

PV モジュールのバスバー形状を変更した時の共振周波数に関する検討

A Study on the Resonance Frequency of PV Module in case of Changing the Bus Bars Shape

田附功行¹⁾

指導教員 米盛弘信¹⁾

1) サレジオ工業高等専門学校 産業応用研究室

キーワード：PV モジュール・MPPT・放射ノイズ・メアンダライン-アンテナ

1. はじめに

近年、再生可能エネルギーである太陽光を利用した太陽光発電が注目されている。しかし、太陽光発電設備から AM ラジオ帯などに干渉する電磁波が発生し、電波障害を引き起こしているとの報告が挙がっている^[1]。同電磁波は、PV モジュールのバスバーがアンテナ化して発生していることが指摘されている^[1]。そこで、本研究では電磁波放射を抑制する一提案として、PV モジュールを平面蛇行アンテナの一種であるメアンダライン-アンテナと考え、電磁波の放射を抑制することである。先の報告^[2]では、PV モジュールをメアンダライン-アンテナに等価可能であるかの検討を行った。結果として、PV モジュールのバスバーがメアンダライン-アンテナに等価できる可能性を示唆した。

本稿では、PV モジュールのバスバー形状を変更したときの共振周波数を明らかにし、電磁波放射の抑制に関する知見を述べる。

2. PV モジュールのアンテナ化

PV モジュールから発生する電磁波ノイズの原因は、MPPT のスイッチング動作であるとの報告がある^[3]。MPPT 動作によってスイッチングノイズが発生すると PV モジュール表面のバスバーがアンテナとなり、電磁波が放射される。また、PV モジュールの面積が大きくなるに従い、ノイズのレベルが高くなるため、メガソーラーなどの大型設備では影響が大きいと指摘されている^[3]。

3. メアンダライン-アンテナ技術の応用

図 1 にメアンダライン-アンテナの構造、図 2 に PV モジュールの上面図を示す。アンテナの構造条件は、アンテナ長を L [m]、アンテナ幅を W [m]、折り曲げの段数を $2n$ [回]、導線径を b [m] としたとき、以下の(1)式で与えられる^[4]。

$$Wn \log \frac{L}{nb} = \frac{\lambda}{4.29} \left(\log \frac{2\lambda}{b} - 1 \right) \quad \dots \dots (1)$$

筆者らは、PV モジュールのバスバーとメアンダライン-アンテナの形状が似ていることから、PV モジュールをメアンダライン-アンテナに等価できないかと考えた。

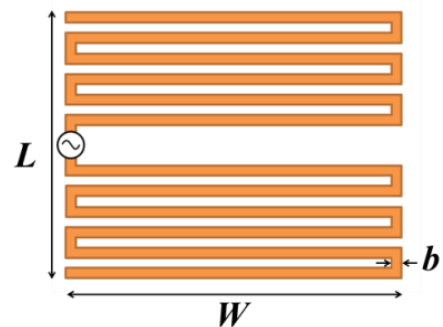


図 1 メアンダライン-アンテナの構造

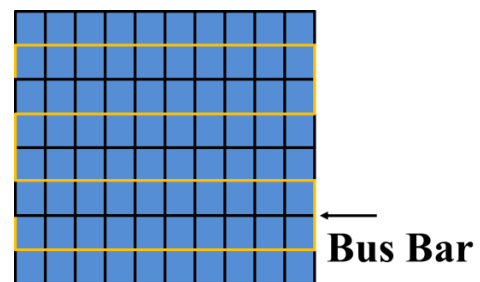


図 2 PV モジュール上面図

4. 実測値による検証

先の報告^[2]では、PV モジュールから放射された磁界波形の FFT 分析結果と PV モジュールをメアンダライン-アンテナに等価したときに算出される共振周波数の比較を行った。図 3 に磁界測定器で測定した磁界波形の FFT 分析結果を示す。図 3 より FFT 分析結果では、約 144MHz の周波数でノイズレベルが高くなっていることがわかった。また、実験で使用した PV モジュールのバスバー形状から算出した共振周波数は 139MHz となった。すなわち、誤差率は約 3.6%であり PV モジュールはメアンダライン-アンテナと等価と考えられる可能性を示唆した。

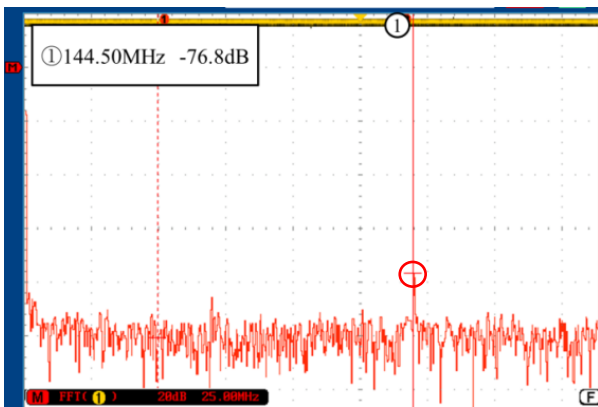


図 3 磁界波形の FFT 分析結果
(20dB/div, 25.0MHz/div)

5. バスバー形状と共振周波数

先行研究^[2]より、PV モジュールとメアンダライン-アンテナが等価できる可能性が示唆された。そこで、バスバー形状の異なる 5 種類の多結晶シリコン PV モジュールで共振周波数の検討を行った。表 1 に(1)式で算出した各 PV モジュールの共振周波数を示す。表 1 より、市販の PV のモジュールのバスバー形状でも共振周波数に変化することが

わかった。式(1)より、折り曲げの段数、アンテナ幅、アンテナ長が大きくなると共振周波数は低くなるため、共振周波数を低く設計することで放射される電磁波が伝搬しにくくなると考えられる。

6. まとめ

本稿では、PV モジュールのバスバー形状を変更したときの共振周波数を明らかにした。その結果、バスバー形状を変更することで共振周波数をシフト可能であることがわかった。バスバーを伝播するノイズや空間中の電波周波数と PV モジュールの共振周波数が一致すると送受信アンテナとして動作することが考えられる。したがって、バスバー形状を変更することで共振周波数を低域側へシフトし、空間伝搬しにくい状況にする必要がある。

今後は、放射効率の観点からバスバーの段数、長さ、幅を変更した際に電磁波放射が抑制可能か実機を用いた検証をする予定である。

参考文献

- [1] 杉下農樹：「周囲のラジオにノイズが！ 原因は“パネル内配線のアンテナ化”」,
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20140603/355862/?ST=msb>
- [2] 田附功行, 米盛弘信：「PV モジュールから放射されるノイズの低減を目的としたアンテナ技術の応用」平成 29 年度電気設備学会全国大会講演論文集, pp.533-534(2017)
- [3] 堤 淳祥, 原田和郎, 石原好之, 戸高敏之：「DC-DC コンバータ接続時における太陽電池パネルの放射ノイズ特性」, 信学技報, EE99-59, pp.39-44(2000)
- [4] 山田吉英：「メアンダライン-アンテナの設計と測定」, 小形/超小形アンテナの設計/製作/測定法, RF ワールド, No.14, CQ 出版, pp.40-41(2015)

表 1 各 PV モジュールの共振周波数

No.	Maximum Power P [W]	Number of Step $2n$ [Times]	Width W [m]	Length L [m]	Breadth b [m]	Frequency f [MHz]
1	10	5	0.205	0.333	0.002	168
2	12	5	0.280	0.330	0.003	132
3	15	3	0.384	0.240	0.003	139
4	15	3	0.500	0.200	0.003	125
5	20	2	0.620	0.180	0.003	138