



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510031433.4

[43] 公开日 2005年9月14日

[11] 公开号 CN 1667429A

[22] 申请日 2005.4.8

[21] 申请号 200510031433.4

[71] 申请人 苏 盛

地址 410077 湖南省长沙市雨花区赤岭路9号

共同申请人 陈伟乐 段献忠

[72] 发明人 苏 盛 陈伟乐 李继洸 曾祥君
段献忠

[74] 专利代理机构 长沙市融智专利事务所
代理人 颜昌伟

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

[54] 发明名称 高压断路器状态监测方法

[57] 摘要

本发明公开了一种高压断路器状态监测方法，通过变电站自动化系统中已有的故障录波设备和数字式继电保护装置记录断路器正常操作时的分闸电流衰减过程，利用记录的数据计算断路器开断时间，并通过断路器开断时间和一段时间内多次开断的开断时间变化趋势评估断路器状态。本发明方法可在电网现有变电站自动化系统的基础上进行高压断路器的状态监测，不需要增加硬件设备，经济性好，有利于提高电网的运行可靠性。

1、一种高压断路器状态监测方法，包括以下步骤：利用变电站自动化系统中的故障录波设备和数字式继电保护装置记录高压断路器分闸操作的开断时间，并将其与高压断路器分闸操作的正常开断时间比较，在开断时间超过额定值时告警，提示安排检修。

2、根据权利要求1所述的高压断路器状态监测方法，其特征在于：高压断路器分闸操作的开断时间由高压断路器分闸操作的电流衰减过程数据计算得到。

3、根据权利要求2所述的高压断路器状态监测方法，其特征在于，由高压断路器正常分闸操作的电流衰减过程数据获得开断时间的步骤如下：

- (1) 从记录的第二个周波起，计算每一电流采样点的电流有效值；
- (2) 从记录的第二个周波起，计算每一采样点和其后连续两周波采样点的电流有效值之期望值和均方差；
- (3) 从记录的第六个周波起，将每一采样点电流有效值与其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值和均方差进行比较，如果其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值减去该采样点电流有效值大于五倍均方差，该采样点被确认为高压断路器开断时间的起始时刻，记录其电流有效值；
- (4) 将开断时间起始时刻之后每一采样点的电流有效值与断路器开断时间起始时刻电流有效值进行比较，电流有效值小于或等于断路器开断时间起始时刻电流有效值的5%的第一个采样点确认为开断时间终点时刻；
- (5) 通过开断时间起始时刻和终点时刻计算得到开断时间。

4、一种高压断路器状态监测方法，包括以下步骤：利用变电站自动化系

统中的故障录波设备和数字式继电保护装置记录高压断路器分闸操作的开断时间，并根据多次正常分闸操作数据计算得到的开断时间计算开断时间的变化趋势，在开断时间的变化趋势与正常情况明显不同时告警，提示安排检修。

高压断路器状态监测方法

技术领域

本发明涉及电力设备监测方法，特别涉及一种高压断路器状态监测方法。

背景技术

高压断路器是用来关合和开断正常电路、故障电路或用来隔离电源、实现安全接地的高压电器设备。作为电力系统重要的控制和保护设备，高压断路器对电力系统安全可靠运行起着举足轻重地作用。电力系统必须对其进行定期检修，但现行定期维修制度有明显缺陷。一方面，对于运行状态很好的设备进行检修可能反而破坏了原有的良好状态；其次，无视设备状态的盲目检修造成大量人力、物力的浪费；同时，由于传统预防性试验在离线停电状态下进行的，无法真实反映整个设备的运行工况，电力设备预试合格却发生事故的情况并不罕见，这大大降低了检测结果的可信度。

近年来，国内外科研人员对断路器的状态监测进行了大量研究，研究表明高压断路器绝大部分故障是由于机械部件和熄弧部件造成的，大概50%的故障可以归因于机械操动部件问题，19%属于熄弧介质问题，如真空度下降、绝缘介质泄漏、含杂质等，11%是由于电气问题，如触头烧损、过热等。机械部件的问题将导致分闸时间的延长，研究表明当主轴摩擦力增大时，其主轴转角在最初的6毫秒内基本不受影响，而在6毫秒之后，随着分闸力的迅速减小，摩擦力的阻碍作用变得越来越明显，致使整个分闸过程比正常情况下延长了约14ms。目前，机械操动部件的状态监测一般将断路器退出运行，然后由检修人员用光波表进行测量，确定断路器触头的分断、关合速度和分闸行程长度。为了实现断路器机械特性的在线监测，一般通过在断路器机械转轴上安装位置传感器测量断路器触头分闸行程长度和关合、分断速度，并利用断路器分闸操作时的振

动信号进行机械部件的状态监测。熄弧部件的问题（如真空度下降、绝缘介质泄漏、含杂质）将降低熄弧介质的灭弧能力，延长熄弧时间。为此，Consolidated Electronics, Inc.公司研制生产了SM6系列断路器监测器，在线测量六氟化硫气体的温度和压力，连续实时地计算六氟化硫气体密度并预测六氟化硫气体泄漏趋势；另外也有通过基于电信号测量、基于磁场强度和电场变化的方法测量真空断路器真空度并统计其变化趋势，以确定真空断路器真空度的当前状态和变化趋势。此外，累计开断次数、累计开断电流、温度、红外线、声学检测也都被用来进行断路器的状态监测和故障的定位。

尽管目前已研制了多种高压断路器状态在线监测装置，并且部分也已经投入实际应用，但要在电力系统、尤其是配电网中推广应用断路器状态在线监测仍存在不少困难，原因在于：首先，高压断路器数量庞大，截止99年底，全国共装有6~220KV断路器273153台，现有状态在线监测系统均需安装硬件设备，需要投入巨大的人力物力；其次，高压断路器一般由操动机构、灭弧部件、绝缘部件等构成，现有状态监测系统一般只针对某一特点部件进行监测，要实现断路器整体状态监测需采用多套状态监测设备；最后，对于现场安装的状态监测传感器而言，不同型号高压断路器结构不同，要求的状态监测传感器尺寸大小、安装方式差别很大，且高压断路器分闸、合闸时振动强烈，难以保证状态监测传感器的可靠性。

发明内容

本发明的目的在于提供一种简单经济而又能有效反应高压断路器各部件状态的高压断路器状态监测方法，以克服现有高压断路器监测成本高、效率低的问题。

为实现上述目的，本发明所采用的技术方案是：利用变电站自动化系统中的故障录波设备和数字式继电保护装置记录高压断路器分闸操作的开断时间，

并将其与高压断路器分闸操作的正常开断时间比较，在开断时间超过额定值时告警，提示安排检修。

上述的高压断路器状态监测方法中，所述高压断路器分闸操作的开断时间由高压断路器分闸操作的电流衰减过程数据计算得到。

上述的高压断路器状态监测方法，由高压断路器正常分闸操作的电流衰减过程数据获得开断时间的步骤如下：

- (1) 从记录的第二个周波起，计算每一电流采样点的电流有效值；
- (2) 从记录的第二个周波起，计算每一采样点和其后连续两周波采样点的电流有效值之期望值和均方差；
- (3) 从记录的第六个周波起，将每一采样点电流有效值与其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值和均方差进行比较，如果其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值减去该采样点电流有效值大于五倍均方差，该采样点被确认为高压断路器开断时间的起始时刻，记录其电流有效值；
- (4) 将开断时间起始时刻之后每一采样点的电流有效值与断路器开断时间起始时刻电流有效值进行比较，电流有效值小于或等于断路器开断时间起始时刻电流有效值的5%的第一个采样点确认为开断时间终点时刻；
- (5) 通过开断时间起始时刻和终点时刻计算得到开断时间。

一种高压断路器状态监测方法，包括以下步骤：利用变电站自动化系统中的故障录波设备和数字式继电保护装置记录高压断路器分闸操作的开断时间，并根据多次正常分闸操作数据计算得到的开断时间计算开断时间的变化趋势，在开断时间的变化趋势与正常情况明显不同时告警，提示安排检修。

本发明与现有技术比较，具有以下优点：

- (1) 充分利用变电站自动化系统中已大量装备的故障录波设备和数字式继电保护装置记录的高压断路器正常操作分闸的电流衰减过程数据及电力生产企业对此数据已有的管理机制，不需新增硬件投资，经济性好；
- (2) 由于利用电力系统现有硬件设备记录断路器分闸操作的电流衰减过程数据，不需要安装新的传感器，能适用于不同结构的高压断路器；
- (3) 选用高压断路器开断时间作为状态监测参数，能综合反应故障概率最高的机械操动部件、熄弧部件的运行状态，且适用于不同工作原理的高压断路器。

下面结合附图和实施例详细说明本发明的工作原理。

附图说明

图 1 为高压断路器故障隔离时间的构成示意图。

图 2 为开断电流暂态过程及开断时间的确定图。

具体实施方式

参见图1，图1 高压断路器故障隔离时间的构成示意图。其中： t_g 为故障隔离时间，故障隔离时间起于故障发生时刻，止于电弧电流有效值衰减到分闸时刻电流有效值5%时刻； t_b 为保护时间，它是故障发生时刻到保护通过压板输出跳闸信号时刻； t_k 为开断时间，它是断路器得到跳闸动作信号（亦即保护通过压板输出跳闸信号时刻）到电弧电流有效值衰减到分闸时刻电流有效值之5%之间的时间； t_r 为分闸时间，它是断路器得到跳闸动作信号时刻到断路器触头完成分闸行程的时间， t_x 为熄弧时间，它是断路器分闸后电弧电流有效值衰减到分闸时刻电流有效值之5%的时间。

作为隔离短路故障的重要元件，高压断路器应能尽快在限定时间内开断电流以保障系统稳定性，减小短路故障对系统元件的影响。电力系统的故障隔离时间定义如附图1所示，在时间上等于保护时间和开断时间之和。由于对于特定

类型保护装置，其反应时间基本上确定的，所以故障隔离时间主要由开断时间决定。高压断路器的额定开断时间一般为2~4个周波，如超出正常范围，可能导致电力系统失去稳定或损坏故障点附近元件，故本发明专利选择高压断路器开断时间作为高压断路器状态监测参数。高压断路器的开断过程可分为操动部件分开触头的机械过程和电弧熄灭过程，其中机械部件状态影响分闸过程，熄弧部件的状态影响熄弧时间，故选择高压断路器的开断时间作为状态监测参数可以综合表征故障率高的机械部件和熄弧部件的运行状态。

目前，电力系统变电站自动化系统中已大量装备了故障录波设备和数字式保护装置，可记录高压断路器正常操作分闸时的电流衰减过程数据，该数据可通过各省市电力局变电站自动化管理网络系统上传到其信息管理中心，并在本发明专利中被用来计算高压断路器开断时间。假定流过断路器的负荷电流在正常操作分闸前在某一特定数值附近变化，且满足正态分布 (μ, σ^2) 。则电流有效值的期望值为 $\mu = \sum_{i=1}^n x_i / n$ ，方差为 $Var(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$ ，均方差为 $\sigma = \sqrt{Var(x)}$ 。根据统计学原理，电流有效值落到期望值两侧5倍均方差范围内的概率为 $P\{|x - \mu| < 5\sigma\} = 0.9999990416$ 。而按IEEE制订的COMTRADE格式定义，故障录波设备和数字式继电保护装置记录的数据都包含分闸前几个周波的正常负荷电流数据，所以在本发明专利中，首先利用分闸电流衰减数据计算从第二个周波起每个采样点的电流有效值和其后连续两个周波采样点的电流有效值之期望值和均方差；然后从记录的第六个周波起，将每一采样点电流有效值与其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值和均方差进行比较，如果其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值减去该采样点电流有效值大于五倍均方差 (5σ) ，确认该采样点为开断时间的起始时刻；继续搜索开断时间终点时刻，将开断时间起始时刻之后每一采样点的电流有效值与开断时间起始时刻电流有效值进行比较，电流有效值小于或等于开断时间起始时刻电流有效值之5%的第一个采样点确认为开断时间终点

时刻；由开断时间起始时刻和终点时刻计算开断时间，并由多次正常分闸操作电流衰减过程数据计算的多个开断时间确定开断时间变化趋势，当开断时间超过断路器额定值时或开断时间变化趋势明显不同时告警，提示检修人员安排检修。

下面以通过树木岭变电站故障录波装置记录的高压断路器正常分闸操作某一相的电流衰减过程数据为例，结合附图 2 和实施方法来进一步说明本发明中开断时间的检测。记录断路器分闸前后 150 周电流数据，包括电弧熄灭前 140 周数据和电弧熄灭后 10 周数据。采样频率 1200HZ，即每周 24 点，采样点时间间隔 0.833 毫秒。记录得到的一个电流熄弧过程如附图 2 所示，其中 A 点和 B 点分别为检测得到的开断时间的起点和终点。

开断时间检测过程如表 1 所示。其中，第 1 列是采样序号。首先，算出每个采样点的有效值(x_i)和其后连续两个周波采样点的电流有效值之期望值(μ)和均方差(σ)。为了确定开断时间起点时刻，将每一采样点的电流有效值 x_i 与其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值(μ_{i-96})进行比较如列 2，如其前四周起连续两周采样点的电流有效值之期望值减去该采样点电流有效值大于第三列中的五倍均方差 ($5 * \sigma_{-96}$)，则认为该点为开断时间起点。表 1 中，开断时间起点确定为第 3300 点。当断路器分闸动作时，电流将会逐渐变小偏离正常电流，开断时间的终点依起点的电流有效值确定。电流有效值衰减到起点时刻电流有效值的 5% ($0.05 * x_i$) 的点确认为开断时间的终点。表 1 中，第 3339 采样点即为检测到的开断时间终点，其中阴影部分即为检测到的开断时间，共计 40 个采样点，开断时间合 $(40-1) * 0.833 = 32.5$ 毫秒。

表 1 开断时间检测过程表

| i | $\mu_{i-96} - x_i$ | $5 * \sigma_{i-96}$ | x_i | $0.05 * x_A$ |
|-------------|--------------------|---------------------|----------|--------------|
| 3297 | 3.08325 | 8.043602 | | |
| 3298 | 4.33225 | 8.157389 | | |
| 3299 | 7.09766 | 7.968935 | | |
| 3300 | 11.5791 | 7.984375 | 325.5006 | 16.27503 |
| 3301 | 17.6904 | 7.982644 | 319.3928 | 16.27503 |
| 3302 | 24.6611 | 8.063293 | 312.4258 | 16.27503 |
| 3303 | 31.1036 | 7.832532 | 305.9879 | 16.27503 |
| 3304 | 36.0835 | 7.812649 | 301.0125 | 16.27503 |
| 3305 | 38.856 | 7.842761 | 298.2445 | 16.27503 |
| 3306 | 39.7282 | 7.716153 | 297.3771 | 16.27503 |
| 3307 | 39.7388 | 7.717153 | 297.3713 | 16.27503 |
| 3308 | 40.7618 | 7.741423 | 296.3531 | 16.27503 |
| 3309 | 45.1646 | 7.764232 | 291.9549 | 16.27503 |
| 3310 | 54.5062 | 7.71508 | 282.6183 | 16.27503 |
| 3311 | 69.2979 | 7.902353 | 267.8303 | 16.27503 |
| 3312 | 88.8174 | 7.995952 | 248.3143 | 16.27503 |
| 3313 | 111.345 | 7.785082 | 225.7904 | 16.27503 |
| 3314 | 133.905 | 7.887632 | 203.2331 | 16.27503 |
| 3315 | 153.515 | 8.299072 | 183.6251 | 16.27503 |
| 3316 | 167.06 | 8.102124 | 170.0831 | 16.27503 |
| 3317 | 173.928 | 8.294586 | 163.2173 | 16.27503 |
| 3318 | 175.63 | 8.292267 | 161.5168 | 16.27503 |
| 3319 | 175.561 | 8.307031 | 161.5872 | 16.27503 |
| 3320 | 177.205 | 8.28951 | 159.9443 | 16.27503 |
| 3321 | 182.786 | 8.20946 | 154.365 | 16.27503 |
| 3322 | 193.026 | 8.172871 | 144.1272 | 16.27503 |
| 3323 | 207.601 | 8.208735 | 129.5522 | 16.27503 |
| 3324 | 225.37 | 8.183836 | 111.7835 | 16.27503 |
| 3325 | 244.672 | 8.231525 | 92.48054 | 16.27503 |
| 3326 | 263.401 | 7.92716 | 73.75249 | 16.27503 |
| 3327 | 279.463 | 8.026167 | 57.69034 | 16.27503 |
| 3328 | 290.515 | 8.232863 | 46.63698 | 16.27503 |
| 3329 | 295.603 | 8.372492 | 41.54688 | 16.27503 |
| 3330 | 296.509 | 8.514507 | 40.63864 | 16.27503 |
| 3331 | 296.458 | 8.511562 | 40.6865 | 16.27503 |
| 3332 | 297.133 | 8.470572 | 40.0094 | 16.27503 |
| 3333 | 298.958 | 8.355333 | 38.18209 | 16.27503 |
| 3334 | 301.942 | 8.556246 | 35.19575 | 16.27503 |
| 3335 | 305.89 | 8.279478 | 31.24594 | 16.27503 |
| 3336 | 310.395 | 8.358577 | 26.73938 | 16.27503 |
| 3337 | 314.911 | 8.41969 | 22.22161 | 16.27503 |
| 3338 | 319.081 | 8.627418 | 18.04983 | 16.27503 |
| 3339 | 322.359 | 8.182553 | 14.77111 | 16.27503 |
| 3340 | 324.483 | 8.394394 | 12.64558 | 16.27503 |
| 3341 | 325.338 | 8.315025 | 11.78979 | 16.27503 |
| 3342 | 325.475 | 8.362962 | 11.65069 | 16.27503 |

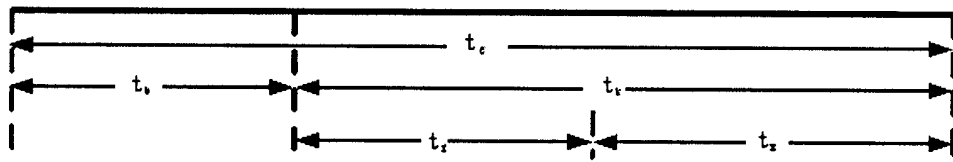


图 1

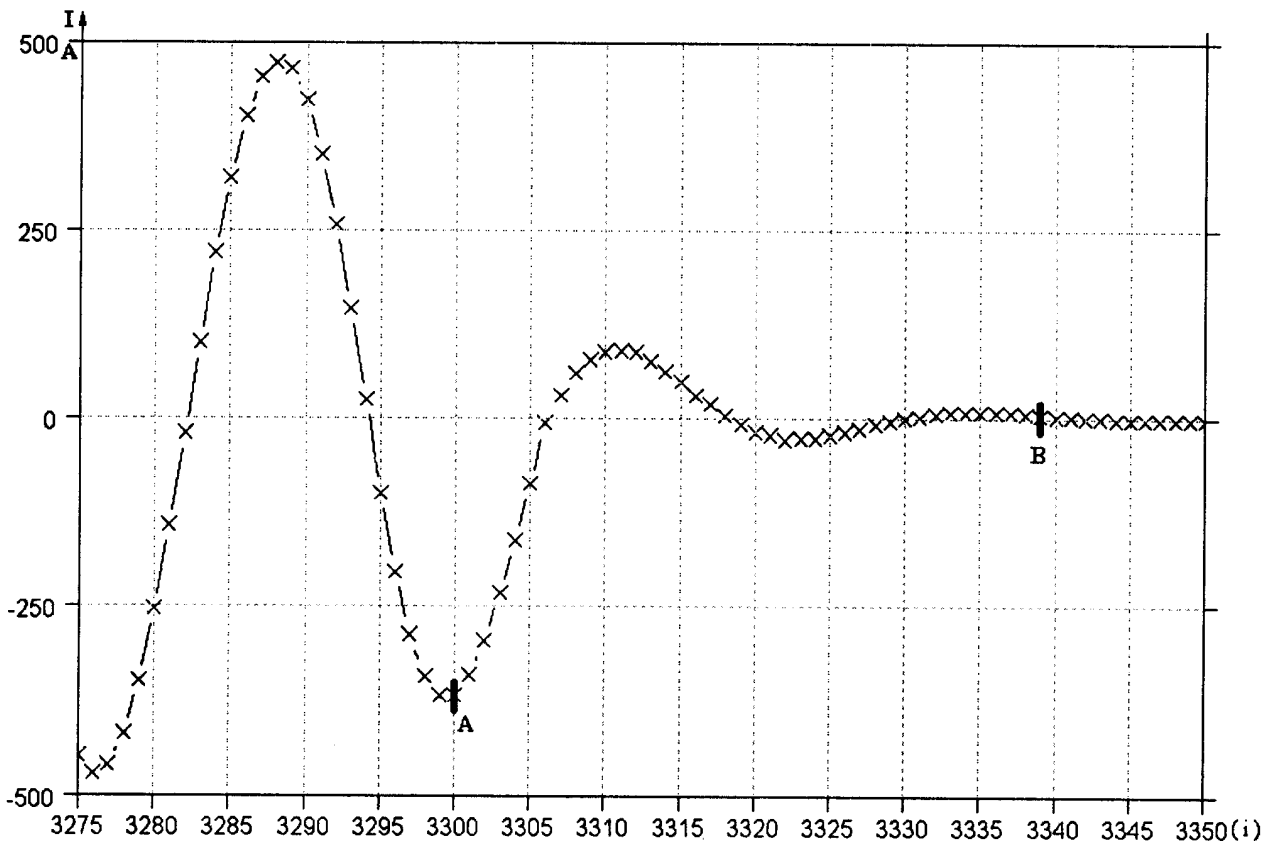


图 2