

EMC Design of the Security Monitoring System for Power Station

Yinchao Wang¹, Hugen Wang², Dong Huang¹, Fei Qiao², Rui Zhou¹, Chunyang Song², Junsheng Wang², Weidong Qu^{1*}

¹Shanghai Changxing Power Supply Company, State Grid, Shanghai

²China Power Construction Group Equipment Research Co., Ltd., Shanghai

Email: *songchya@126.com

Received: Jun. 7th, 2017; accepted: Jun. 25th, 2017; published: Jun. 28th, 2017

Abstract

In order to ensure the security monitoring system of the power station can reliably accomplish the intended function in the complicated electromagnetic environment, the EMC design was implemented from hardware and software based on the analysis of the main source of electromagnetic interference in power station, which passed the grade 4 test of the electromagnetic compatibility. This paper can provide a reference for the EMC design of the similar electronic equipment.

Keywords

Power Station, Security Monitoring System, EMC, Suppression, Hardware, Software

变电站安防监测系统的电磁兼容设计

王寅超¹, 汪胡根², 黄东¹, 乔飞², 周睿¹, 宋春阳², 王俊生², 瞿卫东^{1*}

¹国网上海市电力公司长兴供电公司, 上海

²中国电建集团装备研究院有限公司, 上海

Email: *songchya@126.com

收稿日期: 2017年6月7日; 录用日期: 2017年6月25日; 发布日期: 2017年6月28日

摘要

为了保证变电站安防监测系统在复杂的电磁环境中能可靠的完成预定的功能, 本文在分析变电站内主要电磁干扰源的基础上, 从硬件和软件两方面有针对性的对开发的电站安防监测系统进行了电磁兼容设计,

*通讯作者。

文章引用: 王寅超, 汪胡根, 黄东, 乔飞, 周睿, 宋春阳, 王俊生, 瞿卫东. 变电站安防监测系统的电磁兼容设计[J]. 安防技术, 2017, 5(2): 22-28. <https://doi.org/10.12677/jsst.2017.52004>

并进行了相应的电磁兼容试验。论文工作可为同类电子设备的电磁兼容设计提供参考。

关键词

变电站, 安防监测, 电磁兼容, 抑制措施, 硬件, 软件

Copyright © 2017 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

1. 引言

为了提高无人值守电站的安防水平和快速处置突发事件的能力, 提出开发了模块化的电站安防智能巡检系统, 通过在电站关键部位布设特定的安防监测传感系统对电站安全状态进行不间断实时监测, 一旦有异常发生, 即可通过无线通讯系统通知便携式智能巡检系统管理中心, 并启动视频联动系统, 将隐蔽的摄像装置对准异常点, 采集并发送视频信息到便携式智能巡检系统管理中心。巡检系统管理中心在收到异常报警信息后, 同时通过 GPS 自动定位自身位置并规划从当前位置到报警电站的最佳路径, 引导巡逻车在最短的时间到达报警电站位置进行处置。该系统的现场监测装置, 通常安装在电站内部, 现场存在严酷的电磁环境, 而监测装置为低电平的弱电系统, 系统内的传感器、信号处理器件、微控制器、通信单元等的耐压能力与抗干扰能力较弱。在强电磁干扰下, 该装置会出现运行异常, 甚至元器件损坏[1]。因此, 在设计中, 必须采用合理的措施避免、减少和抑制电磁干扰, 提高系统在严酷电磁环境下的可靠性。本文在分析变电站内主要电磁干扰源的特点及其对系统影响的基础上, 从硬件和软件两方面有针对性的对开发的电站安防监测系统进行了电磁兼容设计, 使其顺利通过了 IV 级电磁兼容试验。

2. 变电站安防监测系统总体设计及面临的主要电磁干扰源分析

按照工程应用要求, 本文设计的电站安防监测系统具备安防检测、无线通讯、导航定位和路径规划等主要功能, 如图 1 所示, 系统总体由敏感与监测模块、判断与通讯模块、终端与决策处理模块三大部分组成。各部分采用子模块化设计思路, 敏感与监测模块包括热释电红外传感器、微波移动传感器、门磁传感器、振动传感器和图像传感器几个可选子模块; 判断与通讯子模块包括微处理器、显示、报警和通讯自模块; 终端与决策处理模块包括通讯、电子地图、GPS 定位导航、路径规划、信息管理等子模块。

其中敏感与监测模块和判断与通讯模块安装在检测电站内部, 构成电站现场监测装置, 该部分实现的基本电路原理如图 2 所示。可以看出, 该部分的主要器件如传感器、信号处理器件、微控制器、通信单元等都是低电平的弱电系统, 其耐压与抗干扰能力较弱。在电站内部存在严酷的电磁干扰环境[2]。在强电磁干扰下, 该装置会出现运行异常, 甚至造成元器件损坏。因此, 在设计中必须分析可能的电磁干扰源及其特征, 从而采用合理的措施避免、减少和抑制电磁干扰, 提高系统在严酷电磁环境下的可靠性。

从电站的工作机理、工作过程和运行环境分析, 变电站内的主要电磁干扰源可以归结为以下几个方面:

1) 谐波的干扰: 随着大功率电气化设备的发展和变频电力电子器件的广泛应用, 谐波污染已成为电力系统的最为主要的电磁干扰源。由于变压器铁芯的非线性, 高次谐波电流会使电源电压和电流波形发生畸变, 并进一步在弱电安防监测设备上产生高次谐波感应电压和感应电流从而会影响安防监测设备测量的准确性和动作的可靠性[2]。

2) 开关操作引起的干扰: 断路器和隔离开关是变电站必不可少的安全保护器件, 当线路或变压器发

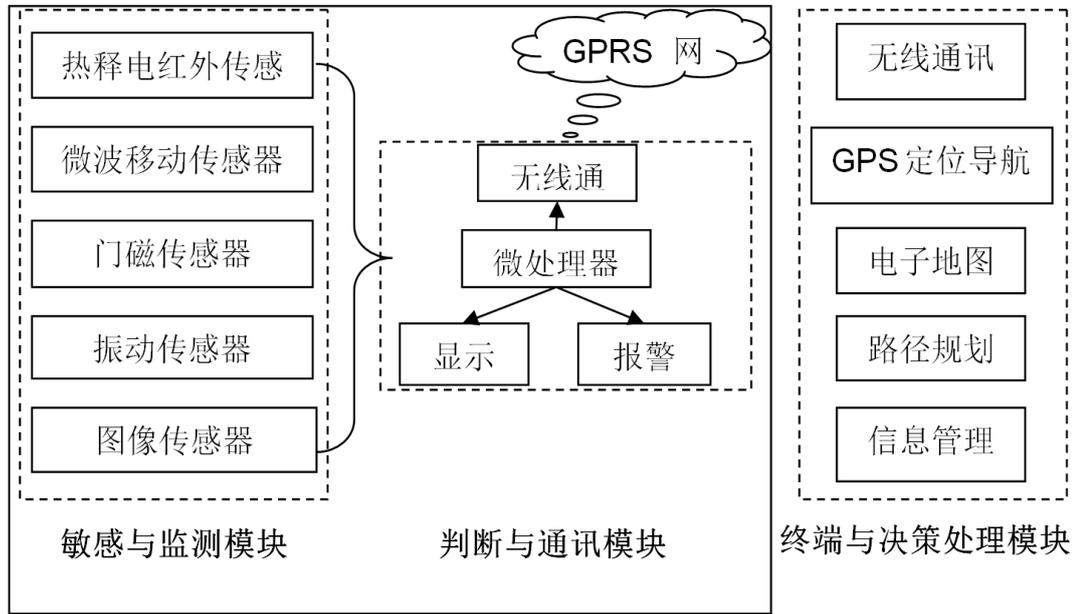


Figure 1. The block diagram of the security monitoring system for power station
图 1. 电站安防监测系统组成框图

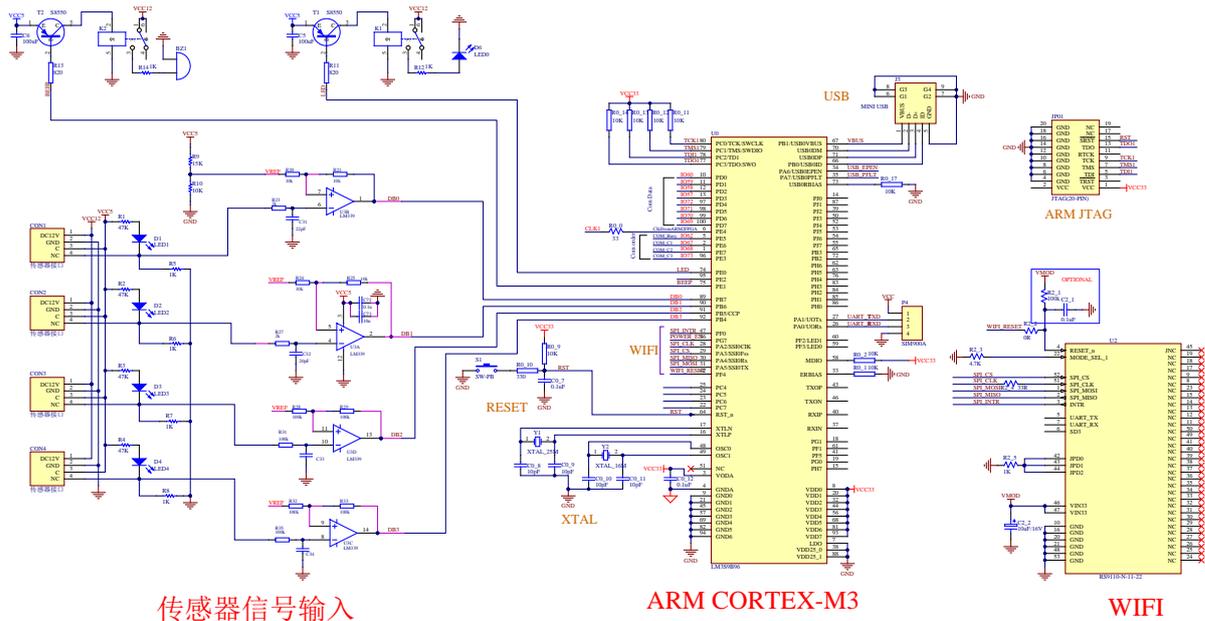


Figure 2. The circuit schematic diagram of the field monitoring device
图 2. 现场监测装置实现的基本电路原理图

生短路故障时，开关(断路器)要进行跳闸动作。跳闸时在开关动、静触头间将发生开断、电弧熄灭和重燃一系列反复电弧过程，在此过程中将感应出很高的脉冲电压和高频振荡电流，并以暂态电磁波的形式向周围空间辐射能量[3]，通过耦合进入低压安防监测设备，对高速运行的微处理器及通讯系统产生严重影响。

3) 雷击干扰：雷电是自然界发生的极为强烈的电磁暂态过程，当雷电击中线路或变电站后，大电流将经由接地点泄入地网，使接地点电位大大升高[4]。若安防监测设备的接地点靠近雷击大电流的入地点，则该接地点的电位将随之升高，会在安防监测设备中形成高压共模干扰，严重时会造成安防监测设备绝

缘击穿。

4) 运行中的电力设备：变电站运行中的线路或母线会产生工频磁场，电压等级越高电场强度越大。此外，不良气候条件下导线上的电晕、连接不紧密处金属部件间的放电、脏污外绝缘表面的局部放电等都可成为频谱极宽的干扰源[5]，从而导致电子元器件故障或损坏，也可能使微处理器控制程序出错或丢失数据。

3. 安防监测装置的电磁兼容设计

针对变电站环境的主要电磁干扰源及其特点，再设计开发电子安防检测装置时必须重点考虑，提高装置的抗干扰能力要从切断干扰源、减小耦合和提高设备敏感度阈值三个方面综合考虑。本研究的安防监测装置电磁兼容设计，一方面是通过改进装置的硬件设计增加其抗干扰能力，另一方面实从外部环境着手通过各种屏蔽隔离措施切断干扰的传播途径[6]。

3.1. 硬件电路的电磁兼容设计

提高设备自身的抗电磁干扰能力是本设备电磁兼容设计的重点。设计中主要采取了以下几个方面措施：① 在电源和信号输入/输出端口采取滤波技术抑制传导干扰；② 合理选择和布置布置元器件，尽量选择工业级元器件，尽量采用表面贴片封装，优化电源、地和各种信号线的布置，尽可能降低元器件之间连线长度，降低各种信号线之间产生的耦合干扰；③ 合理选用压敏电阻、雪崩二极管、扼流圈等限幅器件，限制瞬变过电压的峰值，将其控制在某一安全值以下，保护敏感器件免受损坏。

3.2. 隔离滤波的抗干扰设计

在变电站的恶劣电磁环境中，共模干扰电压会通过电源、信号线等耦合或传导进入低压的安防监测装置中，造成电磁干扰[7]。为了达到电磁兼容要求，一方面可通过隔离接地将共模干扰电压经杂散电容引至大地，防止或减少对安防监测装置的干扰，也可将滤波电容器与非线性的电阻元件并联组成浪涌吸收器，以抑制共模和差模干扰。常用的非线性元件具有不同的特性，设计时可根据具体需要选用。本设计中主要采用铁氧体磁环组成电磁骚扰抑制滤波器。考虑到快速瞬变脉冲干扰一般以共模方式施加到监测设备的电源、信号输入/输出以及通信端口，如果各端口没有良好的滤波措施，则干扰信号就会通过传导和电容耦合进入设备的后续电路、电路板的信号地线等。本设计中通过在设备的各端口尤其是电源端口设置低通滤波器、串接共模扼流圈或铁氧体磁环来防止快速脉冲骚扰的进入，从而有效的提高了设备的抗干扰能力。

电源端口是电磁干扰引入的主要通道，在电源端口加滤波器是常用的抑制方法，考虑到电源端口的电磁干扰信号频带范围很宽，既有几十 MHz 范围内的中频干扰，又有几十 GHz 的快速瞬变脉冲干扰，为了最大程度的克服这些干扰，在选用常用电源滤波器的基础上，设计中在电源进入设备机壳之前又加装铁氧体磁环，对高频脉冲起到了较好的抑制效果。另一方面，本安防监测装置为+5 V 的浮地弱电系统，为了给弱电系统提供共模干扰电流的泻放通道，系统设计中在弱电电源系统浮置地和大地(机壳)之间接入高频特性好、耐压高的 CBB 电容，以起到平衡电路的作用，同时也为共模骚扰电流提供了泻放通道，完整电源端口的电磁兼容设计如图 3 所示。

对于信号输入和输出端口，由于信号均为缓变的开关量，系统采用了光耦器件，并在光耦的原边增加了磁珠。同时为了防止快速瞬变脉冲干扰侵入，设计中选择了速度较慢、驱动电流较大、原副边杂电容小的光耦器件 PC817，在电路板布置上，使光耦器件远离电源线、信号线、地线等敏感线路，最大限度的抑制电磁骚扰通过信号输入和输出端口侵入。

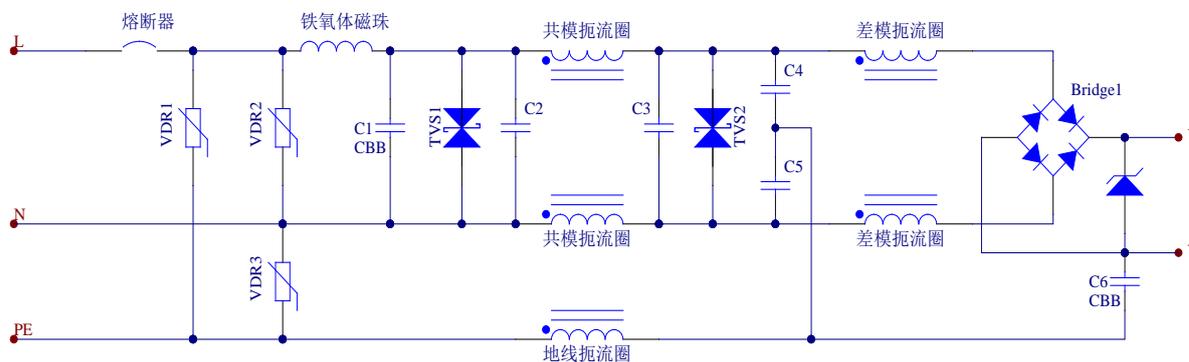


Figure 3. The electromagnetic compatibility design of the power port
图 3. 电源端口的电磁兼容设计

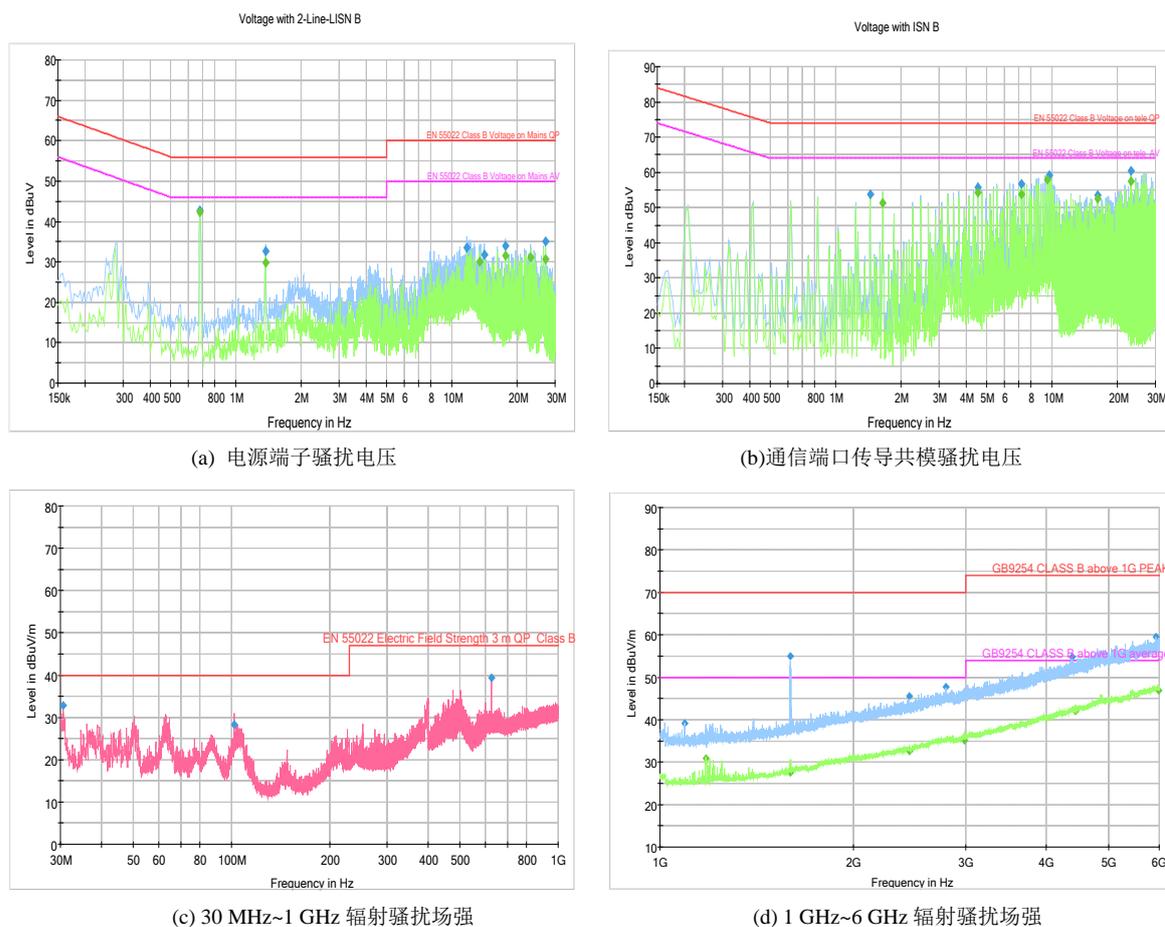


Figure 4. The test curves of disturbance voltage and disturbance field strength
图 4. 骚扰电压和骚扰场强测试曲线

3.3. 屏蔽与接地的抗干扰设计

屏蔽的作用是降低或完全隔断两个区域之间的电磁场耦合，它可以限制某一区域内部的电磁场越过该区域影响外界，也可以防止外界电磁场进入某一区域，是切断电磁干扰源的有力措施，常用于隔离和衰减辐射干扰[8]。本系统设计中在增强自身抗电磁干扰能力的基础上，采用了导电性能良好的铝金属机

Table 1. The electromagnetic compatibility test results of the power substation security monitoring device
表 1. 变电站安防监测装置电磁兼容测试情况表

序号	测试项目	技术要求
1	电源端子骚扰电压	按 GB 9254-2008 B 级要求
2	通讯端口传导共模骚扰	按 GB 9254-2008 B 级要求
3	辐射骚扰场强	按 GB 9254-2008 B 级要求
4	静电放电抗扰度	按 GB/T 17626.2-2006 的要求, 对样品施加 ± 6.0 kV 接触静电冲击和 ± 8.0 kV 空气静电冲击, 样品正常工作, 无异常情况出现。
5	射频电磁场辐射抗扰度	按 GB/T 17626.3-2006 的要求, 对样品施加场强为 10 V/m 的辐射场, 样品正常工作, 无异常情况出现。
6	电快速瞬变脉冲群抗扰度	按 GB/T 17626.4-2008 的要求, 对样品交流电源线施加 ± 2.0 kV, 直流电源线施加 ± 1.0 kV, 传感端口、通讯端口施加 ± 0.5 kV 的试验电压, 样品正常工作, 无异常情况出现。
7	浪涌(冲击)抗扰度	按照 GB/T 17626.5-2008 的要求, 对样品的电源端口施加共模 2 kV 和差模 1 kV 的模拟雷击浪涌冲击; 对样品的通讯端口、传感端口施加共模 0.5 kV 和差模 0.5 kV 的模拟雷击浪涌冲击, 样品正常工作, 无异常情况出现。
8	射频场感应的传导骚扰抗扰度	按 GB/T 17626.6-2008 的要求, 对样品电源端口、传感端口、通讯端口施加 10 V 的试验电压, 样品正常工作, 无异常情况出现。

箱, 将整个弱电检测系统全部封装在机箱内, 机箱面板和所有接插件连接处添加磁环, 机箱采用金属螺钉连接安装, 并确保接缝严密, 防止孔缝泄漏。

接地是抗电磁干扰的既经济有高效的重要手段, 本系统的主要屏蔽体是机箱, 它需要起到抑制电磁干扰和安全接地的双重作用, 因此设计中先把机箱内部装置内部需要屏蔽接地的电缆屏蔽层通过接地线连接到装置的外壳, 再将装置的外壳通过低阻抗的接地线接到变电站的主接地网, 这样既可为系统提供电位基准, 有为脉冲强电流提供了泄放通道。

3.4. 软件抗干扰设计

在由硬件组成电磁干扰防线的基础上, 进一步可从软件设计上采取抗干扰措施, 以防硬件防线失效影响微处理器工作的可靠性。软件方面采取的具体抗电磁干扰措施包括:

- 1) 设置系统定时自检程序, 对传感器、通讯等器件的运行状况进行定时检测和诊断;
- 2) 对输入信号进行滑动平均滤波, 消除瞬时干扰, 对开关量采用多次采集进行表决, 对异常采用连续多次的确认方法;
- 3) 采用数据冗余及看门狗等技术来提高系统的稳定性和抗干扰能力。

4. 电磁兼容测试及结论

为了检验所设计的安防监测系统的抗电磁干扰能力, 按照 GB 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法、GB/T 17626.2-2006 电磁兼容试验和测量技术“静电放电抗扰度试验”、GB/T 17626.3-2006 电磁兼容试验和测量技术“射频电磁场辐射抗扰度试验”、GB/T 17626.4-2008 电磁兼容试验和测量技术“电快速瞬变脉冲群抗扰度试验”、GB/T 17626.5-2008 电磁兼容试验和测量技术“浪涌(冲击)抗扰度试验”、GB/T 17626.6-2008 电磁兼容试验和测量技术“射频场感应的传导骚扰抗扰度试验”规程, 对所开发设备进行了电磁兼容测试实验, 结果如图 4 和表 1 所示, 表明所设计的装置达到了 IV 级电磁兼容标准。论文工作可为同类电子设备的电磁兼容设计提供参考。

致 谢

感谢国网上海市电力公司科技项目“具有导航定位功能的便携式变配电站智能巡检系统”对本文工

作资助。

参考文献 (References)

- [1] 姚刚, 贺家李, 王钢, 等. 电力系统自动化设备的电磁兼容技术[J]. 电力系统及其自动化学报, 2000, 12(4): 52-57.
- [2] 张晖. 继电保护装置的电磁兼容问题[J]. 江西电力, 2006, 30(5): 1-3.
- [3] 王剑乔, 刘建新. 微机保护抗电快速瞬变脉冲群干扰的研究[J]. 高电压技术, 2005, 31(10): 36-38.
- [4] 骆飞, 王富荣, 王海霞. 微机继电保护的电磁兼容[J]. 电子质量, 2004(4): 33-35.
- [5] 黄益庄. 变电站智能电子设备的电磁兼容技术[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(15): 6-9.
- [6] 李红兵, 张展华. 变电站微机保护测控装置的电磁兼容及应对措施[J]. 船电技术, 2010, 30(1): 58-60.
- [7] 陈瑞君, 孙健, 王文兰, 等. 变电站智能组件电磁兼容特性及抑制措施研究[J]. 能源与节能, 2016(12): 2-7.
- [8] 沈雪梅, 姜宁浩, 肖保明. 变电站中通信设备的电磁兼容问题研究[J]. 电工电气, 2013 (12): 10-12.

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>

期刊邮箱: jsst@hanspub.org