

東北電力株式会社 納

本名発電所用 31,000kVA 傘型発電機に就いて

森 昌 夫*

The 31,000 kVA Umbrella Type Generator for the Honna Power Station of Tohoku Electric Power Company

By Masao Mori

Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

After scores of their supplies of umbrella type alternators Hitachi, Ltd. have completed recently the 31,000 kVA alternators for the Honna Power Station, Tohoku Electric Power Co., for the first time in semi-umbrella type.

The method of supporting vertical type generators is classified in general in three types; i.e. the most conventional type which employs a thrust bearing at upper part and guide bearings above and below; umbrella type using a thrust bearing and a guide bearing only at the lower part; and semi-umbrella type in which a upper guide bearing is added to the arrangement of bearings in the umbrella type. This 31,000 kVA generator being driven directly by high head large capacity Kaplan turbine develops an extremely high runaway speed and this was a major reason for the adoption of semi-umbrella type which assures highest stability at high speed running due to most secure type of bearing arrangement as referred above. It makes outstanding features of this machine that the rotor is divided in three parts, upper shaft, rotor body, main shaft, each being bolted to make a secure unit.

This construction proves to be highly economical in material for construction, and to reduce for the crane both suspending height and weight at the time of assembling.

To make sure of this feature, runaway speed test was effected at the factory in addition to the ordinary characteristics test, and the results of these testings have permitted the writer and other Hitachi's engineers concerned to have firm certitude for the quantitative stability of the umbrella type generators.

〔I〕 緒 言

尾瀬沼にその源を発した只見川が、福島、新潟両県境を北流し、やがて東北へ流を転じて伊南川と合流し、更に進んで会津盆地へ入らんとする途中、野尻川と合流せ

んとする少し上流に本名発電所がある。日立製作所ではすでに昨年同一水系の片門発電所に 24,000 kVA 傘型発電機を納入したが、このたび本名発電所用 31,000 kVA 発電機を製作、目下現地据付中である。以下その発電機に就いて概要を紹介する。

* 日立製作所日立工場

〔II〕 仕 様

本名発電所用発電機の仕様は下記の通りである。

交流 発 電 機

数	量.....	2 台
型	式....	VEFKW-RD (半傘型閉鎖風道循環型空気冷却器付回転界磁式制動巻線付)
容	量.....	31,000 kVA
電	圧.....	11,000 V
電	流.....	1,630 A
回	転 数.....	167 r.p.m.
周	波 数.....	50~
力	率.....	90%

主 励 磁 機

型	式..	VFB ₀ -SP (縦軸開放型他励式)
出	力.....	250 kW
電	圧.....	220 V

副 励 磁 機

型	式....	VB ₀ -K (縦軸開放型複巻式)
出	力.....	15 kW
電	圧.....	110 V

調速機用発電機

型	式.....	SO-R
出	力.....	0.5 kVA

〔III〕 構 造

(1) 特 長

本発電機の最も大きな特色は、回転子の下側に推力軸受をもつ傘型と同じ構造のものではあるが、回転子の上部にも案内軸受を有する一般に半傘型或は準傘型といわれている構造の発電機である。日立製作所は早くから傘型発電機の有利性を認識し、その試作研究製作に努力し、**第1表**に示すように、歩一歩大容量に進んで来た。これ等の傘型発電機はいずれも回転子上部には全然軸受の無いタイプである。すでに本誌で発表されたように、傘型発電機というものは、電気的には普通型と何等変る所が無く、その製作が可能なりや否やは、機械的安定性にのみかゝっている。機械的安定性というのは、回転子が異常に振動しないこと及び軸受の焼付きが起らぬことである。両者は相関連しており、それが起るか否かの判定因子は次の通りである。(第1図参照)

P : 回転子の不平衡質量による遠心力+不平衡磁力

W : 全推力荷重

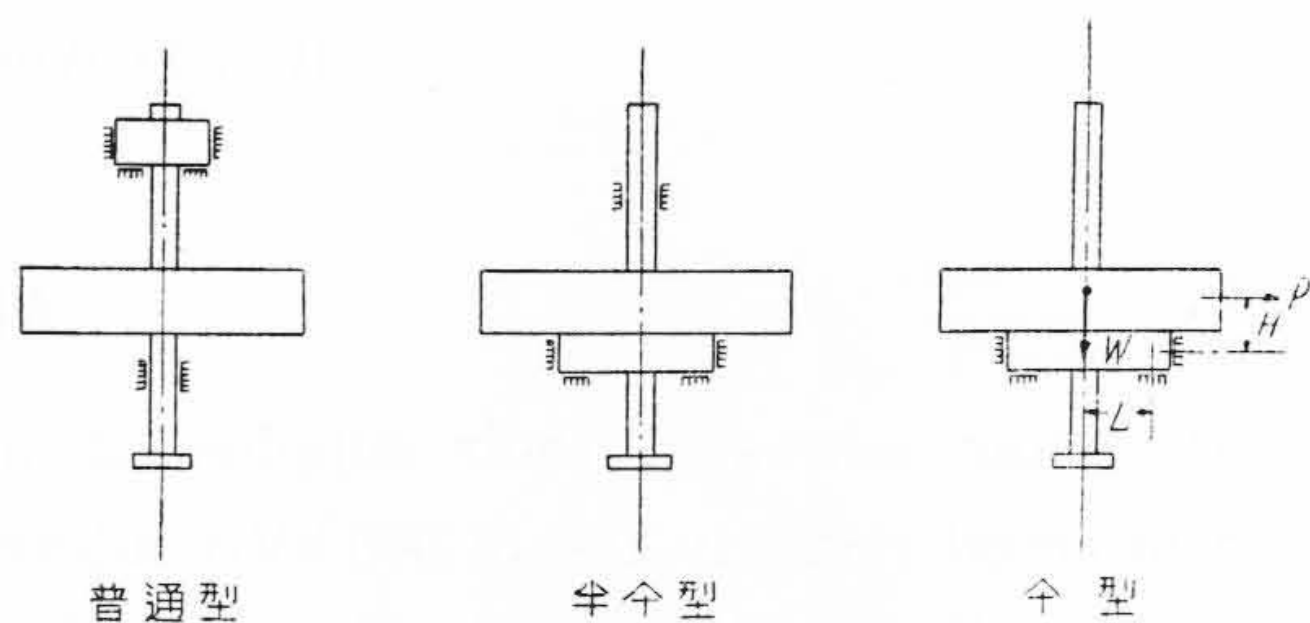
H : 回転子重心と案内軸受中心との距離

L : 推力軸受半径

第 1 表 日立製作所で製作した傘型発電機

Table 1. Umbrella Type Generators Made by Hitachi Ltd.

発 電 所 名	容 量 (kVA)	回 転 数 (r.p.m.)	製 作 年 度
蘭 越	7,000	167	昭 和 25 年
班 溪	12,000	150	昭 和 26 年
夜 明	13,000	164	昭 和 26 年
明 塚	15,000	150	昭 和 26 年
片 門	24,000	125	昭 和 27 年
神通川第一	48,500	172	昭 和 27 年
丸 山	72,500	164	昭 和 27 年



第1図 軸受の配置による発電機の分類

Fig.1. Various Arrangement of Bearings for Alternator

PH/WL の値がある限度を超えると機械は、上記の不安定な状態になる。本発電機を設計製作するにあたり、慎重な検討を行い、本機が本邦ではじめて採用された高落差、大容量のカプラン水車に直結される発電機であつて、無拘束速度が異常に高いため、この高速時の機械の安定を考え、回転子の上部に案内軸受を有するいわゆる半傘型(又は準傘型)発電機を採用した。而して上部軸受を付けることによつて傘型発電機の特長を失つてしまうことのないように種々の努力が払われた。その結果後述の如く、発電機の高さが少し高くなる以外は傘型発電機の特長を殆ど具備した安定な発電機を製作することが出来た。

(2) 固 定 子

固定子枠は電気溶接鋼板製の堅固な函状構造で、輸送上3つ割りとし、頑丈なボルトで組合せられる。短絡時に起る最大回転力に耐えることは勿論工場に於ける機械加工、コイル入れ作業等で吊上げ反転することがあつても差支え無い堅固なものである。

固定子鉄心は、良質の電気鋼板を使用して、これを適当に焼鈍し絶縁塗料を焼付け、鉄損失を極度に少くした。

固定子線輪は二層巻亀甲型で全部型巻きである。絶縁は JEC の B 種絶縁材料を使用し、特殊コンパウンドの真空注入及びベークライト系の熱硬化ワニスの焼付けに

よつて線輪内には気泡空隙を残すこと無く、且つ湿気の出入、熱による変形などに対しても絶対安全なように製作されている。又線輪の溝内に入る部分にはコロナ防止用の半導体塗料を使用している。線輪は溝外で完全な転位を行い渦流損失を少くした。

結線は二重星型で、線路側端子3本、中性点側端子6本、計9本を外部へ引出し、中性点側に於て差動保護を行うようにした。線輪温度測定用サーチコイルは18箇(内9箇は予備)入れられている。

固定子枠外周には6箇の水冷式空気冷却器が取り付けられ、鉄心の間から出て来た熱風は完全に冷却されて風道に吐き出され、半分はコンクリートパーレルに作られた通風孔を通り、半分は上部エンドブラケット・アームの間を通り再び機内に供給される。

(3) 回 転 子

本発電機の回転子の構造は、上部案内軸受を有すること、及びカプラン水車であるため圧油装置が副励磁機の上にあるため調速機用発電機を主軸から歯車伝達で駆動していること以外は、先に日立製作所で製作した北陸電力株式会社神通川第一発電所用 48,500 kVA 発電機及び関西電力株式会社丸山発電所用 72,500 kVA 発電機と略々同じである。

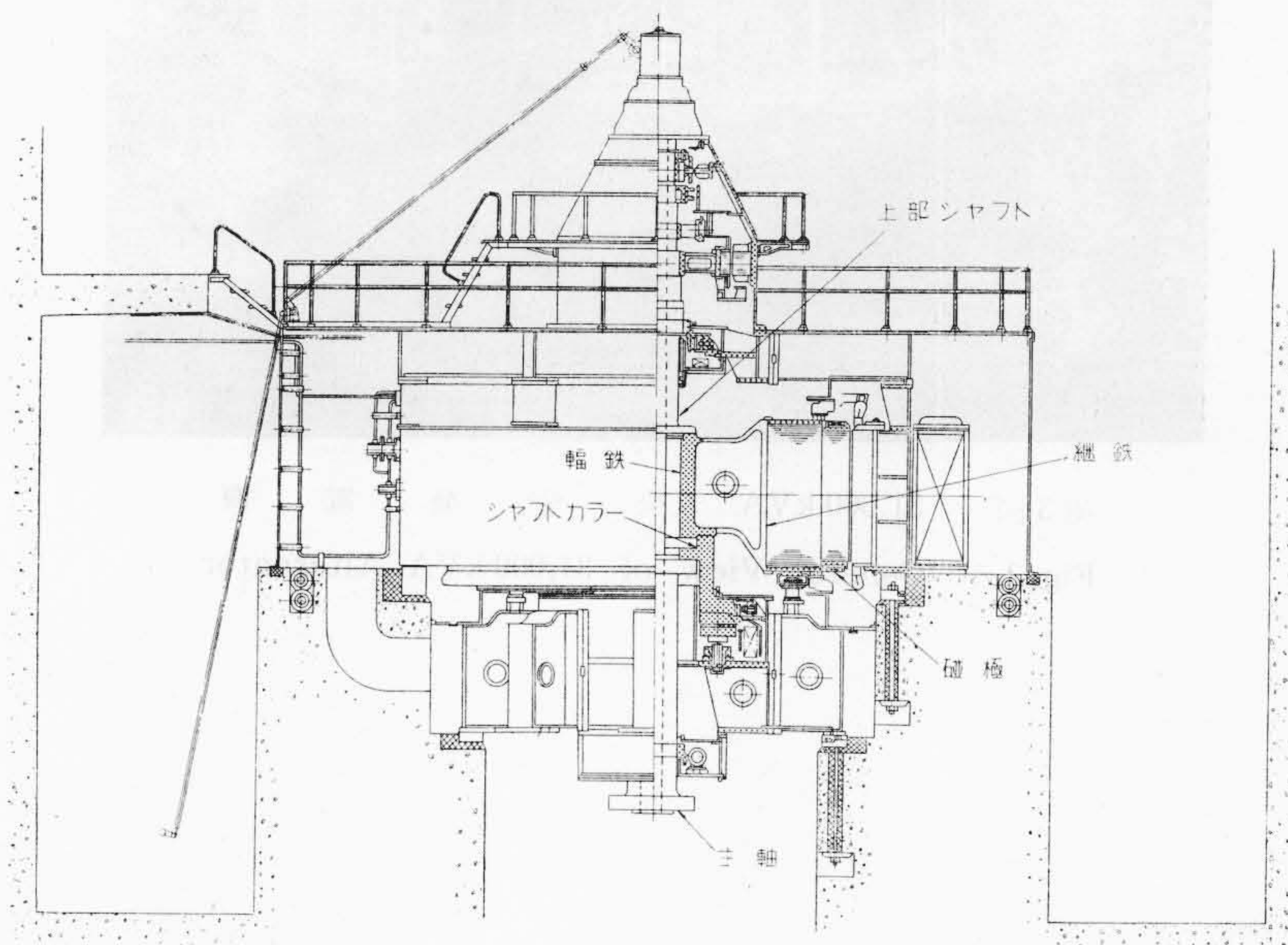
即ち回転子は磁極、継鉄、輻鉄、主軸、シャフトカラー、ベアリングランナ、及び上部シャフトから成り立っている。(第2図参照)主軸は両端にフランジを打出し

た鍛鋼品である。シャフトカラーは主軸にボルトで取付けられる。磁極、継鉄、輻鉄が組合わさつた回転子本体は、シャフトカラーの上にボルトで固定される。上部シャフトは輻鉄ボス上にボルト締めされる。上部シャフトの上には主副励磁機回転子が直結されている。

このような回転子構造の利点を簡単に述べれば次の通りである。

- (i) 主軸の長さが短縮され軸材の節約になる。
- (ii) 主軸とシャフトカラーとは工場で一体に結合して加工するので工作精度が増す。
- (iii) 回転子の吊上げに際しては、磁極、継鉄、輻鉄から成る偏平部分のみを取り出せばよいので起重機の容量及び揚程を減じ、従つて建家の費用も節減出来る。
- (iv) 据付時に於て、固定子、回転子の組立と併行して推力軸受の組立並びに発電機軸の振れ見、キングス調整等を行い得るから、据付期間が極度に短縮出来る。
- (v) 軸受を分解することなく回転子を抜き出せる。

継鉄は磁極鉄板と共に最も大きな応力の生ずる所であり、高抗張力であることは勿論厚みの不同、波打ちの無い精撰された高級鋼板を用い、光弾性による模型試験から定められたリーマールボルトの配列により強固に結合され、完全に一体なものに形成されている。又継鉄中央部にはセグメント鋼板の配列を変えることによつて数列の



第2図 31,000 kVA 交流発電機断面図
Fig. 2. Sectional View of 31,000 kVA Alternator

通風孔を設け回転子及び固定子の冷却効果をよくしている。

(4) そ の 他

推力軸受は今迄のものと同様にピボット式の日立セグメンタルスラストベアリングであり、その重要性から深い考慮が払われたことはいうまでもない。下部案内軸受はセグメント型で、その剛性、調整の精密性には深い考慮が払われている。上部案内軸受はセグメント型で、上部エンドブラケットボスに取付けられたタンクの中に収められる。下部エンドブラケットは全推力を支えるに十分な剛性を有している。上部エンドブラケットは生じ得べき水平方向荷重に対し十分な強度を有することは勿論である。

〔IV〕 工 場 試 験

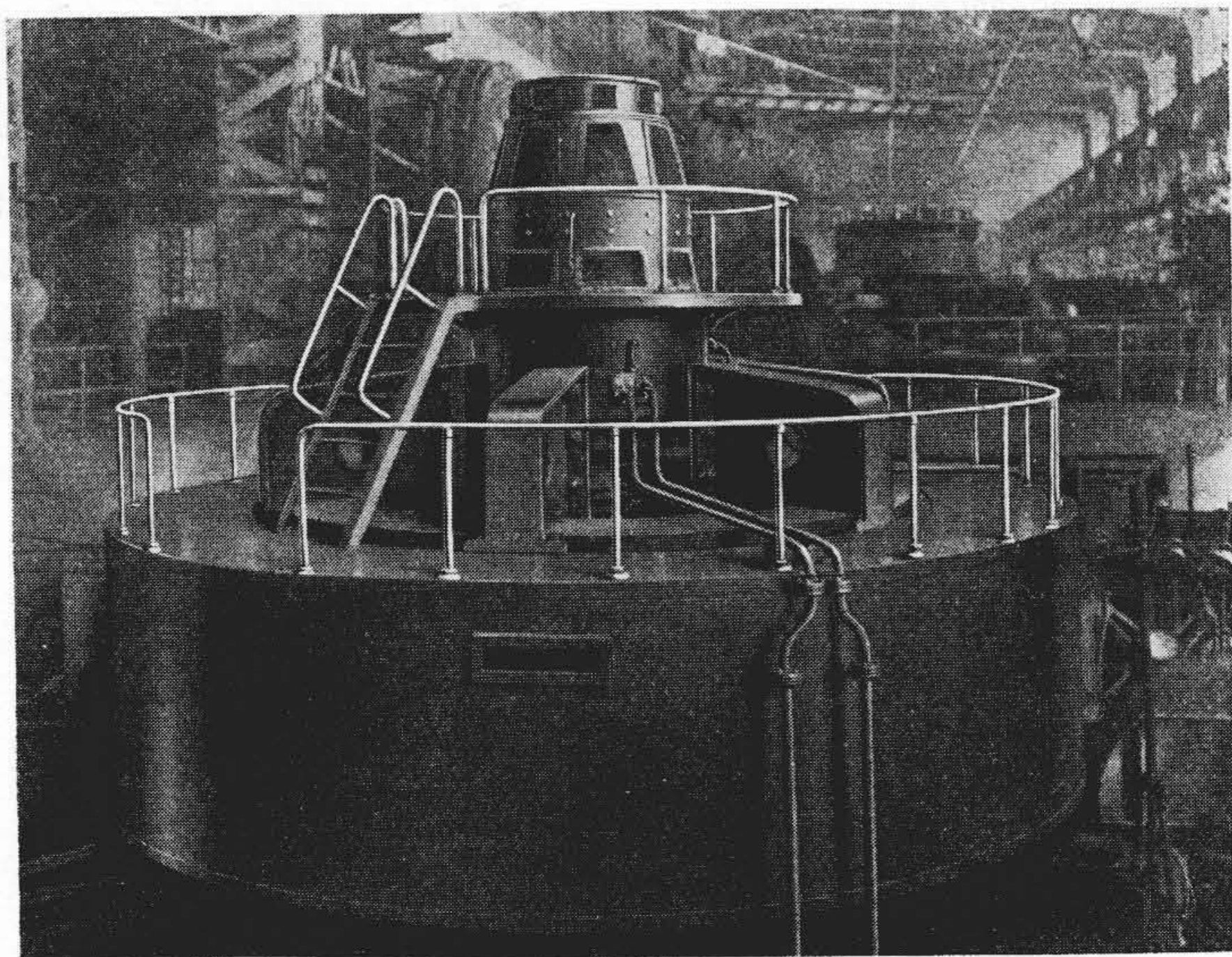
本発電機は工場に於て仮組立の上各種の試験を行つ

た。その結果は電氣的特性、能率、温度上昇、振動等何れも予期通りの良好な成績を収めた。又本発電機は無拘束速度試験も行つたが、その結果機械的に安全なことが確認された。

〔V〕 結 言

傘型発電機がいろいろな面で有利なことは公知の事実である。しかしその限界というものを定量的に確定することはそれに関連する因子の複雑さからなかなか難かしいことであつた。今我々は本発電機を完成し傘型発電機というものに対して今までより一層定量的な確信を得るに至つた。このことは将来傘型発電機を製作するに当り有益なものであると思う。

終りにのぞみ本発電機を製作するに当り種々御指導を賜つた東北電力株式会社関係各位に心からの謝意を捧げつゝ本文を擲筆する。



第 3 図 31,000 kVA 交 流 発 電 機

Fig. 3. General View of 31,000 kVA Alternator