

250W/500W MF/HF無線装置の開発

Development of 250W/500W MF/HF radio equipment

古田 秀次
Shuji Furuta

奥出 健
Takeshi Okude

館森 正樹
Masaki Tatemori

笠井 浩二
Koji Kasai

要 旨

MF/HF無線装置はGMDSS (Global Maritime Distress and Safety System: 全世界的な海上遭難安全システム) に対応した無線装置であり、船舶局同士や海岸局との通信を行うためにSOLAS条約の対象船舶に搭載が義務付けられている。今回、パワーアンプのデジタルバイアス制御、電源の効率・ノイズ・信頼性の改善、アンテナ整合器の耐電圧・保護強化により250W/500W送信出力の高性能・高信頼性の無線装置を開発したので報告する。

Abstract

MF/HF radio equipment is required to install to the SOLAS Convention ships as the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) and is used for communication with ship stations and/or coast stations. JRC has developed the high-performance and high-reliable MF/HF radio equipment by power Amplifier digital bias controlling, Power Supply noise, efficiency, reliability improving and Antenna Tuner withstand voltage, Circuit protection improving.

1. ま え が き

GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System: 全世界的な海上遭難安全システム) は、遭難事故の際に陸上の救助機関 (RCC) や付近を航行中の船舶が遭難警報を受信後、速やかに搜索救助することを目的としている。無線装置により通信可能な範囲が異なるため、下記の様に航行する海域に応じて船舶に備える無線設備が定められている。

- A1海域: VHF海岸局の通信可能範囲 (20~30海里) 内の海域
- A2海域: MF海岸局の通信可能範囲 (100海里) 内の海域
- A3海域: Inmarsat通信衛星の通信可能範囲 (北緯70度~南緯70度) 内の海域
- A4海域: 上記A1~A3以外の海域

DSC (デジタル選択呼出) を搭載したMF/HF無線装置は、主にA2, A3及びA4海域を国際航海する300トン以上の大型船舶が対象となる。今回、中・大型船向けに250W/500W送信出力の高性能・高信頼性の無線装置を開発したので報告する。

2. 装置概要

本装置を構成している表示・操作部、無線部、電源部、アンテナ整合部の4つのユニットの写真を図1に示す。今回の開発では、無線部、電源部、アンテナ整合部の3つのユニットを、送信出力250W及び500W用にそれぞれ新規に開発した。

以下に各新規ユニットの開発概要を示す。

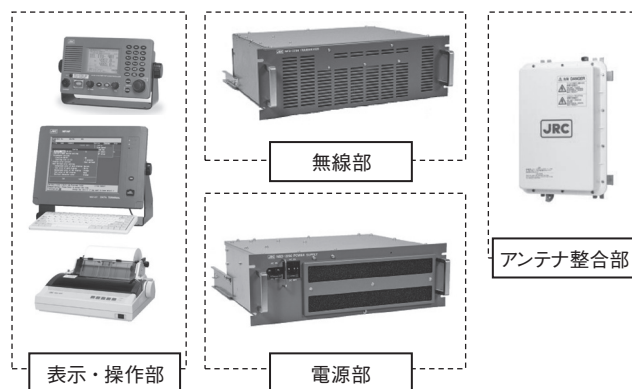


図1 MF/HF無線装置の構成機器

Fig. 1 Components of MF/HF Radio equipment

3. 無線部

モデム部及び送受信部は前モデルのJSS-2150のユニットを使用し、ドライバアンプ部、パワーアンプ部及びLPF部を250W/500W用に新規に開発した。

パワーアンプ部は、低歪み特性を実現するため前モデルと同様のSEPP方式を採用しており、500Wでは250Wのパワーアンプを並列運転することにより所定の出力を得ている。また負荷変動による送信スプリアス特性を改善するため空冷方式のLPFを内蔵している。

3.1 前モデルからの改善項目

無線部では環境温度の変化によるパワーアンプの送信出力変動、RFパワートランジスタ (FET) の特性バラツキに

よる性能への影響低減、出力部の整合状態悪化時の保護強化等を実施した。

3.2 改善方法

前モデルではパワートランジスタのバイアスをアナログ回路により制御していたが、本装置では図2に示すようにデバイスごとにCPUとD/Aにより制御するデジタルバイアス方式を採用した。サーミスタにより得られるパワーアンプ部の温度情報をA/Dコンバータを用いてCPUに取り込み、パワートランジスタの温度特性に一致するバイアス値をCPUで演算し、D/Aコンバータで設定することにより温度変化に伴う性能を向上した。

パワーアンプ部は4個のパワートランジスタを並べて使用している。この場合、各パワートランジスタの温度分布は中心部に配置したパワートランジスタの温度が最も高くなる。よって予めこの温度をパラメータとしてCPUで演算しバイアス値をデバイス個別に制御することにより、パワートランジスタの温度不均衡を改善した。

また、前モデルでは負荷変動が生じた場合、送信出力のみを制御してパワーアンプ部の保護を行っていた。一方、今回のデジタルバイアス方式ではパワーアンプ部の電源電圧、入力電流、送信出力及びSWR値より実際のパワートランジスタの消費電力をCPUで演算し、バイアス値に帰還をかけ、パワートランジスタのジャンクション温度推定値を演算することにより保護動作の信頼性を改善した。

パワートランジスタのバイアス調整値は、パワーアンプ部のEEPROMに保存することにより、交換時の再調整を不要とした。また、パワートランジスタを交換した場合は、自動調整によりバイアス値を設定する機能を追加し保守性を改善した。

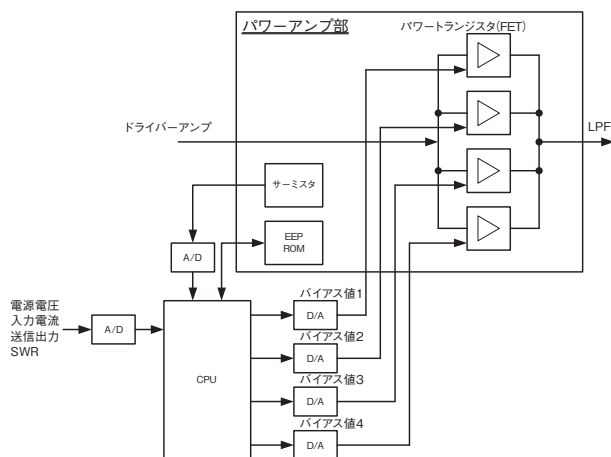


図2 デジタルバイアス方式概略図

Fig. 2 Digital bias control block diagram

4. 電源部

4.1 前モデルからの改善項目

電源部では、効率の改善、受信性能に影響しない様にノイズの低減、信頼性の改善を実施した。

4.2 改善方法

(1) 効率の改善

電源の効率の改善について、出力中はもちろんのこと、待機中の電力削減も重要な課題となっている。

出力中の電源効率の改善に対しては、ソフトスイッチング方式の採用、待機中の電力削減に対しては、無線部との協調動作によるスリープモードを実装することで対応した。

(2) ノイズの低減

ノイズの低減のために、力率改善回路には電流リップルを低減できるインターリーブ方式を採用した。また、後段のDC/DCコンバータにはスイッチングノイズを低減できるソフトスイッチング方式を採用した。さらに、ノイズスペクトラムの管理を容易にするために、各電源ブロックを同期動作させた。また、ノイズの発生源の一つである力率改善回路の整流ダイオードに、逆回復現象のないSiCショットキーダイオードを新規に採用した。

これらの対策を実施したうえで、ノイズ評価によりノイズフィルタの配置場所及びシャーシ構造の最適化をおこなった。

(3) 信頼性の改善

信頼性の改善のため、電解コンデンサについては、温度、およびリップル電流にもとづく寿命を考慮した部品を選択を行い、スイッチングFETについては、ジャンクション温度に十分余裕を持たせた設計とした。

4.3 改善効果

(1) の効率改善により、送信時に約20%、スリープ時も同じく約20%、入力電力を削減した。(2) のノイズの低減により、IEC60945に規定されるEMI限度値に対して約10dBの余裕をもって満足させるとともに、受信感度へのノイズの影響も十分に抑えられた。また(3) の信頼性の改善により、電源部の信頼性が更に向上した。

5. アンテナ整合部

5.1 前モデルからの改善項目

船舶用MF/HF無線装置では船舶の構造上、アンテナは8~10m程度のホイップアンテナか逆L型のワイヤーアンテナを使用しており、そのインピーダンスは送信機出力インピーダンスである50Ωとは大きくかけ離れている。そのため、送信機とアンテナ間に整合器を挿入し、インピーダンスマッチングを行っている。整合器内では図3に示すようにコイルとコンデンサで構成されるマッチング素子を多段的に切り替えることによって各アンテナのインピーダンスに整合させているが、MF/HF無線装置では送信周波数とアンテナの

組み合わせによっては整合部に数kVの高電圧が印加される場合があるため、整合部の耐電圧及び保護機能の強化を実施した。

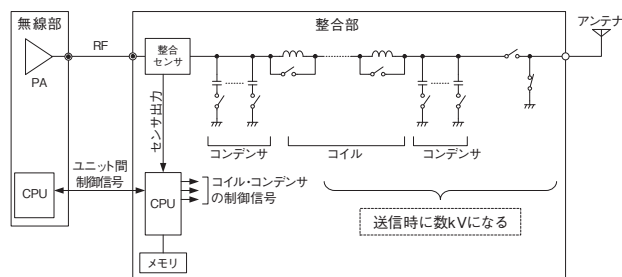


図3 整合部概略図

Fig. 3 Antenna tuner block diagram

5.2 課題に対する改善

(1) 耐電圧の強化

整合回路において、整合素子（コイル，コンデンサ）をON/OFFするリレーのコイルー接点間耐電圧は強化するのが困難な部分である。本開発では、複数のリレーを用いることによりコイルー接点間にかかる電圧を分圧し、リレー回路の耐電圧を強化した。

(2) 保護機能の強化

前モデルにおいて高電圧を監視する機能として高電圧センサを設けていたが、1つの閾値を固定値で設定する方法であり、整合状態によって変化する回路の耐電圧に対して、特定の条件でしか効果が得られなかった。本開発では図4に示す様に、CPUがマッチング素子の組み合わせと周波数の情報を基に高電圧センサでアラームを出す電圧の閾値を可変することにより、状況に応じた回路保護が可能となった。

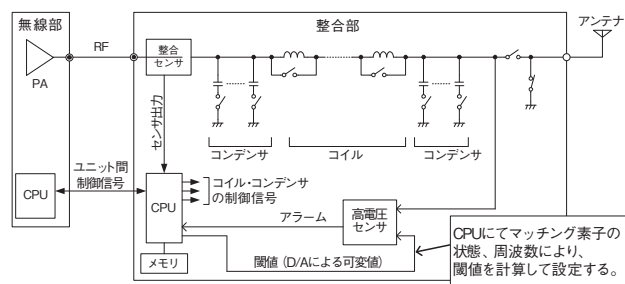


図4 保護強化概略図

Fig. 4 Circuit protection block diagram

5.3 改善効果

(1) の耐電圧強化では約1kVの耐電圧改善が得られ、(2) の保護機能の強化では π 型整合時の保護が強化された。以上によりアンテナ整合部の信頼性が大幅に向上した。

6. あとがき

本装置は通信の品質，信頼性の向上とともにさまざまな運用に対応することを目的に開発した。今後は小型化，高効率化を目指して開発していきたい。

最後に、本装置開発にあたりご指導，ご協力を頂いた関係各位に深く感謝いたします。

用語一覧

DSC: Digital Selective Calling (デジタル選択呼び出し)
 LPF: Low Pass Filter (ローパスフィルタ)
 RCC: Rescue Coordinate Center (GMDSSにおける救助調整本部)
 SEPP: Single Ended Push-Pull (シングル・エンデッド・プッシュプル)
 SiC: Silicon Carbide (炭化ケイ素)