

局部阴影情况下不同结构光伏阵列输出特性研究

卢 泉¹, 韦雪菲¹, 张 玉^{1,2}, 邓海华¹

(1. 广西大学电气工程学院, 南宁 530004; 2. 广西建筑新能源与节能重点实验室, 桂林理工大学, 桂林 541006)

摘 要: 由于局部阴影的影响,使光伏阵列出现失配现象而导致输出效率大幅降低,为此该文对不同结构的光伏阵列在多种阴影情况下的输出特性进行对比研究,研究表明网状(TCT)结构均优于其他结构,尤其是当出现离散局部阴影时。在此基础上,提出一种阴影离散化方法,并将其应用于TCT结构。仿真结果证明:阴影离散化方法能使光伏阵列最大输出功率增加约20%,可有效提高光伏系统的发电效率。与模块式和重构式光伏发电系统相比,上述方法更易于实现,且成本较低。

关键词: 光伏阵列; 局部阴影; 网状结构; 离散化

中图分类号: TM615

文献标识码: A

0 引 言

成本和效率问题在光伏发电系统中一直都是大家重点关注的问题。因单个太阳能电池输出电压和功率等级有限,难以满足实际要求,故需要以串并联的方式组合成光伏阵列再投入到光伏发电系统中使用,而局部阴影对光伏阵列的影响极大,易使光伏阵列出现失配损失现象^[1],甚至出现“热斑效应”而损坏太阳能电池^[2],使系统输出功率急剧下降。因此,如何减弱局部阴影对光伏系统的影响成为业界热点研究内容。文献[3,4]采用并联旁路二极管的方法防止受遮挡的太阳能电池消耗功率和“热斑效应”的产生,文献[4]还应用阻断二极管以避免电流逆向传输,以上方法较简单,在一定程度上可削弱局部阴影的影响。Gautam 等^[5,6]对串并联(SP)结构、网状(TCT)结构和桥式(BL)结构这3种阵列结构进行比较,从损失率、最大输出功率、可靠性等方面,证明由阴影、太阳能电池参数偏差等引起的失配问题对TCT和BL结构的影响比SP结构小。文献[7]则提出一种基于直流模块的建筑集成光伏系统的电气结构,即模块式光伏发电系统,每个光伏组件都具有独立的带MPPT功能的DC-DC变换器,增强了系统抗阴影能力,但因需要的变换器较多而使成本陡增。文献[8]在阴影条件下比较了光伏发电

系统中3种典型的变换器配置结构,即集中式、组串式和模块式,发现集中式变换器配置结构更具效率和可靠性,也因其只需要一个中央变换器而更为经济,但其采用的是SP光伏阵列结构,局部阴影时不比TCT和BL结构输出功率高。文献[9,10]设计的是重构式光伏发电系统,即将光伏阵列分为固定部分和活动部分,当固定部分被局部阴影遮挡时活动部分里的光伏组件将被遮挡的光伏组件替换掉,从而使重构后的光伏阵列无任何阴影,达到提高效率的目的,但在无局部阴影的情况下,活动部分被闲置,在浪费资源的同时也推高了成本。

针对以上问题,本文首先对带有旁路二极管的SP(series & parallel)、TCT(total cross tied)、BL(bridge-linked)和HC(honey comb)这4种阵列结构在多种局部阴影类型下的输出特性进行对比研究,得出一种高功率输出的最优结构。然后在采用最优结构的基础上,提出一种新的方法以进一步减小局部阴影对整个光伏阵列的影响。最后,通过仿真验证此方法的效果。

1 光伏阵列模型

光伏阵列由光伏组件通过各种方式连接而成,光伏组件又由太阳能电池通过串并联连接而成。对

收稿日期: 2016-11-21

基金项目: 国家自然科学基金(NSFC51567002); 广西自然科学基金(2014GXNSFBA118266); 广西科技攻关项目(桂科攻1598008-3)

通信作者: 卢 泉(1982—), 男, 博士、副教授, 主要从事高效光伏发电与储能技术等方面的研究。luquan@gxu.edu.cn

于单体太阳电池,采用单二极管模型,并根据其工作原理,可得其输出 I - U 特性方程:

$$I_s = I_{ph} - I_d - \frac{U_s + I_s R_s}{R_p} \quad (1)$$

其中,

$$I_d = I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(U_s + I_s R_s)}{AKT} \right] - 1 \right\} \quad (2)$$

$$I_{ph} = (G/G_0) \cdot I_{g0} \quad (3)$$

式中, I_s ——太阳电池的输出电流; I_{ph} ——太阳电池的激发电流; I_d ——二极管电流,方向与 I_{ph} 反向; U_s ——太阳电池的输出电压; R_s ——由电池体电阻、表面电阻和电极导体电阻等组成的串联电阻; R_p ——并联电阻; I_0 ——无光照时的反向饱和电流; q ——电子电荷, 1.6×10^{-19} C; A ——理想因子,取 1 到 2 之间的常数; k ——玻尔兹曼常数,值为 1.38×10^{-23} J/K; T ——光伏组件温度; G_0 ——标准情况 (STC) 下的辐照度,取值为 1000 W/m², I_{g0} ——辐照度 G 等于标准情况下辐照度 G_0 时的激发电流。

因单个太阳电池输出功率较小,不能满足实际应用需求,通常将太阳电池通过串并联的方式连接成光伏组件使用。将 N_s 个太阳电池串联成一条串联支路,再将 N_p 条串联支路并联起来,最终封装成一个光伏组件,其输出 I - U 特性方程为^[11]:

$$f(I, U, G) = I_{ph} N_p - I_d' N_p - \frac{U + I R_s N_s / N_p}{R_p N_s / N_p} - I = 0 \quad (4)$$

其中,

$$I_d' = I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(U + I R_s N_s / N_p)}{AKTN_s} \right] - 1 \right\} \quad (5)$$

由于一个光伏组件难以达到用户所需求的电压电流等级,故需采用串联、并联或串并联结构将多个光伏组件连接成光伏阵列后再投入使用,其中,单一并联结构有时无法满足系统输出电压等级,而单一串联结构受局部阴影影响较大,输出严重畸变,所以最好是采用串并联 (SP) 结构,以达到最基本要求。由 SP 结构衍生出来的还有 TCT 结构、BL 结构和 HC 结构,本文均以 5 行 4 列共 20 个光伏组件为例来对以上 4 种结构进行建模。

1.1 SP 结构

SP 结构的光伏阵列如图 1 所示,由 4 条串联支路并联而成,每条串联支路有 5 个光伏组件。可用式 (6) 表示阵列中每个光伏组件的输出电压电流关系:

$$f(I_n, U_i, G_i) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, 20 \quad (6)$$

式中, f 由式 (4) 确定; I_n ——第 n 条串联支路的电流; U_i ——第 i 个光伏组件电压, G_i ——第 i 个光伏组件的辐照度。

n 与 i 的关系为:

$$n = \begin{cases} 1, & 1 \leq i \leq 5 \\ 2, & 6 \leq i \leq 10 \\ 3, & 11 \leq i \leq 15 \\ 4, & 16 \leq i \leq 20 \end{cases} \quad (7)$$

整个光伏阵列的输出总电流 I_m 和总电压 U_m 为:

$$I_m = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (8)$$

$$U_m = \sum_{i=1}^5 U_i = \sum_{i=6}^{10} U_i = \sum_{i=11}^{15} U_i = \sum_{i=16}^{20} U_i \quad (9)$$

SP 结构的光伏阵列电路中共有 24 个未知量,包括 20 个光伏组件的电压值和 4 条串联支路的电流值。式 (6) 提供 20 个表达式,式 (9) 提供 4 个表达式,即可求出这 24 个未知量。

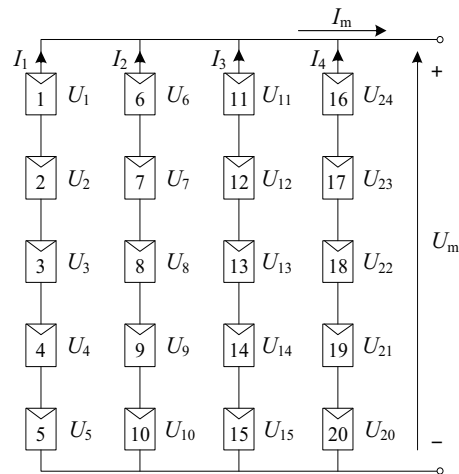


图 1 SP 结构光伏阵列

Fig. 1 SP connection configurations of photovoltaic array

1.2 TCT 结构

TCT 结构如图 2 所示,其中 20 个光伏组件的输出 I - U 特性可表示为:

$$f(I_i, U_n, G_i) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, 20 \quad (10)$$

式中, U_n ——第 n 行光伏组件的行电压, n 与光伏组件编号 i 的关系如下:

$$n = \begin{cases} i, & 1 \leq i \leq 5 \\ i-5, & 6 \leq i \leq 10 \\ i-10, & 11 \leq i \leq 15 \\ i-15, & 16 \leq i \leq 20 \end{cases} \quad (11)$$

TCT 结构光伏阵列的总输出电压为 5 行光伏组件电压的总和:

$$U_m = \sum_{n=1}^5 U_n \quad (12)$$

图 2 中还给出了 2 列、3 列之间的 4 个节点, 根据基尔霍夫电流定律(KCL)可得:

$$\sum_{n=0}^3 (I_{5 \times n + c} - I_{5 \times n + (c+1)}) = 0, \quad c = 1, 2, 3, 4 \quad (13)$$

此结构光伏阵列的电路中共有 25 个未知变量, 包括 20 个光伏组件的电流值和 5 个行电压值。由式(10)提供 20 个表达式, 式(12)和式(13)分别提供 1 个和 4 个, 共 25 个表达式即可解出这 25 个未知变量。

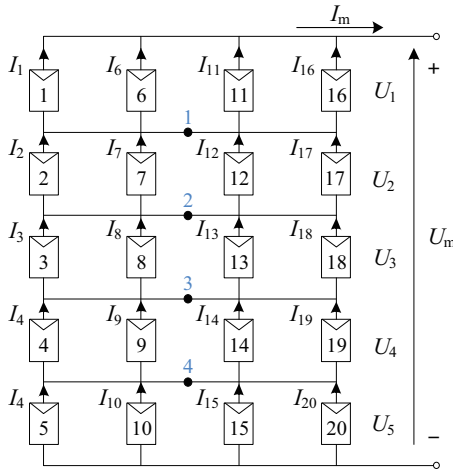


图2 TCT结构光伏阵列

Fig. 2 TCT connection configurations of photovoltaic array

1.3 BL 结构

BL 结构如图 3 所示。此结构的模型相比于前 2 种结构较为复杂, 其中 20 个光伏组件的输出 $I-U$ 特性用式(14)表示:

$$f(I_n, U_i, G_i) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, 20 \quad (14)$$

电流下标 n 与光伏组件编号 i 的关系为:

$$n = \begin{cases} 1, & i = 1, 2 \\ 2, & i = 3, 4 \\ i-2, & 5 \leq i \leq 15 \\ 14, & i = 16, 17 \\ 15, & i = 18, 19 \\ 16, & i = 20 \end{cases} \quad (15)$$

图 3 中共标出了 6 个节点, 根据 KCL 可得其中节点 1、节点 2、节点 5 的节点电流方程为:

$$I_n - I_{n+1} + I_{n+4} - I_{n+5} = 0, \quad n = 1, 2, 10 \quad (16)$$

节点 3、4 的电流方程为:

$$I_n - I_{n+1} + I_{n+5} - I_{n+6} = 0, \quad n = 4, 6 \quad (17)$$

而节点 6 的电流方程为:

$$I_n - I_{n+1} + I_{n+3} - I_{n+4} = 0, \quad n = 12 \quad (18)$$

BL 结构光伏阵列中共有 9 个回路, 对每个回路应用基尔霍夫电压定律(KVL)列回路电压方程为:

$$\begin{cases} U_i + U_{i+1} - U_{i+5} - U_{i+6} = 0, & i = 1, 3, 7, 9, 11, 13 \\ U_i = U_{i+5}, & i = 5, 6, 15 \end{cases} \quad (19)$$

整个阵列总电压为:

$$U_m = \sum_{i=1}^5 U_i \quad (20)$$

此结构光伏阵列的电路中有 20 个电压量和 16 个电流量共 36 个量未知。式(14)提供 20 个表达式, 式(16)~式(18)提供 6 个, 式(19)和式(20)分别提供 9 个和 1 个, 共 36 个方程式即可解出 36 个未知量。

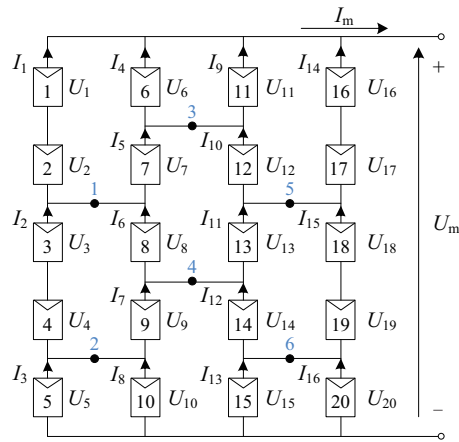


图3 BL结构光伏阵列

Fig. 3 BL connection configurations of photovoltaic array

1.4 HC 结构

HC 结构的核心思想来自于蜂巢的六边形的形状^[12], 其电气结构图如图 4 所示。

阵列中每个光伏组件的输出 I - U 特性可表示为:

$$f(I_n, U_i, G_i) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, 20 \quad (21)$$

电流下标 n 与光伏组件编号 i 的关系为:

$$n = \begin{cases} 1, & i = 1 \\ 2, & i = 2, 3, 4 \\ 3, & i = 5 \\ i-2, & 6 \leq i \leq 15 \\ 14, & i = 16 \\ 15, & i = 17, 18, 19 \\ 16, & i = 20 \end{cases} \quad (22)$$

图 4 中给出 6 个节点, 根据 KCL 可列出 6 个电流方程如下:

$$\begin{cases} I_n - I_{n+1} + I_{n+3} - I_{n+4} = 0, & n = 1, 12 \\ I_n - I_{n+1} + I_{n+5} - I_{n+6} = 0, & n = 2, 6, 5, 9 \end{cases} \quad (23)$$

再根据 KVL 对每个回路列回路电压方程:

$$\begin{cases} U_i = U_{i+5}, & i = 1, 5, 8, 11, 15 \\ U_i + U_{i+1} + U_{i+2} - U_{i+5} - U_{i+6} - U_{i+7} = 0, & i = 2, 12 \\ U_i + U_{i+1} - U_{i+5} - U_{i+6} = 0, & i = 6, 9 \end{cases} \quad (24)$$

整个光伏阵列的总电压为:

$$U_m = \sum_{i=1}^5 U_i \quad (25)$$

HC 结构光伏阵列的电路中有 20 个电压量和 16 个电流量共 36 个量未知。式(21)提供 20 个表达式, 式(23)提供 6 个, 式(24)和式(25)分别提供 9 个和 1 个, 共 36 个方程式即可解出 36 个未知量。

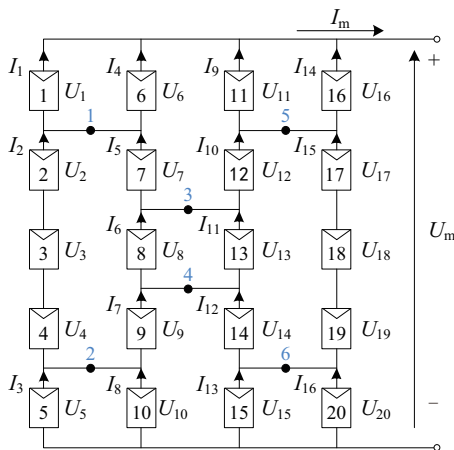


图 4 HC 结构光伏阵列

Fig. 4 HC connection configurations of photovoltaic array

2 局部阴影时光伏阵列失配特性研究

2.1 局部阴影构建

通常在光伏发电厂选址确定以后, 其可利用的场地是有限的, 考虑一固定的场地放置光伏组件, 假设当光伏组件以 5 行 4 列的布局搭建阵列时, 场地资源才能得以最大限度利用。而相同的布局不同的连接方式, 在同一局部阴影下, 阵列的输出功率不同, 通过比较即可得出最优结构光伏阵列。为避免局限性, 本文较全面地考虑了各种局部阴影情况, 共设计 10 种局部阴影类型对以上 4 种结构的 5×4 光伏阵列进行仿真研究, 如图 5 所示。其中, 阴影 1~阴影 3 代表建筑物、山体等不透光物件的遮挡; 阴影 4~阴影 6 代表透光度渐变的物体遮挡, 如云、雾等; 阴影 7 代表鸟群、树木等离散型物体的遮挡, 在此姑且称其为离散型阴影; 阴影 8 代表不透光和透光度渐变 2 种物体的共同遮挡; 阴影 9 代表不透光物件和离散型物体的共同遮挡; 阴影 10 代表透光度渐变型物体和离散型物体的共同遮挡。

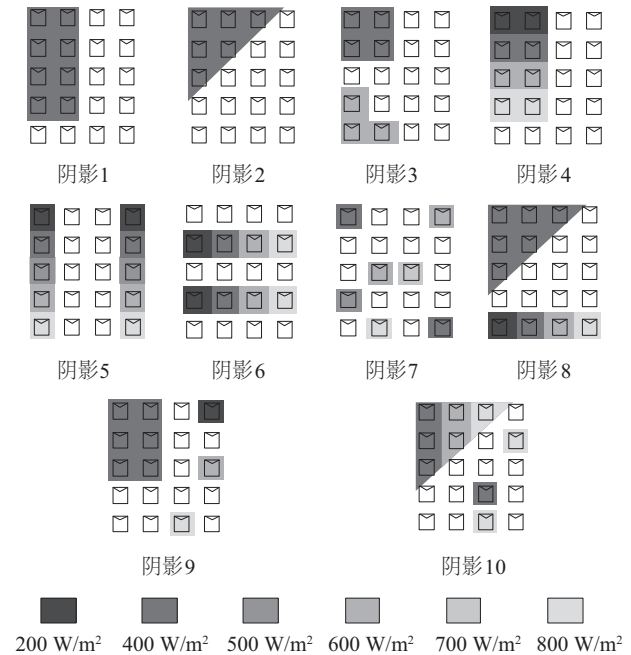


图 5 10 种类型阴影示例

Fig. 5 10 types of shadows

2.2 输出 P - U 特性分析

采用加拿大太阳能公司生产的由 96 个太阳能电池组成的型号为 Canadian Solar CS5P-220M 的光伏

组件进行本文内容研究,其仿真参数见表 1。以此型号的光伏组件为基础,分别以 SP、TCT、BL 和 HC 结构在 Matlab/Simulink 中搭建 5×4 光伏阵列,为分析方便,仿真中光伏组件温度均取 25 ℃。

表 1 Canadian Solar CS5P-220M 光伏组件参数
Table 1 Parameters of Canadian Solar CS5P-220M PV module

参数	数值
STC 下最大输出功率 P_{\max}/W	200
最大功率点电压 U_{mp}/V	47.0
最大功率点电流 I_{mp}/A	4.68
开路电压 U_{oc}/V	58.8
短路电流 I_{sc}/A	5.01
电压温度系数/℃	-0.0035
电流温度系数/℃	0.0060

在 STC 下,此 4 种结构的光伏阵列输出 P - U 特性是一致的,见图 6。最大输出功率均为 4398.0 W,与实际计算值相当接近,证明所建模型是精确的。

当出现局部阴影时,4 种不同结构的输出 P - U 特性曲线则有所不同。采用通常的办法,在每个光伏组件上并接一个旁路二极管,并在每条串联支路上串接一个阻断二极管,以减小电池故障和局部阴影等带来的负面影响,最后在上文所提的

10 种阴影情况下分别对带旁路二极管和阻断二极管的 4 种结构进行仿真,输出最大功率值 P_{\max} 和最大功率点电压值 U_{m} 见表 2。由表 2 总结出:1)在相同局部阴影情况下,4 种结构的光伏阵列输出特性不同,其中 TCT 结构的最大输出功率总是大于或等于其他结构的最大输出功率,属于最优结构;2)绝大多数局部阴影情况下,4 种结构光伏阵列的最大功率点电压值均处于开路电压(294.0 V)的 48.4%~ 86.2%之间;3)阴影 7 下,即离散阴影条件下,TCT 结构的最大功率值远大于其他结构,高于平均最大功率值 343.0 W。显然,TCT 结构优于其他 3 种结构,特别是当出现离散局部阴影时,其优越性更加明显。

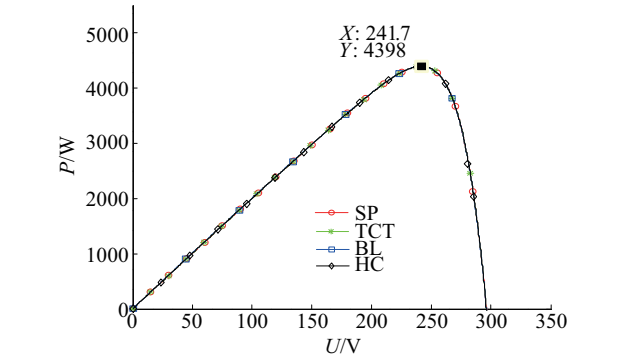


图 6 STC 下 4 种不同结构输出特性
Fig. 6 Output characteristics of four kinds of different structures under STC

表 2 4 种结构(SP、TCT、BL & HC)在 10 种类型局部阴影情况下的 P_{\max} 和 V_{m}
Table 2 P_{\max} and V_{m} of four types of structures (SP, TCT, BL & HC) in 10 types of local shadow

类型	SP		TCT		BL		HC	
	P_{\max}/W	U_{m}/V	P_{\max}/W	U_{m}/V	P_{\max}/W	U_{m}/V	P_{\max}/W	U_{m}/V
阴影 1	3005.0	238.5	3047.0	239.3	3002.0	238.1	3002.0	239.0
阴影 2	2626.0	205.7	2670.0	255.9	2637.0	201.8	2614.0	200.5
阴影 3	3085.0	243.2	3215.0	245.2	3136.0	234.5	3164.0	244.9
阴影 4	2760.0	209.5	2871.0	252.1	2810.0	249.7	2753.0	248.2
阴影 5	2690.0	204.5	2830.0	248.2	2786.0	247.0	2824.0	248.5
阴影 6	2593.0	143.2	2593.0	143.2	2593.0	142.3	2593.0	142.9
阴影 7	2678.0	198.2	3237.0	244.6	2794.0	197.6	2864.0	200.3
阴影 8	2140.0	195.9	2354.0	250.3	2329.0	247.6	2325.0	237.5
阴影 9	2226.0	211.3	2387.0	253.3	2354.0	208.3	2324.0	250.0
阴影 10	2579.0	250.6	3211.0	244.9	3027.0	246.7	2324.0	250.3

3 离散化方法

3.1 阴影离散化方法提出

为进一步提高光伏系统发电效率,在采用最优的 TCT 结构的前提下,提出一种新方法减少局部阴影时光伏系统的输出功率损失,即对阴影进行离散化。选取具有代表性的块状阴影 2、块状阴影 6 和块状阴影 8,利用间隔插针的规律对其进行阴影离散化,插针的顺序可从任何单数编号的光伏组件开始,为方便起见,在此假设从 1 开始,则离散后的阴影分布在 1、3、5 等单数编号的位置(假设位置编号与光伏组件编号相同)上,而位于双数编号位置上的光伏组件则无阴影遮挡,如图 7 所示。

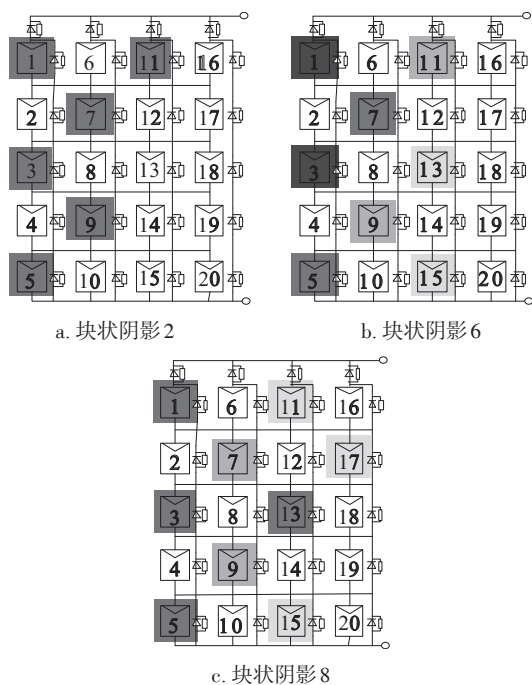
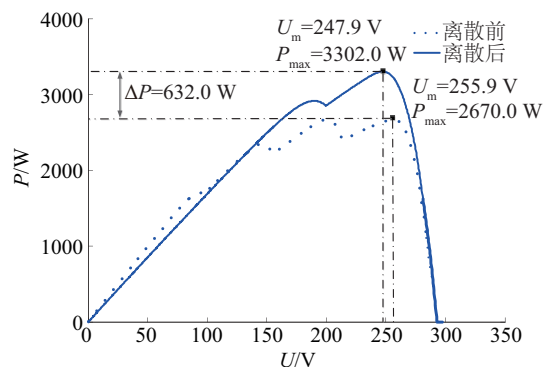


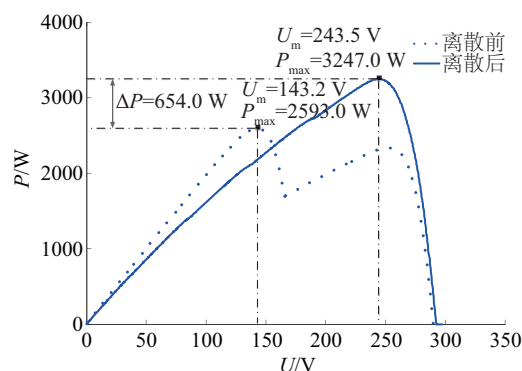
图 7 阴影离散后分布图

Fig. 7 Distribution of shadow after discretization

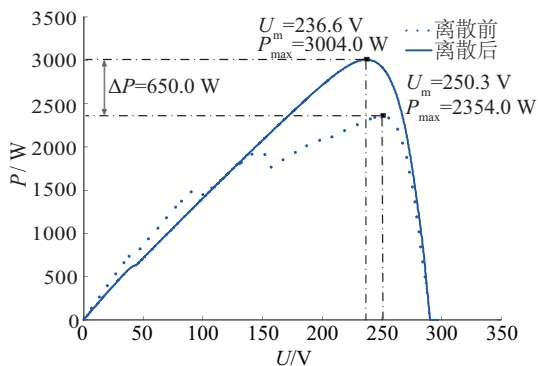
TCT 结构在离散前与离散后的输出 $P-U$ 曲线对比如图 8 所示。可见块状阴影 2、块状阴影 6、块状阴影 8 离散后的最大输出功率值分别增加 632.0 W (19.1%)、654.0 W (20.1%) 和 650 W (21.6%), 即证明阴影参数相同时,相对于块状类型的阴影,离散型阴影对 TCT 结构的影响更小。故在局部阴影条件下,提出阴影离散化方法,使光伏系统输出效率提高。



a. 块状阴影 2



b. 块状阴影 6



c. 块状阴影 8

图 8 TCT 结构在阴影离散前后输出 $P-U$ 特性对比

Fig. 8 Comparison of $P-U$ characteristics of TCT structure before and after shadow dispersion

3.2 阴影离散化方法实现

首先对 TCT 结构光伏阵列进行如图 9a 所示的布置,其中 TCT 结构的每一列包含的光伏组件数目应为单数,以便于实现离散化方法,再利用检测器检测阴影存在的位置,控制器根据检测信号来控制各开关器件的关断,最后实现光伏组件之间的互换,达到阴影离散的目的。

以阵列中前 2 列为例,如图 9a 所示,假设组件 2、

组件 3、组件 7 和组件 8 被阴影遮挡,因离散化后要保证双数编号的组件无阴影遮挡,故此时只需将组件 2、组件 8 跟其他无阴影遮挡的单数编号组件进行位置交换,断开 S_1 、 S_2 并闭合 S_{21} ,即可实现组件 2 与组件 1 交换,断开 S_8 、 S_9 并闭合 S_{98} ,即可实现组件 8 与组件 9 交换,最终实现阴影离散化,离散化后的阴影分别落于单数编号(1', 3', 7', 9')的位置上,如图 9b 所示。局部阴影情况下,所提新方法能较大的提升光伏阵列输出功率,且相比于模块式和重构式光伏发电系统,因无需大量转换器和多余的光伏组件,所以成本更低,是光伏系统减少局部阴影影响的首选方法。

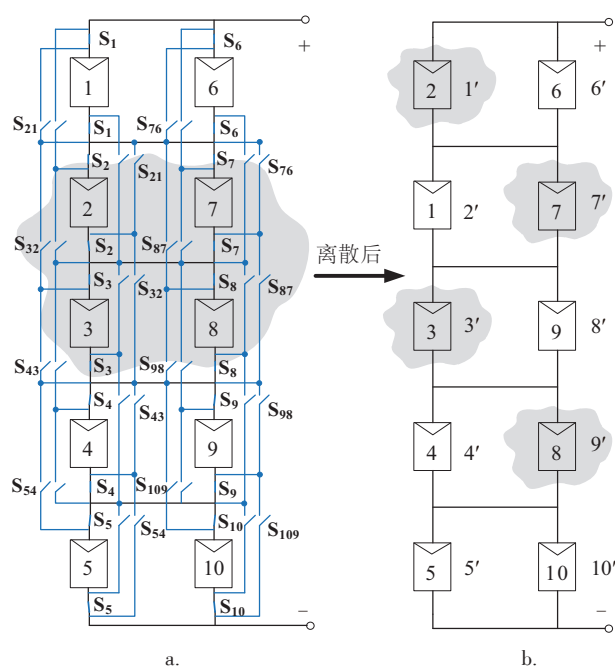


图9 阴影离散化方法实现框图

Fig. 9 Block diagram of shadow discretization method

在此,不得不提出,相对于光伏阵列大小,若局部阴影的面积很大,将会使阴影难以进行离散化,因此也降低了阴影离散化方法的效率,局部阴影面积越大其效率越低。但对于大规模的光伏发电厂而言,相对大面积的局部阴影遮挡很少发生,故可忽略大面积局部阴影对此方法的影响。

4 结 论

本文研究在多种局部阴影条件下,4种不同结构的光伏阵列输出特性情况,结果表明 TCT 结构在绝大多数阴影情况下均优于其他结构,特别是在离

散局部阴影条件下,其优越性更加明显。故文中提出阴影离散化的方法,即将块状阴影离散成离散型阴影。仿真实验采取3种典型局部阴影类型进行离散化,离散化后的光伏阵列最大输出功率分别增加了19.1%、20.1%和21.6%,验证此方法的可行性。但对于相对较大面积的局部阴影,此方法的效果较差,最后,此方法的具体实现方法还有待进一步的研究。

[参考文献]

- [1] 刘祝鸿, 陈 鸣. 太阳能电池组件中电池的失配现象研究[J]. 太阳能学报, 2012, 33(12): 2074—2079.
- [1] Liu Zhuhong, Chen Ming. Investigation of mismatch loss in PV module[J]. Acta Energlae Solaris Sinica, 2012, 33(12): 2074—2079.
- [2] Molenbroek E, Waddington D W, Emery K A. Hot spot susceptibility and testing of PV modules[A]. Conference Record of the Twenty Second IEEE Photovoltaic Specialists Conference[C], Las Vegas, Nevada, 1991.
- [3] Silvestre S, Boronat A, Chouder A. Study of bypass diodes configuration on PV modules[J]. Applied Energy, 2009, 86(9): 1632—1640.
- [4] Murtaza A, Chiaberge M, Spertino F. A maximum power point tracking technique based on bypass diode mechanism for PV arrays under partial shading[J]. Energy and Buildings, 2014, 73: 13—25.
- [5] Gautam N K, Kaushika N D. Network analysis of fault-tolerant solar photovoltaic arrays[J]. Solar Energy Materials & Solar Cells, 2001, 69(1): 25—42.
- [6] Gautam N K, Kaushika N D. An efficient algorithm to simulate the electrical performance of solar photovoltaic arrays [J]. Energy, 2002, 27(4): 347—361.
- [7] 刘邦银, 梁超辉, 段善旭. 直流模块式建筑集成光伏系统的拓扑研究[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(20): 88—104.
- [7] Liu Bangyin, Liang Chaohui, Duan Shanxu. Research on topology of DC-module-based building integrated photovoltaic system[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(20): 88—104.
- [8] Zheng Huiying, Li Shuhui, Challoor R. Shading and bypass diode impacts to energy extraction of PV arrays under different converter configurations[J]. Renewable Energy, 2014, 68: 58—66.
- [9] Nguyen D, Lehman B. An adaptive solar photovoltaic array using model-based reconfiguration algorithm [J].

- IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, 55 (7): 2644—2654.
- [10] Parlak K S. PV array reconfiguration method under partial shading conditions [J]. Electrical Power and Energy Systems, 2014, 63: 713—721.
- [11] 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.
- [11] Ding Ming, Chen Zhong. Reconfiguration of partially shaded photovoltaic array [J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(10): 1—5.
- [12] Wang Yaw-Juen, Hsu Po-Chun. An investigation on partial shading of PV modules with different connection configurations of PV cells [J]. Energy, 2011, 36 (5) : 3069—3078.

RESEARCH ON OUTPUT CHARACTERISTICS OF PHOTOVOLTAIC ARRAYS WITH DIFFERENT STRUCTURES UNDER PARTIAL SHADING

Lu Quan¹, Wei Xuefei¹, Zhang Yu^{1,2}, Deng Haihua¹

(1. College of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2. Guangxi Key Laboratory of New Energy and Building Energy Saving, Guilin University of Technology, Guilin 541006, China)

Abstract: Due to the impact of partial shading, the mismatch phenomenon of photovoltaic array will appear, and the output efficiency greatly reduced. In view of the above questions, this paper made a comparative study on the output characteristics of photovoltaic arrays with different structures under different shading conditions. The results show that TCT structure is superior to other structures, especially under discrete partial shading conditions. On this basis, a method of shadow discretization was proposed and applied to the TCT structure. The simulation results show that the method can increase the maximum output power of PV array by about 20%. Compared with the modular and reconfigurable photovoltaic power generation system, the method is more easy to implement and lower cost.

Keywords: photovoltaic array; partial shading; total-cross-tied(TCT); discretization method