

PVインバータの研究

草川 正人(M1) 輿石 浩吉(B4) 桜井 康弘(B4)

1. トランスレス昇圧型インバータの開発

1.1 目的

AC モジュールを用いた太陽光発電システムは従来型のシステム構成に比べ多くの利点があるため、近年欧米を中心に普及が進んでいる。AC モジュールの大部分は太陽電池の裏面に小型インバータ(MIC: Module Integrated Converter)が取り付けられている。そのためシステムを構成するモジュールの数だけMICが必要になる。これらのインバータは高性能・高信頼性であると共に経済性に優れ、小型・軽量化すべきである。太陽電池モジュールの出力電圧と交流出力電圧階級とはそのまま整合が取れないので、現在使われているMICの多くは変圧器を用いている。この変圧器を小さくするためにインバータ主回路に高周波発振・整流の回路が必要であり、回路構成が複雑になる。

この問題を解決するために、本研究では回路構成が簡単な昇圧型 DC-DC コンバータを改良した小型インバータの製作を行い、性能・特性の評価を行っている。

1.2 回路構成および動作原理

図1に開発中のインバータの主回路を示す。この回路は単一電源から両極性電圧を取り出すことのできる極性逆転型 DC-DC コンバータを改良したものである。

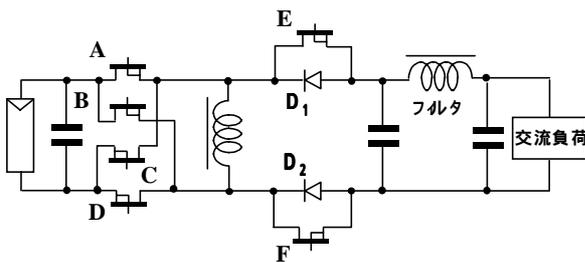


図1 トランスレス昇圧型インバータの主回路

スイッチ A・B は PWM で駆動される。この PWM の ON 時間 (T_{ON}) と OFF 時間 (T_{OFF}) を制御することによりインダクタンスに蓄えられるエネルギー量が変化するため、入力電圧 V_i と出力電圧 V_o は式 (1) の関係で表される。

$$V_o = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}} V_i \quad \dots (1)$$

この特性を利用することにより比較的広い範囲の入力電圧に対して電圧整合が可能である。スイッチ C・E、D・F は 50Hz で交互に切り替わる。

このインバータの容量は 50W で設計した。

1.3 基本性能の評価

開発中の昇圧型トランスレスインバータを独立運転し、基本性能評価を行った。

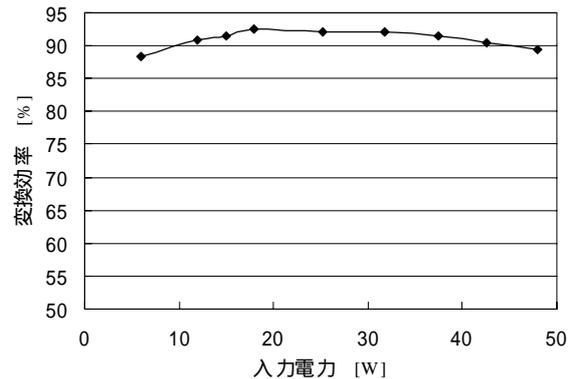


図2 電力変換効率

入力電圧 60V の時の変換効率を図2に示す。定格容量の 20~90% の範囲で効率 90% を超えることが分かる。昇圧比 4~5 倍までこの効率曲線と同等の性能が期待できる。

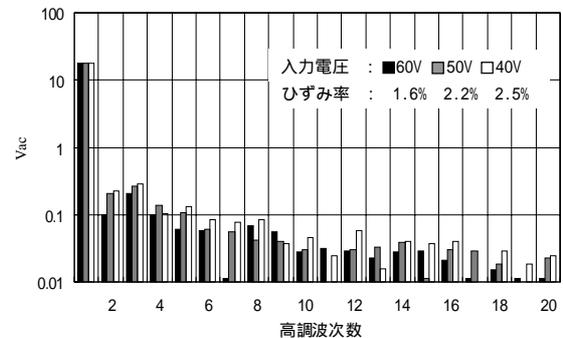


図3 独立運転時の各次高調波電圧 (25W)

図3に入力電圧を変化させたときの各次高調波電圧を示す。昇圧比の増加に伴いひずみ率(THD)も増加するものの3%以下の値である。

1.4 まとめ

本研究で提案するトランスレス昇圧型インバータは回路構成が簡単であり小型・軽量化が望め、基本性能も従来型 MIC と同等であることを示した。今後、系統連系用制御を追加することにより、AC モジュール用小型インバータとして有望なものになると考えられる。

2 . MPPT 制御の評価

2 . 1 研究目的

PV システムには数々の出力の低減要因が存在する。これらの一つに MPPT 制御ミスマッチ損失がある。実際得られる FT データから MPPT 制御ミスマッチ損失は数%にもなっておりその原因は解明されていない。

本研究では、その MPPT 制御ミスマッチを起こす条件を解明することを目的とする。

2 . 2 研究方法

MPPT 制御に着目し、評価を行った。動作点と最大電力点とのずれによる電力低下率を表す負荷整合補正係数を次式で定義した。

ここで、 P_{in} は動作点における発電電力、 P_{max} は最大電力点における発電電力である。

$$K_{pm}[\%] = \frac{\sum P_{in}}{\sum P_{max}} \times 100$$

本研究で用いた MPPT 制御法は、山登り法(3点電力検出法)を用いた。この制御法は3点の電力値を比較することで動作点を最大電力点に近づける制御法である。1990年3月の日射データを用い、この電力値を求める時間間隔を変化させたときの K_{pm} の変化を調べた。

2 . 3 シミュレーション結果

時間間隔の違いによる K_{pm} の変化のシミュレーション結果を図1に示す。

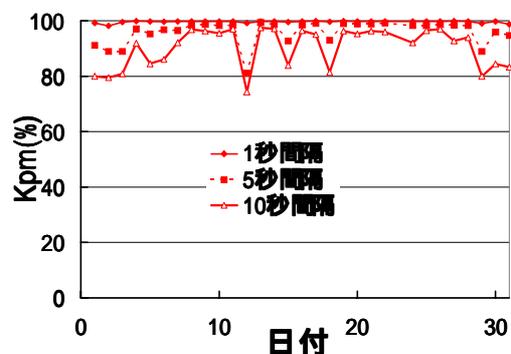


図1 時間間隔別による K_{pm} の変化

月間の K_{pm} の平均値は、1秒間隔で 99.6%、5秒間隔で 96%、10秒間隔で 90.4%となった。

2 . 4 結論

電力値を検出する時間間隔を大きくするとその間一定電圧制御になり、損失が生じていることが分かった。

今後、本研究で用いた制御法で実験を行い、シミュレーション結果と比較していく。また、さらに他の MPPT 制御法でシミュレーションを行い制御法別に評価していく。

3 . アレイ分布定数回路シミュレーション

3 . 1 研究目的

太陽光発電アレイにおける雷サージに対する対策として、アレイの接地について、シミュレーションにより検討していく。

3 . 2 研究方法

アレイの静電容量の分布状態を調べ、モデルを考えそのモデルでシミュレーションすることによってアレイの接地について検討していく。

モジュールには EVA など充填剤が誘電体となり静電容量が分布している。またセルは pn 接合でできているため接合容量がある。まず、その静電容量の分布を実験と計算で求めることにした。測定したモジュールは裏面シートにアルミ箔が使われておりアルミ箔とフレームは電気的に接続されていないものである。

3 . 3 実験結果

実験と計算で求めたアレイのモデルを図1に示す。 C_d はセルの接合容量で約 $2\mu\text{F}$ 、 C_1 はセル - アルミ箔間の静電容量で約 20nF 、 C_2 はアルミ箔 - フレーム間の静電容量で約 1nF と求まった。

アルミ箔とフレームが電気的に接続されたモジュールの場合は図1の C_2 が短絡されたものと考えることができる。

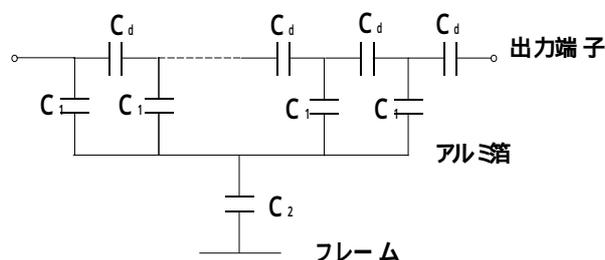


図1 モジュールのモデル

3 . 4 まとめ

実験結果よりアルミ箔とフレームの電気的接続の有無によって対地容量の大きさは大きく変化することがわかる。またセルの接合容量は対地容量に比べて大きいことがわかった。

図1のモデルの妥当性をパルス応答など測定することにより検討する。そしてアレイのモデルを分布定数回路として考えサージ伝搬をシミュレーションしアレイの接地について検討していく。