

电能量计量系统单回线路停电时间统计逻辑的设计与实现

设计了电能量计量系统单回线路停电时间统计逻辑，并通过引入生产控制系统的开断断路器、隔离开关信息量，实现了对 2/3 断路器接线方式的停电时间进行统计的功能。该功能可为电力市场环境下载签订供电可靠性协议或可中断负荷协议的电力供应商与用户之间进行停电考核与赔偿提供基础数据。

陈彦州 陈岳 苏浩辉 蔡延雷 阎帅/中国南方电网超高压输电公司检修试验中心



陈彦州/工程师

关键词/Keywords

电能量计量 ·
电力市场 ·
停电时间 ·

0 引言

电量数据是电网公司进行市场决策的重要依据，而电能量计量系统对电量数据进行数据采集、统计、分析和预测，为电网公司的生产、决策提供了重要的数据基础^[1-2]。

20 世纪 90 年代后，国内外电网公司先后建设了采用独立主站系统、专用通信通道及规约的电能量计量系统，克服了原有依靠 SCADA 系统进行数据采集的电能量系统可靠性不高缺点，实现了精确、连续的电能量计量与计费^[3-6]。随着近十余年电力工业的快速发展以及电力市场化改革的深入，90 年代所建电能量计量系统的硬件性能以及软件功能都难以满足电网公司未来对电能量计量业务的需求。

相对于 EMS 等生产控制系统，电能量计量系统具有一定的独立性，其功能主要是对电量基础数据进行采集与分析，而不关心系统的停电情况，因此采集量往往不包含输变电设备的断路器及隔离开关信息。事实上，在

放松管制的电力市场中，为兼顾电网运行的可靠性与经济性，电力供应商往往会与用户签订供电可靠性协议或可中断负荷协议，当电力容量不足或电网故障时，对部分负荷进行切除，并根据协议对用户做出赔偿^[7-11]。在电能量计量系统中进行线路停电时间的统计可为考核及赔偿提供依据。

在此背景下，介绍了电能量计量系统单回线路停电时间的统计原则，并通过获取生产系统的断路器量与、隔离开关信息量，针对高压电网中最常见的 3/2 断路器接线方式设计了线路停电时间统计逻辑。最后，在所建设的电能量计量系统上实现了本功能。

1 电能量计量系统停电时间的统计原则

在未涉及赔偿及考核的情况下，电力系统中的实际计划停电与故障停电时间的计算比较简单，可依靠调度人员、变电站运行人员通过调取 SCADA、SER 等信息完成。在电力市场环境下，电力供应商与用户签订的可中断负荷协议分为低电价可中断负荷（Interruptible Load with Low price, ILL）和高赔偿可中断负荷（Interruptible Load with High compensation, ILH），即按事故前低价获得负荷中断权以及事故后高价赔偿用户两种方式进行。当系统发生停电时，首先需要明确系统停电类型属于按计划停运还是事故停电，完成停电时长与停电时间时刻的统计分析，然后结合峰谷电价、可中断负荷类型等参数进行考核与赔偿的计算。因此，有必要在电能量计

量系统中实现对线路停电时间的计算，其原则如下。

1) 只对电能量计量系统中设定的单回线路停电的时间进行统计。对于环网线路，某一处发生跳闸可能会对该线路本身的输电能力产生影响，而这将体现在对接入此环网线路的单回辐射线路切除上。

2) 根据所采集信息区分线路非计划停运与计划停运。

3) 记录各跳闸、合闸的时刻，以便结合峰谷电价、可中断负荷类型进行计价、考核。

按照以上原则，电能量计量系统需从生产控制系统中获取的信息如下。线路电流；线路有功功率；线路相关断路器三相分位信号及合位信号；断路器相关隔离开关三相分位信号及合位信号；变电站（所）内监控系统手跳、手合信号；变电站（所）内就地控制信号。

2 3/2 断路器接线方式停电时间统计方案设计

2.1 3/2 断路器接线方式

3/2 断路器接线供电可靠性高、运行方式灵活，是我国高压电网常用的接线方式^[12]，如图 1 所示。

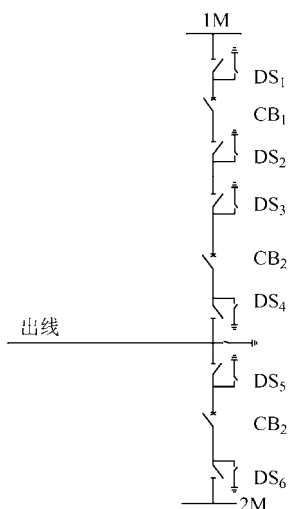


图 1 3/2 断路器接线方式

图 1 中，与出线相关的断路器为 CB_2 和 CB_3 。与 CB_2 相关的隔离开关为 DS_3 和 DS_4 。与 CB_3 相关的隔离开关为 DS_5 和 DS_6 。

2.2 3/2 断路器接线线路退出运行逻辑

在已获取相关断路器和隔离开关信息的情况下，判断出线是否跳闸停运，需满足如下逻辑。

1) 当检测到线路功率及电流分别小于某设定值，同时检测到线路相关两台断路器均有跳闸动作时（或 1 台检测到合闸，1 台状态为检修），判定线路停电。并根据逻辑中的信息判断是站控手动跳闸、故障跳闸还是就地手动跳闸。

2) 当检测到断路器跳闸信号，则启动逻辑。若线路电流功率较小且检测到手跳接点信号，则判定为手跳跳闸，并记录手跳信号发生的时刻 t_1 。

3) 当未检测到手跳信号，且断路器两侧隔离开关未断开，同时就地控制信号无效，检测到断路器跳闸，则判定为故障跳闸，并记录跳闸生的时刻 t_1 。

4) 当未检测到手跳信号，且断路器两侧隔离开关未断开，同时就地控制信号有效，检测到断路器跳闸，则判定为就地手动跳闸，并记录记录跳闸生的时刻 t_1 。

逻辑图如图 2 所示。

2.3 3/2 断路器接线线路投入运行逻辑

判定出线是否合闸投运的思路与判断是否跳闸类似。

1) 当检测到合闸信号，启动逻辑。

2) 若检测到线路功率及电流分别大于某设定值，同时检测到线路相关两台断路器至少有 1 台有合闸动作时，判定线路投运，并根据逻辑中的信息判断是监控手动合闸还是就地合闸。

3) 当检测到手合接点信号，则判定为站控手动合闸，并记录手合信号发生的时刻 t_2 。

4) 当未检测到站控手合信号，但检测到断路器合闸，则判定为就地合闸，并记录合闸信号发生时刻 t_2 。

逻辑图如图 3 所示。

3 停电时间统计功能实现

3.1 电能量计量系统与生产控制系统的互联

要实现停电时间统计功能，首先需要从生产控制系统中获取开关信息量。生产管理系统数据库服务器一般位于安全 I 区，而电能量计量系统数据库服务器一般位于安全 II 区，各安全区之

间数据需通过电力专用横向单向安全隔离装置进行传输。为此，所设计的电能量计量系统采用专用通信服务器，并通过安全隔离装置与相关生产控制系统进行连接，关系结构图如图 4 所示。

3.2 停电时长计算

总停电时长可以按下式计算，即

$$t_0=t_2-t_1$$

(1)

式中， t_0 为停电总时长； t_1 为记录的线路跳闸时

刻； t_2 为记录的线路合闸时刻。

4 结束语

电力工业规模的不断扩大与市场化水平的不断提高促使电能量计量系统朝着更高的自动化、智能化方向发展。通过引入相应断路器、隔离开关信息量，在电能量计量系统中设计了单回线路停电时间统计逻辑，并在某电网新建的电能量计量系统中实现了此功能。

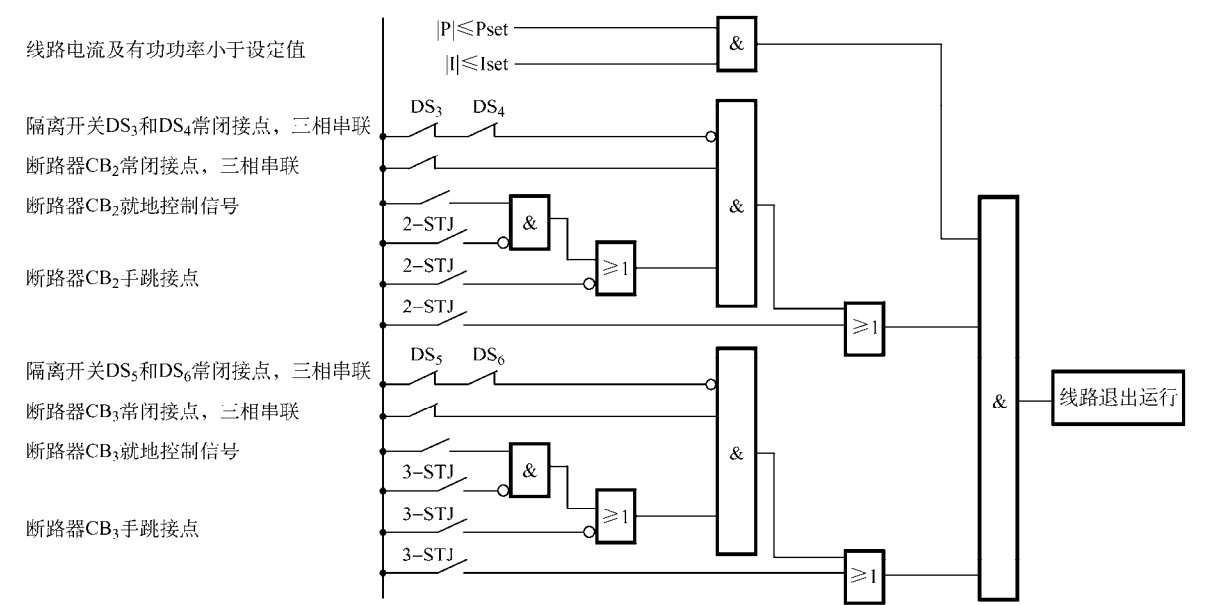


图 2 一个半断路器接线判线路退出运行逻辑

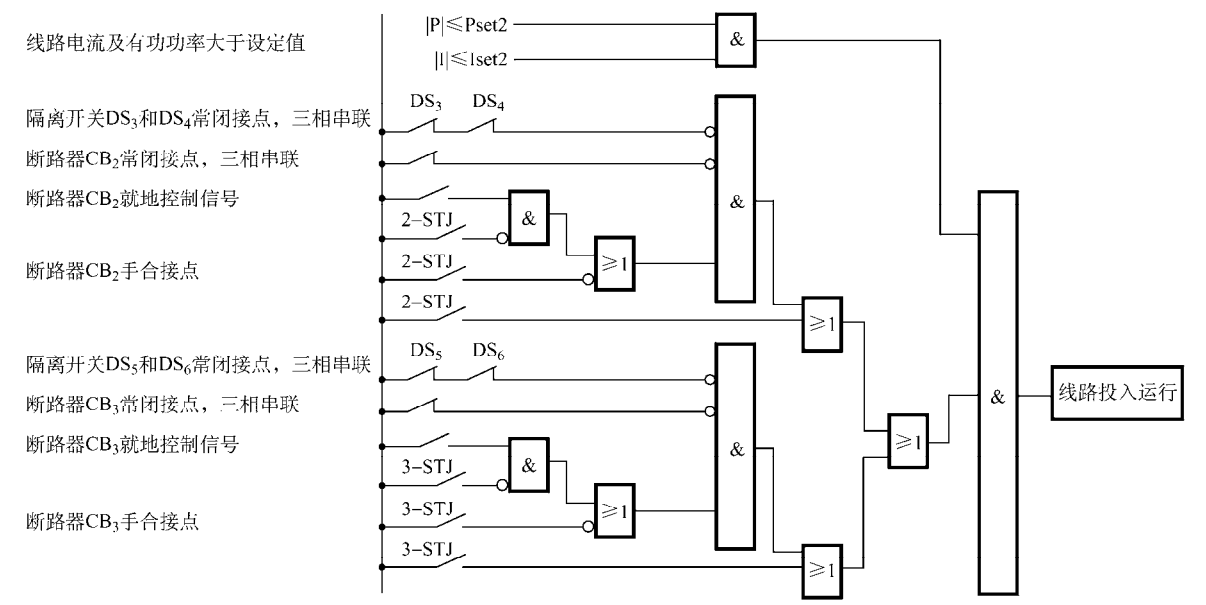


图 3 3/2 断路器接线判线路投运逻辑

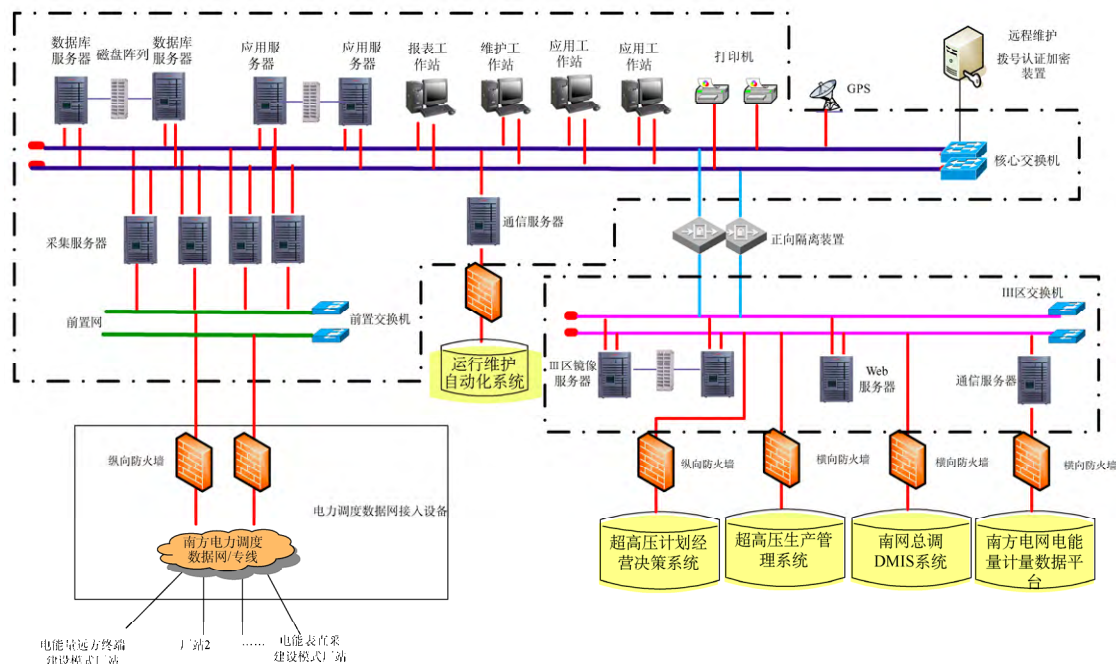


图 4 关系结构图

具备合理功能的电能量计量系统是电网公司开展电力交易的重要支撑。电能量计量系统停电时间统计功能的实现是未来电网公司之间、电网公司与用户之间可靠性协议、可中断负荷协议赔偿的基础，该研究工作可为未来电力市场化的公平、公正提供有益的参考。

参考文献

[1] 李静, 杨以涵, 于文斌, 等. 电能量计量系统发展综述[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (11): 130-134.

[2] 张勇, 傅金羽, 徐正山, 等. 华北电网一体化电能量计量计费系统设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (22): 57-60.

[3] 闵涛, 金午桥, 余仲明. 电能量计量系统接入方案及功能实施[J]. 电网技术, 2003, 27(8): 59-63.

[4] 李捷, 严小文. 基于 IEC 61970 标准的电能量计量系统[J]. 电网技术, 2006, 30 (S): 155-159.

[5] 龙爱群, 崔仁涛, 徐军, 等. 电能量远程计量系统及其综合应用环境[J]. 电网技术, 2005, 29 (3): 81-84.

[6] 霍雪松, 李晋, 吴玉林, 等. 基于 E 语言的统一电能量计量系统互联方案[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (24): 73-76.

[7] 蔡秋娜, 文福拴, 丁剑鹰, 等. 计及经济性、可靠性和排放因素的备用市场竞价模型[J]. 电力系统自动化, 2012, 36 (8): 38-44.

[8] 刘小聪, 王蓓蓓, 李扬, 等. 智能电网下计及用户侧互动的发电日前调度计划模型[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33 (1): 30-39.

[9] 罗运虎, 薛禹胜, Gerard L W, 等. 低电价与高赔偿 2 种可中断负荷的协调[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (11): 17-21.

[10] 周平, 谢开贵, 周家后, 等. 适应电力市场运营环境的可靠性电价与赔偿机制[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (21): 6-11.

[11] 吴政球, 叶世顺, 匡文凯. 电力市场环境下的可靠性电价与可靠性交易[J]. 电网技术, 2006, 30 (4): 74-77.

[12] 熊信银, 张步涵. 电气工程基础[M]. 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2010.

作者简介

陈彦州 (1986-), 男, 工程师, 主要研究方向为电力自动化主站运行与维护。

(收稿日期: 2015-12-10) EA
(编辑: 崔岩)