

[光伏发电]

基于功率预测的改进型变步长控制在光伏MPPT中的应用

文/国网上海市电力公司 余钟民 王亚楠

设计出一种基于功率预测的改进型变步长MPPT控制算法。新算法采用功率预测原理防误判,同时提出一种新的步长参数 $F(P'(U))$ 代替 $P'(U)$,理论分析了所提参数函数,可有效弥补传统变步长算法步长参数 $P'(U)$ 数学特性方面的不足。

为了使太阳能得到更大程度地利用,可在逆变器结构上采用有效的方法,对光伏电池系统工作点不断进行调整,使之始终以最大功率输出。理想的 $P-V$ 特性曲线具有较强的非线性,当光伏电池工作在某一个特定的工作点时,输出功率达到最大值,这个工作点称为最大功率点(Maximum Power Point, MPP)。对工作点的调整过程就是最大功率点追踪(Maximum Power Point Tracking, MPPT)技术。

扰动观察法与电导增量法是最经典的两种MPPT控制方法。核心控制思想类似,具体表现各有千秋。扰动观察法的算法思想简单,应用方便,而电导增量法在应对外部环境突变情况时跟踪效果表现更佳。传统定步长算法步长始终不变,造成算法跟踪速度和控制准确度两方面不能兼顾。当步长取值较小时,算法追踪到最大功率点速度较慢;当步长取值较大时,算法稳定后振荡幅度较大,两种情况均造成一定程度上的功率浪费。一些专家学者随后提出变步长控制算法,算法扰动步长根据需要实时变化,较定步长算法有一定的先进性,因此得到更多的应用。本文针对传统变步长算法会发生误判现象和步长参数函数不够精确这两大缺陷,提出一种新的基于功率预测的改进型变步长MPPT控制策略。理论分析了所提算法的可行性,仿真实验结果证明,本文

所提算法在动态性能与稳态性能两方面都有更好的效果。

基于功率预测的改进型变步长算法的设计

1. 功率预测防误判原理

误判现象的发生,根本原因在于错误地将两条不同条件下的 $P-V$ 特性曲线当作同一种情况处理。因此,要保持算法的准确性,有效防止误判现象的发生,需要知道同一条 $P-V$ 曲线扰动前后系统对应的功率。如图1,在 kT 时,采样工作点在图1中 D 处,光伏电池的输出功率为 $P(k)$,工作电压为 $U(k)$ 。算法给出正方向扰动的步长,下一采样时刻应该工作在图中 E 点。若日照强度突然增强,导致 $(k+1)T$ 时工作在 A 点,得到输出功率 $P(k+1)$ 。算法若要作出正确的判断就需预测出当前条件 kT 时刻 B 点的功率。从数学无限逼近的角度,当采样频率足够快时,功率大小的变化曲线无限逼近于一条直线,也就是说同等时间间隔里功率值变化相同,即图1中有 $\Delta P_1 \approx \Delta P_2$ 。当在 kT 和 $(k+1)T$ 采样周期中间增加一次采样得出 $(k+0.5)T$ 时刻的输出功率 $P(k+0.5)$,根据上文分析可近似得出工作点 B 处的功率值为

$$P'(k) = 2P(k+0.5) - P(k) \quad (1)$$

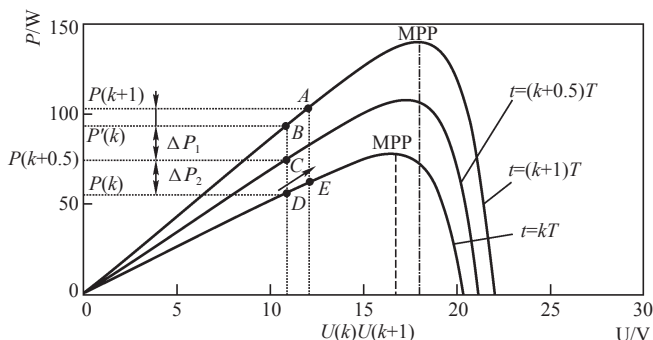


图1 功率预测原理图

2. 改进型变步长控制策略

本文针对传统变步长算法步长参数 $P'(U)$ 的数学缺陷，在原有基础上提出一种改进型步长参数函数为

$$N = F(P'(U)) = \frac{P'(U)}{\sqrt{1 + P'(U)^2}} \quad (2)$$

为分析参数的数学特性，对式(2)求得其变化率

$$N' = \frac{1}{(1 + P'(U)^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (3)$$

由式(2)、式(3)绘制新步长参数 $F(P'(U))$ 函数图和参数变化率 N' 函数图如图2、图3所示。

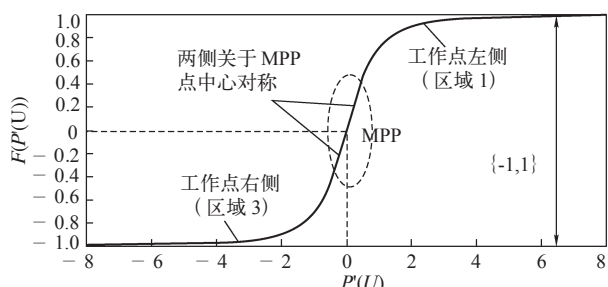


图2 新步长参数函数图

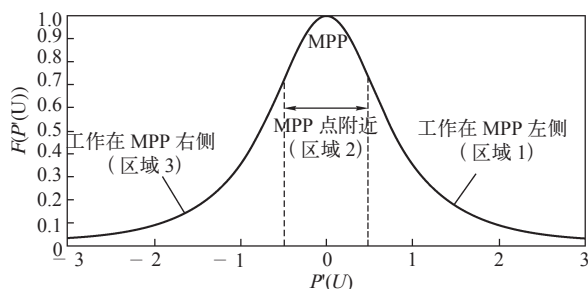


图3 新步长参数一阶导数函数图

从图2中可以看出，新参数 $F(P'(U))$ 首先保持了 $P'(U)$ 作为步长调整参数的基本条件，在数学特性上也解决了上文分析的 $P'(U)$ 几个缺陷。
①新参数在MPP左右两侧中心对称，参数变化率两侧同样对称。
②新步长参数和参数变化率均为基于 $|u - U_m|$ 的单调减函数，反映到算法效果上在MPP点附近会又快又稳地追踪并保持最大功率输

出。③由于 $F(P'(U))$ 具有有界性，在 $\{-1, 1\}$ 之间，方便 a 的取定。为了更直观地体现新步长参数函数 $F(P'(U))$ 的优势，特画出新旧两种步长参数随电压变化的对比图，如图4所示，其中小图为MPP点附近的局部放大图。综上所述，本文所提出的 $F(P'(U))$ 比 $P'(U)$ 更适合作为变步长算法的扰动步长调整参数函数。

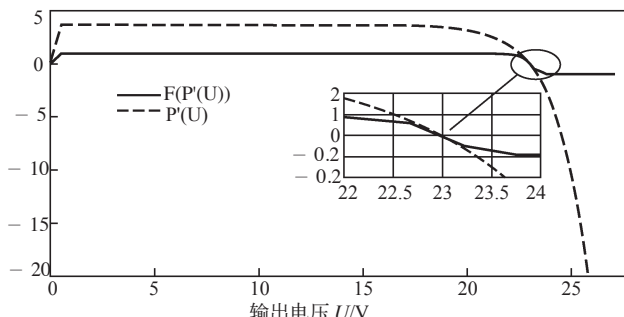


图4 新旧两种步长参数的对比图

根据上文中提出的功率预测和新步长调整参数原理，本文设计了一种基于功率预测的改进型变步长光伏MPPT控制算法，算法流程图如图5所示。

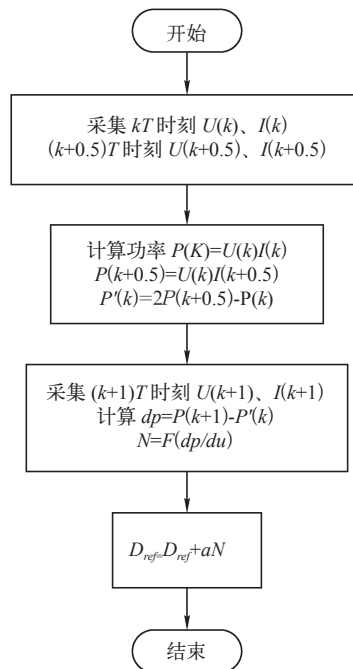


图5 基于功率预测的改进型变步长算法流程图

仿真分析

为验证文中所提算法的可行性，本文搭建了基于Boost电路的光伏发电仿真系统，MPPT控制器通过调整PWM波形占空比的大小改变晶闸管的开断时间，最终达到控制光伏发电系统工作电压的目的。仿真模型主要参数：光伏电池开路电压

$U_{oc}=22\text{ V}$ ，短路电流 $I_{sc}=8.58\text{ A}$ ，MPP处电压 $U_m=17.7\text{ V}$ ，MPP处电流 $I_m=7.94\text{ A}$ ，即系统最大功率理论上在140 W左右；Boost电路的电容 $C=300\text{e}-6\text{ F}$ ， $CF=500\text{e}-6\text{ F}$ ，电感 $L=1\text{e}-3\text{ H}$ 。仿真实验环境说明：整个过程仿真时间0.4 s；0~0.2 s时，外部条件设定为标准测试环境，即板面温度25℃，光照强度1 000 W/m²；0.2 s时，外部条件变化为板面温度25℃，光照强度1 000 W/m²，以此检测算法的动态调整性能。

实验采用传统变步长MPPT算法和本文所提出基于功率预测的改进型变步长算法两种方法进行仿真。仿真效果图如图6、图7所示，图中小图是将系统稳定后抖动和环境突变两种情况的局部放大图，更方便对比分析新旧两种算法的性能。

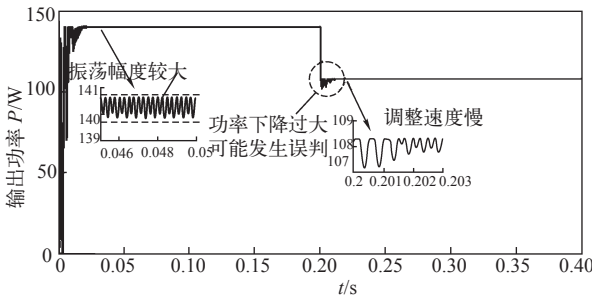


图6 传统变步长算法仿真效果图

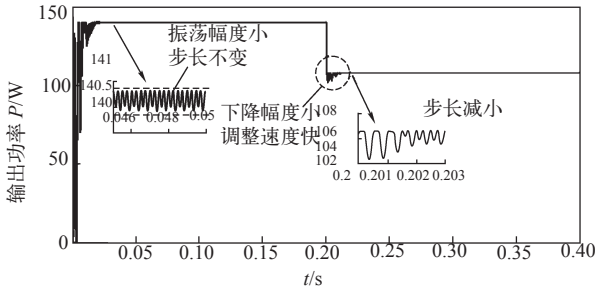


图7 基于功率预测的改进型变步长算法仿真效果图

从结果来看，两种算法都成功地追踪到最大功率约140 W处并稳定在最大功率点处上下抖动。传统变步长算法追踪到最大功率点所花时间较长，稳定后振荡幅度较大。当外部环境发生突变时，功率下降过大，有可能是发生了误判现象，算法调整时间较长。新算法仿真开始时迅速追踪到最大功率点，稳定后步长基本不变，振荡幅度较小。环境突变时，新算法功率下降幅度小，调整速度快。从图7中局部放大图可以看出，当算法追踪到新的最大功率点附近时步长变小，自适应能力较强。本次仿真实验的具体数据见下表，表中 T_1 和 T_2 分别代表算法两次追踪到最大功率点的时间， W_1 和 W_2 分别算法两次稳定后振荡的幅度。

表 优化模糊输入量控制策略仿真实验数据

方法	T_1/s	W_1/W	T_2/s	W_2/W
传统变步长MPPT算法	0.035	139.3~140.9	0.225	107.5~108.7
基于功率预测的改进型变步长MPPT算法	0.015	139.7~140.5	0.210	107.8~108.2

结束语

本文首先分析了传统变步长MPPT控制算法的原理和两大缺陷，容易发生误判现象和步长参数的不足。针对这两大缺陷，提出功率预测防误判和设计新步长参数的思想，设计了基于功率预测的改进型变步长MPPT控制算法。理论分析了新算法将功率预测和新设计的步长参数相结合可有效弥补传统变步长算法的不足。搭建光伏发电

系统仿真模型，仿真实验结果验证了新算法较传统变步长算法在速度和准确度上都有更优的表现。下一阶段局部阴影情况或者有移动云阴影遮蔽的情况是研究重点，此外基于Boost电路光伏发电仿真系统只是单级系统，还没有考虑并网后系统的部分。EA

(收稿日期：2019.11.19)

(编辑：朱金凤)

.....

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告