

無線 EJX/YTA 防爆向け高周波技術

RF Technology for EJX/YTA Series Wireless Transmitters in Hazardous Areas

望月 聡*1

Satoshi Mochizuki

近年、防爆エリア内で無線通信を使用したフィールド機器の需要が増加している。プラント現場の金属製配管が複雑に入り組んだエリアにおいては、無線通信を阻害する金属製配管を避けるためにアンテナを通信可能な位置まで移動させる必要がある。また、通信距離が長い井戸元の監視エリアでは、より遠くまで無線信号を飛ばすため高ゲインのアンテナが必要となる。このようなアンテナへの要求を実現するため、防爆エリア内でアンテナやアンテナを延長するために用いるケーブルを自由に交換できる高周波技術と防爆技術を融合するキーコンポーネントを開発した。本稿では、この技術の概要を紹介する。

Recently, demand for field wireless devices that can be used in hazardous areas is increasing. Detachable antennas and extension cables are desirable to ensure good communication conditions if numerous metallic pipes, which can interrupt wireless communications, are present in the area. To monitor wellheads, high-gain antennas are required for long-distance communication because such areas are remotely distributed. To satisfy these demands, Yokogawa has developed a key component by combining high-frequency and explosionproof technologies. This enables antennas and their extension cables to be replaced in hazardous areas. This paper outlines this key component.

1. はじめに

近年、防爆エリア内での無線フィールド機器の運用が本格化しつつある。

当社が既にリリースしている無線差圧伝送器 / 無線温度伝送器は防爆規格に適合している。一方、通常防爆エリアとされるプラント現場は金属性のタンクやパイプが乱立し、後述するように遮蔽や反射によって無線通信にとっては厳しい環境になることが多い。当社の無線フィールド機器は、本特集号の別稿「フィールド無線の信頼性と安定性」で説明しているとおり、“Reliable Radio”（高信頼無線）を技術コンセプトとし、このような厳しい環境においても優れた通信信頼性を確保できている。しかし、プラント現場の条件は千差万別であり、無線フィールド機器の設置位置の自由度も限られることから、通信品質がどうしても確保できない状況が発生する場合がある。

これを解決するために、無線フィールド機器のアンテナの設置位置に自由度を持たせることが有用となる。その手段の1つとして、アンテナを右の図1のように延長

することが有効であるが、従来はこれを防爆エリア内で実現することは制約事項が多く非常に困難であった。



図1 無線 EJX アンテナ接続外観図

今回、高周波技術と防爆技術を融合させる新しいキーコンポーネントを開発し、防爆エリアのアンテナ交換を可能にした無線フィールド機器を発売した。この技術は、無線中継器の数はできるだけ削減したいという要求にも

*1 IA-MK 本部 事業企画部

応えることができ、フィールド無線システムのトータル
の省電力化やコストダウンにも貢献する。本稿では、こ
のアンテナを実現したコンポーネントについて紹介する。

2. リモートアンテナの必要性

無線フィールド機器を設置するプラントは、金属、コ
ンクリートなど無線電波を反射、散乱、回折、屈折、更
には遮蔽しやすい物質を使用して建設されるケースが多
い。無線フィールド機器は監視・制御対象の場所に固定
され、設置位置の自由度はほとんどない。このため金属
構造物等が無線フィールド機器の周囲を取り囲んでいる
図2に示すような環境下では、直接通信ができない場合
が考えられる。特に差圧伝送器の場合は、設置位置は地
面に近い場所が多く、地面からの反射などが無線通信に
悪影響を及ぼすことが考えられる。プラント現場でアン
テナのタイプが変更できることや設置位置を最適な場所
に移動できること（以下、リモートアンテナ）は、“無線
通信の安定性”を向上させることにつながる。



図2 無線フィールド機器の設置環境例

また、無線フィールド機器とルーター・ゲートウェイ
などの間で信号を送受信する際の通信ルートを選択性が
向上する。さらに通信経路の選択の自由度が向上するこ
とにより、特定の無線フィールド機器に負荷が集中する
のを避けることが可能となり、データトラフィックの問題
を予防するとともに、電池寿命を延長することが出来る。

以上のことから、リモートアンテナ技術が無線通信の
信頼性向上につながり無線中継器を削減できると考える。
しかしながら、防爆エリア内でアンテナの延長、交換を
実現するためには、防爆規格で要求される複雑な制約を
克服する必要がある。

3. アンテナ交換・延長を実現する具体的手段

防爆エリア内でアンテナの設置位置を変更したり、ア
ンテナ自体を交換したりするためには、無線フィールド
機器の高周波出力ポートに RF (Radio Frequency) コネク

タを実装し、同軸ケーブルを用いてアンテナを延長すれ
ば良いということではない。高周波特性を満足すること
はもちろんの事、各種防爆規格に依存する多くの制約を
同時に克服するために何らかの手段が必要であった。1
つの共通コンポーネントを用いることで防爆および高周
波が抱えるすべての課題を解決することができれば効率
的であり、機種をまたいだコンポーネント利用が容易と
なる。また、同時にこのコンポーネント自体にかかるコ
ストも抑える必要がある。そのため、以下の点を考慮し
て共通コンポーネントの開発を行った。

3.1 考慮すべき点

- 取り除くべきリスク：
 - チップコンデンサやチップコイルなどの集中定数を用いて信号やリターンを分離することで生じるコンデンサの温度依存性による通信距離への影響。
 - アンテナやアンテナを延長するケーブル、またコンデンサ両端に接続されるコンポーネントの負荷変動による通信距離への影響。
 - チップコンデンサの内部構造が変化したときに生じる通信距離への影響。
- 帯域外のノイズ成分を除去するため、高周波フィルターを別途実装する必要があるが、これはコストアップとなること。
- ノイズ除去フィルターで帯域内のロスが増加し、出力レベルが減少することによる無線通信距離の低下。
- 設計保証を考えるとなしに無線信号を伝送させること。

3.2 リモートアンテナを実現した高周波キーコンポーネント

防爆エリアでリモートアンテナを実現するため、図3
のような高周波等価回路を検討した。この等価回路をデ
ィスクリット部品で構成すると、出力特性を保証するた
めには高周波信号特有の現象である寄生素子成分の振
舞いをパーツごとに押さえておかなければならない。ま
たこの場合、高周波特性は各パーツ内部の物理的構造と
材質に大きく左右されるため、将来、部品変更が発生し
、部品の内部構造が変わった際の高周波特性に与える影
響を考慮した設計保証は、実際には不可能である。従っ
て、図4に示すような分布定数を用いて設計保証した。

高周波信号を伝送する方式としては、高周波信号ライ
ンとその信号のリターン回路からなる GND (Ground) と
で構成されるマイクロストリップライン構造で伝送する
方式が一般的である。またリターン回路をリファレンス
として期待するストリップライン構造、或いはコプレー
ナ構造を用いた伝送方式も安定した高周波特性を生み出
す方法として良く知られている。

しかし、3.1 項で示した特徴すべてを1つの回路に盛

り込もうとすると、上述したような一般的構造による高周波伝送方式では実現が困難であるため、カップルライン構造を採用することにより信号を伝送した。結果として、高効率電力伝送と高安定伝送の両立を実現することに成功した。図4に、実際に開発した分布定数回路を示す。使用した基材は安価なガラスエポキシ（FR-4）を採用し、層構成についても一般的な層構成で製造できるように配慮した。

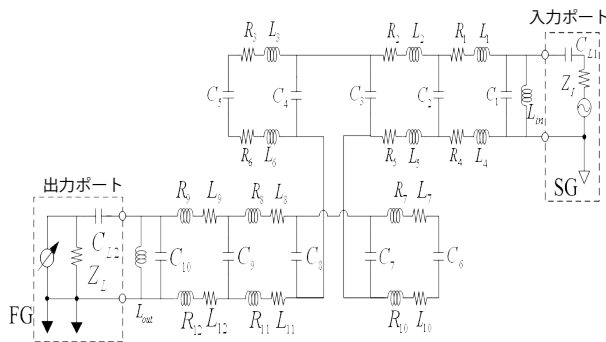


図3 等価回路

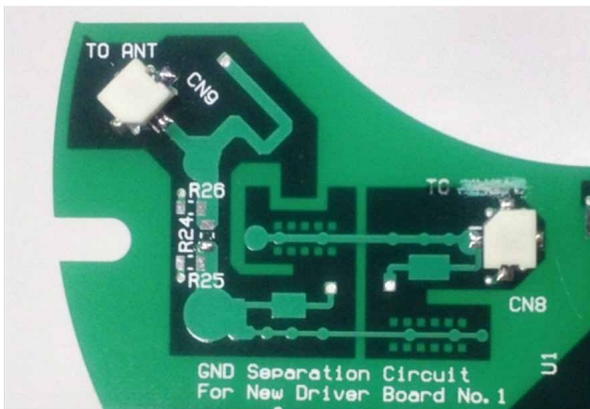


図4 設計した分布定数回路

3.3 主な回路の特徴

リモートアンテナを実現した回路の代表的な特徴を以下に示す。

- 通信帯域外の高周波外来ノイズを広帯域に阻止するRFフィルター機能を有すること。
- シグナルGNDとフレームGNDを完全に分断していること。
- 通常状態では信号ラインは直流的にフレームGND電位とするショートスタブ機能を有すること。
- 帯域内損失を押さえることと、チップ部品を使用しないことで、温度依存性の低減、通信可能距離の拡大、通信安定性に貢献すること。
- GND分離技術により、アンテナ延長に用いる同軸ケーブル、同軸アレスタ、アンテナはすべて汎用品が使用

可能となること。

- 分布定数回路で実現しているため、部品コストが発生しないこと。
- 負荷変動による影響を極力なくすることで他機種への展開が可能となること。

3.4 高周波特性と磁界特性制御

図4に示した分布定数回路の高周波特性を図5～図7に示し、高効率電力伝送を実現する磁界制御概念図について図8に示す。

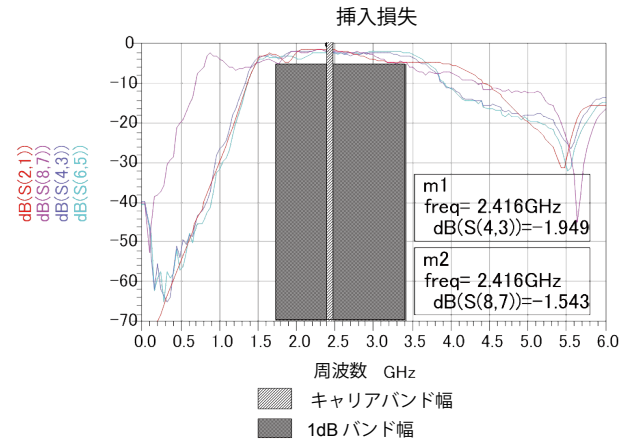


図5 分布定数回路のS21特性

図5、図6それぞれに示す通過帯域内損失特性、反射特性のように、基板製造誤差や各種RF部品の歩留りからくる高周波特性への悪影響を考慮し、キャリアバンド幅に対して1dBバンド幅を大きく確保した。また、EMS (Electromagnetic Susceptibility) に代表されるような外来ノイズが入力されやすいアンテナ入出力部分においては、ノイズに対する耐性を強化するため、1GHz以下の遮断特性について、急峻なHPF (High Pass Filter) 特性を持たせた。更に帯域内ロス特性は小さく抑える事に成功した。

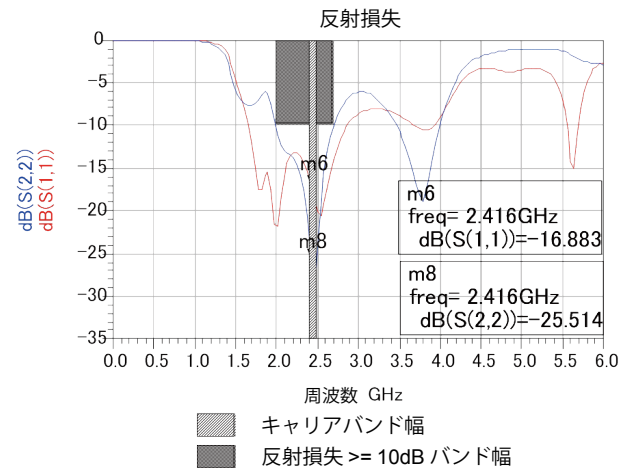


図6 分布定数回路の反射特性

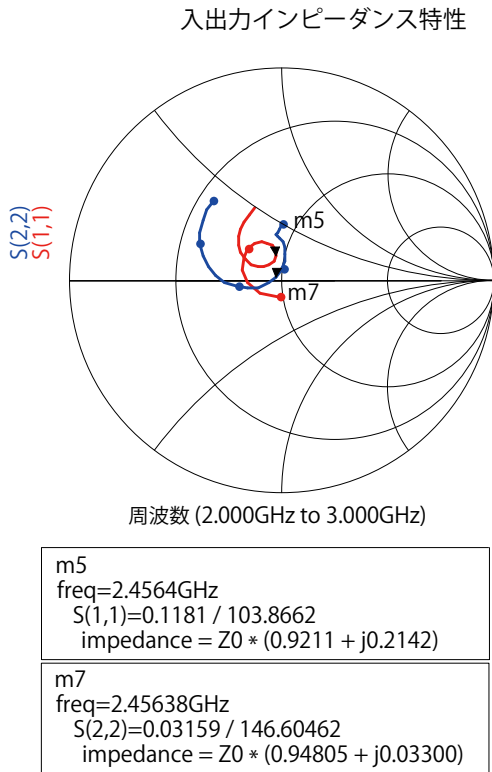


図7 入出力インピーダンス特性

図7に示す入出力インピーダンス特性について、歩留りを含めたインピーダンス整合率は、特性インピーダンス 50 Ω に対して ± 10% 以内に押さえた。分布定数回路上の高周波表面電流がもたらす磁界特性については、高周波伝送効率が最大となるように制御することにより初めて、高効率高周波電力伝送回路が実現できる。図4に示した磁界制御に必要な分布定数回路上の表面電流特性を図8に示す。図中の矢印の大きさは表面電流の強さを表す。

このコンポーネントを採用することにより防爆規格で要求される複雑な制約を克服ことができ、防爆エリア内でアンテナの延長、交換を実現することができた。

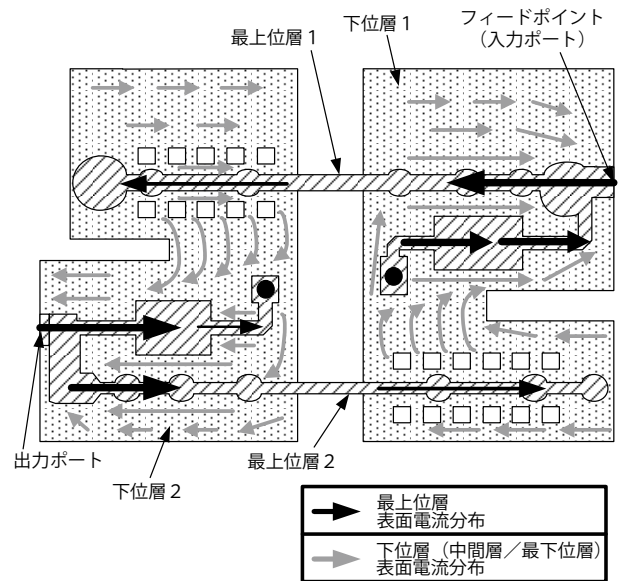


図8 高周波表面電流分布

4. おわりに

無線フィールド機器は、防爆エリアでの運用を強いられる性格の製品であるため、防爆規格と無線技術それぞれが有する様々な規格、あるいは法律的制約や技術的困難をブレイクスルーしなければならなかった。本稿で示したような横河電機独自の高周波回路設計技術を、さらに数多く防爆規格と融合させることにより、今までにない新たな付加価値を創造し、業界をリードしなければならないと考える。また、これを出来る限り早く実現し、お客様の利益に還元していくことを念頭に、今後とも製品開発を行っていく。

* E/JX, YTA は横河電機株式会社の登録商標です。