

数字化变电站继电保护可靠性措施研究

余锐¹,熊小伏²,于军²

(1. 四川电力公司调度中心, 四川 成都 610041; 2. 重庆大学电气工程学院, 重庆 400030)

摘要:基于 IEC 61850 协议的数字化变电站实现了整个变电站内信息共享。基于此,继电保护系统的可靠性指标应有新的提高。从提高数字化变电站保护系统可靠性出发提出了两种保护装置故障的后备措施: SBPU—Shared Back-up Protection Unit(用于解决保护单元失效)和 SB—Software Back-up(用于解决互感器失效)。并进一步通过信息流仿真,得到后备可靠性方案的投切时间。结果表明,所提两种方案均具有可行性。

关键词:数字化变电站;可靠性;信息流仿真;投切时间;可行性。

Abstract: Digital substation based on IEC 61850 takes information sharing into account within the whole substation. Hereupon, the reliability index of relay protection system should be upgraded. Two backup measures are proposed for the fault of protective devices: SBPU—Shared Back-up Protection Unit(used to solve the invalidation of protection unit) and SB—Software Back-up(used to solve the invalidation of current and voltage transformers). And then, the switching time of backup reliability scheme can be obtained through information flow simulation. The result shows that both of these two proposed schemes are feasible.

Key words: digital substation; reliability; information flow simulation; switching time; feasibility

中图分类号: TM762 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)02-0033-04

IEC 61850 标准的颁布和光电/电子式互感器的工程应用为数字化变电站的实现奠定了基础^[1~3]。与目前广泛采用的微机保护和变电站综合自动化系统相比,数字化变电站具有更为独特的优势^[4,5]。其中站内数据和信息的共享能够获取变电站内部每一部分的信息,每一设备的运行状况。因此,如何利用信息共享开发保护系统的新型功能^[6]成为当前继电保护领域的一大挑战。

数字化变电站的安全运行依托信息网络。新型保护装置及数字互感器的可靠性还处于不断完善阶段。如何预防数字化变电站中的设备失效,确保达到较综合自动化系统更高的可靠性是数字化变电站技术成败的关键。因此必须研究数字化变电站的可靠性措施。

基于信息共享,从提高数字化变电站保护系统可靠性出发提出了两种新可靠性方案,即 SBPU—Shared Back-up Protection Unit(用于解决保护单元失效)和 SB—Software Back-up(用于解决互感器失效),并进一步通过信息仿真,得到两种可靠性方案的投切时间。结果表明,所提两种方案均具有可行性。

通常继电保护系统保护单元失效均会导致停电检修,一次系统故障状态下的失效则会导致电网事故扩大。基于信息共享,则提出采用共享后备单元实现保护装置失效的后备。

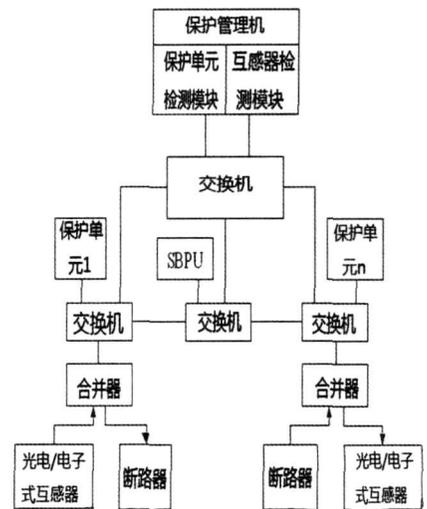


图 1 可靠性方案结构图

图 1 表示了采用公共后备保护单元的系统结构图。其中保护单元 1 到保护单元 n 是变电站配置的保护单元, SBPU 是共享后备保护单元。

当各保护单元工作正常时, SBPU 并不采集数据。当某保护单元例如保护 1 工作异常或失效时,由

1 针对保护单元失效的可靠性措施

保护管理机检测到该单元异常时启动共享备用保护单元,并下载失效对象间隔的保护定值,此时备用保护单元可启动采集该间隔的数据,自动承担失效单元的保护功能,从而做到在线不停电的保护功能恢复。此方案的信号流程设计如图 2 所示(图中,DS 表示检测信号;ASS 表示激活 SBPU 信号;AMS 表示告知过程层设备信息流换向信号;DLS 为保护定值下载信号;MS 为测量信号)。

这一方案的优点在于:

- 1)不必对每个保护装置采用双重化配置即可实现保护装置的冗余,提高保护系统可靠性,特别适合于中低压电网未采用双重化配置的情况;
- 2)保护装置失效时,不必马上停电检修处理,适用于无人值守变电站。
- 3)将各间隔的数据送往备用单元无需电缆连接,仅采用光纤传输数字信号,实现备用容易、成本低。

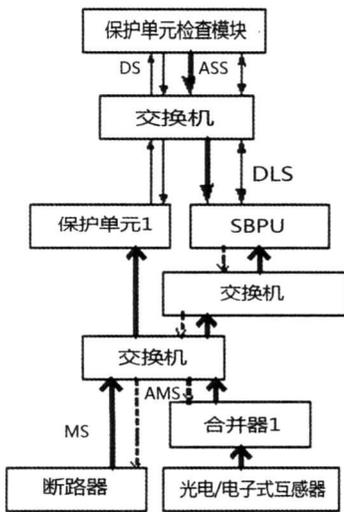


图 2 SBPU 方案信号流切换

2 数字互感器失效的可靠性措施

数字化互感器是数字化变电站的主要特征,但电子光电式数字互感器集成了多个电子模块,且工作在恶劣的电磁环境下,失效的概率有所增加。因此,提出采用信息冗余的软后备方案解决数字互感器失效的互感器后备方案(SB)。

以如图 3 所示的网络为例,根据克希霍夫电流定律:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad (1)$$

式中: i_1 为支路 L_1 的电流; i_2 为支路 L_2 的电流; i_3 为

支路 L_3 的电流。因此,任一回路的电流量可通过其他回路的电流量计算而得。这意味着当某一回路的互感器失效时,可用其他回路的电流来间接获取失效回路的电流。

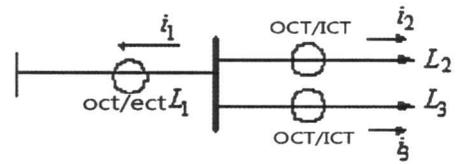


图 3 系统网络结构图

图 4 是假设回路 2 互感器失效该回路数据由其他回路获取的信号流程图。

当间隔 2 的保护单元检测到相应的互感器异常或失效时,该间隔的保护单元可向间隔 1 合并器和间隔 3 合并器申请传送线路 L_1 和 L_3 的电流,通过网络获得相关回路的电流采样值后用于代替 L_2 的电流。此时保护单元 2 仍然间接获得了 L_2 回路的电流数据,通过数据分析处理仍然维持对 L_2 回路的保护功能。

由上可见,这种后备方式无须添加硬件设备,仅通过软件功能的调用和信号传递方向的改变即可实现后备功能。

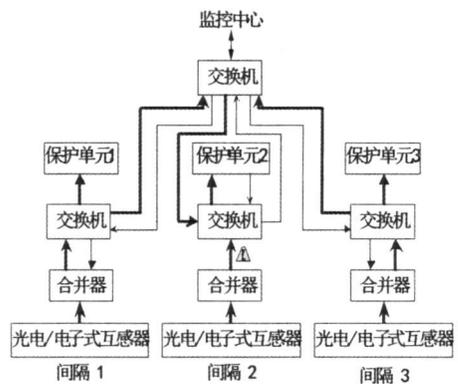


图 4 SB 方案信号流程图

3 两种可靠性方案的信息流仿真

基于信息共享的新型可靠性方案实现了保护系统冗余的低成本。但是,后备功能应用的关键在于备用功能的投切时间是否满足快速性要求。极端情况下,在一次系统故障同时保护装置也失效时,启动后备功能的延时希望能控制在 10 ms 之内。

延时时间包含两部分:设备内部信息的处理时间和信息的网络传输时间。由于设备内部信息的处理

时间可以通过软件的优化设计进行准确的控制,因此将对网络信息传输时间的仿真作为重点。

设文中方案应用的变电站结构:网络节点为 26、星型拓扑结构、100 Mbps 以太网。以 112 字节的数据包作为传输报文大小。通过 OPNET 仿真^[7~9],结果如下。

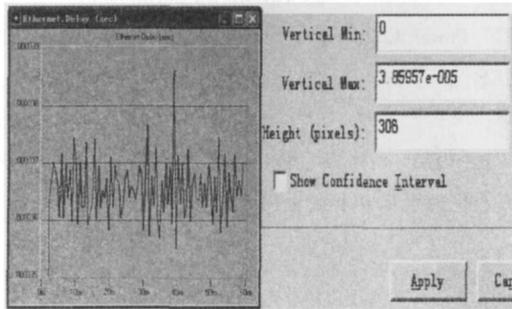


图 5 仿真时延

图 5 表示单组报文的网络最大时延为 0.038 6 ms

以 SBPU 方案为例,图 6 所示为其切换信号模型。图中,①为失效保护单元应答保护管理机检测信号;②、③实现了 SBPU 的激活;④、⑤实现 SBPU 通过网络从保护管理机下载失效单元的保护定值;⑥、⑦、⑧实现了 SBPU 与失效保护单元所在间隔合并器的联接。由此可见,方案的备用投切时延需要 8 个 GOOSE 报文的有效传输。依据图 5 所示的最大网络延迟 0.038 6 ms 可得,整个的备用投切信息传输时延为 $8 \times 0.038 6 = 0.308 \text{ ms}$ 相对于启动延时的希望值来讲,完全可以接受。因此,SBPU 方案具有可行性。

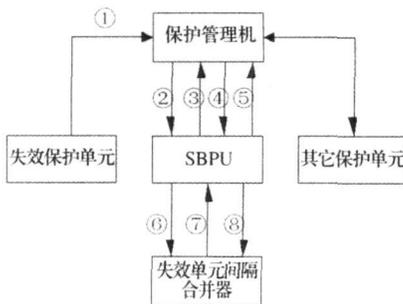


图 6 SBPU 方案切换的信号流模型

根据 SB 的工作原理分析方案 SB 的信息传输时延。假定间隔 1 合并器失效,则方案投切的信息流程如图 7 所示。图中,实线信号表示保护单元 1 向其相关合并器发布申请信号命令;非实线信号表示保护单元 1 与合并器建立关联。可以认为,各合并器与保护单元 1 之间的信息流同步进行,因此整个方案的信息

传输时延为 $3 \times 0.038 6 = 0.115 \text{ ms}$ 可见,此方案具有可行性。

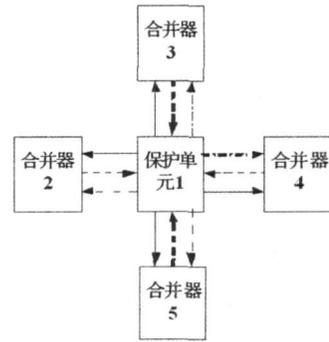


图 7 SB 方案切换的信号流

4 结 论

根据基于数字化变电站保护自动系统结构,利用其在信息共享、数据传输方便的特点,提出了解决保护装置失效和互感器失效的两种技术方案。并进一步通过 OPNET 仿真分析了两种方案投切所需要的时间,主要结论如下。

1)对于保护装置的失效,可采用共享备用保护单元的方案。其优点在于在提供备份的同时最大限度地减少了备份数量,简化了系统结构,提高了系统可靠性;

2)对于光电/电子式互感器失效导致的信号回路中断或异常,可利用一次系统接线满足基本电流定律约束的原理,通过网络实时从相关回路调取数据,间接计算失效回路电流的方法实现备用的方案;这一方案不增加硬件设备,但仍可维持保护功能,是一种有效的“软备用”方式。

3)通过 OPNET 网络仿真,得到较为逼近实际物理网络传输中的传输时延。并且结合两种方案的工作原理,计算出了两种方案的投切时间。结果表明,两种方案均具有可行性。

但是,基于信息共享的两种可靠性方案实现的前提在于保护装置的失效诊断和互感器的状态诊断。而目前,保护装置的失效诊断是一个颇为复杂的问题,目前尚无成熟的解决方案;同样,光学/电子互感器的状态诊断也处于真空阶段。因此,保护系统装置的状态诊断还需要更进一步的研究。

参考文献

[1] 李九虎, 郑玉平, 古世东, 等. 电子式互感器在数字化

变电站的应用 [J]. 电力系统自动化, 2007, 33(1): 78—82

[2] IEC61850, 2002

[3] 徐大可, 赵建宁, 张爱祥. 电子式互感器在数字化变电站中的应用 [J]. 高电压技术, 2007, 33(1): 78—82

[4] 高翔, 张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术 [J]. 电网技术, 2006, 30(23): 67—71.

[5] 樊唯钦. 数字化变电站的发展与应用 [J]. 电网技术, 2006, (30): 97—100.

[6] XIONG Xiaofu, YU Jun, LIU Xiaofang etc Reliability of Substation Protection System Based on IEC61850. TRANSACTIONS OF TIANJIN UNIVERSITY. 2008, 14(2): 118—122.

[7] 张铭, 窦赫蕾, 常春藤. OPNET Modeler 与网络仿真

[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

[8] T. S. Sidhu and Y. Yujie Modelling and Simulation for Performance Evaluation of IEC61850 — Based Substation Communication Systems [J] Power Delivery IEEE Transactions on 2007, 22, 1482—1489.

[9] T. S. Sidhu and Y. Yujie IED modelling for IEC61850 based substation automation system performance simulation [C]. Power Engineering Society General Meeting 2006. IEEE, p 7 pp

作者简介:

余 锐 (1976 —), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统继电保护和配电网自动化.

(收稿日期: 2008—12—03)

(上接第 12 页)

《供电企业安全性评价查评依据》置于后台数据库中, 并设置按条件查阅功能, 普通用户可以通过访问浏览器, 根据自身需要有选择性的查阅学习查评标准, 方便记忆。

同时, 系统还添加了安评管理部门根据自身的情况适当修改查评标准的功能。

3.3 自动生成报表

该功能主要用于解决查评工作中, 报表内容制定不够规范、格式不统一的问题。

根据《供电企业安全性评价标准》的要求, 系统提供了 6 种评价表的模板, 用户可根据自身需要, 在完成相应的查评工作后, 下载所需的表格。

3.4 完成情况查询

由于安全性评价的查评内容繁杂多样, 并且参与的部门和人员较多, 查评管理部门对安评工作难于驾驭, 为此, 本系统开发完成情况查询功能。

该功能可以实现安全性评价工作管理部门对安全性评价工作进行全面跟踪管理。其中包括查评工作的完成情况和整改工作的完成情况。利用此功能, 管理部门可以非常方便地查询到查评工作的状态, 并对相关部门进行催办、监督。

4 在璧山供电局的实践

安全性评价工作本身就是一个复杂的过程, 再加上受璧山县地形因素的影响, 璧山县供电局的电网构成复杂, 更加导致了璧山供电局安全性评价工作操作费时又费力。

目前, 供电企业安全性评价自动化管理系统已经在重庆市电力公司璧山县供电局试运行。系统安装在供电局内部局域网的服务器上, 各部门、车间可以通过访问浏览器传输、共享数据文件, 完全实现安全性评价的办公自动化, 在防范供电企业电力生产中可能存在的事故及隐患, 消除各种不利因素等方面发挥了积极有效的作用, 充分提高了工作效率, 取得了良好的效果。

参考文献

[1] 黄祝成, 邓克. 网络技术在电力安全性评价中的应用 [J]. 电力安全技术, 2002, 4(12): 16—18, 26.

[2] 杨松, 肖辉旭, 郭志锋, 等. 电网调度系统安全性评价管理系统开发 [J]. 吉林电力, 2007, 35(1): 54—56.

[3] 沈国栋. 安全性评价对安全生产的促进作用 [J]. 电力安全技术, 2001, 6(3): 17—18.

[4] 于古胜, 李华敏, 胡成全. 基于 B/S 模式的电力安全性评价系统的设计和实现 [J]. 电讯技术, 2007, 47(6): 186—189.

[5] 周天雷. 基于 WEB 的电力安全性评价综合管理系统 [J]. 浙江电力, 2007, 18(3): 72—75.

[6] 国家电网公司. 供电企业安全性评价标准 [S]. 北京: 中国电力出版社. 2002.

[7] 张丽英. 供电企业安全性评价查评依据 [M]. 北京: 中国电力出版社. 2002.

作者简介:

潘守翡 (1985—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机技术在电力系统中的应用。

雷 霞 (1973—), 女, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为配电网自动化和电力市场。

(收稿日期: 2009—02—15)