中国電力株式会社南原発電所用

# 326MVA/350MW発電電動機運転開始

# 326MVA/350MW Generator/Motors for Nabara Power Station

国内最大の単機容量326MVA/350MW発電電動機を持つ中国電力株式会社南原発電所が昭和51年7月営業運転に入った。本稿は同発電所の上記大容量発電電動機について紹介するものである。

久保真三\* Kubo Shinzô
石見武弘\* Iwami Takehiro
実松俊弘\*\* Sanematsu Toshihiro

藤本 茂\*\* Fujimoto Shigeru

# 1 緒 言

最近の急増する電力需要に対応するため、火力・原子力の大形電源開発が進められ、これに伴ってピーク機能と追従性に優れた大形揚水発電所の建設が進められている。中国電力株式会社南原発電所(以下、南原発電所と略す)は、中国地方におけるこのような電力需要に対応して建設された大容量揚水発電所であり、その位置は東西に片寄った電源分布の谷間にあって<sup>1)</sup>、中国電力株式会社島根原子力発電所と広島地区とを結ぶ山陰幹線上の南原峡県立自然公園内にある。特に当発電所は広島地区の電力需要のアンバランス改善に好適の発電所であり、ここに設置された2台の発電電動機は、現在までの単機容量において326MVA/350MWという国内最大容量機である。1号機、2号機とも昭和51年7月に官庁試験に合格し、以来好調な営業運転を続けている。ここに本発電電動機につき、現地試験データを含め、その概要を報告する。図1に完成した南原発電所を示す。

# 2 発電電動機の概要

図2は我が国の揚水発電電動機の単機容量の推移を示した ものであり、これにより年度とともに容量の増大している傾 向が分かる。

表1に本発電電動機の主な仕様を、図3に発電電動機の全

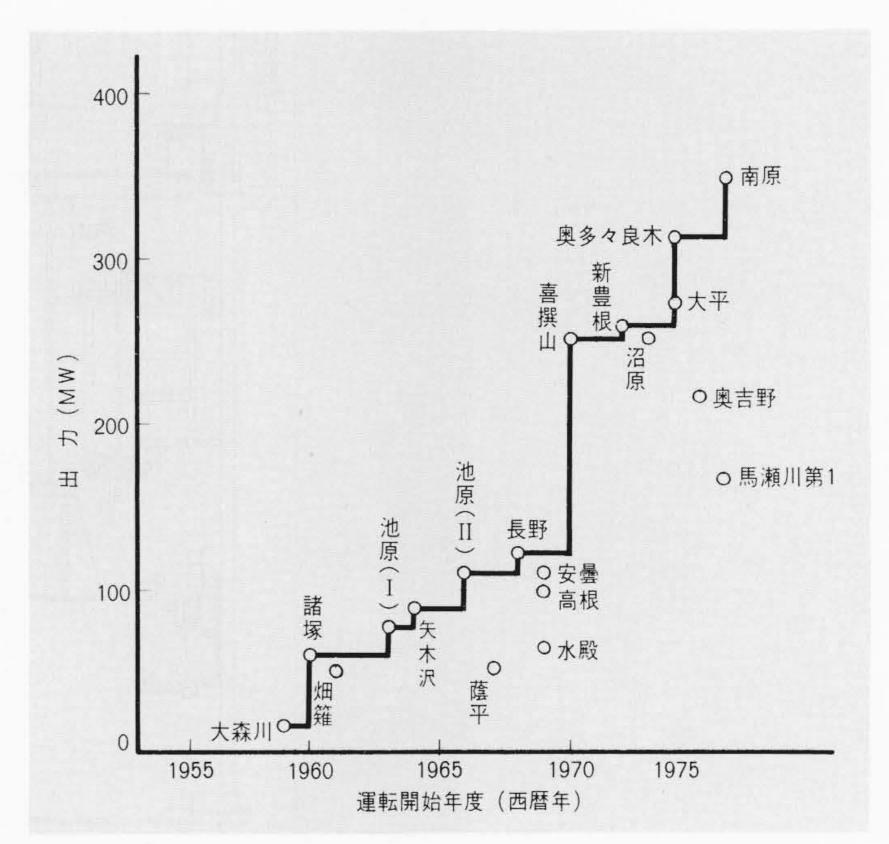


図 2 我が国の揚水発電電動機の単機容量の推移 単機容量350 MWは, 国内最大容量機である。



図 I 完成した中国電力株式会社南原発 電所 発電電動機 2 セットが設置され、昭和 51年7月5日に営業運転を開始した。

体構造図を示す。本機の主な特徴を挙げると次のとおりとなる。

- (1) 単機容量が326MVA/350MW, 回転速度が257rpmという 高速大容量機である。
- (2) 自己ファンによる全閉内冷の冷却方式である。
- (3) 各機器の仕様を総合的に検討した結果, 発電電動機の端子電圧は20kVという高電圧を採用した。
- (4) 固定子コイルにエポキシ レジン処理のスーパ ハイレジン コイル<sup>2)</sup>を採用した。
- (5) 輸送上の制限より固定子を12分割構造とした。
- (6) 推力軸受用油冷却器を下部エンド ブラケット部に取り付け,機器設置スペースの縮小を図った。
- (7) 高速大容量機であるため、振動に対する十分な検討を行ない上部エンド ブラケットと基礎との間に金属圧縮ばねから成る防振ステーを入れた。
- (8) 下部エンド ブラケット ベース, 防振ステー ベース取付部には無収縮性コンクリートを採用し,強固な基礎とした。

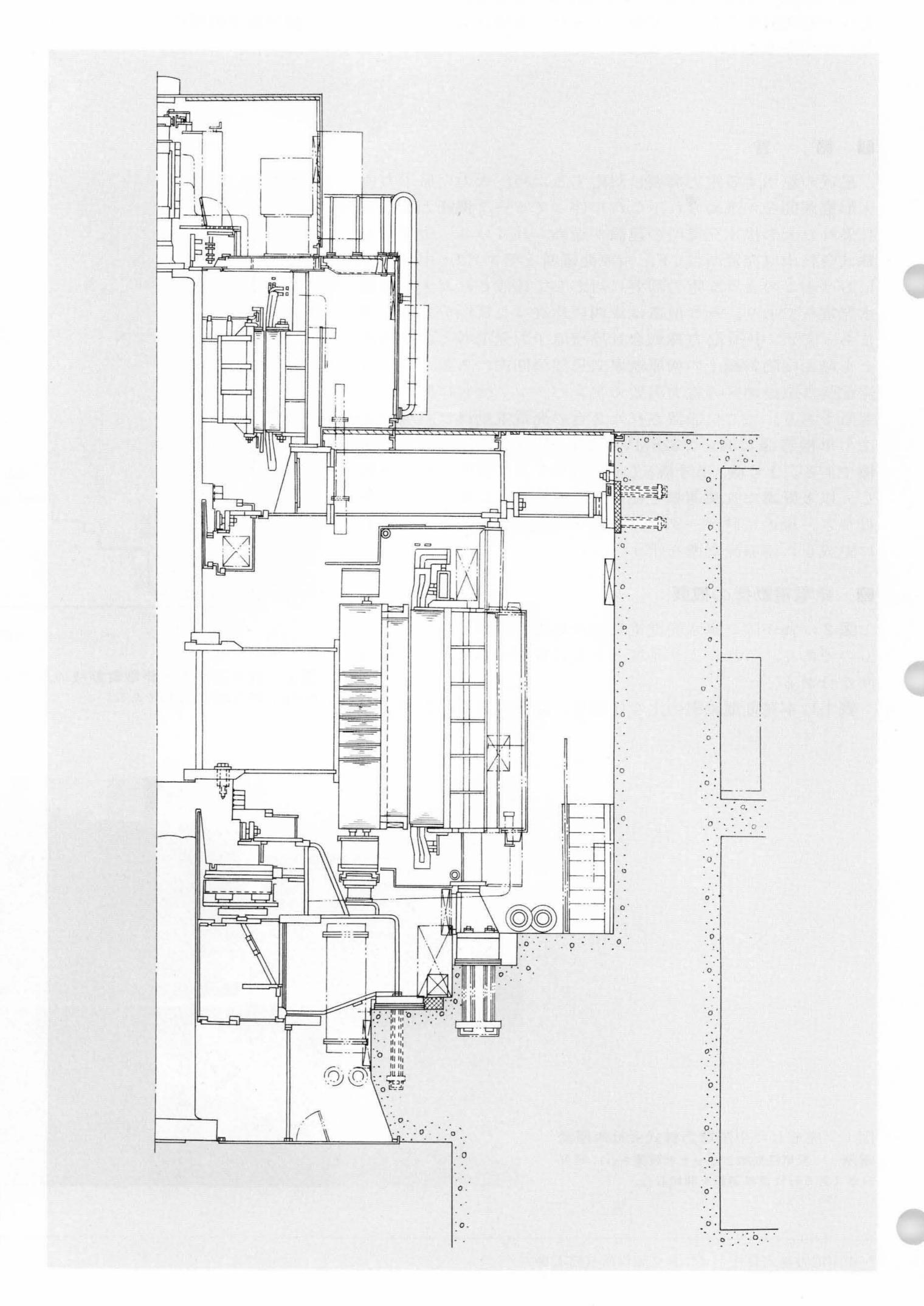


図3 発電電動機の全体 構造図 上部に始動用誘導 電動機を配した準かさ形構造 である。

表丨	発電電動機の主な仕様	出力326MVA/350MW,	回転速度が257
rpmの i	高速大容量機である。		

No.	項目	仕様	
ı	形式	立軸回転界磁準かさ形 空気冷却器付閉鎖風道循環形	
2	出 カ	326MVA/350MW	
3	回転速度	257rpm	
4	極 数	28	
5	周 波 数	60Hz	
6	電圧	20,000∨	
7	電流	9,410/10,300A	
8	力 率	0.95/1.0	
9	短 絡 比	0.8	
10	GD <sup>2</sup>	16,000 t-m²	
11	無拘束速度	145%	
12	推力軸受荷重	I ,595 t	
13	絶縁種別	В	
14	励磁方式	サイリスタ	
15	始 動 方 式	直結誘導電動機始動	

#### 3 構造及び特性

#### 3.1 通風冷却及び温度上昇

本発電電動機は記録的な高速大容量機であるため、従来の機械に比べて固定子鉄心の積厚が大きく、自己ファンだけで必要風量が得られるか十分検討する必要があった。このため、水流モデルによる通風試験を実施し、既納320MVA/313MW発電電動機など類似機の実測データを詳細に検討した結果、自己ファンだけによる通風方式と決定した。この結果、附属

図 4 揚水方向温度試験 空気冷却器は、全台数運転の場合を示す。

運転時間 (min)

90

150

180

120

60

30

0

機器の省略,騒音の低減,シーケンスの簡単化などが可能となり,騒音については定格負荷時発電電動機風胴上で85dB(A)以下という現地測定結果を得ることができた。なお空気冷却器1台が故障しても,コイルの温度上昇値が80degを超えぬように余裕をもたせて製作してある。図4に揚水運転時の各部温度の現地試験結果を示す。

#### 3.2 推力軸受と油冷却装置

1,595tのスラストを支える推力軸受装置には、荷重バランスの良い、半径方向に二点で支持した構造の日立ピボットスプリング方式を採用した。潤滑油の循環はスラストランナのポンプ作用で行なう信頼性の高いセルフポンプ方式とし、シューの冷却効果を上げるため油冷却器で冷却された潤滑油をシュー間に直接供給するシュー間昇圧給油方式とした。更に、シューの熱変形を抑えるためにシュー内の温度こう配を小さくするシュー熱絶縁方式を採用している。図5に工場試験時に7枚のシューで測定したベアリングの分担荷重分布を示す。シューの荷重分担偏差は4%以内となっており、ピボットスプリング方式の特長を確認することができた。

また、当発電所は純揚水発電所であるため、冷却水最高温度が30°Cと高く油冷却器の体格が大きくなっているが、設置スペース及び配置を考慮した結果、図3に示すように下部エンド ブラケット部に取付けリング パイプで給排油を行なうなど、冷却油系統をコンパクトにまとめる構造としている。

#### 3.3 振動

本発電電動機は大容量高速機であること、輸送上の制限より固定子を12分割構造としたことなどにより上部支持部には12本のブラケット アーム各々と基礎との間に金属製圧縮ばねから成る防振ステーをそう入し、振動の抑制と熱伸びを吸収できる構造とした。また当発電所では、下部エンド ブラケットベース面及び防振ステー ベース面の各々に無収縮性グラウト材を採用し、据付精度の向上、グラウトとベースの密着度向上及び工期の短縮化を図った。表2に現地据付後の振動の測定例を示す。

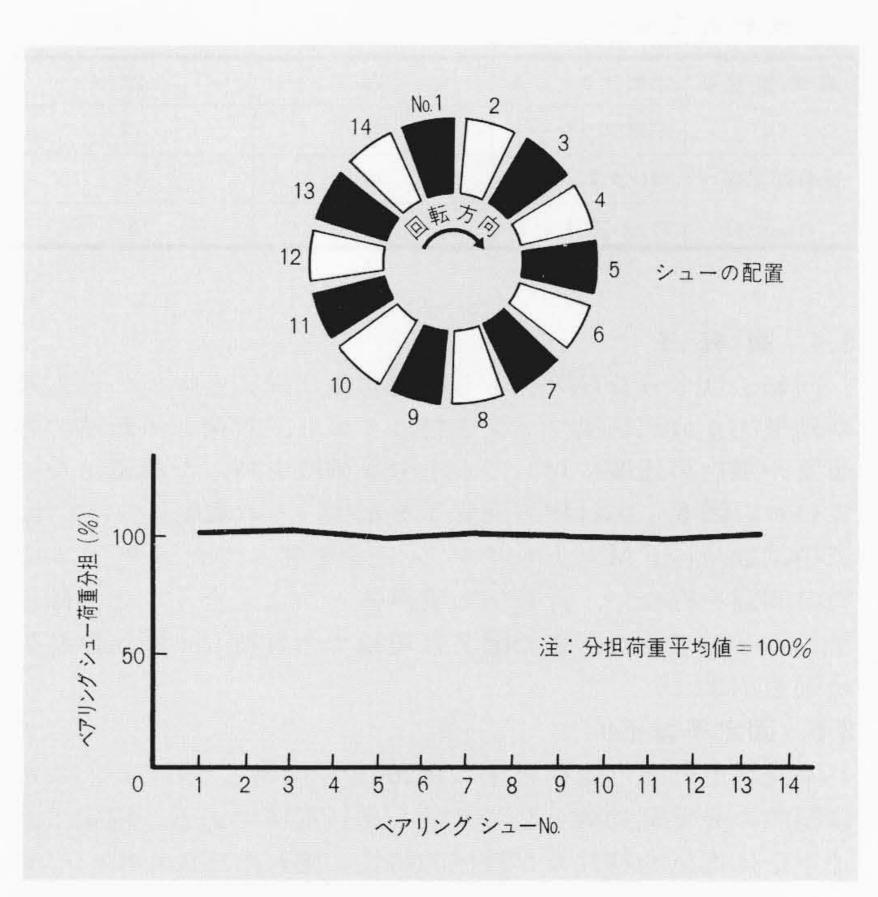


図 5 ベアリング シューの荷重分担 奇数No.のベアリングだけを用いて試験を行なった。

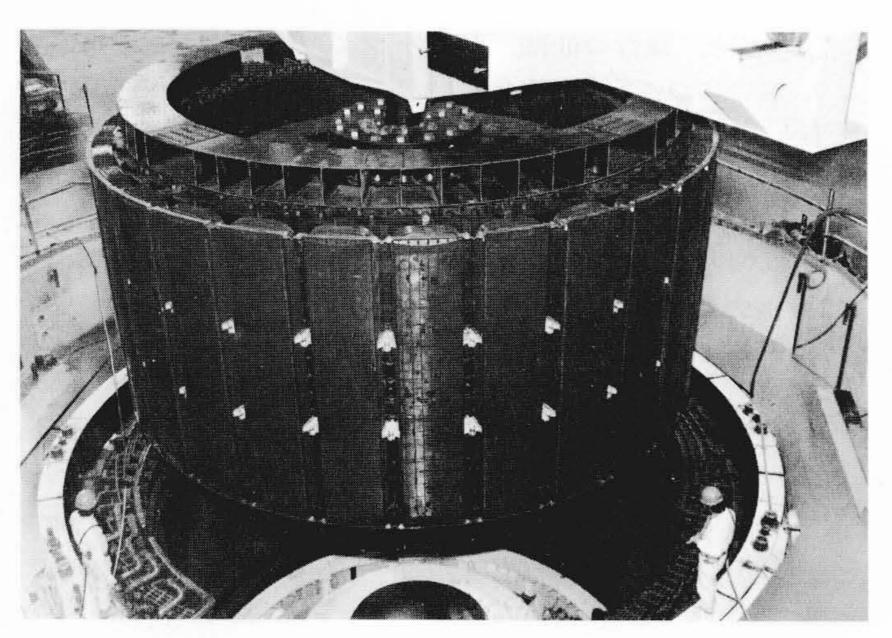


図 6 据付中の回転子 現地での回転子つり込み状態を示す。

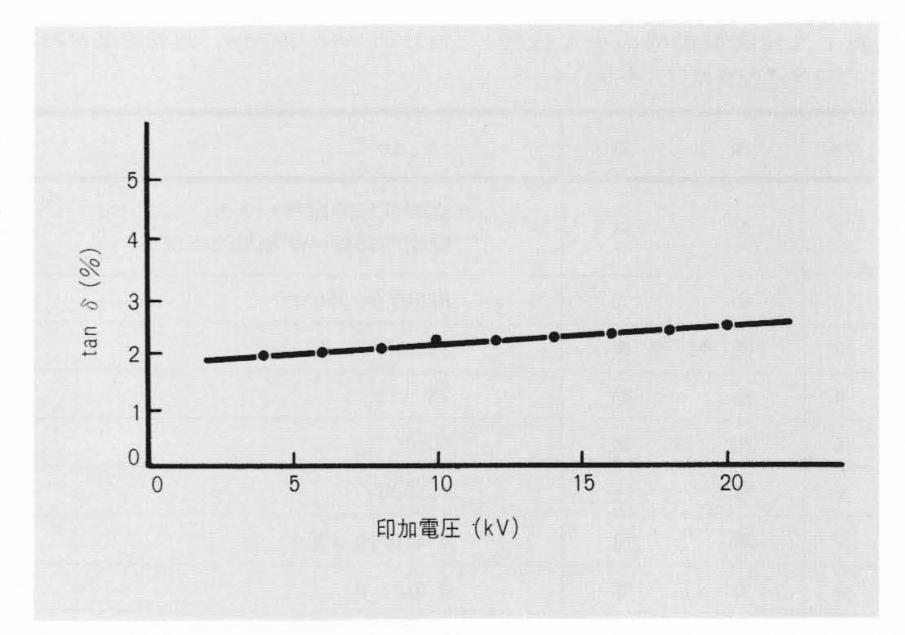


図 8 固定子コイルの誘電正接特性 20kVスーパハイレジン コイルの優れた特性を示す。

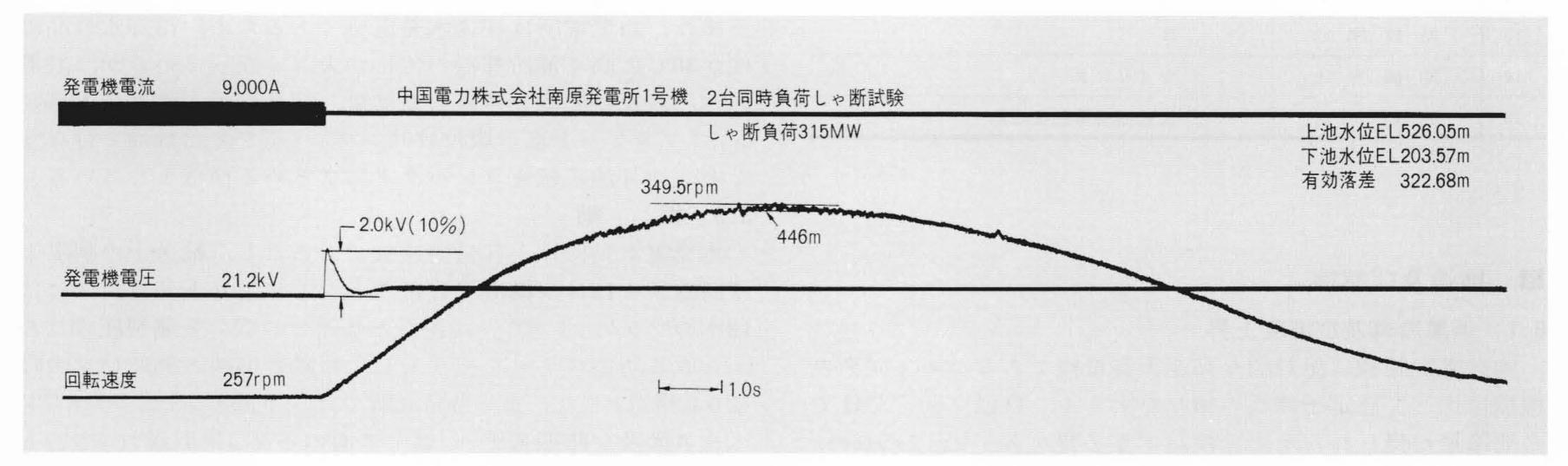


図7 負荷しゃ断試験オシログラム 2台同時全負荷しゃ断試験時の1号機の結果を示す。

表 2 振動測定結果 現地据付後の試験結果を示す。

振動測	定場所	発電運転	揚水運転
固定部振動	上部ブラケット	26	22
$(\mu)$	下部ブラケット	12	13
回転部軸振れ	コレクタ リング	18	16
(½ mm)	カップリング	8	8

# 3.4 回転子

回転子は十分な $GD^2$ をもち高速回転に耐えるロータ リム及び効果的な自己通風ファンを持っており、負荷しゃ断時の過速度や無拘束速度に対しても十分な強度を持った構造となっている。図6に据付中の回転子を示す。なお強度については、工場試験時にFMストレイン メータを使ってロータ リム応力の測定を行ない、計算値と実測値とがよく合うことを確認することができた。また図7に現地での負荷しゃ断試験結果の例を示す。

# 3.5 固定子コイル

本発電電動機の定格電圧には20kVを採用しているが、これは国内の発電電動機としては最も高い電圧である。固定子コイルには電気的特性及び機械的特性に優れた日立エポキシレジン絶縁方式のスーパ ハイレジン コイル²)を採用し、スロット端部より発生する部分放電に対してはシリコン カーバイ

ドが持っている電位緩和特性を応用した高抵抗コロナ シールド処理を施した。なお工場試験では巻線後(3×40)μs,95kV衝撃波耐圧試験を実施し、高電圧に対する十分な安全性を確認した。図8に20kV固定子コイルの誘電正接特性例を示す。

# 3.6 始動特性

発電電動機の始動方式としては、巻線形誘導電動機を発電電動機の上部に付設した直結電動機始動方式を採用した。**図9** は始動試験の実測例を示したものである。誘導電動機二次側の液体抵抗器の値を最大にしておき、一次側に定格電圧を印加し、一次電流を制限値に抑えながら加速する定電流制御方式を採用している。なお発電電動機が系統併入後は、速やかに液体抵抗器の値を最大値にもどし、一次電流を抑えた状態で誘導電動機をしゃ断し、所内電源電圧の変動を小さくするよう考慮した。

# 3.7 軸受の保護

本発電電動機の保護での特徴は、ポンプトリップ時の軸受の保護である。現実には極めてまれな現象であるが、揚水運転中主電源及び所内電源がそう失し、かつポンプ水車の案内羽根閉鎖機構が何らかの原因で不動作になる、いわゆるポンプトリップ時の逆転までを考慮してオイルリフト装置にはバッテリー駆動の直流電動機を設置した。図10にこのブロック線図を示す。なおオイルリフタ装置は、運転時の騒音が1m離れた所で85dB(A)以下になるよう消音器付のキュービクル構造とした。

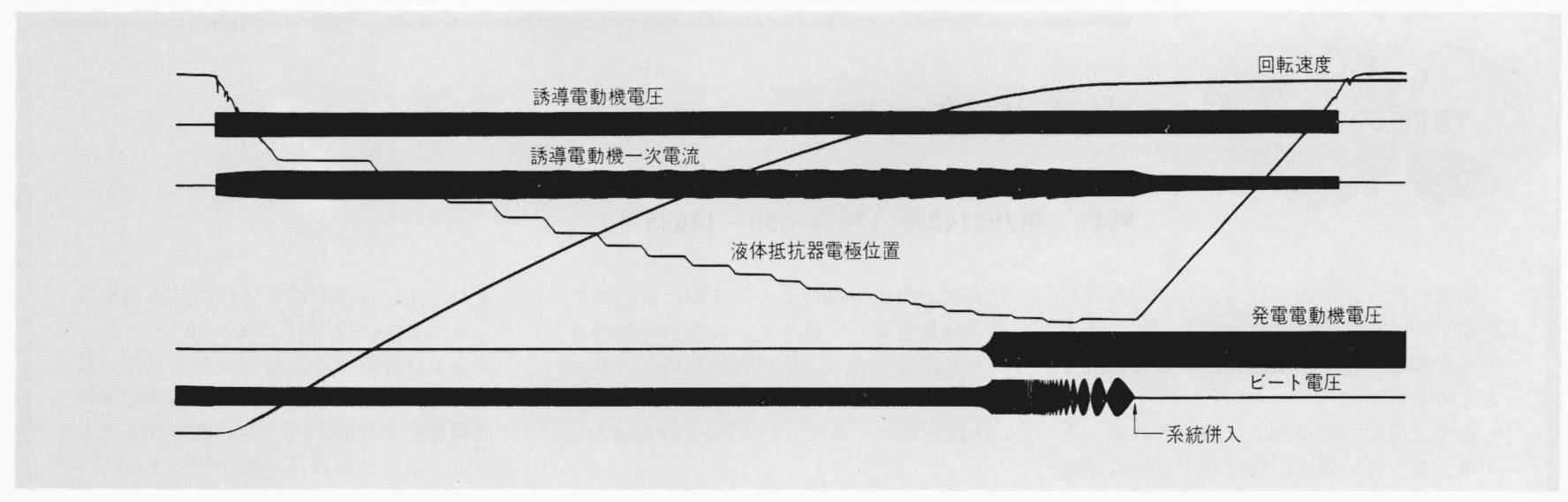


図 9 誘導電動機始動試験 1号発電電動機を誘導電動機で始動して、系統併入を行なった例を示す。

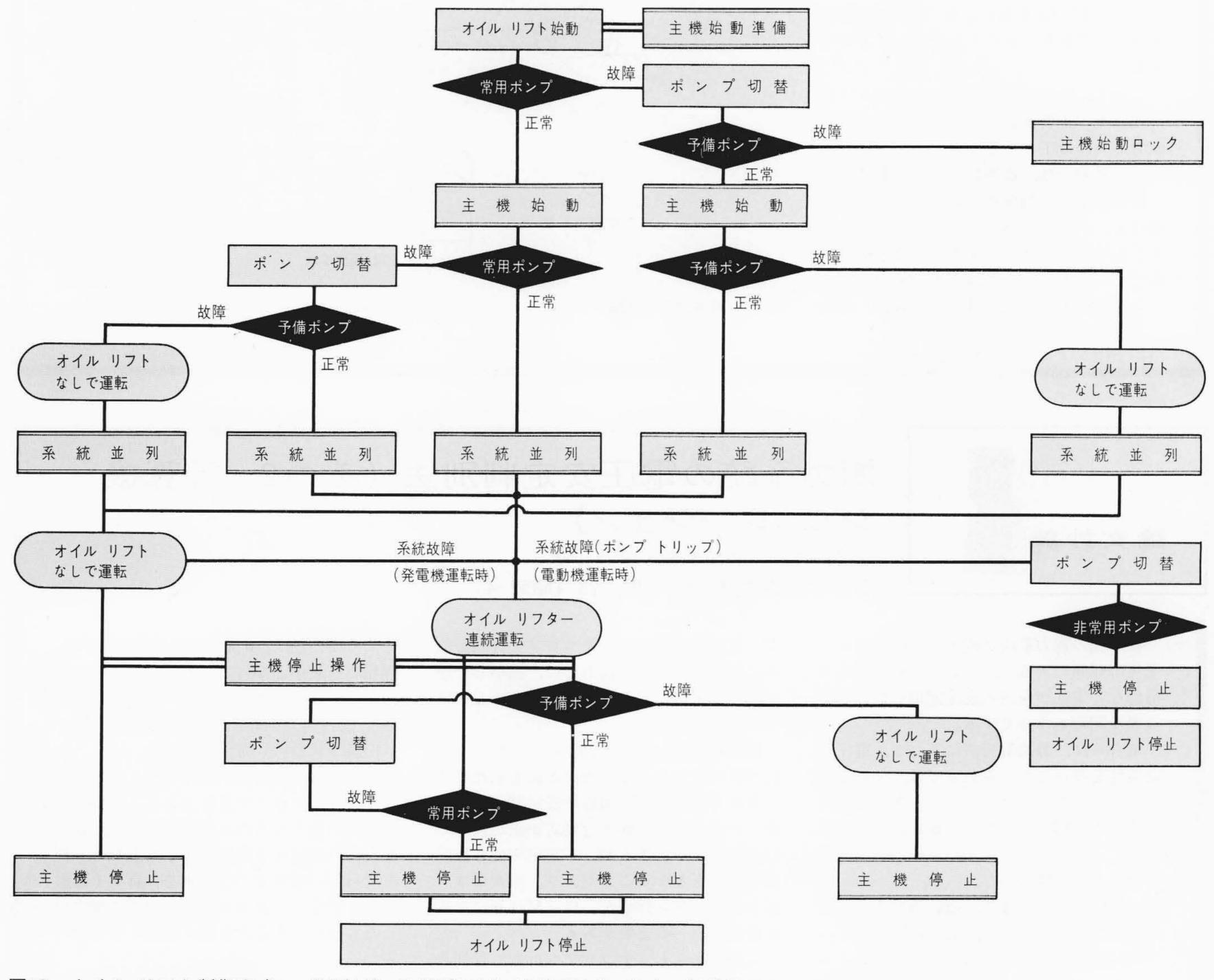


図10 オイル リフト制御方式 常用(AC), 予備用(AC)及び非常用(DC)の各ポンプを設置している。

# 4 結 言

以上、南原発電所用発電電動機の設計製作及び現地試験などについて述べたが、本稿が読者諸賢の御参考になれば筆者らの幸いとするところである。最後に本計画に参画され、終始御指導、御援助をいただいた関係各位に対し深謝する次第である。

# 参考文献

- 1) 椿 博, 久保真三:「電気評論」, 399 (昭49-4)
- 2) 安芸ほか5名:「日立評論」,55,679 (昭48-7)