

# TDM 总线在高压直流输电中的应用

蒋大海<sup>1</sup>, 李宝香<sup>1</sup>, 杨敏<sup>1</sup>, 姚致清<sup>1,2</sup>

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 华中科技大学, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 介绍 TDM 总线技术在高压直流输电控制保护设备的测量系统中的应用。以世界上第一条±800 kV 直流输电工程“云广工程”的应用为背景, 介绍了工程中测量系统和控制系统的硬件配置及通讯链路的特点, 说明了 TDM 总线技术的应用原理及 TDM 总线的性能, 最后介绍了 TDM 总线的编码方式及报文结构。在高压直流输电控制保护系统中, TDM 总线的应用, 不但发挥了它原有的技术优势, 还同时解决了多模块同步及发起和接收端延时固定的问题, 为精确触发阀点火脉冲提供了可靠的保证。

**关键词:** TDM 总线技术; 高压直流输电; 测量系统; 多模块同步; 延时固定

## Application of TDM bus in HVDC power transmission

JIANG Da-hai<sup>1</sup>, LI Bao-xiang<sup>1</sup>, YANG Min<sup>1</sup>, YAO Zhi-qing<sup>1,2</sup>

(1. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** It introduces the application of TDM bus technology in the measurement system of HVDC power transmission control and protection equipment. With background of the first ±800 kV DC line Yunnan-Guangdong Project, it firstly introduces the hardware configuration and communication line characters in measurement system and control system. Then, it explains the principle and performance of TDM technology. Lastly, it introduces coding pattern and frame of message of TDM bus. In HVDC power transmission control and protection system, TDM bus technology not only shows its tech advantages, but also solves the problems of synchronization of many boards and fixed delay between sender and receiver, which provides high dependability for trigger pulse of valves.

**Key words:** TDM bus technology; HVDC power transmission; measurement system; synchronization of many boards; fixed delay

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)23-0238-03

## 0 引言

时分复用(Time Division Multiplexing, TDM)是指通过不同信道或时隙中的交叉位脉冲, 同时在同一个通信媒体上传输多个数字化数据、语音和视频信号等的一种技术, 也就是在一个传输介质上传输多路数字化信号的技术, 在电信领域已广泛使用。本文所介绍的是 TDM 总线在高压直流输电领域中的应用。

在高压直流输电控制保护设备的测量系统中, 存在多个用户在一个传输通道上传输数据的应用, 因而便有“快速通信、延时固定、同步采样”等关键技术问题需要解决。TDM 总线技术就是解决这些关键问题的可选技术之一。

## 1 TDM 在直流输电中的应用

### 1.1 背景简介

本文以世界上第一条±800 kV 直流输电工程, 国家“十一五”西电东送重点工程, 国家特高压直流输电示范工程“云广工程”的实际应用为背景, 介绍 TDM 总线技术在直流输电控制保护系统中的应用。目前该工程已投入运行。

云广工程中应用的二次控制保护设备, 即西门子工业控制平台 SIMATIC TDC 中用到了 TDM 总线技术<sup>[1]</sup>。本文即是以 TDC 中的 TDM 技术的应用为案例, 介绍利用 TDM 总线通信技术来实现测量系统和控制系统通信的办法, 从而解决直流输电控制保护系统中的快速通信、延时固定、同步采样等关键技术问题。

### 1.2 控制保护系统硬件

云广工程成套控制保护设备由许继集团负责研制, 其中控制保护主设备采用西门子的工业控制平台 SIMATIC TDC。TDC 是一套通用的工业控制平台, 主要应用领域为金属冶炼、金属加工、配电及

输电。该平台主要有如下几方面的特性:

- 1) 模块化的系统结构, 硬件可扩展;
- 2) 采样时间间隔短, 可达 $100\ \mu\text{s}$ , 特别适用于动态控制任务;
- 3) 中央处理器采用64位结构;
- 4) 多处理器同步运行, 每个机架内最多可配置20个CPU模块;
- 5) 最多可同步耦合44个机架;
- 6) 使用STEP7组态工具进行图形化组态, 支持连续功能图(CFC)和顺序功能图(SFC)。

在直流输电中, 对该平台的应用, 保证了闭环控制的及时响应, 使得直流输电的阀点火脉冲输出准确而及时; 同时, 也保证了对其他事件的实时响应, 大大提高了系统的可靠性。

### 1.3 测量系统和控制系统之间的连接

下面对SIMATIC TDC平台中用到的主要模块做简要介绍:

**IM5:** 测量模块。该模块有 $\pm 10\ \text{V}$ 的AD采样通道和开关量输入通道, 数据送给本模块DSP处理; DSP通过TDM总线接口发送数据。

**CPU551:** 高性能处理器模块, 用于复杂计算和开环闭环控制, 其上有单PMC接口。

**ICH:** TDM总线收发模块, 标准单PMC板卡, 通过PMC接口和CPU551连接, 使得CPU551能够接收来自TDM总线的数据。ICH与CPU551共占TDC机箱中一个槽位。

其中测量模块IM5和主处理器模块CPU551之间就采用TDM总线进行数据传输。该数据链路有如下特点:

- 1) 测量系统需采集的信号种类多, 数量多, 包括交流量、直流量。那么就需要多种类型的测量模块, 每种也需要有个模块来进行数据采集。即发送用户有多个。
- 2) 在控制系统的接收端, 有多个CPU需要测量系统中的某些数据, 所以接收的CPU有多个。
- 3) 测量系统的数据要求实时地送给控制系统CPU进行运算, 尤其对于极控系统而言。
- 4) 控制系统要求所接收到的数据都是同一时刻进行采集的, 那么测量系统的所有模块就要求能够进行同步采样。

图1为测量系统和控制系统的连接示意图(并非工程中的连接图), 测量系统中的模块为IM5, 接收系统中的模块为CPU551。

上述4个特点正适合TDM总线技术的应用, 即:

- 1) 在同一条传输线上多个用户发送数据, 同时

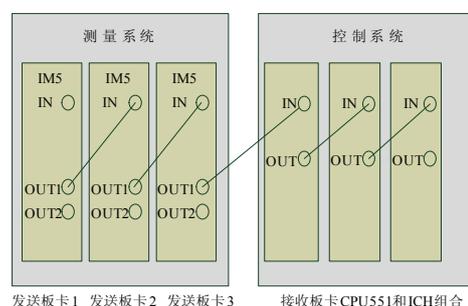


图1 测量系统和控制系统连接

Fig.1 Link measuring system with control system

也可以有多个用户接收数据。

- 2) 速度快。若用曼彻斯特编码, 速率可达16 MBd

3) 若传输线上传输的数据量固定, 则从发送到接收端的延时固定。

4) 利用同步帧头, 可以同时启动测量系统中各模块的数据采集工作。

每一个IM5向TDM总线发送数据, 它需要先发送同步帧, 再发送自己的数据, 第一个IM5的发送进入第二个IM5的接收, 第二个IM5将自己要发送的数据加在第一个IM5的数据之后, 第二个IM5边接收边转发, 数据进入第3个IM5的输入, 第3个IM5同样将数据加在第2个IM5的数据之后, 它仍然是边接收边转发。由于边接收边转发的机制, 就会使第1个IM5一发出同步帧时, 发送线路上的最后一个模块也收到了同步帧, 那么每一个模块利用此同步帧, 就可以同时启动模块的测量, 保证所有模块的同步采样。

控制系统的CPU551在此链路上的作用类似一个中继器, 它并不需要在数据流末尾增加数据, 仅仅将接收到的数据边接收边转发, 同时提取自己需要的数据。因为波特率固定, 而且每一个发送模块发送的数据量固定, 那么CPU551接收到的数据和这一数据的采集时刻的延时就总是固定的。

工程中TDM总线的性能是这样的: TDM总线报文以每秒128次的频率发送到控制系统; 若母线上频率为50 Hz, 那么报文就是每 $156\ \mu\text{s}$ 发送一次。在控制系统中, 采取“中断间隔”方式进行接收。

“中断间隔”可由软件灵活配置, 可以选择间隔1, 2, 4, 8。比如若采用“4间隔”方式, 那么控制系统将在每4次报文中读取一次。

## 2 TDM 报文的结构

每一个发送节点称之为一个时隙, 每一个时隙都有一个时隙号, 时隙号可由模块上的拨码开关来设置, 每个时隙号在链路中是唯一的。每一个时隙

的报文有 27 个值（同步帧头+25 个用户字节+CRC），每个值为 16 bit。总线上可以有 10 个节点。第一发送的模块我们称之为“主”，后面的称之为“从”，“从”模块转发之前模块的数据，并将自己的数据加在末尾。

编码方式采用差分曼彻斯特编码，接收的模块用 6 倍（96 MHz）过采样，恢复数据。如图 2。

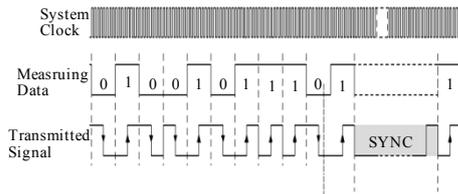


图 2 仿真波形图  
Fig.2 Simulated wave

TDM 的帧结构如图 3 所示。

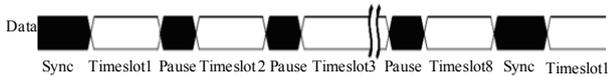


图 3 帧结构  
Fig.3 Framework of frame

Sync 同步帧头，8 bit，用时  $8 \times 62.5 \text{ ns} = 500 \text{ ns}$   
Pause 时隙间隔，4 bit，用时  $4 \times 62.5 \text{ ns} = 250 \text{ ns}$   
图 4 为一个数据包中的内容。

	Bit 15	8	7	0
Header	Packet length[7..0]		Timeslot#[7..0]	
User data 1	Data [15..0]			
	Data [15..0]			
User data n	Data [15..0]			
Cyclic Redundancy Check(CRC)	CRC [15..0]			

图 4 帧信息  
Fig.4 Information of frame

在数据传输过程中，使用 FPGA 中的线性反馈移位寄存器（LFSR）来计算 CRC 的值。

### 3 结束语

TDM 技术在电信、电力输电线路高频载波保护等领域中早就大量应用，是一种应用广泛、较为成熟的技术。本文则主要介绍了 TDM 总线技术在高压直流输电控制保护系统内的一种典型应用，该应用充分发挥了 TDM 总线的优势。TDM 总线协议虽然简单，但因为具有多收多发，延时固定的特点，完美契合直流输电二次设备中测量系统到控制系统的通信需求，并且利用同步帧头巧妙地解决了多板卡同步采样的问题。希望该应用对目前的电力保护控制装置研发起到一点参考作用。

### 参考文献

[1] 鲍伯祥，陆章杰，王世宁. 西门子TDC编程及应用指南[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2007.  
BAO Bo-xiang , LU Zhang-jie , WANG Shi-ning. SIEMENS TDC program and application guide[M]. Beijing : Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2007.

收稿日期：2009-12-21； 修回日期：2010-03-30

### 作者简介：

蒋大海（1983-），男，本科，助理工程师，从事高压直流硬件研发；E-mail: jiangdahai@xjgc.com  
李宝香（1979-），女，本科，助理工程师，从事高压直流硬件研发；  
杨敏（1975-），女，本科，工程师，从事高压直流硬件研发。

## 许继研制的 ECT800 系列电子式电流互感器顺利通过型式试验

日前，从许继电子互感器公司传来喜讯：11月初，该公司研制的 ECT800-110/BG、ECT800-220/BG 系列电子式电流互感器在武汉高压研究所顺利通过型式试验，这标志着两款产品完成了设计定型。这是继今年 7 月份，35 kV 电子式互感器通过型式试验之后，互感器公司再次传来的捷报。

截止到 11 月初，电子互感器公司共有四款产品通过型式试验，具备了供货资格。包括 2009 年通过的 10 kV 电子式互感器、2010 年 7 月份通过的 35 kV 电子式互感器和本次通过的 ECT800-110/BG、ECT800-220/BG 系列电子式电流互感器。此外，公司研制的 ECT800-110/220SG 也正在进行型式试验，预计今年末可以通过型式试验，并获得供货资格。