

文章编号:0254-0096(2018)02-0536-08

光伏发电最大功率点跟踪的智能集成控制

徐凯¹, 王湘萍²

(1. 重庆交通大学信息科学与工程学院, 重庆 400074; 2. 重庆交通大学机电与车辆工程学院, 重庆 400074)

摘要: 针对光伏发电最大功率点跟踪(MPPT)中,采用常规模糊控制存在量化因子、比例因子整定困难,自适应性差等问题,提出一种智能集成的控制方法。该方法采用改进遗传算法(IGA)来获取量化因子、比例因子的初始值。为克服这些初始值固定而导致常规模糊控制器自适应差的缺陷,采用二级模糊推理方式对这些初始值进行在线调节。同时,利用神经网络记忆二级模糊推理规则,实现对常规模糊控制器量化因子、比例因子的快速调节。与电导法和常规模糊控制法相比较,该方法跟踪的最大功率值最大、响应快且稳态性能好。通过仿真实验验证了该方法的有效性和优越性。

关键词: MPPT; 模糊控制; 改进遗传算法; 参数自调整; 神经网络

中图分类号: TM615

文献标识码: A

0 引言

光伏发电系统的输出功率受光照、温度的影响较大,其控制器能够不断地根据外部因素的变化来调整太阳能电池的输出工作点,使之始终保持在最大功率输出状态,即光伏发电系统的最大功率点跟踪(MPPT)问题^[1]。MPPT技术是光伏发电的关键技术之一,随着模糊控制理论的提出与发展,人们将其应用于MPPT的控制中^[2]。文献[3]采用结构简单的常规模糊控制,虽然便于实现,但控制性能还有待改善。模糊控制器具有不依赖于被控对象精确数学模型的优点,但其控制性能受到控制器自身参数的影响较大,故人们在模糊控制器自身性能提高方面采用多种技术和方法。文献[4]考虑到光伏特性曲线在最大功率点左右存在不对称性,在设计模糊控制器的隶属度时采用了不对称的方式,缩短了MPPT的搜索时间;文献[5]使用了3个模糊控制器,在功率、电压和占空比变化这3个参数中,采用两两组合的方式作为每个模糊控制器的输入,提高了MPPT的精度并消除了振荡;文献[6,7]将模糊控制与PID控制相结合,通过模糊推理来实现对PID参数的在线调整,以实现MPPT最优。文献[8]

在模糊PID的基础上结合免疫反馈机理,进一步提高了MPPT的动态性能;文献[9]所提出的变论域自适应模糊控制器,能够根据光伏发电输出功率偏差的变化自动调整变量的论域,快速地实现对最大功率点的搜索。文献[10]在传统模糊控制器的输出中增加了一个自适应增益器,其控制性能优于传统模糊控制器;文献[11]将分区法和遗传算法相结合,既可快速追踪到小范围内的最大功率点,又可及时追踪发生较大改变的功率点。

实际上,在模糊控制器设计中,其量化因子、比例因子对控制器性能影响很大,上述参考文献均未提及如何获取这些参数值。而通常所采用的试凑法要根据设计人员的经验来调整,多个参数之间难以配合,不能获得最佳控制参数;同时,由于光伏发电系统的光照、温度等外界环境因素随时可能发生变化,如何快速、在线地对量化因子、比例因子进行调节,以实现最大功率的动态跟踪,也是尚待解决的问题。

本文综合改进遗传算法、模糊推理和神经网络三者的优点,取长补短,设计出一种光伏发电系统MPPT的智能集成控制器,并通过仿真实验验证控制器的优越性。

收稿日期: 2016-01-04

基金项目: 重庆市研究生教育教学改革重大项目(yjg131001); 仁赤高速公路交通安全保障关键问题研究与示范应用(GZSGLJKYWT-2014)

通信作者: 徐凯(1970—),男,硕士、教授、硕士生导师,主要从事新能源发电、交通电气装备及智能控制方面的研究。xkxjwx@hotmail.com

1 太阳能电池的特性

太阳能电池是一种光电转换的半导体装置,其产生的电压和电流分别受温度和光照强度的影响。理想太阳能电池的等效电路可用一个二极管和电流源并联电路来表示。但实际上,太阳能电池内部存在串联电阻和分流电阻,图1所示为实际太阳能电池等效电路模型。

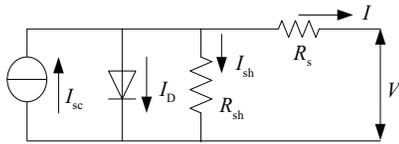


图1 太阳能电池的等效电路

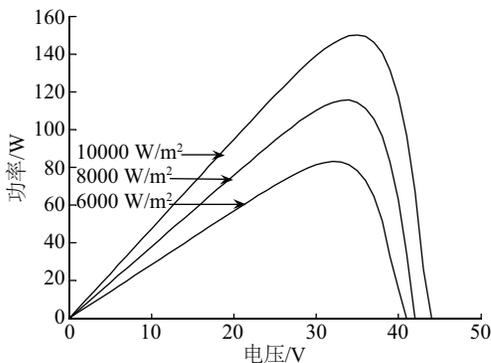
Fig. 1 Equivalent circuit of photovoltaic cell

图中 I_{sc} 为太阳能电池在受到太阳照射时产生的光生电流, R_s 为内阻, R_{sh} 为分流电阻, 太阳能电池实际的输出电流为 I , I_D 为 p-n 结的扩散电流, 流向与 I_{sc} 相反, 根据模型可推导得太阳能电池的伏安特性方程为:

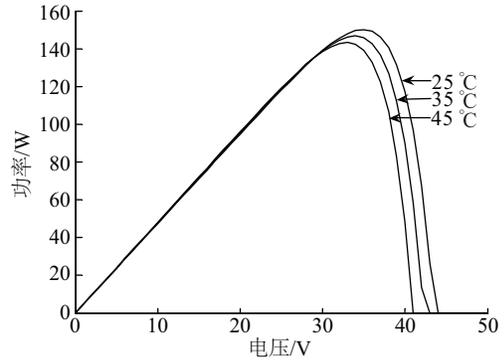
$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{nkT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

式中, I_0 —— 二极管反向饱和电流; n —— 二极管理想因子; q —— 电荷量常数, $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$; k —— 玻尔兹曼常数, $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$; V —— 太阳能电池的输出电压; T —— 太阳能电池表面温度。

由式(1)可知, 太阳能电池的输出特性主要影响因素为光照强度和温度, 根据文献[12]提出的建模方法, 对太阳能电池的输出特性进行仿真, 得到如图2所示的不同环境条件下的 $P-V$ 特性仿真曲线。



a. 不同光照下 $P-V$ 曲线



b. 不同温度下 $P-V$ 曲线

图2 太阳能电池的输出特性曲线

Fig. 2 Output characteristic curves of photovoltaic cell

2 系统结构与控制策略的设计

2.1 系统总体控制结构

本文所提出的智能集成控制系统的总体结构如图3所示, 图中, U 、 U_k 和 U_{ref} 分别为一级模糊推理输出电压、第 k 时刻采样输出电压和光伏系统输入参考电压; P 、 P_k 和 P_{max} 分别为太阳能电池输出功率、第 k 时刻采样输出功率和太阳能电池输出功率最大值; N 为量化因子 K_1 、 K_2 的增加倍数, E_1 、 E_2 分别为经过量化因子转换后的模糊推理输入量。图3中, 首先采用改进遗传算法(IGA)优化一级模糊控制器的量化因子 K_1 、 K_2 和比例因子 K_u , 得到最优初始值; 其次, 鉴于量化因子和比例因子对模糊控制性能的重要影响以及 MPPT 控制系统要能够快速适应外界环境变化, 采用一个二级模糊参数自调整器在线调整一级模糊控制器的量化因子和比例因子; 最后, 考虑到二级模糊参数自调整器推理所需时间长, 为加快参数调节, 将模糊推理规则表用神经网络来记忆, 利用神经网络大规模并行处理的能力, 快速地对一级模糊控制器的量化因子和比例因子等参数进行动态、在线调节。如此可大大提高整个光伏发电系统的控制性能。

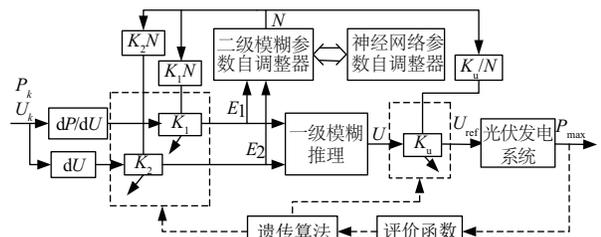


图3 系统总体控制结构图

Fig. 3 System structure chart of control

2.2 控制策略具体设计与实现

2.2.1 一级模糊控制器的设计

在设定光伏发电系统参考电压环节使用模糊控制器代替原有传统的扰动法,这样便可实现变步长的参考电压 U_{ref} 输出,即当功率偏差较大时,输出的步长也较大;当工作点接近最大功率点时功率偏差会变小,此时模糊控制器的输出步长也会随之变小^[13]。这样就可以根据外界环境的变化动态地改变步长,此即为常规模糊 MPPT 控制方法。

一级模糊控制器采用双输入单输出结构,第 k 时刻的输入量为第 k 个采样点的电压变化量 dU 和输出功率相对电压变化量 dP/dU ,输出量为参考电压 U_{ref} 。它们的模糊子集均定义为{NB(负大),NM(负中),NS(负小),ZE(零),PS(正小),PM(正中),PB(正大)},模糊论域都定义为{-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6},隶属函数均采用三角函数。

根据图 2 所示太阳电池 $P-V$ 特性曲线可得到太阳电池的输出功率与输出电压之间的对应关系式^[14]:

$$dP/dU > 0 \text{ 则 } U < U_{MPP} \quad (2)$$

$$dP/dU = 0 \text{ 则 } U = U_{MPP} \quad (3)$$

$$dP/dU < 0 \text{ 则 } U > U_{MPP} \quad (4)$$

式中, U_{MPP} ——太阳电池最大功率点处所对应的电压。

根据光伏特性,可设定一级模糊控制规则表,如表 1。

表 1 一级模糊控制规则表

Table 1 Rules of the primary fuzzy controller

dU	dP/dU						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	NS	NS	NS	NS
NM	PB	PB	PB	NS	NS	NS	NS
NS	PB	PB	PB	NS	NS	NS	NS
ZE	PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NS
PS	NB	NS	NS	PS	PS	PM	PB
PM	NB	NS	NS	PS	PS	PM	PB
PB	NB	NM	NS	PS	PS	PM	PB

2.2.2 改进遗传算法优化模糊控制器量化因子、比例因子

在模糊控制器设计过程中,由于设计者的专家知识、实践经验和判断能力不尽相同,往往给模糊

控制器的参数设计带来一定的主观性。为了找到一组合适的参数,通常采用人工方式整定,即试探法,此方法工作量大且耗时,其结果也不一定是最优。遗传算法(GA)是一种建立在自然选择和生物遗传机制上的迭代式随机搜索寻优方法,可用于控制器参数优化。

本文针对量化因子、比例因子等参数人工整定较困难的问题,采用改进遗传算法来优化参数。改进算法采用了非一致性变异概率,即将变异概率与每个个体的适应度联系起来,适应度值高的个体其变异概率小,反之,适应度值低的个体其变异概率则较大。这样每个个体都有与其适应度相应的变异概率,如此便可提高优化精度和算法的收敛性。以光伏发电系统的输出功率为被控制量,定义的适应度函数如式(5)^[15]:

$$f = 1/J = 1/\int |P_{max} - P_m| dt \quad (5)$$

式中, J ——IAE 指标,即绝对误差积分准则性能指标; P_{max} ——光伏系统实时输出最大功率; P_m ——太阳电池板最大功率理论值。

该改进算法的参数设置见表 2。

表 2 IGA 的参数设置表

Table 2 The parameters settings of IGA

参数	数值	参数	数值
遗传代数 G	8	变异概率 p_m 初值	0.001
编码长度 L	15	K_1 初值范围	0~10
种群规模 M	30	K_2 初值范围	0~10
交叉概率 p_c	0.6	K_u 初值范围	0~10

改进遗传算法按下述步骤进行优化:

1)对参数采用二进制编码,每个参数用 5 位二进制表示,3 个参数编码后形成 1 个 15 位的二进制串;

2)随机产生 1 个初始二进制群体;

3)对每个个体用评价函数进行评价;

4)计算每个个体的适应度函数 f ;

5)交叉过程采用单点交叉法;

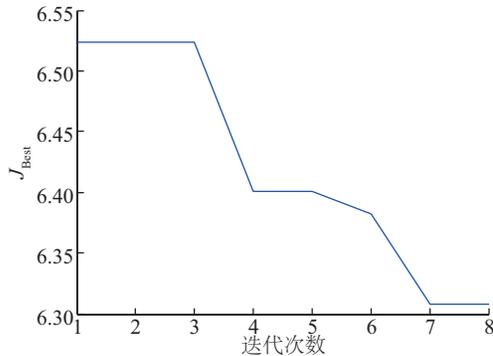
6)变异过程采用非一致性变异概率,其公式为:

$$p_m = 0.001 - [1:1:M] \times (0.001)/M \quad (6)$$

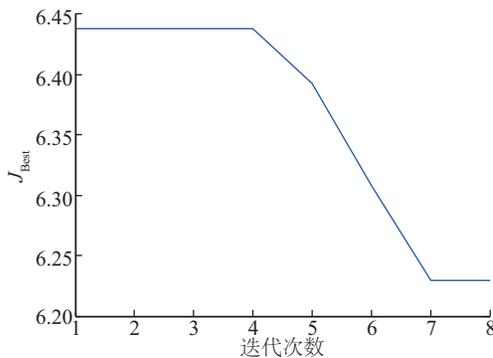
式中, p_m ——变异概率; M ——种群规模。种群按适应度由小到大排列,根据个体适应度值大小,选

择不同的变异概率。

经过上述过程,可产生一个子代种群。对子代重复进行步骤3)~步骤6),使群体适应度不断提高,直到满足终止条件。优化过程中的IAE指标比较如图4所示,图中的 J_{Best} 为最佳的IAE指标,图4a为采用传统GA,图4b为采用IGA。



a. 传统GA的IAE指标



b. IGA的IAE指标

图4 IAE指标比较

Fig. 4 Comparison of IAE index

表3比较了采用3种不同方法所得到的结果,其中以采用IGA得到的IAE指标为最优。

表3 3种方法所得到的结果比较

Table 3 Comparison of three methods

方法	K_1	K_2	K_u	IAE
试凑法	0.7000	0.8000	1.0000	6.6867
传统GA	0.3226	1.2903	6.4516	6.3077
IGA	0.6452	1.9355	0.9677	6.2299

2.2.3 二级模糊参数自调整器的设计

二级模糊参数自调整器用来对一级模糊控制器的量化因子 K_1 、 K_2 和比例因子 K_u 等参数进行在线调节,使控制系统能够适应不断变化的外界环境,保证控制性能达到预期要求。其设计原则如下:

当误差较大时,应尽快消除误差,此时降低 K_1 、 K_2 ,以降低对误差的分辨率。同时加大 K_u 以获得较大控制量,加快系统响应;反之,若系统已接近稳态,则要求提高控制精度,减少超调量,应增大 K_1 、 K_2 来提高对误差的分辨率,让控制器对微小误差做出反应。同时应减小 K_u ,以减少超调量。此处取 K_1 、 K_2 增加倍数与 K_u 减小的倍数相同。

该模糊参数自调整器的输入与一级模糊控制器的输入相同,输出为 K_1 、 K_2 的增加倍数 N (即 K_u 的减小倍数)。 N 的模糊论域定义为 $\{1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8\}$,其模糊子集定义为 $\{CH(高缩), CM(中缩), CL(低缩), OK(不变), AL(低放), AM(中放), AH(高放)\}$ 。隶属函数采用对称分布的三角函数。由上述设计原则,可得 N 值的调整规则表,如表4所示。

表4 N 值调整规则表

Table 4 Adjustment rules of N

E_2	E_1						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	CH	CM	CL	OK	CL	CM	CH
NM	CM	CL	OK	OK	OK	CL	CM
NS	CL	OK	OK	AM	OK	OK	CL
ZE	OK	OK	AL	AH	AL	OK	OK
PS	CL	OK	OK	AM	OK	OK	CL
PM	CM	CL	OK	OK	OK	CL	CM
PB	CH	CM	CL	OK	CL	CM	CH

2.2.4 模糊神经网络参数自调整器的设计

神经网络具有强大的知识自学和记忆能力,倘若利用神经网络来记忆二级模糊推理规则,就可使得二级模糊参数自调整器无需查表,直接利用神经网络联想和大规模并行处理能力,快速、在线地实现对量化因子、比例因子的调节。采集二级模糊参数调整器的输入输出数据作为神经网络的训练样本,利用BP学习算法对网络进行训练。建立一个3层BP网络结构,输入层和输出层分别选择2个和1个节点,隐含层的节点数经多次试验,选择12个节点时训练效果最佳。网络初始权值取 $[-1, +1]$ 区间内的随机值,隐含层和输出层的传递函数分别采用tansig和Purelin。BP算法的学习因子0.20,动量因子0.65,训练目标误差0.0001,网络训练结果如图5所示。

由图5可看出,经过训练443步达到误差要

求。将训练好的神经网络投入使用,该神经网络就相当于模糊关系存储器,可快速实现对量化因子、比例因子的调节。

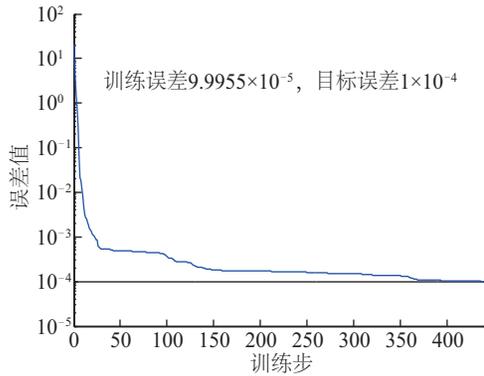


图5 神经网络训练误差曲线

Fig. 5 Error curve of neural network training

3 仿真实验与分析

3.1 实验参数

利用 Matlab/Simulink 建立光伏发电系统的 MPPT 控制仿真模型如图 6 所示。图中 L 为电感, C_1 、 C_2 分别为前端电容和后端电容, R 为负载, U_o 为负载端电压, U_{PV} 和 I_{PV} 分别为太阳能电池板的输出电压和输出电流。

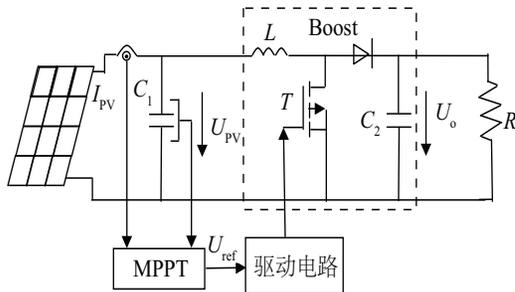


图6 光伏发电系统的 MPPT 控制仿真模型

Fig. 6 Simulation model of MPPT control of photovoltaic generation system

仿真实验所用的太阳能电池板为 BP 太阳能公司生产的 BP SX150S 型号的光伏板,参数见表 5。

参考文献[16],通过分析计算,仿真电路中 L 、 R 、 C_1 和 C_2 的参数分别设置为 10 mH、20 Ω 、400 mF 和 3 mF;量化因子 K_1 、 K_2 和比例因子 K_0 初始值分别利用上述改进遗传算法优化后得到的结果,即为 0.6452、1.9355 和 0.9677。

表5 BP SX150S 光伏板参数

Table 5 Parameters of BP SX150S panel

参数	值
最大功率 P_m/W	150
最大功率点电压 V_m/V	34.5
最大功率点电流 I_m/A	4.35
开路电压 V_{oc}/V	43.5
短路电流 I_{sc}/A	4.75

3.2 仿真实验

3.2.1 标准状况下对比实验

在标准状况下,即辐照度为 1000 W/m^2 ,温度为 25 $^{\circ}C$,分别采用电导增量法、常规模糊控制法和所提出的智能集成控制方法进行对比实验,系统输出功率如图 7 所示。

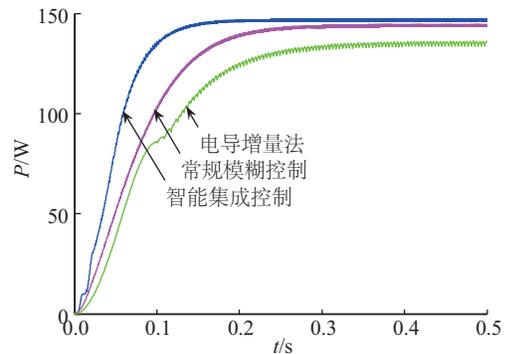


图7 标准状况下仿真实验

Fig. 7 Simulation experiment under standard condition

由图 7 可看出,在相同条件下,电导增量法和常规模糊控制法的输出功率分别为 136.14 和 143.34 W。且均在 0.3 s 以后才能达到稳态,同时都存在一定的振荡,其中以电导增量法尤为严重。而智能集成控制方法输出功率值最大,为 147.08 W,并且在 0.2 s 时就已达到稳态,同时稳态波动小。

3.2.2 动态光照下的对比实验

由图 2a 可知,光照强度是太阳能电池输出功率一个重要影响因素。鉴于此,针对以下 4 种情况分别采用电导增量法、常规模糊控制法和本文所提出的智能集成控制方法进行对比实验,温度均为 25 $^{\circ}C$ 。

1) 初始辐照度为 800 W/m^2 ,在 0.5 s 时突变为 1000 W/m^2 ,系统输出功率如图 8a 所示;

2) 初始辐照度为 1000 W/m^2 ,在 0.5 s 时突变为 800 W/m^2 ,系统输出功率如图 8b 所示;

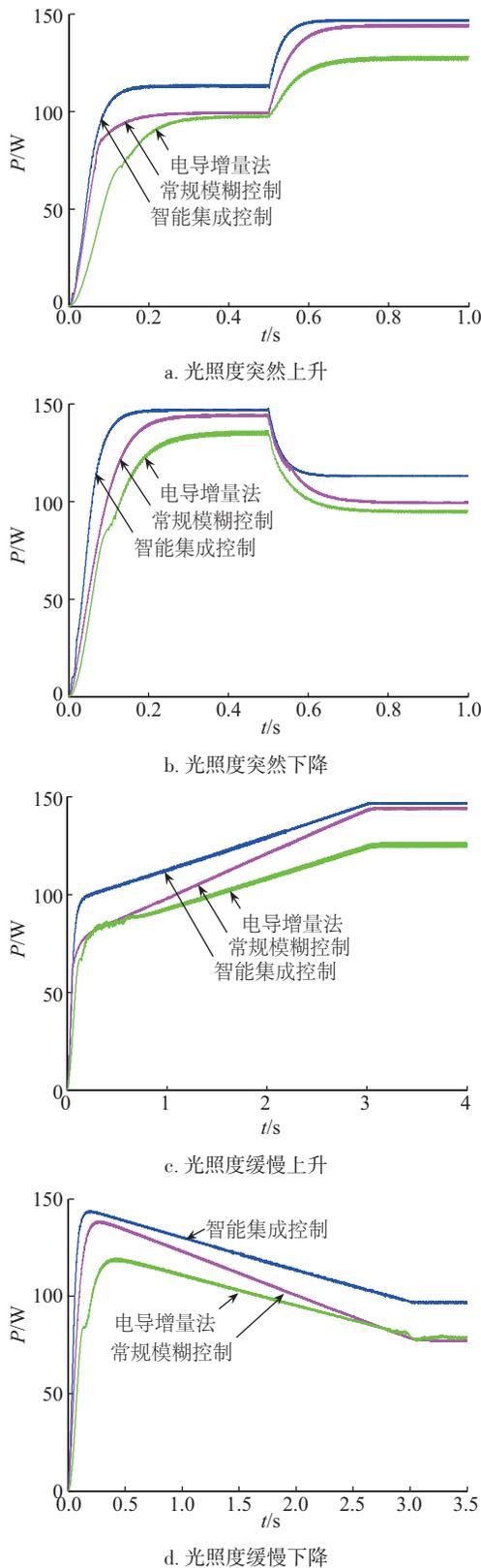


图8 动态光照下仿真实验

Fig. 8 Simulation experiments under dynamic illumination

3) 辐照度不断上升,以 $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的速度由

$700 \text{ W}/\text{m}^2$ 上升至 $1000 \text{ W}/\text{m}^2$,系统输出功率如图 8c 所示;

4) 辐照度不断下降,由以 $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的速度 $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ 下降至 $700 \text{ W}/\text{m}^2$,系统输出功率如图 8d 所示。

由图 8 可看出,在各种光照变化情况下,本文提出的智能集成控制方法能快速地响应,动态性能最好。同时,达到稳态后的跟踪功率值最大,且波动最小。

3.2.3 动态温度下的对比实验

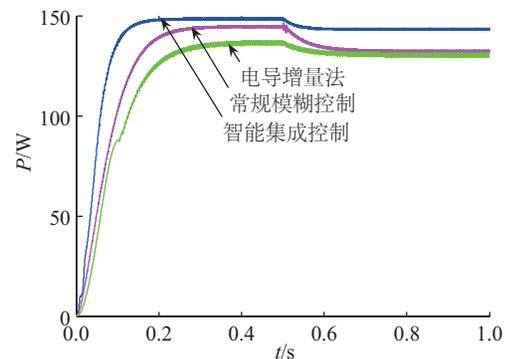
由图 2b 可知,温度同样是影响太阳能电池输出功率的一个重要因素。因此,针对以下 4 种动态温度情况分别采用电导增量法、常规模糊控制法和本文所提出的智能集成控制方法进行对比实验,辐照度均为 $1000 \text{ W}/\text{m}^2$:

1) 初始温度为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$,在 0.5 s 时突变为 $35 \text{ }^\circ\text{C}$,系统输出功率如图 9a 所示;

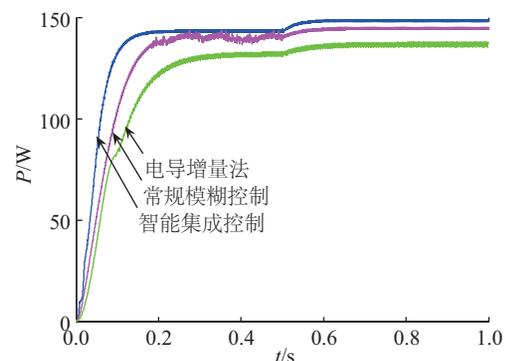
2) 初始温度为 $35 \text{ }^\circ\text{C}$,在 0.5 s 时突变为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$,系统输出功率如图 9b 所示;

3) 温度不断上升,从 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 以 $2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度上升至 $30 \text{ }^\circ\text{C}$,系统输出功率如图 9c 所示;

4) 温度不断下降,从 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 以 $2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度下降至 $20 \text{ }^\circ\text{C}$,系统输出功率如图 9d 所示。



a. 温度突然上升



b. 温度突然下降

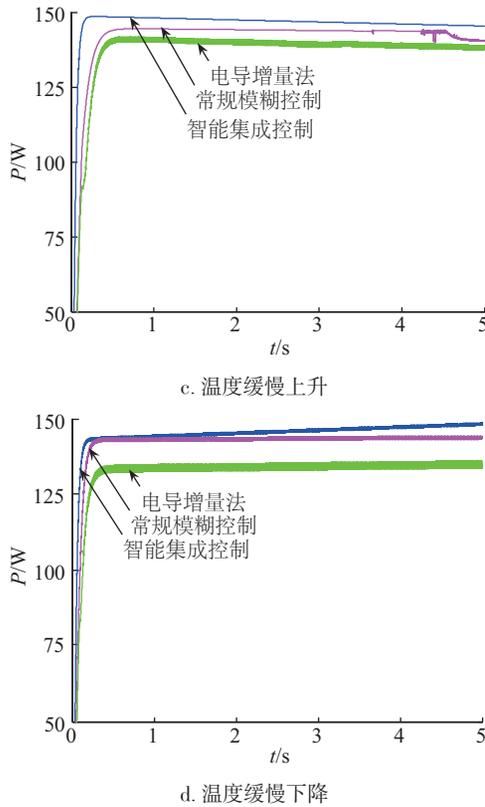


图9 动态温度下仿真实验

Fig. 9 Simulation experiments under dynamic temperature

由图9可看出,在温度改变的情况下,电导增量法响应速度慢、稳态波动较大、控制精度最低。与之相比较,常规模糊控制法的性能略有提高,但也存在一定的振荡。而本文所提出的智能集成控制方法响应迅速,动态性能最好,几乎无振荡,稳态精度高,且跟踪功率最大。

4 结 论

光伏发电系统MPPT的智能集成控制将改进遗传算法、模糊控制和神经网络集成于一体,综合了三者的优点,取长补短,弥补了采用单一控制方法所存在的缺陷。根据上述分析和仿真实验,该智能集成控制方法的优点为:

1)相较于人工调整量化因子、比例因子,采用改进遗传算法得到的参数值最优,跟踪到的功率值最大。

2)设计的二级模糊神经网络参数自调整器,能对一级模糊控制器的多个参数进行快速、在线的调整,克服了常规模糊控制器在外界光照、温度等环境因素变化较大情况下,自适应控制能力差的

缺陷。

3)在对光伏发电系统MPPT控制中,智能集成控制具有动态搜索时间短、振荡小和精度高的优点。

[参考文献]

- [1] 邵龙,刘观起,胡婷.光伏发电系统最大功率点跟踪方法研究综述[J].电网与清洁能源,2013,29(2):80—85.
- [1] Shao Long, Liu Guanqi, Hu Ting. Review of maximum power point tracking techniques for photovoltaic power generation system[J]. Power System and Clean Energy, 2013, 29(2): 80—85.
- [2] Alajmi B N, Ahmed K H, Finney S J, et al. Fuzzy-logic-control approach of a modified hill-climbing method for maximum power point in microgrid standalone photovoltaic system [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26(4): 1022—1030.
- [3] Algazar M M, AL-Monier H, El-Halim H A, et al. Maximum power point tracking using fuzzy logic control [J]. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2012, 39(1): 21—28.
- [4] Liu Chun-Liang, Chen Jing-Hsiao, Liu Yi-Hua, et al. An asymmetrical fuzzy-logic-control-based MPPT algorithm for photovoltaic system[J]. Energies, 2014, 7(4): 2177—2193.
- [5] Rajesh R, Mabel M C. Efficiency analysis of a multi-fuzzy logic controller for the determination of operating points in a PV system[J]. Solar Energy, 2014, 99: 77—87.
- [6] 徐锋.基于模糊策略的PID控制器在光伏MPPT中的应[J].电气传动,2014,44(5):53—57.
- [6] Xu Feng. Fuzzy-strategy-based PID controller in MPPT application[J]. Electric Drive, 2014, 44(5): 53—57.
- [7] Dounis A I, Kofinas P, Alafodimos C, et al. Adaptive fuzzy gain scheduling PID controller for maximum power point tracking of photovoltaic system [J]. Renewable Energy, 2013, 60: 202—214.
- [8] 薛蕾,赵建辉,李帆,等.光伏系统多峰最大功率点跟踪法研究[J].太阳能学报,2014,35(8):1422—1428.
- [8] Xue Lei, Zhao Jianhui, Li Fan, et al. Research of global maximum power point tracking in photovoltaic system[J]. Acta Energetica Solaris Sinica, 2014, 35(8): 1422—1428.
- [9] 汪义旺,曹丰文,高金生.光伏发电MPPT的变论域自适应模糊控制[J].太阳能学报,2012,33(3):473—476.

- [9] Wang Yiwang, Cao Fengwen, Gao Jinsheng. Variable univers adaptive fuzzy control for maximum [J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2012, 33(3): 473—476.
- [10] Guenounou O, Dahhou B, Chabour F. Adaptive fuzzy controller based MPPT for photovoltaic systems [J]. Energy Conversion and Management, 2014, 78 (2) : 843—850.
- [11] 王欢, 徐小力, 赵文祥, 等. 分区遗传算法在MPPT跟踪中的应用[J]. 北京信息科技大学学报, 2013, 28(3): 5—8.
- [11] Wang Huan, Xu Xiaoli, Zhao Wenxiang, et al. Application of subarea genetic algorithm to photovoltaic cell maximum power point tracking[J]. Journal of Beijing Information Science and Technology University, 2013, 28(3): 5—8.
- [12] 焦阳, 宋强, 刘文华. 太阳能电池实用仿真模型及光伏发电系统仿真[J]. 电网技术, 2010, 34(11): 198—202.
- [12] Jiao Yang, Song Qiang, Liu Wenhua. Practical simulation model of photovoltaic cells in photovoltaic generation system and simulation[J]. Power System Technology, 2010, 34(11): 198—202.
- [13] 吴大忠, 王晓伟. 一种光伏MPPT模糊控制算法研究[J]. 太阳能学报, 2011, 32(6): 808—813.
- [13] Wu Dazhong, Wang Xiaowei. A photovoltaic MPPT fuzzy controlling algorithm [J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2011, 32(6): 808—813.
- [14] 李兴鹏, 石庆均, 江全元. 双模糊控制法在光伏并网发电系统MPPT中的应用[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(8): 113—117.
- [14] Li Xingpeng, Shi Qingjun, Jiang Quanyuan. Application of double fuzzy control in MPPT of grid-connected photovoltaic generation system [J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(8): 113—117.
- [15] Messai A, Mellit A, Guessoum A, et al. Maximum power point tracking using a GA optimized fuzzy logic controller and its FPGA implementation [J]. Solar Energy, 2011, 85(2): 265—277.
- [16] 陈文奎, 程为彬, 郭颖娜. 宽输入DC-DC Boost变换器电感参数设计[J]. 电子技术应用, 2015, 41(2): 146—159.
- [16] Chen Wenkui, Cheng Weibin, Guo Yingna. Parameter design of inductance in DC-DC boost converter with wide range input voltage [J]. Power Supply Technology and Its Application, 2015, 41(2): 146—159.

INTELLIGENT INTEGRATED CONTROL FOR MAXIMUM POWER POINT TRACKING OF PV GENERATION SYSTEM

Xu Kai¹, Wang Xiangping²

(1. College of Information Science and Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. College of Mechanical Electrical and Vehicle Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Aiming at the problems in maximum power point tracking (MPPT) of PV generation system, the traditional fuzzy control has the problems of quantification factor, scaling factor setting difficulty and poor adaptability, an intelligent integrated control method was proposed. The method uses improved genetic algorithm (IGA) to obtain the initial value of the quantification factor and scaling factor. In order to overcome the poor adaptability shortcomings of conventional fuzzy controller caused by fixing the initial value, the second-level fuzzy inference method was used to adjust these initial values online. At the same time, the neural network was used to memorize the second-level fuzzy reasoning rules to realize the rapid adjustment of the quantization factor and scaling factor of the conventional fuzzy controller. Compared with the conductance method and the conventional fuzzy control method, the maximum power value tracked by this method is the largest, the response is fast and the steady-state performance is good. The simulation experiments verify the effectiveness and superiority of this method.

Keywords: maximum power point tracking (MPPT); fuzzy control; improved genetic algorithm; parameters self-adjustment; neural network