

光伏并网逆变器最大功率点跟踪 MPPT 设计

张旭, 张鹏, 余峰, 梁星星

(武汉船用电力推进装置研究所, 武汉 430064)

摘要: 对于光伏并网逆变器, 最大功率点跟踪 MPPT 设计是一项关键内容。本文从太阳能电池阵列理论模型出发, 在分析其物理特性及数学模型基础上, 提出几种 MPPT 方法。结合光伏并网逆变器理论分析及实际的光伏系统的试验运行, 提出一种合理可行、指标优化的 MPPT 方法, 即改进的 CVT 启动变步长扰动观测法, 试验结果显示该最大功率点跟踪可使光伏阵列稳定工作在最大功率点附近, 证明了设计的正确性。

关键词: 光伏并网逆变器 太阳能电池阵列 最大功率点跟踪

中图分类号: TM914 文献标识码: A 文章编号: 1003-4862 (2013) 11-0062-03

Design of the Maximal Power Point Tracking for Photovoltaic Grid-connected Inverter

Zhang Xu, Zhang Peng, Yu Feng, Liang Xingxing

(Wuhan Institute of Marine Electric Propulsion, Wuhan 430064, China)

Abstract: For the grid connected photovoltaic inverter, the maximal power point tracking(MPPT) is a key content for the design. This paper analyzes the physics and math model of PV array, presents several method of MPPT method and the modified CVT Perturbation and Observation method. The experimental results show that the MPPT design makes the PV array working beside the MPP, and the design is effective.

Keywords: grid connected photovoltaic inverter; PV array; MPPT

0 引言

在光伏发电系统中, 光伏并网逆变器是关键设备, 其性能直接关系到系统性能的好坏。对于光伏发电系统来说, 系统效率是一个关键指标, 因而, 为了提高系统效率, 尽可能地输出更多的电能, 在光伏并网逆变器设计中, 其最大功率跟踪(Maximum Power Point Tracking, MPPT)是一个重要设计内容, 必须在保证系统稳定可靠的情况下, 使光伏系统输出最大的电能, 因此MPPT的设计好坏直接关系到光伏发电系统的性能优劣。

本文从太阳能电池阵列理论模型出发, 在分析其物理特性及数学模型基础上, 提出几种 MPPT 方法。结合光伏并网逆变器工程设计及实际的光伏系统的试验运行, 提出一种合理可行、

指标优化的MPPT方法, 其结果在10 kW、100 kW 太阳能光伏并网发电系统上得到验证。

1 太阳能电池阵列的理论模型分析

1.1 光伏电池阵列的物理数学模型

一般情况下, 太阳能电池阵列是由一系列太阳能电池单板组成, 而太阳能电池单板是由一定数量的最小功率的光伏电池串、并联起来的, 光伏电池的基本物理结构是能够将光能转换为电能的PN结, 光伏电池基本等效电路模型如图1。

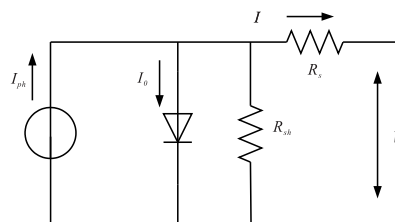


图1 光伏电池等效模型

光伏电池基本等效电路模型主要由几部分组成: 光生电流源、二极管、串联电阻和并联电路

收稿日期: 2012-07-02

作者简介: 张旭(1981-), 男, 工程师。研究方向: 自动化。

模型等。光伏电池的数学模型可以等效为：

$$I = I_{ph} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + R_s I)}{nkT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad (1)$$

其中： I -光伏电池输出电流（工作电流）； V -光伏电池输出电压（工作电压）； I_{ph} -光生电流； I_0 -二极管反相饱和电流； q -电子的电荷量（ $1.6 \times 10^{19} C$ ）； R_s -光伏电池的串联电阻； n -二极管特性因子； k -玻耳兹曼常数（ 1.38×10^{-23} ）； T -光伏电池温度； R_{sh} -光伏电池的并联电阻。

1.2 光伏电池阵列的电气特性

在实际的工程应用中，需要着重了解的是光伏电池阵列的外特性，即其电气特性。由光伏电池的物理数学模型及实际的工程测试数据可以得到光伏电池在各种环境条件下的 $I-V$ 及 $P-V$ 特性曲线图。

总体上讲，光伏电池与电池温度 T 及光照的辐射条件 S （光照度）关系较大，这两种因素是影响电池的光伏电气特性的最主要的因素。

1.2.1 光伏电池阵列的 $I-V$ 曲线

一般情况下，光伏电池的开路电压受光伏电池温度 T 的影响较大。光伏电池的温度越高，则在相同的辐射条件 S 下光伏电池的开路电压越低，反之，光伏电池的温度越低，则在相同的辐射条件 S 下光伏电池的开路电压越高。

在相同的光伏电池温度 T 的条件下，光伏电池的短路电流受辐射强度 S 的影响，辐射强度越高，则光伏电池的短路电流越大；辐射强度越小，则光伏电池的短路电流越小^[1]。不同电池温度及光照度条件下的电池电气 $I-V$ 曲线如图 2、图 3。

1.2.2 光伏电池阵列的 $P-V$ 曲线

对于光伏电池来说，其功率电压曲线 $P-V$ 是一条更重要的特性曲线。光伏电池的输出功率等于光伏电池的端口输出电压与端口输出电流的乘积， $P-V$ 曲线可以通过 $I-V$ 曲线求得，工程实际的 $P-V$ 曲线如图 4、图 5。

光伏电池的输出功率受光伏电池温度 T 以及太阳辐射强度 S 的影响。在相同的辐射条件 S 下，光伏电池的温度越高，则光伏电池的开路电压越低，输出功率越小；反之，光伏电池的温度越低，则光伏电池的开路电压就越高，输出功率越大。

在相同的光伏电池温度 T 下，照射到光伏电池上的辐射强度 S 越强，则光伏电池的短路电流就越高，输出功率越大；辐射强度越低，则光伏电池的短路电流越低，输出功率越小。

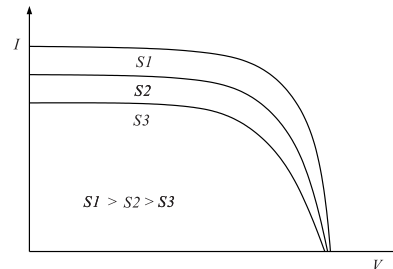


图2 不同光照条件下I-V曲线

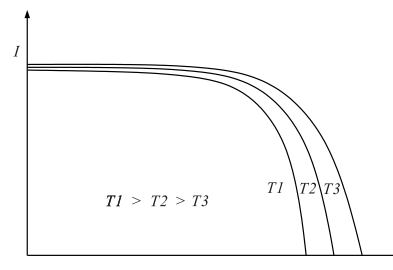


图3 不同温度条件下I-V曲线

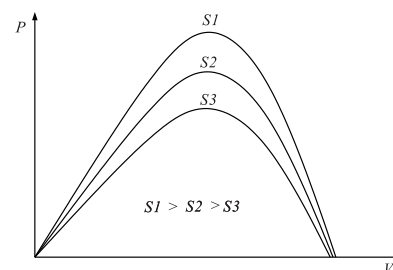


图4 不同光照条件下P-V曲线

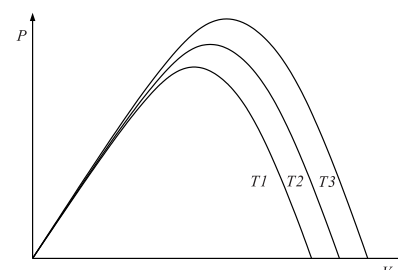


图5 不同电池温度条件下P-V曲线

1.3 小结

在实际光伏系统中，光伏电池的输出功率往往同时受到温度 T 及太阳辐射强度 S 变化的影响。温度 T 的增加使得光伏电池的输出功率产生减小的趋势，辐射强度 S 的增加使得光伏电池的输出功率产生增大的趋势，光伏电池的实际输出功率是与这两种因素密切相关的。

