

# オープンレンジ用ハーフブリッジインバータ

Half-Bridge Inverter for Microwave Combination Oven

武井 保  
TAKEI Tamotsu

中川 達也  
NAKAGAWA Tatsuya

オープンレンジの基本機能の一つである短時間再加熱調理の加熱スピードの向上、及び、省エネルギー(以下、省エネと略記)指向の高まりによる消費電力の低減が市場で重要視されている。また、広い加熱室を持ちながら外形がコンパクトで設置性が良いことも市場では重要である。このような市場の動向に対応して、今回、オープンレンジとして業界で初めてハーフブリッジ方式のインバータ(以下、ハーフブリッジインバータと略記)を採用して、業界トップクラスの定格高周波出力900Wを達成し、業界最速の“温め”加熱、及び省エネ性を実現するとともに、回路部品の小型化により製品のコンパクト化を実現した。

In the development of a microwave oven, it is becoming increasingly important to reduce cooking time and electric power consumption, while at the same time providing a large oven capacity with compact outside dimensions for installation in a small kitchen space.

Taking these market requirements into consideration, we have developed a microwave combination oven with a high output power of 900W, which achieves the industry's highest levels of reheating speed and cooking efficiency by applying a new half-bridge inverter system. We have also realized a large oven capacity with a compact body by minimizing the circuit parts.

## 1 まえがき

電子レンジの普及率は90%を越え、1999年も国内で400万台の堅調な需要が見込まれている。その中で、オープン機能を持つオープンレンジの構成比は需要全体の80%に迫っている。購買層の中心は、単機能やトースターレンジからの買替えであり、安くコンパクトなオープンレンジが求められている。オープンレンジの使用状況の調査結果によると、“温め”が全体の使用頻度の約90%を占める。電子レンジ本来の機能である“温め”の時間短縮は、市場で広く求められており、加熱出力アップを各社が競っている。

また、近年の消費者の省エネ指向の高まりとともに、家電製品の省エネが大きな技術課題となっている。

更に、食品を入れる加熱室を大きく、また製品の外形をコンパクトにすることで、大きな本格的オープンレンジが場所を取らないで置けることも、市場における重要な評価ポイントである。

これらの市場ニーズにこたえるために、電子レンジのマグネトロン駆動用電源として業界で初めてハーフブリッジインバータ(図1)を採用し、高加熱出力900Wによる温め時間の短縮、省エネ、及び製品のコンパクト化を実現した。

## 2 ハーフブリッジインバータ開発の背景

電子レンジの加熱源であるマグネトロンの駆動用電源に

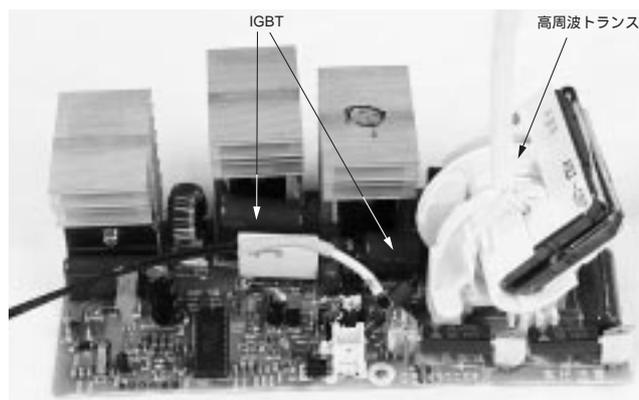


図1. ハーフブリッジインバータ 従来のインバータより高出力で、コンパクトである。

Half-bridge inverter

は、鉄トランス方式とインバータ方式がある。鉄トランス方式は、トランス通電のオンオフのデューティ比を変化させて高周波出力を制御する。一方、インバータ方式は、回路内のスイッチング素子の駆動周波数を変化させることで連続的に出力を変えられるため、“温め”や“解凍”の仕上りを良くできるメリットがある。

更に、商用電源の周波数(50/60Hz)で動作する鉄トランス方式に対して、数十kHzで動作するインバータ方式は、回路部品の小型化が可能なので製品の小型化ができるメリットもある。

しかし、従来から電子レンジで採用している準E級方式<sup>(注1)</sup>のインバータ(以下、準E級インバータと略記)は、力率が約95%なので、家庭用の電源コンセントの電流容量15Aから得られる有効電力は1,425Wが上限である。一般的な電子レンジの加熱効率が50~55%なので、出力は定格800W台が上限であった。

また、製品のコンパクト化のために準E級インバータを小型化するには、スイッチング素子の駆動周波数を高くする必要がある。しかし、準E級インバータでは周波数を上げるとスイッチングによる損失が増加するため、動作周波数を上げられず、現行品以上の小型化は困難であった。

以上の準E級インバータの問題を解決するために、今回、ハーフブリッジインバータを開発し、オープンレンジに採用した。

### 3 ハーフブリッジインバータの特長

今回開発したハーフブリッジインバータの外観を図1に、この回路構成を図2に示す。この回路構成に基づく特長は下記のとおりである。

**(1) 高力率** インバータ制御回路に力率改善回路を折り込んで、力率を従来の準E級インバータの95%から99%に向上した。

具体的には、高周波トランス1次巻線の電圧と電流の位相差を検出し、位相差が大きい場合にIGBT(Insulated gate bipolar transistor)のオン時間を長くする制御を採用した。この制御によって交流電源の電圧が低い期間もマグネトロンに電流が流れるようになり、力率が改善できた。

電源電圧と入力電流の波形を図3に示す。ハーフブリッジインバータの方が入力電流のひずみが改善されて正弦波に近くなり、力率が改善されていることがわかる。

**(2) スwitching損失低減** 電子レンジのインバータ

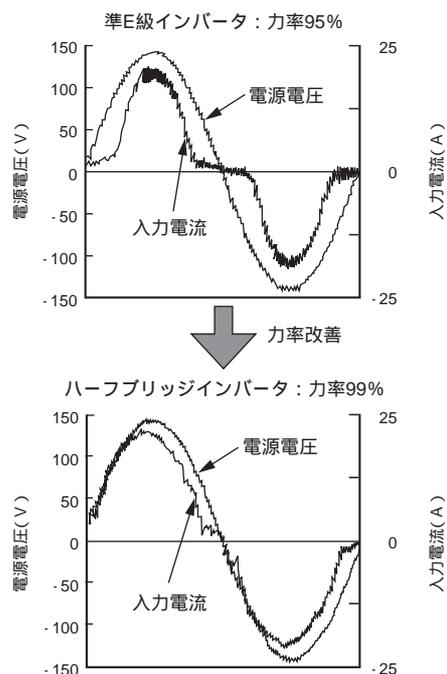


図3. 力率改善結果 電源電圧が低い期間も電流が流れるようにすることで、入力電流波形を正弦波に近づけた。  
Improvement of power factor

には、スイッチング素子としてIGBTを使用している。

今回のハーフブリッジインバータでは、スナバ回路<sup>(注2)</sup>による部分共振を用いてIGBTをソフトスイッチ化<sup>(注3)</sup>して、IGBTのスイッチングによる損失を低減した。IGBTのスイッチング損失を低減できたので、動作周波数を従来の約1.6倍に上げられた。

- (注1) 1石式のZVS(Zero Voltage Switching)回路形式で、電圧共振によりスイッチング損失を低減できる。
- (注2) スwitching素子がスイッチングする過度領域において、浮遊インダクタンスにより発生する過度電圧(スパイク電圧)を電流として吸収する回路。
- (注3) スwitching過度状態において、電圧、電流の変化率を回路共振現象を利用して低減するか、共振現象を利用してスイッチング電流、電圧を低減すること。

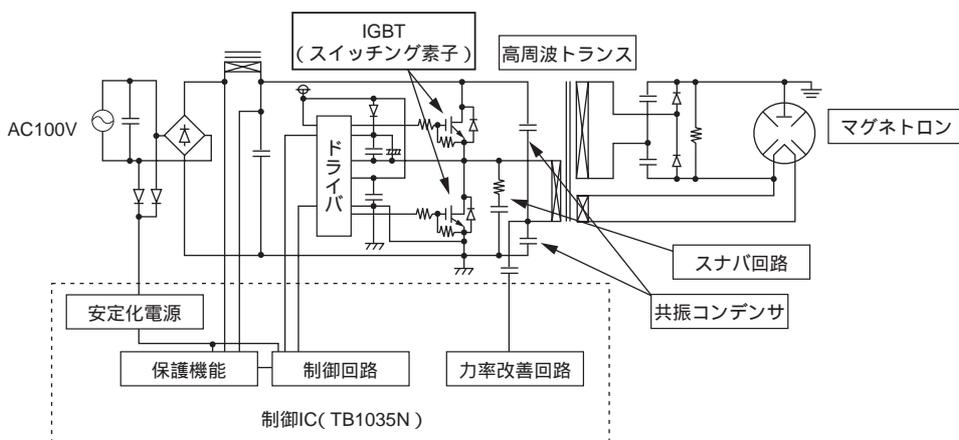


図2. ハーフブリッジインバータの回路構成 高周波トランスの小型化と、IGBTのスイッチング損失低減、及び力率を改善したことに特長がある。

Circuit configuration of half-bridge inverter

また、今回は低損失のIGBTを開発し採用した。従来のIGBTと開発品の比較を表1に示す。開発品は、従来品に対して、損失の原因であるコレクタ - エミッタ間飽和電圧と逆回復時間を低減した。

図2のように、ハーフブリッジインバータはIGBTを2個使用しており、IGBT 1個使いの準E級インバータよりIGBTの損失が増えるデメリットがあった。しかし、スイッチング損失を低減し、低損失のIGBTを使用することにより、IGBT 2個の損失を従来の1個並みに抑えることができた。

表1 . IGBTの比較  
Comparison of IGBTs

型名	GT60M301 (従来品)	GT50G321 (開発品)
コレクタ - エミッタ間電圧(V)	900	430
コレクタ電流(A)	60	50
コレクタ - エミッタ間飽和電圧(V <sub>typ.</sub> )	2.3	1.8
逆回復時間(μs max.)	2.5	0.2

**(3) 高周波トランス小型化** 図2のように、高周波トランスの1次巻線と直列に共振コンデンサを接続して、高周波トランス1次巻線には電流の直流分が流れないようにした。高周波トランスの1次巻線に直流分が流れる準E級インバータに対して、今回のハーフブリッジインバータはコアの磁気特性を有効に使えるのでコアの断面積を小さくできた。

また、高周波トランスの2次巻線電圧は回路形式にかかわらず同じであるが、高周波トランスの1次巻線の電圧は、ハーフブリッジインバータの方が準E級インバータより低い。このため1次巻線のインダクタンスを小さくでき、1次巻線の巻数を減らすことができた。

コアの断面積を小さくしたことと、1次巻線の巻数を減らしたことに加えて、前述のように回路の動作周波数を高くしたので、高周波トランスを小型化できた。高周波トランスはインバータユニットの中でもっとも大きい部品である。高周波トランスを小型化したことによってインバータユニットの小型化、更には製品全体の小型化が可能になった。高周波トランスとインバータユニットの従来品との比較を表2に示す。

**(4) 高周波トランスの損失低減** 高周波トランスは巻線のより線の素線を細くしてより本数を増やし、表皮効果による損失を減らした。前述のように1次巻線の巻数を減らして巻線が短くなったことによる損失低減と合わせて、高周波トランスの損失は約40W低減した。

表2 . 高周波トランスとインバータユニットの比較  
Comparison of high-voltage transformer and inverter unit

項目		従来品	開発品
回路形式		準E級	ハーフブリッジ
ユニット	寸法(mm)	W100 x D155 x H90	W90 x D185 x H70
	容積(cm <sup>3</sup> )	1,395	1,165
高周波トランス	1次コイル	素線径(mm)	0.2
		より数(本)	120
		巻数(T)	19
	2次コイル	素線径(mm)	0.3
		より数(本)	単線
		巻数(T)	255
コアの径(mm)		18	16

#### 4 オープンレンジ ER-QB1 の特長

次に、ハーフブリッジインバータを採用したオープンレンジ ER-QB1について述べる。ER-QB1の外観を図4に示す。



図4 . オープンレンジ ER-QB1 ハーフブリッジインバータを採用し、短時間加熱、省エネ、製品のコンパクト化を実現した。  
ER-QB1 microwave combination oven

98年度機種との比較を表3に示す。ER-QB1におけるハーフブリッジインバータの採用によるメリットは次のとおりである。

**(I) 高周波加熱出力900Wと加熱時間短縮** 力率向上により、家庭用電源コンセントの電流容量15Aから有効電力を多く取れるようにしたことと、インバータ回路及び他の部分での損失低減によって、業界最高の定格高周波加熱出力900Wが実現できた。

また、当社のオープンレンジは、昨年から採用しているマイクロ波制御方法である“スポット加熱”によって、少量食品(例えば、ごはん1杯)の加熱効率を良くしている<sup>(1)</sup>。この機種では900W出力と“スポット加熱”とを組み合わせることによって、業界最速の“温

表3 . 98年度機種との比較

Comparison of 1998 and 1999 models

型名		ER - GS8 (98年度機種)	ER - QB1 (99年度機種)
製品寸法	外形寸法 (mm)	W532 x D507 x H345	W510 x D455 x H380
	加熱室寸法 (mm)	W345 x D345 x H230	W345 x D345 x H265
	加熱室容量 (L)	28	32
	製品体積 (L)	93	88
	有効容積率 (%)	30	36
	設置面積 (cm <sup>2</sup> )	270	255
電子レンジ性能(定格)	消費電力 (W)	1,250	1,430
	出力 (W)	700	900
オープン性能(定格)	消費電力 (W)	1,280	1,280

め”を可能にした。例えば、茶碗1杯のごはんは36秒で温められる(98年度機種は48秒, 97年度機種は1分32秒であった)。

加熱効率の推移を図5に示す。

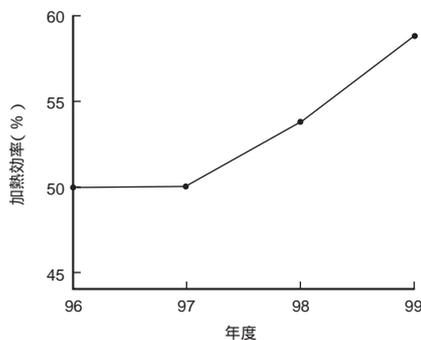


図5 . 電子レンジ加熱効率の推移 98年は“スポット加熱”, 99年は“ハーフブリッジインバータ”で効率を向上した。

Trend of microwave heating efficiency

**(2) 省エネ** 当社のオープンレンジは97年度から他社に先駆けて、待機中の消費電力をゼロにする“オートパワーオフ”機能を搭載している。昨年採用している“スポット加熱”による少量食品の加熱効率向上と、今回の損失低減と加熱時間短縮により、製品全体の年間消費電力は、5年前の41%に低減できた。94年度機種を基準にした年間消費電力の推移を図6に示す。

**(3) 外形のコンパクト化** インバータユニットの小型化によって製品の電気部品収納スペースの幅を130mmから110mmに狭くできたので、製品の幅を狭くすることができた。

また、製品後部に取り付ける熱風循環式オープン用

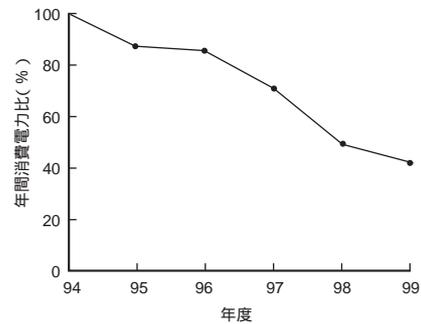


図6 . 94年を100%とした場合の年間消費電力量の推移 97年は“オートパワーオフ”, 98年は“スポット加熱”, 99年は“ハーフブリッジインバータ”で消費電力を削減した。

Trend of electric power consumption (1994 =100%)

の熱源ユニットも約50mm薄型化したため、製品の奥行き寸法も小さくできた。そのため表3のように、加熱室が大きくなったにもかかわらず、製品と体積と設置面積は小さくなり、製品外形に対する加熱室の容量(有効容積率)は向上した。

## 5 あとがき

オープンレンジに対して市場では加熱時間短縮, 省エネ, 設置スペースの縮小が重要視されている。これら市場の動向にこたえるために、家庭用のオープンレンジとしては初めてハーフブリッジインバータを開発し、加熱出力向上, 回路の損失低減, 回路部品小型化を実現した。その結果、加熱時間短縮, 省エネ, 設置スペースの面で業界トップレベルの実力を持つ商品を開発できた。

今後もオープンレンジの商品性を高めるために、インバータの開発に取り組んでいく。

## 文献

- ① 岡村嘉男, 他.“スポット加熱”搭載電子レンジER-GS8. 東芝レビュー . 54, 1, 1999, p53 - 56 .



武井 保 TAKEI Tamotsu

家電機器社 愛知工場 レンジ・調理製品部 レンジ設計担当グループ長。

電子レンジの開発・設計業務に従事。

Aichi Operations



中川 達也 NAKAGAWA Tatsuya

東芝エー・ブイ・イー(株)愛知事業所 電子レンジ開発担当シニアエンジニア。

電子レンジの先行開発業務に従事。

Toshiba AVE Co., Ltd.