

特集

身近な電磁現象

電子レンジの航空機への搭載技術

Technology for Microwave Oven Installed in Airplane

山口 達也^{*1}, 塩森 淳^{*1}

Tatsuya YAMAGUCHI, Jun SHIOMORI

In-flight meal is a typical service for passengers and various meal services are provided by each of airlines. Galley, a kitchen in the airplane, is a workspace for cabin crew and well designed galley optimizes the meal preparations. The cooking equipment installed to galley, called as "galley insert" is essential equipment for the meal preparations. Microwave oven is one of galley insert. Though it is commonly known as a typical kitchen appliance, there are many efforts needed to accomplish the installation to the airplane. This paper presents technical solutions for the microwave oven installation in airplane.

Keywords: Microwave Oven, Airplane, Safety, Duty Cycle Control, Load Demand Variation, Decompression.

1 緒言

燃料費高騰により各航空会社は運航コストを抑えるため様々な工夫を行っているが、機内サービスの簡略化の動きはそのひとつである。しかしながら長時間飛行が伴う国際線では機内での快適さを乗客に提供することは依然として高い需要があり、顧客満足度の向上を図るためには機内サービスの充実は欠かせないものともなっている。飛行中の食事は乗客にとって楽しみな機内サービスの一つであり、とくに長距離飛行でのエンターテインメントに大きな役割を果たしている。機内で提供される食事は各航空会社で比較的特色を出しやすい機内サービスであり、その特色を出すためにGalley（ギャレー、厨房設備）は欠かせないものとなっている。また、そこに装備される調理器具の種類や性能は機内サービスの質を左右する重要なファクターとなってくる。

Galleyでの作業は時間および空間に制限があり、効率よく食品を準備することが求められ、電子レンジはその要求を満足できる調理器具である。一般家庭やレストランなどではごく当たり前のように普及しているが、航空機で使おうとするとその航空機運用上の安全を保証する必要がある、クリアすべき技術的課題が存在する。

調理器具は、エンジンや飛行管理システムなどのよ

うに自身の機能が飛行安全を確保するための装置とは異なり、航空機の安全確保の為のものではないが、それ自身が航空機の安全を脅かす存在になってはならない。民生品のように地上で使用する場合は異なる環境において解決すべき技術的課題は多数に上る。例を挙げると、振動・気圧・温度・湿度といった使用環境、離着陸・飛行中に加わる荷重に対しての十分な強度、電磁波放射に対する厳しい要件などがある。

非金属材料に対する難燃性についても厳しい要求があり、部品によっては民生品に比べより難燃材質のものを必要が出てくる。

また近年新しく開発された航空機は従来機に比べ電気による制御が増え、それらに誤作動や不具合が起きないように、機器に対して電気的な要求事項が厳しくなっている。電源システムは従来に比べより厳しく電気容量や負荷変動に制限を設け、更には落雷時の雷サージによって機器そのものが不具合を起こさないことはもちろん機体側システムに悪影響を及ぼさないような設計を求めている。一部機内での安全関連装置の制御においては従来のワイヤードに代わりワイヤレス技術も使われ、それらとの干渉を防ぐことも求められる。

設計時はこれらの航空機特有の環境やシステムを十分に考慮し、安全を脅かすことの無いようかつ調理器具としての機能を満足できる製品作りが必要となる。本論文では電子レンジの航空機への搭載を達成する為の代表的な具体的技術策を示す。

2 無線 LAN への対応

連絡先： 保住 裕之，〒190-0011 立川市高松町 1-100，株式会社ジャムコ航空機内装品カンパニー内装品工場商品開発部

e-mail : h_hozumi@jamco.co.jp

^{*1} 株式会社ジャムコ

昨今の航空機では無線 LAN を導入する機体もあり、一般家庭でも発生している無線 LAN と電子レンジの電磁干渉の影響で無線 LAN 通信が出来なくなる事象が著しく航空機内でも発生してしまう。

これは無線 LAN 通信と電子レンジの基本周波数が 2.45GHz と同じ周波数を使用しているための相互干渉であるが、航空機の場合では機体の構造そのものが金属等の導電性の高い素材でチューブ状の閉空間であり、機内で放出される電磁波がほぼ反射状態で外部に積極的に放出されないため、その干渉は地上より大きい。

在来の電子レンジでは調理中に人体への影響を抑えるために電磁波漏れ対策を徹底的に行っているが、機器外に漏れる電磁波がゼロになることはないので無線 LAN との干渉という観点では根本的な改善とはなっていない。電子レンジからの 2.45GHz 周波数帯域における電磁波漏洩は電子レンジの電界強度の係数上、その漏洩対策は大掛かりなものとなり、航空機内の限られたスペースに設置するに際して、大きさ、重量の低減を求められる昨今において現実的な対策ではない。

前述のように電子レンジから漏れる電磁波の物理的抑制はある程度は技術的に解決可能だが、量産向き、航空機向きではないため、電子レンジ稼動中にどのように無線 LAN 通信を可能にするかを航空機機体メーカーと検討を行ってきた。様々なテストを重ねた結果、マグネトロン動作を断続的に停止させて運転させれば無線 LAN 通信のスループットに大きな影響を与えずに電子レンジも動作させることが可能であることが判明した。(Fig. 1)

この ON/OFF のタイミングが電子レンジの出力性能にそのまま影響することになるが、機内で双方のサービスが共存できる対応となる。

3 航空機電源要求への対応

3.1 航空機電源

新しい民間航空機の電源は従来の 115VAC, 400Hz 固

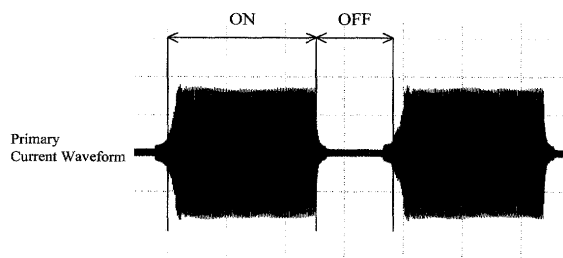


Fig. 1 Duty Cycle Control

定供給に代わり 115VAC, 360~800Hz の変動する周波数で機器に供給される。しかしながら周波数を変換してマグネトロンを動作させる電子レンジの入力側では固定の周波数が必須であり、供給電源電圧 115VAC もさることながら、360~800Hz の周波数には変動周波数から固定周波数へ変換する高速の無接点スイッチ、PWM 制御で構成された航空機の電源要求に対応出来る新規設計の変換器で対応することとした。

3.2 電流変動対策

機内で使用される航空機搭載機器はその開発の経済性より民生用として展開され、その安全性等について十分に考慮・検討された機材を用いて航空機向けとして設計変更するケースがあり、電子レンジでもその方式が用いられている。商用の電子レンジでは 200VAC または 100VAC 60Hz の単相交流電源が用いられているが、前述のように新しく開発された航空機では 115VAC, 360~800Hz 三相交流電源が用いられている。

電子レンジは内蔵のインバータの関係上、100VAC もしくは 200VAC, 60Hz の入力の基本のために機体からの 115VAC, 360~800Hz で供給された電源を変換しなければならない。(Fig. 2)

変換器にて航空機電源周波数を商用電源周波数に変換して電子レンジに供給する場合、電子レンジの消費電流が一定値であっても瞬時消費電力が変動する単相交流電源の場合、瞬時消費電力変動の影響が航空機からの供給電源に悪影響を及ぼす可能性がある。(Fig. 3)

電子レンジは 60Hz で駆動するため、Fig. 3 から見て取れるように瞬時消費電力は 120Hz 周期で変動し、この影響がそのまま機体側への影響となる。航空機によって値の差異はあるものの、要求ではこの変動幅が厳密に定められているため、変動幅が大きいままでは機体に搭載することは不能となる。

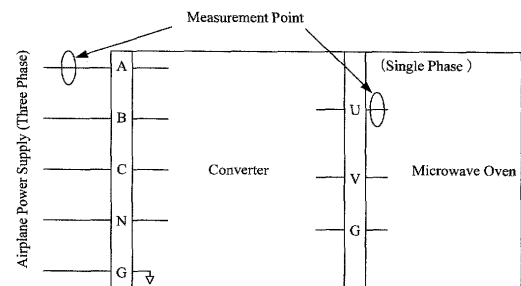


Fig. 2 Microwave Oven Outline

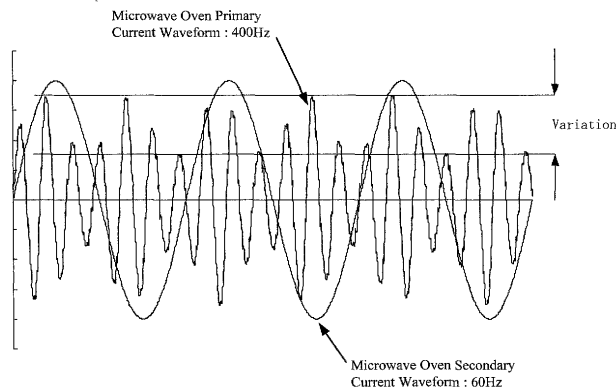


Fig. 3 Current Waveform

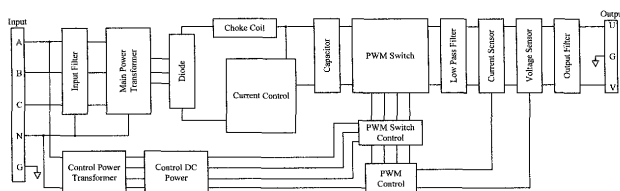


Fig. 4 Converter Block Diagram

この変動は変換器内で 60Hz を生成するために直流変換を行っている電荷量が電子レンジの瞬時消費電力で変動し、直流電流に供給している電流値が変動することに起因している。

直流電流の蓄積電荷量は下記図の平滑コンデンサの容量と充電電圧で決まるが、この蓄積電荷量が多いほど、電子レンジの瞬時消費電力変動の影響を小さくすることが出来る。

しかしながら、電子レンジのように負荷が大きく電力が大きくなると低域通過フィルタの素子容量も大きくなるため、大きさや重量の制限が大きく関わる航空機内では一定空間内に変換器構成を構築するためには平滑コンデンサと低域通過フィルタだけでは入りきらないという課題があった。

そこで電流制御回路を変換器内部の直流電源の整流器と平滑コンデンサ間に設け、電子レンジの瞬時消費電力の変動に起因して発生する整流電流の変動を制御し、整流電流の増大時にはそれ以下の電流基準値になるように電流制限を行う。(Fig. 4)

結果として、平滑コンデンサへの充電電圧を抑えることによって整流電流の減少時の電流を電流基準値近くまで引き上げることができ、整流電流をほぼ一定値に押さえ込むことで電子レンジの瞬時消費電力の変動に対する一次電源への影響を緩和させ、変換器への機

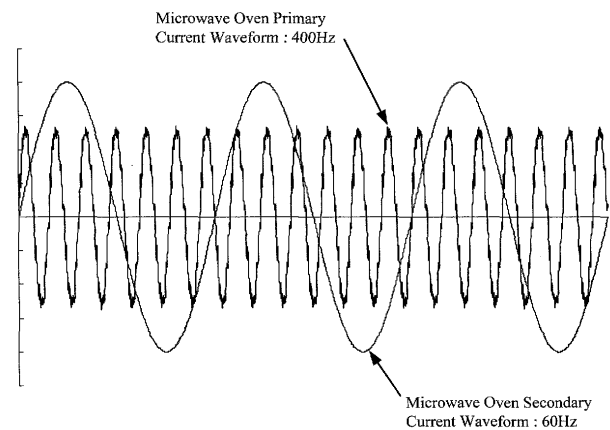


Fig. 5 Current Waveform

体供給電源の要求事項を満足するようにした。(Fig. 5)

この電流制限回路の電流基準値は、電流制御回路の平均動作電圧が基準値より高い場合には電流基準値を上げ、逆に電流制御回路の平均動作電圧が基準値より低い場合には電流基準値を下げるように電流基準値を補正することで電子レンジの平均消費電力と供給電源の電圧値の変化に対応するように作用させ、電流制御回路が自動的に安定な動作点に移行するように制御させている。

この手法により手狭な機器内のスペースに物量的に大掛かりとなるような構成とせずに入れ込むことが出来ている。

4 急減圧での安全装置

航空機が上昇して水平飛行する通常運航高度は、地上 10000m 以上に達する。これに伴い機体内では与圧装置で加圧されるが、地上圧よりは若干低い気圧に保たれている。

機体内に搭載される機器については、こういった通常運航の気圧下で動作をしなくてはならないという要求がある。

従って搭載機器は、この気圧下での影響を受けないよう設計されているが、運航時に更に気圧が低下するような緊急事態の場合においても異常が発生しないことや、場合により自己停止をしなければならないという要求もある。

機内での減圧に関わる事態としては、気圧の制御が出来ずに徐々に機内の圧力が低下してしまうことや、機体に大きなダメージを受けて急激に機体内の圧力が外気圧にまで低下してしまうことが想定される。

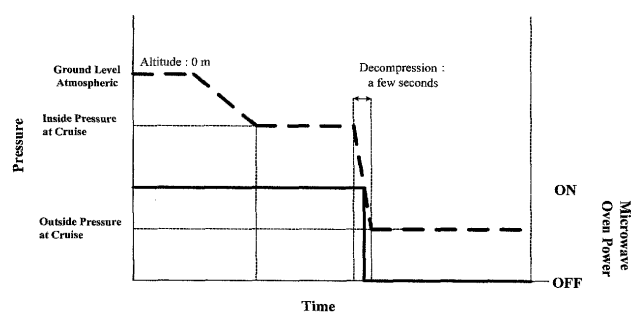


Fig. 6 Pressure Chart in Airplane at Decompression

徐々に圧力が低下する場合には、機内がある一定の圧力で酸素マスクが降下し、飛行に影響しない電源は切ることになるため機器等への影響は少ないが、機内が急激に減圧下に曝されてしまうと電源切断が間に合わずに減圧による影響が出る機器もある。

電子レンジにおいてもある一定の低気圧下ではマグネトロンに出力している高電圧部にて放電が発生し、放電箇所周辺素材を発熱・発煙させる可能性がある。

そのため航空機用の電子レンジでは放電が発生しない程度のある一定の圧力で自動的に電源を落とす機能を搭載している。

気圧センサーの信号をソフトウェア処理することで気圧をモニタし電源回路を制御することは可能であるが、その場合、急減圧時に電源を遮断するという安全機能はソフトウェアの信頼性に頼ることになる。しかしながら物理的に示すことの困難なソフトウェアの信頼性を証明するには開発プロセスやプログラムなど詳細に渡る管理を多数の文書とレビューによって行う必要があり、多大な時間とコストを要する。本電子レンジの開発にあたり、現実的な安全機能と開発プロセスを精査した結果、ソフトウェア制御ではなくハードウェア制御のみで電源を遮断する方法とした。

気圧スイッチに機械式を用いて急減圧時に作動し、規定時間内で電源を遮断する構造に仕上げている。

航空機搭載用電子レンジの急減圧の要求は数秒で高度 15000m に匹敵する気圧に減圧され、地上圧にて再復帰可能であることも確認されないとならないため、Fig. 6 で表されるような試験にて安全性の確認を行っている。

5 結言

新型民間航空機に搭載する電子レンジ開発の一部技術の概略を紹介した。本文ではあまり触れてはいないが、開発に際しては航空機機体メーカーと協議を重

ね、安全性に関するあらゆる観点から確認を行い、それらを裏付けるために通常の開発よりも大幅に時間が掛かることになった。本電子レンジ実現に向けて、開発期間中にさまざまな追加要求が発生する中、要求事項を満足するために根気強く協力頂いた関係会社の方々の尽力によるところは大きい。

航空機は安全性が最優先されるため、それを実現しつつ顧客要求を満足し得る製品をこれからも提供していきたい。