

ICS 29.240

CCS K 45

团 体 标 准

T/CSEE 0333—2022

特高压变压器选相投切装置技术规范

Technical specification for controlled switching device of UHV transformer



2022-12-05 发布

2023-03-01 实施

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准
特高压变压器选相投切装置技术规范

T/CSEE 0333—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2023年6月第一版 2023年6月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 57千字

*

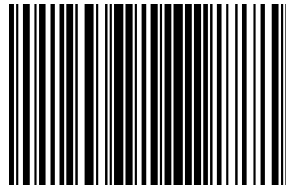
统一书号 155198·4806 定价 **44.00**元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.4806

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 技术要求	3
4.1 环境条件	3
4.2 额定电气参数	4
4.3 准确度	5
4.4 开关量输入和输出	5
4.5 传感器信号输入	5
4.6 与后台通信接口	5
4.7 相关设备技术要求	6
4.8 电磁兼容要求	6
4.9 绝缘要求	6
4.10 机械要求	6
4.11 配线端子	6
4.12 连续通电	6
4.13 安全要求	6
5 功能及性能要求	6
5.1 一般要求	6
5.2 忽略变压器剩磁的选相投切功能及策略要求	7
5.3 计及变压器剩磁的选相投切功能及策略要求	7
6 检验和试验	8
6.1 检验和试验要求	8
6.2 检验规则	8
6.3 气候环境试验	11
6.4 电磁兼容试验	11
6.5 直流电源端口试验	11
6.6 机械性能试验	11
6.7 绝缘试验	11
6.8 准确度试验	11
6.9 装置功能试验	12
6.10 选相出口控制精度试验	12
6.11 输出继电器试验	12
6.12 过载能力试验	12
6.13 功率消耗试验	12
6.14 连续通电试验	12
6.15 结构和外观检查	12

T/CSEE 0333—2022

6.16	外壳防护试验	12
6.17	安全要求试验	12
6.18	系统调试	12
7	标志、包装、运输和贮存	13
7.1	标志	13
7.2	包装	13
7.3	运输	13
7.4	贮存	13
8	其他	14
8.1	产品出厂随行文件	14
8.2	质量保证期限	14
附录 A	(资料性) 断路器绝缘强度下降率 RDDS 及关合系数	15
附录 B	(资料性) 变压器选相投切技术概述	17
附录 C	(资料性) 变压器剩磁测算方法	19
附录 D	(资料性) 装置功能试验	20
附录 E	(资料性) 选相出口控制精度试验方法	21
附录 F	(资料性) 选相投切装置典型回路及接线	23

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会保护专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、平高集团有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、北京四方继保自动化股份有限公司、国家电网有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：班连庚、李海涛、滕文涛、沈晓凡、项祖涛、李岩军、刘北阳、孟江雯、李宽、黄昕、张超军、郑永康、张鹏飞、须雷、邓劲东、李志兵、刘涛。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

特高压变压器选相投切装置技术规范

1 范围

本文件规定了特高压交流变压器选相投切装置的技术要求、功能及性能要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等的要求。

本文件适用于特高压交流变压器所配置的断路器选相投切装置的订货、设计、制造、检验、运输、安装、试验和运行。其他电压等级变压器选相投切装置可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Db：交变湿热（12h+12h 循环）
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验 N：温度变化
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 4798.2 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第2部分：运输和装卸
- GB/T 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 9361 计算机场地安全要求
- GB/T 11287 电气继电器 第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇：振动试验（正弦）
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 14598.3 电气继电器 第5部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验
- GB/T 14598.26 量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求
- GB/T 14598.27—2017 量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.17 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验
- GB/T 17626.29 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 19520.12 电子设备机械结构 482.6 mm（19 in）系列机械结构尺寸 第3-101部分：插箱及其插件

GB/T 21711.1 基础机电继电器 第1部分：总则与安全要求

GB/T 30846—2014 具有预定极间不同期操作高压交流断路器

GB/T 50297 电力工程基本术语标准

DL/T 478—2013 继电保护和安全自动装置通用技术条件

DL/T 860（所有部分）电力自动化通信网络和系统

DL/T 995 继电保护和电网安全自动装置检验规程

IEC 61850（所有部分）电力自动化通信网络和系统（Communication networks and systems for power utility automation）

3 术语和定义

GB/T 50297 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

选相投切装置 controlled switching device

通过一定的手段实现断路器动、静触头在系统电压波形的指定相角处分、合的装置。

3.2

变压器剩磁 residual magnetic flux of transformer

变压器切断以后在铁芯中保留的磁通。

3.3

预期磁通 prospective magnetic flux

假定变压器与电源相连且处于稳态时所对应的磁通，用于确定关合目标点（3.6）。

3.4

选相基准信号 controlled switch reference signal

用于执行选相控制逻辑和验证选相控制效果的相位参考信号。

3.5

反馈信号 feedback signal

用于判定断路器关合和开断发生时刻的信号，包括反馈电压和反馈电流。

3.6

关合目标点 target point for making

选相合闸操作时预期的电气导通时刻。

3.7

分断目标点 target point for breaking

选相分闸操作时预期的触头电弧熄灭时刻。

3.8

预击穿时间 pre-arcing time

从断路器某相电气导通时刻到触头接触时刻之间的时间间隔。

3.9

影响变量 characteristic quantities

对断路器分合闸时间产生影响的状态量，可包括环境温度、控制电压、机构油压、SF₆ 气压、间歇时间等。

3.10

选相出口控制精度 output accuracy of controlled switching

选相投切装置（3.1）的控制信号输出时刻相对于目标输出时刻的偏离的统计值。

4 技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 户内安装工作环境条件

户内安装工作环境条件如下：

- a) 环境温度：-10℃~+55℃；
- b) 相对湿度：5%~95%（产品内部既无凝露，也不应结冰）；
- c) 温度变化率：0.5℃/min；
- d) 大气压力：80 kPa~106 kPa；
- e) 抗震能力：水平加速度 0.30g，垂直加速度 0.15g。

4.1.2 户外有防护安装工作环境条件

户外有防护安装工作环境条件如下：

- a) 环境温度：-40℃~+70℃；
- b) 相对湿度：5%~100%（产品内部既无凝露，也不应结冰）；
- c) 温度变化率：1℃/min；
- d) 大气压力：80 kPa~106 kPa；
- e) 抗震能力：水平加速度 0.30g，垂直加速度 0.15g。

4.1.3 正常试验大气条件

正常试验大气条件如下：

- a) 环境温度：+15℃~+35℃；
- b) 相对湿度：25%~75%；
- c) 大气压力：80 kPa~106 kPa。

4.1.4 基准试验大气条件

基准试验大气条件如下：

- a) 环境温度：+20℃±5℃；
- b) 相对湿度：45%~75%；
- c) 大气压力：86 kPa~106 kPa。

4.1.5 贮存、运输环境条件

贮存、运输环境条件如下：

- a) 贮存环境温度为-25℃~+55℃，相对湿度不大于 85%；
- b) 运输环境温度为-25℃~+70℃，相对湿度不大于 85%；
- c) 当贮存、运输环境条件超出上述范围时，由用户与制造商协商确定。

4.1.6 周围环境

装置安装、运行的环境条件如下：

- a) 应遮阳、挡雨雪，防御雷击、沙尘，通风；
- b) 不应安装在超过 DL/T 478—2013 中 7.4 规定的电磁干扰的环境中；

- c) 安装场地应符合 GB/T 9361 中 B 类安全要求的规定;
- d) 不宜在 GB/T 11287 规定的严酷等级高于 1 级振动的地点使用, 运输、贮存过程中不宜出现超过 GB/T 14537 规定的严酷等级为 1 级的冲击或碰撞;
- e) 无爆炸危险的介质, 周围介质中不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面镀覆及涂覆层的介质及导电介质, 不允许有明显的水汽, 不允许有严重的霉菌存在;
- f) 安装场所有可靠的接地点, 并符合相关标准的规定。

4.1.7 特殊使用环境条件

当超出 4.1.1、4.1.2、4.1.5、4.1.6 规定的条件时, 由用户与制造厂协商确定。

4.2 额定电气参数

4.2.1 工作电源

对装置的直流工作电源的规定如下:

- a) 装置的直流工作电源参数要求如下:
 - 1) 额定电压: 220 V、110 V;
 - 2) 允许偏差: $-20\% \sim +15\%$;
 - 3) 纹波系数: 不大于 5%。
- b) 拉合直流电源以及插拔熔丝发生重复击穿火花, 或直流电源回路出现各种异常情况 (如短路、断线、接地等) 时, 装置不应误输出。
- c) GB/T 17626.29 中规定进行直流电源电压中断 100 ms 影响试验, 装置不应误输出。
- d) 将输入直流电源的正负极性接反, 装置应无损坏。

4.2.2 交流回路电气输入

对装置的交流回路电气输入量的规定如下:

- a) 交流电压额定值 U_N : $100/\sqrt{3}$ V。
- b) 交流电流额定值 I_N : 1 A。
- c) 频率额定值: 50 Hz。
- d) 交流电压回路过载能力:
 - 1) 1.2 倍额定电压, 长期连续工作;
 - 2) 1.4 倍额定电压, 允许 10 s;
 - 3) 2 倍额定电压, 允许 1 s。
- e) 交流电流回路过载能力:
 - 1) 1.2 倍额定电流, 长期连续工作;
 - 2) 10 倍额定电流, 允许 10 s;
 - 3) 40 倍额定电流, 允许 1 s。
- f) 有特殊要求, 由供货合同约定。

4.2.3 功率消耗

对装置的功率消耗要求如下:

- a) 交流电压回路: 当额定电压时, 每相不大于 1 VA;
- b) 交流电流回路: 当额定电流时, 每相不大于 0.5 VA;
- c) 直流电源回路: 正常工作时不大于 50 W。

4.3 准确度

对装置的准确度要求如下：

- a) 交流电压回路允许误差：在 $0.8U_N \sim 1.5U_N$ 范围内，相对误差不大于 2.5%或绝对误差不大于 $0.002U_N$ ；
- b) 交流电流回路允许误差：在 $0.05I_N \sim 10I_N$ 范围内，相对误差不大于 2.5%或绝对误差不大于 $0.02I_N$ ；
- c) 频率允许误差：在 49.5 Hz~50.5 Hz 范围内不大于 0.01 Hz。

4.4 开关量输入和输出

4.4.1 开关量输入

对装置的开关量输入要求如下：

- a) 装置中所有开关量输入回路的直流电源应与装置内部电源隔离；
- b) 强电开关量输入回路的启动电压值不应大于 0.7 倍额定电压值，且不应小于 0.55 倍额定电压值。

4.4.2 开关量输出

装置的开关量输出触点的性能应满足 GB/T 21711.1 的要求。

4.4.3 选相控制命令输出

装置用于直接驱动断路器分、合闸线圈的选相控制命令输出触点应符合以下要求：

- a) 电气寿命：不小于 10 000 次；
- b) 触点耐压：不小于直流电压 250V；
- c) 连续载流能力：不小于 10 A；
- d) 最大断开容量：当 $L/R=40$ ms 时，不小于 30 W。

4.5 传感器信号输入

对装置的传感器信号输入要求如下：

- a) 输入通道数量：不宜少于 8 路（当不采用参量补偿时可不配）；
- b) 信号类型：4 mA~20 mA 接入或通信接口接入；
- c) 采样精度：不小于 0.3%。

4.6 与后台通信接口

对装置与后台通信接口的要求如下：

- a) 应具备不少于 2 个以太网通信接口：
 - 1) 传输介质：五类及以上屏蔽双绞线；
 - 2) 接口类型：RJ45 电接口。
- b) 宜具备光纤通信接口：
 - 1) 光纤类型：多模；
 - 2) 光纤芯径：62.6/125 μm ；
 - 3) 光波长：1310 nm；
 - 4) 光纤连接器类型：ST 或 LC 接口，宜采用百兆光口。
- c) 可具备 RS485 通信接口。

4.7 相关设备技术要求

对与装置相关设备的技术要求如下：

- a) 应采用分相操作的断路器，断路器应满足 GB/T 30846—2014 的要求；
- b) 断路器额定分、合闸时间机械分散性（定义见 GB/T 30846—2014 中 3.7.4）不宜超过 ± 1 ms；
- c) 断路器的关合系数（定义见附录 A）不宜小于 1；
- d) 反馈电压信号宜采用电磁式电压互感器作为电压测量元件，并布置于断路器和主变压器之间，或者在主变压器低压侧出口；
- e) 反馈电流信号宜取自保护级绕组。

4.8 电磁兼容要求

装置的电磁干扰抗扰度和电磁发射性能应符合 DL/T 478—2013 中 4.8 的规定。

4.9 绝缘要求

装置的绝缘性能应符合 DL/T 478—2013 中 4.9 的规定。

4.10 机械要求

装置的机械性能应满足以下要求：

- a) 装置的机箱和插件的尺寸应符合 GB/T 19520.12 的规定；
- b) 装置表面涂覆的颜色应均匀一致，无明显的色差和眩光，表面应无砂粒、趋皱和流痕等缺陷；
- c) 装置的插件应插拔灵活、互换性好；
- d) 装置的外壳防护应满足 DL/T 478—2013 中 4.10.2 的规定；
- e) 装置的接地应满足 DL/T 478—2013 中 4.10.3 的规定；
- f) 装置的机械振动、冲击和碰撞应满足 DL/T 478—2013 中 4.10.4 的规定。

4.11 配线端子

装置的配线端子应符合 DL/T 478—2013 中 4.4 和 4.5 的规定。

4.12 连续通电

装置在完成调试后，应按 DL/T 478—2013 中 7.13 的规定进行连续通电试验。试验期间及试验结束后，装置应满足 DL/T 478—2013 中 4.11 的要求。

4.13 安全要求

装置的安全性能应满足 DL/T 478—2013 中第 6 章的要求。

5 功能及性能要求

5.1 一般要求

5.1.1 装置应具有独立性、完整性，应包含选相分/合闸控制功能并可灵活投退，加装该装置不应造成现有继电保护装置的不正确动作，不应影响测控的正常功能。

5.1.2 装置的选相出口控制精度不应大于 0.2 ms。

5.1.3 装置应可独立设定各相分/合闸的目标相位。

5.1.4 当选相条件不具备导致装置无法执行选相控制时，装置应具备告警功能。

- 5.1.5 装置应具有开关量采集功能，开关量输入宜采用强电方式采集，防抖动时间可设置。
- 5.1.6 装置应能提供至少 3 副分闸控制触点和 3 副合闸控制触点，针对配置双套分闸线圈的断路器，还应额外提供 3 副分闸控制触点。
- 5.1.7 装置应具备告警、闭锁等重要信息输出触点。
- 5.1.8 装置应具有硬、软件监视功能，自动监视硬、软件工作状态，对发现的异常故障，自动采取告警、自复位等措施并记录发现的异常故障信息。
- 5.1.9 装置应具备单相或三相选相基准信号接入能力，若采集单相电压，其余两相的相位延时由装置自动计算和补偿。
- 5.1.10 装置应具备反馈电压信号接入能力，变压器空载合闸时反馈信号采用三相电压信号。
- 5.1.11 装置宜具备反馈电流信号接入能力，以监视变压器励磁涌流。
- 5.1.12 装置应具备传感器信号接入能力，传感器信号包括环境温度、操作电压、机构油压、SF₆ 气压等。
- 5.1.13 装置应具备影响变量补偿功能，应能根据预设的补偿曲线定值及传感器实时监测值对断路器动作时间进行补偿，并可灵活投退。
- 5.1.14 装置应具有事件记录及录波功能，事件记录和录波文件应包含以下内容：
- a) 事件记录功能应以时间顺序记录的方式记录正常运行的操作信息，如开关变位、开关量输入变位、自检信息、定值修改等；
 - b) 应能存储不少于 64 次最新的录波数据，录波文件应支持 COMTRADE 格式；
 - c) 启动录波条件可选择：选相投切装置接收到启动命令、反馈电压信号突然降低或断路器由合位变分位；
 - d) 应能记录涵盖选相控制及断路器动作全过程的重要信息，包含选相基准信号、反馈信号、分/合闸命令开出等。
- 5.1.15 装置时钟和对时功能应满足下列条件：
- a) 应具有硬件时钟电路，在装置失去电源时，时钟硬件应能正常工作；
 - b) 应具有与外部标准授时源的对时功能，支持接入电口或光口 IRIG - B 码作为对时信号源；
 - c) 装置本身的逻辑功能不应依赖外部时钟。
- 5.1.16 装置应具备人机界面，显示实际测量值和运行状态，完成人机交互功能。
- 5.1.17 装置应具备后台通信功能，宜具备 IEC 61850（所有部分）、DL/T 860（所有部分）给出的通信功能。

5.2 忽略变压器剩磁的选相投切功能及策略要求

- 5.2.1 在特高压变压器剩磁可忽略时，选相投切功能及策略要求参照一般要求执行，合闸策略宜采用首合闸相合闸于首合闸相基准电压峰值处，首合闸相合闸完成后等待若干个工频周波，在首合闸相基准电压过零点附近同时合闸其余两相，见附录 B。
- 5.2.2 若现场具备选相分闸条件，可通过断路器选相分闸控制变压器各相剩磁的大小和极性，使控制变压器各相铁芯剩磁接近于零。

5.3 计及变压器剩磁的选相投切功能及策略要求

- 5.3.1 装置应具备变压器铁芯剩磁测算功能，应可自动判断断路器分闸，并根据反馈电压信号进行电压积分计算剩磁，积分区间应涵盖整个分闸过程，见附录 C。
- 5.3.2 装置应能根据最近一次分闸操作计算的剩磁水平与预期磁通，自动判定铁芯剩磁最大相，将其作为首合闸相，自动计算下次最优关合角度。
- 5.3.3 变压器选相合闸宜采用延迟合闸策略，首合闸相合闸后等待若干个工频周波，在首合闸相基准

电压过零点附近同时合闸其余两相。

5.3.4 当铁芯内剩磁情况未知时，装置应具备剩磁记录值清零功能，此时首合闸相可选择在基准电压峰值处合闸。

5.3.5 变压器合闸操作前，当预击穿时间不可忽略时，应考虑预击穿带来的误差影响，装置宜具备预击穿时间预测功能。

6 检验和试验

6.1 检验和试验要求

6.1.1 特高压变压器选相投切装置相关的检验和试验包括装置的检验与试验以及装置投入系统后的系统调试试验。

6.1.2 除另有规定外，装置的各项试验应在 4.1.2 规定的正常试验大气条件下进行。

6.1.3 装置的固有精确度试验以及其他规定在基准条件下进行的试验应在表 1 规定的基准条件下进行。

表 1 试验基准条件

环境参数	要求
大气条件	见 4.1.3
辅助电源电压	额定电源电压 $\pm 1\%$
残余电压 ^a	$\leq 1.0\%$
外部连续磁场	感应强度 ≤ 0.5 mT
交流电压、电流中直流分量	产品企业标准规定
直流辅助激励量中交流分量	额定直流的 0%~15%的脉冲峰值因数
波形	正弦，畸变因数 5% ^b
频率	50 Hz ± 0.1 Hz
^a 多相系统中，为全部相电压向量和。 ^b 畸变因数：从非正弦量中剔除基波得到的谐波量与非正弦量方均根值之比，通常用百分数表示。	

6.1.4 被试装置和测试仪表应良好接地。

6.1.5 试验用仪器、仪表应符合 GB/T 7261—2016 中 4.3 的规定。

6.1.6 装置在检验或试验后，应给出包括检验或试验过程及检验或试验结果的报告，报告所提供的信息应满足 DL/T 478—2013 中 7.17 的规定。

6.2 检验规则

6.2.1 检验的分类

装置的检验分为型式检验、出厂检验和现场检验。

6.2.2 型式检验

装置的型式检验要求如下：

- a) 型式检验应用于检验新装置的硬件及软件的设计是否符合规范和标准，型式检验项目见表 2。
- b) 凡遇下列情形之一时，应进行型式检验：

- 1) 新产品研发和定型前;
 - 2) 产品正式投产后,如遇设计、工艺、材料、元器件有较大改变,经评估影响装置性能或安全性时;
 - 3) 当装置软件有较大改动时,应进行相关的功能试验或模拟试验。
- c) 对系列产品中一个产品进行型式检验时,检验项目宜充分考虑覆盖整个产品系列,并进行风险评估,以确定对整个系列产品有效的型式检验项目,以及对系列产品中其余产品还需进行的型式检验项目。
- d) 如果装置已通过型式检验,且设计、元器件、工艺、材料或软件无变更,不宜重复进行型式检验。一旦前述内容出现改变,应进行风险评估,以确定仍然有效的型式检验项目,以及需重新进行的型式检验项目。
- e) 新产品研发和定型前,应进行规定的全部试验,其中是否符合安全要求,可通过适当的试验、测量、目测或评估,其余目的的型式试验,可视情况和目的,经评估或协商确定试验项目。
- f) 装置的合格判定原则如下:
- 1) 试品应为拟研制定型的产品或出厂检验合格的产品;
 - 2) 试品未发现有主要缺陷的,则判定试品为合格;
 - 3) 对于安全型式检验,只要有一个缺陷即为不合格。

注 1: 装置的主要缺陷是指需经更换重要元器件或对软件进行重大修改后才能消除,或一般情况下不可能修复的缺陷(易损件除外),其余的缺陷作为一般缺陷;

注 2: 根据 GB/T 14598.27—2017 中的表 12,安全型式检验包括电气间隙和爬电距离、可接近的部件测试、IP 防护等级、冲击电压、交流或直流介质电压、绝缘电阻、保护联结阻抗、保护联结的连续性、绝缘材料、元件和防火外壳的可燃性、单一故障条件试验。

6.2.3 出厂检验

装置的出厂检验要求如下:

- a) 出厂检验应用于检验装置出厂前是否符合出厂要求,装置是否合格,出厂检验项目见表 2;
- b) 每台装置在出厂前均应经制造商的质量检验部门进行出厂检验,确认装置合格后方可出厂,检验合格出厂的装置应具有证明装置合格的产品合格证书。

表 2 检验项目

序号	检验项目		型式检验	出厂检验	标准	本文件章节
1	结构尺寸和外观检查	机箱、插件尺寸	√		GB/T 19520.12	4.10 a)、6.15
		表面电镀和涂覆	√	√	—	4.10 b)、6.15
		配线端子	√		—	4.11
		标志	√	√	GB/T 191、 GB/T 14598.27—2017	7.1
2	功能要求	功能及性能试验	√	√ ^a	—	第 5 章、6.9
3	气候环境要求	高温运行试验	√		GB/T 2423.2	4.1.1、6.3
		低温运行试验	√		GB/T 2423.1	4.1.1、6.3
		高温贮存试验	√		GB/T 2423.2	4.1.4、6.3
		低温贮存试验	√		GB/T 2423.1	4.1.4、6.3
		温度变化试验	√		GB/T 2423.22	4.1.1、6.3

表 2 (续)

序号	检验项目		型式 检验	出厂 检验	标准	本文件章节	
3	气候环境 要求	恒定湿热试验 ^b	√		GB/T 2423.3	4.1.1、6.3	
		交变湿热试验 ^b	√		GB/T 2423.4	4.1.1、6.3	
4	电磁兼容 要求 ^c	发射 试验	辐射发射	√		GB/T 14598.26	4.8、6.4
			传导发射	√		GB/T 14598.26	4.8、6.4
		抗扰度 试验	辐射电磁场	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			静电放电	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			射频场感应的传导骚扰	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			快速瞬变	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			1 MHz 振荡波	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			100 kHz 振荡波	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			浪涌	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			工频	√	—	GB/T 14598.26	4.8、6.4
			工频磁场	√	—	GB/T 17626.8	4.8、6.4
			脉冲磁场	√	—	GB/T 17626.9	4.8、6.4
			阻尼振荡磁场	√	—	GB/T 17626.10	4.8、6.4
5	直流电源 试验	直流电源电压暂降	√	—	GB/T 17626.29	6.5	
		直流电源电压中断	√	—	GB/T 17626.29	6.5	
		直流电源中的交流分量	√	—	GB/T 17626.17	6.5	
		直流电源缓慢启动/缓慢关断	√	—	—	6.5	
		直流电源极性反接	√	—	—	6.5	
6	功率消耗		√	—	GB/T 7261	4.2.3、6.12	
7	准确度和变差		√	√ ^d	GB/T 7261	4.3、6.8	
8	选相出口控制精度		√	—	—	5.1.2、6.10	
9	过载能力		√	—	GB/T 7261	4.2.2、6.12	
10	连续通电		—	√	—	4.12、6.14	
11	出口继电器检查		√	√ ^e	—	4.4、6.11	
12	绝缘试验	冲击电压	√	—	GB/T 14598.3	4.9、6.7	
		介质强度	√	√	GB/T 14598.3	4.9、6.7	
		绝缘电阻	√	√	GB/T 14598.3	4.9、6.7	
13	机械要求	振动响应	√	—	GB/T 2423.10、GB/T 11287	4.10f)、6.6.1	
		振动耐久	√	—	GB/T 2423.10、GB/T 11287	4.10f)、6.6.1	
		冲击响应	√	—	GB/T 2423.10、GB/T 14537	4.10f)、6.6.2	
		冲击耐受	√	—	GB/T 2423.10、GB/T 14537	4.10f)、6.6.2	
		碰撞	√	—	GB/T 2423.10、GB/T 14537	4.10f)、6.6.2	

表 2（续）

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	标准	本文件章节
14	外壳	√	—	GB/T 4208、GB/T 14598.27—2017	4.10d)、6.16
15	安全要求	√ ^f	√ ^f	GB/T 14598.27—2017	6.17
注：“√”表示该试验项目必做，“—”表示该试验项目可不做。					
a 仅检验部分特征量准确度、分/合闸时间或装置动作有关的测量准确度。 b 选做其中一项。 c 其中直流电压中断试验列入本表序号 5 中。 d 出厂试验时只做动作准确度试验，不做变差试验。 e 出厂试验仅做触点通断检查。 f 出厂试验时只进行安全标志检查、介质强度、绝缘电阻试验。					

6.2.4 现场检验

现场检验应用于新安装装置、运行中装置或装置现场维修后的检查。装置现场检验的项目、要求和方法应符合 DL/T 995 的规定。

6.3 气候环境试验

按照 GB/T 7261—2016 中第 10 章规定的试验方法，对装置进行气候环境试验，装置应能承受 4.1 规定的气候环境要求，其性能和功能应符合第 5 章的规定。

6.4 电磁兼容试验

按照 GB/T 7261—2016 中第 14 章规定的试验方法，对装置进行电磁兼容性能试验，其性能和功能应符合第 5 章的规定。

6.5 直流电源端口试验

按 DL/T 478—2013 中 7.5 的规定和方法，对装置进行直流电源端口电压跌落、短时中断、瞬变和纹波试验，其性能和功能应符合第 5 章的规定。

6.6 机械性能试验

6.6.1 振动试验

根据 4.10 f) 的要求，按照 DL/T 478—2013 中表 22 规定的试验方法和合格判据，对装置进行振动响应试验和振动耐久试验。

6.6.2 冲击响应和碰撞试验

根据 4.10 f) 的要求，按照 DL/T 478—2013 中表 23 规定的试验方法和合格判据，对装置进行冲击响应试验、冲击耐久试验和碰撞试验。

6.7 绝缘试验

根据 4.9 的要求，按照 GB/T 7261—2016 中第 13 章规定的试验方法，对装置进行绝缘试验和绝缘测量。

6.8 准确度试验

根据 4.3 的要求，按照 GB/T 7261—2016 中 6.5 的规定和方法，进行准确度试验，并按 DL/T 478—

2013 中 3.2 进行计算。

6.9 装置功能试验

对装置进行功能试验，试验方法和试验项目见附录 D，装置的功能应符合第 5 章的规定。

6.10 选相出口控制精度试验

对装置进行选相出口控制精度试验，试验方法见附录 E，装置的选相出口控制精度应满足 5.1.2 的要求。

6.11 输出继电器试验

根据 4.4 的要求，对装置进行输出继电器性能试验，其结果应符合 DL/T 478—2013 中 4.5 的规定。

6.12 过载能力试验

根据 4.2.2 的要求，按照 GB/T 7261—2016 中第 15 章的规定和试验方法，对装置进行过载能力试验。

6.13 功率消耗试验

根据 4.2.3 的要求，按照 GB/T 7261—2016 中第 8 章的规定和试验方法，对装置进行功率消耗试验。

6.14 连续通电试验

根据 4.12 的要求，按照 GB/T 7261—2016 中第 8 章的规定和试验方法，对装置进行连续通电试验。

6.15 结构和外观检查

按照 GB/T 7261—2016 中第 5 章的要求逐项进行检查，其结果应符合 DL/T 478—2013 中 7.14 的规定。

6.16 外壳防护试验

按照 DL/T 478—2013 中 7.15 和表 26 的要求进行装置的外壳防护试验。

6.17 安全要求试验

按照 DL/T 478—2013 中 7.16 的规定和方法，对装置进行安全要求试验。

6.18 系统调试

6.18.1 特高压变压器选相投切装置投入运行前，应进行系统调试试验，通过调试试验整定装置参数、验证装置性能。

6.18.2 系统调试前，宜根据系统条件、变压器励磁特性、断路器分散性、装置控制精度等设备参数，计算选相投切励磁涌流水平的预期控制范围。

6.18.3 现场一次设备带电前，宜进行断路器机械分合闸时间测试，将现场断路器分合闸时间测试结果用于指导选相投切装置参数整定。

6.18.4 应通过后台监控系统发出遥控分合闸命令，验证装置相关二次回路（见附录 F）可控制断路器正确动作、出口回路无异常。

6.18.5 当采用影响变量补偿功能时，应校核传感器工作状态，确保装置采样正常。

6.18.6 系统调试期间，应进行选相合闸验证试验，装置控制每台断路器合闸次数不宜少于 3 次。

6.18.7 若现场具备选相分闸条件，应进行选相分闸验证试验，装置控制每台断路器分闸次数不宜少于3次。

6.18.8 变压器首次空充前，宜进行消磁，此时装置剩磁可按0设置。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

装置的标志要求如下：

a) 装置应在显著部位设置持久明晰的标志和铭牌，其内容应包括：

- 1) 制造商全称及商标；
- 2) 产品型号、名称；
- 3) 制造年、月和出厂编号；
- 4) 装置的额定值及主要参数；
- 5) 对外端口及接口标识（序号及简称等）；
- 6) 安全标志根据实际情况挑选使用。

b) 在产品包装箱上应用不易洗刷或脱落的涂料作如下标志：

- 1) 发货厂名、产品型号、名称；
- 2) 收货单位名称、地址、到站地点；
- 3) 包装箱外形尺寸及毛重；
- 4) “防潮”“向上”“小心轻放”等标志；
- 5) 规定叠放层数的标志。

c) 产品执行的标准应明示。

d) 标志应符合 GB/T 191 的规定，安全标志还应符合 GB/T 14598.27—2017 的规定。

7.2 包装

7.2.1 装置包装前的检查：

- a) 装置合格证书和装箱清单中各项内容应齐全；
- b) 装置外观无损伤；
- c) 装置表面无灰尘。

7.2.2 包装的一般要求：

- a) 装置应有内包装和外包装，插件插箱等可动部分应锁紧扎牢，包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防震等措施。
- b) 应用塑料制品作为内包装，周围用防震材料垫实放于外包装箱内。
- c) 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定，按照装箱文件及资料清单、装箱清单如数装箱；随同装置出厂的附件及文件、资料应装入防潮文件袋中，再放入包装箱内。
- d) 包装应能满足 GB/T 4798.2 规定的运输要求。

7.3 运输

包装件（包装好的产品）应适于陆运、空运、水运（海运），运输装卸按包装箱的标志进行操作，运输应符合 GB/T 4798.2 的规定。

7.4 贮存

7.4.1 贮存装置的场所应干燥、清洁、空气流通，并能防止各种有害气体的侵入，严禁与有腐蚀作用

T/CSEE 0333—2022

的物品存放在同一场所。

7.4.2 包装好的装置应保存在相对湿度不大于 85%，周围空气温度为-25℃~+55℃的场所。

8 其他

8.1 产品出厂随行文件

应随同装置一起供应的文件和物件有：

- a) 产品出厂合格证；
- b) 产品说明书；
- c) 装箱清单；
- d) 其他有关技术资料；
- e) 合同规定的备品备件、安装附件、专用工具等。

8.2 质量保证期限

在用户遵守本文件及产品说明书所规定的运输、贮存规则的条件下，产品自出厂之日起两年内或安装运行之日起一年内（按先到期），如产品和配套件发生非人为损坏，制造商应负责免费维修或更换。

附录 A

(资料性)

断路器绝缘强度下降率 RDDS 及关合系数

A.1 断路器绝缘强度下降率 RDDS

合闸过程末期，断路器触头距离很小时，其间介质绝缘强度减弱，而断口两侧仍然承受很高的电压，这将导致电弧提前在触头间燃烧。断路器的绝缘特性可用绝缘强度下降率（rate of decrease of the dielectric strength, RDDS）来表征。在不同的关合目标点完成关合，意味着断路器触头机械闭合点的不同，受绝缘强度下降率 RDDS 影响。

RDDS 是一条与断口电压波形相交的直线，如图 A.1 所示，图中 D_1A_1 具有一定的斜率， A_1 点表示动、静触头机械接触瞬时绝缘强度变为零。故若假设断路器在 A_1 点机械关合，则在动、静触头关合过程中，在 D_1 点处开始电气击穿且一直持续到 A_1 。 D_1 点在横轴上的投影和 A_1 的时间差就是电气关合点提前于机械关合点的“预击穿时间”。假定目标合闸点在 B_1 处，因断路器合闸时间存在分散性，绝缘介质强度下降率 RDDS 可能分布在 D_1A_1 和 F_1C_1 之间，实际电气击穿位置应在图 A.1 中 $D_1 \sim F_1$ 的范围内、呈标准方差为 σ 的正态分布。此外，RDDS 绝缘介质强度下降率的斜率也有一定的分散性，这也会影响预击穿时间的大小，从而影响最终的关合点控制。

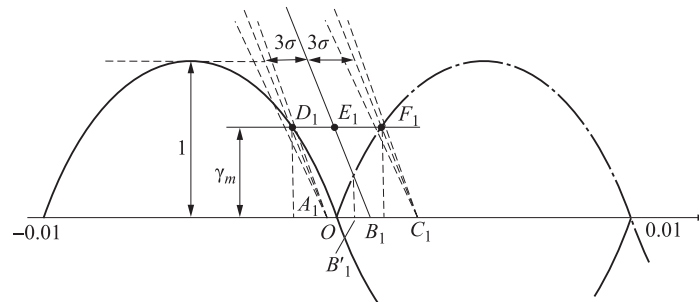


图 A.1 断路器 RDDS 及其分散性

A.2 关合系数

合闸过程末期，断路器触头距离很小时，其间介质绝缘强度减弱，而断口两侧仍然承受很高的电压，这将导致电弧提前在触头间燃烧。断路器的绝缘特性可用 RDDS 来表征。在不同的关合目标点完成关合，意味着断路器触头机械闭合点的不同，受绝缘强度下降率 RDDS 影响。

关合过程中，触头间绝缘强度随触头间距的减小而下降，其 RDDS 的绝对值 K_p 与断路器合闸速度 v 的关系近似成正比，即：

$$K_p = \frac{dU_p(t)}{dt} = E(t) \frac{dG_{ap}(t)}{dt} = -E(t)v \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

K_p ——断路器触头间绝缘强度下降率；

U_p ——触头的击穿电压；

G_{ap} ——断路器预击穿时刻的触头间距；

$E(t)$ ——预击穿时电场强度对合闸时间的函数，预击穿期间开距变化很小，电场强度可看作常数。

设断路器外施电压 $u(t)$ ：

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \phi) \dots\dots\dots (A.2)$$

当断路器于电压零点处关合，RDDS 与电压波形在零点处相切时，即 $u(t) = 0$ 时刻，引入关合系数 k ，且令其值为 1，则有： $K_p = k\omega U_m$ ，其中， U_m 为正弦电压幅值， ω 为电压角频率。

$$k = \frac{Ev}{\omega U_m} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

E ——触头间隙平均击穿场强；

v ——合闸速度；

ω ——电网角频率， $\omega = 2\pi f$ ；

U_m ——外施电压峰值；

k ——RDDS 的特征， $k=1$ 表示关合特征与外施电压零点的切线平行， k 大于或小于 1 则表示比零点切线陡或缓。

- a) 关合系数 $k \geq 1$ 。当断路器 RDDS 斜率足够“陡”，大于系统最大的电压斜率（关合系数 $k \geq 1$ ）时，意味着可在波形任何相位实现断路器关合。由于预击穿电压不因外施电压极性的变化而改变，所以可用外施电压的绝对值来分析预击穿特性。关合系数 $k \geq 1$ 时的关合特性曲线如图 A.2 所示。

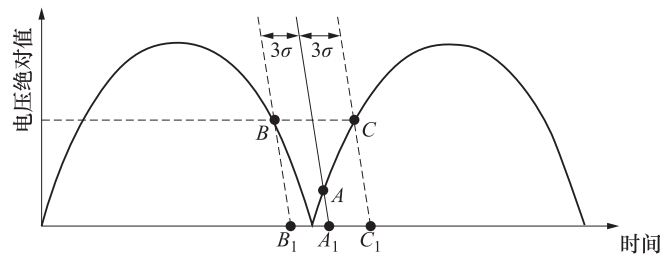


图 A.2 关合系数 $k \geq 1$ 时的关合特性曲线

- b) 关合系数 $k < 1$ 。当断路器 RDDS 斜率比较“缓”，低于系统最大的电压斜率（关合系数 $k < 1$ ）时，如果在过零点控制关合，由于绝缘强度低于系统电压，会产生提前击穿，必须向后移动关合目标点，即便如此，理论上也并不存在过零点关合的可能性，只能靠近过零点进行关合。关合系数 $k < 1$ 时的关合特性曲线如图 A.3 所示。

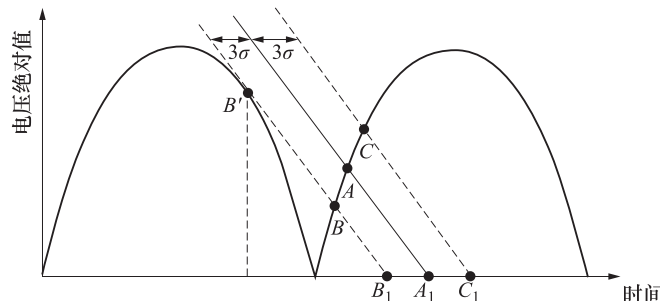


图 A.3 关合系数 $k < 1$ 时的关合特性曲线

附录 B

(资料性)

变压器选相投切技术概述

变压器随机空载合闸产生较大励磁涌流的同时，会向电网注入大量谐波，引起电压、电流波形畸变，严重时会产生持续时间长、衰减缓慢的暂时过电压，甚至引发显著电压暂降。目前解决上述问题的技术手段主要有加装断路器合闸电阻、变压器选相投切技术。采用带合闸电阻的断路器一定程度上可抑制涌流，但合闸电阻投入时间通常只有 8 ms~11 ms，且断路器结构复杂、体积增大、造价提高，也存在一定运行隐患。变压器产生合闸励磁涌流的根本原因在于变压器铁芯材料的非线性磁饱和特性，针对变压器采用选相投切技术，可控制合闸暂态过程中变压器铁芯中的磁通，避免磁路饱和，进而实现对励磁涌流的抑制。

工程应用中特高压变压器的剩磁水平通常不高，并且也可通过选相分闸控制变压器铁芯剩磁处于较低水平，空充变压器多采用固定合闸角的峰值合闸策略。

以 Yd11 联结变压器为例，其绕组联结图与对应相量图见图 B.1。

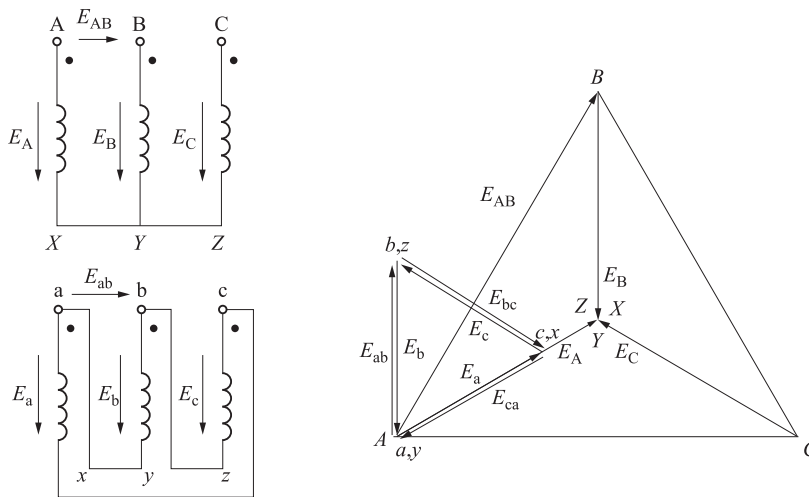


图 B.1 Yd11 联结变压器

由图 B.1 可知，低压侧绕组电压有公式 (B.1) 的关系：

$$\begin{cases} \dot{E}_{ab} = -\dot{E}_b \\ \dot{E}_{bc} = -\dot{E}_c \\ \dot{E}_{ca} = -\dot{E}_a \end{cases} \dots\dots\dots (B.1)$$

定义变比为 k ，假设选择首合闸相为 A 相。因磁通滞后电压 90° ，忽略剩磁影响后，A 相在磁通过零点（即 A 相电压峰值处）合闸时，磁通变化量最小，故选择首合闸相合闸于系统电压 U_A 峰值处。A 相先完成合闸后，低压侧 A 相中感应出电压 $\dot{E}_a = \dot{E}_A / k$ ，而 $\dot{E}_b = \dot{E}_c$ ， $\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c = 0$ ，故有 $\dot{E}_b = \dot{E}_c = -1/2 \dot{E}_a$ 。低压侧电压反过来也会在高电压侧感应出电压 $\dot{E}_B = \dot{E}_C = -1/2 \dot{E}_A$ ，即 B、C 相电压大小为 A 相电压的 1/2，角度与 A 相相差 180° 。而电压磁通间又存在如下关系： $E = 4.44 f \Phi$ ，因此， $\dot{\Phi}_B = \dot{\Phi}_C = -1/2 \dot{\Phi}_A$ 。

三相变压器单相合闸时，会在其余两相中产生相当于自身磁通大小 1/2 的磁通，即 B、C 相磁通大小为 A 相磁通的 1/2，方向与 A 相相差 180° 。如图 B.2 所示，当首合闸相 A 磁通达到最大值（即电压过零点）时，B、C 两相的磁通与预感应磁通（合闸前假设变压器已完成合闸且在稳态运行时的磁通）

差值恰好为 0，在此时刻合闸可避免偏磁（因磁通突变产生的非周期分量）的产生，进而达到抑制励磁涌流的目的。

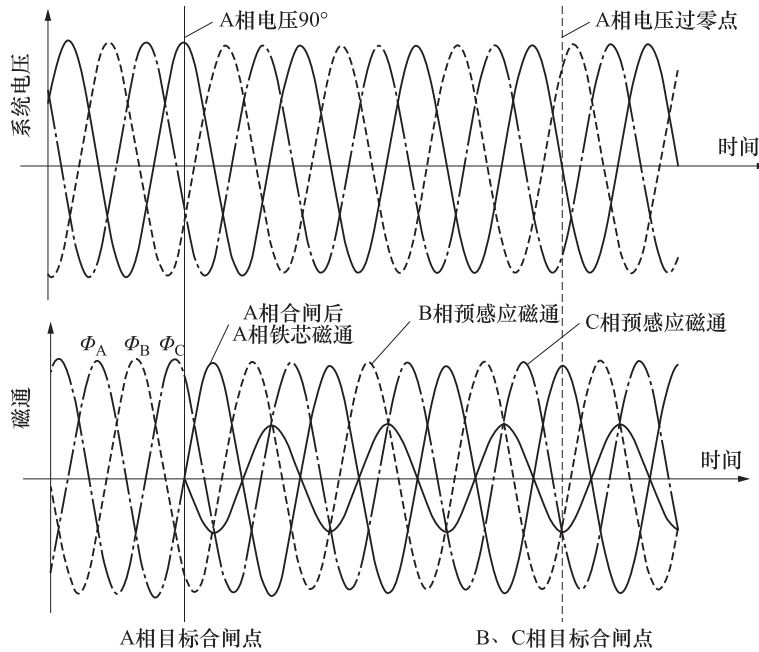


图 B.2 变压器合闸磁通示意

当忽略变压器剩磁影响时，最佳合闸策略为：首合闸相合闸于首合闸相基准电压峰值处，首合闸相合闸完成后等待若干个工频周波，在首合闸相基准电压过零点附近同时合闸其余两相。

当变压器的剩磁不可忽略时，则可根据剩磁测算结果选择首合闸相的最佳合闸角度，首合闸相的投入最佳相位应选取在该相剩余磁通和预感应磁通相等的时刻，剩余两相应仍合闸于首合闸相系统电压过零处。

附录 C
(资料性)
变压器剩磁测算方法

变压器选相投切的主要难点是由于变压器铁芯剩磁的存在以及大小的不确定性，导致最优的合闸相角不是一个固定值，与剩磁的大小及方向直接相关。为了实现优化的选相合闸，需要合闸前确定变压器铁芯剩磁的大小及方向。

现有的剩磁分析方法主要分为以下几种：

- a) 经验估计剩磁。一般认为试验运行后剩磁为 20%~70%饱和磁通值范围，在 1984 年国际大电网会议的调查中，超过 500 台电力变压器研究中，只有两台变压器的最大剩磁值在 0.7 倍的额定磁通值以上。剩磁的经验估算方法可为变压器制造厂进行出厂变压器试验提供参考，但该方法不能获得准确的剩磁数值。
- b) 剩磁的预充磁方法。剩磁的预充磁方法在于通过给铁芯加入外部电源，使其从原有的剩磁值激励为已知剩磁，随后在该已知剩磁基础上进行选相合闸操作以抑制励磁涌流。针对大型变压器，预充磁方法所需设备价格高昂，同时需要较大电流产生磁通，该大电流会对变压器本身造成影响。
- c) 剩磁的直接测量方法。可采用高斯计等设备测量剩磁，但该方法仅能测试铁磁性材料表面磁特性，并不准确。而采用磁通传感器通过测量漏磁场得到剩磁数值，该方法的准确性受限于传感器的安装位置，同时，其仅适用于无油箱的变压器。总之，目前并没有切实有效的方法直接测量剩磁。
- d) 剩磁的间接测量方法。通过变压器通电试验得到励磁涌流的峰值，并根据该峰值得到剩磁的数值。该方法仅能通过变压器合闸后获得剩磁数值，并不能在合闸前对剩磁数值进行计算，这限制了该方法的可行性。
- e) 电压积分法。该方法根据变压器绕组电压计算得到剩磁，最为常用。利用电压互感器测量变压器一侧绕组端部对地电压，然后采用积分方法计算磁链，在变压器绕组电压消失后（一般为分闸后几十到几百毫秒），磁链稳定不变，该磁链值即为剩磁。

理论上，剩磁可通过对变压器绕组电压进行积分求得，但是往往得到的结果误差较大，引起误差的最主要原因是电压积分上限不准确造成的。由于铁芯特性、变压器绕组电容和电路中其他电容、断路器暂态恢复电压等因素的影响，剩磁在分闸后一段时间内才能趋于稳定，因此取分闸时刻的电压积分所得的剩磁是不准确的。为了使电压积分方法更加精确，准确获取电压积分上限十分重要。

剩磁测算原理如图 C.1 所示，分闸后变压器一次侧绕组电压不会立刻降为零，而是经过一段时间的衰减振荡后逐渐趋于零，通过对电压取绝对值，并且将分闸后每半波的峰值进行拟合，可得到电压稳定时间，由此确定电压积分上限，通过求得的积分上限得出的磁通值与分闸前磁通中心值的差值即为剩磁。

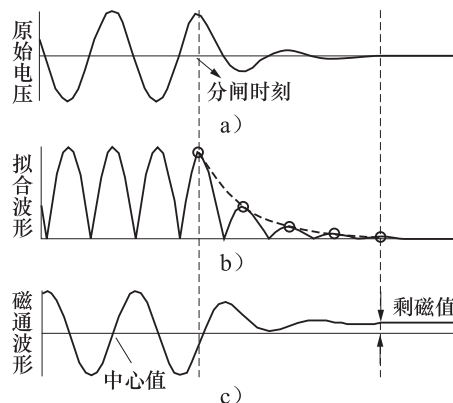


图 C.1 剩磁测算原理

附录 D
(资料性)
装置功能试验

变压器选相投切装置（以下简称装置）型式检验、出厂检验在工程投运前宜在实验室完成功能及性能试验，以验证装置的剩磁测算、最优关合角计算、延迟合闸等功能及策略符合 5.2 和 5.3 的规定，并综合考核装置的开关量采集、分合闸控制开关量输入/开关量输出、选相基准信号接入模拟量采集、通信等各环节的功能和性能满足 5.1 的规定，装置功能试验方法如下：

- a) 建立特高压变压器动态模拟试验系统，包括特高压等值电网，母线及母线 TV，特高压变压器，高压侧三相 TV、TA，高压侧模拟断路器。
- b) 将实验室控制系统模拟测控装置发送的分合闸控制信号接入装置和第三方录波设备，将装置断路器辅助触点信号接入装置和第三方录波设备，将装置分合闸控制接入特高压变压器动态模拟试验系统高压侧模拟断路器控制回路，将变压器高压侧 TV、TA 以及母线 TV（基准电压）信号接入装置和第三方录波设备，将装置分合闸出口信号接入第三方录波设备，见图 D.1。
- c) 电气量和分合闸信号预校核。比较装置采集电压/电流幅值、相角、波形特性与录波设备记录一致；手动配置装置输出特定角度的合闸信号，通过录波检查与预设合闸角度一致。
- d) 选相合闸试验。控制变压器高压侧模拟断路器以随机角度分闸，然后通过装置控制模拟断路器选相合闸空充变压器，重复 30 次试验，通过录波记录每次试验分闸角、空充变压器励磁涌流峰值、计算目标合闸角和实际合闸角。
- e) 装置抑制变压器励磁涌流效果满足 5.2 和 5.3 的规定和设计要求。

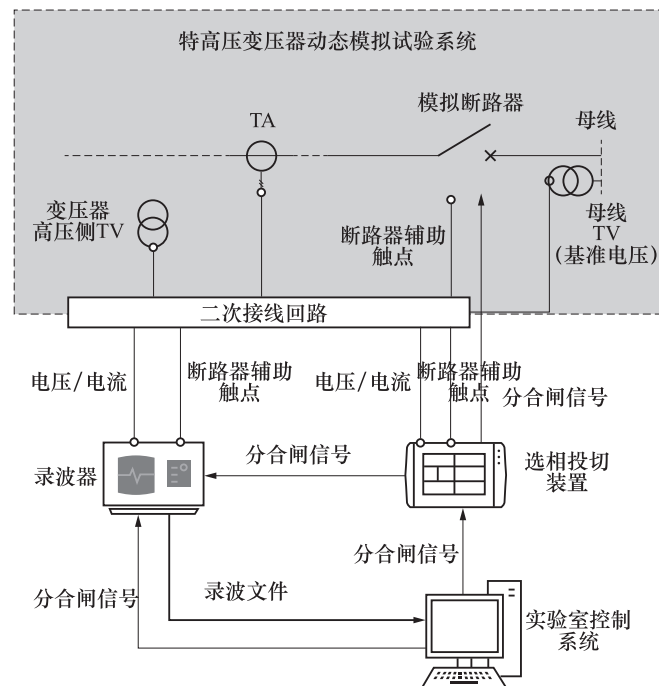


图 D.1 装置功能试验二次接线回路示意图

附录 E

(资料性)

选相出口控制精度试验方法

E.1 概述

变压器选相投切效果的关键在于选相控制系统是否准确控制断路器在关合目标点投入，或者在分断目标点切除。最终合闸效果与装置出口精度、断路器合闸机械分散性以及预击穿特性等因素相关。针对选相投切装置，测试装置的出口控制信号精度方法如下。

E.2 选相合闸出口控制精度试验

- 对装置施加基准电压信号，作为装置的选相相位参考。
- 将基准电压信号及装置合闸出口信号接入第三方录波设备。
- 设定装置的目标合闸点 (t_5 时刻)，给装置设定合适的预期预击穿时间以及预期合闸时间等参数，以使装置在基准电压的特定相位处发出合闸出口控制信号（为方便读数，建议将合闸出口控制信号控制在基准电压过零点处， t_2 时刻）。
- 随机向装置给出合闸命令开关量输入，启动选相控制逻辑 (t_0 时刻，不需控制电压相位)，动作完成后从第三方录波设备读取基准电压信号及装置合闸出口信号变位时刻的相位关系。
- 对装置预期预击穿时间以及预期合闸时间等参数进行微调，确认合闸出口信号在基准电压过零点处，此后准确工作完毕，不再修改装置相关参数。
- 重复步骤 d) 共进行 20 次合闸操作，记录各次装置合闸出口信号变位时刻，记录最大值记录为 T_3 ，按公式 (E.1) 计算 t_2 时刻与 t_3 时刻之间的时间差 ΔT 。

$$\Delta t = t_3 - t_2 \dots \dots \dots (E.1)$$

- 验证装置的选相合闸出口精度应满足 5.1.2 的要求。

注：上述试验步骤说明以单相为例，多路合闸出口可同时设置统一进行试验。

选相合闸控制示意图如图 E.1 所示。

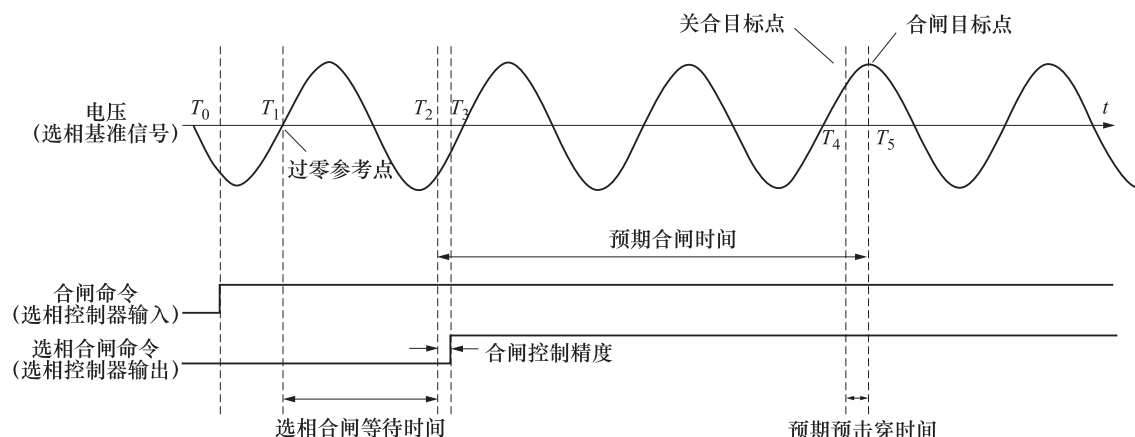


图 E.1 选相合闸控制示意图

E.3 选相分闸出口控制精度试验

- 对装置施加基准电压信号，作为装置的选相相位参考。

- b) 将基准电压信号及装置分闸出口信号接入第三方录波设备。
- c) 设定装置的分断目标点 (t_5 时刻), 给装置设定合适的预期分闸时间以及预期燃弧时间等参数, 以使装置在基准电压的特定相位处发出分闸出口控制信号 (为方便读数, 建议将分闸出口控制信号控制在基准电压过零点处, t_2 时刻)。
- d) 随机向装置给出分闸命令开关量输入, 启动选相控制逻辑 (t_0 时刻, 不需控制电压相位), 动作完成后从第三方录波设备读取基准电压信号及装置分闸出口信号变位时刻的相位关系。
- e) 对装置预期分闸时间以及预期燃弧时间等参数进行微调, 确认分闸出口信号在基准电压过零点处, 此后准确工作完毕, 不再修改装置相关参数。
- f) 重复步骤 d) 共进行 20 次分闸操作, 记录各次装置分闸出口信号变位时刻, 记录最大值 T_3 , 按公式 (E.2) 计算 T_2 时刻与 T_3 时刻之间的时间差 Δt 。

$$\Delta t = t_3 - t_2 \dots\dots\dots (E.2)$$

g) 验证装置的选相分闸出口精度应满足 5.1.2 的要求。

注: 上述试验步骤说明以单相为例, 多路分闸出口可同时设置统一进行试验。

选相分闸控制示意图如图 E.2 所示。

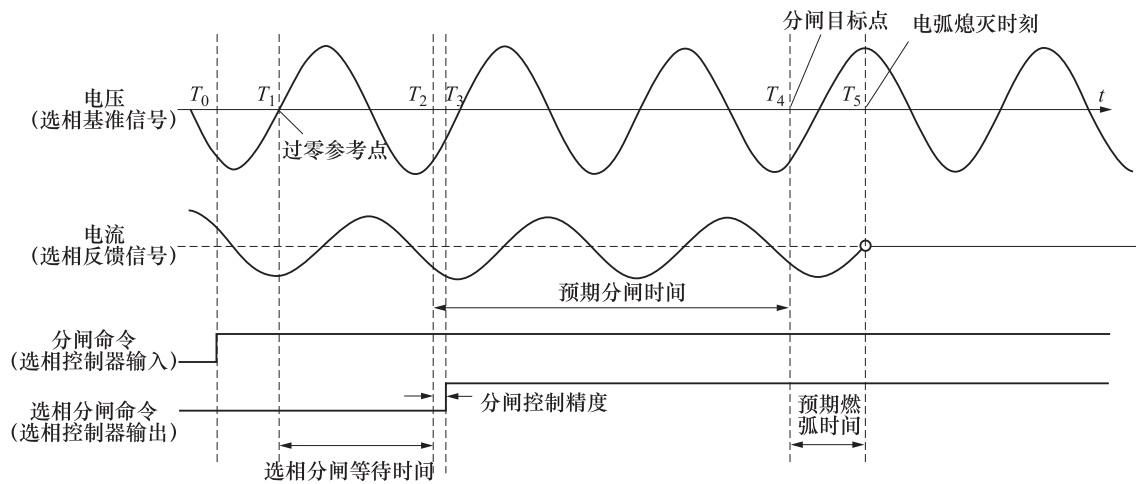


图 E.2 选相分闸控制示意图

附录 F

(资料性)

选相投切装置典型回路及接线

断路器选相投切系统在传统断路器分合闸回路中通过增加选相投切装置实现，其与传统控制回路的区别见图 F.1。监控系统下发遥控分合闸命令至测控装置，传统控制回路为测控装置直接将遥控指令下发至操作箱，驱动断路器进行随机分合闸。增加选相投切装置后，测控装置分合闸命令先发送至选相投切装置，经合适延时后发出分相的断路器合闸及分闸命令。建议在回路设计时，增加回路切换把手，用以对“传统控制回路”及“选相控制回路”进行切换，方便运维。

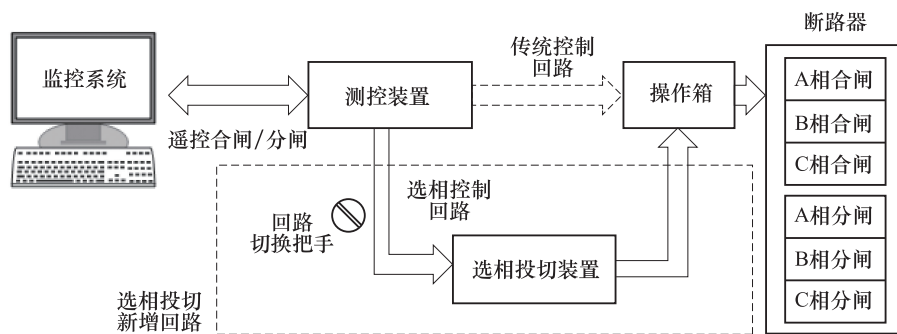


图 F.1 选相投切回路示意

选相投切装置典型接线见图 F.2，装置实时采集电源侧电压信号作为参考基准信号，接入受控侧电压作为分合闸完成判据，并监视励磁涌流大小。在接收随机分合闸命令后，根据预期断路器动作时间完成选相逻辑运算，在恰当时刻输出受控分合闸指令至断路器分合闸线圈，实现定相位投切。

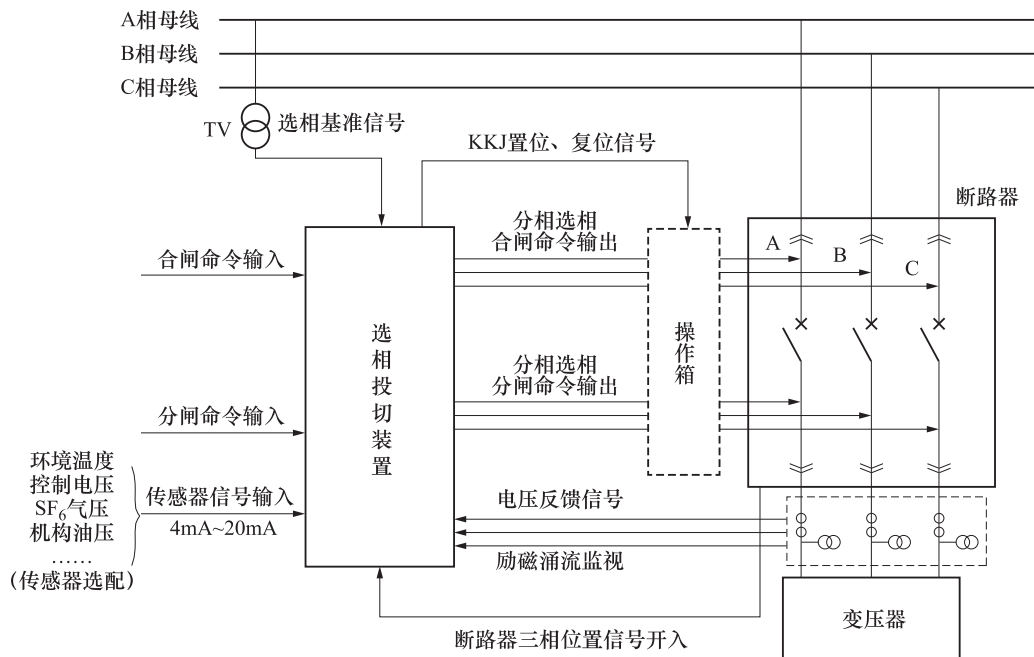


图 F.2 选相投切装置典型接线

T/CSEE 0333—2022

选相投切装置的分相合闸出口触点，可连接至操作箱的分相合闸输入端子。选相投切装置的分相分闸出口触点，建议连接至操作箱的分相分闸输出端子，防止连接至操作箱分相跳闸输入端子误点亮跳闸指示灯（选相分闸只执行遥控分闸，不执行保护跳闸）。此外，因选相投切直接接入分相合/分闸控制，为防止因增加选相投切回路后影响“事故总”信号逻辑，建议选相投切装置输出额外的信号触点用于置位和复位合后继电器（KKJ继电器）。
