



国 家 电 网 公 司 企 业 标 准

Q/GDW 11329—2014

变压器短路法加热施工工艺导则

Construction Technology Guidance for Short-circuit Heating Method of Transformer

2015-01 -31 发布

2015 -01 -31 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 总 则	2
5 施 工 流 程	2
6 主要质量控制点及要求	10
7 安全、文明及环保要求	11
附录A (资料性附录) 变压器工频短路法加热简介	13
附录 B (资料性附录) 变压器低频短路法加热简介	15
附录C (资料性附录) 变压器工频短路法加热配置无功补偿示例	18
附录 D (资料性附录) 变压器工频短路法加热现场布置图	19
附录 E (规范性附录) 变压器工频短路法加热记录表	21
附录F (资料性附录) 变压器低频短路法加热现场布置	22
附录G (规范性附录) 变压器低频短路法加热记录表	24
编制说明	25

前 言

本标准是针对变压器现场加热的一种新工艺，包含使用工频/变频两种装置的加热施工，结合现场使用经验，对施工流程加以规范。

本标准由国家电网公司基建部提出并解释。

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、华东送变电工程公司。

本标准主要起草人：仲阳、汪强、李峰、汪孔屏、张瑞强、薛敏、李颖、张金修、胡天勇。

本标准首次发布。

变压器短路法加热施工工艺导则

1 范围

本标准规定了变压器工频/低频短路法加热的施工流程，包括加热系统设备安装、加热过程质量控制和安全、文明及环保等要求。

本标准适用于使用工频/低频短路法对220kV及以上单相变压器外加正弦波电流，在变压器内部进行绝缘油加热。单相变压器的负载和温升试验，以及三相变压器或其它型号变压器可参照执行。

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，仅所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。

GB 1094.2 电力变压器第2部分液浸式变压器的温升

GB 50148 电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范

GB 50776 ±800kV及以下换流站换流变压器施工及验收规范

GB 50835 1000kV电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范

Q/GDW 122 750kV电力变压器施工及验收规范

Q/GDW 192 1000kV电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范及编制说明

Q/GDW 193 1000kV电力变压器、油浸电抗器施工工艺导则及编制说明

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

被加热变压器Heated transformer

为了提高施工中变压器绝缘干燥效果以及缩短干燥过程，通过短路电流、涡流、零序电流、红外、蒸汽、烘烤等方法对该变压器的相关部分加热。

3.2

短路法加热Short-circuit heating method

变压器绕组一侧短路，从另一侧施加电流，利用变压器绕组自身的负载损耗对变压器绝缘以及变压器油进行加热的方法。

3.3

工频加热系统power frequency heating system

向变压器绕组外加工频电流进行加热，成套系统由调压器、中间变压器、补偿电容器组以及相应的测量系统(V、A、cosφ)、控制和保护系统等组成，其基本原理参见附录A。

3.4

低频加热系统low power heating system

向变压器绕组外加低频电流进行加热，成套系统主要由一台移相变压器柜、一台变频功率柜(变频电源，配远程控制箱)、综合控制室(集装箱)和辅助装置构成，其基本原理参见附录B。

3.5

零位zero

本标准中调压器零位是指调压器输出电压最小的位置。

4 总则

4.1 变压器短路法加热适用于受潮变压器内部干燥处理或环境温度较低时提高热油循环效率。该方法还可用于变压器的单相负载和温升试验。

4.2 被加热变压器本体应完成安装和注油，直流电阻、变压比合格，绝缘电阻不低于出厂值的30%或厂家同意，方可实施短路法加热。

4.3 加热施工方案应经变压器制造厂确认后实施。

5 施工流程

5.1 变压器工频短路法加热流程

使用工频加热系统的变压器短路法加热施工流程见图1。

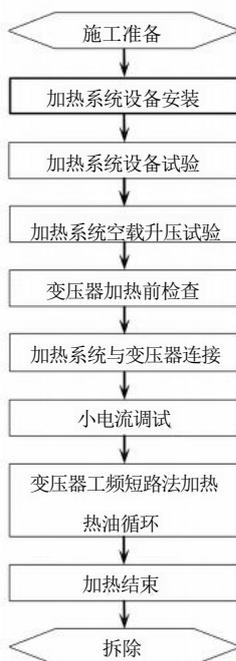


图1 变压器工频短路法加热施工流程图

5.1.1 施工准备

5.1.1.1 人员准备

5.1.1.1.1 加热现场应至少配备总指挥、技术、安全、质量、安装、起重、试验、操控、变压器制造厂技术服务等人员。

5.1.1.1.2 相关人员应通过培训，特殊工种人员应持有效证件上岗。

5.1.1.1.3 现场应设专职安全人员，全过程进行监督。

5.1.1.2 技术准备

5.1.1.2.1 相关标准、被加热变压器出厂技术文件等资料收集和分析。

5.1.1.2.2 根据被加热变压器参数，进行加热系统的相关计算，确定加热的方案，方案应包括：

- a) 计算加热系统无功补偿电容器容量，按照欠补偿原则，补偿度宜大于99%,可参见附录C配置；
- b) 加热系统调压器、中间变、电力电缆、架空母线容量复核；
- c) 确定加热系统所需电源容量；
- d) 确定加热温度、持续时间，加热温度参照变压器制造厂技术文件和GB 1094.2、GB 50148、GB 50776、GB 50835、Q/GDW 122、Q/GDW 192、Q/GDW 193 等相应变压器制造、安装规范相关温度规定确认。

5.1.1.2.3 确定电源进线和加热系统高压柜继电保护整定。

5.1.1.2.4 编制变压器工频短路法加热方案，履行审批手续后进行安全技术交底。

5.1.1.3 机具设备准备

工频短路法加热所需主要机具设备配置参见表1。

表1 变压器工频短路法加热主要机具设备配置

序号	名称	参数	单位	数量	备注
1	变压器工频短路法加热系统				
1.1	调压器	3000kVA/10kV/0-10.5kV	台	1	
1.2	中间变压器	3000kVA/60kV/10kV	台	1	
1.3	补偿电容器柜	50kV-56800kVar/100、200、400、800kVar可调	台	1	补偿容量可梯级调节，由2箱件构成。
1.4	电容式分压器	0-80kV	台	1	电压测量
1.5	高压控制柜	3000kVA/50Hz/10kV	套		电源柜(测量、控制、保护等)。
1.6	低压开关柜	100kVA/400V	台	1	
1.7	控制柜		台	1	

1.8	温度传感器		套	2	用于变压器油温测量控制
1.9	架空母线		组	1	管母线+铜绞线组合
1.10	电力电缆	VV10、VV1.0长度按需配套	套	1	
1.11	控制及信号电缆		套	1	
2	安装设备、工器具及测试仪器				
2.1	吊车	25吨	台	按需	依据场地、器身重量选用
2.2	高空作业车	24米	台	1	安装用
2.3	轨道移动板车		辆	5	
2.4	安装工具	钳、扳等	套	1	
2.5	试验仪器	绝缘电阻、直流电阻、变比等配套	套	1	加热系统和主变压器检测
2.6	红外热像仪		台	1	

5.1.1.4 场地准备

5.1.1.4.1 查勘施工现场，根据现场被加热变压器场地，参见附录D，选择合适的现场布置方式，确认滤油设备、加热装置入场通道、摆放位置、安装空间，绘制变压器工频短路法加热现场布置图。

5.1.1.4.2 与其它施工作业面做好协调工作，避免交叉作业。

5.1.1.4.3 确定现场加热系统电源接入位置，选择电缆、架空母线通道，并与相关设备保持足够的距离。

5.1.2 加热系统设备安装

5.1.2.1 按照变压器加热方案做好隔离和防护，悬挂相应的警示标识。

5.1.2.2 将调压器、中间变压器、补偿电容柜、电容分压器、高低压控制柜等设备安装就位，设备应安装牢固、可靠接地。

5.1.2.3 加热系统设备安装及其电气连接应符合变电站施工及验收规程要求。

5.1.3 加热系统设备试验

5.1.3.1 对调压器、中间变压器、补偿电容柜、电容分压器、高低压控制柜和电力电缆等进行检查和试验，测量设备的直流电阻、绝缘电阻，必要时进行耐压试验，确认完好。

5.1.3.2 对所有控制、保护、闭锁、调节、信号功能进行验证，确认加热系统功能齐全、正确、可靠。

5.1.4 加热系统空载升压试验

- 5.1.4.1 断开加热系统中间变压器与补偿电容柜之间的电气连接，使中间变压器空载。
- 5.1.4.2 办理加热系统电源接入手续，按照方案整定、验证已批准的电源继电保护定值。
- 5.1.4.3 检查加热系统进线高压电源正常，加热系统高压断路器置于断开位置，调压器置于零位。
- 5.1.4.4** 利用变电站高压电源断路器对加热系统进线电缆和高压控制柜进行充电，检查确认正常。
- 5.1.4.5 合上加热系统调压器进线断路器，检查正常，记录调压器进出线侧电压、电流，确认正常，记录内容符合附录E的规定。
- 5.1.4.6 合上加热系统调压器出线断路器，调节调压器对中间变压器进行零起升压，观察升压过程中调压器输出电压应平稳上升、无异常。
- 5.1.4.7 调压器调至零位，依次断开加热系统出线断路器和进线断路器，对中间变压器放电并可靠接地。

5.1.5 变压器加热前检查

- 5.1.5.1 已按照安装工艺流程完成本体和附件安装并真空注油。
- 5.1.5.2 调压装置、冷却器能正常工作，分接开关已调至加热方案预定的档位，冷却器运行状态监视回路已接入加热控制保护系统，且试运转正常。
- 5.1.5.3 套管升高座CT二次侧已短路并可靠接地。
- 5.1.5.4 绝缘电阻满足加热方案要求，直流电阻、变压比试验合格。
- 5.1.5.5 本体油温计已正确安装，并能正常使用。
- 5.1.5.6 温度传感器安装接线完成，验证动作正确。
- 5.1.5.7 铁芯、夹件及本体接地良好。

5.1.6 加热系统与变压器电气连接

- 5.1.6.1 按照加热方案，将加热系统与变压器高压侧可靠连接，检查连接导体截面、与周围设备及构筑物距离符合方案要求。
- 5.1.6.2** 变压器低压侧应用铜线或铜排可靠短路并接地，铜线或铜排面积按照低压侧额定电流进行校核。
- 5.1.6.3 按照变电站电气装置安装工程母线装置施工要求检查合格。

5.1.7 小电流调试

- 5.1.7.1 根据加热方案，检查补偿电容器柜接线，应符合加热电压和接入的无功补偿容量要求。
- 5.1.7.2 检查调压器置于零位，断开中间变接地线。
- 5.1.7.3 合上调压器进线断路器。
- 5.1.7.4** 检查调压器进出线电压，调压器输出电压低于500V时，合上调压器出线断路器。

5.1.7.5 观察合闸过程及稳定后的现象，稳定后记录加热初始时的运行参数，记录内容符合附录E的规定。

5.1.7.6 缓慢均匀地调节调压器，观察变压器电流达到变压器额定电流20%时停止升压。

5.1.7.7 保持电流稳定5分钟，记录相关数据，验证电流测量值的正确性，核对加热系统的无功补偿度。

5.1.7.8 调压器回调至零位，依次断开调压器出线断路器和进线断路器。

5.1.8 变压器工频短路法加热热油循环

5.1.8.1 启动热油循环系统。

5.1.8.2 变压器至少开启一组冷却器。

5.1.8.3 检查调压器置零位，合上调压器进线断路器。

5.1.8.4 合上调压器出线断路器。

5.1.8.5 调节调压器输出，缓慢均匀升压至20~30%变压器额定电流观察并确认各部位电流、电压正常。

5.1.8.6 分3~5阶段调节调压器的输出电压，使变压器电流达到方案预定的电流值。

5.1.8.7 加热过程中应安排人员24小时值守，每30分钟记录加热过程电流、电压、温度，记录内容符合附录E的规定。

5.1.8.8 通过调节外加电流或增减冷却器的投入数量，使变压器的温度稳定在加热方案要求的范围内，使用红外热像仪检查各大电流连接头的温度，加强对电气回路各大电流连接部位监视。

5.1.8.9 每2小时轮换开启1~2组冷却器。

5.1.9 加热结束

5.1.9.1 调节调压器输出，缓慢均匀降压至调压器零位。

5.1.9.2 依次断开调压器出线断路器和进线断路器。

5.1.9.3 检查主变压器外加电压逐步降至零。

5.1.9.4 将变压器和补偿电容器柜充分放电并接地。

5.1.10 拆除

办理手续，拆除加热系统电源及相关设备。

5.2 变压器低频短路法加热流程

使用低频加热系统的变压器短路法加热施工流程见图2。

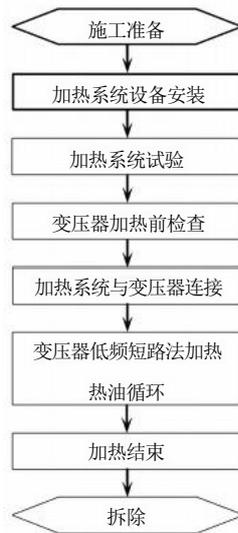


图2 变压器低频短路法加热施工流程图

5.2.1 施工准备

5.2.1.1 人员准备

同5.1.1.1。

5.2.1.2 技术准备

5.2.1.2.1 同5.1.1.2.1。

5.2.1.2.2 根据被加热变压器参数，进行加热系统的相关计算，确定加热的方案，方案应包括：

- a) 加热系统电缆容量复核；
- b) 确定加热系统所需电源容量；
- c) 确定加热温度、持续时间，加热温度参照变压器制造厂技术文件和GB 1094.2、GB 50148、GB 50776、GB 50835、Q/GDW 122、Q/GDW 192、Q/GDW 193 等相应变压器制造、安装规范相关温度规定确认。

5.2.1.2.3 确定电源进线和加热系统低压开关柜的继电保护整定值。

5.2.1.2.4 编制变压器低频短路法加热方案，履行审批手续后进行安全技术交底。

5.2.1.3 机具设备准备

低频短路法加热所需主要机具设备配置参见表2。

表2 变压器低频短路法加热主要机具设备配置

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	变压器低频短路法加热系统				

1.1	变频功率	800kVA;输入六相(Y、△各一组)690V, 50Hz, 构成12脉波整流; 单相输出: 0~630V 1300A 0.04~10Hz, 调节分辨率0.01Hz, 正弦波。	台	1	
1.2	移相变压器	850kVA;50Hz;输入三相380V, 可Y/△切换; 输出六相, 690V (低压△接时), Y、△接法各一组。	台		
1.3	综合控制集装箱	包括远程控制箱(一台)、电源开关柜(两台)及电动线盘(一架)等均置于该控制室内。	台	1	
		电源开关柜2台: 三相400V 1000kVA(主), 100kVA(辅) 50Hz, 过流保护, 保护值可设定。			
		远程控制箱: 测控部件, 可执行电源分合, 输出电压、频率调节功能, 相关电压、电流、温度等数值显示			
1.4	温度传感器	半导体电流传感器, 量程: 50~150℃, 二线制差分测量 线路长度: 100m	只	2	
2	安装设备、工器具及测试仪器				
2.1	吊车	16吨	台	1	依据场地、器身重量选用
2.2	高空作业车	24米	台	1	安装用

2.3	安装工具	钳、扳等	套	1	
2.4	试验仪器	绝缘电阻、直流电阻、变比等配套	套	1	主变压器检测
2.5	红外热像仪		台	1	

5.2.1.4 场地准备

5.2.1.4.1 查勘施工现场，根据现场被加热变压器场地，参见附录F，绘制变压器低频短路法加热现场布置图。

5.2.1.4.2 同5.1.1.4.2。

5.2.1.4.3 确定现场加热系统电源接入位置，选择电缆通道，并与相关设备保持足够的距离。

5.2.2 加热系统设备安装

5.2.2.1 同5.1.2.1。

5.2.2.2 将移相变压器柜、变频功率柜、综合控制集装箱等设备安装就位，设备应安装牢固、可靠接地。

5.2.2.3 完成加热系统内部及电源接线，连接到变压器的输出电缆暂时不接。

5.2.3 加热系统试验

5.2.3.1 办理加热系统电源接入手续，按照方案整定、验证已批准的电源继电保护定值，接入加热系统电源。

5.2.3.2 接通电源，试验综合控制室内开关柜分合闸功能，包括远程和本地分合闸操作均应准确可靠动作，检查各输出线电压正常。

5.2.3.3 开关柜合闸，变频电源柜及移相变压器柜合闸，启动变频电源，分别采用“本地”和“远程”控制方式，缓慢调高输出电压，观察变频电源，应确保有稳定的电压输出，必要时，配合适当的仪表进行检查，确认正常后关机断电。

5.2.3.4 远程控制箱通电开机，检查温度测量传感器，确保测温功能正常。

5.2.4 变压器加热前检查

同5.1.5。

5.2.5 加热系统与变压器电气连接

5.2.5.1 同5.1.6.1。

5.2.5.2 同5.1.6.2。

5.2.6 变压器低频短路法加热热油循环

5.2.6.1 启动热油循环系统。

5.2.6.2 变压器至少开启一组冷却器。

5.2.6.3 开关柜合闸，变频电源柜及移相变压器柜合闸，启动变频电源，调节或设定输出频率为10Hz，再调节输出电压为100V左右，此后，基本维持电压不变，降低频率，观察输出电流，电流将缓慢增大。

5.2.6.4 继续降低输出频率，并同时观察输出电流，直至电流增大的趋势开始变缓或不明显增大，此时停止降低频率，维持当前频率不变，提高输出电压，使输出电流或输出功率达到方案预定的数值。

5.2.6.5 如果在上述降低频率的过程中，输出电流已经接近或超过预定的数值，则应适当降低电压后，再进一步调节(降低)输出频率，直至电流增大的趋势开始变缓或不明显增大。

5.2.6.6 加热过程中应安排人员24小时值守，每30分钟记录加热过程电流、电压、温度，记录内容符合附录G规定。

5.2.6.7 同5.1.8.8。

5.2.6.8 同5.1.8.9。

5.2.7 加热结束

5.2.7.1 降低变频电源输出电压直至零，停止变频功率柜输出。

5.2.7.2 断开开关柜电源开关。

5.2.7.3 将变压器和加热系统充分放电并接地。

5.2.8 拆除

办理手续，拆除加热系统电源及相关设备。

6 主要质量控制点及要求

6.1 加热过程中，应按变压器产品技术文件和审定的方案，接入变压器油温高或异常保护，控制变压器油温的范围。

6.2 加热系统设备应安装、试验合格，电气连接可靠。

6.3 应采取措施防止变压器套管受力超过允许值。

6.4 加热用电源容量应满足要求，并进行必要的设置，确保其稳定、可靠。

6.5 严格控制变压器电流符合加热方案要求，且加热电流调整应缓慢均匀。

6.6 变压器加热前至少有一组冷却器运行，过程中如出现冷却器停运、滤油系统故障等异常情况，立即停止加热，待查明原因消除故障后才能继续进行。

6.7 加热结束后，冷却器继续运行2-5小时。

6.8 变压器加热通电电流宜为正弦波。

7 安全、文明及环保要求

7.1 管理措施

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/658006106052006061>