Zweden 1 st. 1400 K.W.
1 st. 2800 K.W.

Naphta Productions Gesellschaft GEBR. NOBEL,
Petrograd, voor Baku 3 st. 2800 K.W.
Stockholms Rederi A. B. Svea, Stockholm 2 st. 400 K.W.
WM. BEARDMORE & Co., Dalmeir, Schotland 1 st. 1100 P.K.
Skärblacka Aktiebolag., Skärblacka, Zweden 1 st. 1400 K.W.
Door de Brush Electr. Engineering Co. Loughborough worden thans een 18-tal machines van 1000 K.W. gebouwd.

Onder de bestellers noem ik: St. Pancras Borough Council, London; Luton Corporation, Luton; Loughborough Corporation, Loughborough; Kettering Corporation, Kettering; Batley Corporation, Batley; SWINDELL & Co., Bollington; Kensington & Notting Hill, London.

gekregen, synchroniseeren de beide machines zich zelf, en wanneer zij eenmaal electrisch parallel loopen, is de werking er van zoo, dat zij elkander automatisch vasthouden.

Er is maar één stel regelweerstand aan den gelijkstroomkant. Eén opwekkingsmachine zit aan het einde van de as.

Wat de expansieringen betreft, het volgende: De expansiering is dun gehouden om het overgaan van de warmte zoo veel mogelijk te vermijden. De temperatuur in den expansiering daalt geleidelijk van den eenen kant naar den anderen kant. De heer DIJXHOORN sprak van hooge temperatuursverschillen. Ik zou geen getallen kunnen noemen, maar in elk geval zijn het geen 200° of 300°. De expansiering is een doorlopende ring. In elken schoepenring is een expansiering aangebracht. Nu stel ik mij voor, dat de schoepenring zich bij verwarming uitzet, en daar de temperatuur aan den eenen kant van den expansiering hooger wordt dan aan den anderen kant, zal dus de uitzetting van den schoepenring ook grooter zijn aan de zwevende zijde, dan bij het vaste gedeelte van de schijf, waarop hij zit. Dan moet de ring zich wat verzetten, en de expansiering moet gedraaid worden. De buitenkant van den ring, die aan den schoepenring zelf zit, zal een grooteren omtrek verkrijgen dan het binnengedeelte. Hij is conisch gesteld; door de verschillende verwarming zal de coniciteit sterker worden, waardoor de ring in de plaats van bevestiging zal draaien.

Het lid J. C. Dijkhoorn. Ik begreep de zaak zoo, dat deze onderdeelen ook misschien goedmaken het verschil in uitzetting, hetwelk de tubineschijf zelf vertoont, dus dat niet alleen in aanmerking komt het verschil in temperatuur, dat aan de twee uiteinden van dezen kegelvormigen expansiering optreedt, maar dat deze, in verband met een kleine vervorming, ook het verschil in uitzetting heeft goed te maken, dat in het hoofdmachinedeel, in de draaiende turbineschijf ontstaat.

Ik meende dus, dat de expansieringen zoo dun genomen zijn juist opdat zij, zonder dat een bovenmatige materiaalspanning ontstaat, een zekere vormverandering kunnen toelaten, die door andere deelen noodzakelijk wordt gemaakt.

De Voorzitter. Ik zou gaarne gezien hebben, dat de heer VAN LOENEN MARTINET een klein beetje meer met nadruk had gewezen op het verschil in principe tusschen de gewone stoomturbine en deze stoomturbine.

Het is mij niet geheel duidelijk geworden, waarin het verschil in principe bestaat. Daarover is de spreker wel wat losjes heengelopen.

Voor velen is het misschien goed, dat eens met wat meer nadruk gewezen wordt op het nieuwe principe van deze nieuwe turbine.

Het lid F. P. G. van Loenen Martinet. Ik onderstelde dat alle toehoorders in deze Afdeling wel het principe van de gewone turbine zouden kennen, maar ik voldoe gaarne aan uw wenk om het verschil nog eens aan te geven.

Bij de gewone turbine heeft men een as met verschillende schijven, aan den omtrek waarvan schoepen in radiale richting zijn bevestigd. De stoom gaat in de richting van de as door de schoepen. Vóór het eerste schoepenrad is een schijf aangebracht, die stil staat en vanschoppen of „dusen” is voorzien, waardoor de stoom in de juiste richting wordt geleid. Dan komt de stoom op de schoepen van het eerste rad, dat in draaiing wordt gebracht. De stoom, die er uit komt, moet nu weder in een bepaalde richting gebracht worden door een tweede leidapparaat en vindt daarna weder een volgende schijf, welke weder in draaiing wordt gebracht. De weg van den stoom is in axiale richting. Vaste en draaiende schijven staan allen achter elkander.

Nu zijn bij de Ljungström-turbine de vaststaande leischoppen tot draaiende schoepen gemaakt, en dat is verkregen 1°. door twee schijven tegenover elkaar te stellen, elk voorzien met verscheidene schoepenringen, zooals ik u heb beschreven en 2°. door den stoom niet in axiale doch in radiale richting te voeren.

Het lid R. van Ammers. Naar aanleiding van de opmerkingen van Prof. DIJXHOORN zou ik op het volgende de aandacht willen vestigen.

Hoe de expansie door die ringen geschiedt heeft mij eerst ook eenigszins duister geleken, maar ik geloof bij nadere

beschouwing dat het gemakkelijk te verklaren is, wanneer men slechts twee zaken uit elkander houdt.

Die ringen zijn bijzonder dun. Nu meen ik, dat die dunheid van de ringen noodig is, niet met het oog op de expansie, maar om te beletten, dat een groot warmteverlies door die ringen plaats heeft. Dat de ringen de vormverandering door ongelijke temperatuur kunnen opnemen lijkt mij niet zoozeer het gevolg te zijn van de dunne afmeting van de ringen, want elasticiteit wordt hierdoor niet verkregen daar zij conisch zijn. Toch nemen zij de expansie op, en wel, doordat de twee randen van den ring de temperaturen aannemen van de raderen waaraan zij zijn bevestigd, terwijl de temperatuur in het dunne gedeelte geleidelijk verloopt.

Men moet hier denken aan het principe van den conusvorm van stoomklepzittingen. De conus heeft de eigenschap, dat hij bij temperatuursverandering conisch blijft. Dat doet deze conische expansiering ook, met dit verschil dat de eene zijde van den ring koud is en de temperatuur naar het andere einde toe geleidelijk toeneemt, welk einde dus evenveel uitzet als het warme schoepenrad, waaraan het is verbonden.

Hierdoor kan m. i. de uitzetting bij een temperatuursverschil van eenige honderden graden worden opgenomen, zonder dat er van veering sprake kan zijn.

Het lid J. C. Dijkhoorn. Ik geloof, dat deze verklaring van den heer VAN AMMERS de juiste is.

Het lid J. B. Giljam. Ik zou een enkele vraag willen richten tot den heer VAN LOENEN MARTINET nopens den invloed, die het bezigen van deze lichtere constructie eventueel zal hebben op den geheelen bouw van de centrale.

Zullen wij weder terugkeeren tot de oude centrales, zonder kelder, waarop alles staat, terwijl de machinist de machine met den ladder bestijgt, of zal men toch nog blijven vasthouden aan de centrales, die thans een kelderhoogte van 6—8 M. krijgen, die een zware fundatie hebben en daardoor zooveel duurder zijn?

Is reeds een centrale geprojecteerd speciaal voor de opstelling van deze turbines, welke ten slotte een geheel ander aanzien krijgt, of blijft het bij het oude?

Het lid F. P. G. van Loenen Martinet. Het is mij niet bekend, of er reeds centrales zijn geprojecteerd naar dit systeem. Afgaande op de afbeelding van de opstelling zou men wel zeggen, dat men zich voorstelt geen machinevloer te maken.

In de centrale te Willesden, waar men bezig was te bouwen voor deze turbine, is wel een vloer gedacht, omdat naast deze turbine nog een turbine van het normale type zal geplaatst worden. Die centrale is dus niet uitsluitend voor deze machine ontworpen.

Ik onderstel intusschen dat, als men een centrale uitsluitend voor Ljungström-turbines inrichtte, men best den vloer zou kunnen missen.

De Voorzitter. Ik wensch te vragen, of de heer VAN LOENEN MARTINET het een en ander zou kunnen mededeelen over het gewicht van deze machine in vergelijking met het gewicht van turbines van ander systeem.

Misschien heeft de heer VAN LOENEN MARTINET in zijn voordracht hiervan iets vermeld, maar dan is het mij ontgaan.

Het lid F. P. G. van Loenen Martinet. Gaarne wil ik een en ander mededeelen omtrent het gewicht en omtrent den prijs, voor u ook wel belangrijk om te weten, van een Ljungström-turbine van 2000 K.W. en van een gewone turbine van 2000 K.W., hiermede bedoelende een turbine van normale constructie.

De Ljungström-turbine weegt 28.000 K.G., de condensor 16.000 K.G., totaal 44.000 K.G. De gewone turbine weegt 33.000 K.G., de condensor 16.500 K.G., totaal 49.500 K.G.

De prijs van de Ljungström-turbine bedraagt ongeveer f 76.000, alles en alles bij elkaar, inclusief montage en bevestiging, de prijs van de gewone turbine f 60.000. De prijs van de Ljungström-turbine is dus f 16.000 hooger, maar daartegenover staat een stoombesparing van 10—14 pCt., waarbij ik echter moet opmerken dat de prijs van de Ljungström een eerste aanbieding was en die van de gewone turbine het resultaat van een inschrijving met zware concurrentie.

Het lid **D. Croll**. Het is een moeilijke zaak voor een gewoon machinefabrikant om te spreken over stoomturbines.

Ik begin met te verklaren, dat ik allerm minst een specialiteit op dit gebied ben. Uit den aard der zaak hebben wij, toen de stoomturbine werd ingevoerd, ons rekenschap er van moeten geven, in hoever het practisch zou zijn om over te gaan tot de toepassing van de stoomturbine aan boord van stoomschepen. Wat wij er in het begin van zagen gaf ons den indruk, dat er eigenlijk zeer veel horlogemakerswerk bij te pas kwam, en na wat heden ons vertoond is moet ik verklaren, dat dit alles overtreft wat ik in die richting nog heb gezien.

Ik moet eerlijk zeggen, het gaat geheel en al buiten de ervaring van een gewone machinefabriek.

Ik zal de laatste zijn om voorspellingen te doen hetzij wat betreft het succes, hetzij wat betreft de failure van de Ljungström-turbine, maar oppervlakkig zou ik zoo zeggen, dat LJUNGSTRÖM toch wel zal moeten volgen de lijn, door PARSONS en anderen gevolgd, en zijn machines heel wat solieder zal moeten gaan bouwen, eer hij er op rekenen kan in de practijk een voortdurend succes te hebben.

PARSONS — om niet te spreken van DE LAVAL — is begonnen met licht werk.

Van hetgeen ik heden gezien heb ben ik wat geschrokken en, wanneer ik op de plaats van den heer VAN LOENEN MARTINET stond, zou ik eveneens zeer lang aarzelen alvorens mijn gemeente te durven adviseeren om zonder meer ervaring een dergelijke groote afwijking aan te durven van alles wat de practijk tot dusver heeft geleerd, voornamelijk wat betreft ongelijke uitzettingen door temperatuursverschillen.

In den aanvang van zijn voordracht vermeldde de heer VAN LOENEN MARTINET iets; wat mij bijzonder interesseerde. Er werd betoogd, dat de groote stoomsnelheid, die vereischt wordt, bereikt zou kunnen worden door 2 ringen die tegen elkander in draaien, waardoor men de gewenschte snelheid van den stoom zou kunnen bereiken met de helft van het aantal omwentelingen, en dat deze turbine op schepen was toegepast.

Toen dacht ik: dat zou een groote stap tot den vrede zijn. Afgezien van de quaestie van de teerheid van constructie van een turbine, is het eigenlijk voor de schepen steeds de groote moeilijkheid geweest, dat een schroef een betrekkelijk gering getal omwentelingen eischt, terwijl een dynamo met succes een groot aantal omwentelingen toelaat; daarom hebben wij in het algemeen gedacht, dat de stoomturbine aangewezen is voor elektrische centrales. Voor schepen — ik spreek nu niet van de oplossing door overbrenging — is het steeds een compromis geweest tusschen schroef en turbine.

De Ljungström-turbine op een schip heeft echter niet het principe van twee in tegengestelde richting draaiende ringen om de uitstroomingssnelheid te verhoogen bij behoud van een matig aantal omwentelingen.

Wanneer men nu zegt, dat een dergelijke turbine aan boord van een schip geplaatst een besparing van 35 pCt. aan kolen heeft gegeven, dan wil ik er op wijzen — en hier zullen wel meer leden aanwezig zijn die dat evengoed weten als ik — hoe ontzettend moeilijk het is om het kolenverbruik op een schip te bepalen.

Eerst wanneer wij de resultaten over jaren krijgen en de cijfers tegenover elkander plaatsen, hebben wij er een idee van, hoe de verschillende machines voldoen. Het is onmogelijk om door één proef uit te maken, wat het kolenverbruik is voor een schip, d. w. z. een cijfer dat voor de exploitatie-rekening van waarde is.

Maar er is nog meer. Al zou men kunnen zeggen: ik gebruik per I.P.K. zooveel minder steenkool, vergete men toch niet dat het resultaat van een schip als geheel beschouwd moet worden en dat wij de combinatie hebben van machine en voortstuwingsmiddelen. Wanneer een voordeelige machine vereischt een schroef, die b.v. viermaal zooveel omwentelingen moet maken als een normale schroef, en wij dus met de schroef verliezen het voordeel, dat wij uit de machinekamer halen, dan zijn wij achterop.

Ik zou veel meer moeten weten van de proeven in Zweden alvorens deze gegevens te aanvaarden. Ik vermoed, dat de heer VAN LOENEN MARTINET er ook niet bij geweest is.

Ik begrijp ook niet hoe op een schip de inrichting van die ringen, welke tegenover elkander draaien, zou toe te passen zijn. Ik vermoed, dat dat alleen mogelijk is bij een stel van 2 dynamo's.

Het lid **F. P. G. van Loenen Martinet**. Hetgeen ik heb medegedeeld over de inrichting van het schip heb ik geput uit de *Handelsberichten* van 7 Januari 1915, blz. 726, mij door een onzer leden, in de vergadering aanwezig, zooveel ter hand gesteld.

Toen ik verleden jaar in Zweden was, was men bezig met die machine te construeeren. Zij maakt 7500 omwentelingen per minuut, en heeft aan elken kant een dynamo voor levering van elektrischen stroom. Het schip wordt bewogen met electromotoren. Directe koppeling van de schroefassen aan de turbine is niet mogelijk.

Het betreft hier twee schepen, welke in de vaart zullen worden gebracht tusschen Gothenborg en Stockholm.

Nu heeft de firma een kolenbesparing van 30 pCt. gegarandeerd tegenover eenzelfde boot, uitgerust met gewone stoomketels en triple-expansie-machine. Ik vind nu in dit berichtje, dat de proef heeft uitgewezen dat een besparing van 35 pCt. tegenover de andere boot is verkregen.

Verdere bijzonderheden weet ik er niet van. Ik heb het alleen als merkwaardigheid medegedeeld.

Het lid **D. Croll**. Het is niet moeilijk op een proeftocht een besparing van misschien wel 20 pCt. te bereiken boven het normale kolenverbruik in dienst. Volledige gegevens zijn dus onontbeerlijk om hier een oordeel te vormen.

Het lid **F. P. G. van Loenen Martinet**. Ik denk aan een proefneming met de beide booten onder dezelfde omstandigheden.

Het lid **J. Muysken**. Toevallig heb ik kort geleden bericht gekregen over dat schip, hetwelk in Zweden vaart.

Het schip heeft, zooals de heer VAN LOENEN MARTINET aangeeft, turbines die maken 7200 toeren en drijven dynamo's. Dat is in dit geval niet anders mogelijk. Die dynamo's drijven motoren voor de schroefas. De motoren maken 900 toeren en drijven weder door kamwielen de schroefas, die 90 toeren maakt.

In het schip is eigenlijk al het nieuwste ingebracht dat men maar kan denken. Er zijn kogellagers voor de trustblokken en men heeft er gewone trustblokken bijgezet als reserve. Het blijkt wel, dat men in Zweden bijzonder vooruitstrevend is, en het is zeker te waardeeren, dat een reederij te vinden is, die dergelijke proef op groote schaal neemt.

Ook waren er de z.g. kinetische straalcondensors. Eigenlijk is er alles wat proefondervindelijk op schepen wordt toegepast.

In het bericht stond, dat het schip dienst deed met eenzelfde schip dat voorzien was van een gewone triple-expansie machine.

Er wordt bij vermeld, dat het kolenverbruik was gekomen op 0.74 K.G. tegenover 1.14 K.G. bij het andere schip; als dat op den langen duur zoo blijft, dan is het een prachtig resultaat.

Ik geef intusschen toe, dat het kolenverbruik niet het eenige bij een schip is. Het moet een buitengewoon knappe installatie zijn, maar of het voor den reeder een rendabel schip zal zijn, is een andere quaestie dan het kolenverbruik.

Het lid **D. Dresden**. Ik wil gaarne mijn waardeering uitspreken wat betreft de wijze, waarop de heer VAN LOENEN MARTINET een zoo moeilijk onderwerp duidelijk heeft gemaakt en ik wil ook gaarne hulde brengen aan de vindingrijkheid van LJUNGSTRÖM, maar kan toch niet nalaten terug te komen op de cijfers van stoomverbruik, welke de spreker heeft genoemd.

Hij heeft een vergelijking gemaakt tusschen een 2200 K.W. machine van een ander systeem en een 1000 K.W. machine van LJUNGSTRÖM, waarbij de stoomcijfers waren 7.4 en 5.8. Nu is 7.4 abnormaal hoog; 5.8 is een goed cijfer, maar toch niet abnormaal laag. De heer VAN LOENEN MARTINET zegt wel: STORK heeft als uiterste cijfer gegeven 5.78, terwijl LJUNGSTRÖM 5.1 bereikt heeft, maar bij dat cijfer van 5.1 is de stoomtemperatuur niet aangegeven. Dat cijfer van STORK was opgegeven bij een temperatuur van 358° C. Maar de heer VAN LOENEN MARTINET heeft zelf er op gewezen, dat LJUNGSTRÖM spreekt van een toepassing van een zoo hoog mogelijke temperatuur, en wanneer zijn proef bij 408° is genomen, maakt dit een verschil van ca. 7 pCt. op het stoomverbruik. Dus de zaak wordt zooveel gunstiger voor de Zoelly-turbine.

Ik neem evenwel gaarne aan, afgaande op de teekeningen

en publicaties van den heer VAN LOENEN MARTINET, dat met deze turbine beter stoomverbruik is te bereiken dan bij toepassing van andere systemen. Dit heeft echter alleen geldigheid of bij een nieuwe turbine, of bij een turbine die werkt met absoluut zuiveren stoom.

In de brochure van LJUNGSTRÖM wordt aangegeven, dat het effect van een schoep alleen maar afhangt van den vorm van de schoep en niet van de afmetingen. De vorm van de schoep is in hoofdzaak een cirkel. Nu is, wanneer men de schoep op kleinere schaal uitvoert, de kromtestraal ook evenredig kleiner en dus de bocht scherper.

In de brochure staat, dat dit op het wrijvingsverlies geen invloed heeft, maar dat is waarschijnlijk niet waar. Althans, de in de brochure aangegeven proef geeft een tegenovergesteld effect. En al was het waar, de toepassing van smalle schoepen is niet gebonden aan het type van LJUNGSTRÖM. Smalle schoepen zouden ook toepassing kunnen vinden bij de gewone markturbine.

Ik geloof, dat de voorspelling niet al te gewaagd is, dat de gebreken, welke den heer VAN LOENEN MARTINET beletten om deze turbine toe te passen, niet zijn kinderziekten, doch fouten, die onafscheidelijk verbonden zijn aan de toepassing van het systeem.

De toepassing van die turbine met 2 tegen elkaar in draaiende wielen — welk systeem vóór LJUNGSTRÖM ook reeds was uitgevoerd — is gebonden aan een zeker maximum van diameter van den laatsten loopschoepkrans en wel uit overwegingen van constructieven aard reeds. Wanneer men bij een bepaalden diameter een zeker aantal trappen onder moet brengen, moeten de schoepen een kleine afmeting hebben en dat geeft aanleiding tot wat de heer CROLL genoemd heeft „horlogemakerswerk”.

Dan nog dit. Die schoepen zullen zoo niet dadelijk, dan toch na eenigen tijd minder gunstig werken. Als zij de fabriek verlaten is de oppervlakte er van prachtig gepolijst en afgewerkt, maar in het bedrijf worden zij spoedig min of meer vuil. Er zijn centrales, waar men met schoonen stoom werkt, maar men kan er niet op rekenen, dat algemeen gezorgd wordt voor schoonen stoom. Men krijgt dus afzetting in de schoepen, en bij de kleinere afmetingen van de schoep zelf heeft een even groote vuilafzetting veel meer invloed op den overblijvende vorm dan bij een grootere schoep.

Dit maakt, dat men met zekerheid mag voorspellen, dat zoo'n turbine, na eenigen tijd in werking te zijn geweest, belangrijk moet achteruitgaan in stoomverbruik. In de eerste plaats doordat de schoepen sterk gaan lijden aan onzuiverheid, en verder doordat de smalle afdichtingsranden, welke LJUNGSTRÖM heeft aangebracht, moeten slijten door het herhaald aanloopen bij belastingverandering, zoodat men ook groot lekverlies krijgt.

Het slijten van de afdichtingen heeft ook dit bezwaar — hetwelk ook pas tot uiting komt nadat de machine eenigen tijd in gebruik geweest is — dat de drukverdeling, die aan den achterkant van het loopwiel zal ingesteld worden, om den axialen druk automatisch op te nemen, na verloop van eenigen tijd tengevolge van slijtage niet meer theoretisch juist kan zijn, zoodat men dan sterken axialen druk krijgt.

De hoofdzaak is, dat de turbine, na eenigen tijd in werking te zijn geweest, in stoomverbruik moet achteruitgaan, wat bij de tegenwoordige turbines niet het geval is. Wij hebben b.v. 3 jaren geleden een turbine in werking gesteld en daarmee garantie-proeven gedaan en volgens het bestek moest na een jaar de proef herhaald worden. De machine had in dat jaar geloopt op $\frac{3}{4}$ belasting, op volle belasting en had ook stil gestaan. Welnu, die herhaalde proef gaf een verschil van slechts $\frac{1}{2}$ procent in stoomverbruik.

Dit is niet te bereiken met de Ljungström-turbine.

Verder wil ik nog een moeilijkheid aanroeren. Wellicht kan de heer VAN LOENEN MARTINET mij daarop een antwoord geven.

Hij zeide, dat de turbine in enkele uren gedemonteerd kan worden. Nu worden de schoepringen in het loopwiel bevestigd door een ring, die daarnaast gestempeld wordt. Wanneer men nu één van die loopringen wil uitwisselen, hoe krijgt men hem er dan uit?

Die ringen zitten allen bij elkander. Als de buitenste er uit moet, dan is het eenvoudig, maar ik zie niet in hoe men één van de meer binnenwaarts gelegen ringen er uit kan halen zonder eerst de anderen er uit gehaald te hebben.

Dan zou ik nog gaarne vernemen de stoomtemperatuur,

waarbij die vergelijkende cijfers bepaald zijn, zoodat men beter zou kunnen oordeelen over de vergelijking.

Het lid F. P. G. van Loenen Martinet. Ik heb bij mijn bezoek in Zweden ook gevraagd, hoe men een ring verwisselt, en of dat niet moeilijk is. Men zeide mij, dat dat geen bezwaar opleverde.

De dunne band, waarmede de ring in de schoep is ingestempeld, is van zoodanigen vorm, dat hij er eenvoudig met een tangetje weder uitgetrokken kan worden.

Nu moet men niet vergeten, dat die ringen wel dicht op elkander zitten, maar dat, wanneer de schijven van elkander worden verwijderd, tusschen de ringen op één schijf voldoende ruimte ontstaat om er met een tang tusschen te komen en er weder een nieuwen ring in te stempelen.

Wat betreft de vraag van den heer DRESDEN betreffende stoomtemperatuur, waarbij de vergelijkende cijfers bepaald zouden zijn, moet ik mededeelen dat de omstandigheden, waaronder die proeven geschieden, mij niet bekend zijn. Het was mij dus moeilijk om vergelijkende cijfers te geven, maar daarom heb ik juist de cijfers van de Zoelly-turbine bij tamelijk hooge temperatuur genoemd. LJUNGSTRÖM stelt zich voor de machine bij hooge oververhitting te laten werken, het is echter niet gezegd, dat de bij de beproeving behaalde cijfers bij een temperatuur van b.v. 400° C. zouden zijn behaald. De cijfers van de Zoelly-turbine heb ik gegeven bij 350° en bij een behoorlijken hoogen druk en een behoorlijk laag vacuum.

Ik heb die vergelijking niet gegeven als absoluut juist, doch alleen om den heeren eenigszins een denkbeeld te geven van wat bereikt kan worden met deze machine.

Dus cijfers kan ik in dit opzicht niet geven.

Het lid W. Lulofs. Ik heb, evenals de heer VAN LOENEN MARTINET, wel den indruk gekregen, dat op het oogenblik dit fabricaat nog in zijn aanvangsstadium is. Ik herinner mij althans, dat ik anderhalf jaar geleden prijsopgaaf heb gevraagd van een turbine van 9000 K.W. en dat mij toen werd geantwoord: wij hebben wel een turbine van 5000 K.W., die kunt ge inrichten voor 20 K.G. stoomdruk; ge moet uw ketelhuis maar daarop inrichten, dan geeft deze machine u ruim 9000 K.W. Ik kon die machine niet gebruiken. Ik heb 26 ketels van 10 K.G. stoomdruk. Er was dus eenig bezwaar verbonden aan die prijsopgaaf.

Maar ik geloof ook met den heer VAN LOENEN MARTINET, dat dit fabricaat toch een groote toekomst heeft.

Voor het bezwaar van den heer DRESDEN, dat door het vuil worden van de schoepen het voordeel van de 10—14 pCt. stoombesparing zal ingeboet worden, ben ik niet bevreesd.

In de eerste plaats heeft toch de practijk getoond, dat men met een goed gevoerd bedrijf absoluut zuiveren stoom kan hebben. Toen wij eens een turbine, na haar een jaar lang in bedrijf gehad te hebben, openmaakten, is er in het geheel geen vuil in gevonden. Het condensaat van de turbine wordt direct naar de ketelpomp gevoerd en op deze wijze is het onmogelijk dat het voedingwater verontreinigd wordt en een verdampproduct in den ketel achter zal laten. Men heeft dan nog het suppletie-water, dat niet chemisch rein is, maar dat op een of andere wijze gedistilleerd kan worden. Als men dat water gebruikt, dan is er geen mogelijkheid, dat er vuil in de turbine komt. Bij ons te Amsterdam is er ook geen quaestie van.

Waar de mogelijkheid bestaat om absoluut zuiveren stoom te krijgen, zou ik zeggen dat bedrijfsleiders verplicht zijn dergelijke inrichting te maken wanneer zij, met een Ljungström-turbine werkende, 10—14 pCt. effect zouden inboeten door niet te zorgen voor extra zuiveren stoom.

Ook het door den heer DRESDEN opgeworpen bezwaar tegen de mogelijkheid van afslijping van de afdichtingen, is mij niet duidelijk, waar toch de firma STORK haar afdichtingsringen maakt van z.g. turbine-metaal, dat in hoofdzaak de eigenschap heeft dat het niet aanvreet, zoodat het voortdurend kan slepen en slijten. Als men een Stork-turbine openmaakt, blijkt dat de ringen op de as voortdurend geslept hebben. Die ringen zijn nogal aan groote slijtage onderhevig. Door meting hebben wij kunnen constateeren een afslijten van bijna een millimeter.

Nu heeft de heer VAN LOENEN MARTINET medegedeeld, dat hij bang is voor roesten van de labyrinth-dichtingen op de as. Ik zou willen vragen: waarom kan dat niet van een

materiaal gemaakt worden, dat niet aan roest onderhevig is? In de tweede plaats wil ik vragen, hoe het is bij de demontage met de afdichting van de stoombuis van de turbine zelf en de koppeling van de stoomleiding?

Er is een vast gedeelte in het huis van de turbine en er is een afneembaar gedeelte vast aan de turbine zelf. Die moeten uit elkaar genomen worden bij de demontage. Hoe is nu de stoomdichting? Het lijkt mij eenigszins dubieus, hoe die ingericht is.

Het lid F. P. G. van Loenen Martinet. Ik heb er op gewezen, dat de stoombuizen los in elkander zitten. Door de warmte van den stoom zet de vaste buis zich uit, zet zich in de buitenbuis, die in de stoomkast is bevestigd, en knelt zich daarin vast, doordat er in de vaste buis op een bepaalde plaats een ring is aangebracht.

Breken van het materiaal, dat er om heen zit, ten gevolge van het ontstaan van verhoogde spanning, kan niet voorkomen, omdat om de plek, waar de ring zit, een ruimte is gelaten voor de uitzetting.

Omtrent de andere opmerking van den heer LULOFS, merk ik op, dat het wellicht mogelijk is een materiaal te gebruiken dat niet roest, maar men vergete niet, dat men dan weder kan krijgen een slijtage ten gevolge van den doorgaanden stoom in de labyrinthen, een verteren dus. Wat men aan den eenen kant zou winnen, zou men aan den anderen kant kunnen verliezen. Ik merk intusschen op, dat die labyrinthen op betrekkelijk eenvoudige wijze kunnen vernieuwd worden, maar dit zal ook zijn kosten medebrengen.

Het lid W. Lulofs. Het afdichtingsmateriaal van andere turbines is ook van een niet roestend materiaal, een soort koperlegering, een soort brons, en ik begrijp dus niet, waarom dat hier niet zou gaan. Ik ken geen materiaal voor labyrinthen, dat van staal gemaakt wordt. PARSONS maakt het van een soort brons, hetgeen toch in elk geval niet aan roesten onderhevig is.

De quaestie van de buizen begrijp ik nog niet. De redenering van den heer VAN LOENEN MARTINET is: de eene buis heeft een grootere doorsnede dan de andere en wanneer de eene warmer wordt, krimpt de andere in.

Zoodra de turbine in werking is, hebben beide stukken dezelfde temperatuur, en evenzoo wanneer de turbine buiten werking is. In het eerste geval zijn zij beide warm en in het andere geval beide koud. Ik begrijp niet, dat zij beide in warmen toestand vast in elkaar kunnen klemmen en beide in kouden toestand los in elkaar zouden zitten.

Het lid F. G. Waller. Ik zou nog een enkele opmerking willen maken naar aanleiding van hetgeen de heer LULOFS heeft gezegd omtrent de quaestie van den schoonen stoom.

Centrales, die bijna uitsluitend condenswater uit haar oppervlakcondensators krijgen en dat teruggebruiken, staan natuurlijk anders voor deze quaestie. Ik betwijfel echter, of het in de normale fabriekspraktijk altijd mogelijk zal zijn zulken stoom te maken, dat er niet in de turbine afzetting plaats heeft.

Ik wijs op het zeer dikwijls voorkomend geval, dat, behalve voor krachtopwekking, ook op andere plaatsen in een fabriek een groot stoomverbruik is en dus de hoeveelheid condenswater gering is. Nu is het met de tegenwoordige buizenketels uiterst moeilijk — althans in vele plaatsen van ons land, waar men aangewezen is op het gebruik van polderwater en waar men een zeer wisselende samenstelling van het water heeft — dit water zoodanig te zuiveren dat pruimen geheel vermeden wordt. Het kleine ding, dat wij hier afgebeeld hebben gezien, zou in een Delftsche fabriek binnen 14 dagen al aardig dicht zitten, zoodat dan wellicht die schoep niet veel meer zou zijn dan een rond stangetje en de mathematische vormen, die met veel studie gemaakt zijn, geheel verloren zouden zijn.

Het lid W. Lulofs. Maar alle fabrieken zijn toch voorbeschikt om bij de centrales te worden aangesloten!

Het lid F. G. Waller. Dat wordt zoo langzamerhand de opvatting. Men spreekt van elektrische bedrijven over het geheele land. Onlangs heeft de heer VAN IJSELSTEYN over die quaestie een uitvoerige beschouwing gegeven. Bij het debat heb ik mij veroorloofd in het midden te brengen, dat

er omstandigheden kunnen zijn, waarin een particulier ondernemer goedkoper stroom kan produceeren dan een groote centrale. In het bijzonder heb ik hier het oog op chemische fabrieken, die den afgewerkten stoom voor verwarmingsdoeleinden gebruiken.

Ik wil dus toegeven, dat er nog een enorm arbeidsveld voor de electriciteitsvoorziening in ons land is weggelegd, maar er zullen toch gevallen blijven voorkomen, dat de particulier goedkoper kan produceeren.

Het lid D. Dresden. Wat betreft de quaestie van het in elkander zitten van de buizen, ik meen begrepen te hebben, dat hier niet de temperatuur werkzaam is, doch dat de binnenpijp door het drukverschil aangedrukt wordt tegen de buitenpijp.

Ook wilde ik nog opmerken, dat de toepassing van de „gegenläufige“ turbines (de turbines die tegen elkander in draaien) elk met een generator verbonden, terwijl de generatoren electricisch gekoppeld zijn, reeds eenige jaren geleden door SIEMENS gepatenteerd was.

De Voorzitter. Wanneer niemand verder het woord verlangt, dan wensch ik tot den heer VAN LOENEN MARTINET een woord van dank te richten voor zijn belangwekkende voordracht, welke, blijkens de algemeene deelneming aan het debat, zeer de belangstelling heeft gaande gemaakt. Er is alle aanleiding om, wanneer de voordracht met de beraadslaging gepubliceerd is, deze zaak nog eens nader te bestudeeren.

De eerste indruk is wel geweest, dat de machine te delicaat geconstrueerd is, doch het is wellicht een indruk, die weder verdwijnen zal. Zeer vaak gebeurt het bij constructies, dat men bij den eersten aanblik zegt: wat is dat voor een constructie! maar wanneer men ziet dat de constructie in de praktijk voldoet, dan verdwijnt die eerste indruk vanzelf.

Ik dank den heer VAN LOENEN MARTINET namens de Afdeling zeer voor de moeite en zorg, door hem aan deze voordracht besteed.

(Toewijching.)

* * *

N a s c h r i f t.

15 Januari 1915 was ik in de gelegenheid een bezoek te brengen aan de centrale der St. Pancras Borough Council, waar sinds Juli 1914 een 1000 K.W. Ljungströmturbine is opgesteld. De ass. ing. Mr. THOMAS W. MERRY was zoo vriendelijk mij rond te leiden en de volgende gegevens te verstrekken.

De turbine is geleverd door de Brush Cy.; de opwekspanning bedraagt 50 volt, dus 25 volt per generator; de opwekmaschine bezit hulppolen. De oliedruk werd afgelezen op 8½ lbs. voor de kussenblokken en 20 lbs. voor de hoofdklep. In het frame is een reductieklep daarvoor aangebracht. Bij het aanzetten wordt door een handoliepomp met enkele slagen genoeg druk verkregen om de hoofdklep te lichten.

Wij lazen af bij een belasting van 910 K.W. een stoomverbruik van 12.300 lbs., d. i. ca. 13.5 lbs. per K.W. en wel bij 2960 o.p.m., 170 lbs. stoom vóór de hoofdklep en 147 lbs. er achter, de vacuummeter wees 28.7", de barometer 30.3". Tot mijn leedwezen verzuimde ik een voornaam cijfer, de oververhitting, te noteeren.

De machine was sinds Juli in bedrijf. Tweemaal ontstond storing en wel door het breken van het asje, waarop de cylinder van den oliedemper is geplaatst. Aan het uiteinde van beide hoofdassen n.l. zijn oliedempers aangebracht om de pulseerende werking van het labyrinth op de schoepenschijf tegen te gaan.

De slingerbeweging van de beide turbinehelften kan op zeer eenvoudige wijze gecontroleerd worden met twee asvibratieaanwijzers. Door het draaien van een knopje voelt men de beweging en kan men die tevens op een schaal aflezen.

De machine liep gedurende een maand onder zeer slechte condities, een treinbelasting wisselende tusschen 500—1000 — 500 K.W., op en af. De spanningsvariëaties bedroegen slechts 5 volt op de 460 volt aan de secundaire zijde. De spanningsverandering bedroeg bij vollast op leegloop 5 pCt. Het stoomverlies aan den glans werd mij opgegeven te bedragen 5000—6000 lbs. per 24 uur, een vergroting daarvan gedurende het half jaar bedrijf had men niet geconstateerd, de stoom werd in een kleinen condensor door het condensaat van de machine gecondenseerd.

Als luchtfilter was opgesteld een waterfilter volgens HEENAN & FROUD, bestaande uit een groote ijzeren trommel met tal van ringen die langzaam in water wordt gedraaid. De vochtige gefiltreerde lucht wordt in een labyrinth gedroogd. De droging bleek zeer afdoende te zijn, daar de blanke ijzeren luchtkast, welke zekerheidshalve achter den filter was aangebracht, na een half jaar bedrijf volkomen roestvrij was gebleven.

Het krachtverbruik bedroeg 1½ P.K., de motor werd automatisch ingeschakeld zoodra de turbine in werking gesteld werd. De directie was uiterst tevreden met haar nieuwe machine. Bij monde van den President Engineer J. T. BARM Inst. E.E., vernam ik dat, zoodra de proefmachine voor 5000 K.W. te Willesden in gebruik zou zijn gesteld, ook voor zijn bedrijf een zelfde machine zou worden aangeschaft.

F. P. G. VAN LOENEN MARTINET.