エンジン・発電機制御装置GCPの紹介*

林 直 司** 小 林 真二郎***

Engine & Generator Control Package; GCP

by Naoji Hayashi, Shinjiro Kobayashi

The GCP Series generator set control provide total control of engines, generators and power systems for medium to large applications with multiple generator sets. The GCP's compact design encompasses multiple functions for direct control of engine governor/actuators and generator AVR; it also directly protects the engine-generator itself, generator power bus, load bus and system. The GCP is applied to distributed/on-site power generation unit to economize on system power consumption and simple power supply preparation for emergency or stand-by use, as well as to meet cogeneration requirements or as an additional power supply supplementing existing generator sets.

はじめに

弊社は、ウッドワード社製のガバナのアフターセールスを主業務としており、エンジン及びタービンの安定かつ順調な運転の継続のために、地味ではありますが多大な貢献をしています。

ガバナの歴史においては、油圧をメインとする機械式（メカ）ガバナから、電気・電子式ガバナに変化を続けて今日に至っておりますが、メンテナンスの世界では、メカガバナが80%以上を占めております。

しかし、回転数制御、速度制御という世界では、圧倒的に電子式がそのシェアを増加しております。ウッドワード社においても、この電子化の流れに対応してマイコンチップを搭載した電子ガバナを製作し、お客様に供給をしております。

更に、エンジン負荷の一つである発電機を見ますと、時代は分散型発電・オンサイト発電による電力供給の件数が右肩上がりの増加傾向を示

しております。日本でも、法的なバックアップもあって、電力の自由化が様々な形態をもって実現化されています。加えて、電力のみならずエンジンが発生する熱も回収するコジェネレーション（以下コジェネ）の需要が拡大し、80%を超す高エネルギー効率の設備が当然のように諸産業を初めとする需要家に利用されております。

ウッドワード社では、手近なエンジン・発電機の電子式制御装置として、パワーマネジメントシステム（以下PMシステム）を、小型・軽量・安価に提供できるように製品系列を整えて来ました。PMシステムには、保護継電器/シンクロナイザ/トランスデューサ/通信ゲートウェイなどの機種もありますが、主力機器は本稿で紹介するエンジン・発電機制御装置「GCPシリーズ」です。GCPを一口で申しますと、小さいけれど生意気な位に多くの機能を兼ね備えたコントローラであると言えます。

*原稿受付 平成16年7月29日

**正 会 員 株式会社ウッズ（神戸市西区）

***非 会 員 株式会社ウッズ（神戸市西区）

1. 小さいくせに生意気

1.1 GCPのシリーズ エンジン・発電機制御装置のGCPには以下の3シリーズがあります。

- 1) GCP-10シリーズ W144xH96xD118 約1kg
非常用予備電源/単機運転用
停電検出, 自動始動/停止制御
負荷母線への投入 (無電圧で)
同期投入機能はなし
- 2) GCP-20シリーズ W144xH96xD118 約1kg
単機常用/待機用電源
又は連続系統連系運転用
同期投入操作 (1台又は2台遮断器)
複数機負荷分担も可能 (オプション)
停電自動検出/始動

Fig-1にGCP-32シリーズの外形を示します。

LED

① "V1"	電圧L1
② "V2"	電圧L2
③ "V3"	電圧L3
④ "Stop"	操作モード "STOP" 選択
⑤ "-10%to+10%Hz"	同期検定器
⑥ "Automatic"	操作モード "AUTOMATIC" 選択
⑦ "Manual"	操作モード "MANUAL" 選択
⑧ "Protection"	モニタ機能 (保護機能) オン
⑨ "Alarm"	警報/故障メッセージあり
⑩ "GCBOn"	GCB閉
⑪ "MCBOn"	GCP-32 MCB閉
	GCP-31 状態メッセージ "系統連系"

- 3) GCP-30シリーズ W144xH144xD118 約1kg
複数台発電機の統合制御 (最大14台)

自動ベースロード/ピークカット運転
受電/送電一定運転
非常用バックアップ電源
遮断器制御装置との併用で複雑なシステムの制御/モニタ

GCPの機能は多数あるので, 使用する/しないをパラメータで選定します。

パラメータは, GCPの表面パネルの押しボタンからでも, 専用ケーブルを使ったPCからでも設定可能です。GW4ゲートウェイを接続すれば遠方のPCからも設定出来ます。

GCP-30シリーズでは, パラメータは約300あります。更にA/I・D/IやA/O・D/Oに機能をつけます。コメント表示をさせるために, アナログ出力マネージャ/リレーマネージャ/リモートモニタ・制御インタフェースなども標準パラメータと同様に設定します。

ボタン

⑫ "Message ↓"	メッセージ表示切替
⑫ "Select"	選択/確認
⑬ "Display V ↓"	電圧表示切替
⑬ "Digit ↑"	数値上げ
⑭ "Setpoint"	現在の設定値表示
⑭ "Cursor→"	カーソルを右側送り
⑮ "Setpoint ↑"	設定値上げ
⑯ "Setpoint ↓"	設定値下げ
⑰ "GCB ON"	GCB手動投入
⑱ "GCB OFF"	GCB手動開放
⑲ "MCB ON"	MCB手動投入
⑳ "MCB OFF"	MCB手動開放
㉑ "AUTO"	操作モード "AUTO" オン
㉒ "MANUAL"	操作モード "MANU" オン
㉓ "START"	主機MAN始動
㉔ "STOP"	主機MAN停止
㉕ "TEST"	操作モード "TEST" オン
㉖ "STOP"	主機自動停止
㉗ "RESET"	故障表示リセット

その他

㉘ "LC display"	液晶表示面
㉙ "Socket"	パラメータ設定用ポート

Fig-1 GCP-32外形図

1.2 GCPによるエンジンの制御とモニタ

GCPが対応するエンジンは、ディーゼルエンジン（以下DE）かガスエンジン（GE）かを、パラメータで選定します。

GCPは、エンジンの以下の制御と状態監視を行います。

- ・ 自動始動/停止ロジック
- ・ 手動始動/停止
- ・ エンジングロー栓予熱/ガスパーズ制御
- ・ バッテリー電圧監視
- ・ MPUによる速度制御/過速度監視
- ・ アイドル速度モード運転
- ・ 温度/圧力のアナログ入力監視
- ・ 温度SW/圧力SW/レベルSWのデジタル入力監視
- ・ エンジン始動回数カウント
- ・ エンジン運転時間カウント

1.3 GCPのその他の基本的機能 GCPには制御/監視機能以外に、以下のような機能を搭載しています。GGCP-30シリーズでの例です。

- 1) 保護機能：
 - 発電機：過/不足電圧，過/不足周波数，過負荷，逆/不足電力，負荷不平衡，過電流
 - 系統側：過/不足電圧，過/不足周波数，位相/ベクトルシフト
- 2) 通信機能：
 - CANbus通信：リモート監視，制御，パラメータ設定など
 - CANbus通信（エンジンレベル）：
 - IKD1, tuMDEC, ScaniaEMS/S6など
 - RS232通信（エンジンレベル）：
 - CAT EMC及びEMCP II
- 3) その他機能：（省略）

以下の文中に、機能の紹介を多少記述します。
Table-1「仕様のまとめ」をご参照下さい。

2. エンジンに何をやらせるか

それではここで、エンジンの仕事を見てみまし

よう。一般的には次の様なことが列記出来ます。

- 1) 船を推進する（主機）
- 2) 列車を動かす
- 3) 車を走らせる
- 4) 空気やガスを圧縮する（コンプレッサ）
- 5) 水や液体を移送する（ポンプ）
- 6) 建設機械を動かす
- 7) 航空機を飛ばす
- 8) 農地を耕し，農産物を収穫する
- 9) 発電する（エンジン発電機）
- 10) 熱を再利用する（コジェネ）

本稿で解説するGCPは、9)の「発電」及び10)の「コジェネ」機能を有するエンジンを、発電機と共に制御するコントローラなのです。そして、エンジン・発電機で発電された電力が、あらゆる産業から一般家庭にまで供給され、利用される基幹エネルギーとなっているところに、GCPの存在意義があると自負しております。

3. 1つで？ 1つだけでなく？

GCPは、事業発電用としてではなく、分散型・オンサイト発電として電力を供給するエンジン・発電機に使用しますが、発電機の容量は当然負荷に応じて選定されます。

この場合、1台で全ての負荷を負担することがあります。また、複数の発電機を設置して、負荷の動きに応じてそれぞれの発電機が必要な発電電力を分担するケースもあります。

- 1) 1台発電を採用するケース
 - ・ 負荷が小さい
 - ・ 発電機停止が負荷に及ぼす影響が小さい
- 2) 複数台発電を採用するケース
 - ・ 負荷変動が大きく、適正台数を選定したい
 - ・ 市場の中で、よりコストの安い容量ユニットが選定できる
 - ・ 定格に近い出力で、高効率運転できる
 - ・ 休止台をメンテ用予備台にできる

Table-1 GCP-30シリーズの仕様のまとめ

仕様のまとめ

GCP-30シリーズ* 発電機コントローラ	GCP-31/OP□+						GCP-32/OP□+					
	○	B	B	X	X	X	B	B	X	X	X	X
	□	D	D	D	Q	Q	D	D	D	Q	Q	Q
	+					SB03 SC06					SB03 SC06	
制御機能												
遮断器制御ロック		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
同期投入機能	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
系統分離単機運転	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AMF(自動停電検出運転)・LS4必要				○	○	○	○	○	○	○	○	○
待機運転	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ピークロード運転(自動始動/停止)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
系統連係運転	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
オープン負荷切替(B-B-M切替)							○	○	○	○	○	○
クローズド負荷切替(M-B-B切替)							○	○	○	○	○	○
緩負荷移行	○#1	○#1	○#1	○#1	○#1	○#1	○	○	○	○	○	○
付加機能												
DE/GEエンジン始動/停止ロック	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
kWhカウンタ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
運転時間/始動回数/保守期限カウンタ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PCIによるパラメータ設定・ケーブルとソフト必要	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
イベントレコーダ、リアルタイムクロック付			50	50	50	50			50	50	50	50
言語マネージャ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
保護機能												
発電機:電圧/周波数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
系統側:電圧/周波数/位相シフト	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
発電機:過負荷/負荷不平衡	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
発電機:逆/不足電力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
発電機:過電流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
制御機能												
接点でUp/Dn:n/f&P、V&Q	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アナログでUp/Dn:n/f&P、V&Q		○		○	○	○		○		○	○	○
PWMでUp/Dn:n/f&P		○		○	○	○		○		○	○	○
20mAで系統受電/送電設定			○	○	○	○			○	○	○	○
系統受電/送電制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
負荷量による始動/停止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20mAで出力設定			○	○	○	○			○	○	○	○
負荷/無効電力分担、Max14台	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
I/O(入出力)												
電磁/近接ヒックアップ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
接点警報入力(設定可能)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
リレー出力(設定可能)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
アナログ出力(設定可能)・#2			7	7	7	7			7	7	7	7
アナログ出力0/1-20mA(設定可)			2	2	2	2			2	2	2	2
LS4対応			○	○	○	○						
CANbus通信カイダンスレベル・#3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CANbus通信エンジンレベル・#4						○						○
RS232エンジンレベル・CATのCCM経由						○					○	

#1: 系統分離運転では2台以上の並列運転

#2: T1-T3: 0/4-20mA、T4-T5: Pt100Ω、T6: VDO 0-180Ω、T7: VDO 0-380Ω、20mAは設定可能

#3: リモート監視、制御、パラメータ設定(ゲートウェイGW4で数種の通信インターフェース可能)

#4: IKD1、mtu MDEC、Scania EMS/S8、CAN SAE J1939、ST3

尚、最近のオンサイト発電の事例をみると、現在電力会社からの受電のみで負荷に電力を供給している企業が、エンジン・発電機を設置して系統連系運転に変更するケースが増えているようです。従来は、昼夜間に大幅な負荷の差があるにも拘らず、昼間の最大電力で契約しており高額な基本料金を負担していましたが、エンジン・発電機を設置により夜間の負荷量プラス α の低い契約に切換えが出来るというものです。

この場合、負荷変動に対し台数制御による負荷分担制御を行い、さらにミニマム受電制御をするコントローラが必要となりますが、GCPはこういったケースに十分機能します。

4. 進化するコントローラ

GCPは、ドイツ・ウッドワード社で生産されていますので、いかにも欧州的な顔つきをしています。欧州産の製品のイメージは、「わが社の製品はこれなのだから、欲しい人には売って上げてもいいよ」という匂いがフンブンとするものが多いような気がします。GCPもそうかと思っていましたが、実際にはユーザーの意見を取り入れて、少しずつ進化をさせているので、これは嬉しい思い違いでした。

進化の一部を紹介しましょう。

4.1 負荷分担台数 8台→14台 当初の8台は、国産のコントローラもエンジン系のコントローラも採用していた台数です。多ければ良いというものでもありませんが、14台が可能になったことで発電ユニットの容量の選定の幅が広がりました。

4.2 遮断器制御機能の分離可能化 従来、GCPは発電遮断器（GCB）1台制御か、それに系統遮断器（MCB）をプラスした2台制御のみでした。発電機が1台で需要家構内の遮断器系統がシンプルな場合はこれで十分です。しかし、複数発電機を設置する場合、発電機+GCPの組み合わせは全台同一仕様である方が管理上もメンテ上も好都合です。

そこでMCB及びその他の遮断器に対応するLS4

という遮断器制御装置が登場し、発電システムの構成が非常に自由になりました。

LS4は、GCB以外の全ての遮断器に1台ずつ取付けて使用します。この場合のGCPはGCP-31を使用します。

4.3 制御出力のQ（マルチ）機能 GCPの制御は、エンジンのガバナ（GOV）制御と発電機の電圧調整器（AVR）制御の2つがメインです。これらの制御出力には、ON/OFF/アナログバイアス/PWMの3方式があり、オプション機能で選定するようになっていました。しかし、標準的に3つの制御機能を搭載して、パラメータでどれを使用するか選定できる「Q機能」が登場して、いかなるAVR・GOVにも対応できるようになりました。

4.4 バージョンの変化 上記以外の変化も含めて、GCPは常に進化しますので、GCPのソフトウェアバージョンも進化します。お客様にGCPをお届けする前に、弊社にてそのバージョンをチェックし記録することになっています。基本機能などは型式で判断出来ますが、納入したGCPのパラメータリストの内容などはバージョン管理によってのみ追跡が可能となります。

5. GCPの使われ方の例・構想

5.1 単機運転（GCP-21）の例 A社製のエンジンに、B電機の発電機を接続し、それらをキャビネットに収納して28KWのDE発電機のユニットにしました。エンジンにウッドワード社の電子ガバナ（EPG）と1712アクチュエータを取り付け、GCP-21で制御するものです。当初系統連系用としていませんでしたが、同様のユニットのシリーズの計画の中では、連系も計画しております。軽油で起動し、バイオガスを少量から80%程度まで混合させるシステムで、ガス混合は手動で行っていますが、これもガスの安定供給が可能な顧客には自動混合のシステムが提供されるようになりますと思います。

Fig-2に、このシステムの概念図を示します。

このシステムでは、軽油による排気温度が上昇して設定値に達したら、ガス弁を操作します。重

故障が発生すれば、ガス弁を遮断し、軽油を停止します。

Fig-2 単機運転の例

5.2 複数機運転（GCP-31+LS4）の例 昼夜の負荷容量格差が大きく、設備の稼動状態による負荷変動も大きいユーザーが、受電契約量を抑えるために系統連系する5台の発電ユニットを追加するものです。

C社製のエンジン+800KW発電機+コントローラのユニット5台をベースに、システムを構築します。このコントローラは、単機運転用で同期制御は外部に専用装置を付加するタイプです。エンジンの運転と制御及び基本的な発電機制御はこのコントローラで行い、GCP-31とLS4とで通信しながら発電機の同期制御・負荷分担・遮断器の状態モ

ニタを行うように機能を分担させるシステムとします。

LS4の1台は、受電遮断器（52R）を監視し、もう1台は母線遮断器（52B）の投入条件をモニター・制御します。系統との関連がありますので、52Rと52Bの遮断操作は別途用意する遮断器盤から行い、電力会社との協調を図ります。

C社製コントローラとGCP-31の間の通信は、C社の専用通信モジュールを利用するオプション機能を介して連携します。

このシステムの概念図をFig-3に示します。

5台のGCP-31、2台のLS4及び外部通信用のGW4はCANbusで接続します。GCP-31は優先順位をパラメータで設定して、始動/停止の順位とします。

5.3 既設に発電ユニットを追加の構想 D社が顧客に納入しているDE+発電機での常用発電システムの容量増加のために、1ユニットあるいは2ユニット以上を追加するケースがあります。これの実現に当たっては、既設ユニットにも新設ユニットにもGCP-31を搭載することで、負荷分担制御を可能なシステムにリモデ出来るという構想が可能です。（概念図は省略します）

既設発電機の始動では、起動SWをONした後AVRとガバナを手動操作してブレーカ投入を行っていますが、GCPリフォーム後は起動信号ONした後は全て自動で進行します。出力も設定通りが維持されます。

5.4 小型のコジェネ（構想） E社製の自動車エンジンにF社製発電機を接続し、エンジンの排熱で温水を得るコジェネを構想する例です。この構想では、燃料に入手しやすいガスを使用します。ガスは都市ガスでもLPGでも可能ですが、配管で供給される都市ガスは今後もエンジン燃料として注目されています。

GCP-22を搭載し、遠方の受電状態伝送器としてウッドワード社のUMT-1マルチトランスデューサを使い、受電電力の高速信号の伝送を行って系統連系（最低受電制御）運転を行うことも可能です。発生した電力と温水は、自社又は関連会社の宿舍、教育施設あるいは食堂などのエネルギーとして利用可能です。（概念図は省略します）

Fig-3 複数機運転の例

6. 船級対応

GCPを始めとするウッドワード社のPMシステムは、基本的に陸用発電機を対象としていますので、船級の認定を受けておりません。但し、最近発売された非常用発電制御装置「easYgenシリーズ」はGL/RLその他の船級認定を受けております。easYgenシリーズは、GCP-10シリーズの代替機種となりうるものですので、簡単に紹介しましょう。

6.1 easYgen1000発電機制御装置 W192xH144xD62 約0.8kgと、GCP-10シリーズより一回り大きなサイズにして、少し大きめの液晶グラフィックディスプレイを使用してより使い易くしたコントローラです。Fig-4をご覧くださいと、GCPとの違いが良くわかると思いますが、制御・保護・通信等の機能は殆どGCP-10シリーズと同じです。

Fig-4 easYgen1000外形

- 1) エンジン
種類：DE/GE、速度：MPU/近接SW
カウンタ：始動回数/運転時間/
保守期間
保護：予熱/ガスパーズ/過速度
- 2) 制御機能 { } : 種別
 {0}：始動/停止、測定値変換
 {10}：GCB開放、{0}プラスエンジン/発電機保護

{10c}：GCB開放/投入、{10}プラス
待機電源用途

{20c}：GCB/MCB開放/投入、{10c}プラス
自動停電検出動作及びオープン負荷移動

3) 通信：CANbus

4) 発電機保護

過/不足電圧、過/不足周波数、過負荷

逆/不足電力、負荷不平衡、定限時過電流

反限時過電流、地絡

6.2 easYgen300発電機制御装置 表示を、7セグメント6文字x2行に単純化したシリーズが、最近上市されました。DE専用の非常用発電機制御装置ですが、残念ながら船級の認定は未取得です。

7. まとめ

エンジンと発電機を制御する装置として、ウッドワード社製のPMシステムの中から、GCPシリーズを紹介しました。日本国内には、既存の制御装置が採用されており、GCPに切替えて頂くチャンスは、非常に低いものでした。

しかし、小型で多機能なGCPは、発電機/エンジンのみならず系統の保護も行うため、保護継電器を省略できるというメリットが省スペース/省コストという効果となり、最近次第に見直しをして頂けるようになって参りました。

更に、LS4との併用により複雑な遮断器のシステムを持つお客様にもGCP-31を使用して系統連系をやり易くなったことも、評価され注目されています。

分散型/オンサイト発電の効果は、電力料金と燃料コストによって左右される傾向にあり、楽観はできませんが可能性のある分野と思えます。この分野へGCPを始めとするPMシステムを適用して頂くために、今後も注力したいと願っています。

参考文献

- 1) ウッドワードガバナ パワーマネジメントパンフレット、JP3240D 04/4/T他
- 2) 株式会社URL：http://www.woods-corp.co.jp