

基于模拟定位电路的多峰值 MPPT 方法

葛俊杰, 赵争鸣, 袁立强, 胡仙来

(清华大学 电机系 电力系统及发电设备安全控制和仿真国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 针对局部遮荫或者不同特性光伏组件组合的光伏发电系统, 提出一种基于模拟定位电路的多峰值最大功率点跟踪方法。采用硬件模拟定位电路和软件数字控制算法相结合的方式, 先利用定位电路在极短的时间内准确地找到多峰值情况下的全局最大功率点, 再选择相应的控制算法进行跟踪调节和保持稳定, 最终实现光伏发电系统的最大功率输出。与传统功率曲线扫描方法相比, 该方法不需要使用高速的 AD 转换电路, 对后级控制电路的扰动小, 并且对系统工作效率的影响也非常小。仿真和实验的研究结果表明所提方法易于实现, 稳定可靠。

关键词: 光伏; 发电; 模拟定位电路; 多峰值; MPPT

中图分类号: TM 615

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.10.003

0 引言

近年来, 我国的光伏发电产业不断发展, 并逐步进入实用阶段, 人们对光伏发电技术的研究也不断深入, 取得了众多成果。其中光伏系统常规的单峰值最大功率点跟踪 (MPPT) 控制技术已经较成熟, 如扰动观察法、导量增加法和模糊控制法等, 都已经能取得较为满意的控制效果^[1-3]。但当遇到局部遮荫或者不同特性的光伏组件组合等情况时, 光伏阵列的输出功率会出现多峰值的现象^[4-5], 可能导致常规的 MPPT 方法陷入局部峰值点, 而非全局最大功率点, 所以多峰值情况下的 MPPT 方法也备受关注。

研究人员已经在多峰值的 MPPT 方法上做了不少研究。M. Miyatake 等人提出了 Fibonacci 搜索法^[6-7], 当其用于多峰值的 MPPT 控制时, 通过变化搜索范围能准确地找到全局最优点, 但其搜索速度较慢, 不具有很大的实用性。T. Noguchi 提出了短路电流脉冲法^[8], 利用光伏阵列的短路电流和最大功率点输出电流的比例关系来确定最大功率点, 易于实现, 具有实用性, 但对后级电路影响大, 功率曲线扫描时间长。K. Kobayashi 等人提出了两阶段控制法^[9], 通过开路电压和短路电流来近似得到等效负载线, 第 1 阶段找到等效负载线上最大功率点的邻域, 第 2 阶段向最大功率点靠近, 方法简单, 控制灵活, 但需要在线测量开路电压和短路电流。其他控制算法的应用在拓扑或复杂度上也受到了很大的限制^[10-13]。

本文在分析光伏阵列的多峰值特性和动态特性

的基础上, 提出一种基于模拟定位电路的多峰值 MPPT 方法, 先利用模拟电路的高速度在很短的时间内完成最大功率点的定位, 再选择相应的控制算法迅速向最大功率点靠近和保持稳定。与传统的功率曲线扫描的方法相比, 该方法并不需要使用高速的 AD 转换电路, 对后级控制电路的扰动很小, 并且对整个系统的工作效率的影响也非常小。仿真和实验的研究结果表明这种方法实现简单, 稳定可靠。

1 光伏阵列的多峰值特性和动态特性

1.1 多峰值特性

光伏电池是一种能够吸收太阳光并将其转换为电能输出的半导体装置, 一般情况下单个光伏电池的静态等效电路如图 1 所示。

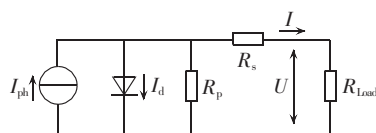


图 1 静态等效电路

Fig.1 Static equivalent circuit

相应的静态输出特性可以用式 (1) 表示:

$$I = I_{ph} - I_d \left\{ \exp \left[\frac{q(U + R_s I)}{AKT} \right] - 1 \right\} - \frac{U + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

其中, I_{ph} 是光生电流; I_d 是反向饱和电流; q 是电子电荷; A 是二极管品质因子; K 是波尔兹曼常数; T 是光伏电池的绝对温度; U 是输出电压; R_s 是光伏电池的串联电阻; I 是输出电流; R_p 是光伏电池的并联电阻^[14-15]。

光伏电池的输出特性会受到温度和光照的影响, 在不同的光照强度和环境温度下, 光伏电池的输出特性是有差异的。当光伏电池通过串联和并联的方式构成光伏阵列, 若其中部分电池被云、建筑物等阴影遮挡时, 会使其光照和温度与其他部分出现不

收稿日期: 2012-12-17; 修回日期: 2013-08-21

基金项目: 台达环境与教育基金会电力电子科教发展计划重点资助项目 (DREM200902); 国家电网公司科技项目

Project supported by Power Electronics Science and Education Development Program of Delta Environmental & Educational Foundation (DREM200902) and the Project of the State Grid Corporation of China (SGCC)

一致,输出特性也会不一样^[16],从而导致整个光伏阵列的 $I-U$ 曲线呈现多阶梯状,如图 2(a)所示,其 $P-U$ 曲线上也会出现多个峰值,即有局部极值点,如图 2(b)所示。

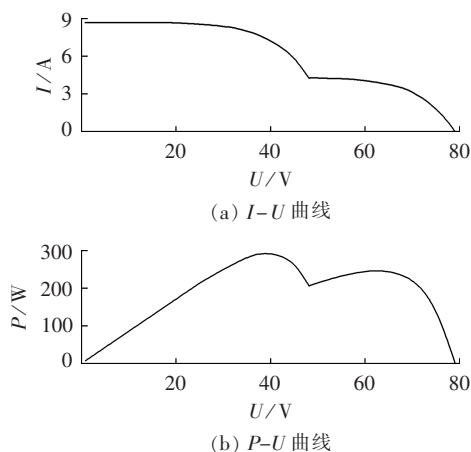


图 2 阴影遮挡时的 $I-U$ 和 $P-U$ 曲线

Fig.2 $I-U$ and $P-U$ curves in partially shaded condition

1.2 动态特性

当光伏阵列的输出突然变化时,需要考虑光伏阵列的动态输出特性,特别是其电容效应。光伏电池简单的动态等效电路如图 3 所示^[17]。

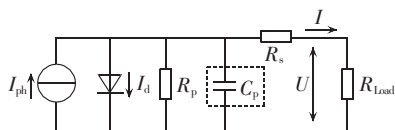


图 3 动态等效电路

Fig.3 Dynamic equivalent circuit

这种动态等效电路与一般的静态等效电路的区别就在于多了一个并联等效电容 C_p ,相应地其动态输出特性可以用式(2)表示:

$$I = I_{ph} - I_d \left\{ \exp \left[\frac{q(U + R_s I)}{AKT} \right] - 1 \right\} - \frac{U + R_s I}{R_p} - \frac{C_p [d(U + R_s I)]}{dt} \quad (2)$$

光伏阵列的动态等效电路的时间常数也可以用式(3)表示:

$$\tau = \frac{C_p R_p (R_s + R_{Load})}{R_p + R_s + R_{Load}} \quad (3)$$

只要测量光伏阵列特性曲线所用的时间大于其时间常数,考虑动态特性时测量得到的光伏阵列的输出特性就基本是正确的^[17]。

2 模拟定位电路的设计

利用光伏电池的动态特性,可以设计一种高速的模拟定位电路,以基于 Buck 电路的光伏系统为例,其结构如图 4 所示。图中 Z 为线路等效阻抗。

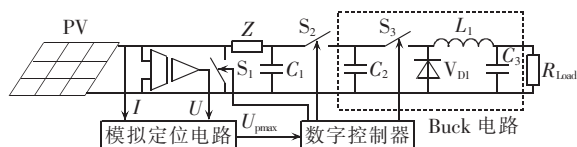


图 4 系统结构图

Fig.4 System structure

主电路中的 C_1 为测量辅助电容, S_1 和 S_2 为测量控制开关,它们为其中的模拟定位电路提供全范围输出扫描。电容 C_2 及以后的部分为 Buck 电路。

用于最大功率点定位的模拟定位电路主要由 4 个部分组成,如图 5 所示,它们分别是模拟乘法电路、峰值保持电路、比较触发电路和采样保持电路。

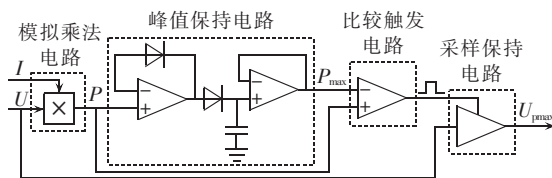


图 5 模拟定位电路结构图

Fig.5 Structure of analog locating circuit

模拟定位电路具体的工作原理如下:先将开关 S_2 断开,此时光伏电池与后级电路及负载脱离, Buck 变换器利用电容 C_2 中存储的能量向负载供电。同时将开关 S_1 导通,此时主电路的工作方式如图 6(a)所示,电容 C_1 和光伏电池被短路,电容 C_1 放电,光伏电池的输出电压由原来的工作电压瞬间降为零。再立即断开开关 S_1 ,开关 S_2 仍然为断开状态,此时主电路的工作方式如图 6(b)所示,光伏电池开始向 C_1 充电,光伏电池的输出电压上升到开路电压值,即光伏电池的输出被全程扫描一遍,扫描的时间由电容 C_1 的大小决定,电容 C_1 越小,扫描的时间越短,可以控制在数十微秒到数百微秒。在这个快速扫描过程中,光伏电池的输出电流和电压值被采样电路送到模拟定位电路,模拟乘法电路将相乘得到的功率值送给峰值保持电路和比较触发电路,比较触发电路再将实时功率值与峰值保持电路保持的之前的最大功率值进行比较,在更大功率值出现后,峰值保持电路更新保持值,比较触发电路则输出一个触发信号给采样保持电路,采样保持电路就会保存相应时间的光

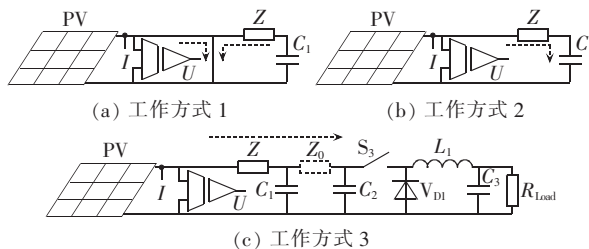


图 6 模拟定位电路工作模式

Fig.6 Working modes of analog locating circuit

光伏电池输出电压值,直到没有更大的功率值出现,最终控制器可以通过 AD 转换电路读取全局最大功率点的电压值。当模拟定位电路工作完成,控制器将开关 S_2 导通,并开始主电路的调节,此时主电路的工作方式如图 6(c)所示,其中 Z_0 为开关 S_2 和线路中等效电阻和等效电感的和,能起到一定的限流作用,也可以考虑串入一个小电感。

由于每次只需要在模拟定位电路工作完成后进行一次 AD 转换,获取最大功率点的光伏电池的输出电压值,而在定位过程中不需要转换,所以其转换频率不会高于常规 MPPT 的控制频率(几赫兹到几百赫兹),整个系统也就不需要高速的 AD 转换电路了。

在只有模拟定位电路工作时,即开关 S_2 断开时,光伏电池没有给负载端供电,但每次模拟定位电路工作的时间很短,如 $100\ \mu\text{s}$,加上工作的频率很低,如 $100\ \text{ms}$ 工作一次,使得最终光伏电池脱离负载的时间比例可以小到 0.1% ($100\ \mu\text{s}/100\ \text{ms}$),所以对整个系统的工作效率的影响会非常小。

在开关 S_2 断开的短暂时间内,电容 C_2 会向负载供电,当开关 S_2 导通时,被充电至光伏电池开路电压的电容 C_1 中的部分能量会向电容 C_2 中转移,但由于一般电容 C_2 会比电容 C_1 大得多,开关 S_2 的导通也不会造成电容 C_2 上电压大的波动,即对后级电路的扰动会很小。

3 多峰值 MPPT 的控制方法

当模拟定位电路完成定位,给出全局最大功率点对应的光伏电池输出电压值后,控制器就根据定位结果来设定参考值进行 MPPT 的调节。

基本的一次多峰值 MPPT 调节过程如下:先关断开关 S_2 ,导通开关 S_1 ,再断开开关 S_1 后,等待 C_1 充电结束,控制器读取定位电路输出,导通开关 S_2 ,最后采用常规算法控制开关 S_2 迅速调节,使光伏电池输出为模拟定位电路输出值,控制其稳定在最大功率点附近,直到下一次多峰值 MPPT 调节。

在考虑模拟定位电路等的误差时,认为测量得到的值在最大功率点的一个小邻域内,可以采用传统的 MPPT 控制方法,如扰动观察法,在邻域中找到最终的最大功率点,并维持在其附近。此时由于已经在最大功率点的附近了,扰动观察法的扰动步长可以选择得足够小,以减少振动及损耗。

常见的多峰值 MPPT 的扫描控制方式一般有 2 种:一种是定周期地大范围扫描;另一种是当输出功率发生较大变化时,认为环境变化,才进行大范围扫描。前一种适用于外界环境变化缓慢的情况,不需要频繁动作,但不能立即对环境的变化做出反应;后

一种适用于外界环境变化较剧烈时,可以很快对环境的变化做出反应,但可能时常动作。考虑到模拟定位电路可以频繁地动作,而且对后级控制电路的影响很小,这里推荐采用第 2 种扫描控制方式,只要环境发生一定变化就立即扫描。

综上所述,可以采用如图 7 所示的多峰值 MPPT 控制方式。

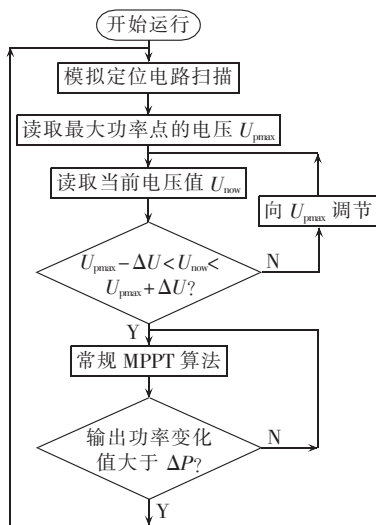


图 7 多峰值 MPPT 控制流程图

Fig.7 Flowchart of multi-peak MPPT control

当检测到前后输出功率的变化值超过一定值,开始控制开关 S_1 和开关 S_2 ,进行最大功率点的定位,接着 Buck 电路快速将光伏电池的输调整到最大功率点附近,再用常规的 MPPT 方法在小范围内追踪和维持最大功率输出,并继续监测实时输出功率的变化情况。

整个多峰值 MPPT 的控制中,对模拟定位电路的控制只是简单的规律动作 2 个开关管,输出调节也是常规的控制算法,因此几乎不会增加整体软件的复杂度。

4 仿真与实验分析

4.1 MATLAB 仿真

在 MATLAB 下进行仿真,来说明这种方法的可行性,并进一步说明工作原理。多峰值的仿真结果如图 8 所示。图中,从上至下分别为开关 S_1 的控制信号 V_{s1} 、开关 S_2 的反向控制信号 V_{s2} 、光伏电池的输出功率 P 、光伏电池的输出电压 U 和模拟定位电路的输出信号 U_{out} 。

可见,在开关 S_2 断开状态下,当开关 S_1 导通时,光伏电池输出电压立即降到零,开关 S_1 再断开后,光伏电池的输出电压逐渐升到开路电压 U_{max} ,而模拟定位电路都能够在电容充电的过程中找到全局最大功率点 P_{max} ,并保留对应的光伏电池输出电压值 U_{pmx0} 。

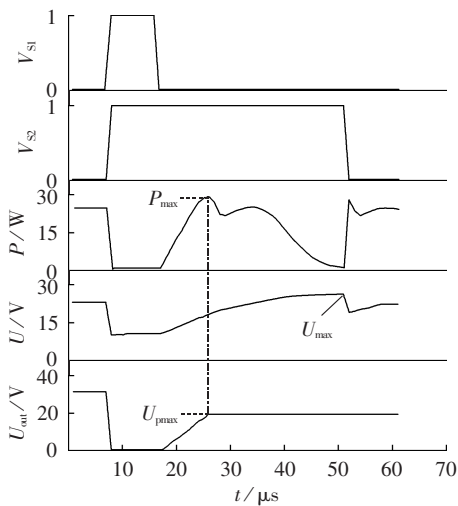


图 8 多峰值仿真结果

Fig.8 Simulative results of multiple peaks

4.2 实验平台试验

本文提出的方法在一个为蓄电池充电的光伏实验平台上得到验证,其中主电路中与光伏电池直接并联的辅助测量电容 C_1 为 $47\text{ }\mu\text{F}$,在 Buck 电路前面的功率解耦电容 C_2 为 $1000\text{ }\mu\text{F}$ 。控制器采用 TI 公司的 32 位定点型 DSP,型号为 TMS320F2812。所采用的光伏阵列由 2 块光伏电池板串联构成,总功率为 150 W ,并且 2 块电池板运行多年,有着特性差异,适合本研究。

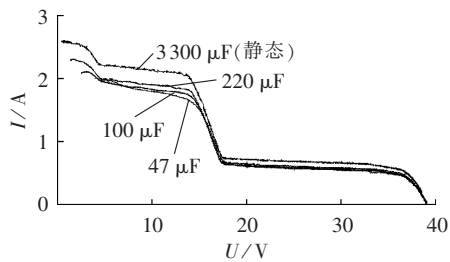
实验时环境温度为 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$,通过用黑布部分遮挡部分光伏电池板的光照来模拟部分遮荫,实现其输出特性的多峰值现象。

由于模拟定位电路的工作时间很短,需要考虑光伏电池的动态输出特性,这里先取不同大小的测量辅助电容 C_1 来测试实验光伏电池板实际的动态输出特性。当电容值分别取 $3300\text{ }\mu\text{F}$ 、 $220\text{ }\mu\text{F}$ 、 $100\text{ }\mu\text{F}$ 和 $47\text{ }\mu\text{F}$ 时,在部分遮荫条件下采用录波仪 DL750 测量计算的实验结果如图 9 所示,其中 $3300\text{ }\mu\text{F}$ 时与静态特性基本一致。

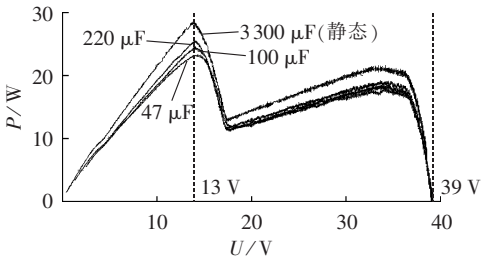
可见在部分遮荫情况下,不同电容负载时光伏电池的输特性曲线形状保持一致,只是幅值不一样,但基本是等比例变化的,即最大功率点对应的电压值是一样的。其中电容越大,幅值越大,这是因为考虑到光伏电池的输电容时,负载电容越大,分流时流过的电流越大。

实验得到模拟定位电路的输出工作波形如图 10 所示,曲线 P 为其中模拟乘法器的输出,等效光伏电池板的输出功率,曲线 U 为模拟定位电路的定位电压输出。

图 10 中上图显示在 t_1 时刻模拟定位电路工作一次后,得到全局最大功率点对应的电压值 U_{pmax} ,随后在 t_2 时刻停止模拟定位电路,输出等效的光伏电



(a) $I-U$ 曲线



(b) $P-U$ 曲线

图 9 不同电容时部分遮荫的 $I-U$ 和 $P-U$ 曲线
Fig.9 $I-U$ and $P-U$ curves in partially shaded condition for different capacitances

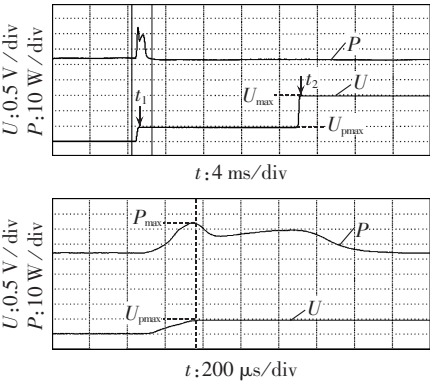


图 10 多峰值实验波形

Fig.10 Experimental results of multiple peaks

池开路电压 U_{max} 。由图 9 可知光伏电池板的开路电压约为 39 V ,最大功率点对应的电压值约为 13 V ,即最大输出电压的近 $1/3$,而图 10 中上半部分的实验结果得到的 U_{pmax} 也确实为 U_{max} 的近 $1/3$,这说明定位结果是正确和可靠的。图 10 中下图是上图矩形框部分的放大图,显示了模拟定位电路工作时的细节,可以明显看到,与仿真结果相一致,模拟定位电路的输出在工作时会找到并保持在全局最大功率点 P_{max} 对应的电压值 U_{pmax} 处。

当全局最大功率点被找到后,Buck 电路就能迅速调节光伏电池输出,并采用小步长的扰动观察法保持稳定,具体调节情况与主电路及其负载特性都相关。

5 结论

本文提出了一种基于模拟定位电路的多峰值

MPPT 方法,将硬件模拟定位电路和软件数字控制算法相结合,来实现如部分遮荫情况下的多峰值的全局最大功率点的跟踪。在理论分析的基础上,搭建了实验平台,进行了仿真和实验,验证了该方法的可行性和可靠性。与传统的功率曲线扫描的方法相比,该方法并不需要使用高速的 AD 转换电路,对后级控制电路的扰动很小,并且对整个系统的工作效率的影响也非常小。总之,该方法以硬件模拟电路为基础,反应迅速,稳定可靠,特别适用于高可靠性要求的小容量光伏系统,如航天卫星的光伏电源等。

参考文献:

- [1] 陈剑,赵争鸣,袁立强,等. 光伏系统最大功率点跟踪技术的比较[J]. 清华大学学报:自然科学版,2010,50(5):700-704.
CHEN Jian,ZHAO Zhengming,YUAN Liqiang,et al. Comparison of maximum power point tracking technologies for photovoltaic power system[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology,2010,50(5):700-704.
- [2] 刘邦银,段善旭,刘飞,等. 基于改进扰动观察法的光伏阵列最大功率点跟踪[J]. 电工技术学报,2009,24(6):91-94.
LIU Bangyin,DUAN Shanxu,LIU Fei,et al. Photovoltaic array maximum power point tracking based on improved perturbation and observation method[J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2009,24(6):91-94.
- [3] 侯世英,殷忠宁,孙韬. 基于单变量检测的光伏电池最大功率点跟踪算法[J]. 电力自动化设备,2012,32(1):19-23.
HOU Shiyang,YIN Zhongning,SUN Tao. MPPT algorithm for photovoltaic cell based on single variable detection[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(1):19-23.
- [4] 丁明,陈中. 遮阴影响下的光伏阵列结构研究[J]. 电力自动化设备,2011,31(10):1-5.
DING Ming,CHEN Zhong. Reconfiguration of partially shaded photovoltaic array[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(10):1-5.
- [5] 卞海红,徐青山,高山,等. 考虑随机阴影影响的光伏阵列失配运行特性[J]. 电工技术学报,2010,25(6):104-109.
BIAN Haihong,XU Qingshan,GAO Shan,et al. Operation mismatches of photovoltaic array considering random shadows [J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2010,25(6):104-109.
- [6] MIYATAKE M,INADA T,HIRATSUKA I,et al. Control characteristics of a Fibonacci-search-based maximum power point tracker when a photovoltaic array is partially shaded[C]//Power Electronics and Motion Control Conference. Xi'an,China:[s.n.],2004:816-821.
- [7] 陈照章,张新亮,王秦伟. 基于 Fibonacci 算法的最大功率追踪法研究[J]. 电力电子技术,2008(5):53-55.
CHEN Zhaozhang,ZHANG Xinliang,WANG Qinwei. A novel maximum power point tracking method based on Fibonacci algorithm[J]. Power Electronics,2008(5):53-55.
- [8] NOGUCHI T,TOGASHI S,NAKAMOTO R. Short-current pulse-based maximum-power-point tracking method for multiple photovoltaic and converter module system[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics,2002,49(1):217-223.
- [9] KOBAYASHI K,TAKANO I,SAWADA Y. A study on a two stage maximum power point tracking control of a photovoltaic system under partially shaded insolation conditions[C]//Power Engineering Society General Meeting. Toronto,Canada:[s.n.],2003:13-17.
- [10] BELLINI A,BIFARETTI S,IACOVONE V. MPPT algorithm for current balancing of partially shaded photovoltaic modules[C]//IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Bari, Italy:[s.n.],2010:933-938.
- [11] CHENG Ze,ZHOU Hang,YANG Hongzhi. Research on MPPT control of PV system based on PSO algorithm[C]//Control and Decision Conference. Xuzhou,China:[s.n.],2010:887-892.
- [12] SYAFARUDDIN,KARATEPE E,HIYAMA T. Artificial neural network-polar coordinated fuzzy controller based maximum power point tracking control under partially shaded conditions[J]. IET Renewable Power Generation,2009,3(2):239-253.
- [13] 刘立群,王志新,张华强. 部分遮蔽光伏发电系统模糊免疫 MPPT 控制[J]. 电力自动化设备,2010,30(7):96-99.
LIU Liqun,WANG Zhixin,ZHANG Huaqiang. Fuzzy-immune MPPT control of PV generation system under partial shade condition[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(7):96-99.
- [14] 周德佳,赵争鸣,吴理博,等. 基于仿真模型的太阳能光伏电池阵列特性的分析[J]. 清华大学学报:自然科学版,2007,47(7):1109-1112.
ZHOU Dejia,ZHAO Zhengming,WU Libo,et al. Analysis characteristics of photovoltaic arrays using simulation[J]. Journal of Tsinghua University:Science and Technology,2007,47(7):1109-1112.
- [15] 陈如亮,崔岩,李大勇,等. 光照不均匀情况下光伏组件仿真模型的研究[J]. 系统仿真学报,2008,20(7):1681-1685.
CHEN Ruliang,CUI Yan,LI Dayong,et al. Study on simulation model of PV module under non-uniform insolation[J]. Journal of System Simulation,2008,20(7):1681-1685.
- [16] 李国良,李明,王六玲,等. 阴影遮挡下空间太阳电池串联组件输出特性分析[J]. 光学学报,2011,31(1):236-241.
LI Guoliang,LI Ming,WANG Liuling,et al. Analysis of output characteristics of super cells serial module with partial shading [J]. Acta Optica Sinica,2011,31(1):236-241.
- [17] SEAPAN M,LIMSAKUL C,CHAYAVANICH T,et al. Effects of dynamic parameters on measurements of IV curve[C]//Photovoltaic Specialists Conference. San Diego,USA:[s.n.],2008:1-3.

作者简介:

葛俊杰(1987-),男,湖北汉川人,博士研究生,主要研究方向为电力电子与电机控制(E-mail:gejunjie1359@163.com);

赵争鸣(1959-),男,湖南邵阳人,教授,博士研究生导师,主要研究方向为电力电子与电机控制。

兆瓦级全功率风电并网变流器功率组件设计

杨 捷¹,金新民¹,吴学智¹,梁小广²,宋高升²,尹靖元¹

(1. 北京交通大学 电气工程学院,北京 100044;

2. 三菱电机机电(上海)有限公司,上海 200245)

摘要: 在考虑交流电流纹波的基础上,提出了一种估算精度高的功率损耗简单分析方法;直流电容温升与电容电流纹波密切相关,考虑功率组件间杂散参数对电容纹波电流分布的影响,提出了一种分析电容纹波电流的简单方法。最后,设计了包含功率器件、散热器、直流电容、电流传感器等器件的 1 MW 标准功率组件,并对所设计的功率组件进行了全面的测试。测试结果验证了所提出功率损耗估算方法和直流电容纹波分析方法的有效性,可满足兆瓦级全功率风电变流器的设计要求。

关键词: 风电; 变流器; 功率组件; 功率损耗估算; 直流电容纹波电流; 测试; 兆瓦级; 设计

中图分类号: TM 464;TM 614

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.10.004

0 引言

风能不仅可以缓解能源危机,还可以抑制环境的恶化,因此受到世界各国的广泛关注^[1-5]。全球风电产业 2012 年新增风电装机容量达 44 800 MW,使全球累计风电装机容量达到 282 500 MW。在全球经济的大背景下,风电成为可再生能源发电技术的首选^[6]。变流器是风电机组的重要组成部分,目前主流变流器分为双馈变流器和全功率变流器。全功率变流器能实现风机与电网的完全隔离,因此能够实现更大范围的最大功率点跟踪,故障穿越能力也更强。如今,全功率变流器已经成为大功率风电变流器发展的主要趋势^[7-11]。

与小功率变流器一体化结构设计不同,鉴于散热、维护等因素,大功率兆瓦级变流器主要采用模块

化功率组件结构设计。功率组件是兆瓦级全功率变流器的重要组成部分,功率组件设计水平直接决定了变流器的性能。影响功率组件可靠性和寿命的主要因素包括功率器件的温升与直流侧滤波电容的温升。器件损耗估算方法一直是变流器设计的难点问题。已有很多文献对器件功率损耗进行研究。文献[12-17]对器件每个阶段的工作状态进行了深入的分析,模拟器件特性搭建了器件的物理模型以及损耗模型,这种方法精确度高,但是要求用户清楚器件内部结构和工作特性,且模型参数确定过程非常复杂,不容易被应用到实际工程中;指数方法^[18-20]是将损耗表示成交流电流指数幂形式,计算速度比物理模型快,但计算前需要大量测试数据;文献[20-22]充分利用器件手册数据,采取线性化方法计算器件损耗,使用方便简单,但只适用于交流电流纹波小的情况。针对上述问题,本文在考虑交流电流纹波的基础上,提出一种高精度功率器件损耗计算方法,该方法只需器件手册即可实现损耗估算,适用于实际工程应用。

收稿日期:2012-11-29;修回日期:2013-08-14

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2011-AA05A306)

Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (2011-AA05A306)

Multi-peak MPPT based on analog locating circuit

GE Junjie,ZHAO Zhengming,YUAN Liqiang,HU Xianlai

(State Key Laboratory of Control and Simulation of Power System and Generation Equipment,
Department of Electrical Engineering,Tsinghua University,Beijing 100084,China)

Abstract: A method of multi-peak MPPT(Maximum Power Point Tracking) is proposed for power generation system with photovoltaic modules partially shaded or of different characteristics,which,in hardware,applies the analog locating circuit to accurately and quickly find the globally maximum power point under the conditions of multiple peaks and,in software,chooses the relevant control algorithms to maintain it stable by tracking and adjustment for the maximum power output of photovoltaic power generation system. Compared with the conventional method of power curve scanning,the proposed method avoids the use of high-speed AD conversion circuit,resulting in slight disturb to following control circuits and little impact on system efficiency. Simulative and experimental results show that it is stable,reliable and easy to implement.

Key words: photovoltaic; electric power generation; analog locating circuit; multi-peak; MPPT