

# 光伏系统中的 MPPT 算法研究

邓国新<sup>1</sup> 潘益道<sup>2</sup> 单颖<sup>1</sup> 郭玉天<sup>3</sup>

(1.冀北电力有限公司技能培训中心 保定 071051;2.浙江温州供电公司  
温州 325000;3.河南新乡供电公司 河南 新乡 453000)

**【摘要】**本文提出了恒定电压法与变步长的滞环比较法相结合的 MPPT 新算法。该算法有效地克服了传统 MPPT 算法中存在的振荡和误判现象,同时兼顾到跟踪速度和精度的要求。

**【关键词】**MPPT;恒定电压法;滞环比较法;Matlab/Simulink

## 引言

本文根据光伏电池输出特性与光照度和温度的关系,建立了基于 Boost 电路的 MPPT 仿真模型,在分析恒定电压法和常规扰动观察法的优缺点基础上,对扰动观察法进行了改进,提出了一种将恒定电压法和变步长滞环比较法相结合的 MPPT 控制新算法。

## 1. MPPT 算法的提出

### 1.1 恒定电压法

根据 P-U 特性曲线,在辐射度大于一定值并且温度变化不大时,光伏电池的输出 P-U 曲线上的最大功率点几乎分布于一条垂直直线的两侧附近。因此,若能将光伏电池输出电压控制在其最大功率点附近的某一定电压处,光伏电池将获得近似的最大功率输出,这种 MPPT 控制称为恒定电压法<sup>[1-2]</sup>。

由上所述,可以认为光伏阵列的最大功率点电压近似为恒定电压,即:

$$U_{MP} = k U_{oc} \quad (1)$$

其中,系数 k 的取值取决于光伏电池的特性,一般 k 的取值大约在 0.8 左右。

恒定电压法是一种开环的 MPPT 算法,其控制简单迅速,但由于其忽略了温度对光伏电池输出电压的影响,因此温差越大,恒电压跟踪法跟踪最大功率点的误差也就越大。

### 1.2 变步长的滞环比较法

扰动观察法是采用两点进行比较,即现在的工作点与扰动前的工作点进行比较,根据功率的变化方向决定电压的扰动方向,除造成较多的扰动损失外,还可能出现误判。变步长的滞环比较法可在日照强度快速变化时不跟随移动工作点,而是等到日照强度比较稳定后再跟踪到最大功率点,减少了扰动损失<sup>[3]</sup>。

变步长滞环比较法的基本工作原理为:假设 A 点为当前工作点且未发生误判,以 A 点为中心,左右各取一点形成滞环,依据判定的扰动方向扰动至 B 点,再反向两个步长扰动至 C 点,如果 C、A、B 的功率测量值依次为  $P_C$ 、 $P_A$ 、 $P_B$ ,三点的电压为  $U_C$ 、 $U_A$ 、 $U_B$ ,且满足  $U_B = U_A + \Delta U$ 、 $U_C = U_A - \Delta U$ 。设定一个比较符号变量 m,若  $P_B > P_C$  或  $P_B > P_A$  时,记  $m=1$ ,反之,则  $m=-1$ 。当三点比较完之后,根据符号 m 的大小决定工作点的扰动方向,当  $m=2$  时,工作点电压保持原方向扰动,当  $m=0$  时,工作点已经达到最大功率点;当  $m=-2$  时,工作点电压保持反方向扰动<sup>[4]</sup>。

对于变步长的滞环比较法,当功率在所设的滞环内出现波动时,光伏电池的工作点电压保持不变,只有当功率的波动量超出所设的滞环时,才按照一定的规律改变工作点电压。可见,滞环的引入,可以有效地抑制扰动观察法的振荡现象。实际上可以将误判看成为外部环境发生变化时的一种动态的振荡过程,因此该方法也可以克服扰动观察法的误判现象<sup>[5]</sup>。

### 1.3 两种方法结合的 MPPT 算法

恒定电压法不能保证光伏阵列达到最大功率输出,只能保证光伏阵列工作于最大功率点附近。为了充分利用光伏阵列的输出功率,当光伏系统实现恒定电压法的控制目标后,可在最大功率点附近采用变步长的滞环比较法进行精确的调节,以减少在最大功率点附近振荡引起的扰动损失。

由恒定电压法和变步长滞环比较法结合的 MPPT 算法程序流程图见图 1。由流程图可知,首先应该根据光伏组件中的电池参数,根据标准条件下 ( $S=1000\text{W/m}^2$ ,  $T=25$ ) 的光伏电池参数确定光伏组件的开路电压,根据恒定电压法确定最大功率点附近的一个运行电压,然后再根据变步长的滞环比较法进行精确的调节,使其能快速准确的跟踪到最大功率点,避免了在最大功率点附近往复振荡。光伏系统一旦达到最大功率点,就能够保持长期工作在该点上,直到外部环境发生变化。

恒定电压法可以使光伏组件快速运行在最大功率点的附近,减少最大功率点的搜寻时间;变步长的滞环比较法能够有效克服振荡和误判现象,同时兼顾到速度和精度的要求,能够更加准确地跟踪光伏电池的最大功率点,从而提高光伏系统的发电效率。

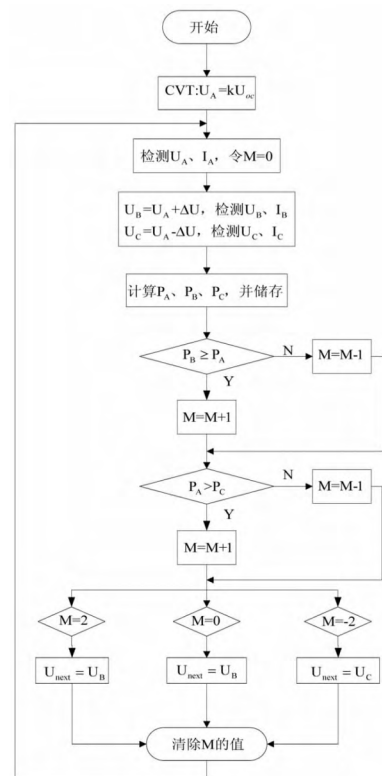


图1 恒定电压法与变步长的滞环比较法结合的流程图

## 2. 仿真验证

为了验证所提出 MPPT 控制方法的正确有效性,在 Matlab/Simulink 仿真软件下搭建的 MPPT 控制的仿真模型,把 MPPT 控制系统串入 Boost 变换器电路中,通过编写 S 函数实现恒定电压法与滞环比较法结合的 MPPT 算法模块,对光伏电池的最大功率点进行跟踪,MPPT 的仿真模型如图 2 所示。为了突出该方法的快速性、准确性,对只采用滞环比较法的 MPPT 控制方法也进行了仿真。

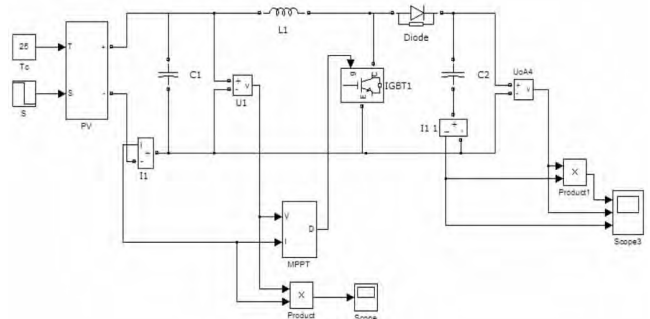


图2 MPPT 算法的仿真模型

根据图 2 的光伏系统 MPPT 仿真模型, 分别在 MPPT 控制算法模块应用恒定电压法与变步长的滞环比较法相结合的方法实现对最大功率跟踪的仿真, 仿真结果如图 3、图 4 所示。图 5 为采用扰动观测法得到的光伏电池仿真输出结果。由图 3 可以看出, 变步长的滞环比较法大约在 0.025s 处达到最大功率点, 而在开始阶段, 电压是从 0 开始变步长扰动的, 在之后虽然功率的变化很快, 但是有明显的滞后情况。而在图 4 中, 功率输出值一开始就在一个较大的数值上, 0.01s 处开始迅速的跟踪最大功率点, 0.02s 即可实现最大功率点跟踪。通过对比扰动观测法的仿真结果图 5 可以看出, 采用恒定电压法与变步长的滞环比较法相结合的 MPPT 控制算法在功率跟踪开始阶段能够有效的避免系统产生的振荡。通过图 3、图 4 可得, 光照强度在 0.2s 的变化对两种 MPPT 算法基本一致, 都能够很好地跟踪最大功率点, 减少误判的可能。无论从精度还是速度方面, 后者都有了一定程度的改进, 从而提高了光伏系统的发电效率。

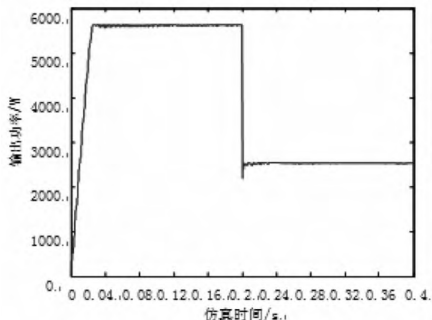


图 3 基于滞环比较法的光伏电池仿真输出

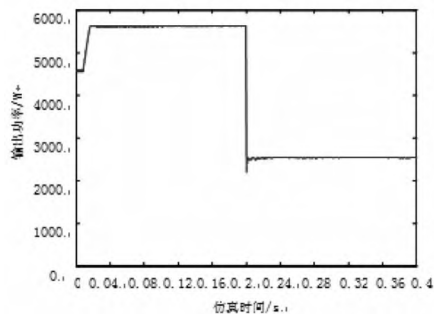


图 4 基于恒定电压法和滞环比较法结合的光伏电池仿真输出

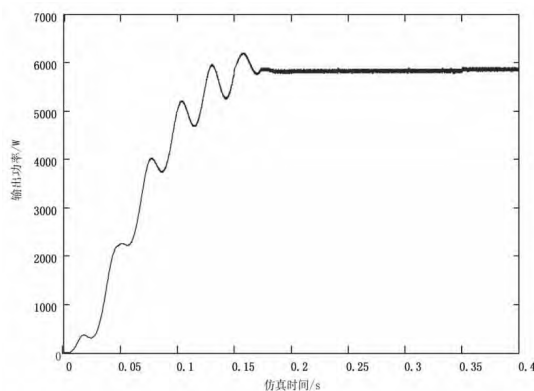


图 5 基于扰动观测法的光伏电池仿真输出

## 参考文献:

- [1] 杨金孝, 朱琳. 基于 Matlab/Simulink 光伏电池模型的研究[J]. 现代电子技术, 2011, 34(24): 192-195.
- [2] 王琴, 姜丰, 钟清瑶. 光伏电池建模及其输出特性仿真[J]. 低压电器, 2011(10): 10-12.
- [3] 张兴, 曹仁贤. 太阳能光伏并网发电及其逆变控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [4] 朱拓斐, 陈国定. 光伏发电中 MPPT 控制方法综述[J]. 低压电

器, 2011, 35(10): 1322-1325.

- [5] 王宁, 翟庆志, 徐亮. 一种中小型光伏系统 MPPT 的算法研究[J]. 现代电子技术, 2010(6): 168-171.

## 作者简介:

邓国新(1975-), 男, 电气工程师, 主要从事变电运维方面理论研究和实践教学。

(上接第 361 页)

电缆分支箱的特点是: 采用预制型电缆插器件, 具有全绝缘、全密封、安全可靠, 适合安装在住宅小区的环境中。

## 2) 高、低压电缆选择

在设计方案中选择电缆需要考虑原则为: 避免电缆遭受机械性外力、过热、腐蚀等危害, 便于敷设、维护, 避开场地规划中的施工用地或建设用地, 在满足安全条件下, 使电缆路径最短。

在住宅小区配电工程中, 电缆主要采用直埋式敷设方式, 高压电缆选用铝芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆(YJLV<sub>22</sub> 6/10kV), 其具有卓越的热-机械性能, 重量轻、敷设不受落差限制等优点。依据变压器一次侧的额定电流, 可以确定所要选的高压电缆截面型号为配套 630kVA 变压器的 YJLV<sub>22</sub>-3×35 高压电缆。低压电力电缆采用铜芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆(YJV<sub>22</sub> 0.6/1kV)。

(上接第 360 页)

表 1-2

月份	10kV 供电量	10kV 售电量	10kV 线损率	10kV 指标	对比	0.4kV 供电量	0.4kV 售电量	0.4kV 线损率	综合 线损率
2	1284480	1201557	6.46	6.3	↑	731881	685568	6.33	10.06
4	1585200	1493353	5.79	6.3	↓	709753	678322	4.43	7.78
6	1916880	1847574	3.62	6.3	↓	751202	720030	4.15	5.24
7	1893000	1835714	3.03	6.3	↓	848067	807448	4.79	5.17

## 结论

本文针对住宅小区用电特点, 给出了针对住宅小区的供配电工程设计方案。给出了住宅小区负荷计算方法, 分析了基于负荷性质、用电容量、工程特点和的供配电工程设计, 对于住宅区供配电施工具有显著的借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 《民用建筑电气设计规范 JGJ16-2008》。
- [2] 《低压配电设计规范 GB50054-95》。
- [3] 《华北电网有限公司冀北地区 35kV 及以下城市配电网网建设与改造工程建设预算编制依据及取费标准》。
- [4] 《电力工程设计手册》·电力工业部。

降损效益分析: 兰石线改造前后, 综合线损率下降了 4.89 个百分点, 按照该线路年供电 1878 万 kWh, 年节约电量 91.83 万 kWh, 销售均价为 0.684 元/kWh, 节约金额 62.8 万元/年。

## 结束语

线损管理是发现供电企业生产、营销环节存在的问题, 及时进行闭环处理的过程。笔者对线损管理“七步法”研究, 并在企业中推广应用, 依托营配信息集成系统等科技手段, 实施线损精益化管理。并列出了紫荆线、兰石线两个降损案例, 阐述线损管理“七步法”的应用。