平地研究室技術メモ No.20090831

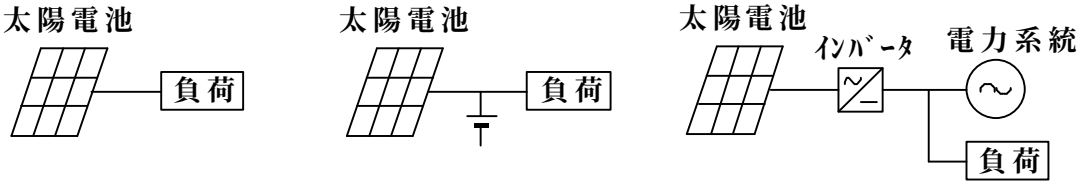
連系インバータの基本

（読んでほしい人：パワエレ初心者）

2009/8/31 舞鶴高専 平地克也

■連系インバータとは

平地研究室技術メモ No.20090708「太陽光発電システムの基本」（2009 年 7 月 8 日）で太陽光発電には３種類のシステム構成があることを説明しました。図１に示すように、「単独システム」と「自立システム」と「連系システム」の３つです。そして、CO_2 削減の有力な手段として近年急速に普及しつつあるのが連系システムであることを説明しました。このシステムでは太陽電池が発電した直流の電力をインバータで交流に変換して電力系統に供給する必要があります。このインバータを「連系インバータ」と言います。連系インバータは単に直流を交流に変換するだけではなく、後述するように電力を高度に制御することにより連系システムを適切に動作させています。今回の技術メモでは連系インバータに要求される様々な機能を説明します。



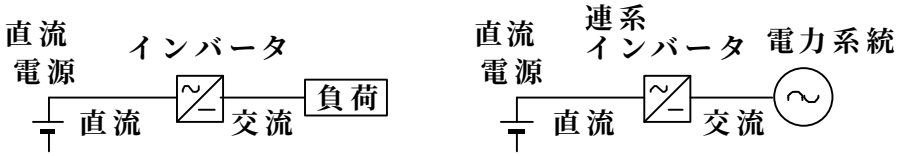
(a) 単独システム　(b) 自立システム　(c) 連系システム

図１　太陽光発電のシステム構成

■連系インバータは電流を制御する

図２(a)に示すように、通常のインバータは直流電源の電力を交流に変換して負荷に供給します。負荷は家電製品や工場設備など様々ですが、全てインバータが作った電力を消費します。インバータは負荷が要求する適切な電圧を出力する必要があるのでインバータの制御対象は出力電圧となります。出力電流は負荷の特性に応じて必然的に決定され、インバータは制御できません。

一方、連系インバータは図２(b)のように電力系統が接続されます。電力系統は独自の電圧と周波数を持っているので連系インバータの出力電圧は必然的に電力系統によって決まります。よって、連系インバータの制御対象は出力電圧ではなく、出力電流となります。このように、連系インバータは通常のインバータとは異なり、電圧ではなく電流を制御する、という大きな特徴があります。



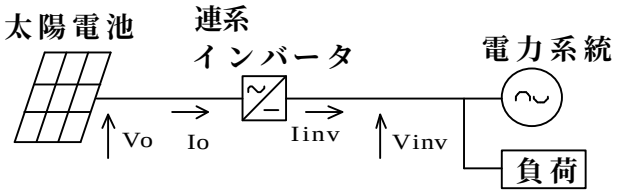
(a) 通常のインバータ　(b) 連系インバータ

図２　インバータの接続

■最大電力点追尾機能

図３に太陽電池の特性を示します。太陽電池の出力電圧 Vo と出力電流 Io の間には図３(b)の関係があります。Io が 0A の時 Vo は最大値 Voc となります。Io が増加すれば Vo は減少します。Vo が Vop の時に太陽電池の出力電力 P は最大値 Pm となります。P が最大になる点を最大電力点と言います。詳細は平地研究室技術メモ No.20090629「太陽電池の基本」（2009 年 6 月 29 日）を参照下さい。

太陽光発電システムを有効に利用するためには太陽電池は常に最大電力点で動作するように制御しなければなりません。この制御を最大電力点追尾（MPPT：Maximum Power Point Tracking）と言います。前記のように、連系インバータは出力電流 Iinv を制御する機能があるので次のようにして MPPT を実現します。



(a) 連系システムの電圧と電流

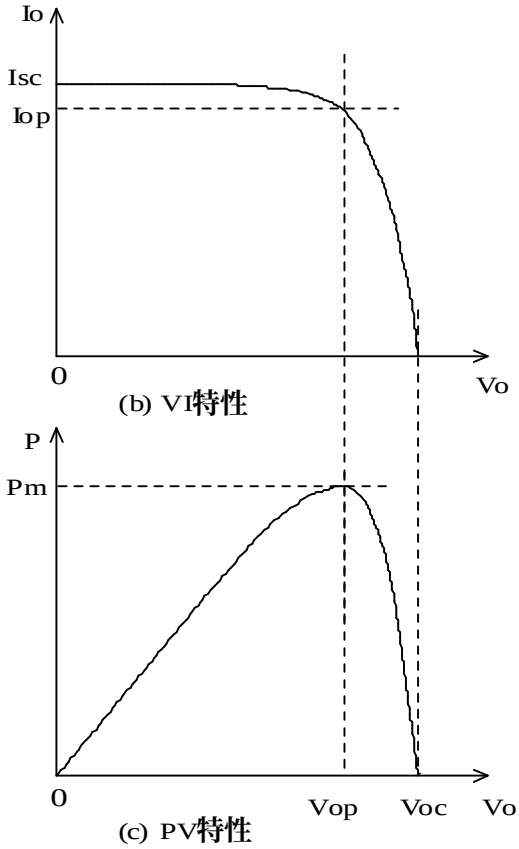


図３　太陽電池の電圧、電流、電力

Vo＞Vop の時： Iinv を大にする → Io が大になる → Vo が小になる → Vo＝Vop となる
Vo＜Vop の時： Iinv を小にする → Io が小になる → Vo が大になる → Vo＝Vop となる

Vop が常に一定の値であればこの制御はあまり難しくはありません。しかし、Vop の値は温度によってかなり変動します。日射量によっても少し変化します。環境が変化しても MPPT を正確に実現するには高度な技術が必要であり、いろんな方式が開発されています。インターネットで「MPPT」で検索すればいろんな製品や論文がヒットします。

■単独運転の防止

図４に太陽光発電システムを備えた住宅と電力系統を示します。例えば柱上変圧器を修理しようとする場合、作業員の安全確保のために電力系統の遮断機を OFF して停電させます。しかしながら、太陽光発電を行っている住宅があると遮断器を OFF しても停電するとは限りません。天気が良ければ遮断機を OFF しても連系インバータが電力を供給しているでしょう。その場合作業員は危険にさらされることになります。

このように電力系統に連系インバータが接続されていると「停電させても停電しない」という状態

が発生します。この状態を連系インバータの単独運転といいます。単独運転は大変危険なので決して発生させてはなりません。つまり、連系インバータは、電力系統が停電すればそれを確実に検出して自分の運転を停止する、という機能が必要です。

「いかなる場合も停電を検出する」ということはなかなか難しい技術です。太陽電池の発電電力と電力系統の消費電力がたまたま釣り合っていると停電しても電圧は変化しません。よって、単純に電圧をモニターするだけでは停電検出はできません。そこでいろんな方法が開発されているのですが、１つだけの方法でいかなる場合も停電を検出することは困難、と考えられています。そこで、実用化されている連系インバータは性質の異なる 2 つ以上の方法を組み合わせて停電検出を行っています。

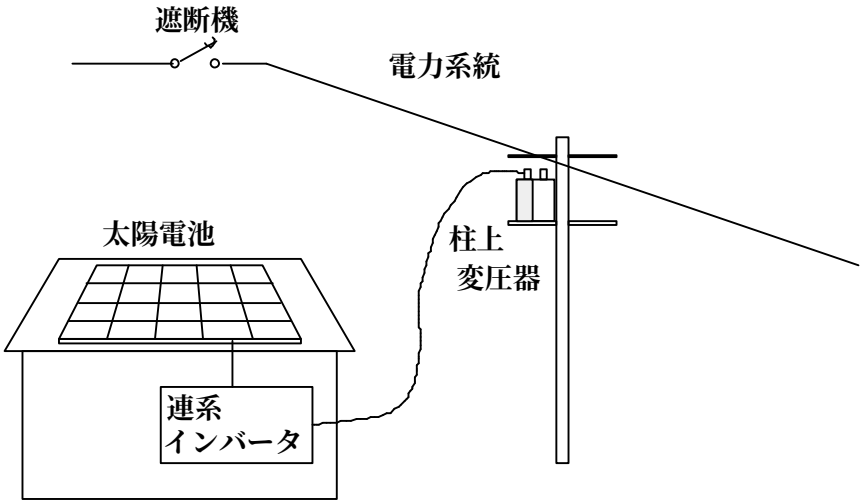


図４　太陽光発電システムを備えた住宅と電力系統

■その他の機能

その他、連系インバータには次のような機能があります。

＜高調波電流抑制機能＞連系インバータは出力電流を制御できますが、単にその大きさを制御するだけでなく、出力電流が歪みのない完全な正弦波になるように制御しなければなりません。

＜電圧上昇抑制機能＞連系インバータがあまり大きな電流を出力すると電力系統の電圧が上昇してしまうことがあります。そこで、進相無効電力を制御する、という方法で電圧の上昇を抑制します。

＜漏洩電流の抑制＞太陽電池と大地の間には大きな浮遊容量があります。連系インバータは回路構成を工夫してこの浮遊容量に大きな漏洩電流が流れないようにする必要があります。

＜小型軽量低価格＞電気製品は常に小型軽量低価格が求められます。連系インバータも例外ではありません。様々な高度な機能を満足させながら小型軽量低価格を実現するのはなかなか大変です。より良い回路方式、制御方式を求めて沢山の開発が行われています。特許電子図書館で「連系インバータ」で検索すれば沢山の特許がヒットします。

以上