

ICS 29.240

Q/GDW

国家电网公司企业标准

Q/GDW 11366—2014

开关设备分合闸线圈电流波形 带电检测技术现场应用导则

Field application guide for switchgear switching closing coil current waveform
monitoring technology

杭州高电
专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务

2015 - 02 - 16 发布

2015 - 02 - 16 实施

国家电网公司

发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 检测原理	1
5 检测仪器要求	1
6 带电检测要求	2
7 检测方法	3
附录 A（资料性附录） 检测数据记录表	6
附录 B（资料性附录） 典型缺陷举例	7
编制说明	9

前 言

为规范开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和诊断分析技术现场应用方法，提高应用效果，促进开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和分析技术在中高压设备中的应用，提高设备的运行可靠性，制定本标准。

本标准由国家电网公司运维检修部提出并解释。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准起草单位：国网上海市电力公司、中国电力科学研究院、国网北京市电力公司、开马集团。

本标准主要起草人：高凯、王黎明、廖天明、傅晓飞、吴欣焯、杨宁、杨圆、程序、徐玲铃、姚建歆、戴缘生、李骏、胡海敏、倪浩、齐伟强、王文山。

本标准首次发布。

开关设备分合闸线圈电流波形带电检测技术现场应用导则

1 范围

本标准规定了 12kV 及以上电压等级开关设备分合闸线圈电流波形检测原理、检测仪器要求、带电检测方法及要求、检测周期、检测步骤和分析原则。

本标准适用于国家电网公司所属各单位的 12kV 及以上等级开关设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

Q/GDW 1168—2013 输变电设备状态检修试验规程

Q/GDW 1799.1 国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

分合闸线圈电流波形分析仪 **switchgear switching closing coil monitoring apparatus**

通过外置电流传感器测量开关设备分闸、合闸控制回路电流波形，并对操动机构状态进行诊断和分析的装置。

3.2

带电检测 **energized test**

一般采用便携式检测设备，在运行状态下，对设备状态量进行的现场检测，其检测方式为带电短时间内检测，有别于长期连续的在线监测。

[Q/GDW 1168—2013，术语和定义 3.1.5]

3.3

参考值 **reference value**

在同温同压、同样的控制回路电压下，将所得到的开关设备分/合闸控制回路电流波形与该设备的出厂数据或历史数据做对比

4 检测原理

通过测量开关设备控制回路工作过程中的电流波形，分析电流波形的变化趋势和变化幅度，并结合其他参量对操动机构和控制回路的状态做出评价。

5 检测仪器要求

5.1 一般要求

5.1.1 使用环境条件：

a) 环境温度：

1) 传感器：-25℃~75℃；

2) 检测主机：-10℃~50℃。

b) 相对湿度：50℃（5~90）%RH；

c) 大气压力：80kPa~110kPa。

5.1.2 工作电源：

a) 直流电源：5V~36V 电池；

b) 交流电源：220 (1±10%) V，频率 50 (1±5%) Hz。

5.1.3 测量通道数：≥3。

5.2 功能要求

5.2.1 基本功能要求：

a) 应能测量分合闸线圈电流，并显示信号波形；

b) 若使用充电电池供电，单次连续使用时间应不少于 4 小时；

c) 测试数据应可存储于本机并导出，并可对测试数据进行查看和管理；

d) 应具备标准波形存储和对比显示功能，且可显示测量波形的原始值；

e) 应具有抗外部干扰的能力，如检测信号的硬件滤波和数字滤波等；

f) 应具有对不同通道的测量数据进行比对分析功能；

g) 宜具有多通道同步测量功能，通道数不少于 3 个；

h) 宜具有控制回路电压测量功能，测量范围直流 0~250V；

i) 宜具有诊断分析功能，且可从波形中计算下列参数：

1) 峰值电流；

2) 初始阶段电流上升速率；

3) 电磁铁初始运动时刻；

4) 电磁铁撞击脱扣机构时刻；

5) 脱扣机构运动时刻；

j) 可把不同通道的测量数据与标准信号、历史测量信号进行比对分析；

k) 可存储 500 次以上的操作数据，并具备批量处理数据功能。

5.2.2 高级功能要求：

a) 应配置基于知识库和逻辑推理为基础的专家系统，具有故障诊断分析能力。知识库可编辑和维护；

b) 应具有开关动作时间和三相同期性检测功能，需能检测首次脱扣时间。

5.3 性能要求

性能要求如下：

a) 测量精度：测量控制回路电流测量精度 0.5%，控制回路电压测量精度 0.5%；

b) 测量范围：电流测量范围直流 0~200A，交流 0~300A；直流电压测量范围 0~250V；

c) 采样频率：大于 10kHz/通道；

d) 稳定性：连续工作 1 小时后，注入标准测试信号，其测量误差应在规定范围内。

6 带电检测要求

6.1 人员要求：

a) 应了解开关设备的结构特点、工作原理、运行状况和导致控制回路和机构故障分析的基本知识；

b) 应熟悉开关设备控制回路的基本原理、诊断程序和缺陷定性的方法，了解开关设备分合闸线圈电流波形分析仪的工作原理、技术参数和性能，掌握开关设备分合闸线圈电流波形分析仪的操作程序和使用方法；

c) 应熟悉本应用导则，接受过高压开关设备检测和分析的培训，培训合格具备现场测试能力；

d) 应具有一定的现场工作经验，熟悉并能严格遵守电力生产和工作现场的相关安全管理规定。

6.2 安全要求：

a) 应严格执行《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》Q/GDW 1799.1的相关要求；

b) 应严格执行发电厂、变(配)电站巡视的要求；

c) 检测应至少由两人进行，并严格保证安全措施、组织措施、技术措施和试验方案落实；

- d) 应有专人监护，监护人在检测期间应始终行使监护职责，不得擅自离岗或兼职其他工作；
- e) 应确保检测人员及测试仪器与电力设备的高压部分保持足够的安全距离；
- f) 应避免设备防爆口或压力释放口；
- g) 测试现场出现明显异常情况时（如异音、电压波动、系统接地等），应立即停止测试工作并撤离现场；
- h) 传感器应安装在低压小室（汇控柜）控制回路合适位置；
- i) 调度部门应做好被测设备在检测中发生误动的应急预案。

6.3 检测条件要求：

- a) 被检设备为带电运行设备时，应尽量避免视线中的封闭遮挡物，如门和盖板等；
- b) 对同一设备进行不同时间的测量时，其测量位置应相对固定不变；
- c) 进行室外检测时，应避免雨、雪、雾、露等湿度大于85%的恶劣气候条件。

7 检测方法

7.1 检测周期

检测周期要求如下：

- a) 对于运行年限超过15年以上的开关设备，应加强检测。
- b) 可在设备安装完成后投运前进行一次额定操作电压下的分闸/合闸波形检测，检测数据用于与今后运行中数据进行比对分析；
- c) 开关设备控制回路信号发现异常时，可根据开关设备的运行工况，开展此项检测，必要时增加检测次数，并分析信号的特点和发展趋势；

7.2 检测准备

检测准备要求如下：

- a) 仪器设备检验合格，并在有效期内；
- b) 检查仪器是否完好，确认仪器能正常工作，保证仪器电量充足或者现场交流电源满足仪器使用要求；
- c) 试验前进行现场勘查，满足安全要求；
- d) 检查试验环境是否符合测试要求。
- e) 编写现场检测的作业指导书。

7.3 检测步骤

检测步骤要求如下：

- a) 检查和确认开关设备当前所处状态；
- b) 测量系统控制回路电源是否符合运行要求，并记录操作电源电压；
- c) 在低压小室（汇控柜）控制回路合适位置安装电流电压传感器，安装时应注意以下几点：
 - 1) 不应拆卸开关设备已连接端子；
 - 2) 开口传感器安装后应完整闭合，能可靠感应控制回路电流；
 - 3) 电压测量探针的位置应当固定可靠，不应导致开关设备控制回路短路、开路故障；
 - 4) 所有传感器和探针固定完成后应由专人检查，未确认传感器和探针连接正确，测量装置不应通电；
 - 5) 连接传感器时，应采取防触电和防误动措施；
- d) 正确设置开关设备分合闸线圈电流波形分析仪；
- e) 在开关设备进行分合闸操作时，测量和记录开关设备控制回路波形；
- f) 必要时可进行复测；
- g) 测试完成后应先断开测试装置电源；
- h) 拆卸传感器和探针；
- i) 检查开关设备控制回路连线是否正确，有无松动；
- j) 数据分析。采用专用分析工具提取特征参数，与标准参考波形进行比较，综合信号处理和人工分析，判定控制回路工作状态。
- k) 填写开关设备控制回路检测记录，见附件A。

7.4 结果分析

7.4.1 缺陷识别

利用开关设备分/合闸控制回路的波形特征或统计特性建立控制回路波形的标准参考模式库，通过控制回路波形检测结果和模式库的对比，可进行缺陷类型识别。

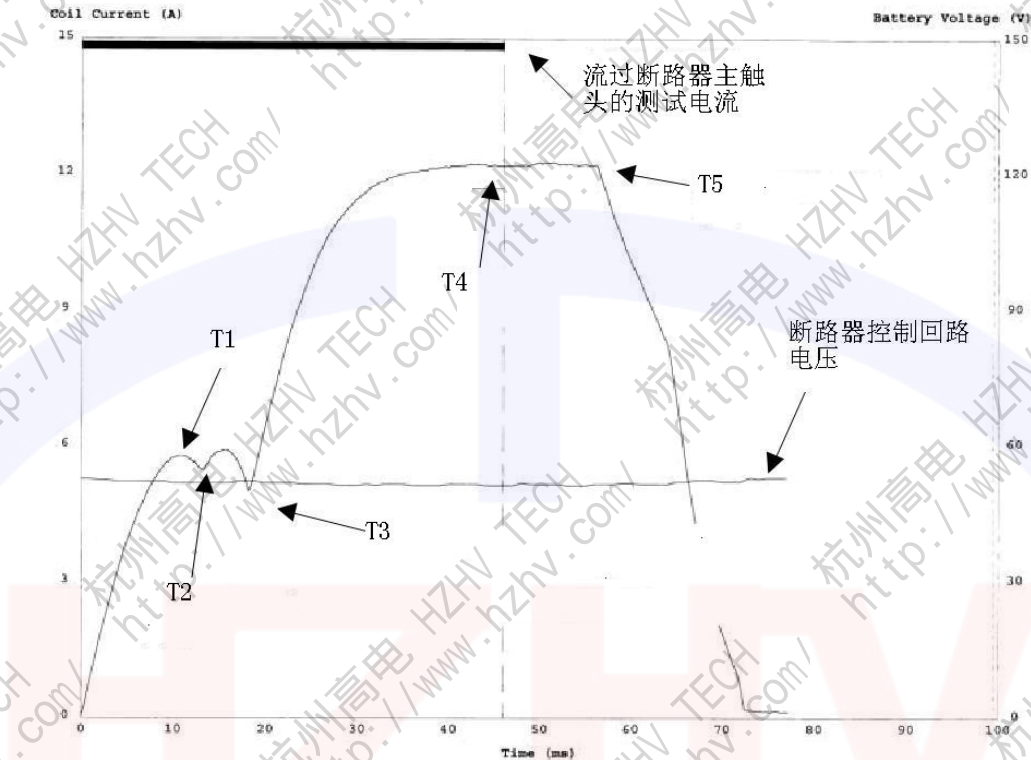


图 1 开关设备分/合闸控制回路电流典型波形图（电压在 220V）

图 1 为典型的开关设备分/合闸控制回路电流波形图，含义如下：

- T1：铁芯顶杆克服阻力开始运动。分/合闸回路导通，分/合闸线圈中的电流从零开始以指数形式增加，增加到一定值时，电磁吸力大到足以克服复位弹簧弹力和铁芯自身重力之和，铁芯开始运动。
- T2：铁芯顶杆碰触到弯板。铁芯克服复位弹簧弹力和铁芯自身重力开始运动，速度逐渐增加，电磁铁气隙逐渐减小，电流出现局部降低，直到铁心顶杆碰触到弯板。值得注意的是，由于现在断路器铁心顶杆行程普遍较短，而且多横向布置，克服重力较小，在现场实测中 T2 点往往不明显。
- T3：铁芯顶杆推动脱扣半轴，断路器脱扣，铁心顶杆运动到最大行程。铁芯顶杆碰触到弯板，受到弹簧弹力及脱扣半轴的反作用力，铁芯的运动速度降低，电流出现局部的增加。铁芯推动脱扣半轴转动后，继续向上运动，由于脱扣半轴的阻力减小，铁芯运动速度的增加，电流出现局部的减小。铁芯运动到 T3 时刻，铁芯达到了最大行程并保持在此位置。此时的电感为另一常数，电流按指数规律上升到稳态值，稳态值由电源电压和线圈内阻决定，稳态值的大小可以反映断路器二次回路电源状态。
- T4：开关设备主触头分/合闸完成。T4 的具体值需通过停电测试或 3 相交流 CT 进行机械特性测试获得。
- T5：开关设备辅助接点断开，切断分/合闸控制回路。

7.4.2 缺陷判据

判据可从开关设备分/合闸控制回路电流波形图进行判断，由于不同厂家生产的开关设备差异性导致不同厂家的开关设备的分/合闸控制回路电流波形图也存在差异，因此，做对比判断时建议在同温同压、同样的控制回路电压下，将所得到的开关设备分/合闸控制回路电流波形与该设备的出厂数据或历史数据做对比。

- a) T1~T2 时间大于参考值的 10%，说明开关设备分/合闸启动部件存在线圈老化、卡涩等缺陷；
- b) T2~T5 时间大于参考值的 10%，说明开关设备分/合闸主执行机构弹簧疲劳、机构卡涩、传动部件润滑不够等缺陷；
- c) 电流峰值大于参考值的 10%，说明开关设备分/合闸控制回路线圈存在匝间击穿；
- d) 开关设备分/合闸控制回路电流为零说明开关设备分/合闸控制回路开路；
- e) 开关设备分/合闸控制回路电流大于参考值且不变说明开关设备分/合闸控制回路短路。

7.4.3 缺陷确认

可利用在不同操作电压下或同一操作电压下进行的多次测量操作，采用交叉验证的方式确认缺陷的存在及其产生原因。当带电状态下检测结果有疑问时，应结合停电检测，如果由于用户原因不可停电检测应在下次检测时采用双通道对比检测。

7.4.4 缺陷严重程度判定

开关设备分/合闸控制回路波形中各个波形拐点、波形在不同阶段的幅值和上升/下降速度都可以用作故障严重程度的判定方法参数，但控制回路波形诊断尚没有统一的、成熟的定量评价方法，不同开关设备的特征参数差别较大。

开关设备分/合闸控制回路缺陷的严重程度应根据波形畸变程度和检测特征量的发展趋势（随时间推移同一参数的变化规律）进行综合判断，分析中应参考设备投入运行初期测量的标准动作波形等原始参考数据。

附录 A

(资料性附录)
检测数据记录表

开关设备控制回路分合闸线圈电流波形检测记录表

年 月 日

变电站(发电厂) 号		断路器:	
型号:	电压:	控制电压:	储能电压:
制造厂:	出厂号:	出厂日期:	年 月 日
测试方式:	分闸次数:	合闸次数:	储能次数:
断路器投入运行日期:		年 月 日	
		第 次(合、分)闸 峰值电流: mA 初始阶段电流上升速率: A/s (上升速率=峰值电流/电磁铁初始运动时刻) 电磁铁初始运动时刻: ms 电磁铁撞击脱扣机构时刻: ms 脱扣机构运动时刻: ms	
		第 次(合、分)闸 峰值电流: mA 初始阶段电流上升速率: A/s (上升速率=峰值电流/电磁铁初始运动时刻) 电磁铁初始运动时刻: ms 电磁铁撞击脱扣机构时刻: ms 脱扣机构运动时刻: ms	
高级功能选填:			
检修测试结论:			
日期: 年 月 日			

附录 B

(资料性附录)
典型缺陷举例

B.1 400A 12kV 断路器分闸缓慢缺陷

第一次与第二次分闸曲线相比较，第一次分闸非常缓慢，但分闸线圈缓冲时间很相似，说明分闸线圈持续通电。经检查发现引起缺陷的原因是动作机构内润滑不良。

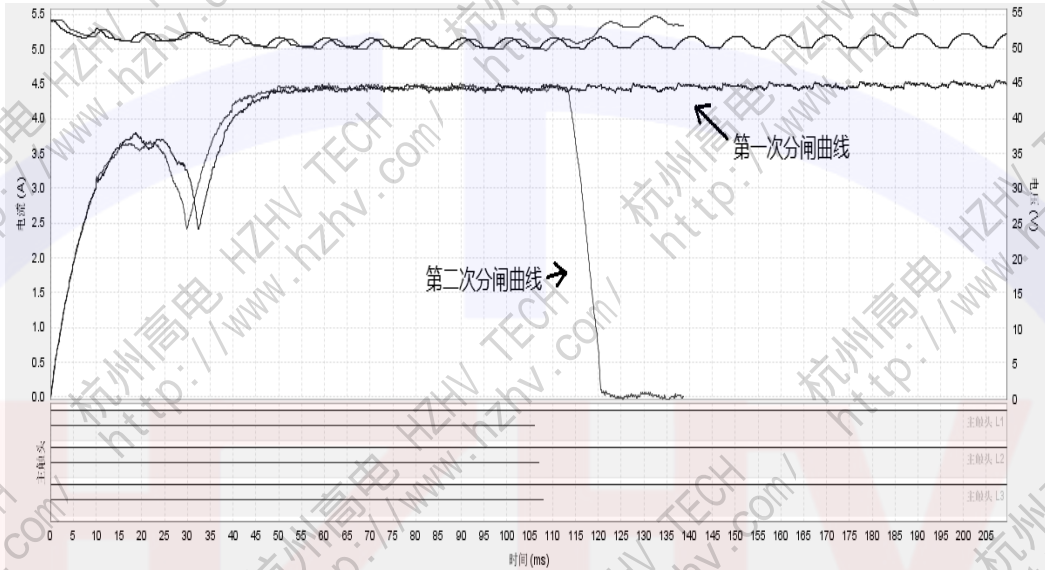


图 B.1 400A 12kV 断路器分闸缓慢缺陷

B.2 400A 12kV 断路器分闸线圈选用不当缺陷

图 B.2 为同一变电站内两个相同型号断路器的分闸动作波形，两个线圈由同样的直流电池供电，但分闸曲线一与分闸曲线二相比，其波形电流持续降低 50%。经检查确认，分闸曲线一所在线圈在检修时更换了错误型号的线圈，造成了此次缺陷。

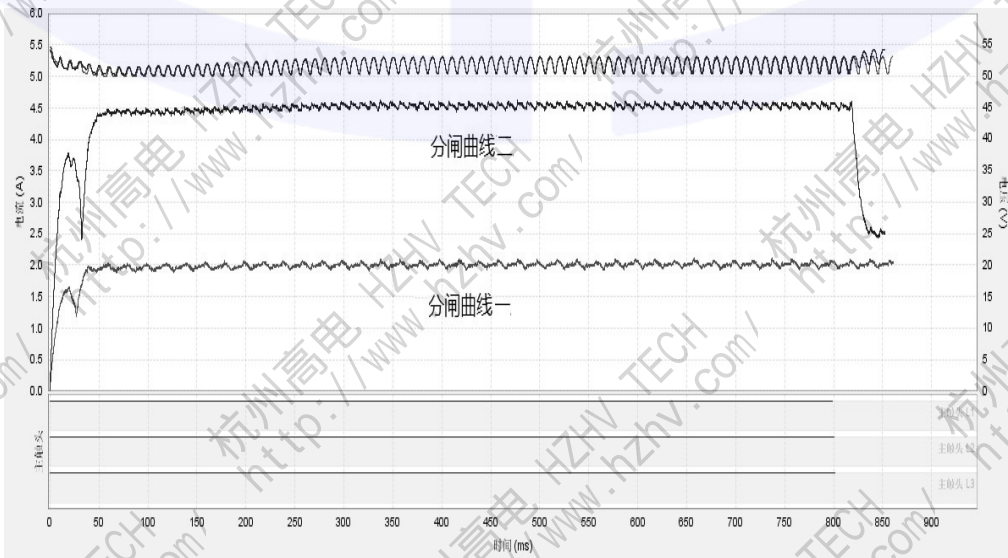
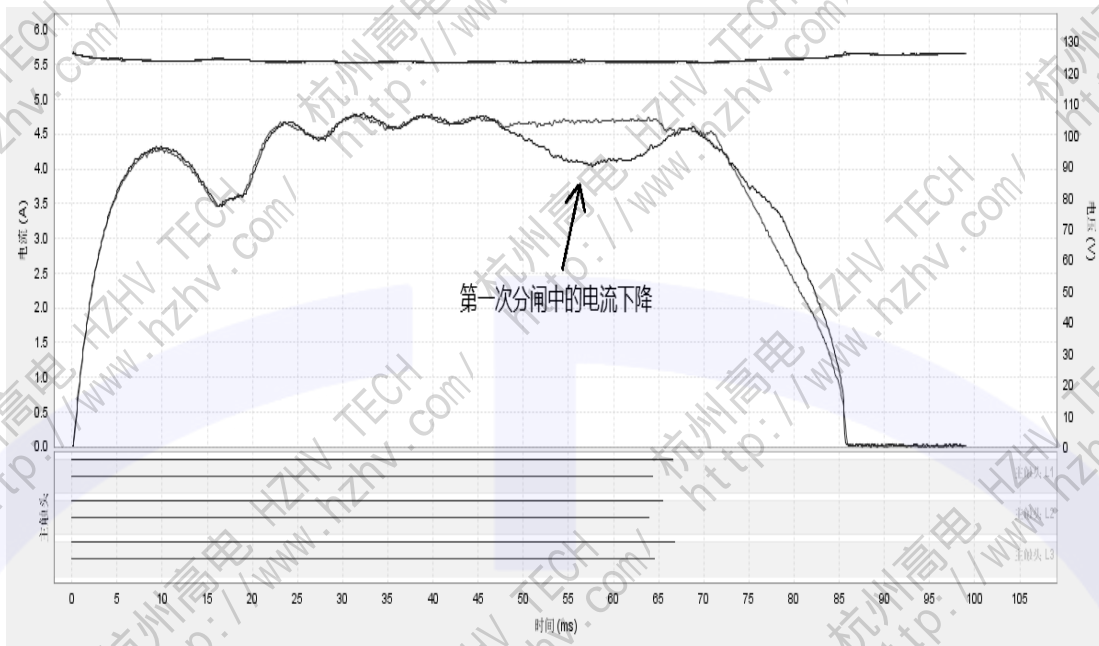


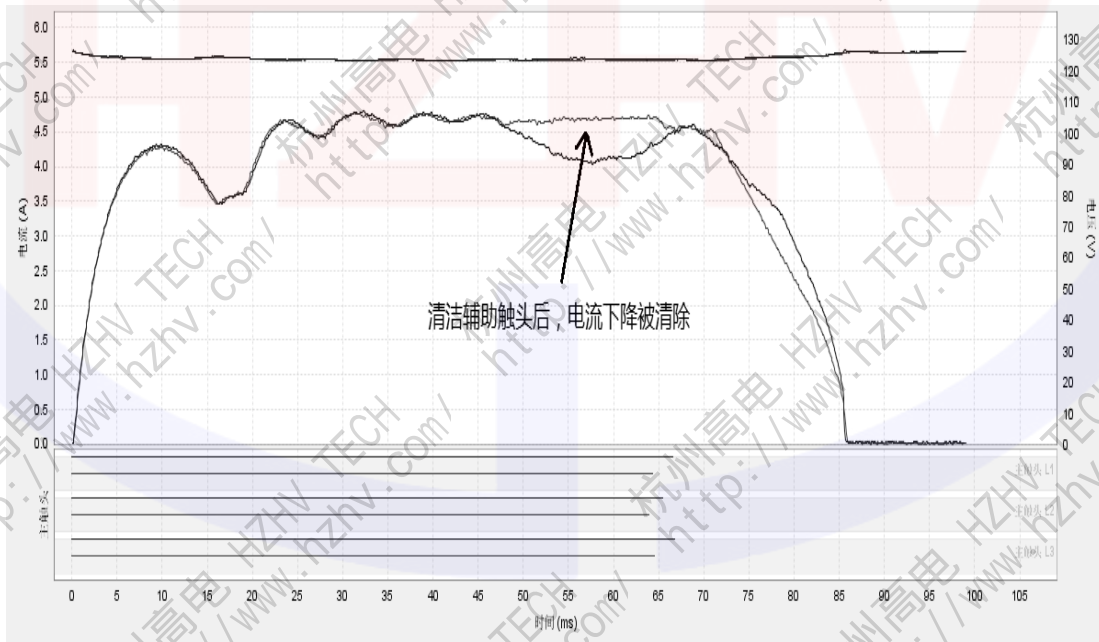
图 B.2 400A 12kV 断路器分闸线圈选用不当缺陷

B.3 某 400A 12kV 断路器辅助触头污垢缺陷

断路器第一次分闸时，分闸线圈的电流波形下降明显，经检查发现断路器的辅助触头上有污垢。清除污垢后，第二次分闸时的电流波形图表现正常，缺陷排除。



(a)



(b)

图 B.3 某 400A 12kV 断路器辅助触头污垢缺陷

开关设备分合闸线圈电流波形带电检测技术 现场应用导则

编 制 说 明

目 次

1	编制背景.....	11
2	编制主要原则.....	11
3	与其他标准文件的关系.....	11
4	主要工作过程.....	11
5	标准结构和内容.....	12
6	条文说明.....	12

1 编制背景

开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和分析技术指对开关设备分/合闸控制回路的电流波形信号进行采集、分析、判断的一种检测方法。随着输变电设备状态检修策略的全面推进，开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和分析技术被越来越多的用于开关设备的状态监测中，为规范开关设备分合闸线圈技术现场应用方法，提高应用效果，促进开关设备分合闸线圈带电检测和分析技术在 12kV 以上开关设备中的应用，提高开关设备的运行可靠性，推进开关设备状态检修策略的有效开展，提高电网的运行可靠性，国家电网公司运维检修部组织国网上海市电力公司、中国电力科学研究院、国网北京市电力公司等单位编写了《开关设备分合闸线圈电流波形带电检测技术现场应用导则》（以下简称“本标准”）。

2 编制主要原则

本标准与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本标准的编写遵循全面性、适用性和可靠性的原则，在总结以往 12kV 以上开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和诊断分析现场应用规范的基础上，从公司生产运行部门的实际出发，对开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和分析技术检测原理、检测系统组成、检测仪器要求、现场带电检测要求、带电检测方法等提出了要求，给出了检测周期、方法，并对开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和诊断分析技术管理工作提出了具体要求。

本标准适用于国家电网公司所属各单位的 12kV 及以上等级开关设备。

3 与其他标准文件的关系

本标准是针对 12kV 及以上开关设备分合闸线圈电流波形带电检测和诊断分析技术的专用现场应用导则，针对 12kV 及以上开关设备，现场运用比较成熟的控制回路波形监测和分析技术。由于国际和国内尚未颁布类似标准，因此，本部分属于原创性标准。对于实际工程实施，还应结合《3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》（GB 3906—2006）、《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》（Q/GDW 1799.1—2013）、《输变电设备状态检修试验规程》（Q/GDW 1168—2013）等文件使用。

4 主要工作过程

2014 年 9 月，编写组召开内部专家评审会，对初稿进行评审，形成征求意见稿。

2014 年 5 月，根据国家电网公司运检部标准编制计划要求，成立了标准编写组，确定了标准编写大纲、任务分工和编写计划，明确了编写原则以及与相关标准的界定和衔接。

2014 年 6 月~7 月，国网上海市电力公司组织进行本标准的集中编写工作，收集主要生产厂家的技术资料，并进行技术调研，同时吸取了有关专家的意见，形成了本标准初稿。

2014 年 8 月，编写组对本标准初稿进行修改和完善。

2014 年 9 月，由国网上海市电力公司邀请专家组织初审，形成了本标准的征求意见稿。

2014 年 10 月，国网运检部向公司系统内 27 家省电力公司和中国电科院广泛征求本标准意见，收到反馈 11 条意见。标准编写组对所有征求意见进行了汇总，并根据采纳的修改意见，再次对本标准进行了修改，形成了送审稿。

2014 年 11 月 14 日，国网运检部组织了有关专家在北京对本标准送审稿进行了审查，标准编写组对专家提出的意见进行了修改，形成本标准报批稿。

5 标准结构和内容

本标准共设 4 章：检测原理、检验仪器要求、带电检测要求、检测方法。

6 条文说明

第 4 章（检测原理）中：对开关设备分合闸线圈电流波形检测原理进行了说明。

第 5 章（检验仪器要求）中：将检验仪器分为基本功能型和高级功能型，高级功能型配备专家系统。

第 6 章（带电检测要求）中：对人员、安全和具体的检测条件进行了规定。

第 7 章（检测方法）中：从检测周期、检测准备、检测步骤和结果分析原则四方面规范了现场应用的一整套操作流程和实施方案。

附录 A（资料性附录）中：给出了可供现场参考使用的开关设备控制回路分合闸线圈电流波形检测记录表。

附录 B（资料性附录）中：给出了现场检测中经常遇到的典型缺陷的图谱，供现场带电检测时参考使用。