

10 kV配电网运行中自动化技术分析及应用

赵子逸, 蔡 权, 王 勇, 黎云铭, 周方鑫, 彭体扬, 唐海鑫

贵州电网有限责任公司, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年3月4日; 录用日期: 2024年4月7日; 发布日期: 2024年6月19日

摘 要

10 kV配电网是电网线路中的重要一环, 其运行的稳定性直接关系到用户的用电情况。如今, 配电网及其低压线路呈现出逐渐复杂化的趋势, 线路长、支线多、设备老化都是普遍存在于配电网中的问题。为了有效控制10 kV配电网中存在的安全隐患, 保障配电网线路的安全运行, 配网自动化成为了10 kV配电网运行中的重要技术。通过对10 kV配电网维护检修工作现状的分析, 发现配网自动化在其工作中存在技术不够成熟、自动化水平较低、运用场景有限等问题。结合配网自动化的现状, 了解到当下自动化技术主要集中于自动化开关的应用、无人机线路巡视、计量自动化数据采集等。随着自动化技术的不断完善, 自动化开关等技术已成功得到普及与使用。通过各项技术的实践证明, 配网自动化已经能够在10 kV配网的维护工作中得到有效应用。

关键词

10 kV配电网, 自动化, 配网自动化, 维护检修, 安全运行

Analysis and Application of Automation Technology in 10 kV Distribution Network Operation

Ziyi Zhao, Quan Cai, Yong Wang, Yunming Li, Fangxin Zhou, Tiyang Peng, Haixin Tang

Guizhou Power Grid Co., Ltd., Guiyang Guizhou

Received: Mar. 4th, 2024; accepted: Apr. 7th, 2024; published: Jun. 19th, 2024

Abstract

The 10 kV distribution network is an important part of the grid line, and its operation stability is di-

rectly related to the user's electricity consumption. Nowadays, the distribution network and its low-voltage lines show a gradually complicated trend, and the problems of long lines, many branches, and aging equipment are common in the distribution network. In order to effectively control the safety hazards existing in the 10 kV distribution network and ensure the safe operation of distribution network lines, distribution network automation has become an important technology in the operation of the 10 kV distribution network. Through the analysis of the current situation of the maintenance and overhaul of the 10 kV distribution network, it is found that there are some problems in distribution network automation, such as immature technology, low automation level, and limited application scenarios. Combined with the current status of distribution network automation, it is understood that the current automation technology mainly focuses on the application of automatic switches, UAV line inspection, metering automation data acquisition, etc. With the continuous improvement of automation technology, automation switches and other technologies have been successfully popularized and used. Through the practice of various technologies, it has been proved that distribution network automation can be effectively applied in the maintenance of a 10 kV distribution network.

Keywords

10 kV Distribution Network, Automation, Distribution Network Automation, Maintenance and Overhaul, Safe Operation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着自动化技术的不断发展,将自动化技术投入到10 kV配电网相关工作中是电力系统发展的重要趋势。结合当下配网自动化技术的实践应用,可以发现通过自动化技术的支持,10 kV配电网线路在运行上更加稳定,同时也有效提高了配网线路维护检修工作的效率,不仅保障了配电网的可靠性,也起到了提高用户用电满意度的作用。不过目前我国配网自动化技术仍处于一个发展阶段,已投用的技术中依旧存在可以改进的弊端,此外也有许多未投用的技术需要不断地探索。配网自动化技术也正因为其宽广的前景成为了当下电力行业最重视的技术之一。

2. 自动化技术的概述

2.1. 自动化技术与配网自动化的概念

自动化是指机器设备、系统或过程(生产、管理过程)在没有人或较少人的直接参与下,按照人的要求,经过自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制,实现预期的目标的过程。

配电自动化是指以配电网一次网架和设备为基础,综合利用计算机、信息及通信等技术,并通过与相关应用系统的信息集成,实现对配电网的监测、控制和快速故障隔离,为配电管理系统提供实时数据支撑。通过快速故障处理,提高供电可靠性;通过优化运行方式,改善供电质量、提升电网运营效率和效益[1]。

2.2. 自动化技术的优点

- 1) 便于管理

自动化系统的工作原理是通过机器设备或系统进行预先设定,从而使设备或系统达到预期的目标,因此在使用自动化技术进行工作时,人为参与的主要工作过程为设备或系统初始参数的设定,若自动化系统中存在需要更改预期结果的情况,同样是通过演算推理更改预设值,从而得到所需预期结果。与传统工作管理相比,自动化系统的参数调整过程更为便捷,操作难度较传统工作模式而言更为简易。

2) 可靠性较高

众所周知,随着一些依托网络而形成的集散型控制系统的涌现,电气工程自动化设备抗干扰性和安全性,已成为衡量设备可靠性的重要标准,即在特定的时间、环境下,能连续、高质量地完成相关工作,设备的低故障率为提升和促进乡镇电力改善提供了最好的支撑,且基于 PLC 现代大规模集成电路的技术优越性,较传统应用更具简单、便捷的特点。例如:农村电网低电压线路不稳定,再加上一些大功率电器的普及使用,农村用电量快速增加,电网负荷大,用电高峰期的低电压现象等,导致基层变电站运行水平较低、安全性差。再加上电气工程内部电路、电气接线、开关接点采用了抗干扰技术等高性能的结构,大大降低了故障率,具有高可靠性的特点,扩大了电力的应用范围[2]。

3) 提升工作效率

自动化技术可以实现自动化控制、自动化监控、自动化调节等功能,实现工作链的高效运作。自动化设备可以根据生产需求自动地运行、停止、调整,从而提高工作效率,保证生产质量和生产周期的稳定。对于 10 kV 配电网而言,线路长、支线多是其特点,也是其维护困难的主要原因。通过自动化设备与技术,如无人机的精益化巡视、线路电压电流的线上监控等,在很大程度上代替了线路人巡,提高了 10 kV 配网维护的效率。

2.3. 自动化技术存在的缺陷

1) 适应性差

自动化设备通常是根据特定的工作流程和产品要求进行设计和制造的,对于变化频繁或较为复杂的工作流程,自动化设备的适应性较差。结合 10 kV 配网,因为用电需求的不断变化,配网中线路、台变的位置、类型、数量同样在不断更新。如何研发出一套稳定且适应能力强的配网自动化系统是解决问题的关键。

2) 研发与维护难度与成本高

自动化技术的研发与实践是实现配网自动化的重要环节。以 10 kV 配网自动化研发为例,该工作需要研发人员对 10 kV 配网的设备、重要参数以及传统工作方式有一定的了解,同时也需要研发人员能够熟练地完成自动化程序设计工作。此外,由于配网线路的复杂,所以设计研发自动化系统的工作在确保仅开发人员的专业性之外,还需要大量的时间成本。

3. 自动化技术在 10 kV 配电网的应用现状

3.1. 配网自动化开关的应用

自动化开关单元具备独特的性能,主要设备包含接地开关、断路器、隔离开关和变压器。辅助设备包含通信接口、电子设备和数字控制设备。自动化开关具备通信、控制、保护等功能,每个功能单元在运行过程中保持独立,在系统运行过程中可以检测和解决出现的安全威胁,并实施全面管理。主要的自动化开关属于可视户外设备,其会受到微型计算机的保护,其具备通信功能,可实现集成操作开关盒或开关的目标。通过对现阶段的发展趋势进行分析可以发现,在目前的电力系统中,插入式开关系统在所有自动化开关设备中最为常见。总体来讲,自动化开关运用微机处理和智能传感器技术,并通过数字通信技术完成电力设备的监视和跟踪,同时可精准隔离故障设备[3]。

自动化开关是当下普及程度相对较高、技术相对成熟的配网自动化设备,在 10 kV 配网运行中,当

线路的某一处出现短路、放电等故障情况时，自动化开关会自动断开，从而起到保护线路前端正常运行的作用，同时在配网自动化系统中发出跳闸信息，提醒相关工作人员进行检修工作。

目前自动化开关在使用中依旧存在一些问题，在智能配电网中应用自动化能够对其实际运行情况开展监测，但是在运行过程中也会有各种问题出现，主要是部分自动化负荷开关在将保护动作发送到主站系统时，出现调度无法准确判断开关动作的情况，并且部分自动化断路器在提供信息保护时缺乏足够的准确性，无法及时确定故障跳闸的类型，在运行过程中需要开展事件顺序记录(Sequence Of Event, SOE)信息检查，倘若无法与系统合理配置，会致使主站无法及时接收到自动化跳闸事件的反馈[3]。其次，自动化开关主要以保护线路为主，多数情况是在一段线路中安置自动化开关，当出现线路故障、自动化开关断开的情况时，线路检修人员还需要通过人工巡视、遥测等工作才能判断具体故障点，因此自动化开关在线路检修方面仍然无法起到提高故障判断效率的作用。

3.2. 无人机的自动化巡视

10 kV 配电网线路的传统巡视常面临着人员紧缺、线路巡视周期长、巡视不到位、缺陷发现不及时、隐患排查不全面等问题。而无人机巡视的引进则能够在一定程度上避免传统巡视的缺陷。无人机巡视系统具体是先通过无人机在现场对 10 kV 配电网线路的图像和位置进行采集，再由相关的应用程序将采集的位置按照相应顺序进行绘制，得到一条完整的巡航线路。在对无人机进行巡航线路及相片拍摄、停留间隔等数据的设定工作后，无人机按照既定的航线与设定进行拍照、测温等工作。

无人机自动化巡视的使用，很大程度上解决了山林房屋密集地带巡视困难以及巡视疏忽、缺陷发现不及时等情况，是将来配网巡视的主要形式。然而，由于 10 kV 线路的复杂，目前无人机自动化巡视还存在较多的问题：

- 1) 巡视线路的不确定性较多。
- 2) 线路更新频率高。
- 3) 普及难度大。

3.3. 配网数据的采集

在 10 kV 配网的巡视检修工作中，线路三相的电流电压以及线路温度等数据都是判断一条线路优良的重要指标。在传统工作中采集相关数据的方法只局限于现场表计的采集形式，不仅工作量大，同时也无法保障线路运行的可靠性。随着通信设备的发展以及电表的不革新，当下已经实现对台区电压、电流的采集工作。主要采集方式是负控管理终端对变压器电能表的电量、需量、电压、电流、功率、功率因数、电压合格率等信息自动采集并进行储存和远传。传输的信息通过办公室内计量自动化系统进行数据的实时监控与分析。通过配网数据的采集和分析，可以使配电工作人员尽早发现配网线路中的“低电压、重过载”问题，并采取相应的整改措施。配网数据的采集系统有效地预防了线路因过流过载出现故障的情况，保障了 10 kV 配网线路运行的可靠性。

当前数据的采集方式主要由负控管理终端完成，对于配网线路数据的采集还存在一些局限性。首先是负控管理终端采集的数据为变压器电能表中的数据，数据类型局限于电量、需量、电压、电流、功率、功率因数、电压合格率，数据采集的信息也是变压器中的相关信息。然而，10 kV 配网还包括线缆、杆塔等设备，目前想要实现实时采集线路上的运行指标，是一件相对困难的工作。

4. 自动化技术在配网中的前景展望

4.1. 三相负荷不平衡的自动调度

低压台区往往会存在三相负荷不平衡的情况，其原因包括用户用电行为的差异、三相用户分配的

不平衡、变压器容量有限等。三相不平衡往往会导致重过载等问题，因此需要通过三相负荷调整来实现平衡。

文献[4]提到自动均衡方法：建立的控制终端，将采集到的负荷数据作为输入，利用 A/D 数模转换器完成转换和识别，并将控制终端作为主动负荷控制装置，控制低压台区低压负荷的换相，最小化三相负荷不平衡度。文献[5]采集了用户在配电台区的负荷数据，建立了对应的负荷曲线，并引入负荷动态规划算法调整三相负荷不平衡相序。该方法能实现自动化调度，提高调度效率和准确性，同时也可以有效解决三相负荷不平衡的问题。

就目前而言，三相负荷不平衡的自动调度研究仍处于理论研究方面，但是如果可以通过自动控制系统实现三相负荷不平衡调整工作，将大大减少配网工作人员对数据监控与分析的工作量，同时也实时保障了用户用电的可靠性。

4.2. 自动设备在配网中的作业

当前无人机在配网维护检修中的工作不局限于自动巡航工作。无人机同时还兼顾杆塔上蜂巢的消除、凝冻天气线路的破冰工作。这些工作多是极端情况以及高空作业，在人力有限的情况下，无人机已经能够解决相对困难的问题。

除了无人机在配电网中的使用，许多投用在 10 kV 配网工作中的机械设备也正得到推广。在电力行业内，安全和生产一直是密不可分的两个重要内容。为保证用户的用电体验，10 kV 配网带电作业一直是安全生产中的重要环节。由于高空作业和带电作业存在一定的风险，10 kV 配网机器人成为了未来代替人工操作的重要设备。在文献[6]中提到，目前某省已首次使用全自动配网带电双臂机器人进行作业，作业过程需要操作人员在操作平台上对机械臂进行实时地控制。首次使用新智能技术，标志着 10 kV 配网机器人带电作业将进行全面推广和应用。当然，想要完全实现机械臂的自动工作，自动化技术的探索还有很长的路要走。

树障的清理工作也是配网维护工作的重要一环，许多速生植物的生长很大程度地影响了配电线路运行的可靠性。人工处理速生植物往往面临工作量大、人手不足、树障和器具存在安全隐患的情况，因此如何实现树障自动清理代替人工砍伐也是 10 kV 配网中自动化设备的重要研究方向。

4.3. 配网信息采集的可发展性

对 10 kV 配网运行线路中数据的采集和分析是当下预防线路故障、保障 10 kV 配网运行可靠性的主要方式之一，本文于自动化技术在 10 kV 配电网的应用现状中提到，当前负控管理终端已经实现对变压器电能表的电压、电流、功率等信息自动采集、储存和远传功能。然而，像线路、变压器温度等信息的采集，目前还需要采取人工现场测温的方式。对线路温度的忽视，往往会导致线路过热起火的现象，影响用电安全。实时监控配网设备的温度成为了配网信息采集的一个盲区。除了设备温度外，如线路与障碍距离采集等都是值得去探讨的重要信息。

结合传统的配电线路维护与检修工作，从现阶段、研发阶段或是理论阶段的配网自动化技术来看，自动化技术已经能够为维护工作提供较好的帮助，而将自动化设备应用在配电线路上的现场操作中，是当下技术所欠缺的。

5. 结语

本文通过对自动化技术在 10 kV 配网线路中的分析，可以了解到自动化技术在配网维护检修工作中已经得到了有效的应用。当下普及与使用较为广泛的自动化技术包括本文提及的自动化开关、无人机自

动巡航、配网数据采集的应用,通过这些设备的使用,已经很大程度地解决了传统线路维护检修工作中存在的问题。然而,目前自动化技术所涉及的工作仍具有一定的局限性,包括自动工作设备、配网数据采集分析方面都有很大的发展空间,导致发展受阻,与目前自动化技术、通信技术总体水平有限息息相关,如何打破技术局限性带来的创新瓶颈,是电力行业能否在配网自动化发展中取得成功的关键。

参考文献

- [1] 冷华, 主编. 配电自动化调试技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.
- [2] 王新国, 张兵理. 电气工程中自动化技术的优势分析与应用[J]. 家电维修, 2024(1): 104-106.
- [3] 石磊. 智能配电网自动化开关在配网调度的应用分析[J]. 科技创新与生产力, 2023, 44(8): 127-130.
- [4] 胡志强, 叶远誉, 俞林刚, 等. 主动负荷参与的低压台区三相负荷不平衡自动均衡方法[J]. 中国电力, 2024, 57(2): 49-54.
- [5] 吴大飞, 杨光永, 樊康生, 等. 多策略融合的改进粒子群优化算法[J]. 计算机应用研究, 2022, 39(11): 3358-3364.
- [6] 贾沈翔. 10 kV 配电网规划中智能技术的应用分析[J]. 电气技术与经济, 2023(8): 57-59.