

# 基于三探测技术的变压器防盗在线监测系统

邓可<sup>1</sup>, 秦代春<sup>2</sup>, 周林<sup>2</sup>

(1. 重庆医科大学计算机实验室, 重庆 400016; 2. 输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆 400044)

**摘要:** 针对农村电力变压器及线路被盗现象, 为能及时发现问题并报警, 研制出一种三探测感应式台区变压器及线路在线监测系统。简述了系统的构成、技术特点和应用效果。整个系统由监测分机、管理中心、巡检人员组成, 首次将三探测传感技术和无线图像传输技术应用于电力防盗领域。现场一系列试验表明, 一方面当有人靠近变压器试图偷盗变压器, 现场语音警示的同时, 通过 GPRS 模块及时向管理中心发送报警信息和现场图片。另一方面当配电线断线, 通过 GPRS 模块及时向管理中心发送断线信息, 管理中心及时通知巡检人员赶到事故现场, 以最大限度保证了台区变压器及输电线路的安全。

**关键词:** 三探测技术; 在线监测; 防盗; 无线图像传输技术

## An on-line monitoring system of electric power transformers based on three detecting technologies

DENG Ke<sup>1</sup>, QIN Dai-chun<sup>2</sup>, ZHOU Lin<sup>2</sup>

(1. Computer Laboratory, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; 2. The State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Recent years, electric wire and transformer of the rural power lines have been stolen occasionally, which disturbs power supply orders and causes severe loss to the state. On-line monitor system of electric transformer based on three detector technology is developed to fight against the theft phenomenon. This paper describes the system construction, technical features and application effect in brief. This system consists of monitoring unit, supervision center and the patrolling personnel. The three detector technology and wireless picture transmission technology are firstly used against theft in power system. A series of experiments prove its applicability. When there is someone approaching to steal the transformer, the monitoring unit about 2 meters high above can make a alarm speech. At the same time, it takes the pictures in site. Then it sends messages and pictures to the supervision center through GPRS. If the electric wire is broken, the monitoring unit sends information of the broken line to the supervision center so that the center could inform the patrol person to catch up with the scene in time. With this system the transformer and wire can be protected in maximum safety.

This work is supported by National Natural Science Foundation of Chongqing(No. CSTC2007BB6171).

**Key words:** three detector technology; on-line monitoring; guard against theft; wireless picture transmission technology

中图分类号: TM755 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)03-0099-05

## 0 引言

由于农村供电具有环境复杂、点多面广、负荷分散等特点<sup>[1]</sup>, 加上铜材的价格一路飞涨, 近年来盗窃农村电力变压器和电力线的犯罪案件屡有发生, 不仅威胁电网安全, 使电力物资和设备遭受损失, 而且使部分用电地区停电, 影响了人们正常的工作和生活, 造成无法估计的经济损失。因此如何有效、快捷、可靠地搞好农村电网防盗工作, 已经成为了我国农村电网管理中的一个重要课题。

**基金项目:** 重庆市自然科学基金 (CSTC2007BB6171); 科技部国际合作项目 (2007DFR10420)

基于三探测技术的台区变压器在线监测系统利用三探测技术感应周围12 m内移动的有生命的物体并获取信号, 同时启动摄像单元对现场进行摄像, 利用GPRS和电力载波相结合的技术对线路情况进行监测。一方面, 利用GPRS与监控室进行信息交互, 把可能被盗的变压器及线路的具体信息和现场图片发回管理中心, 管理中心及时通知离现场最近的巡检人员。另一方面, 通过语音提示方式, 对欲盗取电力变压器及线路的犯罪分子进行警示, 在一定程度上对犯罪分子起到威慑作用, 为巡检人员到达现场争取时间。由此组成一个完整的电力变压器及线路在线监测防盗系统, 能够迅速报警, 告知时间、地点、现场图片。报警使用手机短信和

TCP/IP协议的网络传输方式，应用范围广，适用点多，系统现场情况判断准确，能及时、多手段报告相关部门和人员，第一时间与警方联动，震慑犯罪分子，杜绝盗窃电力设施现象的频发。

三探测技术即指被动红外、微波两种探测技术和人工智能相结合的技术。探测器具有两种探测装置的综合优势，要求同时做出反应才启动系统报警，而单片机又赋予了人工智能，提高了它的信号捕捉能力和排除其他信号干扰能力，避免了误报和漏报，大大提高了系统的可靠性。

### 1 系统的设计

该系统主要由现场监测单元、监控中心和巡检人员手机组成。系统结构框图如图 1 所示。台区变压器及线路是整个系统的数据源，系统主要对其进行监测。现场监测单元是系统的核心，也是系统设计重点，它主要由终端监测单元和线路监测单元组成，线路监测单元负责断线情况的监测，终端监测单元负责台区变压器的监测，与管理中心的通信和协调各部分的工作等。GPRS 网络是整个系统的通信媒介，通过它可以接收和发送消息、图片；监控中心是安装在电力系统管理部门的计算机及监控软件，它负责给系统发送各种命令和接收系统返回的信息，接收现场监测端发送来的台区变压器及线路的状态，变压器及线路出现险情时及时通知巡检人员及警方。

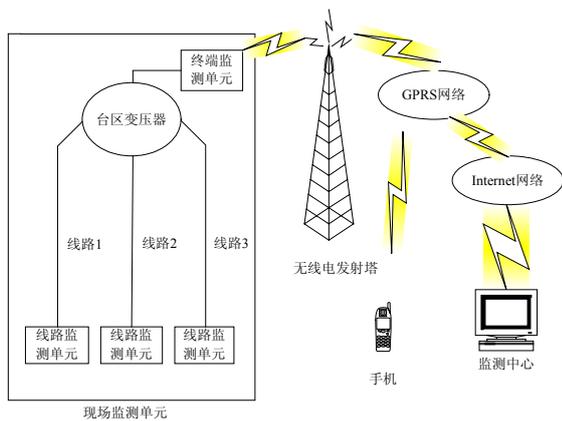


图 1 系统结构

Fig.1 Structure of the total system

#### 1.1 现场监测单元的设计

现场监测单元分为终端监测单元和线路监测单元。终端监测单元主要由三探测感应传感器、摄像机、GPRS 通信模块、语音警示电路、载波发送模块、断电监测电路、电源管理单元以及蓄电池等组成，其结构如图 2 所示。

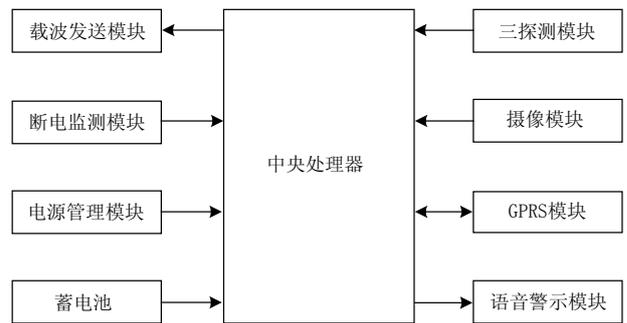


图 2 终端监测单元

Fig.2 Terminal monitor unit

终端监测单元安装在台区变压器上，用于感应 12 m（最大 12 m，探测范围可调节）之内的有生命的移动的物体。当物体靠近台区变压器时，三探测感应传感器感应出物体信息传送到中央处理器，中央处理器滤除微弱信号的干扰，如野外动物的随机干扰。当确定为大型的有生命的移动的物体时，启动语音报警，同时向管理中心发送信息；当物体进一步靠近台区变压器时，启动摄像机对现场进行拍照，然后启动 GPRS 向管理中心发送信息的同时发送现场图片。终端监测单元收到管理中心发来的各种命令（参数设置、设备巡检等）时，自动回复。中央处理器采用低功耗的 ARM 处理器、摄像机模块等不工作时处于休眠状态。终端监测单元在电网有电时，直接由电网供电，并对蓄电池进行充电。当电网无电时，转为蓄电池供电，同时启动载波发送模块发送载波对输电线路进行监测。线路监测单元如图 5。

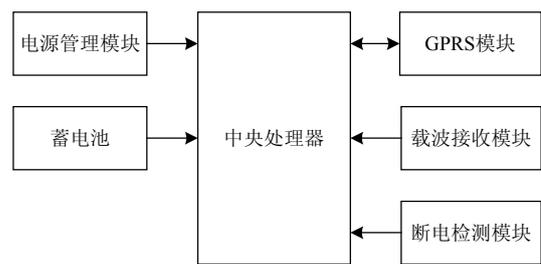


图 3 线路监测单元

Fig.3 Wire monitor unit

线路监测单元主要由 GPRS 模块、载波接收模块、断电检测模块、电源管理模块、蓄电池等组成。线路监测单元安装在被监测的线路的末端，当检测到线路断电时，启动载波接收模块开始接收载波，同时向终端监测单元发送断电信息。终端监测单元接收到断电信息，向线路监测单元发送确认信息，当终端有电时，向管理中心发送断线信息，当终端也没电时，终端就向管理中心发送停电信息。当线

路检测单元在线路没电时,在设定的时间没有收到载波信号,就向终端发送断线信息,终端收到断线信息后,向线路监测单元发送确认信息的同时向管理中心发送断线信息。

### 1.2 现场监测单元软件设计

终端监测单元的主程序是整个终端监测软件的主体框架,它的主要任务是:完成系统初始化;进入主循环判断各个标志(为了明确主程序调用各子功能模块的选择性,在主程序中定义了调用各子功能标志模块的位);条件满足(标志为1),调用各个子功能模块;子程序处理完毕,返回到主循环中。主程序的编写采用循环结构,功能模块化的方案,对每一个子功能设定标志位,在循环中通过不断的判断标志位,来表明要进入哪一个功能模块去执行任务。这种方法使整个主程序设计的思路清晰,每个子模块的功能分配明确,从而有利于软件的调试、修改和维护,现场单元的主程序流程框图如图4所示。

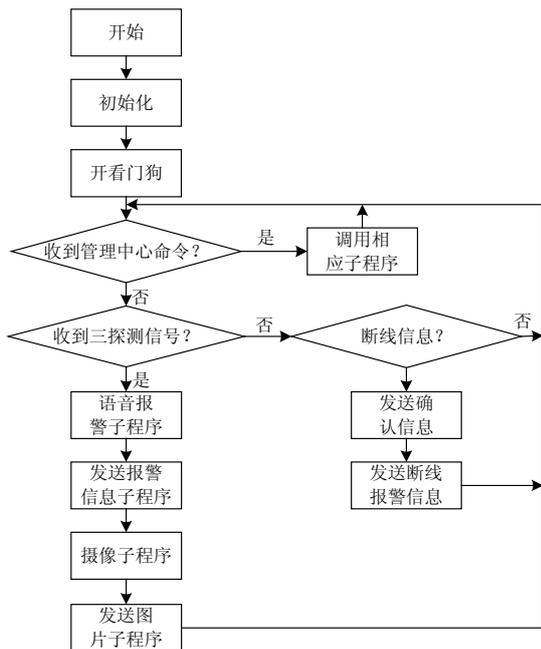


图4 终端监测单元主程序流程  
Fig.4 Flowchart of terminal unit

在终端监测单元主程序中,首先进行系统软件初始化及硬件初始化,包括各种硬件控制字的读写、特殊功能寄存器及存储器的配置、标志位及变量的定义、GPRS模块的初始化等,接着启动看门狗电路,最后进入主程序的循环部分。在主循环中,要执行的功能模块有:确认GPRS模块信息的发送接收情况,确认摄像模块拍摄情况等。在主程序循环中,

所有的功能模块只有条件满足后才执行,反之,则立即判断下一功能模块。

线路监测单元的程序负责断线的监测,监测到线路断电时,向终端单元发送断电信息的同时启动载波模块对线路进行监测,它的程序流程如图5所示。

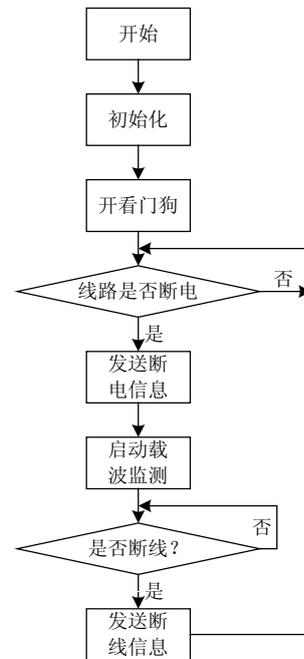


图5 线路监测单元程序流程  
Fig.5 Flowchart of wire unit

### 1.3 系统的电磁兼容与抗干扰设计

在设计现场监测单元时,电磁兼容与抗干扰是一个重要的问题,现场监测单元的电磁兼容与抗干扰性能是衡量整个系统可靠性的重要指标。影响本系统可靠安全运行的因素主要来自系统内部和外部的各种电气干扰,并受系统结构设计、元器件选择、安装、制造工艺、软件设计影响。这些都可能构成系统的干扰因素,导致系统运行失常。本系统采取的抗干扰措施主要有:

#### (1) 硬件抗干扰技术

① 根据整机总体设计要求,划分电路单元并确定所设计印制板的电路,选定电路的元器件,尽量选用表贴元器件。

② 确定对元器件的特殊要求,划分需要屏蔽、经常调整或更换的元器件;需要屏蔽的导线;工作频率和工作电压的高低;电路工作时的环境条件。

③ 电路板上每个IC的电源引脚都并接一个0.01~0.1μF高频电容,以减小IC对电源的影响,值得注意的是高频电容应尽量靠近电源引脚放置,

连线应尽量粗短，否则，等于增大了电容的等效串联电阻，会影响滤波效果。供电电源两端并联大电容，大电容旁边并联 $0.1\mu\text{F}$ 的小电容，以减小电源的突变。布线时尽量避免垂直走线，以减少高频噪声发射。

④ 在信号传输过程中加光电隔离芯片，来切断信号的电磁联系。

⑤ 晶振布线时，使晶振与单片机引脚尽量靠近，并用地线把时钟区隔离起来，晶振外壳接地并固定。

⑥ 用地线把数字区与模拟区隔离。数字地与模拟地要分离，最后在一点接于电源地（A/D、D/A芯片布线也以此为原则）。

⑦ ARM处理器I/O口、电源线、电路板连接线等关键地方使用抗干扰元件如磁珠、磁环、电源滤波器、屏蔽罩，可显著提高电路的抗干扰性能。

⑧ 为了保证通信的可靠性，系统设计中采用不锈钢外壳封装的通信模块，并采用外置的GPRS天线增强无线信号的接收能力。同时，为了减小强电场干扰对现场单元工作可靠性的影响，设计时将整个现场单元装在铝壳中，并将铝壳接地，以屏蔽外来干扰。在线缆出口处加截止波导来提高系统的抗干扰能力。

(2) 软件抗干扰技术

① 置监视跟踪定时器，使用定时中断来监视程序的运行状态。

② 设置异常中断。当ARM失控，造成程序乱飞而不断进入非程序区时，自动进入异常中断处理程序，在中断处理程序中恢复程序的运行。

③ 周期刷新端口，防止端口很久没有刷新进入不可知状态。

1.4 管理中心的设计

管理中心是安装在电力管理部门的一台计算机及监控软件，负责接收现场监测单元发来的各种信息，并对其进行分类保存。对各个现场监测单元进行参数配置和发送各种巡检命令。

为了提高系统的通用性和适用性，考虑到各个现场监测端发送报警信息的突发性和并发性，监控中心由后台数据库和前台服务程序组成。为了方便对各种报警信息和现场图片数据进行管理，数据库用于存储台区变压器编号、每台变压器对应的线路编号及对应的报警信息和现场图片，各台区巡检人员的手机号码，管理中心当班人员基本信息等。前台服务程序只用完成简单的操作就可以把报警信息通知相关的巡检人员。

前台服务程序负责系统参数的初始化，读取本

机IP，设定端口号，设置串口通信波特率，设置当班人员基本信息，设置巡检人员号码，同时提供短信群发和网络数据发送功能。定期向各个现场监测端发送巡检命令，若发出巡检命令在规定时间内没有收到现场监测端的回复信息和图片，则通知设备维护人员到现场维修。监控软件的主程序流程如图6所示。

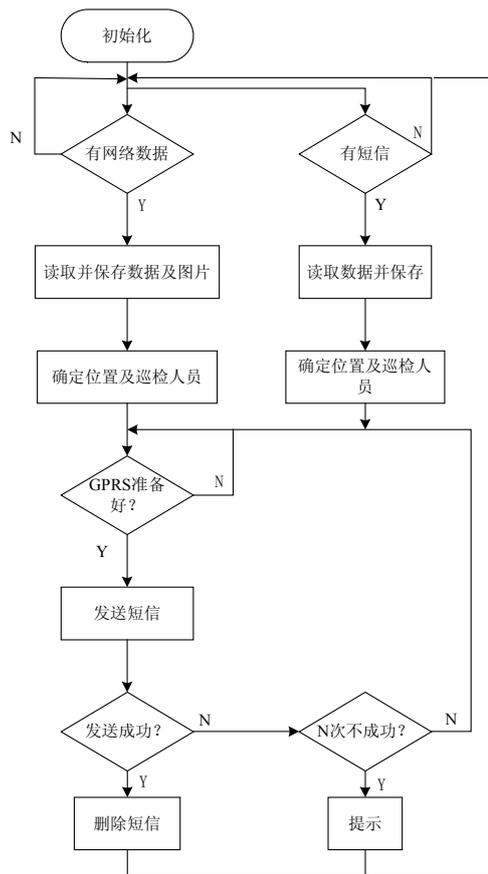


图6 流程图

Fig.6 Software flow chart

2 试验验证

根据项目的需要和结合项目的实际情况，项目研究小组在邻水电力局选择了偏僻的台区变压器进行现场试验。在实验中，把终端监测单元安装在变压器上方2m位置，反复调节三探测传感器到合适的角度，摄像头从上方斜对变压器。当工作人员靠近变压器10m左右的距离时，监测分机发出语音警示音。工作人员停留一段时间继续靠近时，语音报警一直不断，同时监测中心收到报警信息和现场图片。在线路的末端装上线路监测单元，有意断开监测单元所在线路的电源，管理中心在不到1min的时间内收到断线报警信息。为了试验夜间摄像模

块的摄像效果,工作人员有意选择在晚上九点左右靠近变压器,管理中心收到的图片比较清晰。此后,又在其它几台变压器进行了试验,系统均能可靠稳定的工作。

### 3 结束语

本系统是针对农村电网现状及变压器、线路和杆塔材料被盗比较严重的情况,结合电力线载波通讯检测方法和 GPRS 通信技术,开发出一套基于三探测技术配网防盗在线监测系统。通过 GPRS 与管理中心交互,第一时间震慑犯罪,杜绝盗窃电力设施的犯罪行为频发。本文所开发的系统,具有成本低、体积小、操作方便、无需建网和维护、通信费少等优点,它不但可以应用于电力网防盗场合,也可以应用于其他防盗场合。

### 参考文献

- [1] 杨勇.农网改造的技术问题及其常见问题讨论[J].电网技术, 2004, 28(8): 69-72.  
YANG Yong. Discuss of Technology of Village Electric Net Transform[J]. Power System Technology, 2004, 28(8): 69-72.
- [2] 孙克立.提高微波被动红外双鉴器探测可靠性所采取的技术措施[J].公安大学学报, 1999, 15(3): 30-34.  
SUN Ke-li. The Technology to Improve the Reliability of the Passive Infrared Detection[J]. Security University Transaction, 1999, 15(3): 30-34.
- [3] 杨晓青.现代电网调度手段之一电力载波通信[J].现代通讯, 1993(4): 4-5.  
YANG Xiao-qing. One Method of the Modern Electric Dispatch-PLC Communication[J]. Modern Communication, 1993(4): 4-5.
- [4] LIU Chine, WU Chih-chen. A Real Time GPRS Surveillance System Using the Embedded System[J]. IEEE on Conference Telecommunication, 2002(2): 1678-1682.
- [5] 齐秀波.电能计量集中抄表技术的发展[J].电测与仪表, 2006(8): 48-50.  
QI Xiu-bo. The Development of the Automatic Reading Ammeter Technology[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2006(8): 48-50.
- [6] 朱庆豪,曾蕾.基于GPRS的远程自动抄表系统的设计[J].电测与仪表, 2006, 43(7): 31-34.  
ZHU Qing-hao, ZENG Lei. The Design of the Automatic Reading Ammeter System Based on GPRS[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2006, 43(7): 31-34.
- [7] 孟庆浩,周清清,禹东川.基于GSM/GPRS的海上导航灯器远程监测系统[J].仪器仪表学报, 2006, 27(2): 195-198.  
MENG Qing-hao, ZHOU Qing-qing, YU Dong-chuan. Remote Monitoring System of Navigational Light Buoys Based on GSM /GPRS[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 27(2): 195-198.
- [8] 张炳达,翁情安.基于nRF9E5和GPRS的无线抄表系统[J].电子技术应用, 2006, 12: 79-81.  
ZHANG Bing-da, WENG Qing-an. The Automatic Reading Ammeter System Based on GPRS and nRF9E5[J]. Application of Electronic Technique, 2006, 12: 79-81.
- [9] 刘建业. GPRS网络建设及前景[J].通信世界, 2000, 11: 41-43.  
LIU Jian-ye. The Construction and Prospect of GPRS Net[J]. Communication world, 2000, 12: 79-81.
- [10] 徐魁,蒋瑞瀛.基于GSM/GPRS通信的抄表系统[J].电力系统自动化, 2004, 28(17): 94-96.  
XU Kui, JIANG Yu-ying. The Automation Meter and Reading System Based on GSM/GPRS Communication[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(17): 94-96.
- [11] 项新建.用短消息服务功能实现电力系统蓄电池在线监测[J].电源技术, 2004, 28(7): 428-430.  
XIANG Xin-jian. Battery On-line Monitoring System used SMS Communication[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2004, 28(7): 428-430.
- [12] 姚诸香,何群,郭玉金.利用电信手机短信实现自动化系统综合监控[J].电网技术, 2003, 27(6): 71-72.  
YAO Zhu-xiang, HE Qun, GUO Yu-jin. Comprehensive Monitoring and Control of Automation System[J]. Power System Technology, 2003, 27(6): 71-72.
- [13] 刘健,崔建中,顾海勇.一种适合于农网的新颖馈线自动化方案[J].电力系统自动化, 2005, 29(11): 82-86.  
LIU Jian, CUI Jian-zhong, GU Hai-yong. A Novel Feeder Automation Scheme for Rural Distribution Systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(11): 82-86.
- [14] 刘沛骞,陈俊杰,王成文,等.基于GPRS的配电变压器实时监控一体化系统[J].电网技术, 2005, 29(6): 82-84.  
LIU Pei-qian, CHEN Jun-jie, WANG Cheng-wen, et al. An Integrated Real-time Monitoring System for Distribution Transformer Based on General Packet Radio Service[J]. Power System Technology, 2005, 29(6): 82-84.
- [15] 王秀菊,李莉.电力蓄电池失效模式及在线监测[J].电源技术, 2004, 28(12): 790-793.  
WANG Xiu-ju, LI Li. The On-line Battery Monitoring Technology and the Model of Abeyance for Electric DC Systems [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2004, 28(12): 790-793.

(下转第 109 页 continued on page 109)

- Huazhong University of Science and Technology, 2005.
- [2] 刘凤君. 市电电能质量补偿技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- LIU Feng-jun. The Compensator Technology of Power Energy Quality[M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [3] Ming Tsung Tsai. Design of a Compact Series-Connected AC Voltage Regulator with an Improved Control Algorithm[J]. Transactions on Industrial Electronics, 2004, 51(4): 933-936.
- [4] Faiz J, Siahkolah B. New Solid-state on Load Tap-changers Topology for Distribution Transformers[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2003, 18(1): 136-141.
- [5] 陈将. 无触点大功率补偿式交流稳压电源的研究(硕士学位论文)[D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
- CHEN Jiang. The Research of No-contact High Power Compensator AC Stabilized Voltage Supply, Thesis[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2005.
- [6] 李晓明, 黄俊杰, 尹项根, 等. 平滑无冲击电力电子有载调压装置[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(20): 45-48.
- LI Xiao-ming, HUANG Jun-jie, YIN Xiang-gen, et al. Smooth and Impactive Power Electric On-load Voltage Regulator Device[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(20): 45-48.
- [7] 刘世琦, 皮伟才, 李晓明, 等. 互斥晶闸管组通断控制方法在OLTC中的应用[J]. 高压电器, 2005, 41(5): 360-362.
- LIU Shi-qi, PI Wei-cai, LI Xiao-ming, et al. The Make-and-break Control Method of Mutually Exclusive SCR in OLTC[J]. High Voltage Apparatus, 2005, 41(5): 360-362.

收稿日期: 2009-03-06; 修回日期: 2009-04-01

作者简介:

江友华(1974-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为电力电子技术及其在电力系统中的应用. E-mail: jyhua0306@sina.com

(上接第 80 页 continued from page 80)

PSS 投入以抑制机组在扰动后的低频振荡是必要的。

5) 从图 3 所示的 PSS 传递函数的构造当中, 我们不难可以分析看出, 这种有功型 PSS 存在反调(无功及励磁随原动机功率变化) 是不可避免的现象。

针对有功型 PSS 无功反调现象, 提出以下对策:

- 1) 在机组启动程序跳闸时, 自动将 PSS 退出运行。
- 2) 在出现 RUNBACK 时, 将 PSS 退出。
- 3) 考虑采用加速功率型 PSS。

(上接第 103 页 continued from page 103)

- [16] 马以春. 蓄电池综合性能测试系统的研制[J]. 电源技术, 2005, 29(1): 46-48.
- MA Yi-chun. Develop Test System of Comprehensive Performance or Storage Battery[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2005, 29(1): 46-48.
- [17] 陈朋朋, 郭忠文, 潘洪华, 等. 电力监测软件系统核心构件设计与实现[J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 366-368.
- CHEN Peng-peng, GUO Zhong-wen, PAN Hong-hua, et al. The Design and Application of Software to Monitor Power System[J]. Computer Application, 2008, 28(6):

## 参考文献

- [1] 倪以信. 动态电力系统理论和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [2] 方思立, 朱方. 电力系统稳定器的原理及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.

收稿日期: 2009-12-01; 修回日期: 2010-01-18

作者简介:

张仰飞(1970-), 男, 副教授, 博士研究生, 研究方向为电力系统建模与控制; E-mail: zhangyf@njit.edu.cn

袁越(1966-), 男, 教授, 博士, 研究方向为电力系统优化与控制。

陈小虎(1962-), 男, 教授, 博士, 研究方向为电力系统运行与控制。

366-368.

- [18] 周立功, 等. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [19] 周旭. 电子设备防干扰原理与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [20] 何宏, 张宝峰, 张大建, 等. 电磁兼容与电磁干扰[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

收稿日期: 2009-03-05; 修回日期: 2009-05-13

作者简介:

邓可(1974-), 男, 研究生, 实验师, 从事计算机领域教学和研究. E-mail: dk2156@163.com