

交流输变电项目对周围电磁环境影响的研究

杨国庆 夏光志

江苏辐环环境科技有限公司

DOI:10.32629/eep.v8i10.2904

[摘要] 本文针对典型交流输变电项目对周围电磁环境的影响进行了系统研究。研究采用实地测量与理论预测相结合的方法,重点分析了多个典型电压等级(110kV、220kV、500kV)的输电线路和不同类型的变电站正常运行时周围的工频电磁场强度。结果表明,随着电压等级的升高,输电线路及变电站对电磁环境的影响程度有所提高,但是通过采取合理的设计方案和电磁屏蔽技术,可以有效减轻变电站和输电线路对周围电磁环境的影响。

[关键词] 交流输变电项目; 电磁环境影响; 电压等级; 电磁屏蔽技术

中图分类号: TM63 文献标识码: A

Study on the Impact of AC Transmission and Transformation Projects on the Surrounding Electromagnetic Environment

Guoqing Yang Guangzhi Xia

Jiangsu Fuhuan Environmental Technology Co., Ltd.

[Abstract] This paper conducts a systematic study on the impact of typical AC power transmission and transformation projects on the surrounding electromagnetic environment. The research employs a combination of field measurements and theoretical predictions, focusing on the analysis of power frequency electromagnetic field intensity around transmission lines of various typical voltage levels (110kV, 220kV, 500kV) and different types of substations under normal operation. The results indicate that as the voltage level increases, the influence of transmission lines and substations on the electromagnetic environment intensifies. However, by adopting reasonable design solutions and electromagnetic shielding technologies, the impact of substations and transmission lines on the surrounding electromagnetic environment can be effectively mitigated.

[Key words] Power transmission and transformation projects; Electromagnetic environmental impact; Voltage level; Electromagnetic shielding technology

引言

随着社会经济的发展和电力需求的不断增长,为构建绿色安全的供电系统,电网建设的规模也在逐年增加。公众在享受输变电设施所带来的便利、可靠的电力供应的同时,对高压输变电设施所产生的电磁环境影响也愈发担忧。由于运行电压和设计方案的差异,高压交流输变电设施对电磁环境的影响程度也各不相同。为此,深入研究这一问题,不仅能为电力系统的规划和设计提供科学依据,还能为电磁环境保护提供技术支持。本文旨在系统研究不同电压等级交流输变电项目在运行过程中对周围电磁环境的具体影响。通过采用实地测量和理论分析相结合的方法,详细分析了包括110kV、220kV及500kV等典型电压等级的输电线路以及变电站对环境电磁场的贡献。秉持以人为本的理念,本研究还评估了采用电磁屏蔽技术和合理规划布局等措施减轻电磁影响的实际效果。通过这些研究,期望为优化高电压输

变电系统设计、降低电磁环境影响提供实用的建议和解决方案,提高公众对输变电工程的接受性,避免纠纷。

1 背景与重要性

1.1 交流输变电项目概述

交流输变电项目是现代电力系统的重要组成部分,负责传输和分配电能,将电力从发电厂输送至各个用户端^[1]。这些项目通常包括高压输电线路和变电站设施,形成电力网络的关键节点。交流输变电技术依靠电磁感应原理,通过变压器调整电压等级,以适应远距离输电的需求,减少线路损耗,提高输电效率^[2]。近年来,民用、商用、工业用电需求的持续增长、供电可靠性要求的不断提高,以及风电、光伏发电等清洁能源的并网需求激增,推动了高电压等级输变电工程的广泛建设,输变电设施引发的电磁环境问题也日益受到公众的关注。因此,在电网建设规模不断增加的背景下,科学评估并有效控制输变电工程的

电磁环境影响,已成为电力系统规划与设计中的不可忽视的关键环节。

1.2 电磁环境评价标准

通常采用工频电场强度、工频磁感应强度来分别量化交流输电工程产生的工频电场、工频磁场。国际非电离辐射防护协会(ICNIRP)1998年发布的相关导则中规定的公众曝露控制限值为工频电场强度5kV/m、工频磁感应强度100 μ T;2010年导则更新后,工频电场强度公众曝露控制限值仍为5kV/m,工频磁感应强度限值变为200 μ T。电气电子工程师学会(IEEE)2002年发布的标准C95.6中规定公众曝露控制限值为工频电场强度5kV/m、工频磁感应强度904 μ T。中国2015年实施的《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中,规定工频电磁场公众曝露控制限值为工频电场强度4kV/m、工频磁感应强度100 μ T。

1.3 交流输电变电设施的分类

常见的高压交流输电变电设施包括变电站、输电线路等。变电站主要由主变压器、配电装置等电器设备组成,根据其主要电器设备的布置方式,分为户外式、户内式、半户内式三种。户外式变电站的主要高压电器设备均布置于户外,为满足电气安全间距、防火间距等要求,通常占地面积稍大。户内式变电站的主要高压电器设备均布置于户内,布置紧凑,占地面积较小。对于半户内变电站,通常除主变压器以外,其余全部配电装置都集中布置在生产综合楼内。交流输电线路主要分为架空线路和电缆两种。架空输电线路输送功率大、过载能力强,造价较低、运维简单。电缆线路输送功率小、过载能力较弱,造价远远高于架空线路,运维较困难,但通常埋于地下,不影响景观。

2 电磁场测量与计算方法

对于变电站和电缆输电线路,采用实地监测的方法分析评价其电磁环境影响。对于架空输电线路,分析评价其电磁环境影响时采用理论计算的方法。

目前常用的工频电磁场监测仪器主要包括三维探头、主机、光纤等部分,三维探头置于不易受潮的非导电材质支架上,通过光纤与主机相连接,为避免人体干扰待测区域处的原始电磁场,监测时人员手持主机远离探头。

计算架空输电线路周围空间工频电场通常采用模拟电荷法,将导线假设为无限长、平行于地面的良导体。由于工频电磁场具有准静态特性,线路的磁场仅由电流产生,应用安培定律,将计算结果按矢量叠加,可得出导线周围的磁场强度。

3 输变电设施对电磁环境的影响分析

3.1 不同电压等级对电磁环境的影响分析

目前,国内高压交流输电变电设施主要分为110kV、220kV及500kV这三种电压等级,选取华东平原地区建设的不同电压等级的典型户外式变电站,监测变电站正常运行时围墙外5m处的工频电场强度和工频磁感应强度。结果发现,随着电压等级的升高,变电站外的工频电场强度测值越大,最大值可达2~3kV/m,但基本上都能满足工频电场强度4kV/m的公众曝露控制限值要求。监测期间运行电压均达到设计额定电压等级,监测结果能代表正

常运行时项目周边的工频电场强度水平。变电站周围工频磁感应强度与运行电流有关,通常电压等级较高的变电站,其运行电流越高,因此周围的工频磁感应强度越大,最大值可达5 μ T,远小于100 μ T的限值要求。变电站周围的工频电磁场监测最大值通常出现在架空线路出线侧。此外,变电站周围的工频电场强度、工频磁场强度随着距变电站围墙距离的增大总体呈递减趋势。

对于架空线路工程,根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)中规定的输电线路经过居民区的导线对地面的最小距离(110kV为7m,220kV为7.5m,500kV为14m)开展计算,选取典型导线型号、鼓型排列方式,计算同塔双回架设线路地面1.5m高度处的工频电磁场。计算结果表明,110kV架空线路对地高度7m时,地面1.5m高度处工频电场强度最大值通常不超过3kV/m,工频磁感应强度最大值不超过25 μ T,满足公众曝露控制限值要求。220kV架空线路对地高度7.5m时,地面1.5m高度处工频电场强度最大值可达6kV/m,工频磁感应强度最大值可达42 μ T,工频电场强度不满足公众曝露控制限值要求,若想确保线下地面全部区域(1.5m高度处)电磁环境达标,同相序架设的线路对地高度应提升至11m~14m,逆相序架设的线路对地高度应提升至9m~10m。500kV双回架空线路通常采用异相序或逆相序架设,线路对地高度14m时,地面1.5m高度处工频电场强度最大值可达6.9kV/m,工频磁感应强度最大值可达50 μ T,工频电场强度不满足公众曝露控制限值要求,若想确保线下地面全部区域(1.5m高度处)电磁环境达标,异相序架设的线路对地高度应提升至19m~26m,逆相序架设的线路对地高度应提升至18m~21m。

对于电缆线路工程,受电缆自身绝缘层、金属护层、衬管、外包混凝土等多重屏蔽及大地的阻隔作用,其周边工频电场强度测值不大(0.1V/m~20V/m),且受电压等级影响不大;工频磁感应强度最大值可达10 μ T,主要受电缆埋深、运行电流等影响。

3.2 不同设计方案对电磁环境的影响分析

对于变电站,当主变和高压配电装置等电气设备均布置在综合楼内时,建筑墙体可有效屏蔽工频电场,且户内型变电站通常采用GIS配电装置,GIS设备全部封闭在金属接地的外壳中,内部充有一定压力的SF6绝缘气体,根据静电屏蔽理论,高压电流产生的工频电场强度全部被屏蔽在设备金属壳体内,对外部电场几乎没有影响,使得户内型变电站周边的工频电场强度接近城市环境本底水平;工频磁场受建筑屏蔽作用影响较少,但由于随着距离增加、工频电磁场衰减很快,户内型布置的变电站内部设备布置得更紧凑且通常位于变电站站址中央,因此其周边的工频磁感应强度也较小。

采取电缆敷设的高压输电线路,受电缆自身屏蔽、电缆通道屏蔽及大地的阻隔作用,其上方地面的工频电场强度要远远小于架空输电线路,基本上可接近城市环境本底水平;但电缆埋深通常为0.5m~1.2m,其上方地面处的工频磁感应强度可能达到甚至超过架空线路下方的工频磁感应强度。

4 电磁影响的减缓措施与未来方向

4.1 减缓电磁影响的常见措施

为减缓变电站对周边的电磁环境影响,在选址阶段可在确保有效电力供应的条件下优选空旷地区,无法避让居民密集区的,优先采用户内型布置,且进出线方向尽量避开居民密集区。高压配电装置采用GIS设备,主变及电气设备合理布局,保证导体和电气设备安全距离,设置防雷接地保护装置,可有效降低静电感应的影响。

对于架空输电线路,在选线阶段,采取水平距离控制的措施,尽量避让周边的电磁环境敏感目标,受地质、地形、安全等因素限制确实无法避让的,可采取提高线路架设高度的措施。此外,输电线路可在设计阶段优化杆塔塔型、导线相间距离及结构尺寸、相序布置等参数,以进一步降低对周边的电磁环境影响,如双回路架设线路同相序架设时,导线之间的水平距离越大,其线下的工频电场强度峰值越小;同塔双回架设的线路逆相序架设时,对周围的电磁环境影响远小于同相序架设。输电线路在经过居民集中区时,若经济、供电能力、运维难度皆可控,选用电缆敷设的方式,可有效降低线路对途经地区的电磁环境影响。

4.2 电磁影响减缓措施的未来发展

(1) 优化变电站典型设计,采用绿色建筑技术增加对工频磁场的屏蔽。在确保运行安全稳定的前提下,探索建设地下变电站的可行性。

(2) 改进电缆的导体材料、绝缘材料、屏蔽工艺和护套材料,增加电缆的导电性能、绝缘可靠性、机械强度、使用寿命,同时降低电缆的经济成本,为架空线路入地改造创造条件。

5 结束语

通过本项研究,对典型交流输变电项目对周围电磁环境的

影响进行了深入的探索和分析。研究表明,随着电压等级的升高,变电站及输电线路对电磁环境的影响程度有所提高,但是通过采取合理的设计方案和电磁屏蔽技术,可以有效减轻变电站和输电线路对周围电磁环境的影响。现有的研究尽管取得了一些积极成果,但仍然存在一些局限性,例如,高压输电线路临近建筑物时有可能产生畸变电场,需要建立更加精确的模型开展计算^[3];如何经济高效地降低输变电设施周围的工频磁场,也需要进一步探究。此外,还可以研究常用家用电器运行时对周围的电磁环境影响,与输变电设施进行比对。这些研究不仅可以更加准确的反映输变电设施对周围电磁环境的影响,为实际工程项目提供更加精确的设计和改进方案,还可以缓解公众对输变电设施建设的恐惧和抵抗情绪,让输变电工程更好地造福人民。

[参考文献]

[1]赵昕宇,尚朦.输变电工程电磁环境控制关键技术[J].电子乐园,2021,(06):0101.

[2]曹碧波,姜梅.输变电工程电磁环境研究现状综述[J].电力安全技术,2020,22(01):46-51.

[3]王旭旭,李永明,邹岸新,等.超高压输电线下复杂场景的工频电场分析[J].中国测试,2018,44(04).

作者简介:

杨国庆(1993--),男,汉族,江苏沭阳人,硕士研究生,工程师,现主要从事核与辐射类项目环保工作。

夏光志(1989--),男,汉族,安徽合肥人,硕士研究生,工程师,主要从事输变电项目环保工作。