

モジュール型AVR・ガバナ

野口紳也*
森田和宏*
岡嶋靖樹*

Module type Automatic Voltage Regulator and Governor Controller

Shinya Noguchi, Kazuhiro Morita, Yasuki Okajima

要旨

発電機の自動電圧調整装置(Automatic Voltage Regulator: AVR)及び水力プラント向け調速機(Governor: 以下“ガバナ”という。)は、1990年ごろにデジタル化され、一部の機種変遷を経ながら高信頼性化、高機能化などのニーズにこたえてきた。既存機種は開発から10~20年が経過したので、生産中止部品への対応や、生産性向上と機能改善を目的として新機種を開発した。新機種開発の課題は次のとおりであった。

(1) 生産性向上

世界的な電力需要の伸びに加え、老朽化した設備の更新需要もあり、増加する需要と要求納期に対応できる生産性の高い製品とする。

(2) 機能向上

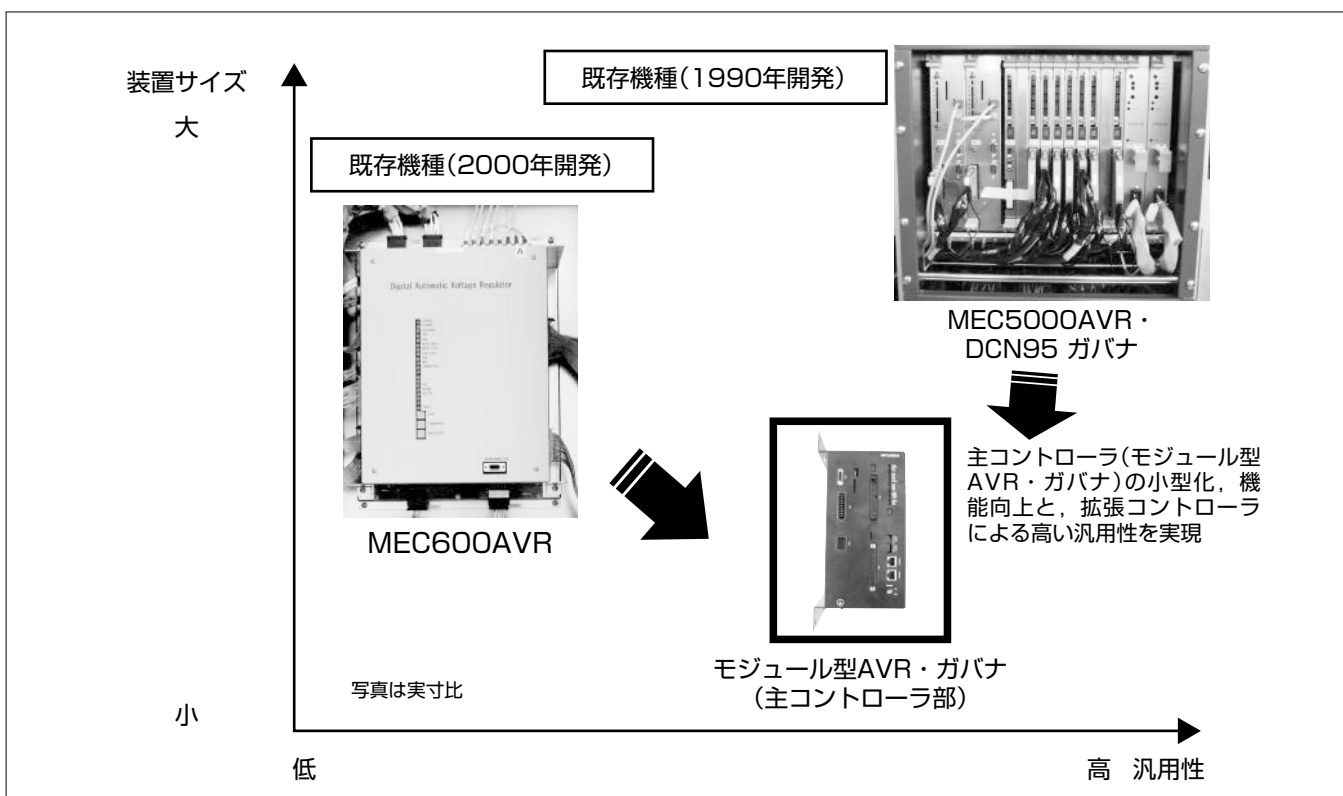
火力/水力全般及び揚水発電所などでの要求に対応できる多機能、高性能に対応する製品とする。

(3) 生産継続性

発電プラントでの長期間の稼働・保守を考慮した部品選定・共用化を図った製品とする。

これらの課題解決のため、以下を開発コンセプトとした。

- (1) ロジック固定のモジュール部(主コントローラ部)と、顧客要求でカスタマイズできる拡張コントローラ部に分割することで多機能に対応し、設計要素の明確化を計る。
- (2) モジュール型AVR・ガバナには通常の発電プラントで要求されている機能・性能を搭載し、70%以上の市場にはモジュール部のみで対応可能とする。これによって工事ごとの新規ロジック設計をなくし高生産性、高品質を図る。
- (3) AVRと水力ガバナでハードウェア(プリントカード)を共用化し、生産性、保守性の向上を図る。



AVR・水力ガバナの機種変遷

デジタルAVR・水力ガバナは、従来のアナログ式の型名を踏襲し、AVRを“MEC5000”、ガバナを“DCN95”とし1990年に開発・市場投入した。2000年には主に海外・自家発電の市場をターゲットに機能限定した“MEC600”AVRを開発・市場投入した。今回述べるモジュール型はハードウェアの小型化とロジック固定化を実現しつつ、拡張コントローラとの組み合わせによって高い汎用性(はんよう)性を実現した。

1. ま え が き

AVR及び水力ガバナは、1990年ごろにデジタル化され、一部の機種変遷を経ながら高信頼性化、高機能化などのニーズにこたえてきた。今般、世界的な電力需要の伸びに対応する増産、納期改善(生産性向上)、火力/水力及び揚水プラントなどに要求される機能・性能、発電プラントでの長期間の稼働(生産継続性向上)に対応することを目的にモジュール型AVR・ガバナを開発した。

この開発では、ハードウェア構成をロジック固定部と可変部に明確に分離して、“中モジュラ・外インテグラル”の考え方を導入することで、生産性・設計品質向上のためのロジック固定化を実現しつつ、高い汎用性を実現した。

2. モジュール型AVR・ガバナの基本仕様

2.1 ハードウェア仕様

新たに開発したモジュール型AVR・ガバナと既存機種のハードウェア仕様の比較を表1に示す。

モジュール型AVR・ガバナの特徴を次に示す。

(1) モジュール型(一体箱型)構造

制御盤内での設置及び保守の容易性向上を目的として、既存機種で採用していたカードフレーム型ではなく、小型のモジュール型構造とした。また、各種I/O(Input/Output)はすべてコネクタ接続とし、外部接続を簡素化すると同時に、すべてのコネクタの種別、ピン数を変えることで誤配線を防いだ。

また、モジュール型AVR・ガバナはCPU(Central Processing Unit)等デジタル回路を搭載した制御装置であるため、外来ノイズの影響を受けないように実装する必要がある。配電盤は、図1のように左側をクリーン側(低圧回路、アナログ信号などのノイズを出さず、ノイズの影響を避ける機器を配置)とするように設計しているため、標準的な盤内配置を考慮し、配電盤左側面の壁に取付けでき、かつ放熱を考慮し、取付け面との間に放熱スペースを設け

た図2のような独特な構造とした。

(2) 処理能力・精度の向上

性能・機能向上のため、従来機種より処理能力の高いCPU(32ビット RISC/240MHz)を採用した(表1の主CPUの欄を参照)。

また、アナログ入出力のA/D(Analogue/Digital)、D/A変換を、従来機種の12ビットから16ビット対応に変更することで分解能を高め、更なる精度向上を図った。

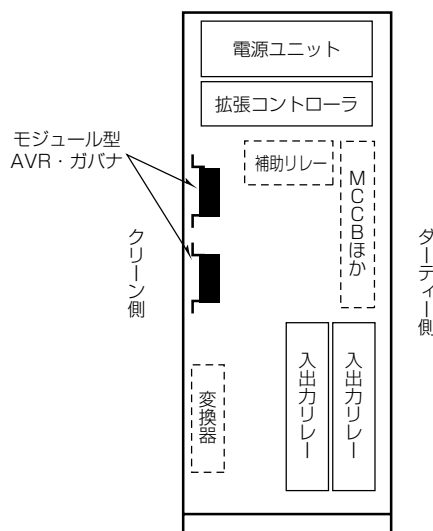
(3) 小型・軽量化

配電盤内のスペースファクタの向上、保守性向上を目的として、回路構成の最適化による部品及びプリントカードの小型化、枚数の低減を図り、モジュールを小型・軽量化した。

(体積比で、従来型MEC5000/DCN95の、約80%減、従来型MEC600の約50%減)

(4) 低消費電力

消費電力抑制を目的として、入出力回路の回路電源電圧の最適化見直し、省電力部品への置き換え、部品点数の削減を行った。



MCCB : Molded Case Circuit Breaker

図1. 盤内取付けイメージ

表1. ハードウェア仕様の比較

	従来機種 MEC5000 /DCN95	従来機種 MEC600	新機種 モジュール型 AVR・ガバナ
構成 (基本構成)	カードフレーム型 (カード5枚)	ユニット型 (カード2枚)	モジュール型 (カード4枚)
主CPU	32bit CISC 133MHz	32Bit RISC 20MHz	32bit RISC 240MHz
大きさ (mm)	W : 480 H : 400 D : 400 (2重化) (体積 : 76.8L)	W : 320 H : 390 D : 110 × 2台(2重化) (体積 : 27.5L)	W : 140 H : 250 D : 190 × 2台(2重化) (体積 : 13.3L)
	質量	10kg	5 kg
消費電力	160W	90W	70W

CISC : Complex Instruction Set Computer
RISC : Reduced Instruction Set Computer

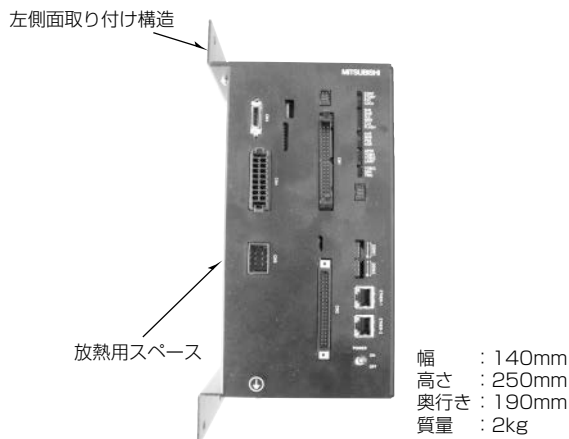


図2. モジュール型AVR・ガバナの外観

表2. AVRモジュール搭載機能と拡張コントローラ部の機能

AVRモジュール搭載機能	標準制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ・AVR自動/手動 ・OEL(過励磁制限)・MEL(低励磁制限)
	付加機能	<ul style="list-style-type: none"> ・CCC(横流補償)・LDC(無効分による電圧補償) ・RDC(有効分による電圧補償) ・PSS(電力安定化装置) ・VFL(V/Hz制限)・SCL(固定子電流制限) ・AQR(無効電力一定制御)・APFR(力率一定制御) ・SFC(サイリスタ始動対応制御)・電気ブレーキ励磁
拡張コントローラ部機能		<ul style="list-style-type: none"> ・揚水プラントの特殊制御 ・二軸同期起動発電機の起動制御 ・発電所特化の特殊な制御(無効電力制御など)

表3. AVR・ガバナの特殊入出力

AVR	<ul style="list-style-type: none"> 発電機の電圧・電流値信号(3相交流入力) サイリスタ点弧用同期信号入力 サイリスタ点弧パルス出力 発電機回転数入力(電磁ピックアップ入力)
ガバナ	<ul style="list-style-type: none"> 発電機回転数入力(渦電流センサ入力)

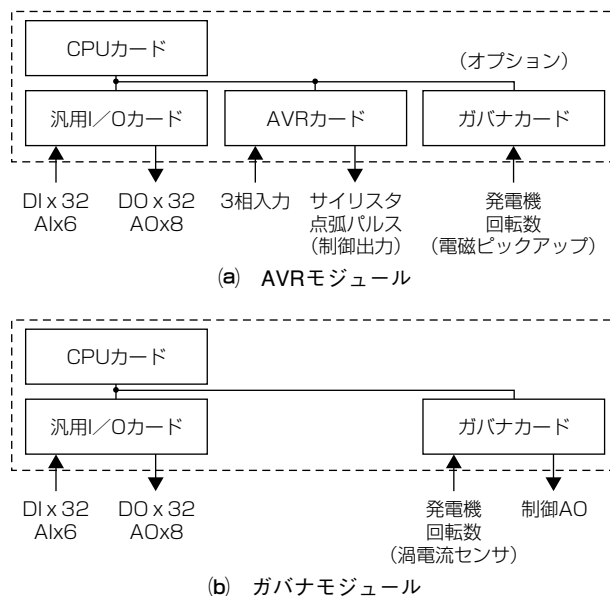


図3. モジュール内カード構成

(従来型MEC5000/DCN95の約50%減, 従来型MEC600の約20%減)

2.2 ソフトウェア仕様

モジュール型AVR・ガバナの制御ロジックは、生産性、品質向上を目的に、標準的な発電プラントで要求され、5msの高速演算を求められる機能を固定ロジックとして搭載した。発電プラントごとに異なる付加機能の使用/不使用選択、制御設定値変更などは、保守ツール(メンテナンス用ノート型パソコン)からのパラメータ設定によって行う構成とした。

特にAVRに関しては、標準的な発電プラントで要求される機能を網羅するように、表2に示す標準制御機能及び付加機能をAVRモジュールに搭載した。これによって、70%以上の発電プラントについては、AVRモジュールのみで顧客要求仕様を満足することが可能である。揚水プラント、二軸同期など、一部の発電プラントで要求される特殊制御は拡張コントローラ部で実現する。

3. システム構成の特徴

3.1 プリントカード共用化による生産性向上

制御演算に必要な主演算部(CPU部)及び汎用的なデジタル入出力とアナログ入出力についてはAVRとガバナで共用化が可能である。したがって、共用可能な部分については同一ハードウェア(プリントカード)で実現し、基本ハードウェアの共用化を図った。

AVRと水力ガバナは表3のとおりそれぞれが特殊な入出力回路を必要としており、専用のカードが必要である。このうち、AVRで客先要求によって追加される $\Delta\omega$ 型PSS(Power System Stabilizer)で必要となる電磁ピックアップによる発電機回転数入力と、ガバナで必要となる渦電流センサによる発電機回転数入力は、原理的に類似してい

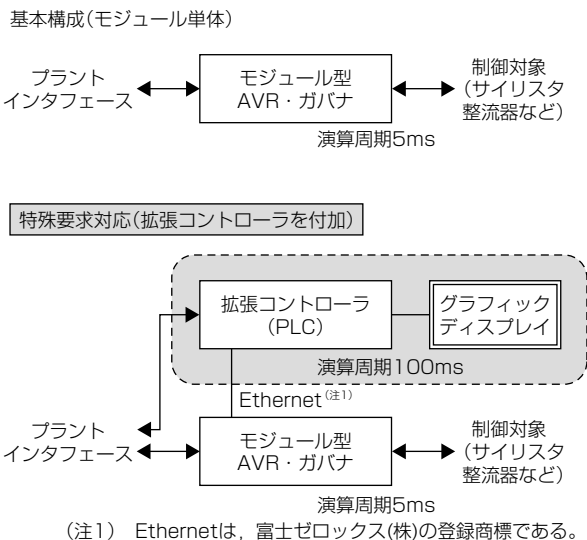


図4. 拡張コントローラ接続イメージ

るので、入力回路のみ個別に設け、計測部は共用化した統一カードとした(図3 ガバナカード部参照)。

プリントカードの共用化によって、従来の機種ごとに個別ハードウェアを製作する場合に比べ、ロット生産などの活用による生産性の向上が可能となる。また、将来的に発生することが予想される搭載部品の生産中止対応も、代替品を共通的に検討・対策することができる。

3.2 拡張コントローラによる顧客要求仕様の実現

モジュール型AVR・ガバナは、多くの発電プラントでの標準的な顧客要求機能・性能を満足する設計としているが、発電プラントによっては特殊な制御が必要となる。

顧客からのカスタマイズ要求に対して柔軟に対応するために、可変ロジック専用のハードウェアである拡張コントローラ(Programmable Logic Controller: PLC)を付加することができるシステム構成とした(図4, 表4参照)。

表 4. システム仕様比較

	従来機種 MEC5000 /DCN95	従来機種 MEC600	新機種 モジュール型 AVR・ガバナ	新機種 モジュール型 AVR・ガバナ+ 拡張コントローラ
演算周期	5 ms (低速部50ms)	10ms	5 ms	5 ms (拡張部100ms)
波形記録機能	5 ms周期 1回	20ms周期 1回	5ms周期 5回	5ms周期 5回
グラフィックパネル	○	×	×	○
試験用シミュレータ	○	×	○	○
拡張性	○	×	×	○
AVR	CT	3相/単相	単相	3相/単相
	Δf 型PSS	オプション	Δ (リアクタンス補正なし)	○
	$\Delta\omega$ 型PSS	オプション	×	オプション
	揚水制御	○	×	×
	特殊Q制御	○	×	×
ガバナ	分解能	12Bit (X級対応可)	-	16Bit (X級対応可)
	RV制御	○	-	×
	水調制御	○	-	×

CT : Current Transformer
RV : Runner Vane

拡張コントローラの役割は次の2つである。

- (1) モジュール型AVR・ガバナに対し、条件によって自動で設定値変更や、制御コマンドを出力する。

例：無効電力一定制御で、その設定値を特殊な条件で設定する(複数の発電機間のバランス制御など)。

- (2) モジュール型AVR・ガバナの制御と連動し、個別のシーケンス制御をする。

例：揚水プラントで、起動・停止時にAVR制御と連動して励磁電源切替開閉器のON/OFF指令を出力する。

これらの役割にはAVR・ガバナの主制御のような5msの高速演算は不要であるため、PLCを適用した。

また、この拡張コントローラが故障した場合でも、モジュール型AVR・ガバナによって主制御が継続されるため、発電プラントの運転継続が可能である。

4. む す び

モジュール型AVR・ガバナは、2010年度に水力発電所向けシステムに適用し、順次適用を拡大していく計画である。

AVR・ガバナは、発電機及び水車という主機を制御しており、発電プラントには不可欠で、重要な装置である。今回開発したモジュール型AVR・ガバナによって、小型・省電力化された高機能なシステムを実現した。今後ともユーザーニーズを反映させながら、よりユーザーに満足してもらえるシステム提供を目指して努力する所存である。