

# 几例微机保护装置检验实例分析

吴永亮, 李玉明, 王春光

(兰州超高压输变电公司, 甘肃 白银 730900)

**摘要:** 通过几例微机保护调试的实例, 采用调试的原理分析、测试接线图示分析、仪表使用方法的分析, 得出了主变比率制动特性曲线的验证方法及步骤, 高频通道测试中收发信机测试的过程及通道裕量、3dB告警的测试方法, 故障录波器校验中利用测试仪的开出模拟断路器开断的检验方法, 有利于保护人员合理选择和使用测量仪表, 掌握正确的测量方法, 培养熟练的操作技能。

**关键词:** 比率制动; 高频通道; 重合闸; 状态序列

## Analysis on several example of PC protection devices

WU Yong-liang, LI Yu-ming, WANG Chun-guang

(Lanzhou Extra High Voltage Power Transformer Company, Baiyin 730900, China)

**Abstract:** With some real examples of computer protection debugging, this paper adopts the principle analysis of debugging, the diagram analysis of tests wire-connection and the analysis of instruction usage. It obtains the verification methods and steps of a main-transformer property curve relate to rate braking, the process through high frequency passage by testing the transceiver and the passage enriching amounts, as well as the method of 3 dB reporting an emergency. The proposed method which will work out whether the breaker cut-off's by using testing instrument when checking the malfunction records. These methods and steps will help the protection person choosing and operating measurements reasonable and mastering correct method of measurement, and improving skilled technical of operation ability.

**Key words:** ratio restraint; high-frequency channel; auto-reclosure; estate sequence

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)11-0062-05

## 0 引言

继电保护装置校验实现上是使用电工仪表对装置进行测量, 就是用实验的方法将被测量与同类的标准量进行比较的过程。安排恰当的试验项目, 对继电保护装置进行正确的检验, 是保证继电保护装置安全运行和可靠动作的极为重要的一环。继电保护装置检验分为新安装检验, 运行中装置定期检验, 运行中装置的补充检验三类。继电保护的新安装检验、交接验收工作是保证继电保护安全可靠投入生产运行的前提, 投运后的定期检验、运行中装置的补充检验是提高继电保护健康运行水平的关键。在继电保护的检验工作中, 不同的阶段有不同的特点, 检验的要求、重点、方法、注意事项等都要区别对待。新安装检验中, 应进行全面检查, 力求完整, 注意逆变电源、电缆、二次回路、抗干扰等问题; 定期检验中, 注意第一次全部检验、检验项目合理简化

与检验质量问题、检验标准化及检验的安全性问题; 运行中装置的补充检验中, 注意信息的完整性、分析的科学性、试验的针对性和真实性问题。

## 1 常见微机保护调试仪表及简单方法

常见微机保护调试仪表一般具备电流输出测试孔  $I_A, I_B, I_C, I_N$ ; 电压输出测试孔  $U_A, U_B, U_C, U_N$ , 颜色以黄, 绿, 红, 黑, 蓝相对应之。具备开出和开入测试孔, 开出回路由测试仪测试项目中故障量控制, 其中一端可接保护装置电源端, 一端接保护装置开入接点, 主要用于开关动作情况测试。开入回路由保护装置提供有源或无源开出接点, 接入测试仪控制测试项目中故障量的启动等。电流、电压、开出量接线相对简单, 开入量接线有如图1、图2两种常见的接线示意图。若保护接点是图1所示空接点, 则可以不分极性, 将测试仪开入接点和公共端接入接点两端; 若保护接点是图2所示有源

接点,则要求测试仪的COM(+KM)端接接点的正极性端(一般接+KM),测试仪的开关接点接保护的出口端(当硬压板投入时,一般接在硬压板上。

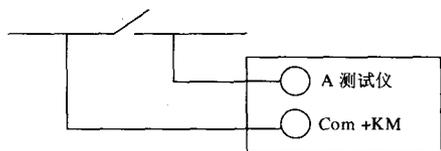


图1 空接点

Fig.1 Idle contact

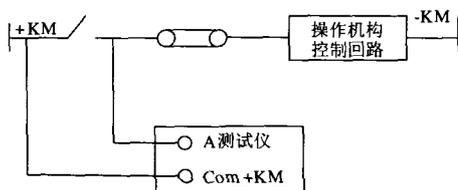


图2 电位接点

Fig.2 Electric potential contact

## 2 实例分析

### 2.1 PST1200 主变保护装置比率制动调试

#### 2.1.1 变压器差动保护的比率制动原理及特性曲线

为了防止差动保护在外部短路时,变电器有很大穿越电流使CT误差增大时误动作,采用比率差动原理。提高了保护的動作可靠性,当发生内部故障,两侧的电流方向相反,从差动六角图看是个矢量和,相反当外部发生故障时,虽然两侧电流增大,但方向相同,此时差动保护制动回路感应元件的电流增加,制动力增加,从而降低了保护误动的可能性。

图3为变压器保护比率制动特性曲线。

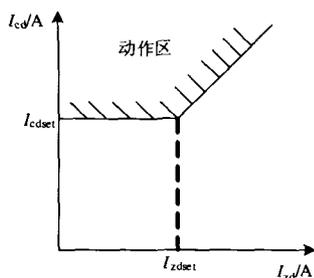


图3 比率制动特性曲线

Fig.3 Ratio restraint performance diagram

以“制动电流(Izd)”为横标,“动作电流(Icd)”为纵标,则比率制动即为一根折线。当 $I_{zd} \leq I_{zdset}$ 时,比率制动是一根水平线,即只要 $I_{cd} > I_{cdset}$ 即可动作,保证轻微内部故障的较高的灵敏系数;

当 $I_{zd} > I_{zdset}$ 时,比率制动一根斜率为 $K$ ( $K$ 即是比率制动系数)的直线,即制动量的按比率 $K$ 增加,外部严重故障时, $I_{zd}$ 很大,制动量很大,保证不误动;内部故障时, $I_{zd}$ 很小,制动量也随之减小,保证较高的灵敏系数。

采用图3的比率制动曲线,若此时两侧电流均大于 $\beta I_n$ ,在外部短路时若 $I_1$ 值很大,而 $I_2$ 因CT饱和降到了 $\beta I_n$ 以下,则保护可能因无制动而失去选择性,所以在实际应用中,通常采用图4所示的三折线比率制动特性曲线。

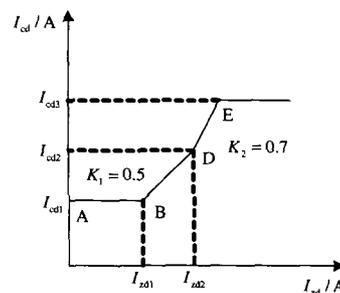


图4 三折线比率制动特性曲线

Fig.4 Three broken line ratio restraint performance diagram

比率制动动作特性为折线ABDE。三折线特性的动作判据为:

第I段 AB  $I_{cd1} \geq 0.5I_n$  当  $I_{zd} \leq 1.25I_n$

第II段 BD  $I_{cd2} \geq 0.4I_n$  当  $1.25I_n \leq I_{zd} \leq 2I_n$

第III段 DE  $I_{cd3} \geq 2I_{zd} - 2\beta I_n$   $\beta = 1.6$  当  $I_{zd} \geq 2I_n$

$I_n$ 为CT的额定电流,第一段无制动,一般取 $I_{cd1} = 0.5I_n$ ,第三段应避开外部短路的不平衡电流并兼顾灵敏性,在内部故障时继续有负荷电流流出时能灵敏动作,动作不宜过早开始,图2中第三段从 $I_{zd} = 2I_n$ 时开始。第二段实际为过渡段,在此段内CT不会有太大误差,故一般取 $K = 0.4 \sim 0.5$ 。

2.1.2 PST1200 主变保护装置现场测试方法(以两圈变压器为例)

PST1200 主变保护装置动作判据为:

$$\text{差动电流: } I_{cd} = (I_H + I_M)$$

$$\text{制动电流: } I_{zd} = \text{MAX}(I_H, I_M)$$

$$\text{制动系数: } K_{CD1} = I_{cd2} - I_{cd1} / I_{zd2} - I_{zd1}$$

$$K_{CD2} = I_{cd4} - I_{cd3} / I_{zd4} - I_{zd3}$$

$I_{cd}$ 为变压器差动电流, $I_{zd}$ 为差动保护比率制动拐点电流定值,软件设定为高压侧额定电流值, $K_{CD1}$ , $K_{CD2}$ 为比率制动系数,软件设定为 $K_{CD1} = 50\%$ , $K_{CD2} = 70\%$ 。比率制动特性曲线如图5。

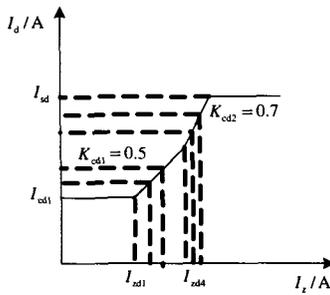


图5 比率制动特性曲线

Fig.5 Ratio restraint performance diagram

给定：变压器为 Y/△接线，高压侧平衡系数=1/√3，低压侧平衡系数=0.29，I<sub>cd</sub>为差动保护电流定值=1 A，I<sub>zd</sub>为高压侧额定电流值=2 A，I<sub>sd</sub>为差动速断定值=10 A，要求测试验证 K<sub>cd1</sub>=50%，K<sub>cd2</sub>=70%。调试接线如图 6。

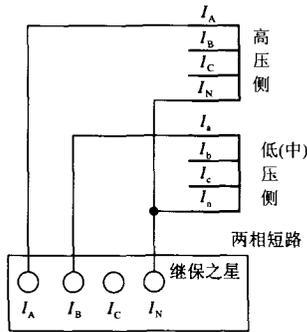


图6 测试接线图

Fig.6 Testing connection diagram

取大于 I<sub>zd1</sub>，小于 I<sub>zd4</sub> 之间的两值，利用此两点差动动作边界值求出 K<sub>cd1</sub> 曲线的斜率。因 I<sub>cd</sub> 为 2 A，可取 I<sub>zd2</sub>=I<sub>m1</sub>=4 A、I<sub>zd3</sub>=I<sub>m2</sub>=5 A 两点，应用 I<sub>H</sub>=I<sub>m1</sub>/高压侧平衡系数=4√3，求出此时应加在保护装置上的高低压侧 I<sub>H</sub> 和 I<sub>N</sub> 为相位相反 I<sub>H</sub>=I<sub>N</sub>=6.928 A 的电流值，逐步降低 I<sub>N</sub> 侧电流使差动保护刚好动作，记下此时试验装置的输出值 I<sub>N</sub>=6.85。同理使加在试验装置上的高低压侧 I<sub>H</sub> 和 I<sub>N</sub> 为相位相反的幅值为 I<sub>H</sub>=√3×5=8.66 的电流，逐步降低低压侧电流 I<sub>N</sub> 使差动保护刚好动作，记下此时试验装置的输出值 I<sub>N</sub>=8.55。

按公式 I<sub>N</sub>=I<sub>m1</sub>/低压侧平衡系数，求出 I<sub>N1</sub>=1.9865，I<sub>N2</sub>=2.4795。

差动电流：I<sub>cd1</sub>=(I<sub>H1</sub>+I<sub>N1</sub>)=4-1.9865=2.01

I<sub>cd2</sub>=(I<sub>H2</sub>+I<sub>N2</sub>)=5-2.4795=2.52

制动系数：K<sub>cd1</sub>=(I<sub>cd2</sub>-I<sub>cd1</sub>)/(I<sub>zd2</sub>-I<sub>zd1</sub>) = (2.52-2.01)/(5-4)=51%

作 70%斜率曲线的计算方法同上，取 I<sub>zd5</sub>=8A，I<sub>zd6</sub>=9 A，利用此两点差动动作边界值求出 K<sub>cd2</sub> 曲线的斜率。

## 2.2 LFX-912 继电器保护专用收发信机基本调试项目

### 2.2.1 高频通道的一些基本知识

高频收发信机发信功率一般有 10 W、20 W 机，根据公式：

$$LP_x = 10Lg \frac{P_x}{P_0} = 10Lg \frac{10}{0.001} = 40 \text{ dBm}$$

式中：P<sub>0</sub> 为标准比较功率=1 MW，由上式可知 10 W 收发信机发讯功率电平为 40 dBm，同理可计算得 20 W 为 43 dBm。一般要求每一端通道设备最大衰耗为 4 dB，线路最大衰耗为 16 dB，则全通道最大衰耗为 4 dB+13 dB+4 dB=21 dB，若对方为 10 W 机，则对方发信功率电平为 40 dBm，本方最小收信功率电平为 40-21=19 dBm，一般取收信功率电平范围为 19 dBm-21 dBm。要求收发信机灵敏收信启动电平为+4 dBm/75 Ω，最低通道裕量等于 9 dB。除以上几个基本参数要求外，收发信机还增加了 3 dB 告警回路，下面专门就 3 dB 告警原理简单介绍。

若对方收发信机为 10 W 机，即发信功率电平为 40 dBm，本侧接收功率电平为 19 dBm，假设此时本侧接收电平下降 3 dB，即下降为 16 dBm，利用公式：

$$LP_x = 10Lg \frac{P_x}{P_0}$$

可得到 P<sub>x</sub>=5 W，即可认为接收侧接收电平衰落 3 dB，相当于对方发信电平降低一半。一般以通道衰耗突然增大 3 dB 作为“通道异常”的表现，通常在收发信机设有“3 dB 告警”或“通道异常”指示。

### 2.2.2 LFX-912 收发信机(10 W)基本调试项目

#### ① 单机发信功率测试

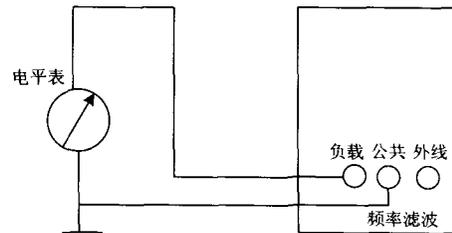


图7 测试接线图 1

Fig.7 Testing connection diagram chart 1

用专用连接销将 LFX-912 收发信机背板的“本机”、“负载”插孔短接，同时短接背板的 T10、T12（起动发信）端子。用选频电平表高阻跨接在“接

线滤波”插件面板上的“负载”与“公共”测试孔上,检查发信输出电平,其电平表读数应为 $+11\text{ dBV} \pm 1\text{ dB}$ (即输出 $+40\text{ dBm}/75\ \Omega$ )左右,测试接线图如图7,也可通过将电平表以 $75\ \Omega$ 内阻终接在T38, T40端子测得电平表读数为 $+31\text{ dBV} \pm 1\text{ dB}$ (即输出 $+40\text{ dBm}/75\ \Omega$ )左右,测试接线图如图8。

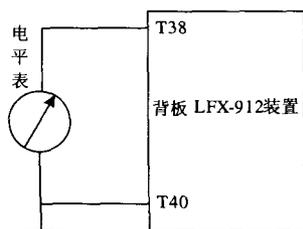


图8 测试接线图 2

Fig.8 Testing connection diagram chart 2

## ② 收信灵敏启动电平的检验及通道裕量的检查

发信回路校验完后,将背板的T10, T12(启动发信)短接线去掉,将“本机”、“通道”插孔短接,按图9接线,选频表置高阻档,将载频振荡器的输出频率调在装置工作频率上,改变输出电平的大小,使“收信”面板上的“收信启动”信号灯亮,此刻选频表读数应为 $-5\text{ dBV} \pm 1\text{ dB}$ (即 $+4\text{ dBm}/75\ \Omega$ )左右。

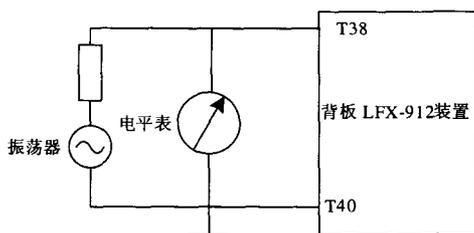


图9 测试接线图 3

Fig.9 Testing connection diagram chart 3

收发信回路检查完后,将装置与高频通道接通,将两侧已调好的收发信机电源打开,并将远方启动通道试验回路投入,进行交换信号试验。先由对侧发信,本侧收信,按通道衰耗情况依次加入本侧收信衰耗器,衰耗器投入按以下步骤进行:

若装置五档裕度指示灯全亮也即本侧收信裕度在 $18\text{ dB}$ 以上,此时需在本端人为投入 $6\text{ dB}$ 衰耗器,此时实际收信电平为 $28\text{ dBm}$ ,如果此时“ $+18\text{ dBm}$ 裕度指示灯”还继续亮,可人为地投入 $10\text{ dB}$ 衰耗,同时记下最大裕度指示信号。在调试中一般取收信功率电平范围为 $19\text{ dBm}-21\text{ dBm}$ ,即投入 $10\text{ dB}$ 衰耗后“ $+15\text{ dBm}$ 裕度指示灯”亮,投入 $6\text{ dB}$ 衰耗后

“ $+18\text{ dBm}$ 裕度指示灯”亮。在此通道裕量下收发信机工作在最佳状态。

## ③ 3 dB 低落告警调试

通道监视回路指3 dB低落告警调试,对大多数收发信机来说,只要将接收电平在正常接收电平的基础上再降低 $3\text{ dB}$ 即可取此值作为3 dB低落告警门限电平,如调试最低收信电平为 $19\text{ dBm}$ ,此时可将 $16\text{ dBm}$ 作为3 dB低落告警门限电平。LFX-912收发信机调试较为简单,3 dB低落告警调试只要按调好的最大裕度指示信号值将“收信”插件中跳线组JP2中相应的裕度指示跳线短接上即可。(例如,最大裕度指示为“ $+18\text{ dB}$ ”,则将JP2中的“ $+18\text{ dB}$ ”跳线短上)。

## 2.3 DP-3010E 电力系统动态记录分析系统(以下简称故障录波器)模拟断路器重合闸调试

### 2.3.1 故障录波器基本功能及要求。

故障录波器的主要任务是记录系统大扰动如短路故障、系统振荡、频率崩溃等发生后的有关系统电参数的变化过程及继电保护与安全自动装置的动作行为。要求能全程记录系统发生大扰动时的全过程数据及保护装置的动作行为,主要由前置机和后台机组成。前置机(也称下位机)包括输入接口(电压量,电流量,高频量,温度量,开关量等),输出接口,A/D转换,CPU,通信接口,后台机(也称上位机)包括工控主机及系统,故障录波分析软件等。前置机将电力系统二次侧电流、电压等模拟信号经过电量变送器转换成小信号,再经采样保护后,利用A/D转换器把模拟信号转换成数字信号并送入CPU板缓存;电力系统开关量信号经过光电隔离进入CPU板缓存,由CPU对数据进行计算和判启动处理,并组织成相应数据格式通过通信接口送至后台机进行软件分析。

《 $220\text{ kV}-500\text{ kV}$ 电力系统故障动态记录装置检测要求》规定,故障动态记录装置性能检测试验主要含零漂检查,交流电压、交流电流的线性范围及相位一致性检查,起动性能及起动值检查,开关量变位检查等,这些检查项目在设备定检时一般无法通过所接入的实际数据取得,常通过试验仪器模拟输出的方法进行。在模拟故障中,采取的各种方法也不尽统一,下面仅对如何通过测试仪器模拟线路故障后断路器重合闸的过程进行分析。

### 2.3.2 DP-3010E 电力系统动态记录分析系统模拟断路器重合闸检验

#### ① 故障及类型说明

故障1:线路保护操作箱采用单相重合闸方式,当线路发生单相故障时,切除故障相,实现一次单

相重合闸，重合成功。

故障 2：线路保护操作箱采用单相重合闸方式，当线路发生单相故障时，切除故障相，实现一次单相重合闸，重合于永久性故障加速跳三相。

故障线路为 330 kV 的 3049 石中线，一次接线图如图 10 所示。

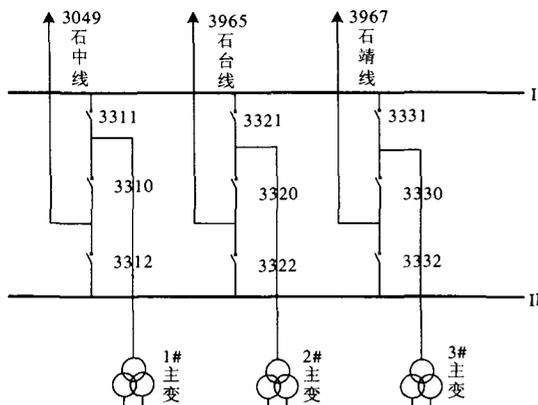


图 10 变电站一次接线图

Fig. 10 Primary of substation diagram

由于变电站采用 3/2 接线方式。故障线路关联开关为 3310 开关与 3312 开关，定值单中 3312 重合时间为 0.6 s，3310 重合时间为 1.2 s。若 3312 重合成功，则 3310 相继重合，若 3312 重合于永久性故障后跳三相，并向 3310 发闭锁重合命令，3310 开关不再重合且跳三相。测试仪采用继保之星-802 型。

② 测试实例

测试仪电流输出接故障录波器“330 kV 石中线电流”，电压输出接“330 kV 石中线线路电压”，开出 1 接“3310A 相跳闸”，开出 2 接“3312A 相跳闸”，开出 3 接“3049 石中线保护动作”，开出 4 采用并接的方式分别接入“3310B 相跳闸”，“3310C 相跳闸”，“3312B 相跳闸”，“3312C 相跳闸”。测试接线图如图 11 所示。

故障 1：3049 石中线线路发生单相故障后重合成功。

继保之星-802 测试仪测试菜单选择“状态序列”，在“状态名”下拉菜单中，将状态名定义为“故障前”、“故障”、“跳闸后”、“重合”和“永跳”五个状态名。

“故障前”将三相电压为 57.7 V，三相电流为 1 A，开出控制为“断开”，状态时间为 1 s，设置此项目的目的是为了使故障录波能记录到故障前一个周波正常电气量，同时保证测试仪开出量为“断开”状态。

“故障”状态模拟单相接地故障，数据可通过“短路计算”按钮计算得到，故障时间为 200 ms，开出控制为“闭合”。

“跳闸后”状态按边界条件取  $I_b=0, I_c=0, U_a=0, I_a=0, U_b=U_c=57.7$ ，状态时间为 0.6 s，开出控制为“闭合”；

“重合”状态三相电压恢复为 57.7 V，三相电流为 1 A，开出控制 2, 3, 4 为“断开”，开出 1 控制为“闭合”，状态时间为 0.6 s。

“重合二”状态三相电压恢复为 57.7 V，三相电流为 1 A，开出控制 1, 2, 3, 4 为“断开”，状态时间为 0.6 s。

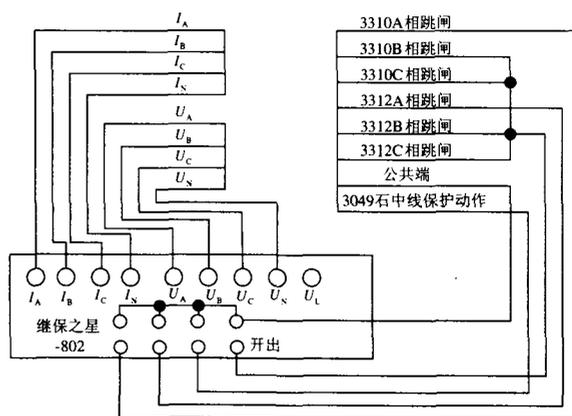


图 11 测试接线图

Fig. 11 Test wiring diagram

通过以上五种状态可模拟出线路单相接地，故障后开关跳闸，200 ms 后故障消失，0.6 s 3312 开关重合成功，1.2 s 3310 开关重合成功的故障实例，可通过选择将电气量变化情况及开关量变化情况打印在同一份报告上。

故障 2：3049 石中线线路发生单相故障后重合不成功。

继保之星-802 测试仪测试菜单选择“状态序列”，在“状态名”下拉菜单中，将状态名定义为“故障前”、“故障”、“跳闸后”、“重合”和“永跳”五个状态名。

“故障前”，“故障”“跳闸后”状态同故障 1。“重合”状态仍按边界条件取  $I_b=0, I_c=0, U_a=0, I_a=0, U_b=U_c=57.7$ ，状态时间为 0.3 s，开出控制为“断开”。

“永跳”状态取三相电压与三相电流均为 0，开出控制为“闭合”，状态时间为 0.6 s。

(下转第 75 页 continued on page 75)

5) 厂站端收到新的计划曲线时, 主动生成计划曲线的突发数据, 上送给其他主站, 采用 ASDU137 传送原因 COT=3。

整个过程采用直接控制模式, 不采用选择/执行方式。

### 3 设计方案的优点和实施的效益

#### 3.1 本实施方案的主要特点

1) 计划值预先设定 288 点, 传输过程采用拐点传输, 可完全匹配目前电力系统常用的 24 点到 288 点发电计划控制模式。

2) 该方案传输机制基于拐点传输, 大大提高了传输通道的适用范围, 使得该方案不但适用于 104 规约传输, 也适用于 1200bps 等情况下的低速率运动通道。

3) 发电计划的自动上传和主动召唤机制保证了多级相关调度中心或发电企业可以从现场得到当前实际执行的发电计划, 满足电力市场条件下公正、公平、公开的调度原则。

#### 3.2 本方案实施的效益

目前南网电网总调直调 12 个大型发电厂发电计划控制均采用该控制模式, 由于发电计划数据可以在 EMS 系统中实时修改和即时发布, 提高了电网日计划调整的工作效率和发电计划控制的可靠性。同时, 发电计划在调度 EMS 和发电厂控制系统中实时同步, 为下一步电力市场考核、电价和交

换电量的核算提供了可靠的实时数据和考核依据。

## 4 结论

本文所提出的方法是在 IEC60870-5-101 框架下自定义的帧格式, 它是南方电网内部进行发电计划值传输的专用报文, 它的使用不会对目前的系统功能造成影响, 只有实现了 ASDU137 的设备之间才能完成这样的功能。根据 ASDU137 的使用情况, 南方电网将进行修订和完善。在可能的情况下, 可以将其标准化, 为更多地区的电力系统服务。

### 参考文献

- [1] 《电力二次系统安全防护规定》(电监会 5 号令) [Z].
- [2] DL/T 634.5101-2002/IEC60870-5-101:2002 运动设备及系统第 5-101 部分:传输规约基本运动任务配套标准 [S].
- [3] 南方电网 DL/T 634.5101-2002 实施细则[Z].

收稿日期: 2007-12-13; 修回日期: 2008-02-20

作者简介:

胡荣 (1979-), 男, 工程师, 长期从事电力系统调度自动化工作; E-mail: hurong@csg.cn

张迎峰 (1979-), 女, 讲师, 长期从事电力系统教学和科研工作;

王首顶 (1964-), 男, 高级工程师, 长期从事电网调度自动化科研及开发工作。

(上接第 66 页 continued from page 66)

通过以上五种状态可模拟出线路单相接地, 故障后开关跳闸, 故障未消失, 0.6 s 后 3312 开关重合于永久性故障, 3310 开关不再重合直接跳开三相的故障实例, 可通过选择将电气量变化情况及开关量变化情况打印在同一份报告上。

## 3 结束语

实际应用中的继电保护装置往往不由单一保护完成, 而是由针对不同故障类型、不同保护范围的多种继电保护装置按一定逻辑关系连接在一起构成的成套保护, 检验时除了外观检查、保护装置性能检验外, 还包括对保护装置间及与辅助装置间的互动作关系的检验, 可以通过保护的整组试验、传动试验等手段来完成, 本文通过对几例微机保护调试的原理及方向的分析, 仅介绍了保护装置检验中几个特殊的方法和思路, 具体检验内容还得依据相

关保护调试大纲要求。

### 参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [2] 朱石声. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社.
- [3] PST1200 系列数字式变压器保护装置说明书[Z]. 国电南自.
- [4] LFX-912 继电保护专用收发信机装置说明书[Z]. 南瑞继保, 2000.
- [5] DP-3010E 电力系统动态分析系统说明书[Z]. 中恒博瑞, 2005.

收稿日期: 2007-09-11; 修回日期: 2007-10-23

吴永亮 (1974-), 男, 助理工程师, 从事继电保护及电力系统通信工作; E-mail: gswyl@263.net

李玉明 (1972-), 男, 工程师, 从事继电保护管理工作; 王春光 (1972-), 男, 工程师, 从事继电保护工作。