

基于麻雀搜索算法的风力发电最大功率点跟踪方法

项振宇

内蒙古龙源蒙东新能源有限公司

摘要: 现有的跟踪方法捕获最大功率点后存在波动, 占空比大, 为此研究基于麻雀搜索算法的风力发电最大功率点跟踪方法。当风速在实际风速以上时, 通过控制风力机转速使得风力发电系统输出功率与实际功率相等并保持恒定。将所有测量的风速数据放到直方图中, 从韦伯分布曲线计算平均风能, 获得风速的概率分布, 反映风能利用系数与叶尖和桨距之间的关系, 调整电机状态。运用麻雀搜索算法不断更新自身位置, 根据提供的信息时刻进行觅食来获取更高的适应度。当迭代停止时, 输出最优适应度值。运用风速估计的方法, 估计不同时间点的风速。计算得到当前的最优功率, 获得转速结果, 跟踪风力发电设备的最大功率。实验结果表明, 实验组风力发电功率在 1.5s 时存在最大功率点, 并在捕获过程中保持稳定, 占空比最小, 能够迅速提升功率, 准确地捕获风速对应的最大功率点, 达到良好的跟踪效果。

关键词: 麻雀搜索算法; 风力发电; 功率; 跟踪

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.08.060

引言

随着现代化的飞速发展, 在实际工程应用中通过对风力发电最大功率点跟踪方法将风能转化为电能, 应用光伏发电技术。在对风力情况的监测下, 通过跟踪全局最大功率点, 利用风能高效地提升风力发电效率^[1]。根据受到外部环境风力强弱, 从风机控制的角度出发, 灵活控制风机叶片来得到风机的有效应用。通过电气调节的方法, 对风力发电系统的最大功率点跟踪, 使其能够达到最大发电功率, 使得风力发电系统具有更好的适用性。根据风场条件, 准确地测定不同节点的风速信息, 通过合适的结构来提升风机质量, 防止风机系统的老化。在任意一个风速下捕获的风能均存在最大值, 满足对于能源的需求, 有效解决能源紧缺问题, 使得风能转换效率得到提升, 最大限度的利用风能资源, 快速实现最大功率点的跟踪控制, 调整与实际电压的误差值, 满足电网的工作要求。

由于风速的随机性, 使得风电系统为非线性, 电网容易发生短路现象。同时受到多种干扰因素影响, 最大功率点的捕获较为困难, 风力发电系统在最大功率点附近无法进行精确搜索, 电网可靠性降低, 导致结果无法达到预期。现阶段为促进风力发电最大功率点跟踪控制的精准化, 以风力发电最大功率点跟踪方法为研究对象, 运用麻雀搜索算法, 结合实际情况对其展开实验和

分析。

一、风力发电最大功率点跟踪

(一) 调整风力发电系统的运行状态

风力发电系统将从风中捕获的风能转化为机械能, 向电网输送电能时要求具有相同的频率, 这样才能更好的转化^[2]。风力发电系统最大风能跟踪状态过程中, 当风速在实际风速以下时, 风力发电系统处于最大风能跟踪状态, 此时随着风速的不断增大, 风力发电系统的输出功率也会不断增大。当风速在实际风速以上时, 通过控制风力机转速使得系统的输出功率与实际功率相等并保持恒定。当实际风速在实际风速以下时, 需要对风力机转速进行实时调整, 使得风力发电机组的输出功率达到最大化。将所有测量的风速数据放到直方图中, 根据风速分布看成韦伯分布, 韦伯分布的计算公式为:

$$p(e) = \frac{k}{C} \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} \quad (1)$$

公式中: C 为尺度系数; k 为长度系数; 通过计算实现对风速的选取。从韦伯分布曲线计算平均风能, 获得风速的概率分布, 拥有最高的风能利用率。风能资源所产生的平均风能为实际测量过程中, 所对应的能量, 通过计算能够明确的反映出风能利用系数与叶尖和桨距之间的关系, 从而调整出最优的状态来获得风力发电系

统中的最高转换效率。

(二) 麻雀搜索算法最大功率点搜索跟踪

运用麻雀搜索算法将麻雀种群分为三部分。在麻雀觅食过程中, 搜索范围较广。所以需要不断更新自身位置, 根据提供的信息时刻进行觅食来获取更高的适应度^[3]。在算法中, 不同的身份是动态变化的, 整体占比不变。此时, 加入者的位置更新计算公式为:

$$x_{i+j}^{i+1} = \begin{cases} Q \exp\left(\frac{x-xi}{i^2}\right) \\ x + |x-xi| \end{cases} \quad (2)$$

公式中: x 为当前发现者最差位置; xi 为发现者占据的最优位置; Q 为元素随机值。与此同时, 侦察者会对捕食的环境进行监视, 侦察者的位置更新计算公式为:

$$x_{i+j}^{i+1} = \begin{cases} xj + \beta |x-xj| \\ x + l \left(\frac{|x-xi|}{(f-fj) + \alpha} \right) \end{cases} \quad (3)$$

公式中: xj 为当前时刻的全局最佳位置; β 为服从正态系数; l 为元素随机值; f 为当前时刻麻雀个体最优适应度值; fj 为个体最差值; α 为常数。设定迭代次数为100, 运用搜索算法对搜索范围更新后, 当加入者向最佳位置靠近时能够达到收敛效果, 减少算法陷入局部最优^[4]。通过计算种群的个体适应度, 获得最优适应度值, 当迭代停止时, 输出最优适应度值。

(三) 风速估计最大功率点跟踪

运用风速估计的方法, 在相应时间内对不同时间点的风速进行估计。首先计算叶尖速比, 选定占空比的初始给定值, 测量此时发电机的输出功率。运用估计的方法计算得到当前的最优功率, 获得转速结果, 这样能够追踪风力发电风设备的最大功率。运用风速估算法, 将占空比给定一个步长, 测量之后记录相应的输出功率, 进行定位后确定工作点的最终位置。设定在测量反馈线路中, 发电机的时间步长 Δt , 计算风力发电风设备转

速加速度为 $a = \frac{dw}{dt}$, 发电机电磁转矩为 $e = \frac{p}{w}$ 。当风

速从 v 增加到 $v1$ 时, 对在相应时间内风力发电风设备的输出转矩进行计算, 其计算公式为:

$$T - e = \frac{Jdw}{dt} \quad (4)$$

公式中: J 为风力机的转动惯量。再根据桨矩角来计算风速, 得到风力发电风设备 $cp(a, e)$ 的特性曲线。在曲线中确定工作点位置, 得到在风速条件下的最大功率点^[5]。当风速变换到 $v1$ 后, 新的工作点位置发生改变, 系统会自动对步长进行调节, 调整风机的转速 $v1$ 。风速变化过程中, 控制母线电压值和控制的角度, 按照上述方式不断重复, 直到工作点达到风速调节下的最大功率点为止。如果在跟踪过程中, 工作点测量产生的功率增量超过了前面的增量, 说明已经越过了最大功率点, 需要进行反向跟踪。

二、实验测试与分析

为了验证本文方法的有效性, 设置3个小组。运用本文方法的小组为实验组, 运用传统方法的两个小组为对照组。在 Matlab 仿真环境下, 对风力发电系统最大功率点进行跟踪控制, 观测风力发电系统的输出功率结果。将所得到的不同小组的观察结果进行统计, 并绘制对比曲线, 判断波动范围稳定程度, 并计算占空比。当占空比较小时能够迅速响应从而准确捕获风速对应的最大功率点。

(一) 搭建实验环境

构建一个小型的风力发电系统, 系统所用的发电机为直驱永磁发电机。在风力发电系统中, 总体电路由二极管整流电路、升压电路和PWM电路组成。按照仿真实验条件设置, 建立风机主体电路。设置直驱永磁发电机的实际功率为3.5kW, 电阻设置为3Ω, 电路中电感为7mH, 电容为2.2mF。在电路中, 负载大小设置为100, 开关频率设置为12kHz。对三个不同支路进行相应周期内的控制, 增加放大倍数。用参数表示每个支路的最小电流, 将0到0.3范围内按照占空比划分, 形成(0, T)的空间。通过调节参量变化, 测试小型风力发电系统的功率传输性能。为了保证电流的连续性, 需要在电路中

使用数值较大的电感。设定风速为10m/s的条件下,运用不同方法对风力发电系统执行最大功率点跟踪,观测风力发电系统的输出功率。

(二) 结果与分析

运用不同方法观测执行最大功率点跟踪后的发电系统输出功率,并将计算结果绘制成对比曲线,具体如图1所示:

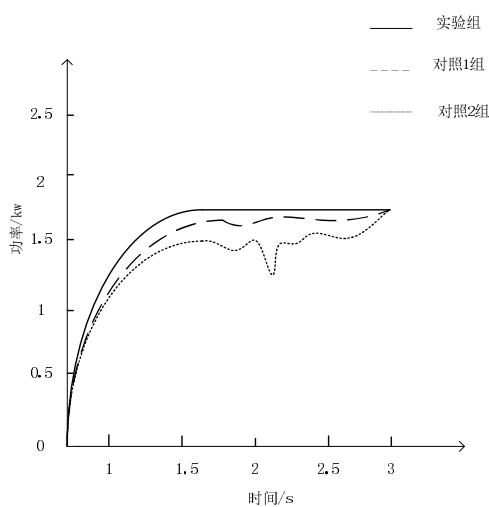


图1 风力发电系统输出功率对比

由实验结果可知,两个对照组跟踪控制后,风力发电功率在3s时存在最大功率点,在捕获最大功率点时仍然存在波动。在控制过程汇总的占空程度波动较大,跟踪效果较差。相比于对照组,实验组风力发电功率在1.5s时存在最大功率点,并在捕获过程中保持稳定,波动范围比对照组均要小。针对波动范围计算不同小组的占空比,计算结果为:实验组的占空比为0.55,对照组1组为0.68,对照组2组为0.78。经过比较发现实验组的占空比最小,响应速度快,能迅速提升功率,准确地捕获风速对应的最大功率点。在跟踪过程中达到较好的跟踪效果。

综上所述,运用本文跟踪方法能够使风力发电始终保持最大的功率点,能够高效控制与利用风能,提升风力发电功率的应用稳定性。在进行电路设计后,不需要手动测量风速和发电机的转速,依据风机特性,能够快速精准的获得最大风能。利用电容来提供大量无功电流,根据变速方式,随着风速变化捕获风能。将风力机

和电网作为一个整体,实现基于麻雀搜索算法的风力发电最大功率点跟踪方法的良好应用。

三、结束语

本文从最大功率点入手,研究风力发电最大功率点跟踪,探究了基于麻雀搜索算法的风力发电最大功率点跟踪方法。最大限度地将风能转换为电能,结合机组自身结构特点,进行多目标优化跟踪,具有良好的应用前景。通过最大功率点的跟踪,降低风能捕获效率,满足风速对风电机组跟踪性能的要求,提高最大风能利用效率。通过跟踪风速变化,实现风能快速转化。但是方法中还存在着不足,例如风机的转动惯量问题,功率解耦问题,风能捕获量问题等。在以后的研究中应不断优化跟踪算法,进一步缓解系统有功不平衡。在保证最大功率跟踪的同时,调整神经网络结构和参数,有效增大传动轴阻尼,提升方法的有效性。加大跟踪的范围,协调优化风机控制策略,改善电网运行状况,实时跟踪最大功率点,并完善此方法的研究。

参考文献

- [1]熊智,李欣童,熊骏等.基于改进麻雀搜索算法的无人机集群置信传播协同定位方法[J].中国惯性技术学报,2021,29(02):171-177.
 - [2]商立群,李帆.基于自适应布谷鸟搜索和扰动观察法的光伏最大功率点跟踪[J].电力系统保护与控制,2022,50(08):99-107.
 - [3]基于改进麻雀算法的园区综合能源系统优化研究[J].刘翕铭;于永进;杨洋.智慧电力,2021(06)
 - [4]贺航,马小晶,王宏伟等.基于改进麻雀搜索算法的森林火灾图像多阈值分割[J].科学技术与工程,2021,21(26):11263-11270.
 - [5]于CEEMD-CNN-BiGRU-RF模型的短期风电功率预测[J].曾亮;狄飞超;兰欣;王珊珊.可再生能源,2022(02)
- 作者简介:项振宇(1994年11月),男,内蒙古满洲里,内蒙古,本科,高级工程师,研究方向:风力发电方面研究。