

ICS 27.100

F 24

备案号: 36407-2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 265—2012

变压器有载分接开关现场试验导则

Field test guide on the on-load tap-changer for transformer

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

2012-04-06 发布

2012-07-01 实施

国家能源局 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 现场试验	3
5 试验仪器要求	5
附录 A (资料性附录) 变压器有载分接开关试验波形	6
参考文献	13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则编写。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压试验技术标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：吉林省电力科学研究院有限公司、四川电力科学研究院。

本标准参加起草单位：国网电力科学研究院、清华大学、华北电力科学研究院有限责任公司、福建省电力试验研究院、上海华明电力设备制造有限公司、安徽省电力科学研究院、青海电力试验研究院。

本标准主要起草人：王朔、李建明、马卫平、敖明、梁之林、陈勇、周远翔、刘少宇、张国兵、张德明、郭守贤、何宝龙。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

变压器有载分接开关现场试验导则

1 范围

本标准规定了变压器有载分接开关现场高压试验的项目、周期、方法及要求，给出了缺陷判断范例。

本标准适用于额定电压 10 kV~500 kV 电压等级的电力变压器、换流变压器、配电变压器和电抗器用有载分接开关的交接及随同设备检修试验周期所进行的试验。

进口有载分接开关现场试验可参照本标准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 7595—2008 运行中变压器油质量
- GB 10230.1—2007 分接开关 第1部分：性能要求和试验方法
- GB/T 16927.1—2008 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 16927.2—2008 高电压试验技术 第2部分：测量系统
- GB 50150—2006 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 574—2010 变压器分接开关运行维修导则
- DL/T 596—1996 电力设备预防性试验规程

3 术语和定义

GB 10230.1—2007、DL/T 574 界定的以及下列术语和定义适用于本标准，为了便于使用，以下重复列出了 GB 10230.1—2007、DL/T 574 中的某些术语和定义。

3.1

有载分接开关 on-load tap-changer

适合在变压器励磁或负载下进行操作的用来改变绕组分接位置的一种装置。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.1]

3.2

分接选择器 tap selector

能承受电流但不能接通或开断电流的一种装置，它与切换开关配合使用，以选择分接连接位置。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.2]

3.3

切换开关 diverter switch

与分接选择器配合使用，在已选电路中承载、接通和开断电路中电流的一种装置。

注：切换开关有时也称为电弧分接开关。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.3]

3.4

选择开关 selector switch

把分接选择器和切换开关的功能结合在一起，能承载、接通和开断电流的一种开关装置。

注：选择开关有时也称为电弧分接开关。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.4]

3.5

限流自耦变压器 preventive auto transformer

一种自耦变压器（或中心抽头电抗器），用于有载分接开关变换和调压变压器或分级电压调节器。当其工作在两相邻分接被桥接的位置时或相邻位置分接变换期间内，用来限制循环电流。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.10]

3.6

过渡阻抗 transition impedance

由一个或几个元件组成的电阻器或电抗器，用以把使用中的分接头和将要使用的分接头桥接起来，使负载从一个分接转移到另一个分接而不切换负载电流或不使负载电流有明显的变化。同时，也在两个分接头均被使用的期间内限制其上的循环电流。

注：对于电抗式分接开关，过渡阻抗（电抗器）通常称为限流自耦变压器。电抗式分接开关通常将桥接位置作为工作位置（中点或中心抽头的电抗式分接开关）用。因此，电抗器设计为连续工作。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.9]

3.7

桥接时间 bridging time

分接开关在分接变换中，调压级绕组经电阻或电抗器被暂时短接的时间。

3.8

三相开断不同步时间 three-phase cut-off out of sync time

电阻式分接开关在分接变换中，三相过渡电阻接入调压绕组时相间的最大时间差。

电抗式分接开关在分接变换中，三相限流变压器接入调压绕组时相间的最大时间差。

3.9

分接变换操作 tap-change operation

分接变换从一工作分接位置转换到相邻一个分接位置的由开始到完成的全部过程。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.23]

3.10

逐级分接变换 step-by-step tap-changer

不管以何种方式发出指令，在一个指令发出之后，与分接开关所配的电动机都只能可靠地驱动分接开关完成一个分接变换操作。

[DL/T 574—2010, 定义 3.1]

3.11

操作循环 cycle of operation

分接开关从一个终端位置变换到另一个终端位置，再回到原始位置的动作。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.24]

3.12

连动 running-through

与分接开关所配的电动机失控地驱动分接开关连续完成一个以上分接变换操作。

[DL/T 574—2010, 定义 3.2]

3.13

1 类分接开关 class 1 tap-changer

仅适用于绕组中性点处的分接开关。

[GB 10230.1—2007, 定义 3.53]

3.14

2类分接开关 class2 tap-changer

适用于绕组中性点以外的其他位置处的分接开关。

[GB/T 10230.1—2007, 定义 3.54]

4 现场试验

4.1 试验项目、周期及标准

变压器有载分接开关现场试验项目、周期及标准见表1。

表1 分接开关的试验项目、周期和标准

序号	项 目	周 期	标 准	说 明
1	测量过渡电阻值	更换过渡电阻时	电阻值与铭牌值的偏差不大于±10%	
2	测量触头的接触电阻	1) 变压器吊罩大修时。 2) 更换触头时	1) 符合制造企业技术要求。 2) 制造企业无技术要求的, 触头接触电阻: $R \leq 500 \mu\Omega$	符合 4.2.2 给出的细节
3	真空断路器试验	更换真空断路器时	真空断路器真空度应符合制造企业技术要求	见 4.2.3
4	限流自耦变压器试验	1) 交接时。 2) 绝缘油试验周期 6 个月。 3) 随同变压器检修试验周期	试验项目及要求遵守 GB 50150—2006 第 8 章、DL/T 596—1996 第 6 章的规定	见 4.2.4
5	切换开关或选择开关油室内绝缘油试验	1) 交接时。 2) 分接开关大修时。 3) 1 年。 4) 动作 5000 次以上。 5) 必要时	1) 交接或大修时与变压器本体相同。 2) 运行中油室内油的击穿电压: 1 类分接开关不小于 30 kV, 2 类分接开关不小于 40 kV。 3) 运行中油室内油的含水量: 不大于 40 $\mu\text{L/L}$	见 4.2.5
6	触头动作顺序测量	1) 交接时。 2) 分接开关大修时	触头动作顺序应符合制造企业要求	符合 4.2.6 给出的细节
7	操作试验	1) 交接时。 2) 随同变压器检修试验周期	1) 切换过程中无突停、连动等异常现象。 2) 电气和机构限位动作正确。 3) 电动机断电后复电自启动保护动作正确	符合 4.2.7 给出的细节
8	测量分接变换程序、电流连续性、三相开断不同步时间	1) 交接时。 2) 分接开关大修时。 3) 随同变压器检修试验周期	1) 与制造企业技术要求相符。 2) 测试电流无断流。 3) 三相开断不同步时间不大于 3 ms	1) 符合 4.2.8 给出的细节。 2) 波形判断参考附录 A
9	辅助回路绝缘试验	1) 交接时。 2) 随同变压器检修试验周期	1) 辅助回路绝缘电阻测量。 2) 交流电压试验	符合 4.2.9 给出的细节
注 1: 分接开关现场试验所获取的数据、波形, 本标准没有给出判断标准的, 应与出厂试验值进行对比, 满足制造企业技术要求。				
注 2: 制造企业对分接开关现场试验有特殊技术要求的, 执行制造企业技术要求。				

4.2 试验要求

4.2.1 电阻式分接开关更换过渡电阻时, 使用电桥法测量更换的过渡电阻连同连线、接线端子的电阻值。如无铭牌过渡电阻值, 可与其他相过渡电阻阻值比较, 偏差不大于±10%。

4.2.2 测量各触头的接触电阻应符合下列规定：

- a) 变压器吊芯时，应测量分接开关全部触头的接触电阻。
- b) 使用直流压降法试验，测试电流不小于 100 A，连续通电测试 60 s。
- c) 试验全过程电阻值应稳定，记录或自动存储数据的间隔时间应不大于 10 s，任意时刻的电阻值应不大于测试的初始电阻值，任意时刻的电阻值与初始电阻值之比，偏差不大于 1%。
- d) 本项目适用于 M 型分接开关。

4.2.3 真空断路器真空度试验应符合下列规定：

- a) 断路器真空度测量宜使用交流电压法。
- b) 未更换的断路器宜同时进行真空度检测。

4.2.4 对于限流自耦变压器试验，制造企业有特殊技术要求的，应满足制造企业技术要求。

4.2.5 切换开关或选择开关油室内绝缘油试验应符合下列规定：

- a) 新设备或大修后，分接开关油检验项目及要与变压器本体相同，油质各项指标应符合 GB/T 7595 的规定。
- b) 运行中检测绝缘油的击穿电压、含水量。
- c) 必要时指分接开关切换频繁，虽没有达到 5000 次切换次数，但油质劣化较快或对油质有怀疑时。

4.2.6 触头动作顺序测量应符合下列规定：

- a) 以声响法作为触头脱开与合上的判断依据。
- b) 从分接开关整定位置开始，在分接开关全行程范围内缓慢转动摇柄，记录操作机械以下转动圈数并与出厂试验值对比：
 - 1) 分接（转换）选择器动触头离开静触头。
 - 2) 分接（转换）选择器动触头合上相邻静触头。
 - 3) 切换开关动作。
 - 4) 完成 1 级变换。
- c) 分接开关各组触头正反 2 个方向动作顺序的圈数应基本相同。
- d) 正反调电阻式分接开关，应在粗调选择器或极性选择器操作位置处每侧不少于 2 个分接范围内连续测量。
- e) 其他型式分接开关，应在中间分接每侧不少于 2 个分接范围内连续测量。

4.2.7 操作试验应符合下列规定：

- a) 应带绕组试验。
- b) 变压器不励磁，分接开关电动机构在额定工作电压下完成 1 个循环操作。
- c) 逐级检查电气限位、机械限位、机械传动，是否存在连跳、机械传动卡滞、同心度偏离。
- d) 随同变压器检修试验进行分接开关电动机构额定工作电压下操作试验，应在分接开关中间位置上下各 1 个分接的操作过程中断电再复电 1 次，检查分接开关电动机构紧急停止功能和断电后复电的自启动保护功能。

4.2.8 测量分接变换程序、电流连续性、三相开断不同步时间，应符合下列规定：

- a) 应带绕组试验。
- b) 试验三相变压器分接开关动作特性所获取的电流波形，应至少有 1 个变换程序的时间与制造企业出厂试验参数相符。
- c) 除三相变压器中性点调压外，其他调压方式（线端、中部等）的三相变压器、调压绕组 D 结线、换流变压器、单相变压器、消弧线圈的分接开关，宜使用交流法测量。
- d) 单相变压器、电抗式分接开关只进行电流的连续性试验。
- e) 分接开关动作特性交流试验电压不宜低于 380 V。

- f) 使用交流零序测试分接开关切换过程电流的连续性, 试验电流不宜低于 3.0 A。
- g) 试验分接变换程序的波形、电流曲线应连续、圆滑, 除桥接时间交流试验因调压绕组短路出现的电流有规律变化外, 无断流、无跳跃现象。
- h) 直流测试波形出现的少量电流跳跃、短时间电流过零、开关切换过程电流无变化现象, 不应作为判定分接开关存在缺陷的依据。
- i) 直流试验怀疑分接开关存在缺陷或不能对缺陷认定时, 应进行交流试验。
- j) 分接开关缺陷复核认定, 应使用交流高电压、大电流试验, 试验电压、电流可根据现场试验条件确定。
- k) 分接开关三相开断不同步时间, 正反调电阻式分接开关应至少测量粗调选择器或极性选择器变换位置每一侧的 2 个连续分接, 其他类型的分接开关测量中间分接每一侧的 2 个连续分接。
- l) 测量分接开关变换程序、电流连续性、三相开断不同步时间, 宜结合操作试验一并进行。
- m) 随同变压器检修试验周期进行的试验只进行电流连续性测试。

4.2.9 辅助回路绝缘试验应符合下列规定:

- a) 辅助回路的绝缘电阻应不低于 1 M Ω 。
- b) 使用 1000 V 绝缘电阻表测量。
- c) 交流电压试验的试验电压 1000 V, 时间 1 min。
- d) 交流电压试验的试验电压一般是频率为 45 Hz~65 Hz 的交流电压, 试验电压的波形为两个半波相同的近似正弦波, 且峰值和方均根(有效)值之比应在 $\sqrt{2} \pm 0.07$ 以内。
- e) 当回路绝缘电阻大于 10 M Ω 以上时, 可使用 2500 V 绝缘电阻表连续测量 1 min 代替交流电压试验。
- f) 随同变压器检修试验周期只测量回路的绝缘电阻。

5 试验仪器要求

试验仪器应符合 GB/T 16927.1、GB/T 16927.2 的要求。

附录 A
(资料性附录)

变压器有载分接开关试验波形

A.1 无异常分接开关的试验波形

无异常分接开关试验波形如图 A.1~图 A.5 所示。

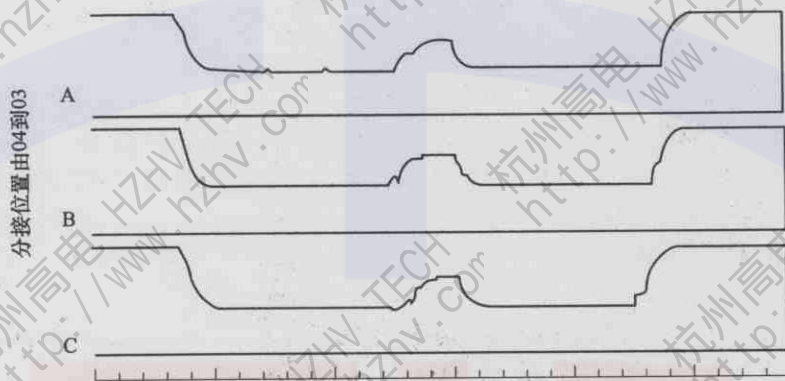


图 A.1 一次绕组 YN 接线双电阻 V 型分接开关变换程序
无异常直流试验波形

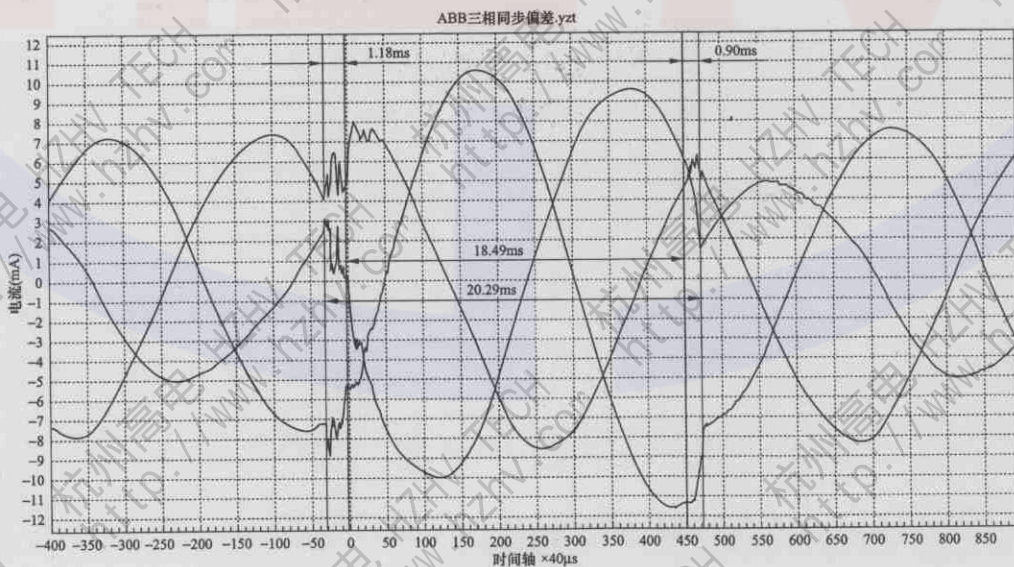


图 A.2 一次绕组 YN 接线双电阻式 MR 分接开关变换程序
无异常交流试验波形

波形分析：分接开关桥接时长 20.29 ms，进入桥接三相开断不同步时间 1.18 ms。

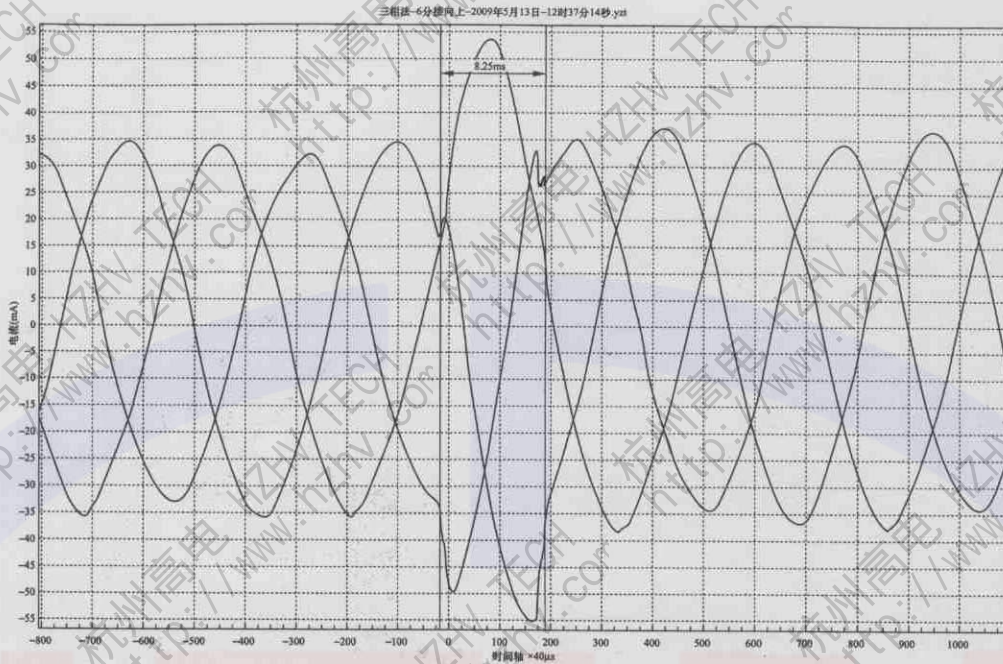


图 A.3 一次绕组 D 接线双电阻 V 型分接开关变换程序
无异常交流试验波形

波形分析：分接开关桥接时长 8.25 ms，进入桥接三相开断不同步时间 0.24 ms。

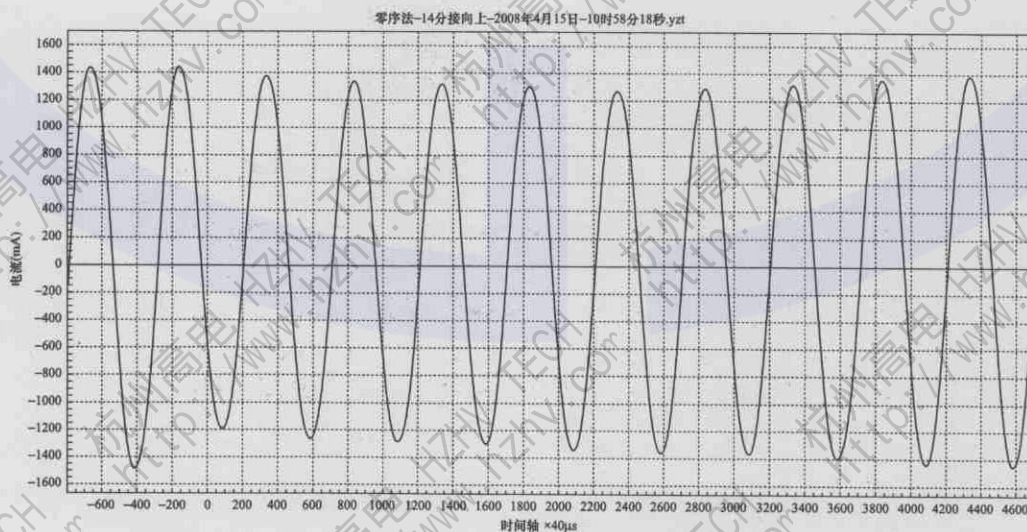


图 A.4 三相三柱式变压器分接开关变换程序
无异常交流零序试验波形

波形分析：三相三柱式变压器零序阻抗较小，分接开关切换过程中串入绕组的过渡电阻对试验电流限制作用比较明显，分接开关切换结束后零序电流逐步恢复稳定。

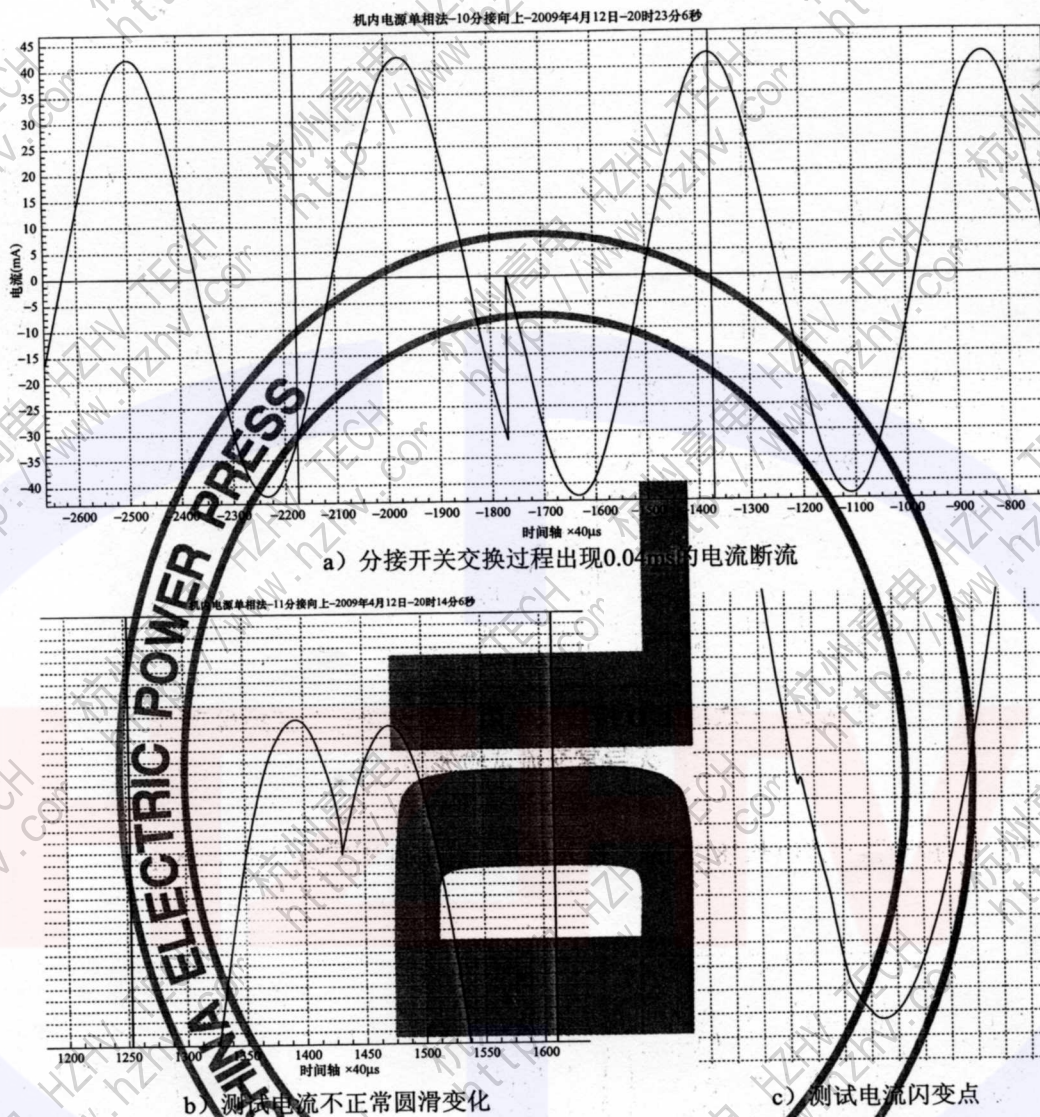


图 A.5 消弧线圈双电阻分接开关触头氧化 600 V 交流试验波形

波形分析：消弧线圈双电阻分接开关切换的桥接过程交流试验不能显示。分接开关共 14 个分接，一个循环操作电流曲线整体平滑连续，5 个波形存在异常，其中 1 个波形上出现一次 0.04 ms 的电流断流 [图 A.5a)]、1 个波形上出现一次试验电流时长 3.17 ms 的不正常圆滑变化 [图 A.5b)]、3 个波形上出现电流瞬间 1 个~2 个小幅闪变点 [图 A.5c)]。经几次交流试验，分接开关切换过程中的电流断流、电流不正常圆滑变化现象消失，闪变点减少。

结论：分接变换程序无异常，触头表面氧化较严重。

分接开关吊芯检查：分接开关与变压器绕组一同干燥，导致分接开关各组触头表面出现较严重氧化，金属变色。

A.2 有异常分接开关的试验波形

A.2.1 过渡电阻断线

分接开关过渡电阻断线试验波形如图 A.6~图 A.8 所示。

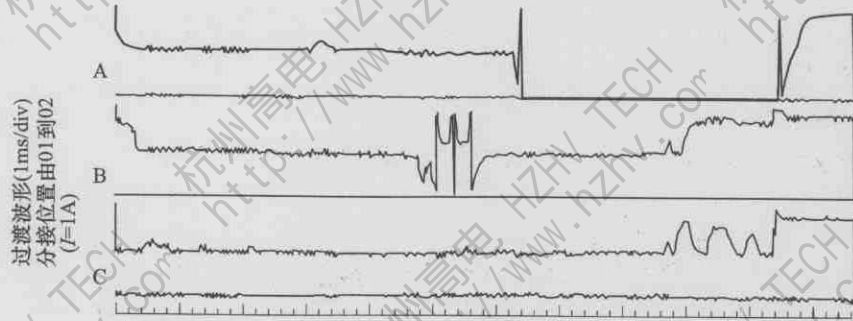


图 A.6 双电阻 V 型分接开关过渡电阻回路断线直流试验波形

波形分析：分接开关后半桥 U 相比 V 相晚进入 4 ms，记录 U 相时长 20.5 ms 测试电流断流，分接开关 U 相后半桥过渡电阻回路断线。

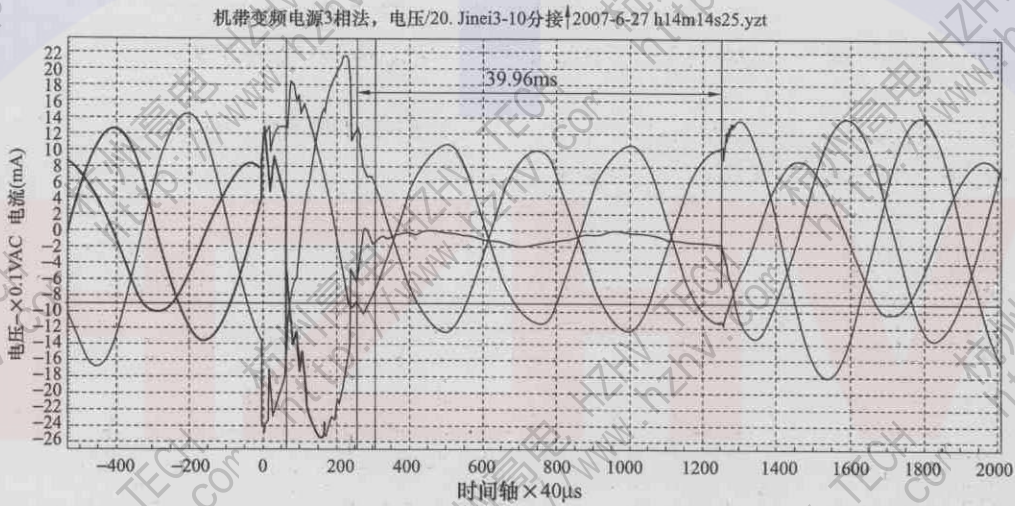


图 A.7 双电阻 V 型分接开关过渡电阻回路断线三相交流试验波形

波形分析：图 A.7 与图 A.6 所示为同一台分接开关用 2 种试验方法获取的波形，图 A.7 交流试验波形显示分接开关 U 相桥接结束发生断流，断流时长 39.96 ms。

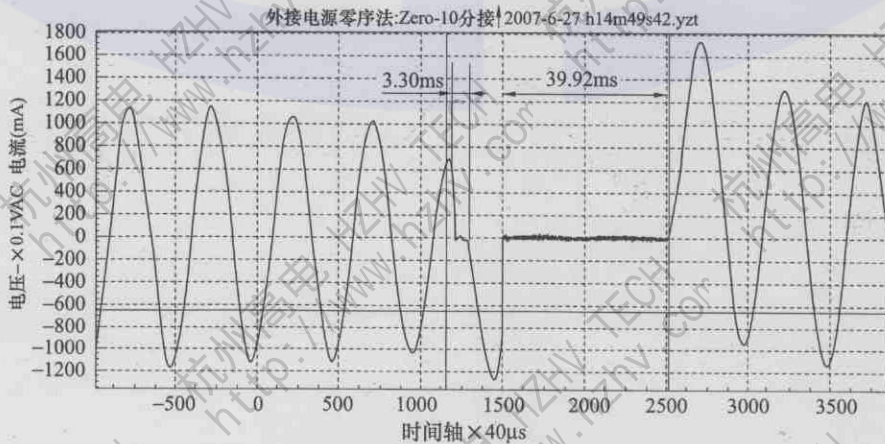


图 A.8 三相三柱式变压器分接开关过渡电阻回路断线交流零序试验波形

波形分析：图 A.8 与图 A.7、图 A.6 为同一台分接开关用不同试验方法获取的不同波形，图 A.8 为

交流零序试验波形，波形显示分接开关切换后半桥发生时长 39.92 ms 断流过程，在此之前有一次 3.30 ms 时长断流过程。

A.2.2 分接开关触头接触不良

分接开关触头接触不良的试验波形如图 A.9~图 A.13 所示。

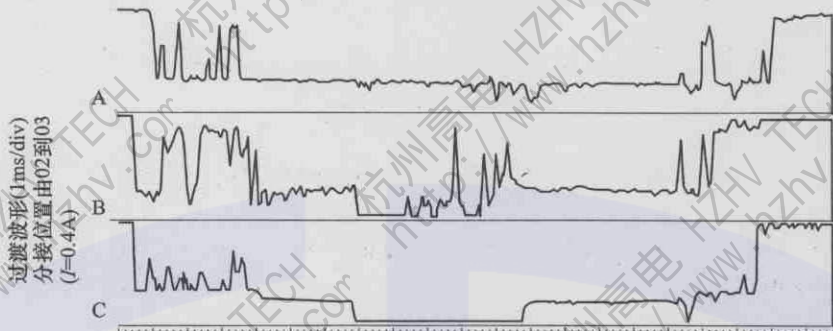
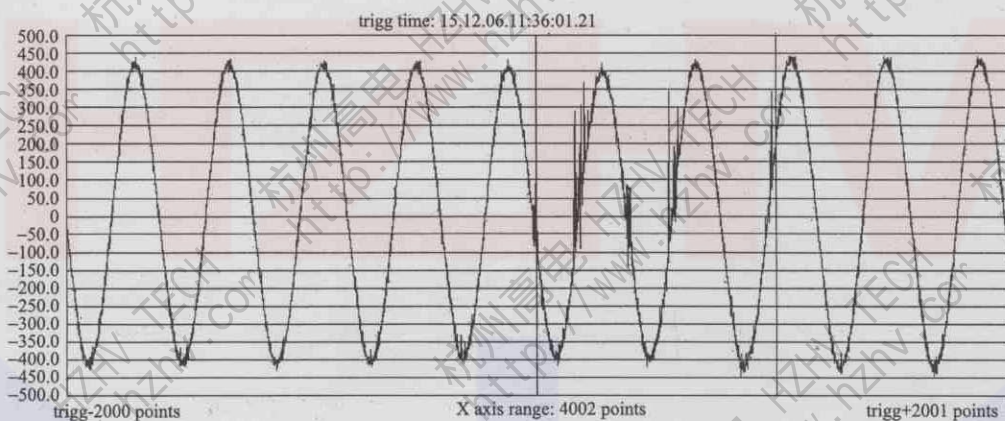
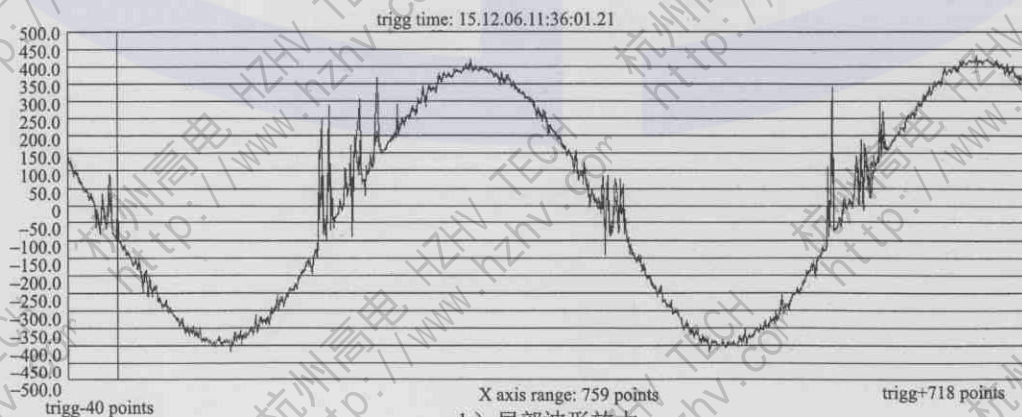


图 A.9 双电阻 V 型分接开关触头接触不良直流试验波形

波形分析：直流试验波形电流频繁跳跃，V 相、W 相在过渡电阻桥接区域附近出现时长 3.0、6.5、24 ms 等多次电流断流，桥接过程不能显示。



a) 分接开关桥接处200ms时长零序试验波形



b) 局部波形放大

图 A.10 双电阻 V 型分接开关触头接触不良交流零序试验波形

波形分析：图 A.10 与图 A.9 所示为同一台分接开关用 2 种试验方法获取的波形，图 A.10 所示为交流零序试验波形显示分接变换程序正常，电流波形失去平滑。图 A.10b) 所示为测试波形局部放大，有多次不大于 0.22 ms 的触头间较大的火花放电过程。

结论：分接变换程序无异常，触头接触不良。

分接开关吊芯检查：各组触头受潮氧化锈蚀严重，虽经十余个循环操作试验，触头上仍有较多绿色铜锈。

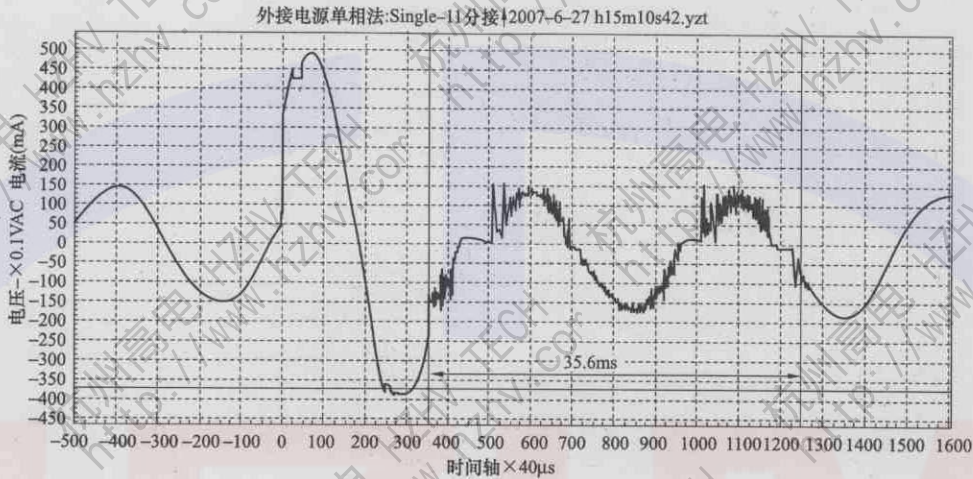


图 A.11 双电阻 V 型分接开关过渡触头接触不良单相交流 6400 V 试验波形

波形分析：分接开关过渡触头的动触头用击穿电压 2000 V 的塑料薄膜包裹，设置成小间隙的动静触头分离缺陷，使用交流 6400 V 电压试验获取的波形。除电流过零点附近仍存在电流断流外，其他部位均被击穿，交流波形失去平滑，动静触头间发生持续火花放电，电流跳跃变化时长 35.6 ms。

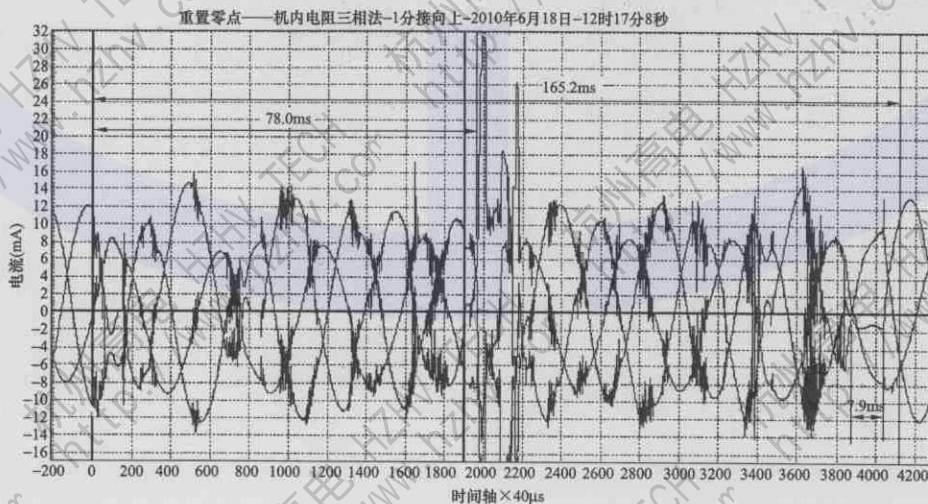


图 A.12 双电阻 V 型分接开关极性开关触头不正 800 V 三相交流试验波形

波形分析：U 相电流变化量与 V、W 相电流变化量之和大小相等，方向相反。分接开关切换时 165.2 ms 的时长区域内出现多次 U 相断流，最长断流时长 7.9 ms。按绝缘油击穿电压 50 kV、试验电压 800 V，电流过零中间点为试验电压过零点测算，对应动静触头脱离接触瞬时出现间隙约 34 μm。电流变化幅值大、频率高，电流失去平滑，1 到 8 分接切换过程波形相似（如图 A.12），9B 到 17 分接切换过程波形基本正常。三相电流基线正弦变化，过渡电阻桥接过程显示清楚。变压器各分接三相绕组

直流电阻测试未见异常。

结论：分接开关变换程序无异常，过渡电阻工作正常，分接开关 U 相极性开关正极性侧触头接触压力不够。

分接开关吊芯检查：U 相分接开关的极性开关正极性侧静触头安装位置不正。

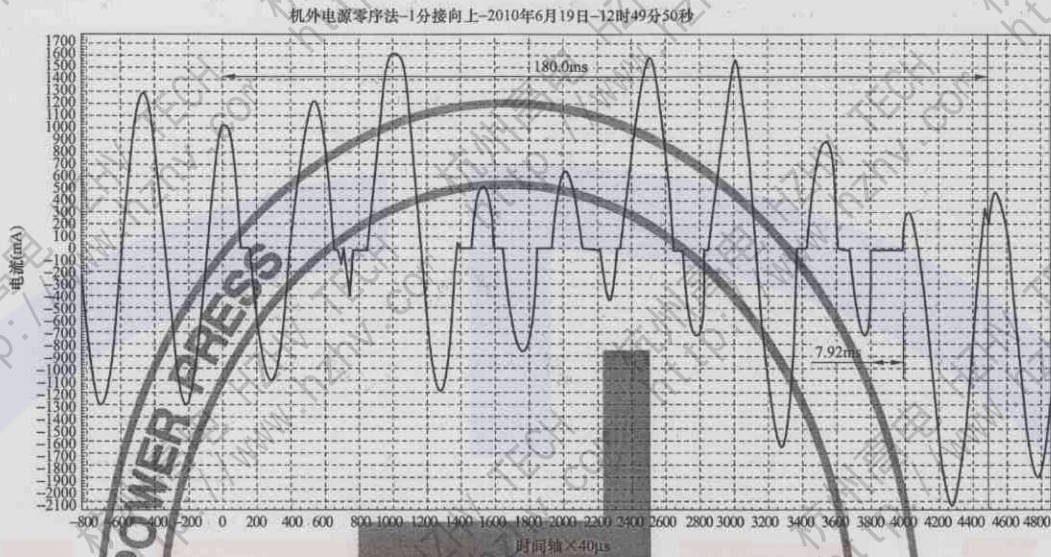


图 A.13 双电阻 V 型分接开关极性开关触头安装不正交流零序试验波形

波形分析：图 A.13 与图 A.12 所示为同一组分接开关 2 种试验方法获取的波形。图 A.13 中，零序试验波形异常时长约 180.0 ms，其中 3 次测试电流过零时连续，14 次测试电流过零时断流，最长断流时长 7.92 ms。波形中出现 2 次电流时长约 2 ms 的窄峰时段，按绝缘油击穿电压 50 kV、试验电压 85 V 测算，这 2 个时段对应触头间瞬时出现约 7 μm 间隙。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14542—2005 运行变压器油维护管理导则
- [2] DL/T 393—2010 输变电设备状态检修试验规程
- [3] DL/T 573—2010 电力变压器检修导则
- [4] DL/T 845.4—2004 电阻测量装置通用技术条件 第4部分：回路电阻测试仪
- [5] JB/T 8314—2008 分接开关 试验导则

中华人民共和国
电力行业标准
变压器有载分接开关现场试验导则
DL/T 265—2012

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

2012年7月第一版 2012年7月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 25千字
印数 0001—3000册

统一书号 155123·940 定价 9.00元

敬告读者
本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换
版权专有 翻印必究



155123.940

上架建议：规程规范
电力工程/输配电