



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116398359 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 07

(21) 申请号 202310306401.9

(22) 申请日 2023.03.27

(71) 申请人 远景能源有限公司

地址 214444 江苏省无锡市江阴市申港街道申庄路3号

(72) 发明人 申玄伟 吴国庆 王林鹏

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

专利代理师 严玉丹

(51) Int. Cl.

F03D 7/00 (2006.01)

F03D 9/11 (2016.01)

F03D 9/19 (2016.01)

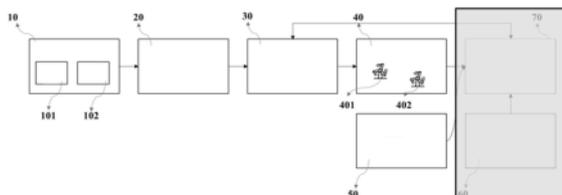
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统及方法,包括数据采集与处理模块、风速预测模块、功率预测与分配模块、风力发电机组、其他发电机群组、储能设备和制氢设备;数据采集与处理模块包括用于采集环境变量的数据采集模块和用于将环境变量转化成风速预测模块可应用的输入形式的数据处理模块;风速预测模块和数据采集与处理模块连接,用于对风速进行预测;功率预测与分配模块分别和风速预测模块、风力发电机组以及制氢设备连接,用于预测出风力发电机组可用功率情况并进行功率设定值的分配;制氢设备分别与风力发电机组、其他发电机群组和储能设备连接。与现有技术相比,本发明具有平衡功率的输出和消耗,满足制氢量最大等优点。



1. 一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的控制系统包括数据采集与处理模块(10)、风速预测模块(20)、功率预测与分配模块(30)、风力发电机组(40)、其他发电机群组(50)、储能设备(60)和制氢设备(70);所述的数据采集与处理模块(10)用于采集环境变量和将环境变量转化成风速预测模块(20)可以应用的输入形式;所述的风速预测模块(20)和数据采集与处理模块(10)连接,采用神经网络算法对风速进行预测;所述的功率预测与分配模块(30)分别和风速预测模块(20)、风力发电机组(40)以及制氢设备(70)连接,用于预测整个风力发电机组(40)各个机位的可用功率情况并结合制氢设备(70)的电量消耗情况进行功率设定值的分配;所述的制氢设备(70)分别与风力发电机组(40)、其他发电机群组(50)和储能设备(60)连接。

2. 根据权利要求1所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的数据采集与处理模块(10)包括数据采集模块(101)和数据处理模块(102);所述的数据采集模块(101)用于采集环境变量;所述的数据处理模块(102)用于将环境变量经过结构化与对时操作转化成风速预测模块(20)可以应用的输入形式;所述的数据采集模块(101)包括风速传感器、湿度传感器和温度传感器。

3. 根据权利要求1所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的预测整个风力发电机组(40)各个机位的可用功率情况具体为:基于风速预测模块(20)输出的未来一段周期T时间内的风速预测情况,同时结合风力发电机组(40)的具体排布因素,叠加地形因素对相关风速输入进行修正,据此预测出具体到整个风力发电机组(40)各个机位的可用功率情况;在周期T时间内,包含1个到多个系统控制周期,每个周期均会输出各个机位的可用功率情况。

4. 根据权利要求3所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的修正具体为:结合风力发电机组(40)的空间位置分布叠加风流场仿真技术得到不同风速和风向组合下风力发电机组(40)各个机位的实际风速修正系数矩阵,并按照各个机位实际所处的矩阵位置,得到考虑了风流场对风力发电机组(40)影响的修正风速情况。

5. 根据权利要求3所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的周期T为可变周期,根据不同的场景设置不同的周期参数,具体为:当功率分配的结果用于评估制氢设备(70)的启停投运状态,周期参数设置为分钟级时间参数,当功率分配的结果用于设备稳态运行的评估时,周期参数设置为秒级时间参数;所述的周期T的周期参数与整个系统的控制周期相关。

6. 根据权利要求3所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述预测出的可用功率为功率值叠加功率的预测范围,包括周期T时间内每个连续的控制周期中的功率最大值、功率最小值和功率均方差。

7. 根据权利要求1所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的制氢设备(70)的功率需求始终和风力发电机组(40)的预测出的可用功率之间保持时刻跟随关系;所述的时刻跟随关系具体为:当制氢设备(70)处于满负荷运行情况下,风力发电机组(40)处于自由发电状态;当制氢设备(70)处于非满负荷运行情况下,风力发电机组(40)处于部分机组自由发电的状态,自由发电的机组最大能力保证制氢设备(70)的功率消耗,此时采用使能单机自由发电且最大程度跟随最大可用功率的模式,其他非自由发电机组采用降低功率或能量存储方式进行存储电能;当风力发电机组(40)可用最大功率小

于维持制氢设备(70)运行的最小功率时,根据存储电能的情况进行判断,当存储电能的可用功率叠加发电机组最大功率大于制氢设备(70)运行最小功率,使能单机自由发电以及储能设备(60)按照设定放电功率进行放电保证制氢设备(70)的功率消耗;当存储电能的可用功率叠加发电机组最大功率小于制氢设备(70)运行最小功率,采用顺序关停部分制氢设备(70)的方法确保电源和负荷侧的功率平衡。

8. 根据权利要求1所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的风力发电机组(40)包括第一风力发电机(401)和第二风力风力发电机(402)。

9. 根据权利要求8所述的一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,其特征在于,所述的风力发电机组(40)从功率预测与分配模块(30)接收到设定的功率之后,通过单机的平稳控制技术对目标的设定功率进行跟随;所述的其他发电机群组(50)包括光伏发电机和水力发电机。

10. 一种采用权利要求1所述的用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统的方法,其特征在于,所述的方法包括以下步骤:

1) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率是否大于单台风力发电机负荷满载运行的所需功率,若是,则风力发电机组(40)自由发电,负荷侧的M台设备负荷投产;若否,则进入2);

2) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率加上储能设备(60)当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率,是否大于单台风力发电机负荷满载运行的所需功率,若是,则风力发电机组(40)自由发电,负荷侧的M台设备负荷投产,且储能设备(60)进行储能充放补偿或消耗功率;若否,则进入3);

3) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率加上储能设备(60)当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率,是否大于负荷侧处于非停产情况下所需的最小功率,若否,则风力发电机组(40)停止运行,负荷侧关机停产;若是,则风力发电机组(40)自由发电,储能设备(60)进行功率补偿,且负荷侧的m台设备负荷投产,m的计算公式如下:

$$m = M - \text{floor}\left(\frac{P_{ava}^{wind} + P_{max}^{bess}}{P_{max}^{load}}\right)$$

其中, P_{ava}^{wind} 为当前时刻电源侧可用的最大功率, P_{max}^{bess} 为储能设备(60)当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率, P_{max}^{load} 为负荷侧满载运行的所需功率,floor表示不超过计算值的最大整数。

一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电领域,尤其是涉及一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统及方法。

背景技术

[0002] 利用风能和太阳能的风光互补发电系统是一种具有较高性价比的新性能源发电系统,能够节能环保,降低发电成本,具有很好的应用前景。但是风能和太阳能具有间歇性、随机性、波动性等特点,发电的情况具有不稳定性,会造成供电不稳定,出现波动的情况。而储能技术可以很好的解决风光互补发电系统的随机性、波动性等问题,使大规模的风光互补发电系统稳定发电。氢能因具有储值密度高、无污染、配置灵活等优点,已成为一种战略性高效清洁能源,其产业发展受到了世界各国的关注和重视,且氢能作为一种新型的储能形式,并结合氢燃料电池备用发电系统,可以作为提高新能源发电稳定性的有力补充,实现区域电网的不间断供电。

[0003] 但是,现有的发电系统依然存在功率分配不平衡,导致功率损失,不能将资源最大化的问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统及方法。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,所述的控制系统包括数据采集与处理模块、风速预测模块、功率预测与分配模块、风力发电机组、其他发电机群组、储能设备和制氢设备;所述的数据采集与处理模块用于采集环境变量和将环境变量转化成风速预测模块可以应用的输入形式;所述的风速预测模块和数据采集与处理模块连接,采用神经网络算法对风速进行预测;所述的功率预测与分配模块分别和风速预测模块、风力发电机组以及制氢设备连接,用于预测整个风力发电机组各个机位的可用功率情况并结合制氢设备的电量消耗情况进行功率设定值的分配;所述的制氢设备分别与风力发电机组、其他发电机群组和储能设备连接。

[0007] 进一步地,所述的数据采集与处理模块包括数据采集模块和数据处理模块;所述的数据采集模块用于采集环境变量;所述的数据处理模块用于将环境变量经过结构化与对时操作转化成风速预测模块可以应用的输入形式;所述的数据采集模块包括风速传感器、湿度传感器和温度传感器。

[0008] 进一步地,所述的预测整个风力发电机组各个机位的可用功率情况具体为:基于风速预测模块输出的未来一段周期T时间内的风速预测情况,同时结合风力发电机组的具体排布因素,叠加地形因素对相关风速输入进行修正,据此预测出具体到整个风力发电机组各个机位的可用功率情况;在周期T时间内,包含1个到多个系统控制周期,每个周期均会

输出各个机位的可用功率情况。

[0009] 进一步地,所述的修正具体为:结合风力发电机组的空间位置分布叠加风流场仿真技术得到不同风速和风向组合下风力发电机组各个机位的实际风速修正系数矩阵,并按照各个机位实际所处的矩阵位置,得到考虑了风流场对风力发电机组影响的修正风速情况。

[0010] 进一步地,所述的周期T为可变周期,根据不同的场景设置不同的周期参数,具体为:当功率分配的结果用于评估制氢设备的启停投运状态,周期参数设置为分钟级时间参数,当功率分配的结果用于设备稳态运行的评估时,周期参数设置为秒级时间参数;所述的周期T的周期参数与整个系统的控制周期相关。

[0011] 进一步地,所述预测出的可用功率为功率值叠加功率的预测范围,包括周期T时间内每个连续的控制周期中的功率最大值、功率最小值和功率均方差。

[0012] 进一步地,所述的制氢设备的功率需求始终和风力发电机组的预测出的可用功率之间保持时刻跟随关系;所述的时刻跟随关系具体为:当制氢设备处于满负荷运行情况下,风力发电机组处于自由发电状态;当制氢设备处于非满负荷运行情况下,风力发电机组处于部分机组自由发电的状态,自由发电的机组最大能力保证制氢设备的功率消耗,此时采用使能单机自由发电且最大程度跟随最大可用功率的模式,其他非自由发电机组采用降低功率或能量存储方式进行存储电能;当风力发电机组可用最大功率小于维持制氢设备运行的最小功率时,根据存储电能的情况进行判断,当存储电能的可用功率叠加发电机组最大功率大于制氢设备运行最小功率,使能单机自由发电以及储能设备按照设定放电功率进行放电保证制氢设备的功率消耗;当存储电能的可用功率叠加发电机组最大功率小于制氢设备运行最小功率,采用顺序关停部分制氢设备的方法确保电源和负荷侧的功率平衡。

[0013] 进一步地,所述的风力发电机组包括第一风力发电机和第二风力风力发电机。

[0014] 进一步地,所述的风力发电机组从功率预测与分配模块接收到设定的功率之后,通过单机的平稳控制技术对目标的设定功率进行跟随;所述的其他发电机群组包括光伏发电机和水力发电机。

[0015] 一种采用所述的用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统的的方法,所述的方法包括以下步骤:

[0016] 1) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率是否大于单台风力发电机负荷满载运行的所需功率,若是,则风力发电机组自由发电,负荷侧的M台设备负荷投产;若否,则进入2);

[0017] 2) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率加上储能设备当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率,是否大于单台风力发电机负荷满载运行的所需功率,若是,则风力发电机组自由发电,负荷侧的M台设备负荷投产,且储能设备进行储能充放补偿或消耗功率;若否,则进入3);

[0018] 3) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率加上储能设备当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率,是否大于负荷侧处于非停产情况下所需的最小功率,若否,则风力发电机组停止运行,负荷侧关机停产;若是,则风力发电机组自由发电,储能设备进行功率补偿,且负荷侧的m台设备负荷投产,m的计算公式如下:

$$[0019] \quad m = M - \text{floor}\left(\frac{P_{\text{ava}}^{\text{wind}} + P_{\text{max}}^{\text{bess}}}{p_{\text{max}}^{\text{load}}}\right)$$

[0020] 其中, P_{ava}^{wind} 为当前时刻电源侧可用的最大功率, P_{max}^{bess} 为储能设备当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率, P_{max}^{load} 为负荷侧满载运行的所需功率, floor表示不超过计算值的最大整数。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0022] 一、本发明首次将风速预测技术,风力发电机组的功率平稳控制技术在制氢设备的场景下组合起来,满足此类新型产业模式下,整个制氢设备可以稳定,有效的平衡功率的输出和消耗,且满足制氢量最大,储能配置最优的要求。

[0023] 二、本发明结合能量最大化利用与系统安全性能的目标,对风力发电机组的功率设定进行科学决策,最大化的利用有功功率,降低成本。

附图说明

[0024] 图1为本发明的结构示意图;

[0025] 图2为本发明的方法流程图,其中, P_{ava}^{wind} 为当前时刻电源侧可用的最大功率, P_{max}^{bess} 为储能设备当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率, P_{max}^{load} 为负荷侧满载运行的所需功率, P_{min}^{load} 为负荷侧处于非停产情况下所需的最小功率, p_{max}^{load} 为单台负荷满载运行的所需功率。

[0026] 图中标号所示为:10、数据采集与处理模块,101、数据采集模块,102、数据处理模块,20、风速预测模块,30、功率预测与分配模块,40、风力发电机组,401、第一风力发电机,402、第二风力发电机,50、其他发电机群组,60、储能设备,70、制氢设备。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0028] 如图1所示,一种用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统,所述的控制系统包括数据采集与处理模块10、风速预测模块20、功率预测与分配模块30、风力发电机组40、光伏发电机和水力发电机等其他发电机群组50、储能设备60和制氢设备70;所述的数据采集与处理模块10包括数据采集模块101和数据处理模块102;其中,数据采集模块101主要由风速传感器、湿度传感器和温度传感器等组成,用于采集风速预测模块20所需要的环境变量;数据处理模块102用于将环境变量经过结构化与对时操作转化成风速预测模块20可以应用的输入形式。对时操作具体为:经过对时间序列数据的前后移动,数据插值等方法将两组或多组采样时间点不一致的时间序列经过对时操作转化为时间点一致的序列。

[0029] 所述的风速预测模块20和数据采集与处理模块10连接,采用神经网络算法对风速进行预测,并将预测到的风速传递到功率预测与分配模块30。

[0030] 所述的功率预测与分配模块30分别和风速预测模块20、风力发电机组40以及制氢设备70连接,基于风速预测模块20输出的未来一段周期T时间内的风速预测情况,同时结合风力发电机组40的具体排布因素,叠加地形因素对相关风速输入进行修正,据此预测整个

风力发电机组40各个机位的可用功率情况,并结合制氢设备70的电量消耗情况进行功率设定值的分配;在周期T时间内,包含1个到多个系统控制周期,每个周期均会输出各个机位的可用功率情况;所述的修正具体为:结合风力发电机组40的空间位置分布叠加风流场仿真技术得到不同风速和风向组合下风力发电机组40各个机位的实际风速修正系数矩阵,如表1所示,并按照各个机位实际所处的矩阵位置,得到考虑了风流场对风力发电机组40影响的修正风速情况。

[0031] 表1考虑机位排布与地形因素的预测风速修正系数矩阵

	x_1^1	x_2^1	x_j^1	x_N^1
	x_1^2	x_2^2	x_j^2	x_N^2
[0032]	x_1^3	x_2^3	x_j^3	x_N^3
	x_1^i	x_2^i	x_j^i	x_N^i
	x_1^M	x_2^M	x_j^M	x_N^M

[0033] 其中周期T为可变周期,可根据不同的场景设置不同的周期参数,即风速预测模块20能够根据整个系统的重点关注指标进行不同长度的调整,时间周期短的参数更多应用与系统控制性能,安全性能相关的研究,时间周期长的参数更多应用与经济系分析与优化方面的研究和考虑;当功率分配的结果用于评估制氢设备70的启停投运状态,周期参数设置为分钟级时间参数,当功率分配的结果用于设备稳态运行的评估时,周期参数设置为秒级时间参数;所述的周期T的周期参数与整个系统的控制周期相关。所述的预测出的可用功率为功率自身叠加功率的预测精度的具有范围的输出,包括周期T时间内每个连续的控制周期中的功率最大值、功率最小值和功率均方差;所述的功率预测与分配模块30根据风力发电机组40反馈回来的当前风力发电机组40的实际功率情况,用于风机发电机组40的实际功率与可用功率之间的控制调节。所述的风力发电机组40包括第一风力发电机401和第二风力风力发电机402,风力发电机组40从功率预测与分配模块30接收到设定的功率之后,通过单机的平稳控制技术对目标的设定功率进行跟随。

[0034] 所述的制氢设备70分别与风力发电机组40、其他发电机群组50和储能设备60连接。制氢设备70的功率需求始终和风力发电机组40的预测出的可用功率之间保持时刻跟随关系,当制氢设备70处于满负荷运行情况下,风力发电机组40处于自由发电状态,最大能力保证制氢设备70的功率消耗,此时功率分配模式中采用使能单机自由发电且最大程度跟随最大可用功率的模式;当制氢设备70处于非满负荷运行情况下,如设备计划检修维护或故障时,风力发电机组40处于部分机组自由发电的状态,自由发电的机组最大能力保证制氢设备70的功率消耗,此时采用使能单机自由发电且最大程度跟随最大可用功率的模式,其他非自由发电机组采用降低功率或能量存储方式进行存储电能;当风力发电机组40可用最大功率小于维持制氢设备70运行的最小功率时,根据存储电能的情况进行判断,当存储电能的可用功率叠加发电机组最大功率大于制氢设备70运行最小功率,使能单机自由发电以及储能设备60按照设定放电功率进行放电保证制氢设备70的功率消耗;当存储电能的可用功率叠加发电机组最大功率小于制氢设备70运行最小功率,采用顺序关停部分制氢设备70的方法确保电源和负荷侧的功率平衡。各种状态下的风力发电机组40的配合关系结合可用

功率以及风力发电机组40的各个风机的实际运行健康状态来设定分配。

[0035] 如图2所示,一种采用所述的用于平衡风力发电机组有功功率的控制系统的的方法,所述的方法包括以下步骤:

[0036] 1) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率是否大于单台风力发电机负荷满载运行的所需功率,若是,则风力发电机组40自由发电,负荷侧的M台设备负荷投产;若否,则进入2);

[0037] 2) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率加上储能设备60当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率,是否大于单台风力发电机负荷满载运行的所需功率,若是,则风力发电机组40自由发电,负荷侧的M台设备负荷投产,且储能设备60进行储能充放补偿或消耗功率;若否,则进入3);

[0038] 3) 判断当前时刻电源侧可用的最大功率加上储能设备60当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率,是否大于负荷侧处于非停产情况下所需的最小功率,若否,则风力发电机组40停止运行,负荷侧关机停产;若是,则风力发电机组40自由发电,储能设备60进行功率补偿,且负荷侧的m台设备负荷投产,m的计算公式如下:

$$[0039] \quad m = M - \text{floor}\left(\frac{P_{ava}^{wind} + P_{max}^{bess}}{p_{max}^{load}}\right)$$

[0040] 其中, P_{ava}^{wind} 为当前时刻电源侧可用的最大功率, P_{max}^{bess} 为储能设备60当前满足充放安全的条件下可提供的最大功率, P_{max}^{load} 为负荷侧满载运行的所需功率, floor表示不超过计算值的最大整数。

[0041] 本发明提出一种通过结合风速预测技术与风力发电机组40的功率平稳控制技术,实现风力发电机组40输出功率与制氢设备70功率平需求达到平衡的技术解决方案,首次将风速预测技术,风力发电机组40的功率平稳控制技术在制氢设备70(或其他电源消耗侧)的场景下组合起来,满足此类新型产业模式下,整个制氢设备70可以稳定,且满足制氢量最大,储能配置最优的要求。

[0042] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

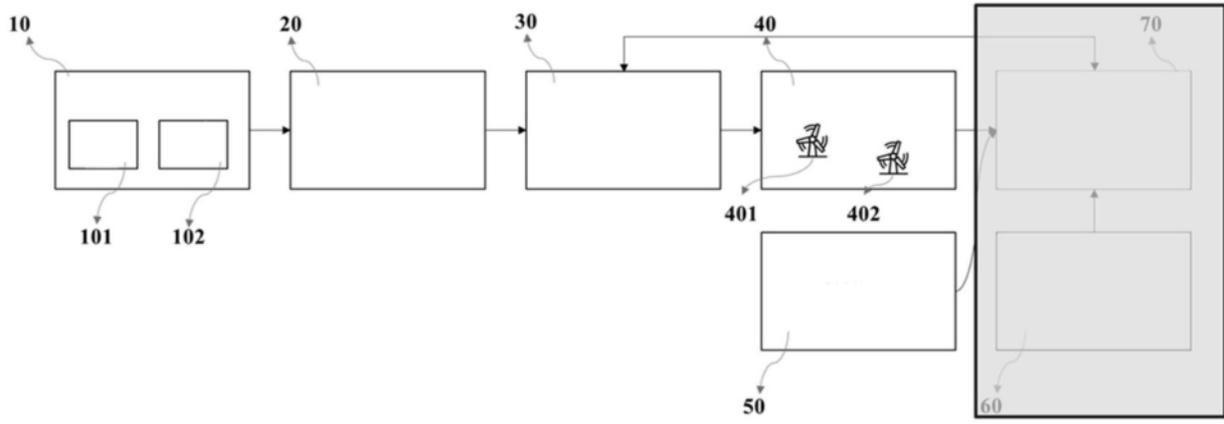


图1

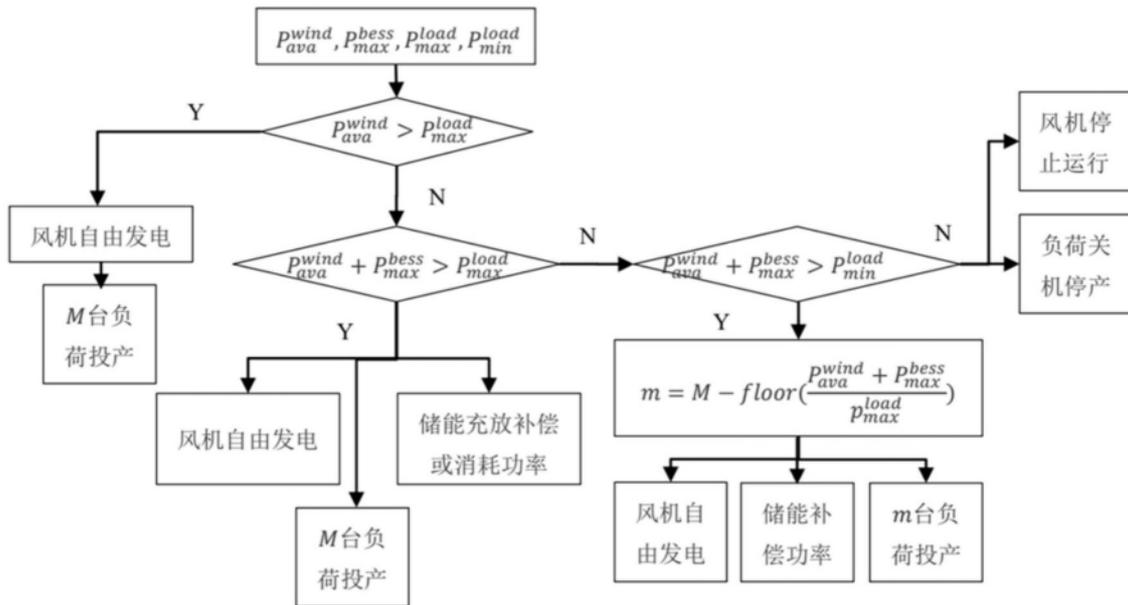


图2