

最近の水車発電機

菊地 彌十郎*

The Recent Development of Alternators

By Yajūro Kikuchi
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In Japan, because of her geographical condition, the electric power generation has been closely bound up with hydraulic system. During war time when almost all raw materials were confronted with sheer shortage, water, with its never-lacking supply, guaranteed for Japan the continuation of the study for the development or improvement of the power plants and the equipment used in them, and it was done at all costs.

When the peace was restored, therefore, the Hitachi organization for one did not stand so much behind the American or European level of development so far as the generator industry was concerned.

In some points, the Company's engineers' originality has done splendid things; cut-down of initial and operation costs, easier maintenance, more positive and safe operation of the generator were attained mainly through their engineering endeavor.

To testify to this effect, many record-making products headed by 72,500 kVA umbrella type generator for Kansai Electric Power Co., 48,500 kVA umbrella type generator for the Jintsu-gawa 1st Power Station of Hokuriku Electric Power Co., 23,000 kVA horizontal type generator for the Numazawa-numa Pumped Storage Power Station of Tohoku Electric Power Co., etc., have been completed in succession in postwar days.

The writer, commenting on the latest tendency in the generator engineering, details their features for the readers' reference.

〔I〕 緒 言

我国は電源の主力を水力によつてゐるため、戦争末期及び戦後の空白時代は比較的短く、他産業に比し復興も早く、渇水期の電力不足は国策としての電源開発となり、量に於てのみならず数多くの新記録を樹立し、輝かしい業績を残して来ている。これは戦争末期の資材不足を克服し、思い切つた設計による実績が、今日の技術的飛躍の基礎となり、新しい考案或いは方式となつてあらわれ、技術的鎖国の解かれた今日、戦争の空白時代があつたにも拘わらず、戦後の製品が独自の創案に基づいて何

等外国製品に対し遜色なく、部分的には学ぶべき点はあるが又勝れた点もあることが明らかとなつた。確かに終戦前の発電機と今日の発電機とを比較する時、かなり種々の面に変つた点が認められ、これらに就いては既に部分的に本誌その他でその都度発表されて来たものであるが、過去を振りかえり現状を改めて認識することは意義深いものと考えられる。

日立製作所はこの間関西電力丸山発電所用 72,500 kVA 傘型発電機、東北電力沼沢沼揚水発電所用 23,000 kVA 横型発電機等の本邦に於ける記録的製品に多くの新しい考案をとり入れて製作し、優秀な成績を収めて来た。こゝにこれらの技術的進歩の跡を総合して述べて

* 日立製作所日立工場

みたいと考える。

〔II〕 固 定 子

過去には固定子枠は鋳鉄でつくられたこともあつたが、現在はすべて溶接鋼板製のものが用いられている。これは鋳鋼或いは鋳鉄に比し材料の信頼度が高く、従つて軽量で十分強度的に安全なものとなり、然も材料の欠陥による工程上の齟齬がない点から選ばれた当然の道であつて、固定子枠に止まらずあらゆる部分に溶接による圧延鋼材が用いられるに至つた。鋳造品のない発電機がつくられるのも遠い将来ではないように思われる。

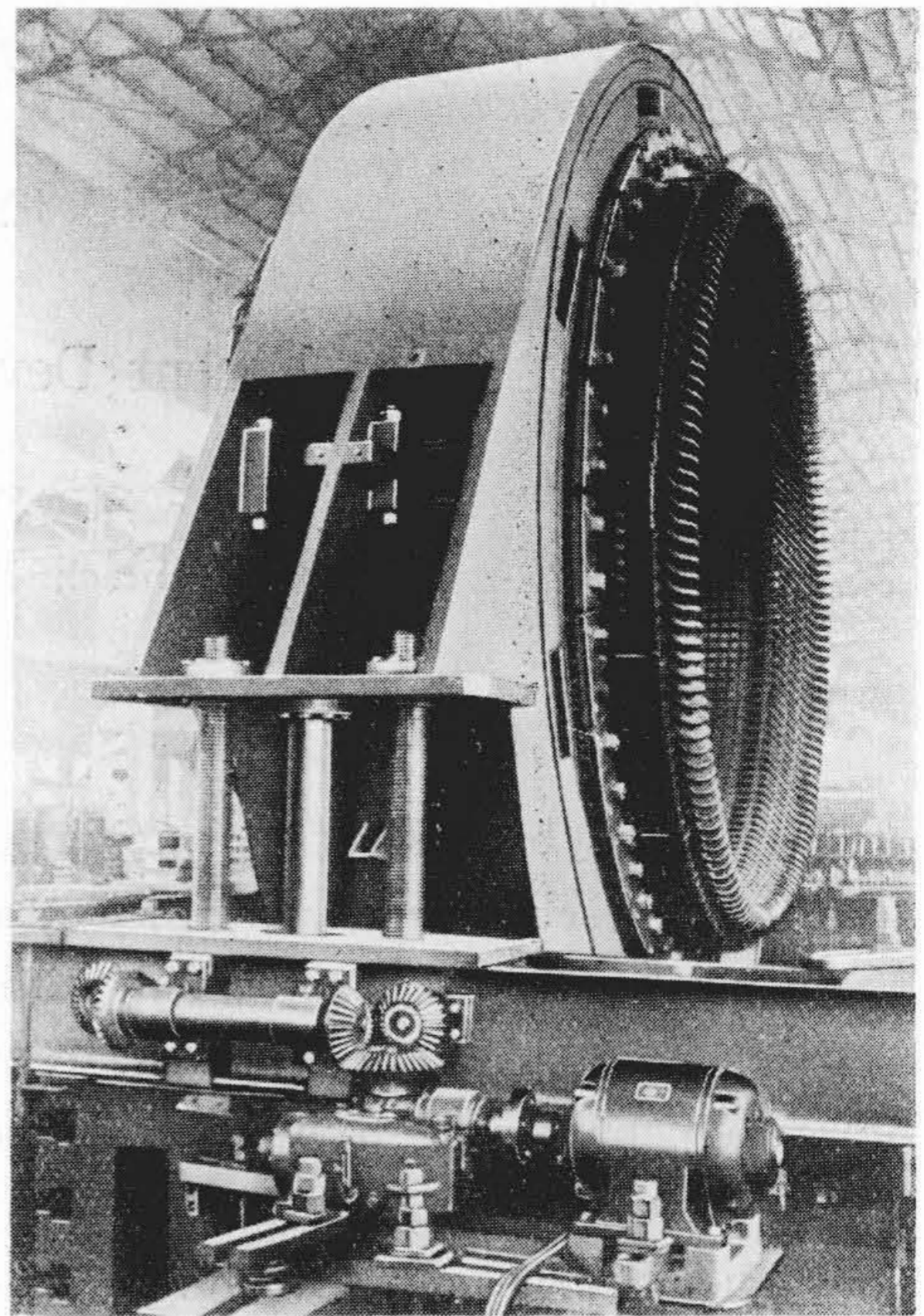
固定子鉄心は最近発電機の高い能率が要求され順次高級の珪素鋼板が採用されるに至つて来た。

電力会社の過去に於ける発電機の故障の統計⁽¹⁾を見ると、大小の差異はあるが大体固定子線輪の事故が全体の約半分を占めている。これは耐地絶縁のみならず、保護継電器の発達に伴い層間短絡の事故が多数あることが明らかになつた。従つてサージアブソーバー等を設けることによつて線輪を保護すると共に、線輪自身に対しても絶縁の強化がほどこされて来た。一方異常電圧の研究が進められ、単独或いは組線後の全体に対する衝撃試験が行われたりするようになつて来た。唯後者に対しては試験に於て層間短絡を起した故障箇所の発見に未だ理想的な方法がなく、種々研究されている⁽²⁾。

大容量機では1ターンコイルが用いられて来た。これは層間短絡の事故の心配が全然ない利点があるが、多少工数がかさむこと、小容量機では電流が小さいためスロットが小さくなり、適当でなく少くとも 20,000~30,000 kVA 以上のものに用いられるべきである。

線輪の絶縁に対しては従来コンパウンドを真空注入する方式が用いられ、これに対する材料並びに処理に就いて種々改良研究が進められている。一方加圧焼付剤として、無溶剤ワニス、珪素樹脂系ワニス等の試作研究が進められている。しかしこれらは未だ全面的に使用する域には達せず今後の課題である。

固定子の構造としては従来のもので特に変わった点はないが、横軸の発電機で両側に水車がある場合或いはポンプと水車に挟まれている場合、従来の構造であるとどちらかの機械を完全に分解しない限り、発電機の固定子、回転子を同時に吊上げるだけの起重機の容量を持たさなければ、発電機の分解或いは組立が出来ない。従つて特殊の固定子押上装置(新案第 396251, 399521 号)を設けることによつて両側の機械を分解することなく発電機が分解出来、然も起重機は回転子が吊れるだけの容量で済むことになり、発電所建屋の建設費、起重機のコストを著しく節減出来ると共に、分解等に要する労力と期日を



第1図 固定子押上装置

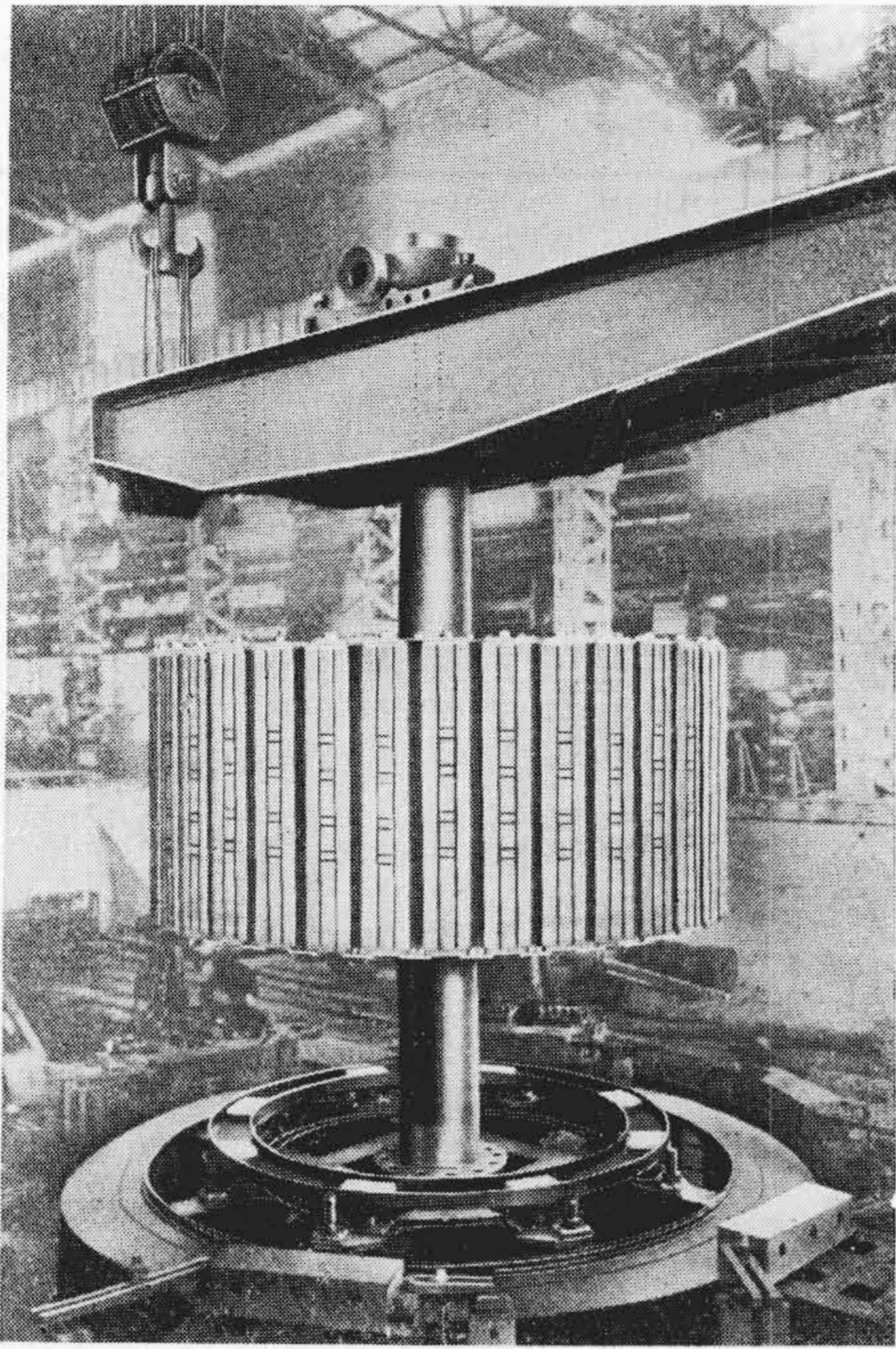
Fig. 1. Stator Lifting Device

縮減出来る利点がある⁽³⁾。この装置を示すと第1図の如きものであつて、東北電力沼沢沼発電所、北海道電力然別第一発電所、四国電力松尾川第一、第二発電所に用いて好評を博したものである。

〔III〕 回 転 子

回転子は他の回転機に見られない高い水車の無拘束速度に耐える必要があり、特にカプラン水車の場合は定格回転数の300%に近い速度まで上昇する。従つてこれらの速度に達しても尚十分安全でなければならない。その中でも継鉄はその周辺の磁極の大きい遠心力を受けると共に自身の回転による応力にも耐えねばならないため特に強度の面から重要である。大型機は輸送限界のために薄鋼板の積層式継鉄であるが、比較的高速機に対しては鍛鋼製のものが用いられる。これには最近超音波探傷試験と磁気探傷試験とによつて材料内部の欠陥まで発見出来るに至り安全性を増して来た。

大容量機に対しては積層式継鉄が用いられるが、積厚が大になるとファンと磁極の通風作用のみでは中央部への通風が困難であり、この部分に通風孔を設けることは非常に困難とされたが、継鉄の扇形片の端を切り特殊の積み方によつて強度を低下させることなく簡単に通風孔が得られる方式(新案第 374078 号)が用いられ⁽⁴⁾、国鉄小千谷発電所の例に於ては約8%の出力増加が可能で



第2図 積層式継鉄の通風孔
Fig.2. Ventilating Holes of Rotor Rim

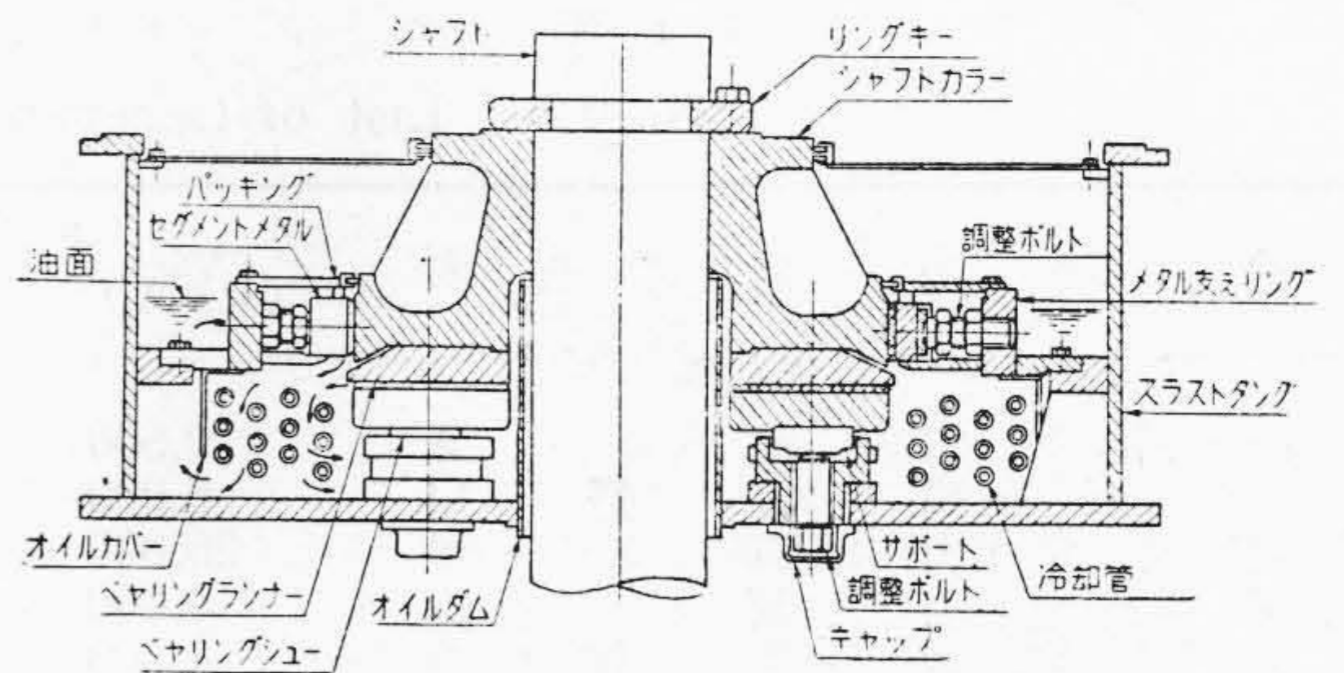
あることが実証された。この方式は関西電力丸山発電所、北陸電力神通川第一発電所等大体 20,000 kVA 以上の発電機で積層式のものはすべて用いられ、優秀な成績をおさめている。第2図は通風孔を設けた積層式継鉄である。又この継鉄を組立てる場合にも特殊の装置を用いることによつて、従来の作業時間を半分以下に短縮することが出来るようになった⁽⁴⁾。

かつてはブレーキを直接継鉄に当てていたが、摩擦熱のために亀裂が発生し危険であるため、最近では全部ブレーキリングが設けられるようになった。このブレーキリングは鋳鋼製よりも圧延鋼材の方が亀裂発生に対する性質がすぐれており⁽⁵⁾、小型機には一つものが用いられるが、大型機に対してはセグメント式が用いられている。前者は摩擦による熱膨脹に対して半径方向へ逃げられるようにし、後者は円周方向へ逃げられるようにして、熱応力を生じないようにしてある。

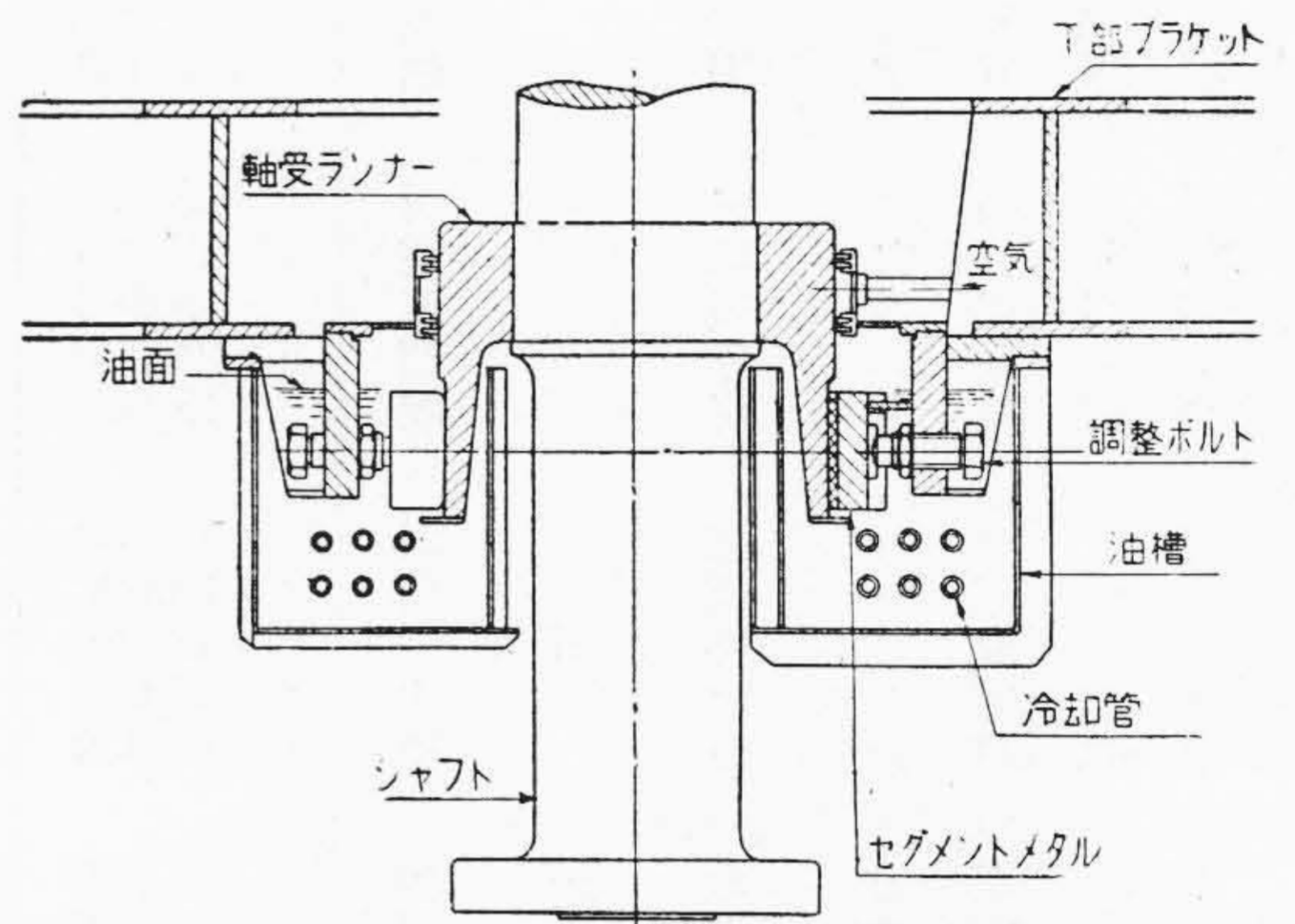
最近では殆どすべての発電機に制動巻線が用いられ、乱調を抑制し、又突発的過負荷の起つた際にも機械の同期を保つようにしてある。

[IV] 軸 受

案内軸受は従来油強制循環式円筒型軸受が用いられて来たが、四国電力津賀発電所に油自蔵式セグメント軸受をはじめ採用して以来その利点が認められ、漸次この式の軸受に移行し、現在までの採用例を挙げれば第1表(次頁参照)の通りであつて、今日では殆どすべての発電機にこ



第3図 上部案内軸受及び推力軸受断面図
Fig.3. Upper Guide and Thrust Bearing



第4図 下部案内軸受
Fig.4. Lower Guide Bearing

の式の軸受が用いられるようになって来た。

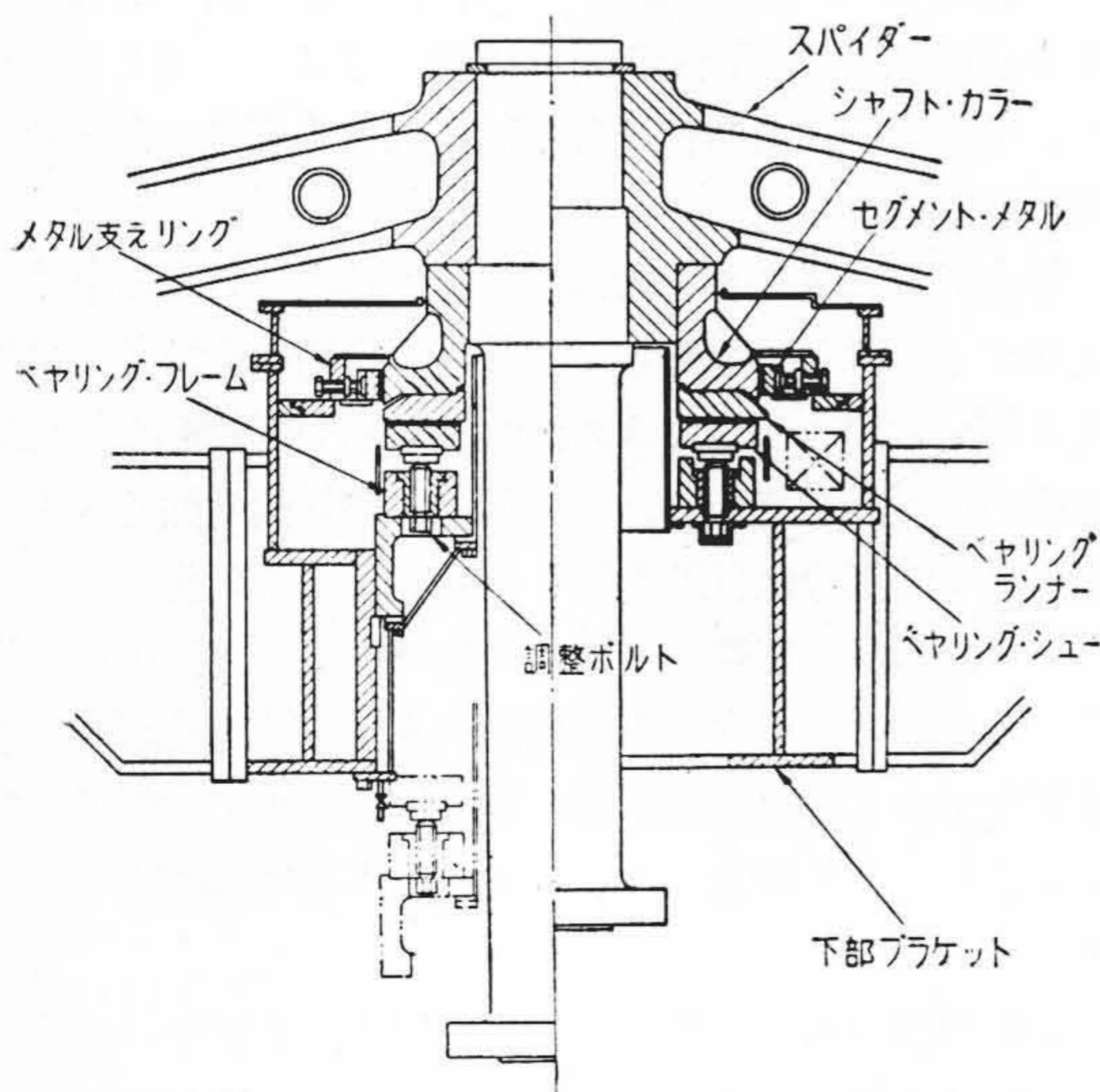
その構造を示すと第3図及び第4図の如く、潤滑油循環装置の不要、組立据付の容易、互換性と任意の軸受隙間の調整等の特長を持つ^{(6), (7)}。特に傘型機では案内軸受を出来るだけ回転子の重心に近づけることが必要であり、構造も簡単で回転子の下で取扱いも容易である点非常に有利である。

推力軸受はメタルをばねで支持するものとピボットで支持するものと二種あるが、後者は自由に動けるため容易に厚い油膜が出来、1 r.p.m. 程度の低速度に於ても油膜が尚生成している。その構造は第3図の如くメタルを支持する部分は目的を達し得る範囲で単純化されて来た。特に水平を調整するボルトは外部から調整出来る構造としたため、組立の際油槽内へ入る必要なく取扱いに便利なものとした。傘型機の場合推力軸受が回転子の下にあるためこの構造とする時は特に容易に調整出来る利点がある。

又傘型機の場合は推力軸受を分解することなくシャフトが抜ける構造とするかどうかによつて、第5図(次頁参照)の如き差異が生じ、右側の如くの方が組立の容易、油洩対策等利点が多く⁽⁷⁾、日立製作所ではこの方式を用いている。(新案第 393066 号)

第1表 セグメント軸受の実施例
Table 1. List of Generator with Segmental Guide Bearing

納先	発電所名	容量 (kVA)	回転数 (r.p.m.)	台数	製作年	備考
四国電力 日本軽金属 関西電力 東北電力 九州電力	津野	9,500	400	2	昭一17	1台は増設機製作中 1台は増設機昭28製造
	賀川	6,000	600/720	1	昭一19	
	嶽本	25,000	500/600	3	昭一19	
	相見	4,000	600	1	昭一19	
	下	4,500	375/450	2	昭一19	
東北電力 昭和北海道 北海道 北海道	鳴子	3,200	500	1	昭一24	
	赤松	3,500	214/257	2	昭一25	
	蘭越	7,000	167	1	昭一26	
	滝淵	3,200	500	2	昭一26	
	鷹泊	7,000	333	1	昭一26	
新潟県 北海道 北海道 北海道 北海道	三班	18,000	300	2	昭一26	W. H. 社製改造
	須原	12,000	150	1	昭一27	
	片門	5,500	225	1	昭一27	
	明塚	24,000	125	2	昭一27	
	明塚	15,000	150	2	昭一27	
九州電力 北九州 北九州 北九州 北九州	丸山	72,500	164	1	昭一28	W. H. 社製改造
	夜通	13,000	164	1	昭一28	
	神川	48,500	172	2	昭一28	
	桃山	15,000	250/300	1	昭一28	
	白根	12,000	300	1	昭一28	
九州電力 北九州 北九州 北九州 北九州	桑野	7,000	360	1	昭一28	製作中
	本伊	31,000	167	2	昭一28	
	南川	26,500	300	1	昭一28	
	金川	7,000	167	1	昭一28	
	姫川	25,000	300	2	昭一28	
中部電力 知多	姫川	14,000	333/400	1	製作中	製作中
	永瀬	13,000	360	2	製作中	



第5図 推力軸受構造の比較図
Fig. 5. Comparison of Thrust Bearing Construction

又推力軸受に於ては停止中はメタルとランナーが油膜を介せず接触しているため、起動時金属接触となつてメタルの磨耗を起し、不円滑な起動となることを防ぐために、軸受面に高い圧油を押し込み強制的に油膜を形成させる方法が用いられたり⁽⁹⁾、メタルの支持部に歪計を取付け、これによつて各シューの受ける荷重を均一に等分せしめるよう調整する等の方法があるが、未だ我国で採用された例はない。

〔V〕その他

通風方式としては、騒音の防止、塵埃の侵入による温度上昇の増加等の点から空気冷却器をつけたものが多くなり、大体 10,000kVA 以上のものは殆どこの式となつて来た。空気冷却器は固定子から風が出る所へ直接取付ける式の方が、風の流れのみでなく、風道内が自由に流れ、然も風道内の空気は冷却された風である点有利である。又扉等があるため内部を外気から完全に遮断することは困難で、湿気が多い地方或いは梅雨の季節等には、空気に含まれた水分が冷却器に当つて凝結し水滴となつ

て風道内へ流れる。従つてこれを防ぐために電熱器等が用いられているが、乾燥器を用いて風道内の空気の一部をファンで引き出し乾燥器を通して返えし、これを一定時間繰返すことによつて内部の空気を順次乾燥せしめる方式の方が積極的である。

塵埃の侵入を防ぐため空気冷却器を取付け折角密閉型としても、ブレーキによつて裏張の磨耗による粉末が発生し、これが飛散してはその効果が半減する。従つてこの粉の飛散防止が種々考えられ、ブレーキリングとブレーキとを囲む輪状の函（新案第 374079 号）とこの函にたまつた粉を外部へ取り出す装置（新案申請中）とによつてこれを防止することが出来るようになった。

ブレーキに就いては裏張が磨耗して裏張を取付けた金具を摺るおそれがあるため、ストッパーをつけ、ある限度まで磨耗したら働かないようにしてある。

消火装置に就いては注水式のものが最も広く用いられているが、最近は炭酸ガス消火装置が用いられるようになって来た。火の検出にはサーモスタットを用いるのが普通であるが、これではある程度の熱がなければならぬため、更に感度を上げるため光電池或いは光電管を用い煙によつて検出し、継電器によつて自動的に炭酸ガス容器の弁を開く方式が用いられて来た。

注水式のものでは堅軸では固定子の上下、横軸では左右からノズルによつて水を噴射せしめるのであるが、回転中は水が分散して効果があるが、停止後は局部的にしか当たらないため、噴射式のものと同噴霧式のものと同併用することによつて如何なる場合にも有効適切なものが用いられて来た。（新案第 377487 号）

発電機組立の際、最後の仕上げとして軸の振れ及び推力軸受の水平の調整が行われる。後者はばね支持の場合

は不要であるが、前者は主軸と推力軸受の回転部分側の摺動面との直角度を修正するもので、固定部分には無関係のものであるから推力軸受の構造の如何を問はず、これを行わねばならない。これには回転子を廻わして軸の振れを見る。この場合回転子が大きくなると人力によることは容易でないため、回転装置として回転子にロープを巻き起重機を用いてロープを引く方法、軸或いは回転子に歯車を取りつけ、歯車を介して電動機で回転せしめる方法、直流電源を用い第 6 図の如く固定子線輪に通電すると同時に界磁線輪をも適当な強さに励磁し、切換開閉器によつて順次三相を切換えることによつて回転せしめる方法（新案申請中）等の方法がある。

又これは発電機に直接関係はないが、起重機のフックの部分等特殊の形とすることによつて、回転子の吊り上げ高さが非常に節減出来ることが考えられ、建屋の建設費を節減出来る点で賞用されている⁽¹⁰⁾。

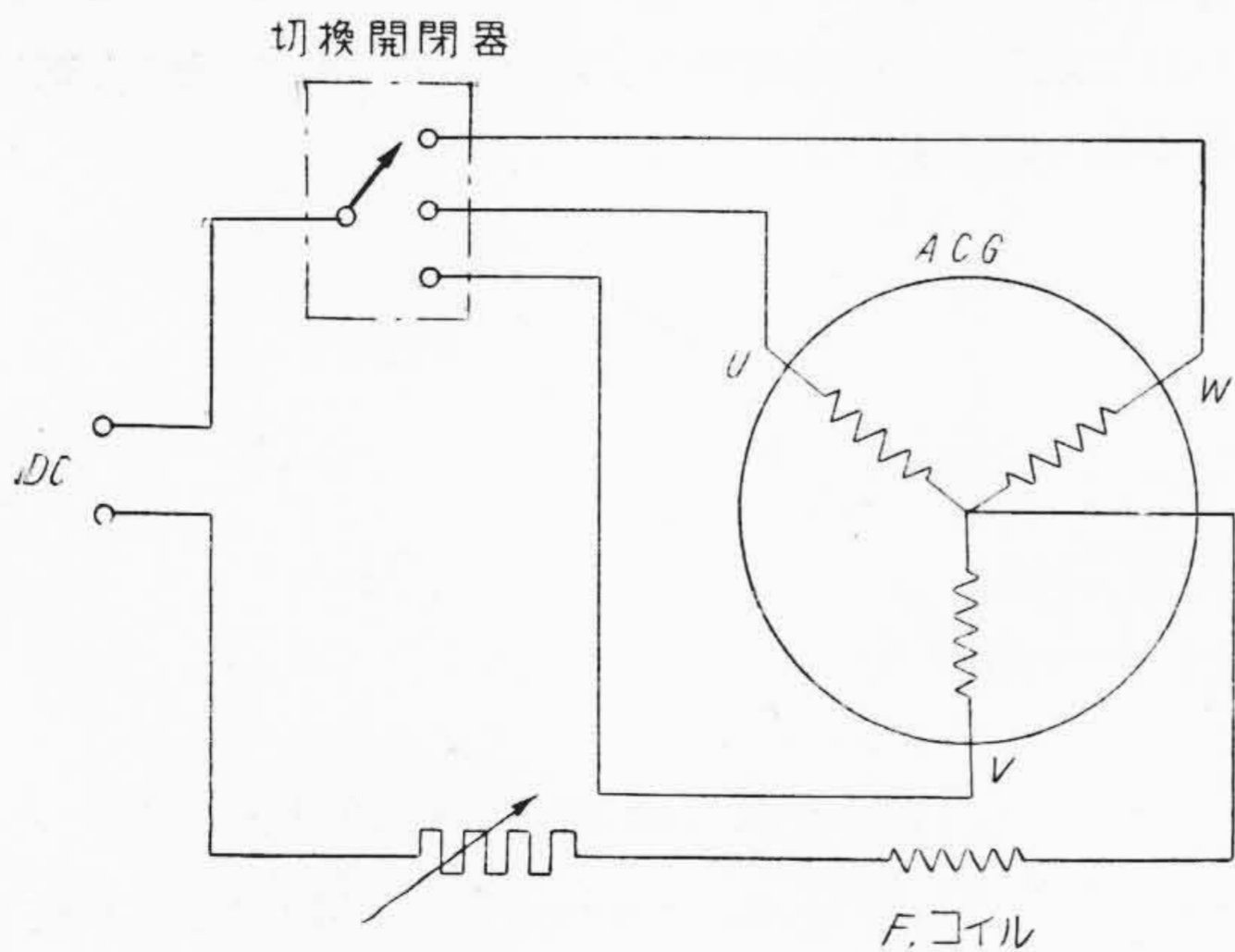
(特許第185472号)

[VI] 傘型発電機

米国に於てはかなり古くより傘型機が広く用いられて来たが、本邦に於ては昭和 26 年 9 月運転に入つた北海道電力蘭越発電所の発電機が最初のもので、これが優秀な実績を示したことは、傘型機が広く用いられるに至つた一つの大きな動機となつた。現在迄に日立製作所で製作された傘型機は第 2 表（次頁参照）の通りであり、関西電力丸山発電所用 72,500 kVA 発電機（日立）が本邦の容量に於てのみならず、傘型としての記録品である。

傘型機は回転子の下に推力軸受と案内軸受があり、回転子より上には全然軸受を持たないことが特長であつて、第 8 図（次頁参照）はその断面を示した一例である。既に本誌上でも紹介されているので⁽¹¹⁾、細部にわたつての説明は省略するが、普通型に比し重量の 10~20% の軽減、発電機高さ及び吊上高さの縮少、振動の軽微等の特長がある。

傘型に於ては推力軸受が回転子の下にあるため、各社によつて種々の構造があり、大別すると軸受の項で述べた如く、推力軸受を分解することなく回転子が抜き出せるもの（新案第 393066 号）と、出せないものとなる。分解組立等に対して前者の方が便利であることは当然であるが、更にこれに改良を加え、第 8 図の如き構造とし、水車を発電機軸に取付け、推力軸受から下の部分を組立て、軸受の調整等を済ませて後これに回転子本体を戴せるもの（新案第 401955 号）とすることによつて、据付工程を短縮出来ると共に起重機の容量を更に小さくし得る特長がある。



第 6 図 直流電源による回転装置結線図
Fig.6. Connection Diagram of Rotating Apparatus by D.C.

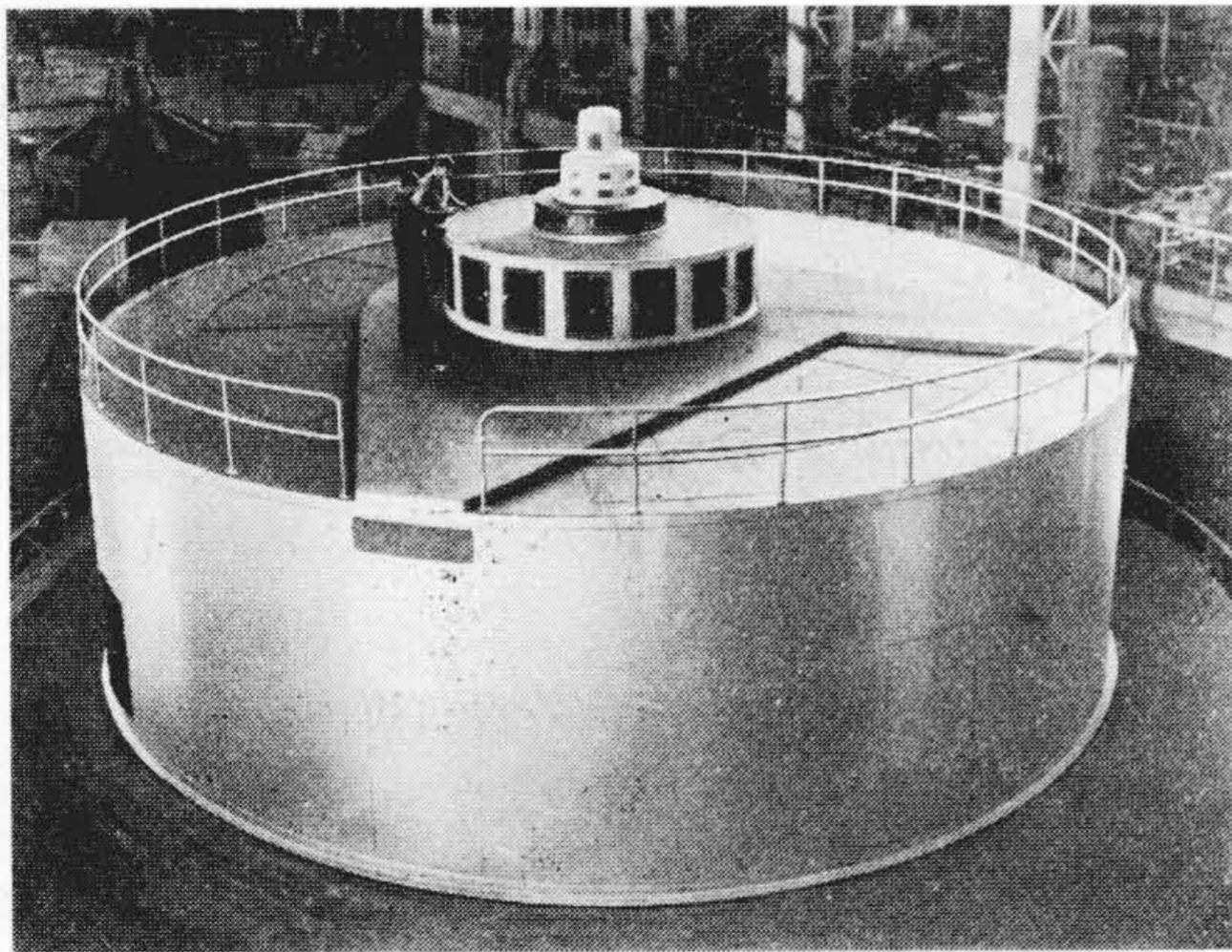
第2表 傘型発電機製作例
Table 2. List of Umbrella Type Generator

納先	発電所名	容量 (kVA)	電圧 (V)	回転数 (r.p.m.)	台数	水車	製作年
北海道電力	蘭越	7,000	6,600	167	1	カプラン	昭-26
北海道電力	斑溪	12,000	11,000	150	1	カプラン	昭-27
東北電力	片門	24,000	11,000	125	2	カプラン	昭-27
中国電力	明塚	15,000	11,000	150	2	フランシス	昭-28
九州電力	夜明	13,000	11,000	164	1	フランシス	昭-28
北陸電力	神通川第一	48,500	11,000	172	2	フランシス	昭-28
関西電力	丸山	72,500	13,000	164	1	フランシス	昭-28
東北電力	本名	31,000	11,000	167	2	カプラン	昭-28
東京電力	金川	7,000	6,600	167	1	カプラン	昭-28

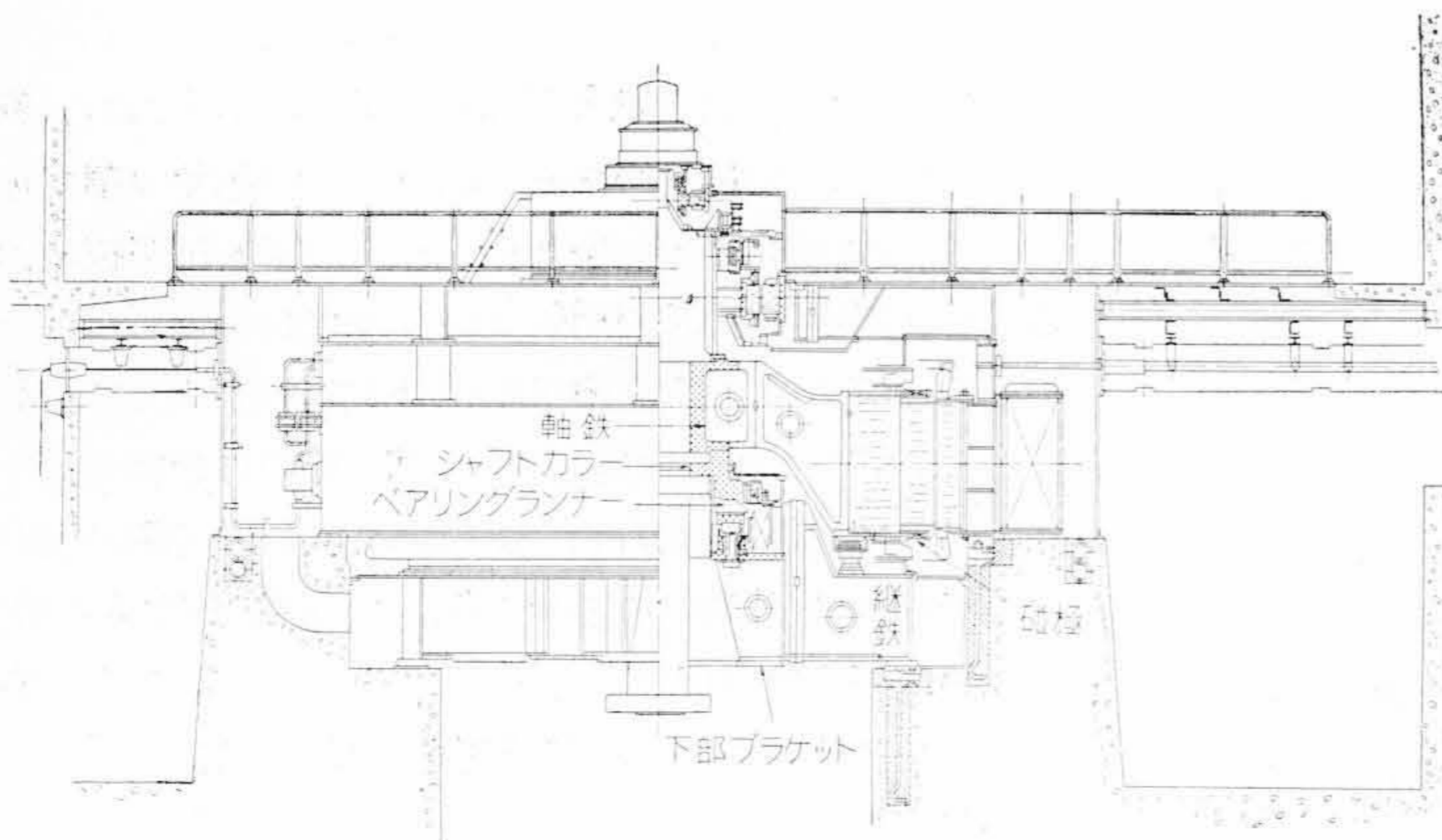
傘型機は以上の如き多くの利点を持つため、益々広く採用される傾向にあるが、回転子上側に軸受がないために機械の安定の点から採用し得る限度がある。この限度は短絡比、無拘束速度、GD²等の関係で一概にはいえず、米国等の実績⁽¹²⁾ の上限を結んで得られる曲線を一応の限度の目安として見ると第9図の如くなるが、安定

度の研究、製作の実績等からこの限度は更に拡張されて来た。特殊なものでない限り、この限度に最も大きい影響を持つものは回転数であるが、カプラン水車は他の水車より遙かに無拘束速度が高く、強度の面から構造上の制限を受け、規定速度よりも寧ろ無拘束速度から限度を定める方が妥当性があり、この観点から一応の限度を求めて見ると第10図の如くなる。勿論これは絶対的なものでなく機械の特性によつても異りあくまでも目安である。尚参考のために特殊の設計によらない場合の凸極機の製作限界を示してみた。

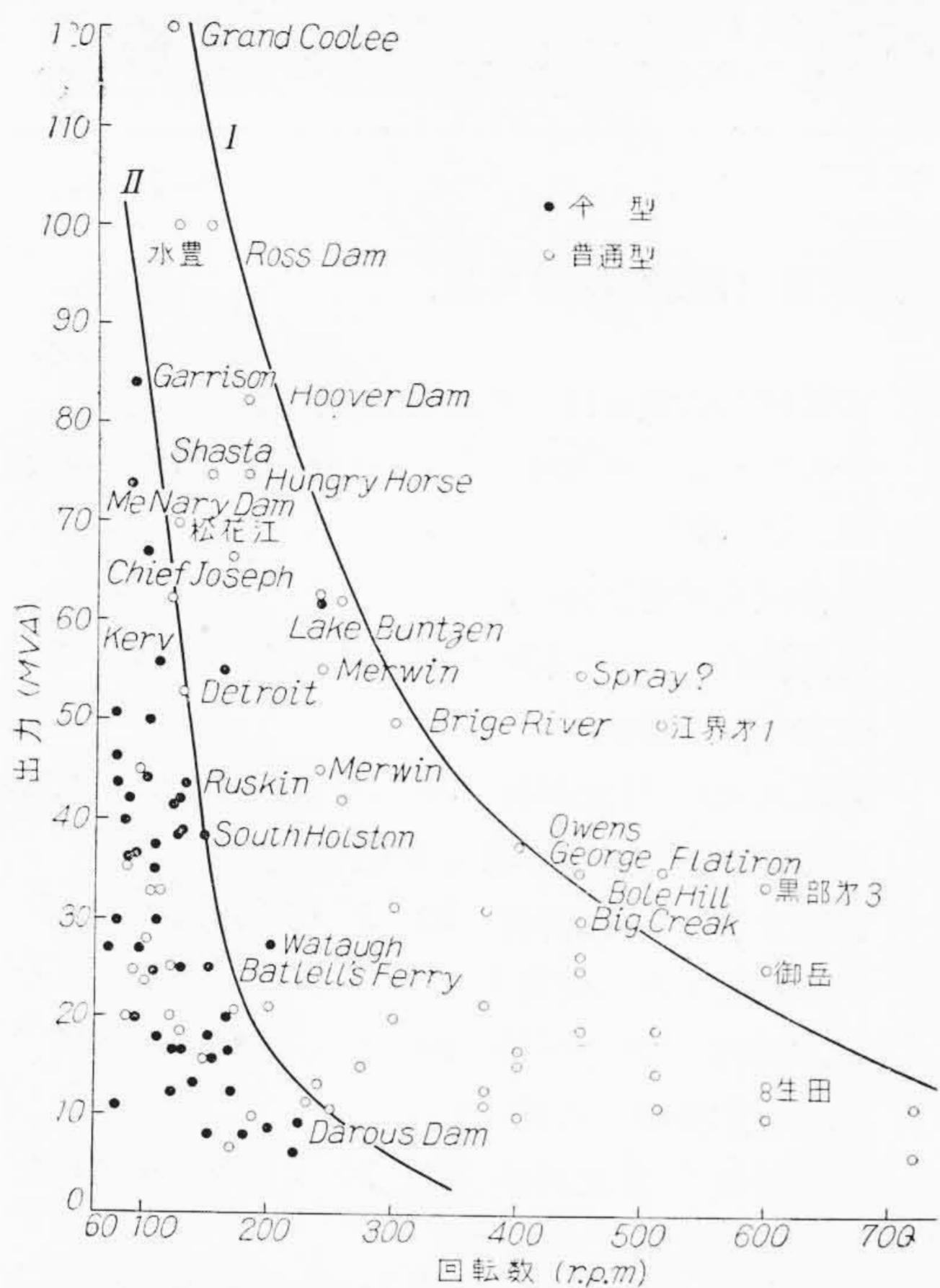
安定度の面から傘型機が採用出来ない場合、極力傘型の特長を生かす意味で、傘型と同じく推力軸受は回転子の下におくが、上側に案内軸受を設ける式のものも用いられることもある。これでも普通型に比し5~10%重量を軽くすることが出来る。これには適当な名称がなく半傘型式或いは準傘型(Semi-umbrella)といわれている。東芝製の丸山発電所用発電機はこれである。又推力軸受を水車カバーにつける構造のものもあり、現在迄に用いられて来た発電機の軸受と回転子との関係を示すと第11図の如くなる。



第7図 傘型発電機
Fig. 7. Umbrella Type Generator



第8図 傘型発電機断面図
Fig. 8. Section of Umbrella Type Generator



第9図 傘型及び普通型発電機の製作限界例
I 普通型 II 傘型

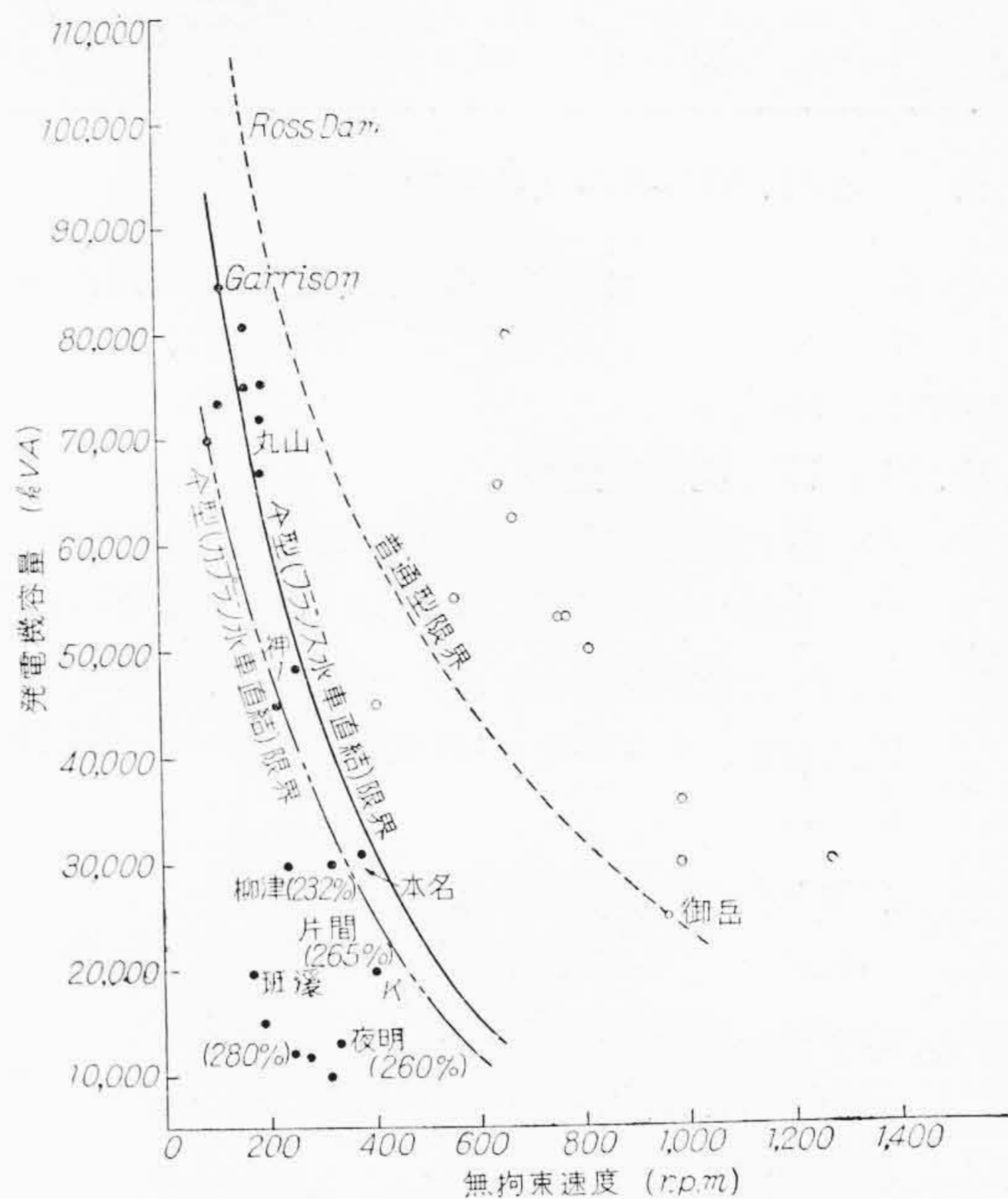
Fig. 9. Generalized Example of Limit for Umbrella Type and Conventional Type
I Conventional Type
II Umbrella Type

〔VII〕 結 言

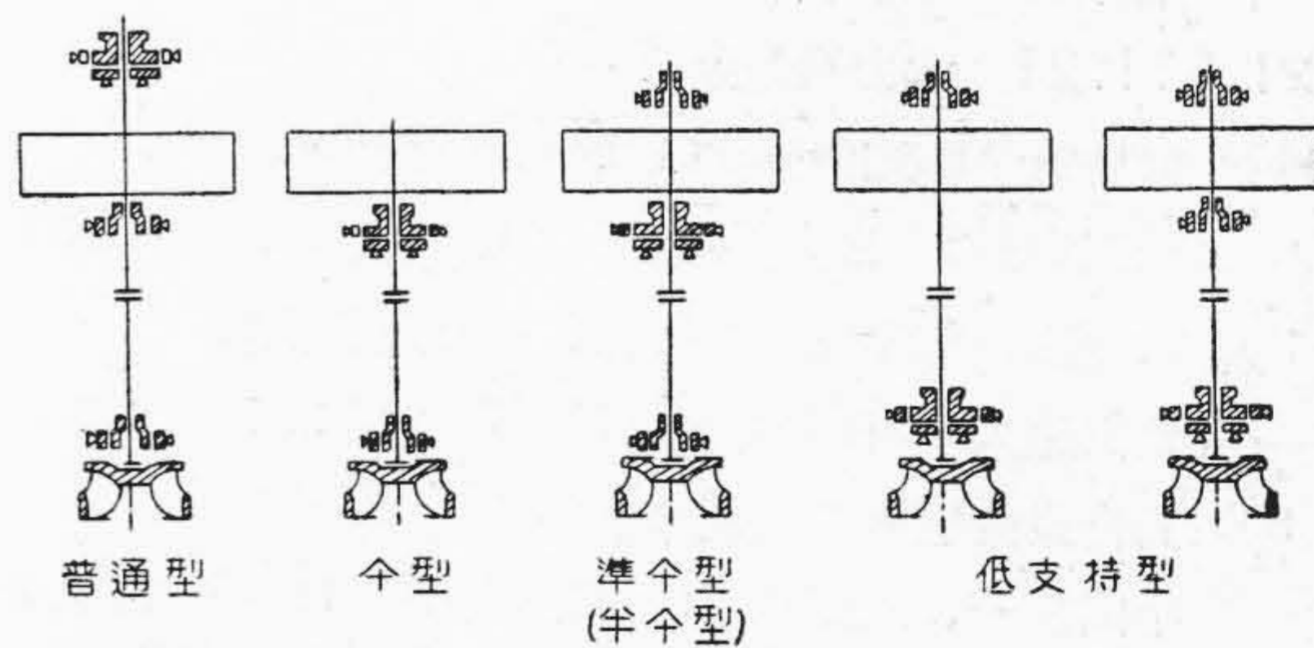
最近の水車発電機の構造に関して、主として日立製作所のなして来た新しいと思われることがらに就いて、総括的に述べたのであるが、これらのことはすべて、建設或いは運転に要する経費及び資材の節約、保守の容易、確実にして安全な運転を目標としてなされて来たものであつて、長い経験と研究を基礎としたたゆまざる努力が独創的なこれらの成果を挙げて来たが、最近の技術的進歩は実に著しく、常にすぐれた製品を生んで行くためにはわれわれの努力は勿論、諸賢の御支援に待つ所が多い。こゝに最近の発電機の二、三の新しい傾向に就いて述べ参考に供した次第である。

参 考 文 献

- (1) 電気学会電気機器部門委員会：水車発電機の事故について（昭 28）
- (2) 井上：日立評論 35, 517（昭 28-3）
- (3) 深栖、菊地：日立評論 34, 637（昭 27-5）



第10図 無抱束速度より見た傘型機の製作限界例
Fig. 10. Generalized Example of Limit for Umbrella Type Based on Run Away Speed



第11図 各種の軸受と回転子との関係
Fig. 11. Various Positions of Guide and Thrust Bearing for Rotor

- (4) 高木、菊地：日立評論 33, 445（昭 26-6）
- (5) 菊地：日立評論 26, （昭 18-4）
- (6) 菊地：日立評論 33, 827（昭 26-10）
- (7) 大久保：電力 24, 71（昭 25）
- (8) 菊地：日立評論 33, 513（昭 26-8）
- (9) J. E. Housley, G. E. Peterson & T. L. Corey: E. E. 71, 357（1952）
- (10) 高木、菊地：日立評論 33, 445（昭 26-6）
- (11) 菊地：日立評論 33, 513（昭 26-8）
- (12) Power: 94, 12（1950 Dec.）

水力発電機器に関する日立評論既刊論文集

U. D. C. 621.311-824 (048.1)

(その四)

創刊号(大正7年1月)～第35巻第9号(昭和28年9月)

(第46頁より続く)

621.311.17 発電所建設

- 2) 東邦電力株式会社川辺発電所の設計並びに工事
井上五郎: 日立評論 20 10 (昭12.10) 635
- 3) 伯国水力電気事業とマカブー発電所計画概要
岡部養彦、手束平助: 日立評論 23 8 (昭15.8) 419
- 4) 信濃川水力発電所第三期工事の概要
小柳美一: 日立評論 32 2 (昭25.2) 60
- 5) 新潟県三面川発電所工事並びに機器概要
田中重朗、吉山博吉: 日立評論 34 12 (昭27.12) 1367
- 6) 東北電力株式会社沼沢沼揚水発電所建設に就いて
館内三郎: 日立評論 35 4 (昭28.4) 627

621.311.18 発電所内の補助機械

発電所補助機械設備

荒井勉: 日立評論 17 7 (昭9.7) 339

621.311.21 水力発電所

- 1) 広島電気株式会社、久地発電所設備概要
織田史郎: 日立評論 8 10 (大14.10) 633
- 2) 大鹿窪自動発電所の設備とその運転成績
亀田道夫: 日立評論 11 7 (昭3.7) 463
- 3) 島自動発電所の設備に就いて
小山柳一、永田八郎: 日立評論 11 7 (昭3.7) 445
- 4) 自動水力発電所概説
池田亮次: 日立評論 11 7 (昭3.7) 447
- 5) 東信電気株式会社、豊実発電所の設備概要
宮尾葆: 日立評論 12 11 (昭4.11) 717
- 6) 檜原第三発電所施設概要
荒貫隆: 日立評論 14 6 (昭6.6) 387
- 7) 小見発電所の設備概要
長井要蔵: 日立評論 16 7 (昭8.7) 353
- 8) 発電所の今昔
大庭満平: 日立評論 17 7 (昭9.7) 269
- 9) 東信電気株式会社、西窪発電所に就いて
竹内直彦: 日立評論 17 7 (昭9.7) 275
- 10) 縦軸単床式水力発電所
今井恒三郎: 日立評論 18 2 (昭10.2) 121
- 11) 最近の水力自動発電所
関三郎: 日立評論 18 12 (昭10.12) 703

- 12) 大同電力株式会社、笠置発電所設備
今井恒三郎、兼先覚三郎: 日立評論 19 5 (昭11.5) 305
- 13) 日橋川発電所改修に就いて
但馬祐治: 日立評論 19 12 (昭11.12) 765
- 14) 水力発電所漫談
高草立夫: 日立評論 20 10 (昭12.10) 629
- 15) 大同電力株式会社、寝覚発電所設備
高草立夫: 日立評論 22 3 (昭14.3) 185
- 16) 洪水位面下水力発電所
岩本勝弥: 日立評論 23 8 (昭15.8) 407
- 17) 水力自動発電所に就いて
鶴沼辰晴: 日立評論 10 10 (昭2.10) 657
- 18) 水力発電設備近時の傾向
今井恒三郎: 日立評論 25 11 (昭17.11) 671

621.311.21.001.4 水力発電所の試験

- 1) 水力発電所試験報告
試験課: 日立評論 2 1 (大8.1) 45
- 2) 夏井川自働発電所の運転成績
玉河久雄: 日立評論 11 7 (昭3.7) 451
- 3) 前川自働発電所の設備とその運転成績
関沢清房: 日立評論 11 7 (昭3.7) 455
- 4) 大鹿窪自働発電所の設備とその運転成績
亀田道夫: 日立評論 11 7 (昭3.7) 463
- 5) 水力発電所の試験及び調整(その一)
今井恒三郎、前原重男: 日立評論 21 6 (昭13.6) 433
- 6) 水力発電所の試験及び調整(その二)
今井恒三郎、前原重男: 日立評論 21 7 (昭13.7) 533

621.311.21.07 水力発電所の制御

- 1) 操作及び開閉装置に就いて(竹之沢発電所)
鶴沼辰晴: 日立評論 6 6 (大12.6) 237
- 2) 広島電気株式会社、久地発電所制御及び保護装置に就いて
鶴沼辰晴: 日立評論 9 2 (大15.2) 105
- 3) 自動水力発電所の制御方式とその選択
鶴沼辰晴: 日立評論 11 7 (昭3.7) 489
- 4) 自動水力発電所用操作及び保安器具
豊田博司: 日立評論 11 7 (昭3.7) 507

(第88頁へ続く)