

Measurement and Analysis of the Electric-Magnetic Environment for Different Substation in Coastal Area

Peng Yu¹, Jie Tian¹, Qiang Li², Yan Mi², Fan Yang², Kaidi Tang²

¹Shenzhen Power Supply Bureau Co., Ltd., Shenzhen

²State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, School of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing

Email: tangkaidicqu@126.com

Received: Jul. 26th, 2016; accepted: Aug. 15th, 2016; published: Aug. 18th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

With the widely use of substation in coastal area, the electric-magnetics environment problem has become more and more serious. Improving the life quality of nearby residents and staff is more and more important. However, due to the different climate environment of coastal area, in order to systematically understand the electric-magnetics environment and its spatial distribution caused by high voltage substation, so that we can provide guidance and evidence for nearby residents and staff. In the paper, the electric-magnetic environment measurement work of coastal area is done. Through analyzing the distribution rule of different voltage levels of substation, the spatial distribution of power frequency electric field and magnetic field, and the excessive area are obtained. Results indicate that the maximum electric field occurs in 500 kV substation. The electric field density mainly concentrates about 2~10 kV/m for corridor before transformer, while most of the measured domain satisfies the international professional standard. Meantime, the magnetic field environment for coastal region substation is relatively good, which is less than the recommended national standard, 100 μ T.

Keywords

Substation, Electric-Magnetic Environment, Electric Field, Magnetics Field

沿海地区不同电压等级变电站电磁环境参数测量与分析

余鹏¹, 田杰¹, 李强², 米彦², 杨帆², 汤凯获²

¹深圳供电局有限公司, 深圳

²重庆大学电气工程学院输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆

Email: tangkaidicqu@126.com

收稿日期: 2016年7月26日; 录用日期: 2016年8月15日; 发布日期: 2016年8月18日

摘要

沿海地区大量变电站的投入使用导致电磁环境问题日益突出, 提高变电站附近居民和职工生活质量已成为普遍认识和需求。而沿海地区气候环境明显不同于其他地区, 为了系统了解高压变电站产生的电磁环境情况和空间分布规律, 对变电站附近居民和运行职工健康和准确认识电磁环境提供指导和依据。论文开展了沿海地区变电站电磁环境测量工作, 通过分析不同电压等级变电站工频电磁场分布规律, 得到了不同电压等级变电站内工频电磁环境空间分布特性和超标区域。结果表明对于500 kV变电站内电场强度最高, 变压器前工作走廊电场强度主要为2~10 kV/m, 而沿海地区变电站大部分测量区域电场强度满足国际电磁标准规定的职业暴露标准。同时沿海地区变电站磁场环境较为良好, 均小于国家标准推荐值, 100 μ T。

关键词

变电站, 电磁环境, 工频电场, 工频磁场

1. 引言

高压输电线路、变电站等电气设备周围都存在着电磁场, 尤其随着经济的发展, 大量变电站投入使用, 其产生的电磁环境使得公众和供电部门职业工作人员受暴露的可能性和受暴露水平不断增高。而随着居民对生活质量要求的提高, 变电站产生的电磁环境问题日益突出[1]-[3]。高压输变电设备的生态环境影响主要表现在土地的利用、电晕所引起的通信干扰, 以及可听噪声、工频电磁场对人员的影响等方面[4] [5]。此外, 电网的发展和变电站数量的不断增加, 造成越来越多的电网员工要从事变电站的运行与检修工作。尤其在沿海地区, 电网发展与土地矛盾日益严重, 大量城市变电站的建设已成趋势, 由此带来的电磁问题更为严重。系统开展变电站电磁环境测量工作, 了解输变电设备复杂电磁环境空间分布特性, 对于保障运行人员健康、建设和谐社会具有重要的社会意义和实用价值[6]。因此, 论文沿海地区高压变电站产生的工频电、磁场水平进行了测量和归纳分析, 获得了不同电压等级变电站电磁环境数据及其分布规律。

2. 测量方法和测点布置

考虑到工作人员在变电站内设备区的活动范围, 测量区域主要集中于变电站工作走廊, 重点研究串抗区、开关场区、变压器周围等区域[7] [8]。在测量中选取变电站工作走廊, 沿走廊路线在其中心线上进

行布点, 使用 GPS 定位仪对所测变电站进行经纬度定位, 测点在所测路线上均匀分布, 测量地面 1.5 m 高度处的工频电、磁场, 如图 1 所示。

为保证测量数据的准确性, 采用经过校准检验的德国 Narda 公司生产 NBM-550 电磁辐射检测仪, 该测量仪是全频段的电磁辐射检测仪, 覆盖从 5 Hz~60 GHz 的三维全向探头, 探头采用 EHP50D, 可测高压输变电设施, 配电室、电车等工频作业场所的工频电磁场大小。

测量工频电、磁场数据时, 待测量数据稳定后, 记录所测工频电场、工频磁场的 X、Y、Z 三个分量值以及合成值。此外, 记录设备间距、母线高度, 工作走廊宽度以及测量环境条件。每半小时记录环境条件一次, 当早晚温湿度变化较大时, 每十分钟记录一次。同时为防止测量人员引起的电磁场畸变, 在测量过程中, 测量人员要距测量仪器探头至少 2.5 m 远, 探头应保持距设备外壳 1 m 远位置, 将固定物体对测量值的影响降低到可接受的范围之内。

3. 不同电压等级变电站电磁环境参数测量

3.1. 500 kV 变电站

分析了沿海地区不同电压等级变电站电磁环境, 主要包括 500 kV、220 kV 以及 110 kV。通过测量沿海某城市管辖的不同电压等级变电站电磁环境, 分析了该地区条件下的电磁环境和影响。首先分析了 500 kV 变电站电磁环境。

图 2 给出了该变电站的站内结构和测量示意图, 测量区域选取为工作走廊中心线, 测量间距为 1.5 m, 共 188 个测量点。测量环境参数为: 室外温度: 27℃, 相对湿度: 68% RH, 大气压力: 1007.5 kPa; 风速: 1.3 m/s。

图 3 给出了该变电站内 3 个工作走廊的工频电场与工频磁场分布。从中可以看出, 500 kV 变电站内最大磁场强度为 32 μT , 根据国家工频电场强度测量标准[9], 发现全站工频磁场均在国家标准限值 100 μT 以内, 属于合格范围之内。同样最大测量磁场区域为串抗区, 而变电压器前工作走廊的磁场相对较小。该区域磁场平均值为 6.5 μT , 最小 4.7 μT , 最大 9.2 μT , 磁场在正常范围之内。

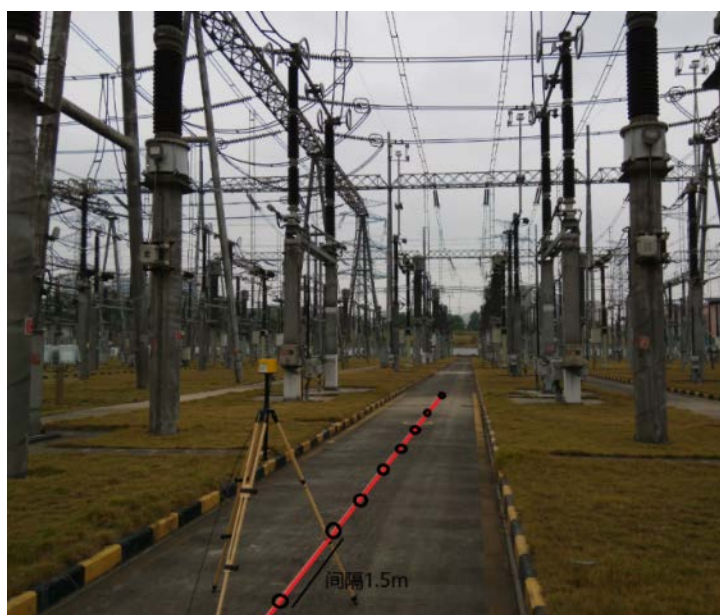


Figure 1. Illustration for measurement path in substation
图 1. 变电站工作走廊测量线路及方法

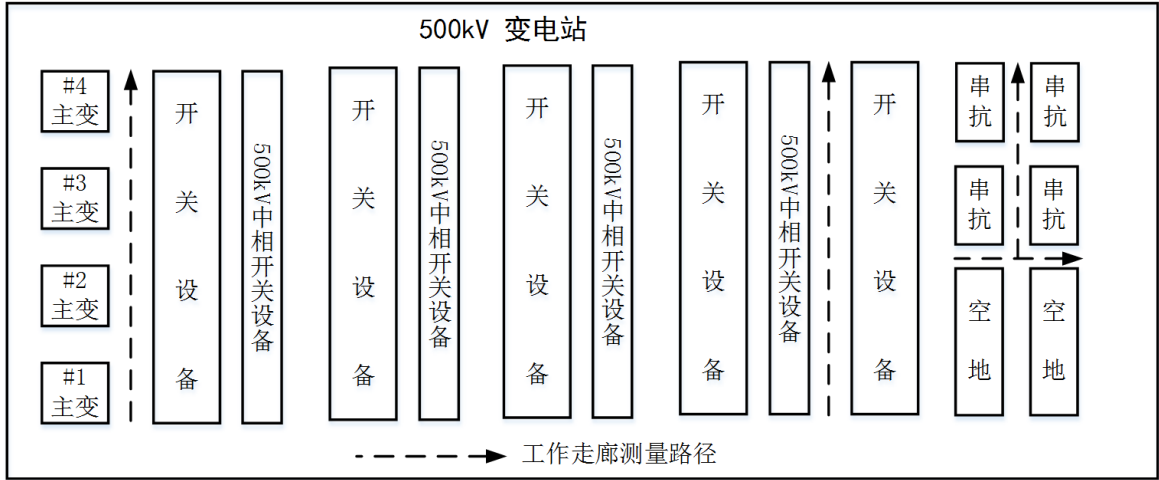


Figure 2. Structure for 500 kV substation and the corresponding measurement method
图 2. 500 kV 变电站站内结构及测量线路示意图

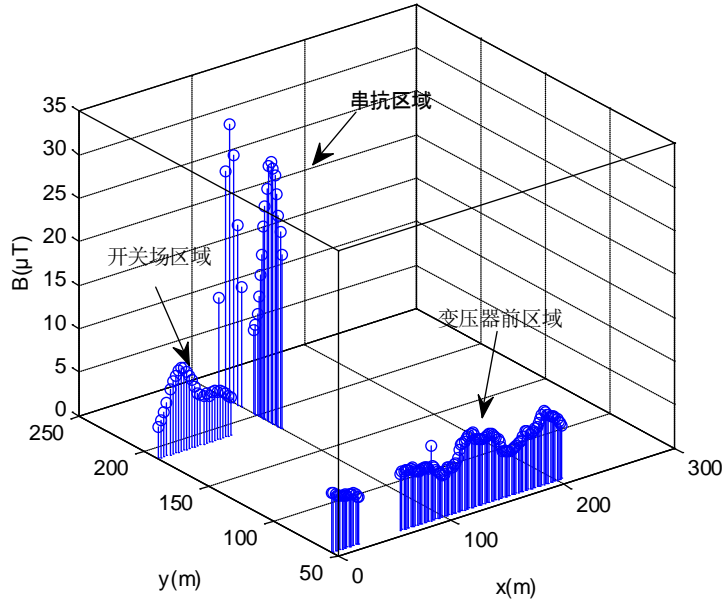


Figure 3. Magnetic distribution of 500 kV substation
图 3. 500 kV 变电站工频磁场分布

图 4 重点给出了 500 kV 变电站变压器前工作走廊的工频电、磁场强度分布，可以发现电场强度波动较大，位于 2~10 kV/m 之间，平均值为 5.9 kV/m，主要原因是电场强度与变电站布局，母线高度等有关。同时在测量时间为下午五点左右，此时空气湿度较大，约 80% RH，导致该区域的电场强度升高；在该区域电场强度偏大的原因除线路电压等级较高外，站内存在的多处母线引下线，使得部分测量点距离线路比较近，从而导致测量工频电场偏大。而根据图 4(b)可以看出该区域的磁场强度波动性同样较大，但是幅值均在 10 μT 以内，小于国家规定的磁场限值，因此在该变电站内磁场环境较为友好。

根据测量数据可以总结得出，该电压等级变电站工作走廊电场强度最大值超过 11 kV/m，然而变电站内磁场环境较为友好，全站区域磁场均小于国家限值的 100 μT。而对比内陆地区，如重庆、四川等相同电压等级变电站工频电场环境[10]，沿海地区变电站电场环境稍微偏大的主要可能原因是变电站内长期处于高温高湿的条件，气候因素对工频电场影响较大。

3.2. 220 kV GIS 变电站

同样按照上述给出的测量方案,分析了 220 kV GIS 变电站 4 个工作走廊区域的工频电、磁场分布规律,测量间距选取为 1 m,共测量了 89 个点[11] [12]。测量过程中空气温度为 20.1℃,相对湿度为 68.2% RH,大气压力为 1015 kPa,风速为 0 m/s。图 5 给出了该变电站内的工频电、磁场分布规律,可以发现在 110 kV 区域以及 220 kV 区域的工作走廊的电场强度在 0~2.4 V/m 左右,由于外壳对电场的屏蔽作用,使各区域的电场强度很小,几乎和自然环境下的电场强度值相同。由于 GIS 设备的三相线路很靠近,靠六氟化硫气体绝缘,使磁场相互抵消,磁场大多在 2~4 μT 之间,少部分区域达到比较高的 17 μT ,最大处是属于三相进线处,在该处三相线路是分开的,导致磁场抵消作用不明显,但总体上磁场均在 100 μT 限值之内。

3.3. 220 kV 室内敞开变电站

同样分析了 220 kV 室内敞开变电站的电磁场分布规律,对变电站内 8 个工作走廊进行了测量分析,每个测量点间距为 1.5 m,共测量了 160 个点。图 6 是该 220 kV 室内敞开变电站工频电、磁场分布。从图中可以发现,在该室内敞开变电站内工频电场较大区域位于 220 kV 区域,尤其是在 2 楼的 220 kV 工作走廊区域,最大电场强度超过 7 kV/m,主要原因是该工作走廊距离母线较近,造成测量的工频电场强度偏高,超过 79% 测量点电场强度小于 4 kV/m。然而同样可以发现该变电站内磁场分布较为均匀,主要集中在 $B \leq 20 \mu\text{T}$,并且较大值出现在 110 kV 区域工作走廊,然而均小于国家电磁标准限值 100 mT。

3.4. 110 kV 室外变电站

针对 110 kV 变电站,同样分析了工作人员主要工作走廊区域内的电磁环境[13] [14]。在测量区域内均匀布点,每个测量点间距为 1.5 m,共测量了 120 个点。图 7 给出了该变电站两个工作走廊测量得到的工频电、磁场分布数据。从图中可以发现,110 kV 南山站中开关场区工频电场大于变电站工作走廊,开关场区电场强度普遍在 2 kV/m 水平以下,部分区域超过 2 kV/m,但是整个站的电场值均小于国家公众限值 4 kV/m,更远小于国家职业暴露要求。同样,从磁场分布规律中可以发现该变电站内开关场区的工频磁场大于变压器前工作走廊,其值磁场大多在 2~10 μT 之间,而变压器前工作走廊区域磁场大多在 0.1~2 μT 左右。

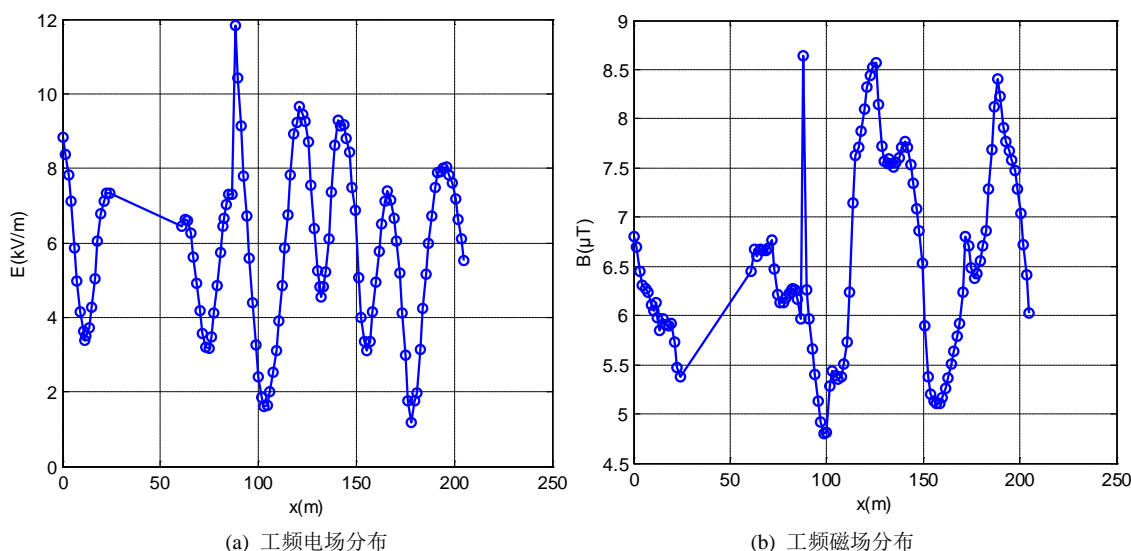


Figure 4. Electric field density distribution for different measured district

图 4. 不同测量区域的电场强度分布规律

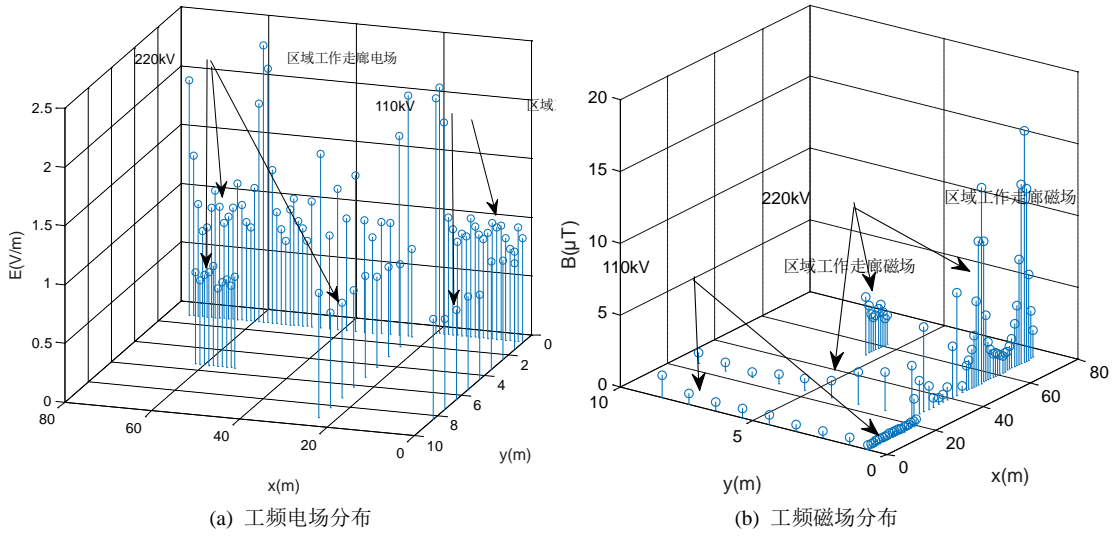


Figure 5. Electric and magnetic field distribution for 220kV GIS substation
图 5. 220 kV GIS 变电站工频电、磁场分布规律

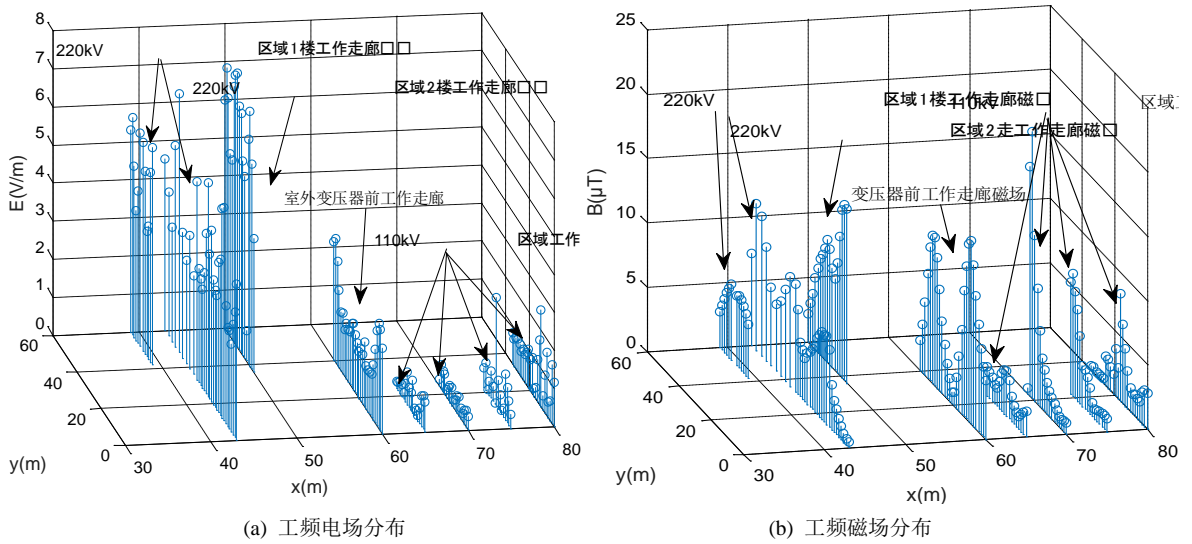


Figure 6. Electric and magnetic field distribution for 220 kV indoor opened substation
图 6. 220 kV 室内敞开变电站工频电、磁场分布规律

图 8 给出了不同测量区域的电场分布规律，可以发现在该变电站内，开关场区电场强度明显小于国家规定的居民区场强限值 4 kV/m，更是远小于职业暴露标准限值 10 kV/m，且其值约为变压器前工作走廊的 4 倍，但是仍然处于正常范围之内。

4. 结论

论文通过测量沿海地区变电站电磁环境，分析了不同电压等级变电站内不同测量区域的电磁环境。得到了以下规律：

- 1) 沿海地区变电站内工频电、磁场环境均全部满足相关国家环境保护标准要求，尤其是 220 kV GIS 变电站和 110 kV 变电站，其中 GIS 变电站由于屏蔽措施，电磁场影响远小于敞开变电站。在 500 kV 变电站内超过 70% 测量点电场强度在 4~8 kV/m。

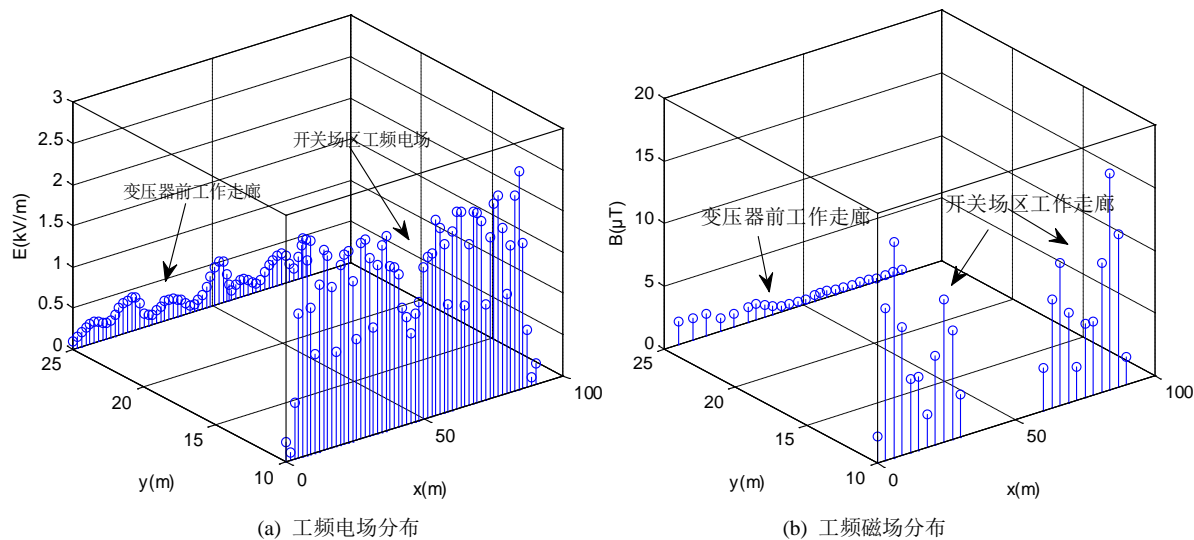


Figure 7. Electric and magnetic field distribution for 110 kV outdoor substation

图 7. 110 kV 室外站工频电、磁场分布

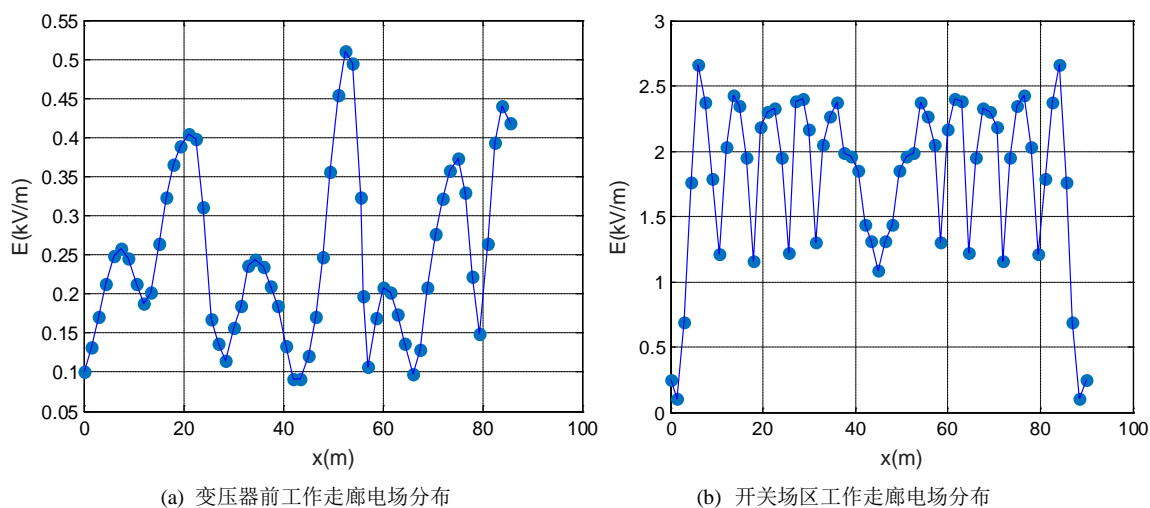


Figure 8. Electric field density distribution for transformer working corridor in 110 kV outdoor substation

图 8. 110 kV 室外变电站变压器前工作走廊电场二维曲线图

2) 沿海地区磁场环境均较为良好, >90%测量区域的合成磁感应强度小于 $30 \mu\text{T}$ 。

参考文献 (References)

- [1] 孙涛, 万保权. 500 kV 变电站电磁环境参数测量[J]. 高电压技术, 2006, 32(6): 51-55.
- [2] 王敬晓. 深圳电网高压输变电设备电磁环境影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 深圳: 深圳大学, 2015.
- [3] 徐春燕, 李明, 顾燕楠. 城区内 110 kV 变电站周围电磁环境监测与分析[J]. 绿色科技, 2015(11): 229.
- [4] 陈宝才, 吴慧体, 许明发. 城区中全户内变电站电磁辐射环境影响分析研究[J]. 环境科学与管理, 2014, 39(2): 182-185.
- [5] 刘俊勇. 110~220 kV 变电站电磁环境影响分析[C]//中国电机工程学会. 中国电机工程学会电磁干扰专业委员会学术会议: 2013 年卷. 重庆: 中国电机工程学会, 2013: 1-7.
- [6] 万保权, 张广洲, 张小武, 等. 220 kV 变电站电磁环境参数测量[C]//中国电机工程学会. 中国电机工程学会输电线路进入城市电磁影响研讨会: 2005 年卷. 深圳: 中国电机工程学会, 2005: 45-52.

- [7] 丛俊, 张斌. 常州地区典型变电站电磁环境影响分析[J]. 中国资源综合利用, 2008, 26(9): 25-27.
- [8] DL/T988-2005. 高压交流线路和变电站工频电、磁场测量方法[S]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2005.
- [9] HJ/T24-1998. 500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范[S]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 1998.
- [10] 徐禄文, 李永明, 刘昌盛, 等. 重庆地区 500 kV 变电站内工频电磁场分析[J]. 电网技术, 2008, 32(2): 66-70.
- [11] 张泽林. 珠海地区电网 500 kV、220 kV、110 kV 变电站工频电场强度的测量与分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [12] 尚国庆. 220 kV 及以上电压等级变电站电磁场分布规律研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2014.
- [13] 赵志勇, 宋晓东, 朱艳秋. 110~220 kV 高压变电站电磁环境影响因素分析[J]. 中国辐射卫生, 2010, 19(4): 452-453.
- [14] 韩燕明. 110 kV、35 kV 变电站电磁场及噪声对环境的影响[C]//中国电机工程学会. 中国电机工程学会电磁干扰专委会第七届学术会议: 1997 年卷. 厦门: 中国电机工程学会, 1997: 32-39.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>