

光储微电网控制策略与容量优化配置分析

魏金柱

(国网重庆市电力公司黔江供电分公司 重庆市 409000)

摘要:为实现分布式电源与大电网的友好互动,提高分布式能源利用效率,对风光储微电网控制策略和容量优化配置进行研究。建立了微电网系统结构和运行模式,针对光伏发电系统,提出了基于最小二乘法的改进粒子群算法,并结合 PV/DG 出力的波动特性,对微电网系统的功率控制策略进行优化;并通过仿真实验分析了储能系统对风光储微电网运行稳定性的影响;建立了含储能系统的风光储微电网模型,以运行成本和污染物排放量最小为目标函数,采用改进粒子群算法对模型进行求解。最后通过算例验证了所提控制策略和容量优化配置方法的有效性。

关键词:风光储;微电网;分布式能源;容量优化配置

引言

微电网(Microgrid)是由分布式电源、储能设备、能量转换设备等组成的小型配电系统,可以有效地提高能源利用率,实现可再生能源的就地消纳。在对分布式电源进行管理时,需要充分考虑微电网运行时的经济效益,以保证系统稳定运行。然而,目前对分布式电源管理的研究多集中于微电网本身,而忽略了分布式电源对电力系统产生的影响。此外,分布式电源分布较分散,在负荷侧和电网侧可能存在交互影响。因此,本文将针对某地区的风光储微电网系统进行研究,分析微电网在不同负荷情况下的运行策略和容量优化配置方法。

1 风光储微电网主要形式

1.1 蓄电池储能

蓄电池储能是微电网中应用最广泛的储能形式,它能够有效解决间歇性和随机性电源出力波动问题,对电网负荷平衡和电能质量改善具有重要作用。蓄电池储能系统主要由以下几部分组成:

- (1) 蓄电池:采用化学能转换为电能的电池,一般为铅蓄电池和锌银电池;
- (2) 超级电容器:又称电容式或电容-电感储能装置,具有快速充放电、耐高温、耐高压、抗短路等特点,可用于大容量储能系统;
- (3) 飞轮储能系统:以较小的机械功来储存电能,一般为锂离子电池;
- (4) 超导储能系统:利用超导体具有抗电磁干扰和高导热性的特点,将能量储存在超导体中,其特点是无能量损耗、能量密度高。

1.2 氢储能

氢储能技术是未来的主流储能技术之一,在氢气作为能源存储时,由于其固有的燃烧特性,其能量密度远高于锂电池等储能技术。

氢气作为燃料电池的核心材料之一,能够在微电网中作为能量储存介质,实现对可再生能源的支撑。目前主要采用电解水制氢和氢-氢直接燃料电池两种技术路线。电解水制氢是将电能转换为化学能,通过水与氢气反应实现能量的储存和释放。氢储能是将氢气通过直接燃料电池在直流电的作用下直接进行制氢,制得的氢气经过压缩后储存在燃料电池中。

1.3 混合储能

混合储能系统是在混合储能技术的基础上发展起来的一种新的储能方式,在不同类型的储能器件之间合理地协调和配合,可以有效提高混合储能系统的性能。目前,混合储能系统已经广泛应用于微电网中。

混合储能系统是由蓄电池和超级电容器组成,它们通过物理特性或容量上的互补来提高系统性能。在微电网中,蓄电池作为一种备用电源,在运行中充当负载能量;而超级电容器则在紧急情况下对负荷进行快速响应,从而弥补蓄电池的不足。

当负荷功率较小时,蓄电池能够吸收多余功率以维持系统运行;当负荷功率较大时,超级电容器又能迅速地吸收多余功率,从而提高整个

微电网的稳定性。

2 光伏发电系统建模及控制

2.1 光伏发电系统结构

光伏发电系统主要由太阳能电池、控制器、逆变器、蓄电池、光伏并网逆变器等组成。

(1) 太阳能电池:在光照强度一定的情况下,太阳能电池的输出功率与光照强度成正比。

(2) 控制器:根据电网电压和负载功率的大小,将太阳能电池发出的直流电转换成与电网电压同频同相位的交流电,通过逆变器将交流电转换成直流电,送到蓄电池。

(3) 逆变器:将直流电转换成交流电后送入负载,其功能是将交流电整流为直流电,并以恒定的频率、电压输出。

(4) 蓄电池:其功能是在太阳能电池和控制器出现故障或故障时间较长时,将太阳能电池发出的直流电储存起来,保证系统正常工作。

(5) 光伏并网逆变器:其功能是根据电网电压和负载功率的大小,向电网或负载提供恒定的电压和功率。

2.2 光伏发电系统模型及控制

2.2.1 基于最小二乘法的改进粒子群算法

粒子群优化算法(PSO)是一种基于群体智能的优化算法,具有搜索速度快、精度高等特点。与传统的全局搜索方法相比,粒子群算法具有收敛速度快、稳定性好、对初始解无特殊要求等特点。

最小二乘法是一种针对连续函数最小二乘求解的方法,该方法要求在每次迭代过程中,将每个函数进行一次最小二乘运算,再通过累加处理得到最终结果。最小二乘法是基于误差反传原理的一种数学方法,该方法将误差传播的过程用最小二乘原理来表示,其基本思想是根据误差的大小,对测量值与真实值进行比较,进而实现对测量值的修正。

在实际应用中,通常将其应用于非线性、非光滑函数的优化问题中,并取得了较好的效果。

标准粒子群优化算法(SPSO)是基于粒子群优化算法(PSO)的改进,其主要思想是在搜索过程中,根据每个粒子与全局最优值之间的差异大小,自适应调整初始位置和速度。在标准粒子群优化算法中,只有一个适应度值,而标准粒子群算法的种群规模要大于粒子群优化算法的种群规模。

随着不断优化,标准粒子群算法的群体规模会变得越来越大,这就导致其寻优速度变慢,而且在每次迭代过程中,需要多次进行初始化。针对上述问题,本文提出了一种改进的粒子群优化算法(MSPSO)。首先,在标准粒子群算法中引入动态惯性权重,并根据进化过程中的适应度来更新惯性权重,然后在每次迭代过程中,根据最优解和当前最优值的差值,动态调整惯性权重和学习因子,以适应当前时刻的最优解。

2.2.2 双向DC/DC变换器控制

双向DC/DC变换器的作用是将直流电转换为交流电,同时还可以

向负载提供直流电源。其在光伏发电系统中主要用于控制光伏电池阵列的功率输出和与直流负载之间的功率交换。其结构如图3所示。

双向DC/DC变换器可以通过改变输入电流大小,从而达到调节输出电流大小的目的。在这里,输入电流由蓄电池充电电路和光伏阵列输出电流组成,经过PI调节器后输出一个固定的电压。直流电压由逆变器产生,在逆变器中,采用三相桥式全控型开关器件。整个系统可以通过三相桥式全控型开关器件进行控制,从而实现双向DC/DC变换器的功能。

2.3 并网变流器控制

在光伏并网系统中,光伏阵列产生的直流电压经升压变压器升压后进入三相变频逆变器,经控制逆变器的交流输出电压,即为光伏并网变流器的交流输出电压。为获得更高的输出电压,逆变器的直流侧电压在控制上可采用恒压恒频控制。

光伏并网变流器根据不同的并网电流要求,变流器有不同的工作模式。在最大功率点跟踪(MPPT)模式下,变流器根据设定好的最大输出电流计算出最大功率点对应的光伏阵列输出功率,即为最大功率点跟踪(MPPT)模式下可得到最大输出电流与逆变器输入电压之间的关系曲线。该曲线可由最大功率点跟踪(MPPT)模式下得到。

在并网恒压控制模式下,根据逆变器输入电压与电网电压间的差值来控制逆变器的输出电压,使得逆变器在额定工作频率和额定输入电压下实现输出电压和电流的恒定。

在光伏并网系统中,因其负载的不同,需要满足不同的并网电流要求。当负载为轻载时,负载功率小,光伏发电系统发出的电量少;当负载为重载时,光伏发电系统发出的电量多。本文在进行容量优化配置时,选择了轻载时的最大功率点跟踪(MPPT)模式和重载时的恒压恒频控制模式下进行容量优化配置。

2.4 光伏并网发电系统仿真

在PSCAD/EMTDC中,建立光伏发电系统的仿真模型。在电网电压发生跌落时,光伏逆变器输出电流从0变为1,为保证系统的稳定性和正常运行,并网变流器将输出电流从0变为1,同时逆变器启动、并网开关闭合、向电网反送有功功率。当电网电压恢复到正常值时,并网变流器输出电流为0,且将反送有功功率给电网。

在PSCAD/EMTDC中建立光伏并网仿真模型,当系统在发生跌落时,逆变器会发出一个反送有功功率给电网的信号给控制器,控制器将其反送到电网上来。在系统稳定后,逆变器会输出一个有功功率给电网,此时电网电压恢复正常值,并网变流器将其反送到电网上来。

在PSCAD/EMTDC中搭建光伏发电系统仿真模型,通过仿真结果验证了仿真模型的正确性。当并网逆变器在发生故障时,并网变流器输出电流从0变为1,同时并网变流器的控制系统根据故障类型自动切换至逆变控制系统中。

3 风光储微电网容量优化配置

3.1 风光储微电网并网运行

对于风光储微电网,为了便于管理、控制,通常将其视为一个整体来考虑。本文以某地区风光储微电网为例,进行风光储微电网并网运行研究。在并网运行过程中,为了便于对储能系统进行调度,考虑将风光储微电网作为一个整体进行管理控制。风光储微电网的并网方式可分为两种,分别是孤岛运行和并网运行。

(1) 孤岛运行模式:即微电网在某一时刻只能与外部电网相连,在该时刻只有一个电源输出功率为正且频率和电压稳定,此时就可认为该微电网处在孤岛状态。

(2) 并网运行模式:即微电网可以与外部电网相连,可以实现功率和频率的自由交换。在并网运行模式下,由于储能系统的充放电功率与风光电源输出功率存在着较大的差异,因此,需要对储能系统进行控制,以使储能系统的充放电功率与风光电源输出功率保持一致。在此运

行模式下,可以将整个微电网视为一个整体来进行管理控制,通过对储能系统充放电功率的控制,使微电网处于稳定状态。

在并网运行模式下,风光储微电网中各电源均由同一电网并网。当外部电网发生故障时,储能系统可以将储存的电能通过逆变器输出给外部电网,保证电网能够安全、稳定地运行。另外,储能系统还可以对负荷进行削峰填谷、稳定电压等作用。

3.2 风光储微电网孤岛运行

风光储微电网并网运行时,所配置的容量与微电网的最大功率点(MPP)不匹配,且配置的容量要考虑到微电网与大电网的功率交换。当系统中的风光发电单元发生故障,或负荷需求发生变化时,光伏发电单元会偏离最优输出功率,此时需要微电网进行孤岛运行。为了保证系统在孤岛模式下能够稳定运行,微电网中需要配置一定容量的储能设备(主要为蓄电池)。目前对于微电网系统的容量优化配置方法主要有两种:一种是以最大限度利用光伏发电单元为目标;另一种是以最小化系统运行成本为目标,考虑到各种约束条件(如储能设备的充放电特性),使系统总成本达到最小。

3.3 风光储微电网运行模式切换

在并网模式下,储能系统作为电源为并网系统提供电能,若储能系统发生故障,微电网失去电能供应,此时可切换到孤岛模式运行。当储能系统处于离网状态时,可通过PQ控制将储能系统的输出功率设定为0;若储能系统处于并网状态,则可通过PQ控制将储能系统的输出功率设定为1。

当微电网发生故障时,需切换到孤岛模式运行,此时微电网的各部分电压及频率将受到影响。储能系统在孤岛模式下可通过PQ控制将输出功率设定为0,该策略可保证微电网处于稳定状态。在微电网孤岛运行模式下,当系统发生故障时,若储能系统能够及时提供电能,则可通过PQ控制将输出功率设定为1;若储能系统无法及时提供电能,则可通过PQ控制将输出功率设定为0,当微电网处于孤岛模式时,若系统发生故障时,需切换到并网模式运行。

当微电网中的储能系统发生故障时,在并网模式下可通过PQ控制将输出功率设定为0;在孤岛模式下,则需通过PQ控制将输出功率设定为1;同时可以根据实际情况对储能系统进行相应的调节。

4 结束语

总而言之,微电网控制策略的优化主要是在保证分布式电源出力 and 负荷需求的前提下,尽可能降低其对系统的影响。储能系统是风光储微电网中不可或缺的一部分,可以有效平抑功率波动,提高系统运行稳定性,应充分发挥其在系统中的作用。本文通过对风光储微电网中PV/DG出力波动特性的分析,提出了一种基于改进粒子群算法的风光储微电网功率控制策略。研究表明,本文所提控制策略和容量优化配置方法的有效性,在保证负荷需求前提下,以运行成本和污染物排放量最小为目标函数,可有效提高分布式能源利用率。

参考文献:

- [1]沈玮,曹钦凯.独立风光储柴微电网容量优化配置[J].电工技术,2023(05):17-19+26.
- [2]周成伟,李鹏,俞斌,俞天杨,孟伟.风光储微电网储能系统容量优化配置[J].综合智慧能源,2022,44(12):56-61.
- [3]付波,邓竞成,李超顺,康毅恒,赵熙临,权轶.计及虚拟储能的风光储独立微电网优化配置[J].科学技术与工程,2022,22(19):8340-8346.
- [4]王鑫,陈祖翠,卞在平,王业耀,吴育苗.基于粒子群优化算法的智慧微电网风光储容量优化配置[J].综合智慧能源,2022,44(06):52-58.
- [5]罗希,沈奕莹.基于风光储微电网混合储能系统容量优化配置的研究[J].自动化技术与应用,2022,41(06):108-111.