

# タービン・発電機用統合制御装置

小島 広司(こじま ひろし)

高村 隆太(たかむら りゅうた)

## 1 まえがき

火力発電事業の分野では1997年の電気事業法の改正や2000年の電力小売りの部分自由化や規制緩和の波を受けて、ユーザーのメーカーに対する価格低減の要求は年々強くなってきている。一方、電力の供給についてはその重要性から、信頼性維持も併せて要求されている。

富士電機は火力タービン制御装置である電子油圧式调速装置(ガバナ)と発電機制御装置である自動電圧調整装置(AVR)をそれぞれ32ビット汎用プログラマブルコントローラ(PLC)によりデジタル化した。さらにPLCの高速化に伴い低価格化・省スペース化を狙い、ガバナとAVRの機能を一体化した、タービン・発電機用統合制御装置を開発した。信頼性については、多重化(二重化、三重化)を行うことにより確保している。

数万kW～十数万kWの自家用火力発電所、IPP(独立系発電事業者)設備をターゲットとして開発し、1989年の初号機から納入実績もすでに40台を超え、順調に運転を継続している。なお、輸出プラントについては、コストパフォーマンスを勘案し、600,000kWクラスの火力発電設備に三重化タービン・発電機用統合制御装置(TGR)を適用した例がある。

## 2 タービン・発電機用統合制御装置

### 2.1 高信頼性システム

ガバナとAVRの一体化によって集中度が上がったので、制御装置を二重化システムや三重化システムにすることによって高信頼性を確保している。各システムの特徴は以下のようなものになる。

#### (1) 一重化システム

1台の制御装置からなる最も安価なシステム形態である。また、万一の故障に備えて、運転の継続や安全停止が行えるよう最小限のマニュアルバックアップ装置を具備している。

#### (2) 二重化システム

主に自家用火力発電所やIPP向けに適用され、2台の制御装置による運転・待機冗長形(デュプレックス)システムである。切換時の制御を変動なく行えるよう、待機側は運転側の制御データを定期的にコピーし、運転側に故障などが発生した場合は、高速で待機側へ切り換えるようになっている。経済性と信頼性の両者を取る場合に採用される形態である。

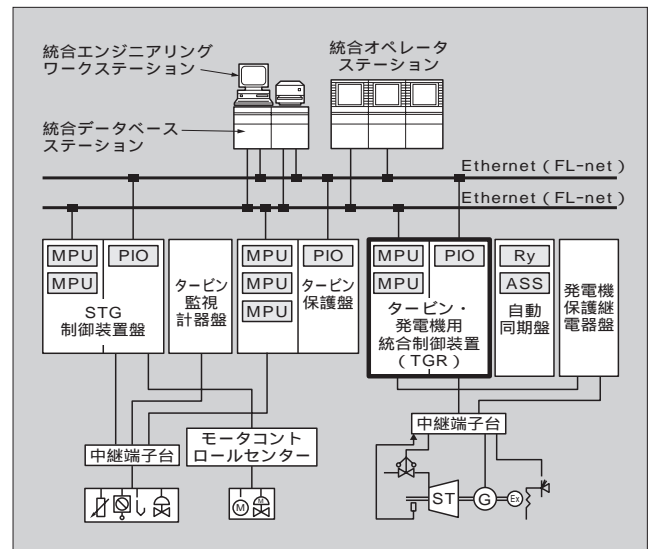
#### (3) 三重化システム

事業用・自家用大容量発電システムに採用され、3台の制御装置からなるシステムである。3台の制御装置は互いに独立して非同期で運転され、その出力信号については、デジタル出力は2 out of 3(多数決)、アナログ出力は中間値選択が行われる。また非同期で運転しているため、定期的に制御装置間のデータの補正も行っている。1台故障時においても3台の多数決出力によって制御されているので切換が発生せず信頼性が最も高い形態である。

### 2.2 TGRのシステム構成

IPP向け火力発電所のタービン・発電機の制御・保護シ

図1 IPP向け火力発電所の制御・保護システム構成



小島 広司

火力発電設備の制御・保護システムの設計に従事。現在、電機システムカンパニー火力事業部電気制御技術部。



高村 隆太

火力発電設備の制御・保護システムの設計に従事。現在、電機システムカンパニー火力事業部電気制御技術部。

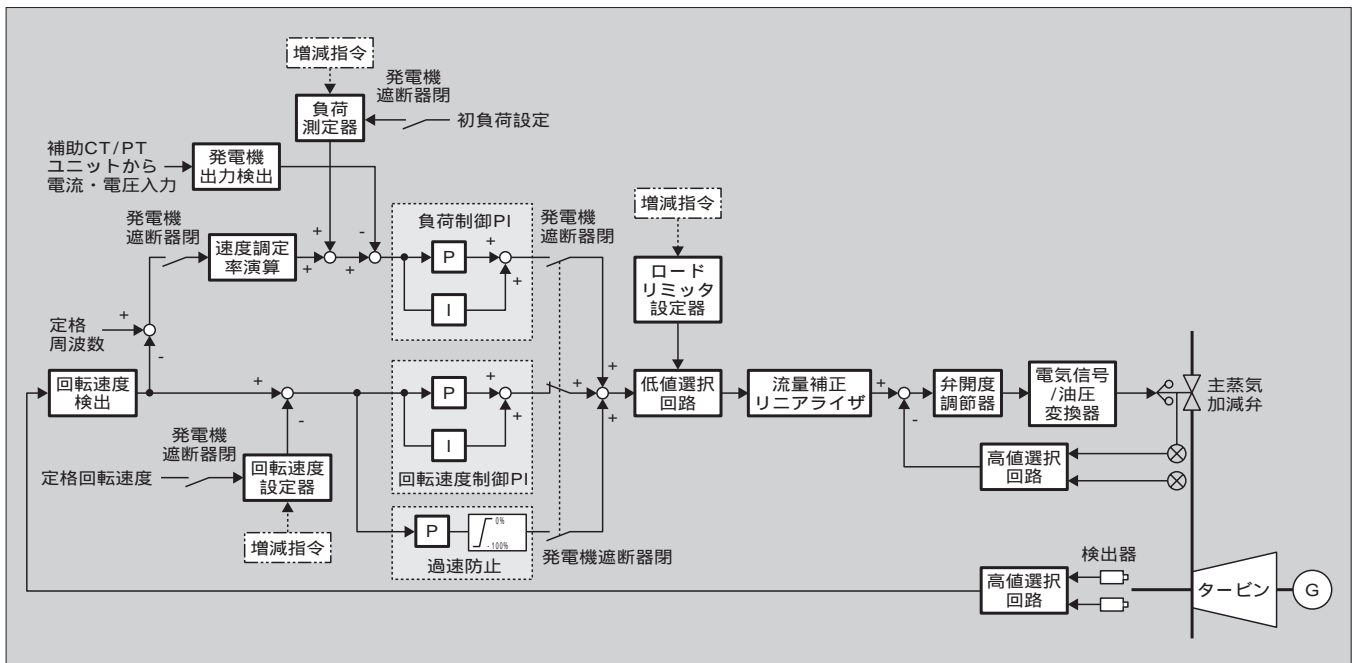
システム構成を図1に示す。図中、太枠線部が本稿で述べるTGRであり、本プラントでは二重化システムを採用している。TGRはFL-net（FAコントロールネットワーク）によってオープン統合化分散監視制御システム（タービン保護盤やSTG制御装置盤、統合オペレータステーション、統合データベースステーション、統合エンジニアリングワークステーション）と連携されている。こうした伝送形態の採用により現地建設工程の大幅な短縮化が可能になるとともに、システム構成の変更に柔軟に対応することができる。

次に、二重化システムの外観を図2に示す。オプション機能であるプログラマブル操作表示器（POD）が盤面に設置され、各種警報や状態の表示、設定値の設定を行うことができる。従来の集合表示灯や操作スイッチを用いる場合に比べて、操作性や保守性、可視性を向上させている。

図2 二重化TGRの外観



図3 ガバナ基本機能構成



### 2.3 TGRの機能

#### (1) ガバナ機能

ガバナの機能は次のとおりである。図3にガバナ基本機能構成を示す。

- 回転速度制御
- 出力制御
- ロードリミッタ制御
- 自動昇速
- 自動初負荷取り
- 速度調定率演算（ガバナフリー）
- 加減弁開度制御
- ロードシェディング（先行加速防止）
- 圧力制御〔主蒸気圧（前圧・限界圧）、抽気圧、混気圧〕

電力一定制御（APC）

周波数一定制御（AFC）

（～はオプション機能）

#### (2) AVR機能

AVRの機能は次のとおりである。図4にAVR基本機能構成を示す。

- 自動電圧調整
- 電圧調定率演算（ドループ）
- ソフトスタート
- 界磁電流制限
- 過不足励磁制限（進相・遅相無効電力制限）
- V/F補償
- 手動電圧調整
- 回転整流器故障検出
- 自動無効電力制御（AQR）

図4 AVR基本機能構成

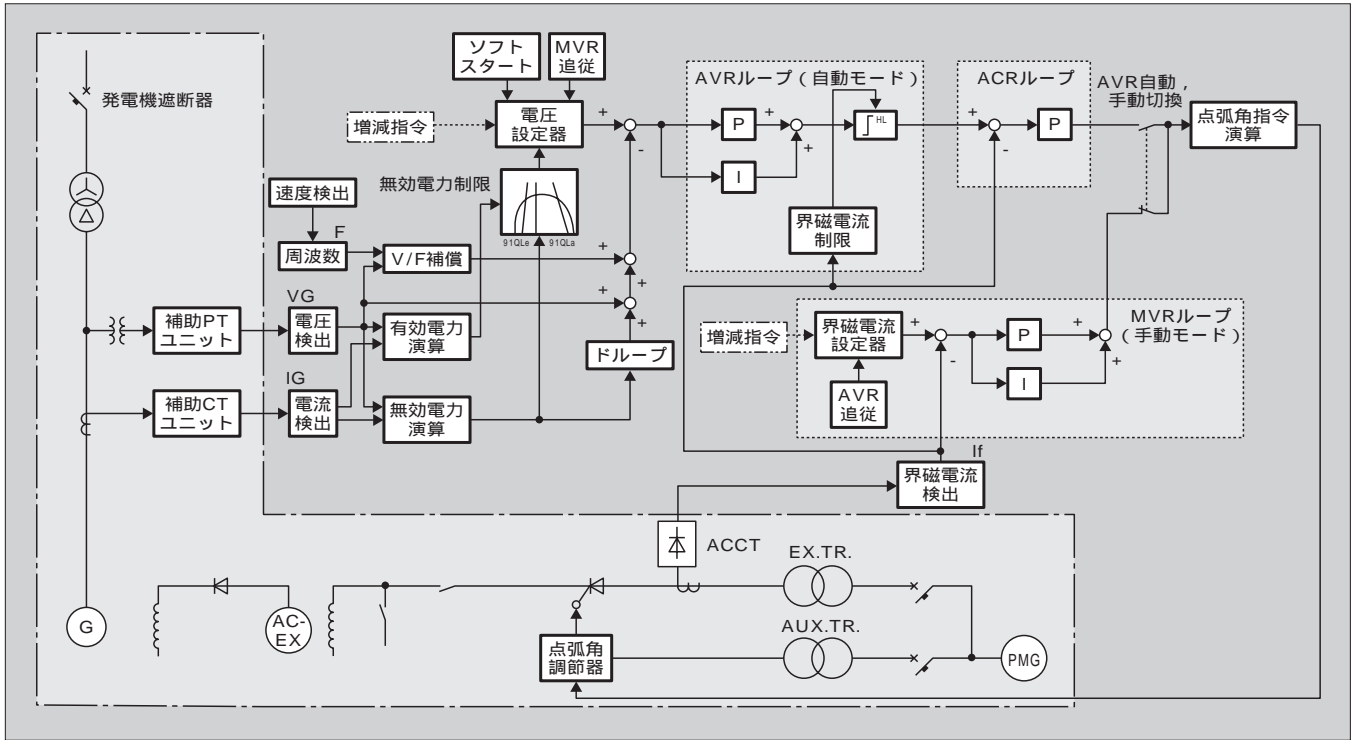


図5 AVR操作画面

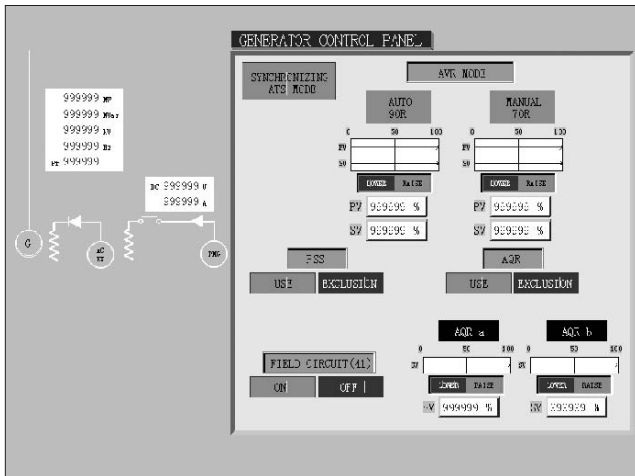
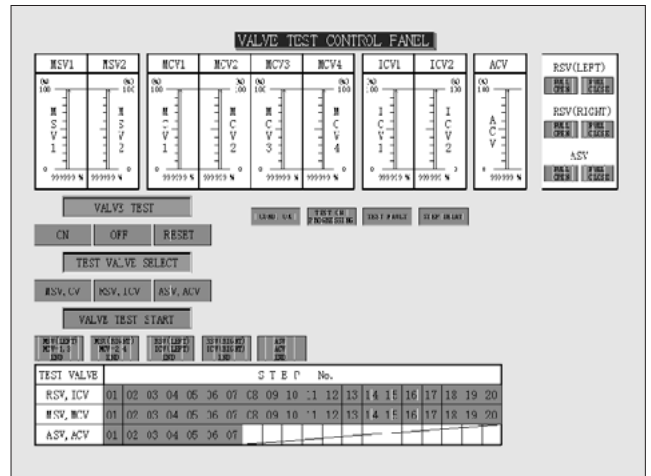


図6 AVT操作画面



自動力率調整 (APFR)

系統安定化 (PSS)

( ~ はオプション機能)

(3) タービン自動起動機能 (ATS), 自動停止機能 (ASD)

タービン起動指令を受けて、ドレン弁などの電動機や弁のリセット用電磁弁などに制御信号を出力し、リミットスイッチなどからのチェックバック信号入力により、起動ステップを一つずつ確認しながら、タービンを自動的に立ち上げていくのがATSである。同様にタービンを自動的に停止させるのがASDである。

(4) 自動弁試験機能 (AVT)

タービンの蒸気を遮断する止め弁と蒸気流量を制御する加減弁は、通常の運転で正常に動作するのはもちろんであるが、事故が起きた場合には確実に弁を閉めてタービンを

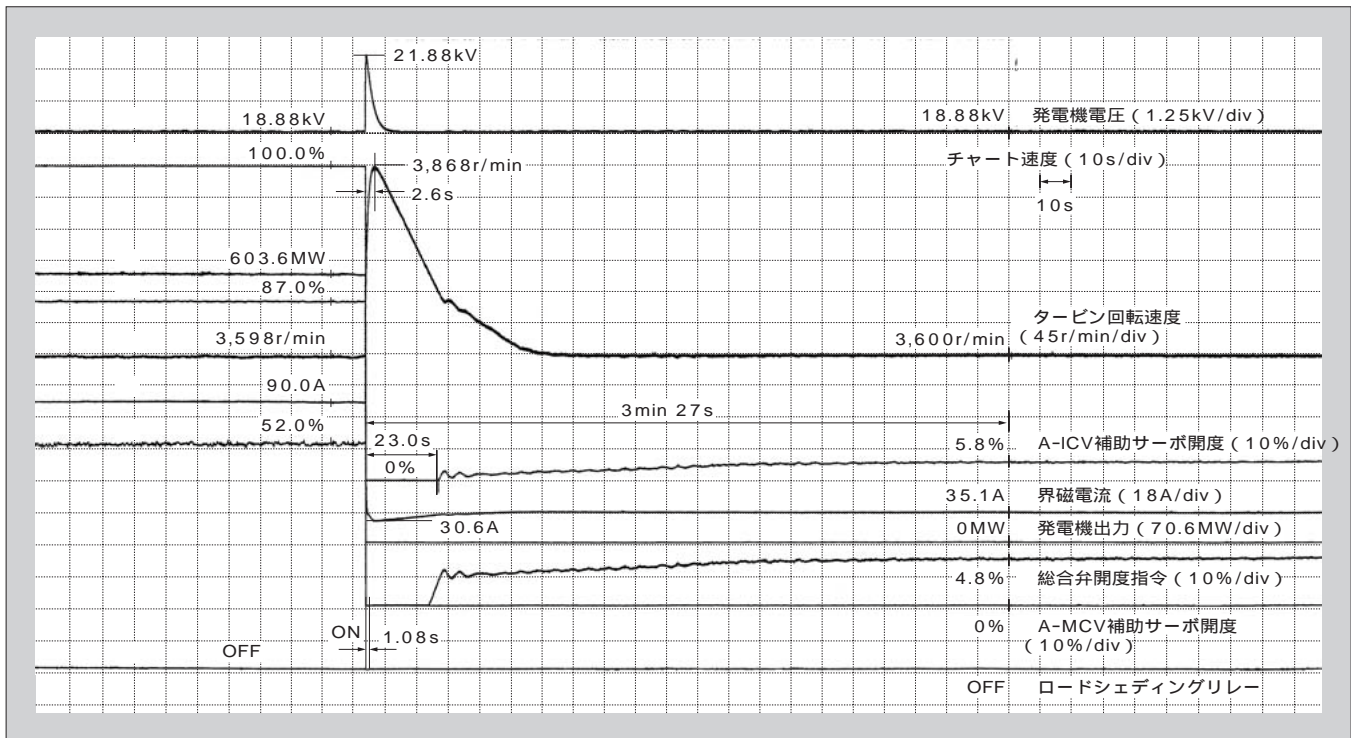
安全に停止させる責務を果たす必要がある。そのため、タービンが運転中に定期的にこれらの弁が正常に動作することを確認する必要がある。本機能により運転中自動的に弁の正常動作試験を行うことができる。

上記1)-(4)の機能の操作画面の例として図1のシステムにおける統合オペレータステーションのAVRとAVTの操作画面を図5と図6にそれぞれ示す。本ステーションでは、プラントの警報などの情報を表示するとともに、タッチスクリーン方式にてプラントの操作を行うことができる。

ステーション-統合制御装置間の通信はFL-netを使用し、ガバナ、AVR、ATS、AVTなどの制御指令・設定値および状態監視の情報交換を行っている。

また、TGRの保護制御特性の例として100%負荷遮断における現地試験結果を図7に示す。

図7 100%負荷遮断現地試験結果



③ 制御装置の特徴

3.1 富士電機製 32 ビット汎用 PLC「MICREX」の採用  
 MICREX は設定（システム定義）により動作モード（一重化，二重化，三重化）を定義できるので，タービン回転速度・交流電圧・交流電流を検出する特殊検出ボードを除くと，他分野とハードウェアを共有化することができる。これにより，信頼性向上や製作リードタイムの短縮化，アフターサービスの充実を図っている。富士電機は従来からの分散制御システム（DCS）の資産を継承しながら，信頼性と高速応答性を確保しつつオープン化に対応できる統合分散形制御システム MICREX シリーズを開発してきた。

3.2 オープン化とシステム拡張性  
 ネットワークは汎用 LAN（Ethernet<sup>注</sup>，RS-232C など），制御用 LAN（DPCS-F），フィールドネットワーク（PE/T リンク）の三階層構造となっている。それぞれの LAN

注 Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

にはワークステーションやパソコンを接続することができ，各種運転支援システムや保守支援システム，診断システムなどの機能を付加していくことができる。また，開放形コントローラ間ネットワークである FL-net もサポートし，ユーザーにマルチベンダシステム構築の柔軟性を提供している。

④ あとがき

以上，TGR について述べた。  
 TGR ではガバナと AVR の一体化を実現したが，これは今後タービン発電機の多変数制御適用へつながるものと考えられる。  
 富士電機は今後もユーザーの多様なニーズにこたえられるよう，品質・信頼性を損なわない安価な制御システムの開発・提供に努力していく所存である。  
 最後に，当社システムにご理解・ご指導をいただいたお客様に心から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。