

适应智能调度的继电保护故障信息系统改造

王宁¹, 李岩军², 刘蔚¹, 庄博¹

(1. 华北电网有限公司, 北京市 宣武区 100053; 2. 中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192)

Renovation of Protective Relaying Fault Information System Adaptable to Smart Dispatch

WANG Ning¹, LI Yanjun², LIU Wei¹, ZHUANG Bo¹

(1. North China Power Grid Corporation, Xuanwu District, Beijing 100053, China;

2. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China)

ABSTRACT: To be adaptable to smart dispatch, overall renovation of existing protective relaying fault information system of North China power grid is performed. The renovation scheme is analyzed in detail in system structure, communication protocol, information format and fault diagnosis. Firstly, according to the differences between newly built substations and renovated substations several typical system structures are conceived and proposed, and the necessity of independent networking for protection devices and fault recorders is analyzed. Then adopting proven technique and combining with related international standards such as IEC 61850 and so on, the speed and quality of information uploading are improved; based on the standard of extensible markup language (XML) the content of fault report and the format of HDR are standardized with detail to perfect device information and fault character information, thus in master station system the convenience in information filtering is swinging implemented. Finally, several different fault diagnosis methods are explored to improve overall operation level of this system. Actual operational experiences of several months show that the proposed renovation scheme for existing protective relaying fault information system is reasonable and effective.

KEY WORDS: fault report; device information; fault character information; fault diagnosis

摘要: 为适应智能调度应用, 华北电网对其原有继电保护故障信息系统进行全面改造。文章从系统结构、通信规约、信息格式和故障诊断等方面对改造方案进行了详尽分析。首先根据新建站、改造站的不同, 提出了几种典型的系统架构设想。分析了保护与录波独立组网的必要性, 采用成熟的通信技术, 结合 IEC 61850 等相关国际标准, 提高信息上送速度和质量。基于可扩展标记语言(extensible markup language, XML)标准, 详尽地规范了故障报告内容和故障报告头文件格式(head description of recorder, HDR), 完善了设备信息、故障量信息, 极大地方便了主站系统信息过滤、整合。最后探索了几种不同的故障诊断方法, 以提升系统整体运行水平。

关键词: 故障报告; 设备信息; 故障量信息; 故障诊断

0 引言

按照国家电网公司建设坚强智能电网所确定的“统筹规划、统一标准、试点先行、整体推进”的工作方针^[1], 及智能电网试点调度部分工程项目建设总体方案^[2], 华北网调被国调中心确定为智能电网调度技术支持系统的试点建设单位, 负责实时监控与预警类应用研究和试点建设^[3]。其中, 适应智能调度的继电保护故障信息系统改造是该项目建设的重要一环。

传统的继电保护故障信息系统是利用计算机、网络和通信技术, 实时收集变电站运行和故障信息, 为继电保护信息和电网故障信息的分析和处理提供完整的解决方案^[4], 并通过对变电站故障信息的综合分析, 为调度管理部门及时了解电网故障情况、分析事故和故障定位提供科学依据。但在实际的使用过程中, 该系统存在许多需要改进的地方, 如信息上送不完整、报文混乱等。

结合系统整体架构以及基本数据集, 本文对现存问题的解决进行了深入探索, 开发了新的继电保护及故障信息管理系统。该系统建立在基于面向对象的、组件化和分布式体系结构的软件开发平台之上^[5], 实现了“即插即用”和对等的系统互联互通, 具有二次设备管理、运行状态监视、定值整定等功能, 并能对二次设备所记录的异常或故障信息进行综合分析。

1 系统网络架构

适应智能调度的继电保护故障信息系统改造是在继承、发扬现有系统运行的良好经验基础上, 对其不足进行改造、完善。首先, 对继电保护故障

信息系统架构进行了重新设计(见图 1), 采用多路径、多通道信息采集, 从不同辅助系统中获取与继电保护故障分析相关的信息, 为后续的智能故障诊断提供实时、可靠的基础数据。

依据文献[6], 结合华北继电保护故障系统建设具体情况, 在改造适应智能调度的继电保护装置信息系统时, 采取了如下几种典型应用模式:

1) 智能变电站。

智能变电站利用网络技术将保护信息上送至站控层, 集成开关变位动作信息、保护装置、故障录波等数据, 实现变电站故障信息综合分析决策。站内保护装置与站控层采用 IEC 61850 标准进行通信, 站控层保护信息与调度端 D5000 平台, 通信采用 TCP 协议+M 编码(TCP 协议+M 编码未发布时, 采用国网 103 规约)。

站内故障录波器与站控层采用 IEC 61850 标准进行通信。近期保留故障录波器单独组网, 故障录波器与录波主站采用 IEC 61850 标准进行通信, 录波主站采用国网 103 规约(根据主站情况可选其它规约)接入调度端 D5000 平台, 实现故障分析与定位功能。

2) 保护通信采用 IEC 61850 的变电站。

变电站采用保护、监控分别组网的模式。站内保护装置采用 IEC 61850 标准与保护信息子站进行通信。通过保护信息子站的改造, 传送保护信息、测距信息等, 采用 TCP 协议+M 编码(TCP 协议+M 编码未发布时, 采用国网 103 规约)接入调度端 D5000 平台。

简要保护动作信息(硬接点或报文)由监控系统

接入调度端 D5000 平台, 实现快速故障定位与分析功能。

故障录波器单独组网, 故障录波器与录波主站采用 IEC 61850 标准进行通信, 录波主站采用国网 103 规约(根据主站情况可选其它规约)接入调度端 D5000 平台, 实现故障分析与定位功能。

本阶段试点工程采用此方案, 有关通信、故障报文整理、故障诊断等细节问题详见下文分析。

3) 常规变电站。

故障录波器单独组网, 故障录波器与录波主站采用原有通信方式, 调度端录波主站采用国网 103 规约(根据主站情况可选其它规约)接入 D5000 平台, 实现故障分析与定位功能。

简要保护动作信息(硬接点或报文)由监控系统逐步接入调度端 D5000 平台, 实现快速故障定位与分析功能。

2 通信分析

2.1 通信现状

随着继电保护和故障录波器联网技术的普遍应用, 设备接口的规范化问题越来越突出^[7]。已运行的各个常规变电站内由于各设备制造厂家保护规约或故障录波器数据文件格式不同, 给子站设备的信息接入、维护工作增加了很多不便^[8]。子站在处理这些信息时基本上是基于各类不同点表的解释, 子站规约接入、转出设计繁杂, 调试不便。同时, 录波器数据与继电保护信息经子站共同转出, 子站运行效率降低, 在故障发生时易发生信息堵塞, 造成主站往往得不到必要的数据。

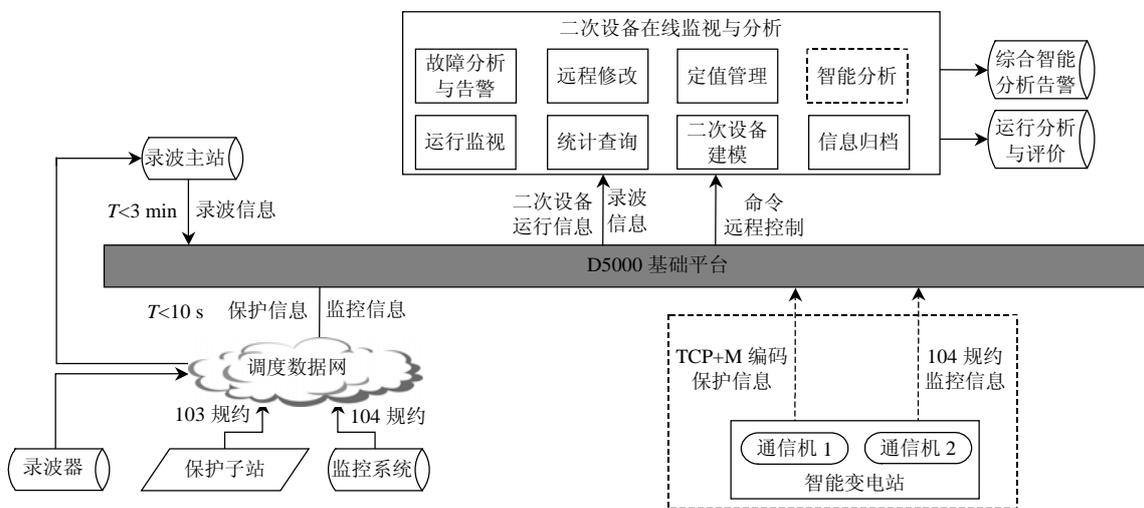


图 1 主子站网络架构

Fig. 1 Structure of monitoring and analysis network

为了适应智能调度的应用，有必要寻求一种更好的组网方式，简化子站的信息处理，降低子站调试工作量，进而提高主、子站整体运行水平。

经过多年运行探索，录波器与继电保护分别组网接入主站是一种优化选择，这样容易分流录波器数据和继电保护信息，在故障发生时有更多机会向主站上传故障信息。另外基于建模技术的 IEC 61850 标准解决了繁琐的点表解释问题，使得子站调试维护工作大大降低。因此在本试点工程中变电站内各类二次设备信息采取分别组网接入主站的方式。

如图 2 所示，在接入变电站内各类二次设备信息时，保护设备组网先接入保护信息子站，然后接入调度主站的保护通信服务器。录波器设备另外独立组网，与保护信息子站共用交换机，直接接入调度主站的录波通信服务器。

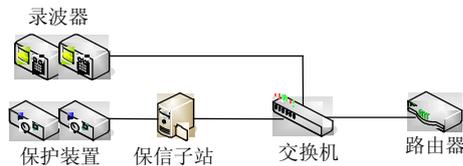


图 2 变电站层故障信息接入

Fig. 2 Substation information transmitting network

站内数据交换内容主要包括：变电站一、二次设备的模型文件(substation configuration description, SCD)，保护及录波装置的告警信息、事件信息，故障简报，录波数据等。

2.2 录波器数据的通信接入

录波数据的特点是信息量大，为了各自数据记录、分析方便，各录波器厂家都有自定义的文件存储方式，也有厂家按照 COMTRADE 暂态数据交换通用格式存储^[9]。在向主站发送录波数据时，为提高通信的可靠性，各录波器厂家一般选择基于 TCP/IP 协议的私有文件传输协议传送录波文件。这就需要在调度主站设置通信转换模块，并将采集的录波器数据按照 COMTRADE 暂态数据交换通用格式存储，以实现录波数据的交互和共享，典型的录波器数据通信接入方案如图 3 所示。后期为更好地

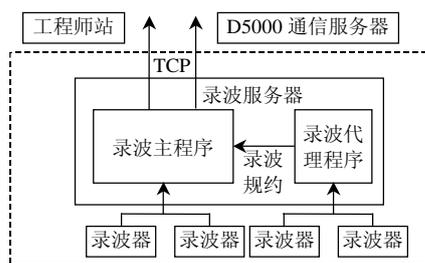


图 3 录波主站系统

Fig. 3 The method of dealing recorder data

实现录波器数据可靠、快速交换，有条件的情况下可采用标准规约(如 IEC 61850)传输录波数据。

2.3 继电保护数据的通信接入

目前变电站内比较多的保护装置采用了 103 规约作为与保信子站接入的通信标准，主子站间也有各种扩展 103 规约存在。华北电网原有的故障信息管理系统中主子站通信协议采用的也是一种扩展 103 规约(简称华北 103 规约)。它能较方便地传送保护动作信号、开关动作信息以及它们的运行异常信号和故障报告、保护定值等^[10]；能满足向主站主动传送及主站调用部分故障信息的要求，也能满足按用户需要设定不同类型数据，采用不同优先级有序传送的要求。但是该规约只支持从子站检索历史报告，不支持对保护装置内历史动作报告的检索。子站需要采集、并合成保护装置送出的保护事件，归类存储、发送。子站设计复杂，运行效率降低。

2.4 其他规约分析

采用 IEC 61850 标准通信实现变电站继电保护等二次设备接入是可行的，并且主子站间采用 IEC 61850 通信还能按文件格式检索历史动作报告。如果保护装置将动作报告写入某个文件，可直接从保护装置通过召唤文件形式获得保护历史报告信息。但是，主子站间采用 IEC 61850 通信的应用还不广泛，只在国内部分地区使用。

国网 103 规约是一种成熟的主子站通信规范，其中增加了召唤保护装置历史信息报文的定义，包括了从子站召唤和直接从保护召唤的区别标识，可以支持从保护直接召唤历史动作报告。

2.5 系统应用

综上所述，改造华北电网故障信息管理系统时，优先推荐采用国网 103 规约作为主子站通信规范。试点变电站站内通信统一采用 IEC 61850，并依据文献[11]建模。

3 故障信息整合

3.1 信息交互策略分析

为了适应智能调度的技术应用，本项目在实施过程中重视源端数据的采集、维护，简化中间过程合并故障信息等复杂处理，以提高网络传递效率，充分服务于主站对数据的属性甄别、故障定位、故障性质分析等应用。在简化传统继电保护信息系统子站构架的同时，提升整套系统的运行效率，其重点是源端数据的信息整合。

为了方便主站对故障信息进行分析,本项目在实施中考虑采用文件形式存储、上送故障报告。相对于常规的故障信息处理有如下优点:1)不易丢失;2)容易形成完整的区域事故报文;3)支持对保护装置故障信息进行历史查询。

变电站内采用 IEC61850 接入继电保护设备时,主要依靠日志功能存储历史报告,而在相关日志功能尚未完善之前,以文件的形式查询历史报告是非常便利的方法。这样可以简化子站设计,不需要子站特殊合成处理保护动作信息,这样可直接获得保护装置内存储的历史故障信息。

3.2 故障报告 HDR 文件格式

随着自动化技术的发展,大部分继电保护厂家都有了基于 IEC61850 规范的产品,其输出信息丰富,并可以文件形式输出继电保护动作报告。本系统在建设中对故障信息报告的格式进行了深入讨论,进一步细化了故障信息分类,同时明确了 FaultKeepingTime 等应用描述。

保护故障报告的书写格式应遵循可扩展标记语言 XML1.0 规范,编码采用 UTF-8,并作为相关 COMTRADE 故障数据文件的 HDR 子文件进行存储及上送。故障报告由 DeviceInfo、TripInfo、FaultInfo、DigitalStatus、DigitalEvent、SettingValue 6 种主要信息体(参见图 4)及若干公共信息体(表 1)构成。TripInfo 信息体中可以包含多个可选的 FaultInfo 信息体。FaultInfo 信息体表示该次动作的电流电压等信息。通过该报告内容可以清晰地反映和显示故障的概况和动作过程。

每一类继电保护装置按照国网继电保护“六统一”要求,输出标准的继电保护动作报告,其内容应以文件方式存储、输出,并通过文件名后缀区分是否为启动报告(_S),还是动作报告(_F),样例如图 4 所示。

DeviceInfo 信息的内容来源可以为定值或配置文件。FaultInfo、DigitalStatus、DigitalEvent、SettingValue 信息的多少可以根据不同的保护类型、不同的制造厂商而不同。其中 FaultInfo 既可作为单条动作报文的附属信息使用,也可作为动作整组的故障参数使用。线路保护及辅助装置的故障信息内容应满足文献[12]要求,元件保护装置的故障信息内容应满足文献[13]要求。各信息体表示的内容如下:

- 1) DeviceInfo 部分记录装置的相关描述信息。
- 2) TripInfo 部分记录故障过程中的保护动作

O name	O value
1 厂站名称	安次变
2 一次设备名称	线路
3 一次设备调度编号	5011
4 装置型号	RC9931AM
5 程序版本	V3.00
6 网络地址1	192.168.163.50
7 网络地址2	192.168.164.50
8 网络地址3	192.168.165.50
9 网络地址4	192.168.166.50
10 制造厂商	南瑞继保

0 FaultStartTime 2010-05-14 16:09:36:968

O time	O name	O phase	O value
1 10ms	电流差动保护动作		1
2 10ms	跳A		1
3 10ms	跳B		1
4 10ms	跳C		1
5 10ms	零序加速动作		1
6 140ms	电流差动保护动作		0
7 140ms	零序加速动作		0
8 140ms	跳A		0
9 140ms	跳B		0
10 140ms	跳C		0

O name	O value	O unit
1 最大故障电流	26.46	kA
2 最大零序电流	26.68	kA
3 短路位置	0.00	km
4 故障选相	ABC	相

0 DataFileSize 16230
0 FaultKeepingTime 140ms

图 4 故障报告 HDR 样例

Fig. 4 Sample of fault report

事件。

3) FaultInfo 部分记录故障过程中的故障电流、故障电压、故障相、故障距离等信息。

4) DigitalStatus 部分记录故障前装置开入自检等信号状态。

5) DigitalEvent 部分记录保护故障过程中装置开入自检等信号的变化事件;所有开关量按动作时间排序,同时记录动作时间和返回时间。

6) SettingValue 部分记录故障时装置定值的实际值。本部分为可选。

除了 6 种主要信息体, HDR 文件还需通过 FaultStartTime、DataFileSize、FaultKeepingTime 等公共信息体元素记录故障的其它整组信息,见表 1。

表 1 公共信息体元素

Tab. 1 List of common informations

信息体元素名	值类型	说明
FaultStartTime	字符型	故障起始时间,格式为 YYYY-MM-DDhh:mm:ss:sss
DataFileSize	整型	故障相关 Comtrade 录波数据 Dat 文件大小,单位字节
FaultKeepingTime	字符型	故障持续时间:瞬时性故障填写第 1 次故障电流持续存在的时间;永久性故障,分别填写第 1 次故障电流持续存在的时间、重合后第 2 次故障电流持续存在的时间。该时间可参考保护动作节点、或断路器动作节点的变位时间

3.3 设备信息 DeviceInfo 格式

DeviceInfo 是 HDR 故障报告中重要的一部分装置信息描述,其信息简洁、明确,便于主站快速定位故障地点及故障影响范围。其提供的版本信息、IP 地址信息也方便了对设备的管理维护。见表 2。

表 2 DeviceInfo 类信息列表
Tab. 2 List of device informations

DeviceInfo 类信息名称	说明
厂站名称	如“固安站”
一次设备名称	参见《华北电网设备命名规范》，如“大房一线”、“1号变”
一次设备调度编号	一般为对应开关编号，如 5011、5012
装置型号	如“RCS-931A”、“CSC-103A”等
程序版本	如“V1.01”
网络地址	针对多网络地址的情况，每个地址可以用元素 name 值加以区分，如：“网调地址”、“省调地址”（或“地调地址”），需按照实际情况区别填写，如某一段地址没有可不填。

DeviceInfo 类信息比较广泛，可以从多个途径获得所需信息：1) 可由继电保护装置基本参数获得通信地址、被保护设备(一次设备名称)信息。2) 可由 SCD 中获得厂站名称、一次设备调度编号等信息。3) 装置型号、程序版本是继电保护装置内部设定的。

3.4 故障量信息 FaultInfo 格式

运行中很多继电保护设备对于 FaultInfo 信息的表述总是很模糊，以至于主站得到后不知如何解析这些事件。本项目在实施过程中对此特别进行分析，其使用阐述如表 3 所示。

表 3 FaultInfo 类信息列表
Tab. 3 List of fault informations

FaultInfo 类信息名称	说明
故障相别	只能为以下值：AN、BN、CN、AB、BC、CA、ABN、BCN、CAN、ABC
故障相电压	故障期间一次电压基波最小有效值，每相电压均通过元素 name 值明确相别，如：A 相故障电压
故障相电流	故障期间一次电流基波最大有效值，每相电流均通过元素 name 值明确相别，如：A 相故障电流
故障测距结果	反映故障点到保护安装处的距离，如 17 km
重合闸动作时间	从故障 0 时刻开始到重合闸动作的时间

4 智能故障判断的几种模式

4.1 故障诊断模式分析

故障发生后，大量的事件报文送到主站。这些信息没有直接的关联关系，主站在收到这些信息后，并不能直观地阅读、快速判断事件发展的过程、故障性质等情况。主站系统需要对这些事件报文进行再处理，如按时间排列、按间隔组织成有条理的报文组，然后才能较为方便地阅读^[14]。如果事件报文在上送过程中缺失，或者二次设备模型缺失，都会导致主站系统不能生成直观、准确的报告。因此，单纯依靠某一类信息去诊断，不利于调度人员对事

件的判断和快速处理。为此，本项目在实施过程中对故障的判断采取了多种方式。

1) 结合网络拓补判断设备故障。

首先根据事件顺序记录(sequence of event, SOE)开关变位信息判别一次设备跳闸情况，然后调取相应一次设备的保护动作及故障录波信息，以判别是否为故障跳闸。系统故障判断依据：故障录波信息；系统电流突变大于 0.1 倍额定电流或广域量测系统(wide area measurement system, WAMS)测得的潮流波动大于 100MW。

优点：SOE 中开关变位信息齐备、完整，现场接入工作量小；充分利用 SOE 开关变位信息上送及时、准确的特点，快速判别一次设备跳闸情况，利用现有应用软件系统功能，进行综合判断，模仿现有管理模式下调度员处理和判断事故的流程。

缺点：①需要开发与各个应用系统的配合接口，受限于各个系统的正常运行，如有任何一个不能正常工作，整个故障判别系统将无法运行；②受限于故障录波联网系统运行的稳定性和信息接入的完整性。

2) 结合保护动作信息判断设备故障。

通过继电保护故障信息系统中保护、故障录波信息动作出口掉闸的信息来判断设备故障^[15]。

优点：仅需开发与继电保护故障录波联网系统的配合接口。缺点：①受限于故障录波联网系统运行的稳定性和信息接入的完整性；②故障录波联网信息上传延时长。

4.2 故障信息模板内容

判断出设备故障后，提示信息应简单明了，举例如下：

- 1) 设备故障名称(如：沽太一线)。
- 2) 开关变位信息(如：保北/500kV.5011 开关)。
- 3) 选相(AB)。
- 4) 重合情况(不成功)。
- 5) 故障测距信息(距华北.太平 276.7km；距华北.沽源串补 24.3km)。
- 6) 最大短路电流(15kA)。

5 结论

1) 采用继电保护、录波器单独组网接入继电保护故障信息系统，提高了通信的可靠性。通过对不同规约应用的研究，确定变电站内采用 IEC 61850 通信，主子站间采用国网 103 规约是可行的，

并且充分实现了按文件格式检索历史动作报告。

2) 将继电保护动作报告以规范的可扩展标记语言(extensible markup language, XML)文件格式上送, 故障信息清晰明了, 易于分析。

3) 多元化的故障诊断方案, 将 SOE 开关变位、保护动作报告、录波器数据三者融合在一起, 综合潮流突变模块的判断结果, 可以快速定位故障。

4) 通过近几个月的运行实践表明, 该改造方案运行稳定, 系统内部信息交换效率得到明显改善, 提高了继电保护专业运行和管理的现代化水平, 效益显著。

参考文献

- [1] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33(8): 1-7.
Chen Shuyong, Song Shufang, Li Lanxin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33(8): 1-7(in Chinese).
- [2] 姚建国, 严胜, 杨胜春, 等. 中国特色智能调度的实践与展望[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 16-20.
Yao Jianguo, Yan Sheng, Yang Shengchun, et al. Practice and prospects of intelligent dispatch with Chinese characteristics [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 16-20(in Chinese).
- [3] 张伯明, 孙宏斌, 吴文传, 等. 智能电网控制中心技术的未来发展[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 21-28.
Zhang Boming, Sun Hongbin, Wu Wenchuan, et al. Future development of control center technologies for smart grid [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 21-28(in Chinese).
- [4] 袁宇波, 丁俊健, 陆于平, 等. 基于 Internet/Intranet 的电网继电保护及故障信息管理系统[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(17): 39-42.
Yuan Yubo, Ding Junjian, Lu Yuping, et al. Application of voltage and reactive power autocontrol in automatic system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(17): 39-42(in Chinese).
- [5] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.
Wu Zaijun, Hu Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC 61850[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 61-65(in Chinese).
- [6] Q/GDW 441—2010 智能变电站继电保护技术规范[S].
- [7] 史志鸿, 刘伟, 廖泽友, 等. 继电保护故障信息系统的通信协议探讨[J]. 继电器, 2004, 32(9): 40-44.
Shi Zhihong, Liu Wei, Liao Zeyou, et al. Protective relaying fault information system of communication protocols[J]. Relay, 2004, 32(9): 40-44(in Chinese).
- [8] 赵有铨, 赵曼勇, 贺春. 继电保护故障信息系统建设经验谈[J]. 继电器, 2006, 34(6): 64-67.
Zhao Youchun, Zhao Manyong, He Chun. Experience in the project construction of fault information system for relay protection [J]. Relay, 2006, 34(6): 64-67(in Chinese).
- [9] 唐海军, 王涛. 电网故障信息管理系统子站和分站的设计与实现[J]. 华中电力, 2005, 18(5): 59-61,74.
Tang Haijun, Wang Tao. The design and the realization of the power grid fault information management system son station[J]. Central China Electric Power, 2005, 18(5): 59-61,74(in Chinese).
- [10] 韩晓萍, 李佰国, 王肃, 等. 继电保护及故障信息系统的设计与实现[J]. 电网技术, 2004, 28(18): 16-20.
Han Xiaoping, Li Baiguo, Wang Su, et al. Design and realization of relay protection and fault information system[J]. Power System Technology, 2004, 28(18): 16-20(in Chinese).
- [11] Q/GDW 396—2009 IEC61850 工程继电保护应用模型[S].
- [12] Q/GDW 161—2007 线路保护及辅助装置标准化设计规范[S].
- [13] Q/GDW 175—2008 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范[S].
- [14] 徐立子. IEC 61850 对变电站自动化系统报文性能的要求[J]. 电网技术, 2002, 26(11): 1-3.
Xu Lizi. Requirement of IEC 61850 to performance of messages for substation automation system[J]. Power System Technology, 2002, 26(11): 1-3(in Chinese).
- [15] 顾坚, 徐剑, 张国秦. 继电保护及故障信息管理系统子站的应用探讨[J]. 电气应用, 2005(2): 24-26.
Gu Jian, Xu Jian, Zhang Guoqin. A discussion of relay protection and fault information management system on substation [J]. Electrotechnical Application, 2005(2): 24-26(in Chinese).



王宁

收稿日期: 2011-02-22。

作者简介:

王宁(1968), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护专业管理工作;

李岩军(1973), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力系统自动控制及微机继电保护的研究,

E-mail: liyanjun@epri.sgcc.com.cn;

刘蔚(1973), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护专业管理工作;

庄博(1976), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力系统继电保护专业管理工作。

(责任编辑 李兰欣)