

北海道電力納入 砂川火力発電所 3号機の自動化システム

Automatic Control System of Sunagawa Thermal Power Station Unit 3, The Hokkaido Electric Power Co., Inc.

赤尾武彦* Takehiko Akao · 今泉真一** Shin'ichi Imaizumi

I. まえがき

北海道電力から受注した砂川火力発電所3号機のタービン・発電機設備は、順調な建設過程を経て昭和52年6月10日営業運転を開始した。

砂川火力発電所3号機は、内陸石炭火力であり、ユニット容量は125 MWと比較的小さく、また立地面からは電力潮流の調整地点でもあり、中間負荷火力として頻繁な起動停止に適した機能・系統制御に対する良好な応答特性が要求された。採用された蒸気タービンは、起動停止特性の優れた負荷調整能力の大きい特徴をもつHMNシリーズ標準タービンである。

この特徴を生かすとともに、プラント運用面からは信頼性の高い円滑な運用を目的として、広範囲の自動化システムが採用された。自動化システムは、

- (1) 自動負荷調整装置(以下ALRという)、電気油圧ガバナ(以下EHGという)などアナログ演算部に“トランジダイン(商標)”, デジタル論理回路に“F-MATIC(商標)”を使用した制御装置。
- (2) シーケンスコントローラ“SC-20”を使用したタービン自動起動装置(以下ATSという)。
- (3) リレーシーケンスによる自動ドレン弁, 真空上昇破壊, ヒータサービスなどの自動化。

に大別される。以下これらのうちから主要なものについて紹介する。

なお主要設備概略仕様は下記のとおりである。

1. 蒸気タービン

形式：串形反動再熱再生二流排気式3車室構造

定格出力：125,000 kW

蒸気条件：127 kg/cm²・g 538/538 °C

抽気段数：6

排気真空：730 mmHg

回転速度：3,000 rpm

2. 発電機

形式：横置円筒回転界磁形

容量：139,000 kVA

力率：0.9

電圧：11 kV

回転速度：3,000 rpm

冷却方式：水素冷却, 3 kg/cm²・g

励磁方式：ブラシレス励磁方式

II. 自動化システムの概要

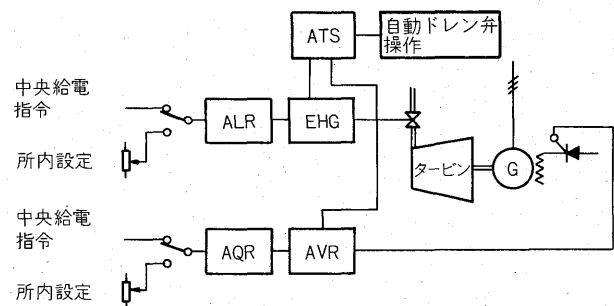
第1図に自動化システムの構成図を示す。

ALRはユニット出力指令値(中央給電指令所または所内)に対して、ユニット内での運転制限演算(出力変化率, 出力変化幅など)を介してEHGに出力指令を与え、出力制御をする。

自動無効電力調整装置(以下AQRという)は、ユニット無効電力指令値(中央給電指令所または所内)に対して、運転制限演算後AVRに指令を与え、無効電力制御を行う。

ATSはタービン及び補機類の諸状態を確認しながら、ターニング速度から定格回転, 更に初負荷までの昇速及び負荷上昇をEHGを介して行う。

各制御装置間の信号伝達は、電動設定器を駆動することにより接続され、信号が記憶されているので、ATS, ALR, AQRなどの故障時には、直ちに制御系から切り離され、故障前の状態で運転継続される。



ATS：タービン自動起動装置 ALR：自動負荷調整装置
EHG：電気油圧ガバナ AQR：自動無効電力調整装置
AVR：自動電圧調整器

第1図 自動化システムの構成図

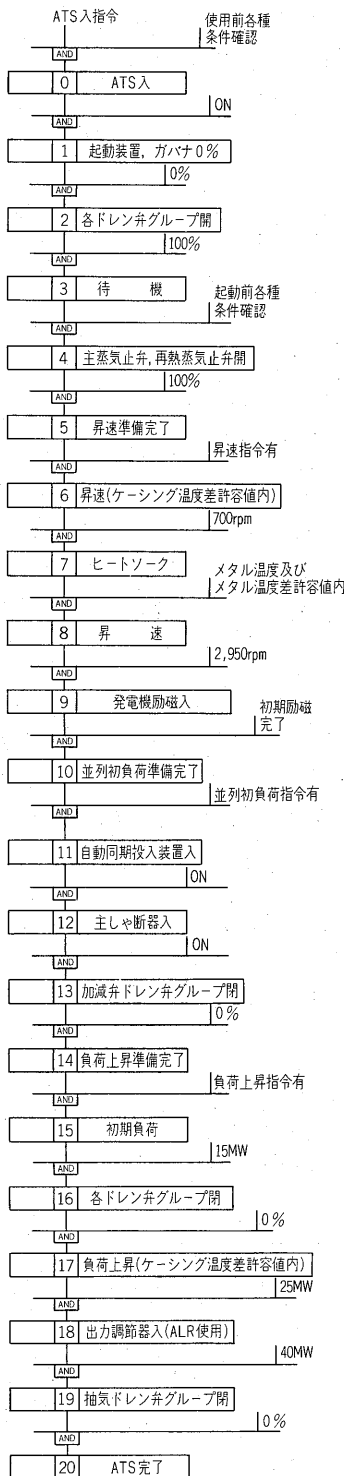
Fig. 1. Block diagram of automatic control system

III. 制御装置の機能

1. ATS

第2図に基本ブロック図を示す(本図は概略ブロック

* 火力部 ** システム技術部

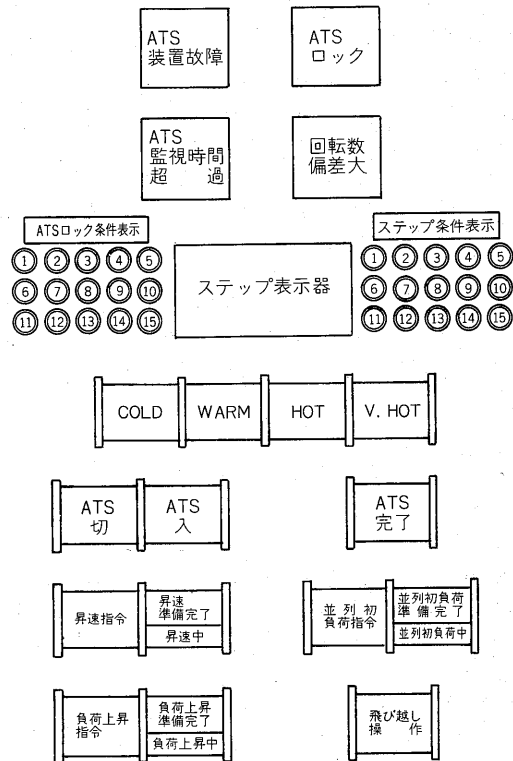


第2図 ATS基本ブロック線図
Fig. 2. Block diagram of ATS

- タービン発電機トリップ (86 G)
- EHG, AVR 故障
- シーケンスコントローラ故障
- タービン発電機振動大
- その他

BTG 盤上にはステップ表示器が設けられ、ステップの進行状況が指示される。各ステップには規定監視時間が設定されていて、その監視時間を超過しても次のステップに進行しないときは、警報を発するとともに、ステップ進行条件不成立の原因がランプに表示される。そのほか BTG 盤には主要ステップ項目 (昇速, 並列初負荷, 負荷上昇など) の表示, モード選択スイッチ, 入-切スイッチなどが設けられている。これら ATS 機器の取付配置図を第3図に示す。

プログラムは、最初から最後まですべて自動で進行することはもちろん、任意のステップにおいて、自動または手動に切り換えることもできる。例えば、ヒートソークまでは手動で行い、その後を自動にすること、またその反対も可能である。



第3図 ATS器具BTG盤面配置図
Fig. 3. Control and indication apparatus for ATS

図のため、実際のプログラムステップ番号とは一致しない)。

ATS“入”からATS“完了”まで実際のプログラムは39のステップからなり、タービン起動前準備から初負荷まで、各種操作及びその操作確認、状態確認を行い、ステップを順次進める方式をとっている。これらの制御は、シーケンスコントローラ“SC-20”によって行われるが、回転速度制御、自動同期投入出力制御、電圧制御などは、個別の制御装置によって行われる。

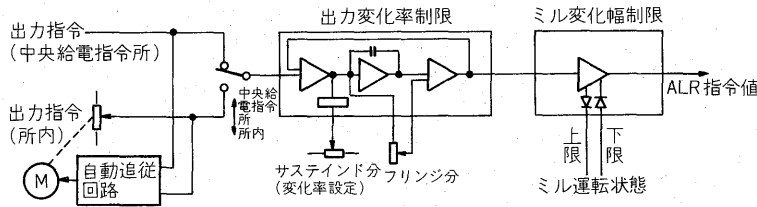
なお、下記の機器の故障でATSは除外される。

- ボイラトリップ (MFT)

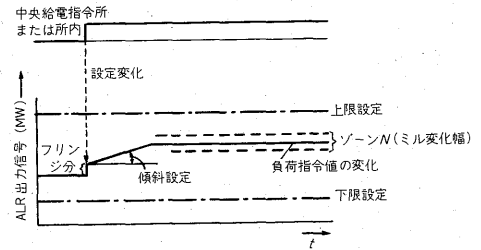
2. ALR

ALRは、中央給電指令所からの給電指令、または所内での設定を発電ユニットの許容し得る諸条件に合致した出力指令に変え、EHGを介して、発電ユニットの出力を決めるものである。第4図にブロック図を示す。

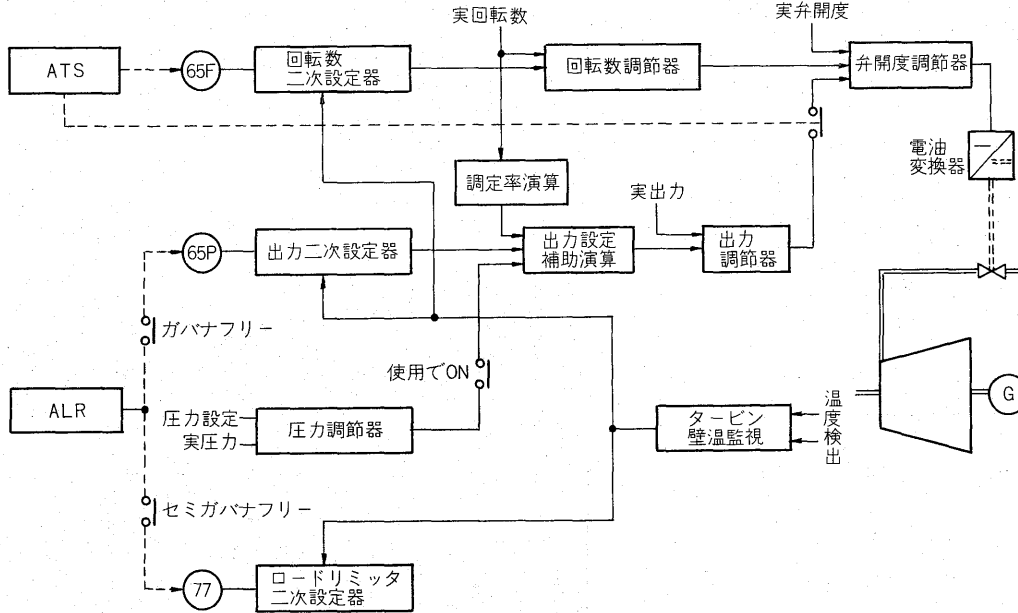
中央給電指令所からの指令は、テレメータ (CDT)



第4図 ALRの動作ブロック線図
Fig. 4. Block diagram of ALR



第5図 ALR各部設定説明図
Fig. 5. Output signal of ALR



第6図 EHGの基本ブロック線図
Fig. 6. Block diagram of EHG

を介して発電所で受信され、アナログ信号に変換されたあと、ALRに与えられる。ALR内では中央給電指令所からの出力変化指令を、積分器を主とした演算部で許容変化率に変換する。この許容変化率は、第4図中の設定器“変化率設定”にてボイラの運転状態を含めて設定される。ほかに瞬時応答分の設定も可能で、図中“フリンジ分”の設定器による。この演算部の出力信号は、ミルの許容変化幅制限のリミッタを介して、インタラプタ操作により、EHGの出力設定器に伝えられる。

所内ALRでの負荷設定は、電動設定器で設定され、中央給電指令所ALR運転中は、その信号に自動追従している。よって中央給電指令所指令切離しの際にもショックなしに所内ALRへの切替が可能である。

ALRの出力指令値の変化の状態を第5図に示す。

3. EHG

タービンのガバナにはEHGと油圧ガバナの2系統が設けられているが、自動化システムはすべてEHGを介して行われる。EHGの構成を第6図に示す。回転数設定器(65F)はターニング速度から初負荷まで、出力設定器(65P)は初負荷から定格負荷までの設

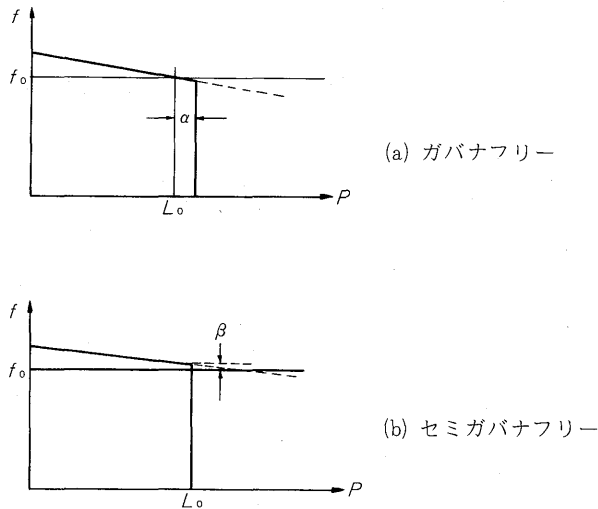
定に用いられる。“77”はロードリミッタの設定器である。各二次設定器は、ATS、ALR不使用の際を考慮して回転速度または出力変化の緩衝を行う役割を果たす。本ユニットに採用された特徴を述べる。

1) ガバナフリーとセミガバナフリー

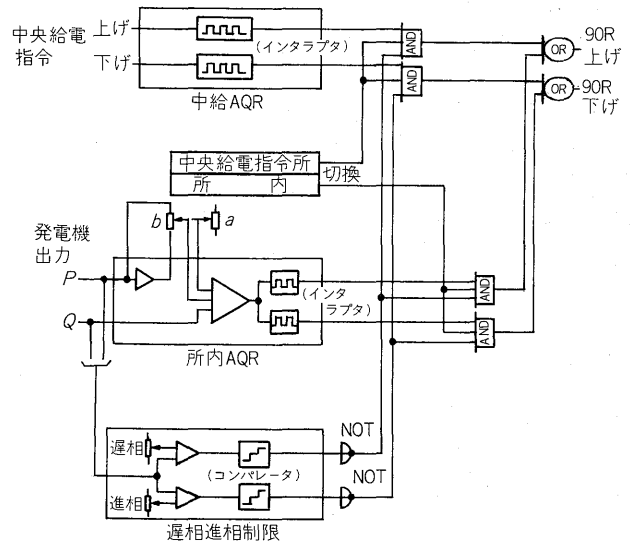
ALRからの出力指令信号は、インタラプタを介してEHG内の電動設定器“65P”または“77”に与えられる。“65P”を使用する場合をガバナフリー、“77”を使用する場合をセミガバナフリーと呼ぶ。第7図にそれらの違いを示す。ガバナフリーは、系統周波数の変動による出力変化を垂下特性に合わせて運用するものである。ロードリミッタ(77)を出力設定値よりも上側に設定することにより、極端に大きな出力変化を制限することが可能である。セミガバナフリーは、出力下げ方向に対してはガバナフリー、上げ方向に対してはロードリミッタ運転としたもので、図中 $\beta=0$ とし、“65P”を実出力に自動追従させることにより実現している。

2) 折線垂下特性

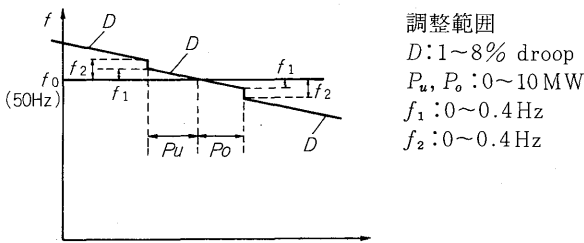
1)項のガバナフリーで、便宜上垂下特性を直線で説明したが、実際には折線特性を持たせることが可能である。



第7図 ガバナフリーとセミガバナフリー
Fig. 7. Governor free and semi-governor free



第9図 AQRの動作ブロック線図
Fig. 9. Block diagram of AQR



第8図 調定率とその調定範囲
Fig. 8. Drooping adjustment

調整範囲
D: 1~8% droop
Pu, Po: 0~10 MW
f1: 0~0.4 Hz
f2: 0~0.4 Hz

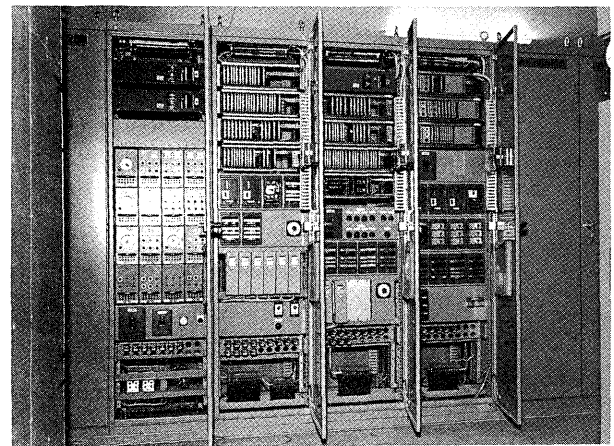
第8図に折線特性を示す。すなわち、常時の運転点を図中二つの折点の中間点に置き、通常の周波数変動に対してはガバナフリー特性でシステムの周波数維持に寄与し、比較的大きな周波数変動に対してはユニットの安定運転を維持するために、出力一定の制御をし、更に大きな周波数変動に対しては、システムの安定度維持のため、再びガバナフリー運転をさせるものである。本特性により、ユニットの安定運転範囲を有効に使用することができる。

4. AQR

AQRは中央給電指令所からの指令、または所内での指令を発電機の許容し得る諸条件に合致した無効電力指令に変え、AVRを介して発電機の無効電力を制御するものである。第9図にブロック図を示す。

中央給電指令所からの指令は、CDTを介して受信され、リレー接点のオンオフ信号に変換されてAQRに与えられる。AQR内には発電機の出力限界(遅れまたは進み)の監視回路、端子電圧の高低監視回路があり、いずれも制限を超えるとAQRは除外される。

所内AQRは標準AQR装置を採用しており、BTG盤で $Q = a + bP$ の a, b 設定が可能である(ただし、 Q は無効電力、 P は有効電力を示す)。これらの信号は、



注) 向かって左からEHG(2面), ALR, AQR

第10図 自動化装置外観
Fig. 10. Cubicles for automatic control system

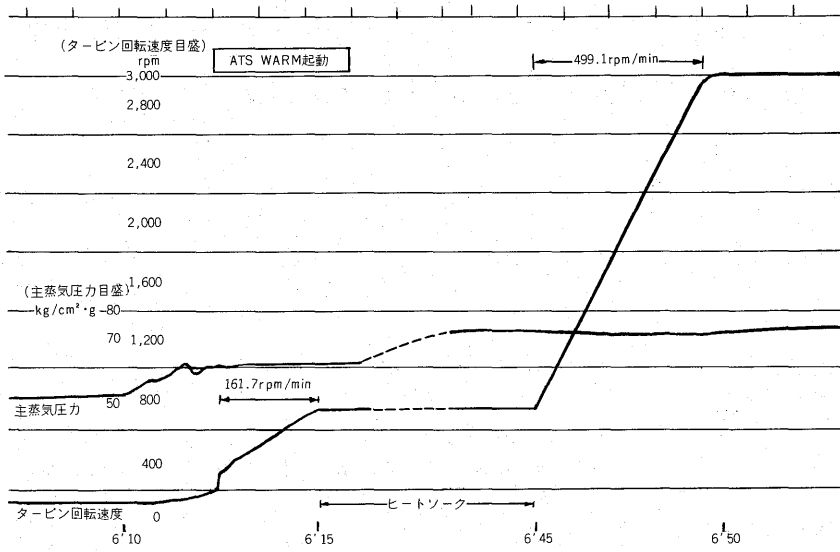
インタラプタを介してAVR内の電圧設定器を駆動する。AVRはほぼ標準方式なので説明を省略する。第10図に本自動化制御盤の内部写真を示す。

IV. 試験結果

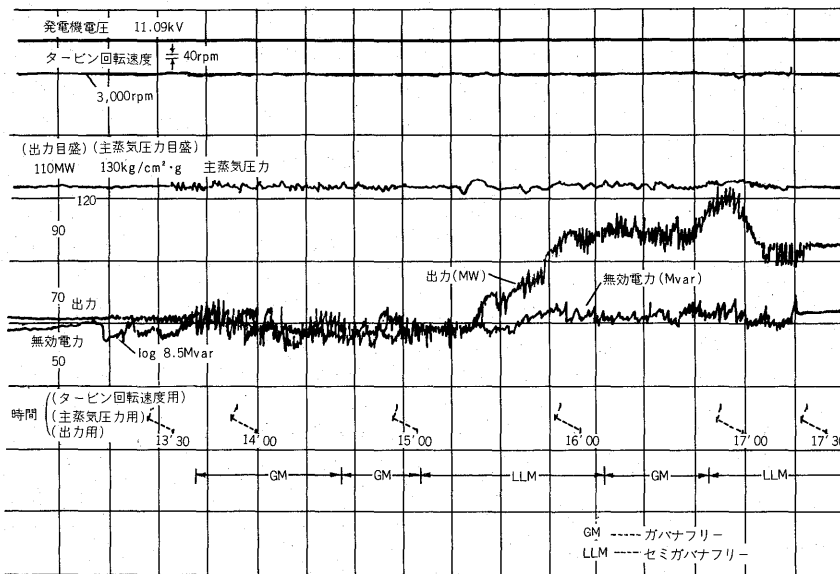
第11図にATSによるタービン起動の際の回転速度チャートを示す。タービンはウォーム起動中のものである。ヒートソーク中は記録紙を短縮してある。

第12図に出力設定変更の場合の実出力変化の状態を示す。図中GMはガバナフリー運転を、LLMはセミガバナフリー運転を示す。前述のごとく、LLM運転中のタービン出力は、増方向だけ制限されていることがわかる。

なお、電気ガバナ使用時の4/4負荷しゃ断時の速度上昇率は5.97%、整定時間は約120秒、整定値は3,030rpmであって良好な結果を示した。



第 11 図 ATS 起動の回転速度チャート
Fig. 11. Recorded chart of turbine speed with ATS



第 12 図 ガバナフリーとセミガバナフリーの動作記録
Fig. 12. Recorded chart of turbine output

V. あとがき

以上北海道電力・砂川火力発電所 3号機に納入したタービン・発電機設備の自動化システムについてその概要

を述べた。末筆ながらこの装置の設計、製作、試験にあたり多大な御協力、御助言を頂いた北海道電力の関係各位に深く感謝の意を表する次第である。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。