

不同电压等级配电网中电力储能技术的应用

徐曼

(南京国联电力工程设计有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要 随着能源需求的不断增长和环境保护意识的提升, 电力系统的稳定性、灵活性和可持续性成为当前能源领域亟待解决的关键问题, 在不同电压等级的配电网中, 电力储能技术作为一种重要的技术手段, 具有巨大的潜力来提升电力系统的性能和效率。本文将对不同电压等级配电网中电力储能技术的运用进行深入研究与分析, 以期为促进未来电力系统的优化与发展提供科学依据。

关键词 电力储能技术; 配电网; 稳定性; 环境保护

中图分类号: TM72

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)12-0004-03

1 配电网与电力储能技术概述

1.1 配电网的定义

配电网作为电力系统的重要组成部分, 负责将发电厂产生的电能分配给终端用户, 它包括了高、中、低压电网, 以及相应的变电站和配电设备^[1]。配电网的结构包括供电侧和用电侧, 在现代能源体系中配电网扮演着连接各类能源与终端用户的关键角色, 实现了能源的高效利用。

1.2 电力储能技术的定义

电力储能技术是一种能够在电网中存储电能, 并在需要时释放的关键技术, 其作用类似于电池, 可以在能源充裕时将多余的电能存储起来, 然后在能源短缺或高峰期时释放出来以满足需求, 电力储能技术的种类繁多, 包括了化学储能、机械储能、热能储能等多个方面^[2]。随着环保意识的增强和新能源技术的快速发展, 电力储能技术得到了广泛的关注和应用。

2 低压配电网中电力储能技术的应用分析

2.1 低压配电网特点

低压配电网是电力系统中最接近终端用户的一级配电网, 其特点在于其承载着直接为居民、商业建筑和小型工业提供电能的任务。低压配电网的容量特点值得关注, 相对于高压和中压配电网, 低压配电网的电压级别相对较低, 通常在220V或者380V^[3]。这决定了其承载能力相对有限, 适用于小功率的终端用户, 这也意味着在低压配电网中, 更需要借助电力储能技术来平衡供需之间的差异, 确保电能的稳定供应。低压配电网的稳定性特点是值得重视的方面, 由于低压配电网接近终端用户, 其受到的电能负荷波动更为显

著, 尤其在高峰时段会出现明显的负荷增加。

2.2 常见储能技术

2.2.1 锂离子电池系统

锂离子电池系统是目前应用最广泛且成熟的储能技术之一, 其核心部件是锂离子电池, 正负极的锂离子在充放电过程中的相互转移来实现电能的存储和释放, 相较于传统的铅酸电池, 锂离子电池具有高能量密度、长循环寿命和较低的自放电率等优点。其优势在于快速响应能力强, 短时间内能有效缓解电网高峰期的电力需求压力, 同时也存在如高成本、安全性考量以及对稀缺资源的依赖等问题。

2.2.2 钠硫电池系统

钠硫电池系统是一种高温储能技术, 通过高温下使钠和硫在正负极之间进行反应, 实现电能的存储和释放。在低压配电网中, 钠硫电池系统可以通过控制温度来实现快速响应, 满足电网高峰时段的需求, 相较于锂离子电池, 钠硫电池具有相对较低的材料成本。

2.2.3 压缩空气储能技术

压缩空气储能技术是一种机械储能技术, 通过将电能转化为压缩空气, 存储在储气罐中, 当需要释放能量时, 再将压缩空气释放, 通过涡轮机将其转化为电能。在低压配电网中, 压缩空气储能技术可以灵活地调节放电速率以满足电力需求的变化, 尤其适用于短时高功率放电场景。

2.3 局限性

2.3.1 初始投资高

储能技术的广泛应用面临着初始投资高的挑战, 不论是锂离子电池系统、钠硫电池系统还是压缩空气储能技术, 都需要大量资金用于设备的采购、系统的

建设以及相关基础设施的建设,特别是在低压配电网中,由于需要大量储能设备来保障电力的稳定供应,投资规模更为庞大。初始投资高也意味着投资回报周期相对较长,这需要相关利益方具备较强的资金实力和耐心,在实际项目中需要通过充分的前期规划和资金筹备,以确保储能技术的应用能够取得长期的收益和效益。

2.3.2 储能效率有限

在能量的转化过程中,总会存在一定的能量损耗,从而导致储能系统的效率降低,锂离子电池在充放电过程中会有一定的能量损失,钠硫电池也会受到高温环境的影响,从而影响了其能量转换效率。特别是在低压配电网中需要确保储能设备能够在电力需求变化较大的情况下,快速响应并保持高效的能量转换。

2.3.3 环境影响处理

储能技术的应用也会对环境产生一定的影响,这包括了资源利用、废弃物处理等方面,锂离子电池系统的生产和回收过程涉及大量的稀有金属资源,而钠硫电池系统的高温环境要求也可能会导致环境污染问题。在应用储能技术时,需要综合考虑环境影响,并采取相应的措施进行环境保护与治理,以确保储能技术的可持续应用。

3 中压配电网中电力储能技术的应用分析

3.1 中压配电网特点

中压配电网的电压级别通常在 10kV 至 35kV 之间,相对于低压配电网,其承载能力更强,能够覆盖相对较大范围的终端用户,这也决定了其在电力储能方面具备一定的优势,可以更灵活地应对复杂多变的电力供需情况。中压配电网承载的负荷相对较大,尤其在工业区等地区,电力需求波动幅度较大^[4]。

3.2 常见储能技术

在中压配电网中,有多种储能技术可以应用于不同的场景,它们各自具有独特的特点和优势。

3.2.1 纳米气泡储能技术

纳米气泡储能技术是一种新型的高效能储能技术,其核心概念是利用纳米材料吸附和释放气体分子,实现电能的储存和释放,适用于中压配电网中对高能量密度和快速响应能力有较高要求的场景。

3.2.2 压力蓄能技术

压力蓄能技术是一种机械储能技术,将电能转化为压缩空气,存储在储气罐中,当需要释放能量时,再将压缩空气释放,通过涡轮机将其转化为电能。这种技术具有良好的响应速度和较高的效率。

3.2.3 钾离子电池系统

钾离子电池系统是一种新兴的化学储能技术,其原理是通过钾离子在正负极之间的转移来实现电能的存储和释放,相对于传统的锂离子电池,钾离子电池具有更丰富的资源和更低的成本,同时具备较高的安全性和循环寿命。

3.3 局限性

尽管中压配电网中的电力储能技术在提升电网稳定性和灵活性方面有着显著的优势,但同时也面临着一些局限性,这些局限性需要在实际应用中予以认真考虑和解决。

3.3.1 初始投资高

储能技术的初始投资是一个不可忽视的因素,中压配电网中引入纳米气泡储能技术、压力蓄能技术和钾离子电池系统,都需要大量的资金用于设备的采购、系统的建设以及相关基础设施的建设。

3.3.2 储能效率有限

储能技术在能量的转化和储存过程中,纳米气泡储能技术、压力蓄能技术和钾离子电池系统都存在一定的能量损耗,导致储能系统的效率有限,尽管它们在储能密度和响应速度方面具备优势,但也需要在储能效率方面进行持续的优化和改进。

3.3.3 环境影响处理

储能技术的应用也会对环境产生一定的影响,包括了资源利用、废弃物处理等方面,特别是在纳米气泡储能技术、压力蓄能技术等涉及新型材料和工艺时,需要注意其对环境的潜在影响。需要综合考虑环境影响,并采取相应的措施进行环境保护与治理,以确保储能技术的可持续应用。

4 高压配电网中电力储能技术的应用分析

4.1 高压配电网特点

高压配电网的电压级别相对较高,通常在 110kV 以上,这决定了其能够承载大容量的电能传输任务,涵盖了广泛的终端用户多个领域。相对于低压和中压配电网,高压配电网的电力负荷波动相对较小,电力系统的稳定性较强,这使得储能技术在高压配电网中可以更灵活地应对突发情况,保障电网运行的稳定可靠^[5]。

4.2 常见储能技术

在高压配电网中,有多种储能技术可以应用于不同的场景,它们各自具有独特的特点和优势。

4.2.1 氢燃料电池储能系统

氢燃料电池储能系统是一种基于氢气和氧气的电化学反应来释放电能的技术。其优势在于高能量密度、

零排放、可再生等特点。在高压配电网中氢燃料电池储能系统可以通过将电能转化为氢气来储存能量,当需要释放时,将氢气与氧气反应产生电能。

4.2.2 钒液流电池储能系统

钒液流电池储能系统采用钒电解液作为储能介质,通过电解液在正负极间的流动来实现电能的储存和释放,相比于传统的电池技术,钒液流电池具有较高的循环寿命和较低的成本。在高压配电网中,其稳定性和可靠性使得其成为一种受欢迎的储能解决方案。

4.2.3 飞轮储能技术

飞轮储能技术利用高速旋转的飞轮来存储电能,通过调整飞轮的转速来控制释放电能的速率,其优势在于响应速度快、寿命长等特点,特别适用于需要快速响应和短时高功率放电的场景。

4.3 局限性

4.3.1 初始投资高

储能技术的初始投资是一个不可忽视的因素,在高压配电网中引入氢燃料电池储能系统、钒液流电池储能系统或飞轮储能技术,都需要大量的资金用于设备的采购、系统的建设以及相关基础设施的建设。

4.3.2 技术成熟度不一

氢燃料电池储能技术已经相对成熟,得到了广泛的研究和应用,钒液流电池技术在一些特定领域取得了显著的进展,但在某些方面仍需要进一步的研究和改进。飞轮储能技术相对较新,需要在实际应用中积累更多的经验和数据。

4.3.3 安全环境问题

高压配电网中的储能技术涉及高能量的电力传输和储存,因此安全性是一个需要高度重视的问题,特别是在氢燃料电池技术中,涉及氢气的储存和使用,需要采取一系列的安全措施来保障系统的安全运行。

5 不同电压等级配电网中电力储能技术的比较

5.1 技术与性能比较

不同电压等级配电网中的电力储能技术在性能方面存在着一些显著的差异。从能量密度角度来看,高压配电网中的储能技术通常具有较高的能量密度,能够在单位体积或质量下储存更多的电能,适合于长时间的储能需求。相比之下,低压和中压配电网中的储能技术能量密度相对较低,更适合于短时间高功率的储能和放电。响应速度是另一个重要的性能指标。在高压配电网中由于电力传输距离相对较远,对储能技术的响应速度要求相对较低,而在低压和中压配电网

中,快速响应的能力更为关键,特别是在应对突发电力需求变化时。循环寿命方面,高压配电网中的储能技术往往需要具备更长的循环寿命,以确保长期稳定运行,而低压和中压配电网中的储能技术对循环寿命的要求相对较低,更侧重于快速响应和高效能的特点。

5.2 环境影响与可持续性比较

储能技术在不同电压等级配电网中的应用也会产生不同的环境影响。在高压配电网中,储能技术往往能够充分利用电力系统的稳定性和高压输电的优势,在低压和中压配电网中,储能技术的应用相对更为灵活,通常能够更好地适应局部电力需求的变化,但也需要考虑到其对环境的影响,如储能设备的生产、回收和废弃物处理等。从可持续性角度来看,不同储能技术的可再生性和资源利用情况也存在一定差异,这直接关系到储能系统的可持续发展和环保性。

5.3 经济性与实施可行性比较

在经济性方面,不同电压等级配电网中的储能技术具有不同的投资回报周期和成本效益。高压配电网中的储能技术通常需要较高的投资,但其在长期稳定运行和大容量储能方面具备优势。而低压和中压配电网中的储能技术相对投资规模较小,但也需要考虑到其相对较低的储能密度和循环寿命。实施可行性也需要考虑到技术成熟度、安全性等方面的因素,以确保储能技术能够在实际应用中取得良好的效果。

6 结论

电力储能技术在不同电压等级配电网中的应用,为提升电力系统的稳定性、灵活性和可持续性发挥了积极的作用。在未来,随着技术的不断发展和成熟,电力储能技术将在配电网中发挥更加重要的作用,为能源转型和可持续发展做出积极贡献。

参考文献:

- [1] 厉达. 配电网应用20kV电压等级的技术性研究[D]. 上海:上海交通大学,2009.
- [2] 陈伟旋. 储能储电技术在配电网中的应用与未来前景[J]. 数字化用户,2018(47):94,111.
- [3] 中国电力科学研究院组. 大规模储能技术及其在电力系统中的应用[M]. 北京:中国电力出版社,2016.
- [4] 段开锋. 电池储能系统在配电网中的应用研究[D]. 北京:北京交通大学,2023.
- [5] 袁米奇. 电力技术中电力节能技术应用分析[J]. 水电水利,2020,04(08):91-92.