

主动配电网的构成分析

徐娅萱¹ 代晨旭^{1*} 高婧² 张志慧²

1 华北理工大学人工智能学院 2 华北理工大学电气工程学院

DOI:10.12238/hwr.v8i3.5258

[摘要] 随着能源领域的不断发展和可再生能源的日益普及,主动配电网已成为国内外配电网发展的高级阶段。本文深入分析了主动配电网的基本概念、特征以及组成部分,着重探讨了分布式发电机组(DG)、储能机组在主动配电网中的作用和重要性。通过对这些关键元素的研究,我们认识到主动配电网调度能力的重要性,其可以调整潮流分布,提高可再生能源的吸收能力,同时减少电能损耗,维持配电网的运营安全。特别是储能单元的作用不可忽视,它在平稳可再生能源发电的波动性上扮演着关键角色,帮助主动配电网实现削峰填谷和维持运营稳定。

[关键词] 分布式发电机组; 储能机组; 调度能力

中图分类号: TV734.2+1 **文献标识码:** A

Analysis of the composition of active distribution networks

Yaxuan Xu¹ Chenxu Dai^{1*} Jing Gao² Zhihui Zhang²

1 School of Artificial Intelligence, North China University of Science and Technology

2 School of Electrical Engineering, North China University of Science and Technology

[Abstract] With the continuous development of the energy field and the increasing popularity of renewable energy, the active distribution network has become an advanced stage of the development of the distribution network at home and abroad. This paper deeply analyzes the basic concepts, characteristics and components of the active distribution network, and focuses on the role and importance of distributed generator sets (DGs), energy storage units and demand-side controllable load resources in the active distribution network. Through the study of these key elements, we recognize the importance of active distribution grid dispatch capabilities that can adjust power flow distribution and increase the absorption capacity of renewable energy while reducing power losses and maintaining operational security in the distribution network. In particular, the role of energy storage units cannot be overlooked, as they play a key role in smoothing the volatility of renewable energy generation, helping active distribution networks to achieve peak shaving and valley filling and maintain operational stability.

[Key words] distributed generator sets; energy storage units; dispatching capabilities

引言

主动配电网(ADN)是电力系统发展的一项重要战略,其核心在于实现对分布式发电(DG)、储能单元和需求侧资源^[1-3]的主动调度和管理。这一概念代表了国内外配电网发展的高级阶段,旨在通过调整潮流分布,提高可再生能源的吸收能力,从而实现电力系统的智能化、高效化和可持续性。分布式发电是主动配电网的重要组成部分,其接入配电网后可以与其他发电源相互调度,满足主动配电网的调度需求。通过对分布式发电的调度,可以控制其出力情况,减少电能损耗,同时维持配电网的运行安全。储能单元依赖其充放电的原理为主动配电网调节功率。如果单单依靠主动配电网对分布式可再生能源进行调控,没有储

能单元的话只能依靠电网内部结构调整,从而使得资源的浪费更加巨大,因此储能单元的重要性可见一斑,在平稳可再生能源发电的波动性上有重要作用,并且帮助主动配电网实现削峰填谷和维持运营稳定。储能单元是配电网必不可少的一部分。本文对主动配电网的基本概念、特征以及组成部分都进行详细的分析介绍,并对有源配电网中分布式发电机组、储能机组等进行分析研究。

1 分布式发电单元特征分析

1.1 风力发电单元

我国幅员辽阔,蕴含大量风力资源,而且风力资源符合双碳指标,是我国以后可支撑电力供给来源之一。但是风力资源本身

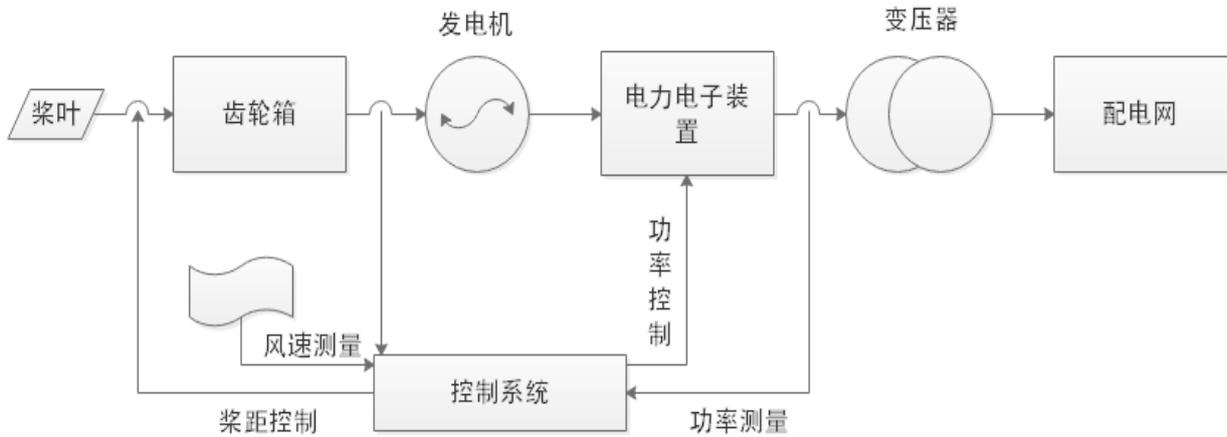


图1 风力发电系统结构图

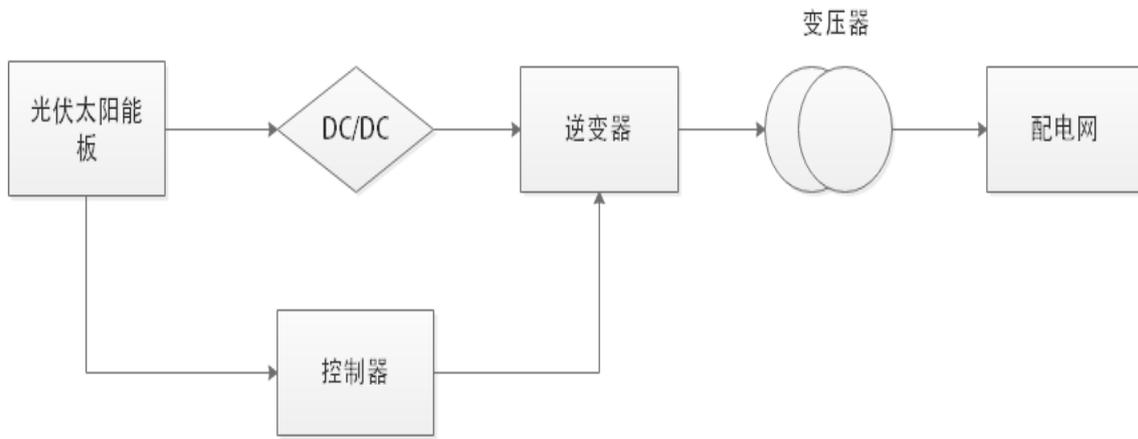


图2 光伏发电系统结构图

的缺陷却是无法避免的,例如风力资源的差异取决于地区的气候变化和区域特征,张家口可以作为风力发电场但是西安却不可以。并且风能资源采集是整体性的,单个风力发电系统不足以采集风能。并且风能中重要的特征量风速和风向很容易受到影响,季节、温差、湿度等都会改变风能的特征量,因此风能本身的波动性和随机性是不可避免的。

常见的风力发电系统是依靠风力吹动桨叶旋转,动能通过齿轮箱流经发电机从而产生电能,并利用电力电子装置整流逆变,通过变压器运送到配电网中。而每一个风力发电系统中都配有控制系统,控制系统实现对风速测量、控制桨叶变动、测量齿轮箱转速等功能。风力发电^[4]的基本结构图如图1所示:

面对风力发电的诸多问题,利用好配电网中储能设备和DG的特性,可以消纳风力发电的出力,并平稳风力发电的波动。为了更好的了解风力发电单元的数据结构,采用最大功率点追踪(MPPT)控制方式进行规划,但是不能自主调配。统一化风力发电的输出特性,将其发电的唯一因素设置为风速。两者数学关系模型如下所示:

$$P_t = \begin{cases} 0 & v < v_{ci}, v > v_{co} \\ P_N \times \frac{v - v_{ci}}{v_N - v_{ci}} & v_{ci} \leq v \leq v_N \\ P_N & v_N \leq v \leq v_{co} \end{cases} \quad (1)$$

公式中, P_N 为风机的额定出力; v_{ci} 、 v_{co} 为风机的切入、切出风速, v_N 为风机的额定风速。

1.2 光伏发电单元

光伏发电^[5]作为新型能源得以迅速发展,目前国家正在大力发展光能,而且依靠光能太阳能板发电不会对大气造成污染,但是也存在相应问题,例如光伏太阳能板造价高,光伏发电的能量损耗也较高。

光伏发电系统主要包括面板、控制器、逆变器、变压器等。太阳能电池板吸收太阳能后,部分光能转化为电能,输出的直流电通过逆变器转化为交流电,最后通过变压器传输到配电网。光

光伏发电结构如图2所示:

光伏发电的输出特性也与天气情况有重要联系,也就是光照强度。但是相比较风力发电还是较为稳定。光伏发电本身具有的时段特性是比较明显的。采用MPPT控制模式充分利用光伏发电系统所输出的电能。

光伏发电的出力模型数学表达式为:

$$P_{PV}(t) = P_{RM} \frac{R(t)}{R_S} [1 + K(T_C(t) - T_{RE})] \quad (2)$$

公式中 P_{RM} 、 R_S 、 T_{RE} 对于标准测试环境,最大输出功率、光强、参考温度; K 为电力/温度系数, $R(t)$ 为光照强度, $T_C(t)$ 为太阳能电池的温度。

1.3 储能单元特征分析

储能根据储能原理不同分为机械蓄能系统、电磁储能系统和电化学储能系统。具有间歇性发电特性的分布式可再生能源与储能单元一同并入电网,储能单元担任平抑分布式能源的波动并消纳分布式能源的处理。同时,储存的能量在用电高峰期释放,在用电低谷期储存,来实现配电网削峰填谷的作用,而实际并入电网使用最多的是蓄电池储能系统,因为使用方便并且转换效率高。

接下来是对蓄电池储能模型的建立,储能充放电输出功率用 P_{ESS} 表示,当 $P_{ESS} < 0$,储能系统从电网系统中吸取电能并进行充电;当 $P_{ESS} > 0$,储能系统将存储的电能输出到电网系统中;当 $P_{ESS} = 0$,储能系统不发电也不放电并处于浮充状态。储能充放电模型如下图3所示:

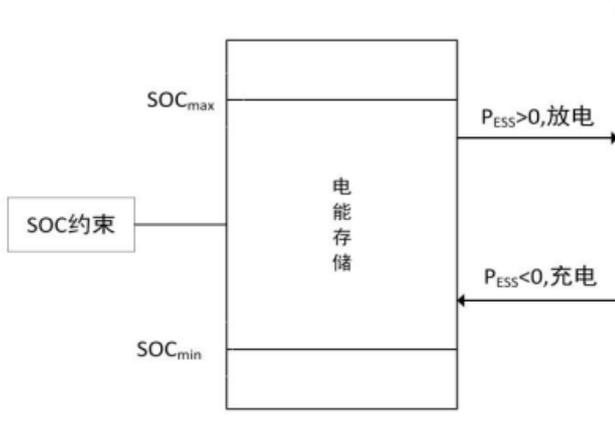


图3 充放电模型

储能系统的荷电状态 (SOC) 能够描述储能的存储状态,如下式(3)所示:

$$SOC = \frac{E_i}{E_N} \times 100\% \quad (3)$$

上式中, E_N 为储能额定容量; E_i 为储能的当前存储量。

储能当前时刻的电量受前一时刻电量、每个时刻的充放电功率的影响。储能充放电,不同时刻的电量关系式如(4)所示:

$$\begin{cases} E(t+1) = E(t) - \Delta t \cdot P_{ESS}(t) / \eta_d & P_{ESS} \geq 0 \\ E(t+1) = E(t) - \Delta t \cdot P_{ESS}(t) \cdot \eta_c & P_{ESS} \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

上式中, $E(t+1)$ 为当前时刻储能的电量; $E(t)$ 为前一时刻储能的电量; η_c 、 η_d 分别为储能充放电效率; $P_{ESS}(t)$ 为 t 时刻储能的充放电功率。

2 小结

本文对主动配电网的基本概念、特征及组成部分进行了介绍。重点分析了分布式发电机组 (DG)、储能机组在主动配电网中的重要性和作用及其对主动配电网调度能力的重要性。特别是储能单元,在平稳可再生能源发电的波动性上扮演着关键角色,帮助主动配电网实现削峰填谷和维持运营稳定,同时,可以调整潮流分布,提高可再生能源的吸收能力。主动配电网的发展和将在未来能源领域发挥重要作用,为实现能源可持续发展和提高能源利用效率提供重要支持和保障。

[参考文献]

- [1]梁啸林.计及需求侧响应的主动配电网储能配置策略研究[D].山东大学,2024.
- [2]景莉.计及需求响应的主动配电网优化调度研究[D].青岛大学,2023.
- [3]李本赛.考虑需求侧响应的主动配电网优化调度研究[D].青岛大学,2022.
- [4]党晓强,沈晓东,陈树恒.分布式发电系统中风力发电机组的运行技术分析[J].电气应用,2012,31(08):101-104.
- [5]乔珊.主动配电网多源协同运行优化研究[D].山东大学,2021.