

# 分布式储能系统在电网中的应用及改进

王毅 朱良涛 王帅

国网山东省电力公司高唐县供电公司

**摘要:** 最近几年,随着储能技术的快速发展,储能技术在智能电网、可再生能源发电中得到了大力的应用,我国也出台了相关的储能技术应用建设政策。按照接入和应用场景的不同,储能系统在实际应用中划分了两种形式,一种是集中式,另外一种分布式。集中式储能系统通常应用在同一网点。目前,一些可再生能源的电网都是采用集中式。分布式储能系统在接入上较为灵活,并且主要是应用在低压电力系统中,容量的规模很小,取得了不错的效果。

**关键词:** 分布式储能; 电力系统; 应用及现状

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.23.060

## 引言

随着社会的发展,经济的增长,促进了智能电网的快速发展,同时在环保理念的政策下,新能源发电成为当下应用率较高的系统。分布式储能系统在发电、输电、用电过程中发挥着重大的作用,并且应用范围也不断地扩大,影响着我国的电力系统。本文将分析分布式储能在电力系统的应用,同时阐述其应用前景和未来发展趋势,提升我国的储能技术发展。

## 一、分布式储能系统的组成

其基本组成部分是光伏方阵,而光伏方阵则包括以下构件:(1)通变器,(2)控制器,(3)蓄电池组。其中,控制器有不同的光伏组件构成,后者则是光伏发电系统最重要的构件之一。而光伏电池则构成了光伏组件,太阳能便是通过光伏电池的转换,最终成为可以被利用的电能,即可以被直接利用的直流电。同时,转换而成的电能还能够在逆变器的转换下,为电力需求者提供可以直接利用的交流电。通过上述分析不难看出,光伏发电可以将太阳能及时转换为电力,并且也能够被及时利用。除此之外,剩余的电力还能够储备在蓄电池内,以备其他场合或者需要时利用。

分布式光伏发电并网。配电网由不同的构成组件,主要包括以下部分:(1)杆塔配电变压器;(2)架空线路;(3)电缆;(4)隔离开关;(5)无功补偿电容;除此之外,还包括部分附属设备。其运行过程中,当地发电站将电力输送给配电网,然后依靠相关配电设备向电力需求方供应电力,可以是就地分配,也可以是根据电压逐级分配。在通常情况下,配电网的设计方法可能是开环、也可能是闭环,呈现出辐射状态。在将其接入电网之后,便能够达到及时发电与用电的目的,同时以多电源结构取代辐射状的结构,而在这种情况下,

无论是短路电流分布、大小,还是流向都会出现相应的变化。

## 二、分布式储能在电力系统的应用场景

### (一)削峰填谷

最近几年,随着电网荷载量不断的增加,可再生能源发电在电网系统中应用率也得到了大幅的提升,但是也增加了电网调峰的压力。通过储能装置在高峰时期用于放电,可以让高峰负荷的需求降低,同时让用电的费用起到了节约,也让负荷的特性改善,同时系统调峰可以控制在正常的范围内。利用削峰填谷的方式,可以让电力系统中设备的利用率得到提高,同时还能降低输电、发电中设备的扩容量。按照不同的主体,储能系统在开展削峰填谷的目标上也有很大的差异。第一,如果储能系统在电网作为主体运行中,就要从电网调峰方面下手,要降低发电机组的开停机次数,同时要观察备用设备的容量,储能系统削峰填谷的目标就是负荷的波动很小,同时峰谷差值很小。第二,如果储能系统主体是用户或者是第三方,此时储能系统的削峰填谷的目标就是节省电费。现阶段,控制储能系统削峰填谷中,要重点考虑到经济性,同时将负荷波动的最小数值作为目标函数,可以让储能系统实现充放电的管理。

### (二)确保供电可靠性和电能质量

通常情况下,在电网系统中,用户会出现电网故障或者是停电等情况,会带来一定的经济损失,因此要利用容量高的储能系统作为备用,可以当作应急电源,就能确保了供电的安全性。另外,分布式储能系统还能有效的调整电压和频率,同时可很好的起到无功和有功控制,将负荷的波动补偿,不仅确保了系统的正常运行,同时也有有效的改善电能质量。

### (三)调频

储能系统中,电池储能技术具有双向调节的能力,同时反应的速度很快,和传统的调频方式进行比较,更加的高效和灵活。但是因为储能系统受到了经济方面的影响,电池储能系统和传统的调频电源相比,容量小,因此储能系统可以和传统的电源实现组合。进行储能系统调频过程中,可以采用改进下垂的控制措施。储能系统和风电实现联合,可以让风电机组完成调频,也大大提高了调频的能力。通过这种方式,可以降低风电量。另外,分布式储能系统在进行二次调频中,会出现火电机组速度低,反应速度很慢等问题,因此要通过模糊控制、灵敏性检测等系统来改善电网的调频性能。

#### （四）分布式可再生能源消纳

分布式风电、光伏等可再生能源发电具有很多的优势，其中有波动性强、随机性高等特点，但是在接入中会给配电网运行带来一定的冲击。分布式储能系统，可以改善电能的质量，同时还能降低对于分布式发电给电网造成的冲击，可以让电网法分布式可再生能源发电能力得到提升。现阶段，分布式储能系统可以让大规模的可再生能源发电的大提高，对于跟踪计划要加大研究和应用。另外，分布式可再生能源发电，在利用方式和接入位置两个方面和集中式发电有较大的差异，主要是因为控制需求上，目前研究还处于初级阶段，在日后应该加大力度。

#### 三、分布式储能系统配置技术

分布式储能系统在智能电网、配电网中得到了大力的应用。目前，随着储能成本的不断上升，储能经济问题受到了格外的重视。另外，也要重点考虑到储能系统的附加价值，要全面的分析，从经济效益、技术指标、社会效益等众多方面加以分析，要合理的优化和配置储能系统，才能让分布式储能得到合理的应用。在微电网中，分布式储能技术的发挥着重要的作用。最近几年，随着微电网大力的应用，储能配置技术在研究上也加大了力度。

#### 四、分布式储能系统的应用分析

在电力系统中应用分布式储能系统，还要从储能技术、应用场景等需求上进行合理的选择。因为应用场景的不同，会导致分布式储能系统、能量等方面在技术应用内上存在很大差异性。从目前的储能技术分析，例如，超级电容器储能、压缩空气等都采用了分布式的潜力，但是抽水电能技术会受到众多方面的影响和限制。现如今，随着分布式储能在电网中得到了大力的应用，同时示范点和数量也由此增加。根据相关的数据统计，截至到2016年，采用分布式储能电网装机数量已经占据到了57%。在配电网的应用上很少。另外，在电网系统中应用分布式储能系统，可有效的改善电能的质量和联络线的控制，同时还能提供应急电源，让分布式电源接入能力得到提高。以新能源产业基地八达岭新能源孵化器智能微电网项目作为案例分析。在该电网中，包含了众多的设备，其中有配电室、建筑能源小屋、光伏车棚能源小屋等，微电网的数量一共是29个，构成了三级的微电网群体，其中分布式储能系统是三种类型的电池构成，有全钒液流电池、锂离子电池、超级电容器。分布式储能系统主要是确保了分布式发电的安全、稳定性，同时也让分布式电源和荷载起到了平衡性。另外，由于分布式储能系统在配电网中得到了应用，可以改善电压的质量，提高分布式电源接纳能力，在该项目中产生了巨大的作用和价值。

#### 五、分布式储能离网控制问题隐患

储能系统典型运行状态有2种，储能系统并网运行时，储能系统与微电网相连，运行在PQ模式；离网运行时，储能系统提供支撑微网运行的电压和频率，运行在VF模式。当离网运行时，网测断路器Q1断开，储能系统并网柜断路器Q2闭合，给负载提供电能支撑。

为规范分布式储能系统接入系统设计，保障储能系统和配电网的安全稳定运行，中国电力企业联合会T/CEC0231—2017《分布式储能系统接入配电网设计规范》第6章二次系统设计中明确：分布式储能系统应具备频率和电压异常时的紧急离网功能，该功能由专用安装自动装置实现，也可以有具备该功能的并网点快速开关实现。目前，在分布式光伏系统配置储能系统所用并网开关柜的断路器等开关，具有失压跳闸功能，最常用的失压跳闸功能是采用失压脱扣器来实现。失压跳闸功能检测断路器上端口（电网侧）电压，当电网失压断电，断路器跳闸。当储能系统离网运行时，由于电网失电，并网开关柜断路器上端口（电网侧）没有电压，只有断路器下端口（储能变流器及电池端）有电压，会导致离网时并网开关柜的断路器失电跳闸，不能进行离网操作。

因此，分布式光伏配置储能系统考虑到储能离网控制的特殊需求，可能会遇到公共连接点断路器等开关在离网时不能有效合闸的问题，因此，有必要对断路器的失压脱扣器动作特性和检测机理进行分析。

#### 六、失压脱扣器动作特性及检测机理

##### （一）失压脱扣器动作特性

对于通过失压脱扣器实现失压跳闸的断路器，其常规失压脱扣器动作特性。

- 1) 当外施电压突降至额定工作电压的35%~10%范围内，失压脱扣器释放使断路器断开。
- 2) 当外施电压低于失压脱扣器的额定工作电压的35%时，失压脱扣器使断路器不能闭合。
- 3) 当外施电压为失压脱扣器的额定工作电压的85%~110%时，失压脱扣器能保证断路器可靠闭合。
- 4) 当外施电压下降，在不低于额定工作电压的35%时，失压脱扣器吸合保证断路器可靠闭合。

根据断路器的动作特性并结合Q/GDW10370—2016《配电网技术导则》相关规定，失压跳闸检测确保系统发生额定工作电压突降至20%故障时，分布式电源断路器断开与电网系统连接，转入故障或离网运行状态。

##### （二）失压脱扣器检测机理

欠压脱扣器主要包括电磁系统和控制电路2部分，其中，电磁系统主要由铁心、弹簧、吸合线圈等组成，检测电路主要用于检测断路器上端口（电网电压端）相电压幅值大小。当发生电压突降至动作电压时，欠压脱

扣器控制电路快速检测到电压跌落，并给出脱扣指令，电磁执行机构线圈失电，推杆在弹簧作用下冲击脱扣板使其动作，从而断路器脱扣，从而起到保护作用。

## 七、储能系统用断路器改进方案

针对储能系统在离网条件下并网开关柜断路器因失压脱扣器失压跳闸，断路器不能合闸问题，本文增加并网开关柜失压跳闸检测点，在原有并网模式断路器上端口（电网测）检测点检测失压的同时，采用转换开关的方式设置离网模式，当储能系统工作在离网状态下，断路器失压脱扣器检测断路器下端口电压。此时，处于离网状态下的储能系统并网开关柜断路器下端口带电，断路器的失压跳闸检测点将不再报失压跳闸故障，断路器具备了并网和离网2种模式正常运行的功能。

当储能系统工作在并网模式时，将并离网模式转换开关转换至并网模式，此时，并网开关柜断路器按照常规的检测手段，检测上端口（电网测）电压，断路器可有效执行带电合闸和失电跳闸功能。当储能系统工作在离网模式时，将并离网模式转换开关转换至离网模式，此时，采用检测并网柜断路器下端口（PCS和电池侧）电压，储能系统离网运行，储能电池和储能变流器工作，并网点开关柜断路器下端口带电，可有效闭合断路器，储能系统可稳定在孤岛离网工况下带载运行。

需要强调的是，光伏系统所用并电柜断路器应具备失压跳闸和检有压合闸功能，储能系统也应具备失压跳闸功能，但是对于储能系统出于安全考虑不能具备检有压合闸功能，防止因储能离网运行等操作导致的人身及设备的损害。同时，基于光储等混合微电网连接至公共连接点的配电柜断路器，也不应具备检有压合闸功能。

## 八、分布式储能系统的未来发展前景

现如今，伴随着分布式储能系统在电网系统中大力应用，也推动了分布式储能系统的快速一应用。目前，当下的技术还尚未足够的支援大量的分布式储能系统接入电网应用，因此，对于分布式储能系统在电网中的具体应用应该加大研究的力度和辐射程度。以下是未来研究的方向。第一，分布式储能在分布式风光可再生能源并网消纳技术方面应该加大力度。要从两个方面入手，一个是改善分布式风光发电引起的配电网质量，另外一个则是调峰的需求点，要从综合的角度分析，其中有经济性、控制技术等方面，要将二者实现联合，才能提高配电网的运行水平和质量。第二，分布式储能系统在电网的统一调度管理上需要研究。在电网中接入了分布式储能系统数量如果达到上限之后，此时就要针对分布式系统展开合理的调整，要满足实际用电需求，同时还要符合规定，才能发挥出分布式储能系统的价值。第三，分布式储能系统在经济配置上的研究。现阶段，分布式储能在配置上要向着接入点和容量方面。在未来，要从电

网的角度出发开展统一化的布置，尤其是分布式储能系统在配置技术上的研究，同时要发挥出分布式储能聚合效应，加强各种电网需求上的支撑。第四，技术发展的前提就是标准，国家和相储能技术行业要制定出合理的政策，同时要完善储能电网接入的标准，将电力系统的基本条件明确化，促进我国的电力行业发展。另外，国家要给予资金上的支撑，出台创新研究的政策补贴等，鼓励研究和应用，促进产业化发展。

## 结语

综上所述，分布式储能技术在电网中的实际应用中具有很大的经济和社会效应，并且应用潜力和发展空间较大。本文分析分布式储能系统的应用要点，提出了未来的发展方向。

## 参考文献

- [1] 张永东, 金晶. 储能技术在电力系统中的应用现状与前景[J]. 信息系统工程, 2018(1): 102-102.
  - [2] 唐文左, 梁文举, 崔荣, 等. 配电网中分布式储能系统的优化配置方法[J]. 电力建设, 2015(5): 78.
  - [3] 金宇飞. 分布式储能在电力系统中的应用及现状分析[J]. 科学与信息化, 2018(2): 119.
  - [4] 梁燕. 探究储能技术在电力系统中的应用现状与前景[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2015(1): 2546-2546.
  - [5] 郝兰英. 储能技术在电力系统中的应用现状与前景[J]. 电子技术与软件工程, 2017(2): 232-232.
  - [6] 张文亮, 丘明, 来小康. 储能技术在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 2008(7): 5-13.
  - [7] 王明, 辛子健, 陈济良. 分布式储能在电力系统中的应用及现状分析[J]. 华东科技(综合), 2019(10): 1-1.
  - [8] 沈燕平. 光储微电网储能容量配置和并离网切换技术的研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2020.
  - [9] 俞秦博. 分布式储能在电网中的接入与典型运行方案研究[D]. 北京: 华北电力大学(北京), 2019.
  - [10] 温素芳, 王生铁, 田桂珍. 基于混合储能系统的微电网并离网平滑切换控制策略研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021, 42(5): 204-213.
- 作者简介:
- 王毅(1990.10-), 男, 汉, 山东茌平, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 并网新能源与储能工程的发展。
- 朱良涛(1991.2-), 男, 汉族, 山东省高唐县赵寨子镇小朱寨村, 研究生, 中级工程师, 研究方向: 电力系统与继电保护。
- 王帅(1987.7-), 男, 汉, 山东乳山, 本科, 中级工程师, 研究方向: 电力工程。