

# Analysis the Solution of the Wireless Transmission in the Power Testing System Based on TD-SCDMA

Xiaoqing Zhang

Shaanxi Electric Power Research Institute, Xi'an  
Email: powersys@263.net

Received: Nov. 6<sup>th</sup>, 2012; revised: Nov. 24<sup>th</sup>, 2012; accepted: Dec. 5<sup>th</sup>, 2012

**Abstract:** According to the urgent need of wireless transport to present power testing system, the wireless transmission solution of power testing system based on TD-SCDMA is proposed in this paper. Analysing the network organization and realization process of the solution, the result shows that it can satisfy the index demands of the power testing system, which the time-delay of wireless transporting is less than 50 ms and the accuracy of clock synchronization is less than 200 ns. It shows the advantage of the low time-delay and high accuracy obviously, and it solves the problems of wireless transport and clock synchronization efficiently. Also it provides the efficiency and accuracy in the power testing system.

**Keywords:** TD-SCDMA; Wireless Transmission; Clock Synchronization; GPS; Power Testing System

## 基于 TD-SCDMA 电力测试系统的无线传输方案分析

张小庆

陕西电力科学研究院, 西安  
Email: powersys@263.net

收稿日期: 2012 年 11 月 6 日; 修回日期: 2012 年 11 月 24 日; 录用日期: 2012 年 12 月 5 日

**摘要:** 本文根据当前电力测试系统对无线传输的迫切需求, 提出基于 TD-SCDMA 技术的电力测试系统无线传输解决方案。文中对该方案的组网及其实现过程进行了分析, 通过方案测试结果表明, 实现了电力测试系统无线传输时延小于 50 ms, 及时钟同步精度不大于 200 ns, 完全满足电力测试系统的指标要求, 突出了该无线传输方案无线传输时延小和时钟同步精度高的优势, 提高了电力测试系统的测试效率与测试准确度。

**关键词:** TD-SCDMA; 无线传输; 时钟同步; GPS; 电力测试系统

### 1. 引言

电力系统是我国能源行业的最重要组成部分之一, 随着我国电力系统的智能化和自动化, 电力测试系统对通信也提出了越来越高的要求, 电力测试系统的通信信息平台已成为智能电力系统的重要支持系统<sup>[1]</sup>。与国外先进国家相比, 我国电力系统整体供电能力和可靠性水平偏低, 电力测试自动化系统覆盖范围不到 9%, 通信网络资源不足, 且电力系统测试平台大多都是通过有线方式进行数据传输, 因此, 建立先进

可靠的电力测试无线通信网络系统已经迫在眉睫<sup>[2]</sup>。

电力测试系统中的智能变电站检测系统需要在广阔的户外进行测试, 主、从站测试站之间通过无线方式进行实时数据传输。若采用有线的方式, 不仅给测试带来较大的实施难度, 也会增加测试工作量, 导致测试任务难以实施。然而, 目前电力系统测试平台大多都是通过有线方式进行数据传输, 存在着大量的布线工作, 使其测试效率不高, 且当前市场现有无线传输产品无法满足电力测试系统指令周期小于 50 ms

的传输要求和时钟精度优于 $\pm 1 \text{ us}$  时钟信号要求。通过与大唐移动合作开发智能电网测试系统，本文提出基于 TD-SCDMA 技术的电力测试系统的无线传输解决方案，为电力测试系统解决无线数据传输问题，并提供低时延、高精度的时钟系统，可有效解决当前电力测试系统通信困难的问题。

## 2. TD-SCDMA 技术介绍

TD-SCDMA 是主流、先进的移动通信技术，采用时分双工的接入方式，是拥有我国自主知识产权的 3G 国际通信标准，获得国际电信联盟(ITU)批准的主流标准，集 CDMA、TDMA、FDMA、SDMA 等技术于一体，其具有系统容量大、频谱利用率高、抗干扰能力强等特点，并采用了智能天线、联合检测、接力切换、同步 CDMA、动态信道分配等先进的通信技术<sup>[3]</sup>。其单载波上行速率可达 384 k，下行速率可达 2.8 M，可确保丰富的数据业务，后续上行速率可提高至 2.2 M。与其他通信技术(WCDMA、CDMA2000)相比较，其灵活性强，系统性能稳定，系统设备成本低，与传统系统兼容性好，无线传输速率更高。高话质、高带宽数据能力、优良的无线特性，使其在电力测试系统的应用中更具有优势，完全满足当前电力测试系统的对通信技术的需求<sup>[4]</sup>。目前，无论从国家政策、技术先进性与成熟度，还是产业链的规模来看，TD-SCDMA 技术都具有其他技术无法比拟的优势，

使其成为建设通信专网首选的 3G 技术。

## 3. 电力测试系统无线传输方案分析

### 3.1. 电力测试系统组网方案

电力测试系统无线传输组网方案如图 1 所示，该组网解决方案通过无线方式连接主站设备和从站设备。系统由一套主站设备和 15 套从站设备组成。主站设备包括综合接入控制设备、无线主站和操作维护台。每套从站设备都有同步与无线接收设备，每个同步与无线接收设备都有自己的时钟系统。操作维护台通过综合接入控制设备发出测试指令，将测试指令通过主站下发控制命令，以无线方式传输给从站，从站接收到测试指令的信号，通过同步与无线接收设备发出时钟信号指令给被测设备，对被测设备进行测试，测试完成后将测试数据传送给同步与无线接收设备，从站通过无线方式返回测试结果到主站，操作维护台从综合接入设备中获取各从站设备返回的测试结果的数据信息，进行数据收集。整个测试系统的测试指令周期小于 50 ms，完全满足电力测试系统对无线传输的要求。电力测试系统通过无线传输的方式，避免了大量的人工走线，降低了人工工作量，也提高了测试效率<sup>[5]</sup>。

### 3.2. 系统方案分析

图 2 中在主站、从站上设置时钟系统的 GPS 天线

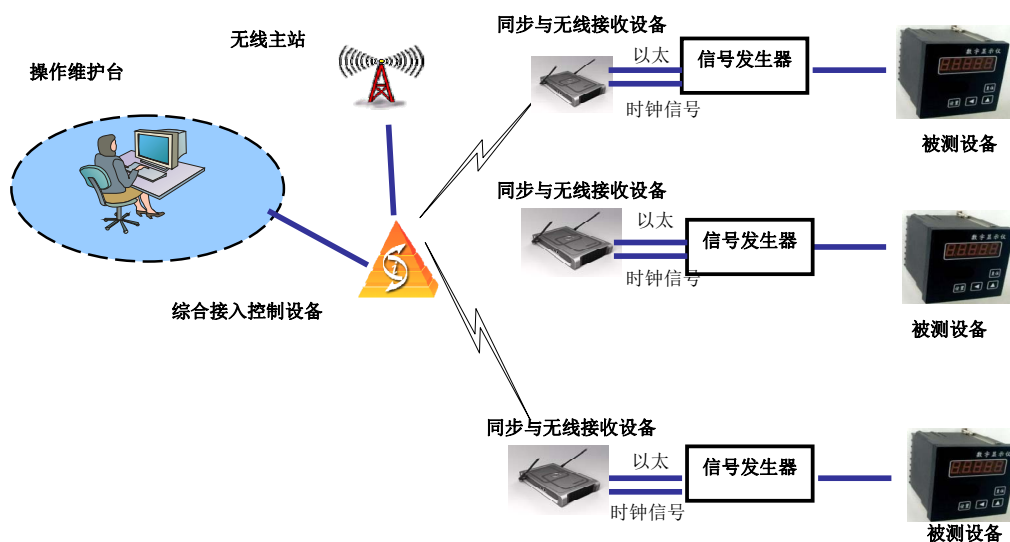


Figure 1. The power intelligence testing system solution  
图 1. 电力系统智能测试组网方案图

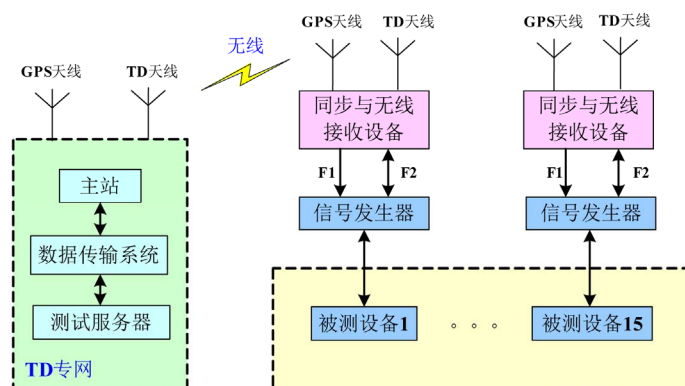


Figure 2. System solution diagram  
图 2. 系统的方案框图

和 GPS 模块，用于同步主站和从站的时间，使主站和从站的工作时间保持一致，从站之间通过 GPS 天线接收时钟信号来同步各被测设备的工作时间<sup>[6]</sup>。主站通过 TD 天线以无线信号的方式下发控制命令后，从站通过 TD 天线接收 TD-SCDMA 无线信号，通过同步与无线接收设备经数据接口 F2 将信息传送到信号发生器，通过信号发生器给被测的电力设备提供信号源，将测试信号发给被测设备。各被测设备经 GPS 天线接收时钟信号，经 GPS 接收模块处理，通过同步与无线接收设备经时钟信息经时钟同步接口 F1 将接收的时钟脉冲信号无线接收设备传送到信号发生器，信号发生器对该时钟脉冲信号进行解析后，将解析出来的消息传送到被测设备中，进行被测设备的时钟校准，同步各从站被测设备的工作时间。同时，各从站通过时钟模块将时钟信号以无线方式通过 TD 天线传送给主站，让主站知道各从站每个时间段的工作状态和时间信息。测试完成后，被测设备将测试结果以无线信号的方式经 TD 天线返回给主站，主站经 TD 天线接收数据信息，通过数据传输系统传输到测试服务器或 PC 机中，PC 机经过计算处理后，将测试结果的数据通过 TD 天线回传到被测设备中。该系统采用大唐移动新开发的基于 TD-SCDMA 技术的无线传输解决方案及时钟同步系统，能为电力测试系统提供有效的测试手段和时钟同步功能<sup>[7]</sup>。

### 3.3. 主、从站结构分析

主站结构如图 3 可知，主要由 GPS 模块、TD 基站和 PC 机组成。主站 GPS 模块通过 GPS 天线接收 GPS 信号获取 15 个从站信号源发出的时间信息，并

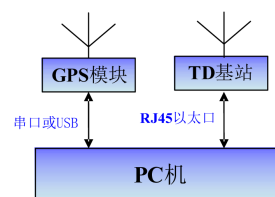


Figure 3. The master station architecture  
图 3. 主站结构图

将获取的时间信息送入 PC 机中；主站的 TD 基站将 PC 机送入的数据转换成无线信号，经 TD 天线发送给 15 个从站，PC 机运用 TD 基站的无线方式运行电力系统的测试软件对整个系统的被测设备进行测试<sup>[8]</sup>。测试完成后，主站 TD 基站接收从站 TD 基站返回的数据无线信号，并通过数据传输系统将无线信号转换成数据信息，传送给 PC 机，在 PC 机中计算 15 个从站送入的数据信息。

从站结构如图 4 可知，从站中的同步与无线接收设备主要由无线通信处理模块和时钟同步模块组成。无线通信处理模块主要功能是实现以太接口和串口的数据与无线数据的转换处理。从站通过 TD 无线通信处理模块将接收到的无线信号转换成以太信号，并通过以太接口或串口将信息传送给信号发生器，并读取显示被测试设备的各种工作状态；时钟同步模块通过 GPS 天线接收时钟信号，经 GPS 模块处理后输出 1 PPS 信号，时间同步模块把输出的 1 PPS 信号进行时钟频率合成，将 GPS 时钟锁定，能输出精度很高的时钟<sup>[9]</sup>。同时，无线通信处理模块读取时钟同步模块的时钟信息，将时钟信息通过 TD 天线传送给主站，这样主站就能获取各从站被测设备的时间信息和工作状态。

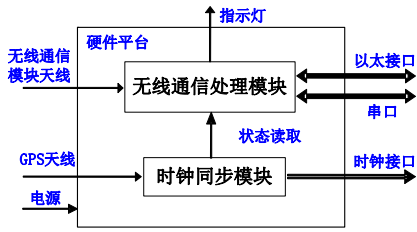


Figure 4. The slave station architecture  
图 4. 从站结构图

从站接收通信信号过程的实现原理如图 5 所示，GPS 接收模块通过 GPS 天线接收 GPS 信号，并将信号转换为 1PPS 信号传输到时间同步模块中，时间同步模块对 GPS 信号进行锁相与倍频处理后，输出时间精度为 200 ns 高精度的时钟信号，并将该信号传送给分频模块，分频模块通过指令控制分频模式，合成测试信号需要的周期信号，最后输出指令触发信号，如图 6 所示<sup>[10]</sup>。处理器模块与逻辑控制模块负责联系各个模块，协调通讯与测试代码的启动、发射、接收等信息，该模块收到指令触发信号和无线 TD 模块接收的 TD-SCDMA 无线信号，经处理后经信息通过测试设备接口(光口)连接被测设备，给被测设备发送测试命令，实现测试过程。

### 3.4. 方案实现过程

方案中，主站与信号源之间采用无线方式传输数据和同步信号。主站与自动保护装置之间通过无线方式传输数据和状态。测试系统包括主站、测试软件、信号源、自动保护装置的无线通信模块。当多个信号源同步发出数据时，各信号源按时间刻度发出测试数据系列，其发出数据时刻的时间偏差优于 1 us，通过 FE/GE 光口的数据源发给自动保护装置后，自动保护

装置动作，产生状态，发出状态给主站设备。主站设备根据自动保护装置上报的状态，再给信号源发出指令，发出下一组测试数据，其中，主站收到上报的状态到信号源发出下一组测试数据的时间间隔小于 50 ms。具体实现步骤如下：

第一步：启动主站与从站的通信状态检测，分别与 15 个从站进行通信，主站发出测试信号，从站进行应答，确认 15 个从站工作正常；

第二步：根据主、从站上安装的 GPS 同步电路，同步主站与从站的时间。通过主站 GPS 同步电路触发指令信号，输出信号时钟精度为 200 ns，如图 7 所示<sup>[11]</sup>；

第三步：主站通过 TD 无线信号发送测试指令，从站通过 TD 模块接收到指令信号转换成以太信号送给信号发生器。主站在一个指令触发脉冲信号后，发出设备测试准备指令；从站接收该指令后，做好启动的准备，如图 8 所示；

第四步：信号发生器接收到时钟模块的时钟信号与以太指令信号后，对被测设备进行控制；主站发出指令，从站进行接收，并准备到下一个脉冲上升沿触发命令，各个从站启动监测命令，如图 9 所示。

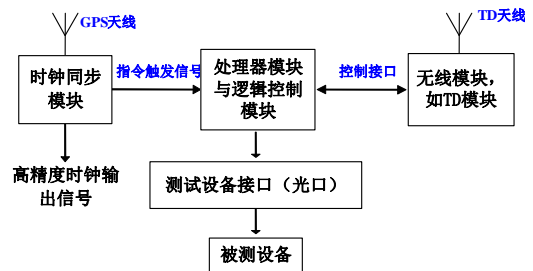


Figure 5. The slave station theory frame  
图 5. 从站原理框图

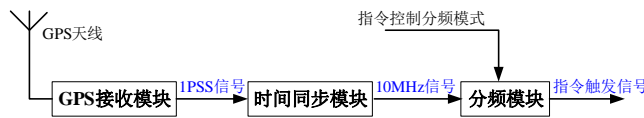


Figure 6. The slave time synchronization module solution  
图 6. 从站的时间同步模块方案框图

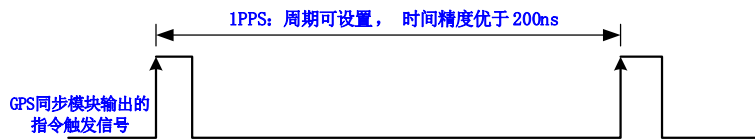


Figure 7. GPS synchronization signal  
图 7. GPS 同步信号

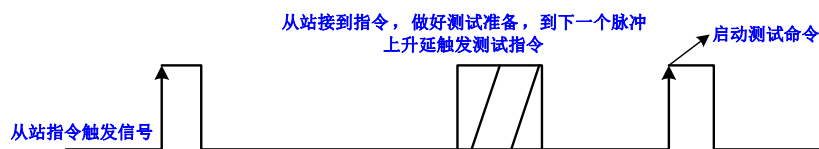


Figure 8. The master station trigger signal  
图 8. 主站指令触发信号

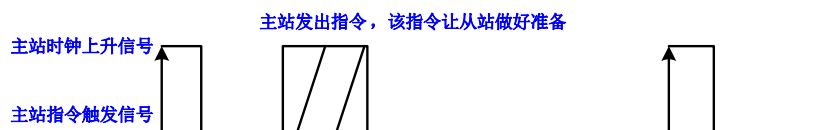


Figure 9. The slave station trigger signal  
图 9. 从站指令触发信号

第五步：被测设备将检测结果通过从站送到主站，一个测试周期完毕。测试完毕后，从站发送检测结果，主站接收到多个检测结果后，再发出下一条检测命令。主站和从站之间的测试验证，主站收到从站检测结果到发送下一条检测命令时间间隔要求小于 50 ms，具体实现的时间流程如图 10 所示。

图 10 中，从 t1 到 t10 的时间是整个测试系统的一个指令周期。指令周期是执行一条指令所需要的时间，本系统中是指被测设备发送数据给信号发生器，然后信号发生器将经过处理后的数据传送给从站，由从站经过无线传输发送给主站，然后主站再将所有从站的数据发送给控制台，由控制台将处理的结果再回传给被测设备，整个过程就是一个指令周期，即  $t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8 + t9 + t10$ 。但在本系统中不涉及信号发生器及被测设备处理过程的时间，只关心无线传输的指标，即  $t1 + t2 + t5 + t6 + t7 + t8$  的时间。其中 t2 和 t5 是通过网线短距离传输，时延很小，对该系统的指标影响不大。所以系统时间指标重点放在主站处理速度(t7)、从站处理速度(t8)以及无线传输效率(t1 和 t6)上。而通过本文无线传输方案的实现，实现了无线传输时延  $T = t1 + t2 + t5 + t6 + t7 + t8 < 50$  ms，并为电力测试系统提供时钟精度优于 200 ns 的时钟信号。

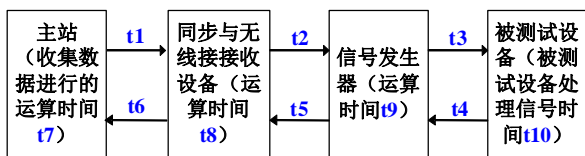


Figure 10. Clock system time process  
图 10. 时钟系统实现的时间流程

### 3.5. 方案测试结果

如图 11 所示，测试环境由两台 PC 机、无线主站设备和无线从站设备组成。PC1 相当于操作维护台，PC2 相当于模拟的测试设备。测试方法是使用网络测助手软件进行测试，通过一台 PC 机 ping 另外一台 PC 机，测试时间延时与协议包。ping 包测试使用 1028 大小的包，进行了 1515 包测试，测试结果如图 12 所示。

由图 12 可知，测试结果最大时延为 27 ms，远小于电力测试系统要求的 50 ms，完全优于其性能指标，体现本无线传输解决方案的显著优势。

根据测试结果(图 13)，输出时钟精度为 200 ns 的时钟信号，远优于电力系统提出的时钟精度优于 ±1 us 的要求，体现本方案时钟系统的优越性。

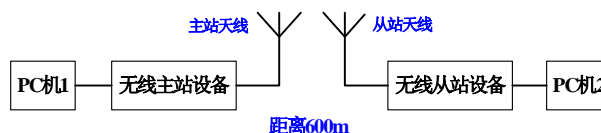


Figure 11. Testing environment  
图 11. 测试环境搭建图

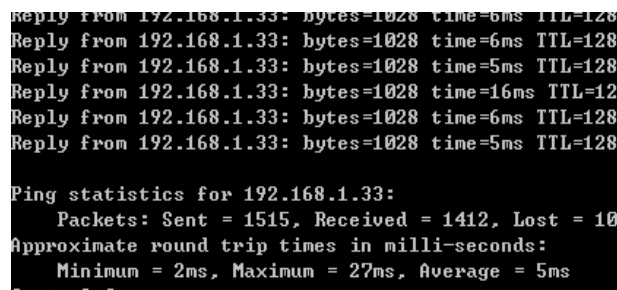


Figure 12. Test ping result  
图 12. ping 包测试结果

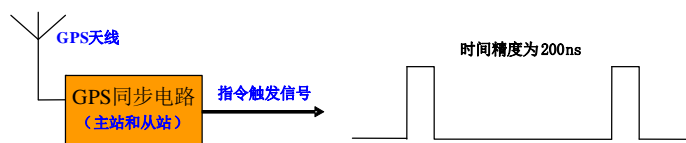


Figure 13. Test ping result  
图 13. ping 包测试结果

## 4. 方案的优势分析

### 4.1. TD-SCDMA 的技术优势

TD-SCDMA 是第三代无线通信技术标准之一，目前，其技术应用已经成熟可靠，并有过大规模的应用案例。TD-SCDMA 系统的信号稳定性好，可靠性高，且无线覆盖面积大，并有专用的行业应用频率，可支持语音、数据和多媒体等多种业务，并支持更多的用户数和更高速的数据传输，最高速率可达 2 Mbit/s 以上，基本满足个人通信的要求。TD-SCDMA 采用的空中接口技术是最为先进的传输技术之一，如智能天线技术、同步 CDMA 技术、软件无线电技术以及独特的无线资源管理技术，因此，TD-SCDMA 相对于其它第三代移动通信，其无线传输能力更强<sup>[12]</sup>。本文采用 TD-SCDMA 技术提出的无线传输解决方案更具有优势，能完全满足电力测试系统无线传输的通信需要。

### 4.2. 无线传输时延小

主、分站测试站之间进行实时数据传输传输时，电力测试系统提出要求无线传输时延小于 50 ms。而当前电力系统测试平台的无线传输产品都难以满足该传输要求，造成电力测试系统测试缓慢，效率不高的现象。通过与大唐移动合作开发的电力测试系统无线传输解决方案，采用 TD-SCDMA 技术，将主站与从站的被测设备进行无线传输，根据测试结果显示，整个测试系统指令周期的无线传输时延为 27 ms，优于电力系统提出的 50 ms 指标的要求，同时也优于其他无线传输产品的性能指标，体现了该无线传输解决方案的无线传输时延小的显著优势。

### 4.3. 时钟精度高

大唐移动拥有多项时钟频率合成专利技术，其技术成熟稳定。本文提出的电力测试系统解决方案中运用与大唐合作开发的时钟同步系统，采用技术成熟且

选型范围广的 GPS 同步方案，实现了时钟精度不大于 200 ns 的时钟信号，明显高于电力测试系统提出的时钟精度优于 $\pm 1 \mu s$  的要求，并比其他的时钟同步系统的时钟精度高，提高了电力测试系统的精确度，体现了本方案时钟同步系统的良好性能和优越性<sup>[13]</sup>。

## 5. 总结

本文基于 TD-SCDMA 技术提出电力测试系统的无线传输解决方案。从方案的组网、结构和实现过程等方面进行了分析，突出了该无线传输方案传输时延小和时钟同步精度高的优势，有效解决了电力测试系统的无线传输和时钟同步问题，有效解决了电力测试系统中的无线传输和时钟同步问题，为电力系统智能化、自动化的发展奠定了坚实的基础。

## 参考文献 (References)

- [1] 李妍. 网络通信技术在智能化变电站中的应用[J]. 电力建设, 2011, 12(24): 192.
- [2] 曹钰, 胡亚坤. 浅谈我国电力通信现状和发展方向[J]. 现代经济信息, 2012, 17: 169.
- [3] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA 移动通信系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [4] 李方伟. 移动通信原理与系统[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2000.
- [5] 王庆铸. 福建省电力系统集群移动通信系统的组网方案[J]. 福建电力与电工, 1997, 17(1): 9-11.
- [6] 张松涛. GPS 的接收原理与定位技术[J]. 兵工自动化, 2004, 23(1): 9.
- [7] Time synchronization technique specification in power systems, 2007.
- [8] 洪兵. 基于 GPS 的高精度时间同步系统的研究设计[D]. 四川大学, 2005.
- [9] 张鹏. 基于 GPS 的电力系统同步时间服务系统的研究与实现[D]. 华中科技大学, 2005.
- [10] 黄翔, 江道灼. GPS 同步时钟的高精度守时方案[J]. 电力系统自动化, 2010, 18: 74-77.
- [11] X. J. Zeng, X. G. Yin, G. Lin, et al. Clock of high accuracy implemented by crystal oscillator in synchronism with GPS-clock. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(8): 49-53.
- [12] 周友兵. TD-SCDMA 无线传输技术及其系统的性能特征[J]. 电子工程师, 2001, 27(2): 34-35.
- [13] 李家坤, 李生明. GPS 在电力系统中的应用[J]. 长江职工大学学报, 2002, 3: 35-37.