

5.8 GHz 帯整流回路の検討

日大生産工(院) ○水野 誓也 日大生産工 関 智弘, 新井 麻希
NTT ドコモ 岡崎 浩司, 鈴木 恭宣

1. まえがき

現在、マイクロ波方式を用いた長距離無線電力伝送実現のために様々な検討が行われている[1]-[2]。マイクロ波無線電力伝送システムは、発電した電力をマイクロ波に変換して送電アンテナから受電アンテナと整流回路から構成されるレクテナに向け送電する。受電したマイクロ波は整流回路によってマイクロ波から直流に再変換(RF-DC変換)して、エネルギー源とするシステムである。検討内容としては、ドローン等への無線給電や次世代通信向けの基地局のSWIPT化等がある。これらを実現するためには送電技術、受電技術ともに要素技術の開発が必要である。送電技術としては、空間伝搬損失の影響を低減するために送電用アンテナの構成法や狭ビームを用いた送電法の検討を行う必要がある。受電技術としては、システム効率を改善するための受電アンテナの構成法の検討や整流回路の変換効率の高効率化などがあげられる。そこで、本検討では、受電技術である変換効率の改善を目標とした整流回路の設計に取り組む。先行研究では、変換効率の改善のために、半波整流から全波整流に変換するための回路構成が検討されている[3]。これらの検討以外にもさまざまな検討が行われているが、新たにコンデンサを実装する必要が出ることや、高周波においては部品の選択や実装歩留まりが悪くなるなどの課題が生じている。そこで、本稿では、5.8 GHz整流回路の一部に高インピーダンスマイクロストリップ線路(MSL)による簡易な直流電力フィードバック用の線路を装荷することによりRF-DC変換効率を改善する手法を提案する[4]。

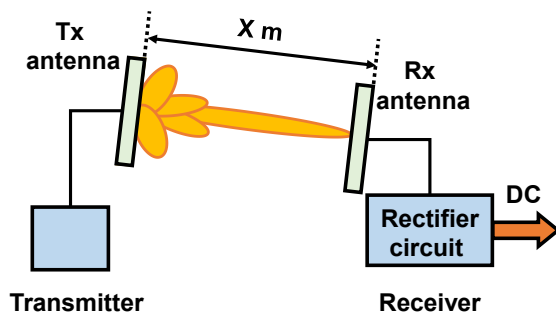


Fig. 1 無線電力伝送システムイメージ

2. ハイインピーダンスライン付き整流回路

筆者らが提案するフィードバックライン付き整流回路構成をFig. 2に示す。当整流回路は、F級負荷を持つシングルシャント整流回路に直流電流を帰還するためのフィードバックラインを装荷した整流回路である。設計には高周波回路シミュレーター(ADS)を用いて行った。使用周波数は5.8 GHz帯である。使用基板は、日本ピラー工業のNPC-H220A(基板厚 $h_x = 0.5 \text{ mm}$, 銅箔厚 $t = 0.028 \mu\text{m}$, 比誘電率 $\epsilon_r = 2.19$, 誘電正接 $\text{loss tan } \delta = 0.0006$)、ダイオードには Agilent Technologies の HSMS-2822を想定している。また、ダイオードのパラメーターをTable 1に示す。

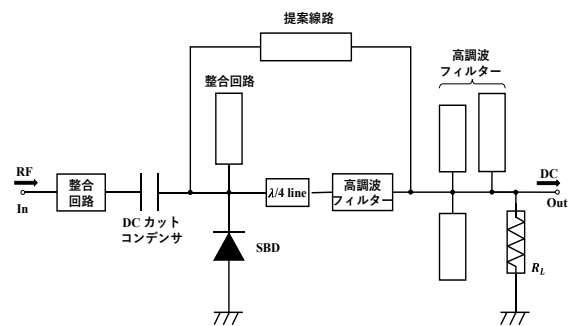


Fig. 2 整流回路構成

Table 1 ダイオードパラメーター

Parameter	Value	Unit
Reverse breakdown voltage	B_V 1.5	V
Junction capacitance	C_{j0} 0.7	pF
Band gap voltage	E_G 0.60	eV
Reverse breakdown start current	I_{bv} 0.1	mA
Saturation current	I_S 22	nA
Emission factor	N 1.08	-
Series resistance	R_S 8	ohm
Junction inclination factor	M 0.5	-

Study on Rectifier circuit for 5.8 GHz-band

Seiya MIZUNO, Tomohiro SEKI, Maki Arai, Hiroshi OKAZAKI and Yasunori SUZUKI

3. 解析結果

本稿で提案しているハイインピーダンスライン付き整流回路の特性を明らかにするため、回路シミュレーターを用いて解析を行った。まず、ハイインピーダンスラインの特性インピーダンスを $Z_0 = 100 \text{ ohm}$, $Z_0 = 150 \text{ ohm}$, $Z_0 = 200 \text{ ohm}$ とした時のRF-DC変換効率を計算した。計算した結果を Fig. 3 に示す。この時、ハイインピーダンスラインの長さは、 $L = 44.3 \text{ mm}$ 、負荷抵抗の大きさは、 $R_L = 250 \text{ ohm}$ であった。同図から分かるように、 $Z_0 = 100 \text{ ohm}$ 、入力電力が 19 dBm 以上になったときからRF-DC変換効率の改善率が低くなった。また、 $Z_0 = 150, 200 \text{ ohm}$ の場合は、入力電力が約 23 dBm までRF-DC効率が上昇した。次に負荷抵抗 R_L を 100 ohm から 300 ohm まで変化させた場合のRF-DC変換効率を Fig. 4 に示す。同図から分かるように $R_L = 250 \text{ ohm}$ の時に最高効率が得られる。以上の計算結果から $Z_0 = 250 \text{ ohm}$ 、入力電力 23 dBm の時に最高効率が得られ、RF-DC変換率は 69.3% となった。次にハイインピーダンスライン付き整流回路と従来構成のRF-DC変換効率を Fig. 4 に示す。同図から分かるように従来構成の変換効率に比較して、 15.1% の効率改善を得ることが出来た。

4. まとめ

本稿では、RF-DC変換効率改善のためのハイインピーダンスライン付き整流回路を提案した。当整流回路は、F級負荷を持つ整流回路にハイインピーダンスラインを装荷することによってRF-DC変換効率を改善する整流回路である。ハイインピーダンスラインの特性インピーダンスを $Z_0 = 150 \text{ ohm}$ 、ハイインピーダンスラインの長さを $L = 44.3 \text{ mm}$ 、負荷抵抗を $R_L = 250 \text{ ohm}$ 、入力電力 23 dBm とした時に最大効率 69.3% となり、従来構成に比較して 15.1% の改善を得られることが分かった。

「参考文献」

- 1) I. Mikami, T. Mizuno, A. Yamato, H. Ikematsu, H. Satoh, K. Nakamura, N. Shinohara, K. Hashimoto and H. Matsumoto, "Study on SPS with satellites in formation flight and high sensitivity rectenna," ISRSSP'07, pp.153-156, 2007.
- 2) N. Shinohara and H. Matsumoto, "Experimental Study of Large Rectenna Array for Microwave Energy Transmission," IEEE Trans. Microwave Theory Tech, vol.46, pp.262-268, Mar.1998.

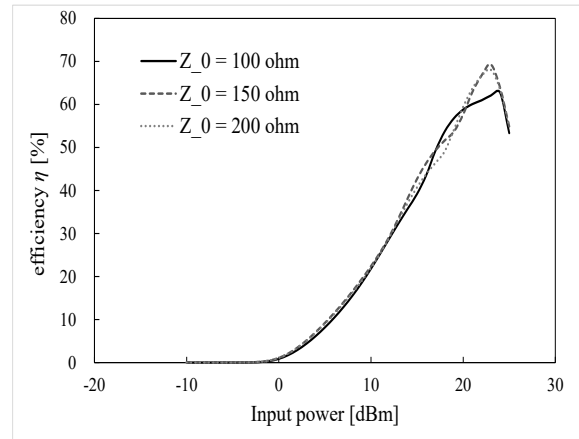


Fig. 3 RF-DC 変換効率(Z_0 を変化させた場合)

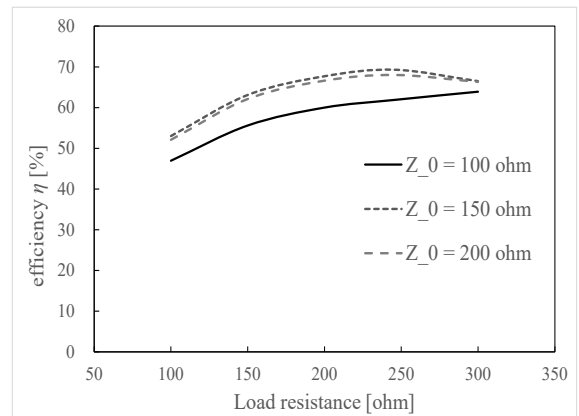


Fig. 4 RF-DC 変換効率(R_L を変化させた場合)

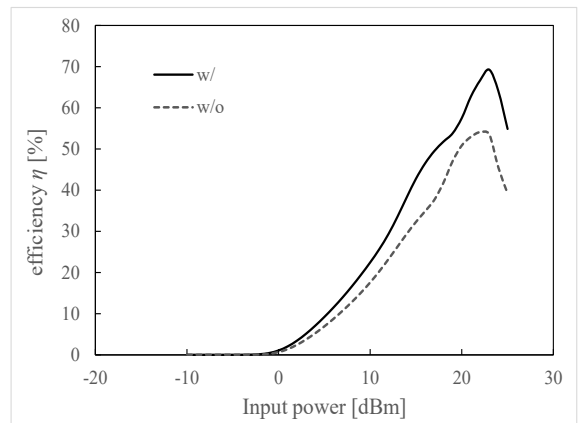


Fig. 5 RF-DC 変換効率(ラインの有無)

- 3) Ce Wang, N. Shinohara and T. Mitani, "Study on 5.8-GHz Single-Stage Charge Pump Rectifier for Internal Wireless System of Satellite," IEEE Trans. Microwave Theory Tech, vol.65, pp.1058-1065, Apr.2017.
- 4) R. Kashimura, T. Seki, K. Sakaguchi, K. Nishikawa, "Rectifying Circuit with High Impedance Microstrip Line for Wide Dynamic Range Characteristics," WPTC2017, May 2017.