

デュアルボルテージインバータ発電機 EM7000is の開発

Development of EM7000is Dual-voltage Inverter Generator

中 村 政 史*
Masashi NAKAMURA
新 川 康 浩*
Yasuhiro SHINKAWA

笠 置 将 平*
Shouhei KASAGI
浅 井 孝 一*
Koichi ASAI

広 瀬 忠 文*
Tadafumi HIROSE
上 村 健 二*
Kenji KAMIMURA

要 旨

ABSTRACT

Honda のインバータ発電機は、出力 3kVA が最大で 1 種類の電圧出力である。より大出力のインバータ発電機を商品化するには、2 種類の電圧、デュアルボルテージ出力にする必要がある。接続される機器が大型化し、大電流または高電圧が要求されるためである。そこで、新たにデュアルボルテージインバータを開発した。デュアルボルテージインバータは、2 台のインバータを並列または直列に接続することによって、2 種類の電圧を出力する。オルタネータには、ユニットの制御電源用のサブ巻き線を設けずメイン巻き線のみとし、制御電源は各ユニットに内蔵し、メイン出力から作り出すシステムとした。これにより、オルタネータの小型化、効率の向上を達成した。完成機には、発電機統合制御ユニットを搭載し集中制御することで、電装部品を 1/3 に削減すると共に、液晶モニターを採用して情報表示を可能とした。開発した発電機 EM7000is は、これまでのインバータ発電機と同様に電子ガバナを備え、シュラウド防音ダクト構造の採用と合わせて、低騒音、低燃費を実現した。

Honda's current inverter generators have a maximum power of 3kVA and single-voltage output. Dual-voltage output is essential when producing higher-power inverter generators, because the larger equipment connected to them requires either high current or high voltage. A new dual-voltage inverter has therefore been developed. The dual-voltage inverter produces two voltages by connecting two inverters in parallel or in series. Sub-winding for the inverter unit power supply has not been employed in the alternator. Only main winding has been used, and power supplies have been built into each unit, meaning that the system is composed of the output of the main winding. This has enabled the alternator to be reduced in size and increased in efficiency. The completed generator is fitted with an integrated control unit. The centralization of control functions has enabled 2/3 of the electronic components to be eliminated and a liquid crystal monitor to be employed to display information. Like Honda's previous inverter generators, the newly developed EM7000is employs an electric governor. In combination with its shroud sound isolation duct structure, this enables the unit to run quietly with high fuel efficiency.

1. まえがき

可搬型発電機は、レジャー、業務、家庭、非常用等、世界中で使用されている。近年では、コンピュータ等電気の質が要求される電子機器が使用されることも多い。また、小型、軽量で扱いやすいことも求められている。このようなお客様のニーズに答えるために、小型、軽量で、高品質な電気を出力し、負荷に応じてエンジン回転数を可変することができるインバータ式発電機 GENE21 シリーズを開発し⁽¹⁾⁻⁽³⁾、非常に好評を得ている。

近年 IT 関連の電気使用割合が大きく増加し、大出力の

インバータ式発電機のニーズが高まってきている。GENE21 の出力は、3kVA が最大であり電圧もすべて 1 種類であったが、4kVA 以上の発電機の場合、接続される電気機器も大型になるため、大電流または高電圧が要求される。すなわち、2 種類の電圧、例えば 120V と 240V を出力するデュアルボルテージタイプにする必要がある。

従来式の円筒型発電機では、ステータ巻き線に 2 系統の出力巻き線を同相になるように配置するだけで、同相の 2 系統出力が得られる。2 系統出力を、直列接続すると高電圧の 240V を、並列接続すると大電流の 120V を出力することができる。直列の 240V 出力は、中性点間で 120V も同

*朝霞東研究所

時に出力が可能である。このように、円筒型発電機では容易にデュアルボルテージ化することができる。

本技術紹介は、インバータをデュアルボルテージ化するための課題、新たに開発した技術について記述すると共に、従来式の円筒型発電機よりも小型化、騒音の低減を目指したデュアルボルテージインバータ発電機 EM7000is(北米呼称、以降その他の発電機も同じ)の開発についてその技術内容を紹介する。

2. 技術課題、目標

2.1. インバータ

2種類の電圧を出力する方式を検討した。例えば、出力5kVAで120Vと240Vの2種類の電圧出力とする。

まず、120V、または240V、1種類の電圧だけを出力するインバータを検討した。出力は5kVAとし、構成する部品、主にパワー素子は、120V出力時は42A(5kVA/120V)に、耐圧は120Vで設計する。また、240V出力時は21A(5kVA/240V)に、耐圧は240Vで設計する。120Vの2倍の耐圧が必要だが電流は半分ですむ。

次に、1台のインバータユニットで120Vと240Vの2種類の電圧を出力する方式を検討した。出力は5kVAとした。

まず(a)として、電圧の切り換えを内部制御によって切り換える方式を検討した。電流は大きい方の42A(5kVA/120V)に、耐圧は高い方の240Vに合わせて設計しなくてはならない。そのため、1種類だけの電圧出力の場合と比較すると、同じ5kVAでも電流容量2倍、耐圧2倍の大きさのパワー素子が必要となり選定が困難である。

また、(b)として、2.5kVAのインバータを2台用いて、直列と並列とに切り換え2種類の電圧を出力することを検討した。この場合、電流は21A(2.5kVA/120V)耐圧は120Vで、パワー素子は(a)の半分の大きさとなり、小さく設計でき、安くもなる。

まとめると、Table 1 のようになり、本仕様では(b)を採用した。ただし、2台のインバータユニットの同期を正確に合わせる必要がある。そのためにインバータ間に専用の通信回線を設定し、常時互いに信号をやりとりして正確な同期を保つ構造とした。詳細を3.2.節にて後述する。

2.2. オルタネータ

オルタネータも同様に検討した。

Table 1(a)用のオルタネータは、大電流と大電圧が同時に要求されることになり、太い巻き線を相当数巻く必要があることから大型化してしまい、巻き線も困難となる。

一方、Table 1(b)用のオルタネータは、2系統分離する必要はあるが、(a)と比較して小さくすることができる。本仕様ではインバータと合わせて(b)を採用した。オルタネータの詳細は4.1.節にて後述する。

Table 1 Comparison of dual-voltage inverter type

Devices	(a)	(b)
Specification	42A 240V	(21A 120V) × 2
Volume	2	1
Cost	High	Low
Adoption	—	○

2.3. 発電機統合制御

従来式の円筒型発電機は、点火ユニット、スタータ二度かみ防止タイマユニット、オートスロットルユニット、バッテリー充電ユニット、リモコンインタフェース+フューエルカットソレノイド駆動ユニット、オイルアラートユニット等、多数のユニットで構成されている。また、オートチョークは機械式が採用されている。さらに運転時間積算計の装備も新たに要求され、この構成では高額のユニットを後付けざるを得ない。

そこで、この構成を整理統合しすべて電子制御化することで、部品点数の削減とお客様が使いやすい発電機を目標とした。システム比較をTable 2に示す。このユニットをGenerator Control Unit(GCU)と呼ぶ。一つのユニットとすることで、部品点数1/3化を達成し、あわせて始動性向上のため電子制御チョーク、アワーマータ等の情報表示(i-モニタ)の機能を、新たに加えることもできた。GCUの機能詳細は6.章にて後述する。

Table 2 Comparison of generator control systems

Function	Conventional system	New system	
Ignition system	Ignition unit + Ignition coil	GCU	+ Ignition coil
Automatic choke	Diaphragm vacuum pump		+ Stepping motor
Battery charge	Charge unit		—
Remote control	Interface		
Prevention of double contact of starter motor	Timer unit		
Oil alert	Oil alert unit		
Operating hours display	Total operating hours meter		
Fuel cut system	Power supply + Fuel cut solenoid	Inverter	+ Inverter
Automatic throttle	Automatic throttle unit + solenoid		
Number of parts	12	4	

Except for wire harness and mechanical links

2.4. 制御電源

2台のインバータとGCU、計3台のユニットに制御用の電源を供給する手法を検討した。

まず検討したのは、従来のGENE21シリーズの発電機と

同様のサブ巻き線方式である。この方式は、オルタネータ内にインバータの制御電源用の専用巻き線を1ティース設けるが、大型のオルタネータでの適用は、効率が非常に悪くなるため断念した。

次に検討したのはトランス方式である。メイン巻き線を 1 次側とし、2 次側にインバータの制御電源 2 系統と、GCU の制御電源という構成である。この方式だと効率はいいが、入力される周波数が低周波のため、トランスの大きさがあまり小さくならず、また、完成機で搭載する場所の確保も困難なことからこれも断念した。

次に検討したのは、インバータとGCU各ユニットが、メイン巻き線から自前で制御電源を作る方式である。本仕様ではこの方式を採用した。各方式の比較を Table 3 にまとめる。

インバータの制御電源は、正負両電源の2系統の他に、FETのドライバ電源も独立した3系統が必要(Hブリッジ構造で下アームは共通)なため、まとめて5系統構成の

Table 3 Comparison of power supply for inverter and GCU

	Sub-winding	Transformer	Built-in to each unit
Efficiency	750W loss	30W loss	30W loss
Volume	Increase volume of alternator	Another space for transformer	A little another space for each unit
Cost	High	Middle	Low
Adoption	—	—	○

Ringing Choke Converter(RCC)電源構造とした。この電源構成を Fig. 1 に示す。この電源構成は、2 台のインバータユニット共に有する。これにより、シンプルな回路構成となった。

同様に GCU も、メイン巻き線から制御電源を構成した。発電機ではバッテリーを外した完全なバッテリーレス状態で使われることも多く、リコイル始動時の点火、制御電源確保が大きな課題となった。すなわち、インバータよりも低回転から電源を確保しなくてはならなかった。GCU の電源の詳細については、6.2 節で後述する。

2.5. パッケージング

完成機の目標は、従来式の円筒型発電機に対して、30%の小型化と実負荷領域で7dB(A)/7mの騒音の低減とした。小型化と、騒音の低減は相反する。冷却性能と騒音低減の両立を見極めなくてはならない。

騒音の低減手段として、完成機全体を外板で覆うという防音箱の手法がある。この構造だと、外板を構成するため、パイプフレーム構造(従来式発電機の構造)に対して、10%の体積アップとなってしまう、目標の30%小型化は難しい。

そこで本完成機では、エンジンをフルカバーするシュラウド防音ダクト構造を採用した。シュラウド防音ダクト構造を Fig. 2 に示す。

この構造の採用により，従来式の円筒型発電機に対して，30%の小型化と実負荷領域で7dB(A)/7mの騒音の低減を達成した．構造の詳細は5.章にて後述する．

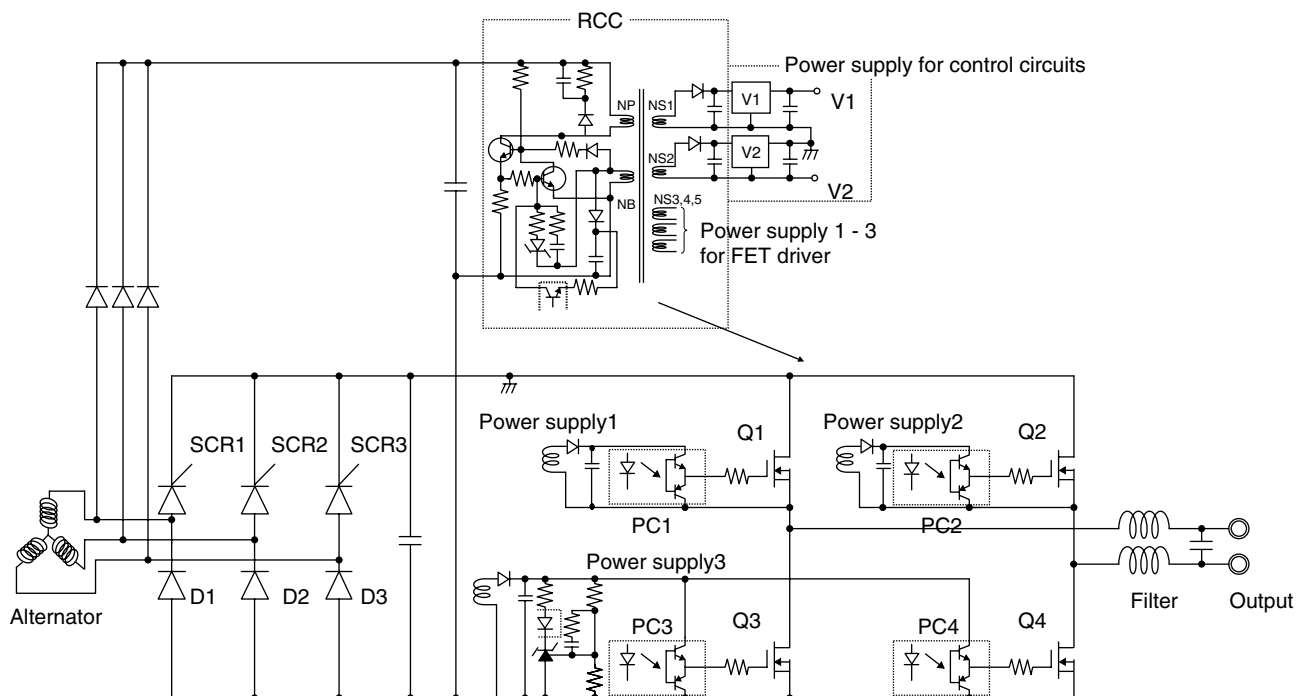


Fig. 1 Power supply system

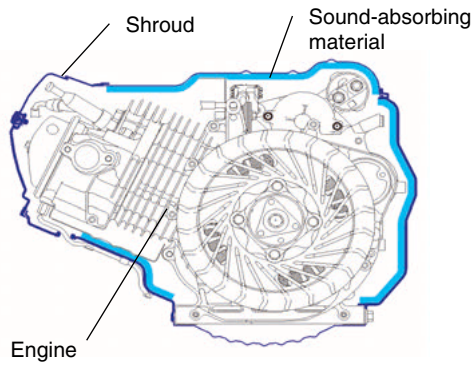


Fig. 2 Shroud sound isolation duct structure

3. デュアルボルテージインバータ

3.1. 構成

デュアルボルテージインバータの構成を Fig. 3 に示す。前述のように2台のインバータで構成され、それぞれマスタとスレーブと呼ぶ。二つの出力を並列接続すると、120V大電流出力に、直列接続すると、240V単相三線出力へとなる。直並列の切り換えはトグルスイッチでおこなう。この接続で2種類の電圧を出力するデュアルボルテージインバータを構成する。二つのインバータの位相を完全に一致させ、同期をとる必要がある。

3.2. 同期の取り方

二つのインバータ間に、互いに絶縁された専用の通信ラインを用い同期を保つ。具体的には、Fig. 4に示す制御をおこなう。

マスタ、スレーブそれぞれ、自身が出力している正弦波を方形波へ変換し、相手へ送信する。相手から受信した方形

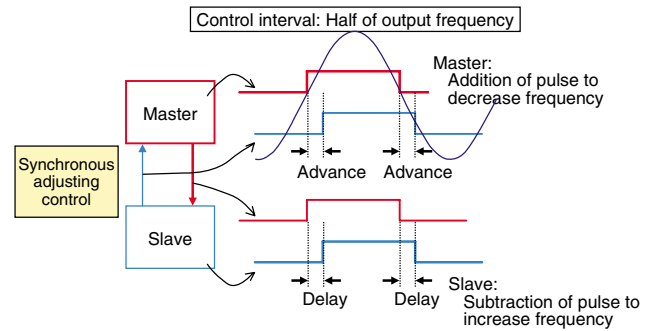


Fig. 4 Synchronous system of inverters

波と、送信した自身の方形波を比較する。自身が相手よりも進んでいると判断した場合は、パルスを加算して出力している正弦波の周期を遅く、逆に、自身が相手よりも遅れていると判断した場合は、パルスを減算して出力している正弦波の周期を早くする。

これをマスタ、スレーブ両者が、出力周波数の半周期ごとに位相を合わすことによって同期を保つ。通信ラインは互いに絶縁されているので、直列、並列接続どちらでも制御は問題なく同期を保てる。

3.3. 残留高調波の削減

出力段の制御システムは、GENE21 シリーズと同様に、Pulse Width Modulation(PWM)を採用している。しかし、出力には搬送波、すなわち高調波が残り、フィルタだけでは完全に取り去ることは難しい。

デュアルボルテージインバータでは、Fig. 5のように接続する。スレーブの波形をマスタと180度ずらして出力し、接続するときに同位相になるようにした。これにより高調波分が逆相で接続され、残留高調波を大幅に減らすこ

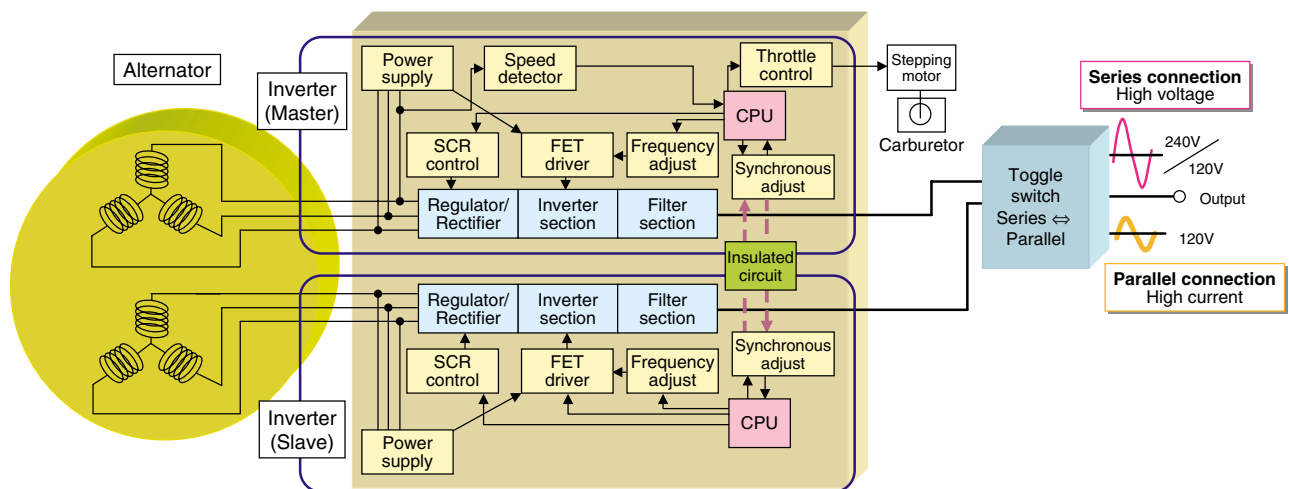


Fig. 3 Structure of dual voltage inverter system

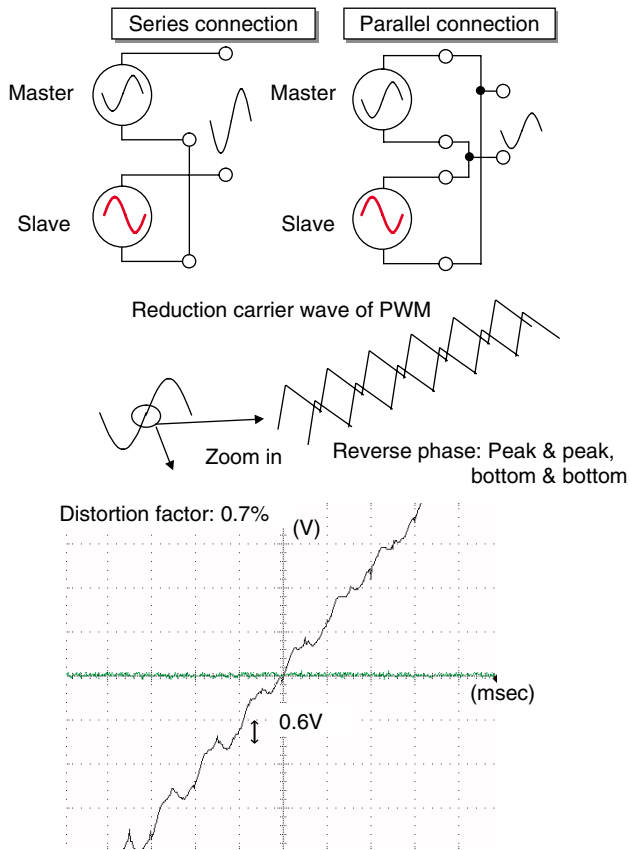


Fig. 5 Reverse connection method of master and slave

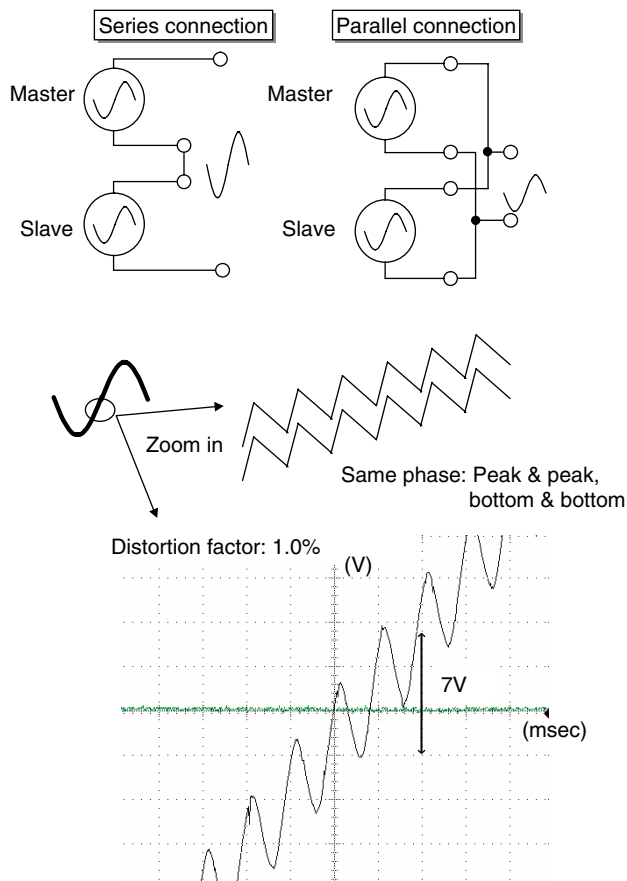


Fig. 6 General connection method of master and slave

とができる。同位相出力とした場合を Fig. 6 に示す。これと比較すると、残留高調波で、約6V減少していることがわかる。

4. オルタネータ

4.1. 構造

EM7000is のデュアルボルテージ用オルタネータは、小型、高出力、高効率を目指し、新規に開発した。構造は、従来の GENE21 シリーズと同様の、アウトロータ式高速多極オルタネータである。Fig. 7 に示すように独立した三相巻き線が2系統で構成される。ステータは30ティースあり、マスタ用、スレーブ用それぞれ 15ティースずつを使用する。前述のように従来の多極オルタネータでは存在したインバータユニット制御電源用のサブ巻き線は無い。すなわち、全ティースがメイン出力巻き線である。

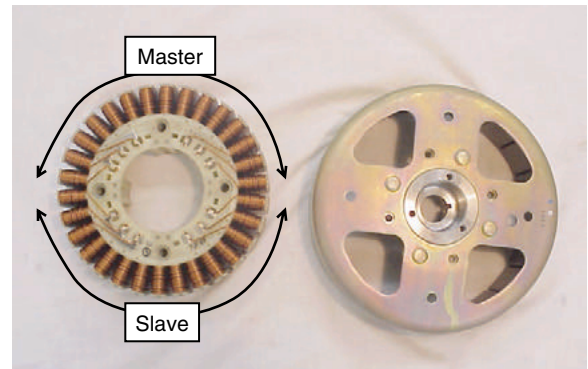


Fig. 7 Alternator for EM7000is

4.2. 従来の多極オルタネータとの比較

全ティースがメイン出力のため、出力に対するサイズでは従来の多極オルタネータと比較して、非常に小型化を達成できた。EU1000i と比較して、約 34% の小型化、また、1 ティース当たりの出力は約 5.2 倍となる。これを、Fig. 8 に示す。

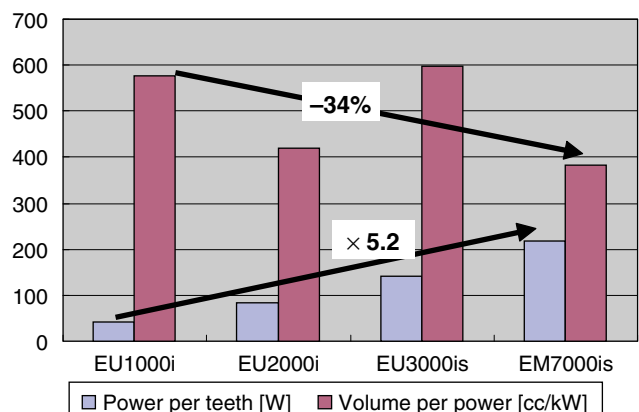


Fig. 8 Comparison of EM7000is with GENE21

5. パッケージング

EM7000isの完成機構造として、騒音低減を図りながら、軽量化、小型化及び冷却性能を成立させるため、部品配置の最適化とエンジンをフルカバーするシュラウド防音ダクト構造を採用した(Fig. 2)。

5.1. 冷却性

Fig. 9に示すように、発熱の少ないインバータユニットから順に、オルタネータ、エンジン、マフラーを一例に配置した。冷却風の流れを一方向にし、発熱の少ない部品から順に冷却風を流すことにより冷却効率を向上させた。これにより、従来式の円筒型発電機ではエンジン冷却用とオルタネータ冷却用の二つのファンを持っていたが、これを一つのファンに集約でき、軽量化、小型化を図った。一方、シュラウドで覆われているイグニッションコイル、セルフスタータモータの電装部品の雰囲気温度が上昇しないように、エンジンを冷却した熱風と電装部品とを隔離する構造にした。

Fig. 10, Fig. 11に示すように、電装部品とエンジンシリンダとの間をアップブラケットで仕切り、ホットゾーンとクールゾーンに分離することで、エンジン冷却風による電装部品の温度上昇を防止した。

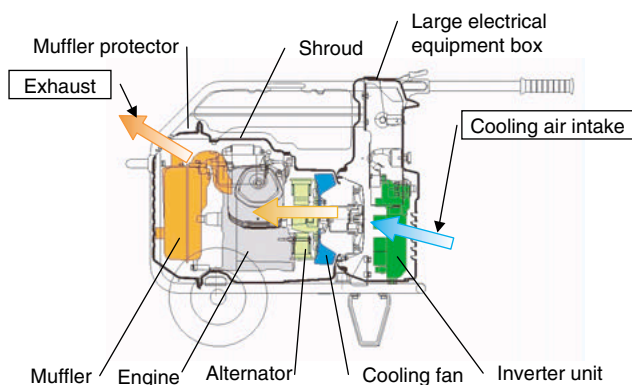


Fig. 9 Structure of complete generator

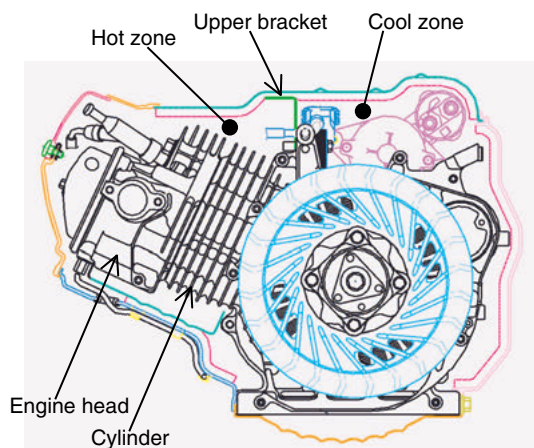


Fig. 10 Front view of engine

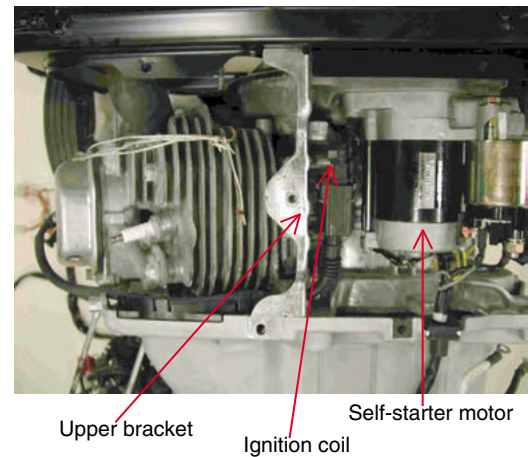


Fig. 11 Upper view of engine

5.2. 騒音と燃費の低減

Fig. 9 に示した冷却構造は、相反する完成機騒音の低減をも同時に図り構成した。インバータ、コントロールパネル等を内蔵した大型電装ボックスを、エンジン冷却風、エアクリーナの大型吸気チャンバとして設定した。これによりファン騒音、エアクリーナ吸気音の低減を図った。排風部には、ロングテール大型マフラーを内蔵した大型排風チャンバーをマフラプロテクタとして形成した。さらに吸音材を貼り付けた防音シュラウドでエンジン全体を覆い(Fig. 2), エンジンメカノイズの低減を図った。

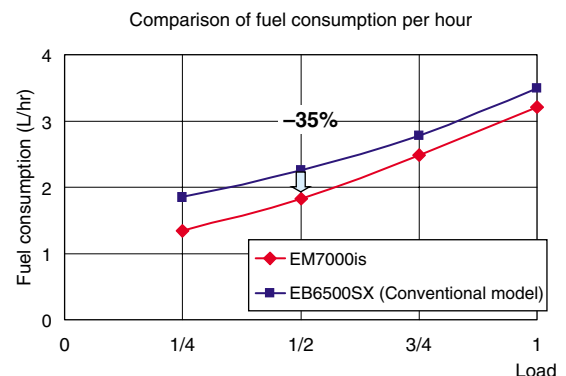


Fig. 12 Fuel consumption

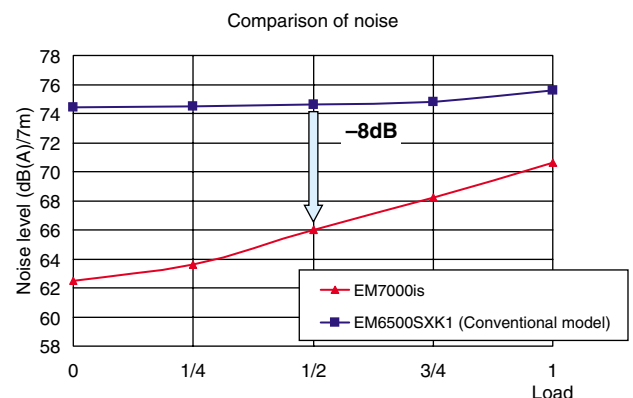


Fig. 13 Noise level

また、電子ガバナの搭載により実用負荷域でエンジン回転数を下げ、燃費低減と合わせて騒音低減を図ることができた。従来式の円筒型発電機に対して、実用負荷領域において、燃費は約-35%、騒音は-8dB(A)の低減となっている。燃費への効果を Fig. 12 に、騒音への効果を Fig. 13 に示す。但し、騒音への効果には完成機カバーの効果を含む。

5.3. 小型軽量化

フレーム構造として、U字一体型パイプフレームを採用し、フレームの開放された前面に樹脂製大型電装ボックスを設定した。これを Fig. 14 に示す。

従来機種ではフレームの外側に搭載されていた大型バッ

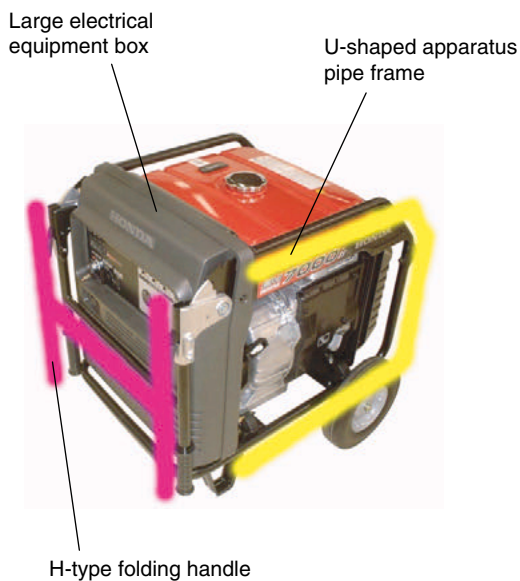


Fig. 14 Structure of a frame

テリの代わりに、制御弁式小型MFバッテリー(YTZ14S)を採用し、大型電装ボックスに内蔵した。

前述のファンの集約とあわせて、完成機の体積を従来機に対し約33%コンパクト化(ハンドル折りたたみ時)、重量を約20%軽量化できた。

6. 発電機統合制御システム

EM7000isは完成機を統合的に制御するシステム Generator Control Unit(GCU)を採用した。これにより、電装部品の1/3化を達成し、また扱いやすい発電機となった。

6.1. システム構成

全体システム構成を Fig. 15 に示す。主に以下の制御をおこなっている。

- 1) 点火時期制御
- 2) チョーク制御
- 3) スタータ制御
- 4) i-モニタと自己診断
- 5) インバータ通信、監視
- 6) 停止時アフタバーン低減制御
- 7) リモコンインタフェース

6.2. 制御電源

前述のように、制御電源用のサブ巻き線を設けず、ユニットに内蔵した。

メイン出力電圧は高電圧を維持する必要があるため、通常用いられている短絡タイプのサイリスタレギュレータは使えない。また、この種のパイプフレーム型発電機は、バッ

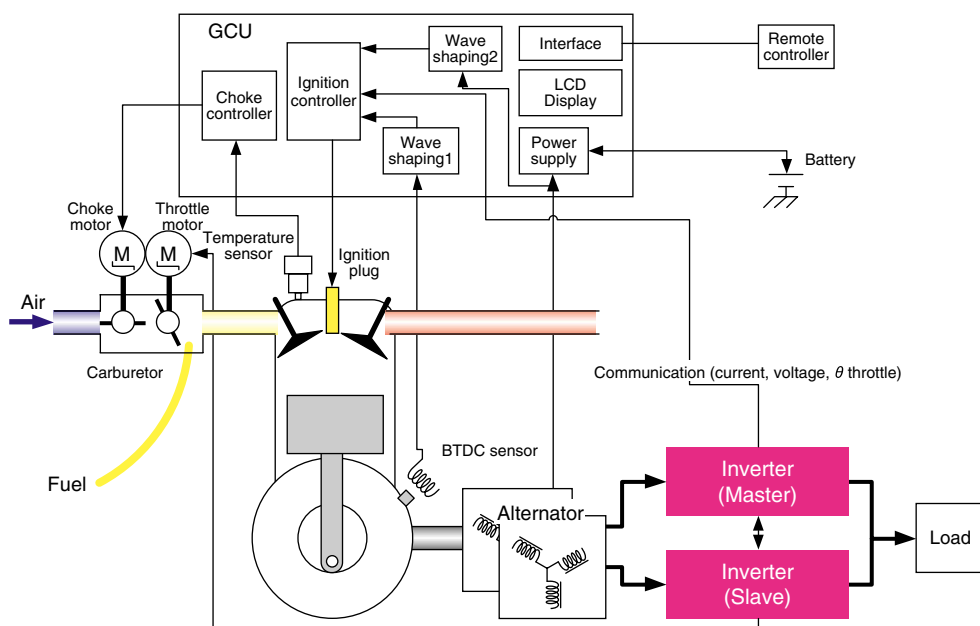


Fig. 15 Structure of GCU

テリを外した完全なバッテリーレス状態で使われることも多く、リコイル始動時のフルトランジスタ点火、制御電源確保が大きな課題となった。

そこで、Fig. 16に示した電源を開発し内蔵した。この電源の仕様を Table 4 に示す。

この電源の始動時の入出力特性をFig. 17に示す。125rpmで両出力とも立ち上がり、システムが起動しているが、このままでは始動の反動の影響が大きいため、180rpm未満は、点火を停止している。5Vは、15Vを三端子レギュレータで降圧して得ている。15V系は200rpm、17V系は250rpm程度まで、昇圧動作となっている。

Table 4 Specification of power supply

Input voltage	DC 10 - 400V
Output voltage 1	DC 15V $\pm$ 0.5V
Output current 1	MAX 2A
Output voltage 2	DC 17V $\pm$ 1V
Output current 2	MAX 0.8A

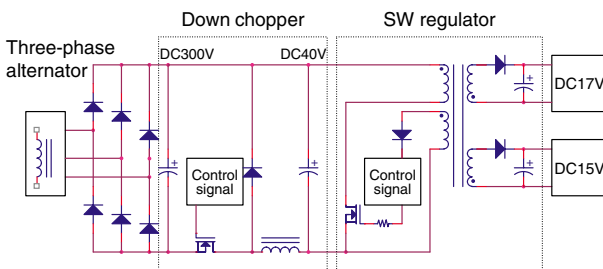


Fig. 16 Schematic diagram of power supply

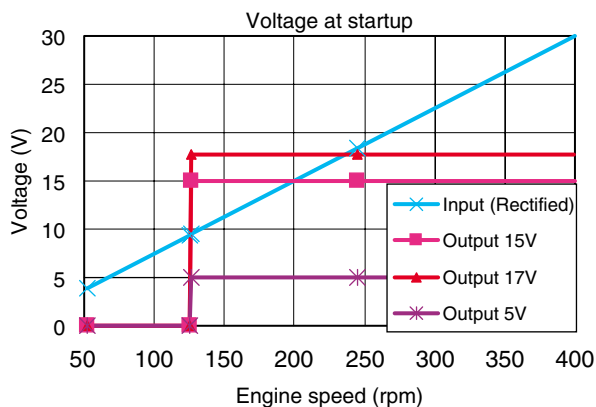


Fig. 17 Voltage at startup

6.3. 点火システム

汎用製品は、バッテリーレスで使われることが多いため、点火方式は電力消費の少ないトランジスタマグネットもしくはCDIが一般的であるが、本機では、リコイル始動時の制御電源容量の確保に目途が立ったため、シンプルなフルトランジスタ点火方式を採用した。フルトランジスタ点火方式は、通電時間制御が必要なため、TDC センサの他に、クラ

ンク角センサが必要となるが、本システムでは、オルタネータの波形を整形して得られる、10パルス／回転のパルスをクランク角センサの代わりに用いることにより、クランク角センサを省略している。これらのタイミングをFig. 18に示す。

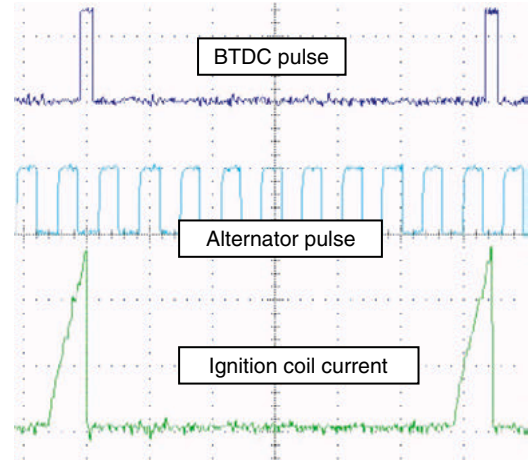


Fig. 18 Timing chart of ignition

6.4. チョーク制御

本機のキャブレタをFig. 19に示す。左側がガバナ用、右側がチョーク開度制御用のステッピングモータで、同一仕様のモータである。エンジンの暖機状態検出には、燃料噴射式水冷エンジンの場合は冷却水温度が用いられており、空冷エンジンの場合は、エンジンオイルの油温を用いた例が二輪車で報告されている⁽⁴⁾。いずれも、エンジン温度を常時検出していて、その時の温度に応じた燃調となるように噴射時間制御をおこなっている。本機のエンジンは空冷式であるが、二輪車の例のように、ヘッドを回るオイル経路を持たず、クランクケース内のみの潤滑のため、油温ではエンジン温度を代表出来なかった。そこで、ヘッドに取り付けられたサーミスタにより、ヘッドの温度を直接検出することとした。

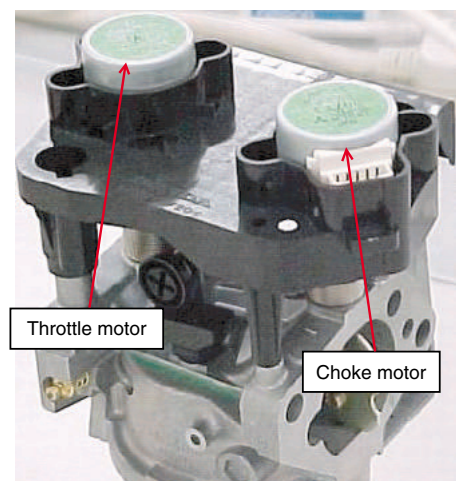


Fig. 19 Carburetor

6.5. i-モニタ

Fig. 20 に GCU を示す。液晶表示部は、表示窓右のボタンを押すことにより、Table 5 の表示内容を番号順に繰り返して表示する。これを i-モニタと呼んでいる。デフォルトは、アワーメータ表示であり、1 時間単位であるが、内部の積算は 1 分単位でおこなっており、積算誤差が小さくなるようにしている。

システムにエラーが発生した時は、Fig. 20 に示すように、赤色 LED が点滅し、エラーコードを液晶に表示する。表示の例では、エンジン温度センサの異常を示している。また、マスタ、スレーブ 2 台のインバータとは、常時通信しており、インバータ側にエラーが発生した時は、直ちにエンジン停止等のフェールセーフアクションに入る。

Table 5 i-Monitor display

	Mode	Unit
1	Total operating hours	hour (1 hour)
2	Power output	VA (50VA)
3	Engine speed	rpm (10rpm)
4	Battery voltage	V (0.1V)



Fig. 20 GCU

6.6. アフタバーン低減制御

マフラ内が高温の時に、エンジンスイッチ OFF で、直ちに点火を停止すると、エンジン回転停止後生ガスがマフラ内で一気に燃焼するアフタバーンが発生することがある。従来機種では、キャブレタ下部に燃料カットのためのソレノイドバルブを設け、点火停止と同時に、燃料をカットしてアフタバーンを防止している。本機では、マフラの冷却性能を向上させるとともに、Fig. 21 に示すように、エンジンスイッチ OFF 後、エンジン回転数が所定回転以下になるまでの間は、点火を継続し、所定回転以下になってから点火を停止することにより、生ガスのマフラへの吹き抜けを減少させて、アフタバーンを低減させている。

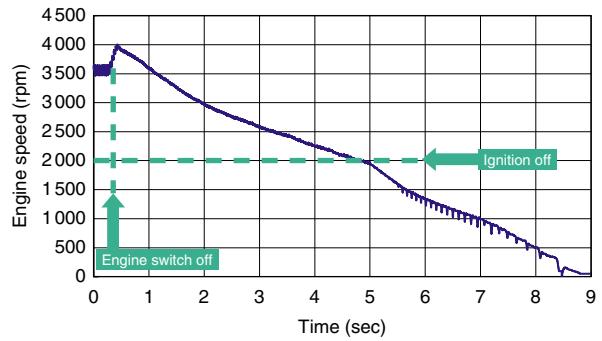


Fig. 21 Engine-stop control and engine speed

7. 完成機

これまでに紹介した技術を搭載した発電機、EM7000is を Fig. 22 に、仕様諸元比較を Table 6 に示す。

Table 6 Specification of EM7000is

		EM7000is
Engine	Displacement (cm ³)	389
	Speed (rpm)	* 2400 - 3600 ☆ 3300 - 3600
	Operating noise level (dB(A)at7m)	69
Generator	Type	Multi-pole field rotary
	Excitation method	Magneto
	Voltage regulation method	※ PWM
	AC voltage (V)	120/240
	AC frequency (Hz)	60
	Max. AC output	6500
	Rated AC output	5500
	Voltage variation rate	Momentary 10% max. Stability 6% max.
	Frequency variation rate	Momentary 1% max. Stability 1% max.
	Waveform distortion	5% max.
Dimensions	Generating efficiency	85%
	Dimensions L × W × H (mm)	1155 × 670 × 710
	Dry weight (kg)	95

* : Eco SW ON ※ PWM = Pulse width modulation

☆ : Eco SW OFF



Fig. 22 EM7000is

8. まとめ

GENE21 シリーズよりも大出力の、デュアルボルテージインバータ発電機 EM7000is を開発した。

- (1) インバータを2台用い、直列または並列に接続することで、2種類の電圧を出力する方式を採用した。また、その間の同期を正確に合わせる制御システムを開発した。
- (2) 制御電源を各ユニットに内蔵する構成としたことで、大出力ながら、小型、高効率のオルタネータを実現した。
- (3) 本完成機では、エンジンをフルカバーするシュラウド防音ダクト構造を採用することにより、従来式の円筒型発電機に対して、30%の小型化と実負荷領域で8dB(A)/7m の騒音低減を達成した。
- (4) GCU の採用によって、従来式の円筒型発電機に対して、電装部品が1/3となり、さらに情報表示と自己診断機能を可能とした。

参考文献

- (1) 田中良男, 河内敏文, 伊藤慶太, 中村政史: 軽量, コンパクトな「GENE21 シリーズ」ポータブル発電機の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.11, No.2, p.15-22
- (2) 河内敏文, 清水元寿, 広瀬忠史, 杉本幸男: 軽量, コンパクトな正弦波インバータ発電機「EU16i」の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.13, No.2, p.35-42
- (3) 藤井茂, 清水元寿, 中村政史: 正弦波インバータ発電システムの構築, HONDA R&D Technical Review, Vol.8, p.59-66
- (4) 玉木健二, 國府志郎, 赤松俊二: 小型二輪車用空冷エンジンの電子制御燃料噴射の制御システム, Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.1, p.145-152

■ 著 者 ■



中村 政 史



笠置 将 平



広瀬 忠 文



新川 康 浩



浅井 孝 一



上村 健 二