

# 通信通道时延对微机保护装置的影响

秦文萍<sup>1</sup>, 郝永晶<sup>2</sup>, 刘毅敏<sup>3</sup>

(1. 太原理工大学电气与动力工程学院, 山西 太原 030024; 2. 山西省电力公司运城供电分公司, 山西 运城 044000;  
3. 山西省电力公司阳泉供电分公司, 山西 阳泉 045000)

**摘要:** 电力系统光纤通信网促进了纵联电流差动保护技术的发展, 但在实际应用中, 必须考虑光纤通信通道的时延问题。从通信通道时延长短、通道路由一致性以及影响网络时延的因素等方面分析了通信通道时延对微机保护正确工作的影响。分析说明, 不同原理的保护装置受通信通道时延的影响不同; 应尽量采用光缆直接连接方式, 简化中间环节, 减少经过的路由数量, 保持同步数据网的可靠运行, 且用于传输微机保护信息的光纤网络规模不宜过大, 使用模式不宜过复杂。论文还提供了不同类型光纤通道的时延计算方法, 可为特定通道情况下装置的选型以及微机保护装置的运行维护提供依据。

**关键词:** 光纤通信通道; 时延; 微机保护

## Influence of communication channel time delay on microcomputer-based relay protection

QIN Wen-ping<sup>1</sup>, HAO Yong-jing<sup>2</sup>, LIU Yi-min<sup>3</sup>

(1. College of Electrical & Power Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;  
2. Yuncheng Power Supply Corporation, Yuncheng 044000, China;  
3. Yangquan Power Supply Corporation, Yangquan 045000, China)

**Abstract:** Power system optical communication network accelerates the developing of current differential protection technology. But the problem of optical communication channel time delay must be thought over in the real application. This paper analyses the influences of communication channel time delay on microcomputer-based relay protection from three aspects. They include the length of communication channel time delay, the consistency of channel route and the factors which affect the network time delay. In result, the paper educes some useful conclusions though some scene tests. The influence of time delay is different on different protectors. In order to reduce the delay, the better ways may be connecting with optical cable directly in bothway, predigesting middle links and reducing the amounts of routes. At the same time, the optical network for information transmission should not be too big and too complex. Finally, this paper also provides arithmetic for the time delay. It can supply some basis for choosing and maintaining protectors with particular channel.

**Key words:** optical communication channel; time delay; microcomputer-based relay protection

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)07-0058-05

## 0 引言

随着电网的飞速发展, 目前各地普遍建成了以光纤通信为主, 微波、电力载波、音频电缆为辅的综合业务通信网。纵联保护通道已经由原来“专用载波通道为主、复用载波或微波通道为辅”过渡到“以光纤通道为主、专用载波通道为辅”的新阶段。在新建工程中, 专用光纤芯和复用光纤已经成为纵联保护通道的首选技术方案。目前山西省 220 kV 线路共 265 条, 继电保护光纤化率为 95%; 500 kV 线路 41 条, 继电保护光纤化率为 100%。

光纤通道具有传输容量大、抗电磁干扰能力强、运行可靠性高等特点, 有着常规通信方式无可

比拟的优良性能<sup>[1]</sup>, 同时也促进了以纵联电流差动为代表的微机保护等新技术的发展, 但是一系列新的技术问题也陆续摆在人们面前<sup>[2-5]</sup>。本文将就通信通道时延对微机保护正确工作的影响问题作进一步研究。

## 1 微机保护装置的通信通道时延

微机保护对通道时延有明确的要求。首先, 通道时延过长会影响微机保护的動作速度, 进而影响电力系统的稳定性; 其次, 对于线路纵差保护, 通道双向时延的一致性涉及到差流计算的正确性。考虑到不同微机保护装置测定的通道时延的可比性, 定义微机保护装置显示的通道时延如下:

(1) 对于 64 kb/s 通信速率, 是从发送端音频配线架上信号的上升沿时刻到接收端音频配线架上对应信号变化的上升沿时刻的时延。

(2) 对于 2 048 kb/s 通信速率, 是从发送端在同步数字系列 SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 设备 E1 接口上信号变化的上升沿时刻到接收端 SDH 设备的 E1 接口上对应信号变化的上升沿时刻的时延。

(3) 根据定义, 微机保护装置显示的通道时延应该扣除光电转换装置的时延。

## 2 通信通道时延长短对微机保护的影响

### 2.1 线路纵联距离/方向保护

对于线路纵联距离/方向保护, 故障范围的判别决定于两个因素: 首先是根据本侧电气量判定故障方向; 其次是由通道得到对侧装置判定的故障方向, 只有相对于两侧微机保护装置的故障方向都确认为正方向, 装置才确认本次故障是区内故障。因此, 通道时延通过第二个因素单倍累加影响装置的动作时间, 如通道时延为 0 ms 时, 微机保护装置 20 ms 动作; 当通道时延为 5 ms 时, 微机保护装置 25 ms 动作。

### 2.2 线路纵差保护

对于线路纵差保护, 通道时延对动作速度的影响需要考虑两个因素:

第一, 由于需要根据两侧电气量来进行差动计算, 当前计算的差动电流不是本侧当前的电气量和对侧当前的电气量之和, 而是当前收到的对侧电气量和本侧电气量之和, 即当前进行差动判据的电气量需要向前推一段时间。

第二, 为了防止 CT 断线时差动保护误动, 若本侧装置要动作, 不但本侧装置要满足差动方程, 还需要收到对侧差动的允许标志, 只有确认两侧装置都满足差动方程后, 差动保护才能动作。两个方向都需要考虑通道时延, 因此通道时延对差动动作速度的影响是双倍的。

根据《微机保护和安全自动装置技术规程 (送审稿)》, 对用于各类装置的数字式通道时延长短的要求如下:

- (1) 线路纵差保护 < 5 ms;
- (2) 线路纵联/方向保护 < 10 ms。

## 3 通道路由一致性对线路纵差保护的影响

线路纵差保护要求“通道双向路由必须一致”, 这是差动计算、保护动作正确与否的关键。

### 3.1 双向通道时延相等

目前, 实用的线路纵差保护采用的同步方法有: 采样时刻调整法、采样数据修正法、时钟校正法, 统称为基于数据通道的同步方法<sup>[6~8]</sup>, 其特点是都要求通道双向时延相等。典型的采样时刻调整法分两步: 先测通道时延, 再根据通道时延, 由从机测定两侧装置采样时刻的误差, 从而调整从机的采样脉冲来实现采样同步。如图 1 所示, 设一侧装置为主机, 另一侧为从机。

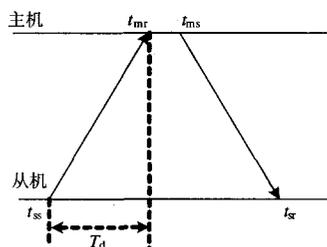


图 1 测定通道时延示意图

Fig.1 Sketch map for measurement channel time delay

(1) 从机上电后, 向主机发送一帧测定通道时延的报文, 同时以本侧装置的相对时钟为基准记录报文发送时刻  $t_{ss}$ 。

(2) 主机收到该报文后, 以本侧装置的相对时钟为基准, 记录该报文接收时刻  $t_{mr}$ , 等到下一个定时发送时刻  $t_{ms}$ , 向从机回应一帧通道时延测试报文, 同时将  $t_{ms} - t_{mr}$  作为报文内容。

(3) 从机在  $t_{sr}$  时刻收到主机的通道时延测试报文, 并得到  $t_{ms} - t_{mr}$ , 由此可以计算得到通道时延:

$$T_d = \frac{(t_{sr} - t_{ss}) - (t_{ms} - t_{mr})}{2} \quad (1)$$

式 (1) 对于得到正确通道时延的前提条件是: 通道收、发双向时延相等。

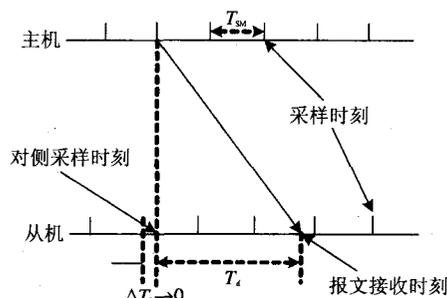


图 2 利用采样时刻调整法实现同步采样  
Fig.2 Synchronization sampling through sampling time adjusting

如图 2 所示, 测定通道时延后, 假设在一段时间内通道时延  $T_d$  是固定不变的。主机以装置内部时钟为基准, 按固定间隔  $T_{SM}$  进行采样, 同时向从机发送电流报文。从机收到主机发送的电流报文, 根

据通道时延可以得到主机在什么时刻采样, 同时根据本侧电流采样时刻, 得到两侧装置采样时刻的误差  $\Delta T_s$ 。此时从机采样时刻超前于主机采样时刻  $\Delta T_s$ , 从机调整下一个采样间隔  $T_{ss} > T_{SM}$ , 使得  $\Delta T_s \rightarrow 0$ 。当  $\Delta T_s < \xi$  时, 可以认为两侧装置实现了同步采样。

### 3.2 双向通道时延不等

若双向通道时延不相等, 设从机向主机发送方向通道时延为  $T_{d1}$ , 主机向从机发送方向通道时延为  $T_{d2}$ , 根据式 (2) 测定的通道时延:

$$T_d = \frac{T_{d1} + T_{d2}}{2} \quad (2)$$

两个方向实际通道时延和测定的通道时延的误差为:

$$\Delta T_d = \left| \frac{T_{d1} - T_{d2}}{2} \right| \quad (3)$$

对应图 2 的两侧装置采样时刻的误差  $\Delta T_s = \Delta T_d$ 。正常运行或区外故障时, 若不考虑电容电流, 由于两侧通道时延不一致而得到的差动电流:

$$I_{cd} = 2I_L \cdot \sin\left(\frac{\Delta T_d \cdot \omega}{2}\right) \quad (4)$$

其中:  $I_L$  为线路穿越电流。

若制动电流为  $I_{zd} = k * 2I_L$ , 其中  $k$  为制动系数, 如果满足

$$\Delta T_d > \frac{2}{\omega} \arcsin(k) \quad (5)$$

则两侧装置起动后, 线路纵差保护就可能误动作。

### 3.3 通道时延监视

通道双向时延不一致即使没有到引起线路纵差保护误动的程度, 也可以反映为差流异常。微机保护装置可以利用这一特点作为通道时延监视手段。

正常情况下, 对于短线, 微机保护装置显示的差流应该接近于零, 长线应该等于线路 (或经补偿以后) 的电容电流, 基本上不受负荷电流的影响。一旦发现装置显示的差流不等于电容电流, 或者是差流随着负荷电流的变化而变化, 最有可能的原因是通道双向时延不一致。

线路纵差保护装置投运时, 不管线路两侧系统是否合环, 只要线路带电, 线路纵差保护显示的差流就应该是线路的电容电流。当线路单侧空充时, 另一侧电流必然为零, 此时合闸侧电流就是线路电容电流。因此, 可以观察线路合环后微机保护装置显示的差流是否等于线路单侧空充时的充电电流, 来间接判断通道双向时延是否一致。有条件增加线

路负荷后, 观察差流的变化规律, 更能判断通道双向时延的一致性。

另一方面, 装置投运时即使通道双向时延一致, 但运行过程中通道运行工况也可能发生变化, 对此, 线路纵差保护装置可以利用线路电容电流的相对稳定性来判别变化后的通道双向时延是否一致, 当实测差流变化较大时, 装置报警 (可考虑同时闭锁线路纵差保护) 以便作相应处理。

上述分析说明: 线路纵差保护如果采用基于数据通道的同步方法, 通道时延的双向一致性是保证两侧微机保护装置采样同步的前提。

## 4 影响网络时延的因素

时延是微机保护通道必须关注的指标, 而光纤网络模型千差万别, 网络中使用的设备也不一样, 因此网络的时延计算要考虑到很多影响因素。

光纤纵联保护的同步数据通信信号传输方式主要有两大类<sup>[9]</sup>: 专用光纤芯方式和 PCM 复用方式。现场光纤差动保护多用专用光纤芯连接方式, 见图 3; 光纤距离或方向保护大多采用 PCM 复用方式, 见图 4。

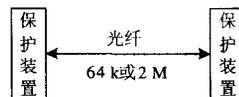


图 3 光纤差动保护专用光纤芯方式

Fig.3 Special optical core mode for differential protection



图 4 光纤距离或方向保护 PCM 复用光纤通道保护方式

Fig.4 PCM multiplexing optical channel mode for distance/direction protection

在端到端通信连接中, 产生时延的环节很多, 分述如下。

### 4.1 传输系统的时延

无论是电信号还是光信号, 都是电磁波, 其在一定的传输媒质中的传播速度都是有限的, 经分析可知, 整个光缆系统所产生的时延可以按  $5 \mu\text{s}/\text{km}$  估算<sup>[10]</sup>, 长途传输系统的时延主要是由传输媒质引起的。

### 4.2 网络节点的时延

除了传输时延外, 数字连接中的网络节点设备 (数字交换机和数字交叉连接设备) 有缓冲区, 时隙交换单元等均会产生传输时延。网络节点设备典型时延见表 1。

表1 网络节点设备的传输时延参考

Tab.1 Transmission time delay of network node equipments

设备类型	设备端口	平均时延	95%概率的最大时延
数字交换机	数字—数字	≤450 μs	≤750 μs
	数字—模拟	≤750 μs	≤1050 μs
数字交叉连接设备	DXC 1/0	500~700 μs	
	SDXC 4/4	≤15 μs	
	SDXC4/1	20~125 μs	

4.3 其他数字设备产生的时延<sup>[10]</sup>

除网络节点设备外, 脉冲编码调制 PCM (Pulse Code Modulation) 终端、准同步数字系列 PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) 复用器、SDH 复用器等也会产生传输时延。传输设备的传输时延见表 2。

表2 传输设备的传输时延参考

Tab.2 Transmission time delay of transmission equipments

设备类型	设备端口	时延/μs
一对 PCM 终端	音频 4 线口间	600
复用转换器	模拟—数字	1500
回波消除器	数字	100
PDH 复用器	2/8	8.28
	8/34	2.01
	34/140	0.50
SDH 复用器		10~60

注: SDH 复用器的时延随设计不同和支路口不同而异。

4.4 路由保护时延<sup>[11]</sup>

采用不同的路径进行路由保护时, 若以 2 Mb/s 信号传输保护信号, 2 Mb/s 信号可以通过两个可选择的路由在网络中传输, 但正常情况下只使用主要路由 (即优先切换至主要路由上)。这样, 在传输系统出现故障时就进行保护切换, 切换到保护路由时会产生时延, 其时延主要是切换时间。SDH 设备的切换时延和保护方式有关, 一般不超过 50 ms。PCM 设备的切换时间一般也低于 50 ms。

## 4.5 其它因素引入的时延

光纤通信领域不断出现新技术, 每一种新技术的引入可能会减少时延, 也可能会增加时延, 具体取决于其工作机制。

综合以上各方面因素, 可以得出 SDH 网络的传输时延 ( $T_d$ ) 的计算公式为:

$$T_d = t_1 + t_2 + n \cdot t_3 + \frac{L \cdot n_1}{c} \quad (7)$$

其中:  $t_1$  为 SDH 设备的传输时延, 与设备及传输等级有关;  $t_2$  为终端设备时延;  $t_3$  为中继复用器时延;  $n$  为中继复用器数量。

## 5 测试

在各种工况下对不同保护装置的特性进行测试,

参加测试的保护装置见表 3, 相应的测试数据见表 4~表 7 (参加测试的所有线路纵差保护均要求通道双向时延一致)。

## 5.1 测试项目

- (1) 2 M 通道时延测试;
- (2) 64 k 通道时延测试;
- (3) 装置直连通道时延测试 (装置测量);
- (4) 单通道短时延测试;
- (5) 单通道长时延测试;
- (6) 线路纵差保护允许通道极限传输时延测试。

## 5.2 测试数据

表3 参加测试的各厂家保护装置型号 (额定电流 1 A)

Tab.3 Several protection sets models for test

制造商	装置型号	软件版本	接口装置	复接速率
南京南瑞继保电气有限公司	RCS-931AM	2.00	MUX-2M 数字复接接口装置	2 M
	RCS-931 A	2.00	MUX-64 数字复接接口装置	64 k
国电南京自动化股份有限公司	PSL-603	3.30	GXC-2M 数字复接接口装置	2 M
北京四方继保自动化股份有限公司	CSC-103	1.20	CSC-186A 数字复接接口装置	2 M
许继电气股份有限公司	WXH-803	3.10	OTEC64/2M 数字复接接口装置	2 M

表4 通道直连保护装置实测通道时延

Tab.4 Actual channels time delay for protection sets on channel connecting straight

项目	RCS-931	PSL-603	CSC-103	WXH-803
电口直连时延测量	6 μs	0.352 ms	106~107 μs	380~450 μs
光口直连时延测量	0~1 μs	0.396 ms	96 μs	370~400 μs

表5 经短通道保护装置实测通道时延

Tab.5 Actual channels time delay though short channel

项目	RCS-931	PSL-603	CSC-103	WXH-803
装置测量时延	160 μs	0.520 ms/ 0.531 ms	268 μs / 268 μs	592~602 μs
通道时延误差	-6 μs	0.354 ms/ 0.365 ms	102 μs / 102 μs	426~436 μs
区内故障动作时间	10 ms	18 ms	13/15 ms	12.7 ms

注: 逻辑分析仪实测通道时延为 166 μs。

表6 经长通道保护装置实测通道时延

Tab.6 Actual channels time delay though long channel

项目	RCS-931	PSL-603	CSC-103	WXH-803
装置测量时延	5 460 μs	6.875 ms/6.871 ms	5 552/5 553 μs	5 858~5 905 μs
通道时延误差	-6 μs	1.409 ms/1.405 ms	96/97 μs	398~439 μs
区内故障动作时间	20 ms	27 ms/28 ms	17/20 ms	17.7 ms

注: 逻辑分析仪实测通道时延为 5 466 μs。

表 7 线路纵差保护允许通道极限传输时延测试

Tab.7 Tests of allowable limiting channel transmission time delay for transmission line current differential protection

通道路由	项目	RCS-931	PSL-603	CSC-103	WXH-803
26.6 ms 路由	装置测量时延	15 612/15 607 μs	32.19/1 000 ms	5 436 μs	26 999 μs
	两侧负荷电流角度	16°	显示对侧电流为 0	159°	181°
	两侧差流	1.96 A	1.0 A	0.37 A	0.0 A
	区内故障	拒动	拒动	34 ms	拒动
	区外故障	不动作	不动作	35 ms 误动作	不动作
17.69 ms 路由	装置测量时延	同上	21.59 ms	1 781 μs	18 069/18 135 μs
	两侧负荷电流角度		177°	179°	179°
	两侧差流		0.07 A	0.0 A	0.0 A
	区内故障		48 ms	34 ms	37.28 ms 37.40 ms
	区外故障		不动作	不动作	不动作
13.56 ms 路由	装置测量时延	13 558 μs	17.69 ms 时延可以适应, 13.5 ms 时延不需试验		
	两侧负荷电流角度	180°			
	两侧差流	0.018 A			
	区内故障	34 ms			
	区外故障	不动作			

从表 7 中可以看到, 当通道故障造成通道延时超过 17.69 ms 时, 各厂家保护大多会发生误动或拒动, 并使区内故障保护动作时间延长。

## 6 结论

(1) 差动保护动作速度与通道时延有关, 相同故障电流下, 通道时延越长, 差动保护动作速度越慢。

(2) 应尽量采用光缆直接连接方式, 这种方式时延最小且固定, 运行最可靠。

(3) 同步数据网中的数据流传输应取最近的路径, 尽量减少经过的路由数量; 同时应保持同步数据网的可靠运行, 减少因故障造成数据流绕行的几率。

(4) 简化中间环节, 并保证各光电接口良好接地。

(5) 对于专用光纤通道, 由线路长度根据公式

(6) 可大致估算时延; 对于具体的复用通道, 确定路由长度、网络节点后, 根据设备典型参数由公式

(7) 大致可以估算出通道时延, 可为特定通道情况下的装置选型 (如是否可以将该通道用作线路主保护的通信通道, 是否可以采用基于数据通道同步方法的差动保护) 以及微机保护装置的运行维护提供依据。

(6) 用于传输微机保护信息的光纤网络规模不

宜过大, 使用模式不宜过复杂。

## 参考文献

- [1] 韦乐平. 光同步数字传送网[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998.  
WEI Le-ping. Optical Synchronous Digital Transport Network[M]. Beijing: Posts & Telecommunications Press, 1998.
- [2] 金华锋, 叶红兵, 凌昉, 等. 复用通道误码和时延对线路纵差保护的影响[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(21): 63-66, 84.  
JIN Hua-feng, YE Hong-bing, LING Fang, et al. The Impact of Bit Error and Transmission Delay of Multiplex Channel on Line Current Differential Relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(21): 63-66, 84.
- [3] 金华锋, 余荣云, 朱晓彤, 等. 线路纵联保护中双向复用段倒换环动态时延特性[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(3): 65-70.  
JIN Hua-feng, YU Rong-yun, ZHU Xiao-tong, et al. Research on Dynamic Transmission Delay of Bidirectional Multiplex Section Switching Ring Used for Line Pilot Relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(3): 65-70.
- [4] 倪伟东, 李瑞生, 李峰. 光纤电流差动保护通道试验及研究[J]. 继电器, 2005, 33(8): 68-70.  
NI Wei-dong, LI Rui-sheng, LI Zheng-feng. Experimentation and Research on Optical Fiber Channel in Current Differential Protection System[J]. Relay, 2005, 33(8): 68-70.
- [5] 尹成群, 杨贵. 微机保护光纤通道仿真测试及研究[J]. 继电器, 2006, 34(13): 54-57.  
YIN Cheng-qun, YANG Gui. Tests and Studies of Protection Optical Fiber Channel Simulation[J]. Relay, 2006, 34(13): 54-57.
- [6] 高厚磊, 江世芳, 贺家李. 数字电流差动保护中几种采样同步方法[J]. 电力系统自动化, 1996, 20(9): 46-49, 53.  
GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang, HE Jia-li. Sampling Synchronization Methods in Digital Current Differential Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 1996, 20(9): 46-49, 53.
- [7] 许建德, 陆以群. 新型数字电流差动保护装置中的数据采样同步和通信方式[J]. 电力系统自动化, 1993, 17(4): 23-26.  
XU Jian-de, LU Yi-qun. A New Scheme of Sampling Synchronization & Communication for Digital Current Differential Relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 1993, 17(4): 23-26.
- [8] 张悛宁, 索南加乐, 焦在滨. 光纤自愈环网电流纵差保护的数据同步方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(9): 44-49.

(下转第 75 页 continued on page 75)

(3) 基本参变量精度: 基波电压 0.2%, 基波电流 0.2%, 基波频率 0.02 Hz, 基波电压(电流)之间相位精度 0.5°;

(4) 谐波精度: 0.2%, 电压:  $U_h \geq 1\%U_N$ , 允许误差  $5\%U_h$ ;  $U_h < 1\%U_N$ , 允许误差  $0.05\%U_N$ ; 电流:  $I_h \geq 3\%I_N$ , 允许误差  $5\%I_h$ ;  $I_h < 3\%I_N$ , 允许误差  $0.15\%I_N$ , 符合国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T14543-93 规定 A 级测量精度;

(5) 最大频率测量范围: 0~32 kHz;

(6) 电压: 电压测量范围: 0~400 V;

(7) 电流: 额定电流, 3\*1 A, 3\*5 A; 测量范围, 0~600 A;

(8) 基波频率: 额定频率: 50 Hz 或 60 Hz, 频率范围: 45~65 Hz;

(9) 相位: 相位精度, 0.2%, 相位测量范围 0~360°;

(10) 电源电压: PT 供电与辅助电源供电互为备用, 主、辅电源优先供电方式可选。当主电源失电后, 自动转入辅助电源供电, 电源的切换不影响装置的正常运行;

PT 供电电压范围: 40~400 V;

辅助电源电压范围: AC/DC: 75~300 V

(11) 环境条件

参比温度: 23°C ± 2°C; 参比湿度: 40%~60%

温度范围: 规定的工作范围: -25°C~55°C, 极限的工作范围: -35°C~65°C, 存储和运输范围 -40°C~70°C

相对湿度: <95%(无凝露)

### 3 结论

把支持微处理器内核的 Linux 嵌到 ARM 中, 然

后通过 Linux 内核支持 TCP/IP 网络协议和基本网络通信协议, 利用嵌入式操作系统对底层硬件和网络协议的支持, 在此基础上设计出的电能质量监测仪具有测量精度高、管理功能强大、组网安装方便、人机交互直观等特点, 并且能够实现高速的网络传输, 能够很好地满足电能质量监测仪的数据实时性、传输高速性和高可靠性的要求, 而且开发周期短、系统适应性强。

### 参考文献

- [1] Neil Matthew Richard Stones. *Beginning Linux Programming, 2<sup>nd</sup> Edition*, 《LINUX 程序开始 (第二版)》[M]. Published by Wrox Press.
- [2] 王学龙. 嵌入式 Linux 系统设计与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [3] 邹思铁. 嵌入式 Linux 系统设计与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [4] Daniel P. Bovet & Marco Cesati. 深入理解 Linux 内核[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [5] Alessandro Rubini & Jonathan Corbet. Linux 设备驱动程序[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [6] Steve Furber. ARM Soc 体系结构[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [7] DAVID M. DIKEL, DAVID KANE, JAMES R. WILSON. 软件架构——组织原则与模式[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [8] 李林功, 李华玲. 嵌入式系统的构成与特点[J]. 电测与仪表, 2003.

收稿日期: 2008-05-27; 修回日期: 2008-11-10

作者简介:

张言权 (1973-), 男, 本科, 工程师, 主要从事继电保护管理及维护; E-mail: monosy@126.com

张胜宝 (1972-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事继电保护管理。

(上接第 62 页 continued from page 62)

ZHANG Yi-ning, SUONAN Jia-le, JIAO Zai-bin. Data Synchronization Method for Current Differential Protection Using Fiber Optic Self-cure Ring Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(9): 44-49.

- [9] 吴云, 雷雨田. 光纤保护通道配置[J]. 电力系统通信, 2003, (9): 11-14.

WU Yun, LEI Yu-tian. Telecommunication Channel Scheme of Protection Based-on Optical Fiber[J]. Power System Communication, 2003, (9): 11-14.

- [10] 孙学康, 毛京丽. SDH 技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.

SUN Xue-kang, MAO Jing-li. SDH Technology[M]. Beijing: Posts & Telecommunications Press, 2002.

- [11] 梁芝贤. 利用光纤通道传输保护信号[J]. 电力系统通信, 2005, 26(148): 69-72.

LIANG Zhi-xian. Utilizing Optical Fiber Channel to Transmit Protection Signal[J]. Power System Communication, 2005, 26(148): 69-72.

收稿日期: 2008-05-09; 修回日期: 2008-06-25

作者简介:

秦文萍 (1972-), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向为电力系统微机保护和稳定运行; E-mail: qinwenping1027@163.com

郝永晶 (1972-), 男, 硕士, 高级工程师, 长期从事电力系统微机保护工作;

刘毅敏 (1974-), 男, 学士, 高级工程师, 长期从事电力系统微机保护工作。