

考虑高比例光伏配网安全运行的储能协同优化配置方法

薛宇曦 李若 白文伦 杨振 徐鹏臻

国网常德供电公司

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5822

[摘要] 本文提出了一种考虑高比例光伏配电网安全运行需求的电池储能协同优化配置方法。首先利用滑动滤波平滑光伏出力获取并网分量与储能控制分量,然后考虑到储能设备及换流器的效率配置储能容量,最后基于某光伏场典型日数据,采用不同方法对比分析验证本文方法的可行性。

[关键词] 光伏; 储能; 优化配置

中图分类号: U223.5+15 **文献标识码:** A

Energy storage collaborative optimization configuration method considering the safe operation requirements of high proportion photovoltaic distribution network

Yuxi Xue Ruo Li Wenlun Bai Zhen Yang Pengzhen Xu

State Grid Hunan Electric Power Corporation Limited

[Abstract] This article proposes a battery energy storage collaborative optimization configuration method that considers the safe operation requirements of high proportion photovoltaic distribution networks. Firstly, the sliding filter is used to smooth the photovoltaic output to obtain the grid connected component and energy storage control component. Then, considering the efficiency of energy storage equipment and converters, the energy storage capacity is configured. Finally, based on typical daily data of a certain photovoltaic field, different methods are used to compare and analyze to verify the feasibility of the proposed method.

[Key words] Photovoltaic; Energy storage; Optimize configuration

引言

近年来,由于光伏清洁、可再生等优势,光伏发电在配电网的比例逐步提升,正成为重点发展对象^[1]。但光伏比例增加的同时,其出力的波动性与随机性也提高了配电网对电压稳定性、功率平衡和故障恢复能力的要求^[2]。为满足配电网安全运行,缓解高比例光伏出力波动的影响,配置储能设备以吞吐光伏波动是一项关键措施^[3],然而,目前对于储能协同控制及优化配置的文章很少,基于上述问题,本文提出了一种考虑高比例光伏配电网安全运行需求的电池储能协同优化配置方法。首先利用滑动滤波平滑光伏出力获取并网分量与储能控制分量,然后考虑到储能设备及换流器的效率配置储能容量,最后基于某光伏场典型日数据,采用不同方法对比分析验证本文方法的可行性。

1 基于滑动滤波的储能控制方法

近年来,滑动滤波因其算法简单、计算效率高,适用于实时在线应用等优点被广泛应用于去除信号噪音,本文把光伏

波动作为噪音,对光伏波动削峰填谷以确保配电网的安全稳定运行,滑动滤波作为一种常用的信号处理技术,其本质是一种低通滤波,通过滑动时间序列同时对固定的窗口内的数据做算数平均,迭代数据以滤除信号中的高频噪音,其表达式为:

$$P_{bw}(i) = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} P_w(i-j) \quad (1)$$

式中: i 为原始数据编号; L 为 i 时刻滑动窗口长度; $P_w(i-j)$ 为 $(i-j)$ 时刻的光伏功率数据; $P_{bw}(i)$ 为 i 时刻经滑动滤波后的并网分量。

得到并网功率后,通过光伏功率与并网功率的差值得到储能的控制功率,具体表示式如所示。

$$P_b(t) = P_w(t) - P_{bw}(t) \quad (2)$$

式中: P_w 为光伏功率; P_{bw} 为并网功率; P_b 为储能功率。

2 储能优化配置方法

由于储能充放电过程存在损耗,本文考虑到储能设备的效率及变流器效率,配置的储能额定功率应满足充电、放电两种情况下的最大功率值,储能额定功率表达式如下:

$$P_{rate} = \max \left\{ \max_{t \in (t_0, t_0+T)} (P_{dis}(t)) \left| \eta_{DC-DC} \eta_{DC-AC} \eta_c, \frac{\min_{k \in (t_0, t_0+T)} P_{ch}(t)}{\eta_{DC-DC} \eta_{DC-AC} \eta_d} \right. \right\} \quad (3)$$

式中: P_{rate} 为储能额定功率; $P_{dis}(t)$, $P_{ch}(t)$ 分别为储能 t 时刻的放电功率, 充电功率; t_0 为初始时刻; T 为控制周期; η_{DC-DC} , η_{DC-AC} 分别为 DC-DC 和 DC-AC 的效率; η_c 和 η_d 分别为储能元件的充电和放电效率。

得到整个控制周期 T 内的储能充放电功率后,可计算出储能 t 时刻的容量。设储能初始容量为 E_0 , 储能 t 时刻的容量的表达式为:

$$E(t) = E_0 + \sum_{t=1}^T P_b(t) \Delta t \quad (4)$$

式中: $E(t)$ 为储能 t 时刻的容量; E_0 为储能初始容量; $P_b(t)$ 分别为储能 t 时刻的功率。

储能设备的荷电状态应在一定范围内,其荷电状态表达式为:

$$SOC_{min} \leq SOC \leq SOC_{max} \quad (5)$$

式中: SOC 为储能荷电状态; SOC_{min} 、 SOC_{max} 分别为储能最小、最大荷电状态。

考虑储能状态的变化范围,根据式(5)可推导出储能的额定功率,其表达式为:

$$E_{rate} = \frac{\max(|E_b(t)|) - \min(|E_b(t)|)}{SOC_{max} - SOC_{min}} \quad (6)$$

式中: E_{rate} 为储能的额定容量。

3 仿真与分析

为验证本文所提方法的可行性和有效性,本文基于某光伏场 30MW 典型日数据(采样时间为 1min)进行了仿真实验,我国含高比例光伏配电网的光伏功率在 1min 内的最大波动率应不超过装机容量的 10%; 10min 内的最大波动率应不超过装机容量的 1/3, 本文基于此标准,采用滑动滤波控制储能功率,在满足波动率约束的情况下得到最小的滑动时窗 L 为 15min, 原始光伏功率与经过滑动滤波平滑后的并网功率的功率曲线如图 1 所示,通过滑动滤波对光伏功率平滑效果如表 1 所示。

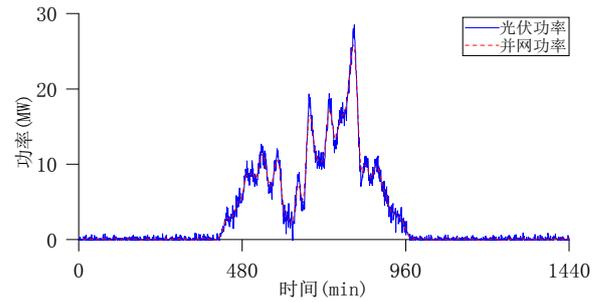


图1 原始光伏功率与经过滑动滤波平滑后的并网功率

由表 1 的数据可知,原始光伏功率在 1min 及 10min 内的最大波动率均超过国家并网标准,若直接并网将严重影响配电网的安全稳定运行;而采用本文所述控制方法后的并网功率在 1min 及 10min 内的最大波动率分别降低了 6.8163%, 6.729%, 功率平滑度降低了 35.4895%, 经本文方法控制后的并网功率在 1min 和 10min 的最大波动量及波动率均达到了并网标准。

表1 滑动滤波平滑效果

功率参数		光伏功率	并网功率
1min	最大波动量/MW	3.1472	1.1023
	最大波动率(%)	10.4907	3.6744
10min	最大波动量/MW	12.0153	9.9966
	最大波动率(%)	40.051	33.322
平滑度		39.5118	4.0223

由式计算得到储能的控制功率 P_b 如图 2 所示。

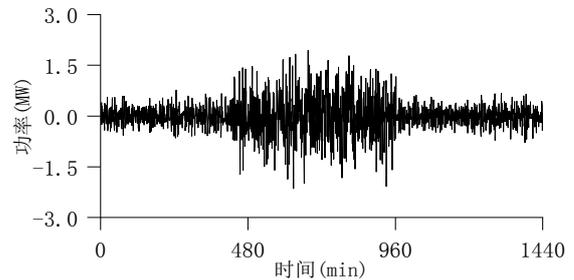


图2 储能控制功率

由式计算得到由本文方法配置的额定功率 P_{rate} 为 3.0178MW; 由式计算得到由本文方法配置的额定容量 E_{rate} 为 0.0052MWh, 可见本文所提方法可极大降低储能的容量配置, 减少储能的容量投资成本, 具有经济提升性。

4 结语

通过仿真实验, 本文得到了以下结论:

通过本文所提方法控制方法可有效平抑高比例光伏配电网中的光伏出力波动,提升配电网的运行稳定性与安全性,同时可极大降低储能的容量配置,减少储能的容量投资成本,具有经济提升性。

本文所提方法在平抑光伏出力波动、提升系统稳定性和实现经济效益最大化方面均表现出显著优势,具有较高的实际应用价值。

[参考文献]

[1]丁明,王伟胜,王秀丽,等.大规模光伏发电对电力系统影

响综述[J].中国电机工程学报,2014,34(01):1-14.

[2]高明杰,惠东,高宗和,等.国家风光储输示范工程介绍及其典型运行模式分析[J].电力系统自动化,2013,37(01):59-64.

[3]饶宏,韩丰,陈政,等.我国电力安全供应保障策略研究[J].中国工程科学,2023,25(02):100-110.

作者简介:

白文伦(1995--),男,汉族,湖南常德人,本科,工程师,主要从事电力工程方面的工作。