

BIANPEIDIAN
SHEBEI DIANXING SHIGU JI
YICHANG SHILI FENXI

变配电设备典型事故 及异常实例分析

汪洪明 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

变配电设备典型事故 & 异常实例分析

汪洪明 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书挑选现场最近发生、有一定技术含量、可以借鉴的真实事故及异常案例,不仅有传统的变压器事故及异常、母线事故及异常、线路事故及异常等;还有监控事故及异常、智能化变电站事故及异常、变电设备验收及维护切换试验、配电设备事故及异常等;最后将典型二次回路实例作为附录。每一章均分三节,第一节为概述,第二节为实例,第三节为训练。如“变电设备维护及切换试验”一章,第一节为变电设备维护及切换试验概述;第二节为变电设备维护及切换试验实例,解释应该怎样维护及切换试验,为什么要这样进行维护及切换试验以及不这样进行维护及切换试验的可能后果;第三节为变电设备维护及切换试验训练,并提供参考答案。

本书争取让读者正确认识事故及异常处理,不仅知其然,还要知其所以然,从而提高自己处理事故及异常的技能。本书区别于理论阐述较多的书籍,注重适合、实际和实用,考虑到现场设备的发展及生产方式的变化,力求同步并适度超前,适合变电运维、调度监控、变电检修、配电人员及有关技术人员参考,也可作为电力院校师生的学习资料。

图书在版编目(CIP)数据

变配电设备典型事故及异常实例分析/汪洪明等编著. —北京:中国电力出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5123-4864-6

I. ①变… II. ①汪… III. ①变电所-配电系统-维修
IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 203294 号

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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24 印张 532 千字

印数 0001—3000 册 定价 58.00 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

前言

当前电网发展方式和生产方式正在变化,如变电站已经基本实现集中监控和无人值班,智能变电站已经投入运行,变配电设备中大量运用新技术和新设备。这些变化导致事故及异常的处理流程和方式发生了一定变化,但正确和迅速处理事故及异常依然是保证电网安全的主题,本书内容既有各类设备事故及异常处理一般要求,特别挑选现场最近发生、有一定技术含量、可以借鉴的真实事故及异常案例,还有供练习使用的事故及异常案例训练。

本书不仅有传统的变压器事故及异常、母线事故及异常、线路事故及异常等,还有监控事故及异常、智能变电站事故及异常等,最后将典型二次回路实例作为附录。考虑到许多事故及异常的发生可以追溯到设备验收不到位及维护切换试验,本书特别将设备验收及维护切换试验均单独列为一章。

全书不仅有文字描述,还有图纸、表格、照片、截屏等表现形式。每一章均分三节,第一节为概述,第二节为实例,第三节为训练,如“变电设备维护及切换试验”一章,第一节为变电设备维护及切换试验概述;第二节实例部分为变电设备维护及切换试验实例,解释应该怎样维护及切换试验,解释为什么要这样进行维护及切换试验,解释不这样进行维护及切换试验的可能后果;第三节训练部分为变电设备维护及切换试验训练,并提供参考答案。

本书争取让读者正确认识事故及异常处理,不仅知其然,还知其所以然,从而提高自己处理事故及异常的技能。本书区别于理论阐述较多的书籍,注重适合、实际和实用,考虑到现场设备的发展及生产方式的变化,力求同步并适度超前,适合变电运维、调度监控、变电检修、配电人员及有关技术人员参考,也可作为电力类学生的学习资料。

本书由江苏省电力公司无锡供电公司高级工程师、高级技师汪洪明担任主编,江苏省电力公司许建刚,无锡供电公司黄瑜、朱益民、吴曦、孙加、王刚、丁罕,江苏省电力公司检修分公司苏和、曹健、朱群潇、陆建云,徐州供电公司李晔,南通供电公司江红成,江苏省电力公司生产技能培训中心李世倩、杨妮娜、周一峰参加了编写。

由于编写人员水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 变电设备验收	1
第一节 变电设备验收概述	1
第二节 变电设备验收实例	5
第三节 变电设备验收实训	30
第二章 变电设备维护及切换试验	46
第一节 变电设备维护及切换试验概述	46
第二节 变电设备维护及切换试验实例	48
第三节 变电设备维护及切换试验训练	55
第三章 变压器事故及异常	61
第一节 变压器事故及异常处理概述	61
第二节 变压器典型事故及异常实例	68
第三节 变压器事故及异常处理训练	75
第四章 电流互感器事故及异常	81
第一节 电流互感器事故及异常处理概述	81
第二节 电流互感器典型事故及异常实例	83
第三节 电流互感器事故及异常处理训练	90
第五章 电压互感器事故及异常	94
第一节 电压互感器事故及异常处理概述	94
第二节 电压互感器典型事故及异常实例	99
第三节 电压互感器事故及异常处理训练	107
第六章 断路器事故及异常	112
第一节 断路器事故及异常处理概述	112
第二节 断路器典型事故及异常实例	120
第三节 断路器事故及异常处理训练	128
第七章 隔离开关事故及异常	133
第一节 隔离开关事故及异常处理概述	133
第二节 隔离开关典型事故及异常实例	138
第三节 隔离开关事故及异常处理训练	147
第八章 补偿设备事故及异常	151
第一节 补偿设备事故及异常处理概述	151
第二节 补偿设备典型事故及异常实例	156
第三节 补偿设备事故及异常处理训练	166

第九章 避雷器事故及异常	170
第一节 避雷器事故及异常处理概述	170
第二节 避雷器典型事故及异常实例	173
第三节 避雷器事故及异常处理训练	179
第十章 母线事故及异常	181
第一节 母线事故及异常处理概述	181
第二节 母线典型事故及异常实例	183
第三节 母线事故及异常处理训练	196
第十一章 线路事故及异常	199
第一节 线路事故及异常处理概述	199
第二节 线路典型事故及异常实例	204
第三节 线路事故及异常处理训练	210
第十二章 交流系统事故及异常	217
第一节 交流系统事故及异常处理概述	217
第二节 交流系统典型事故及异常实例	221
第三节 交流系统事故及异常处理训练	227
第十三章 直流系统事故及异常	230
第一节 直流系统事故及异常处理概述	230
第二节 直流系统典型事故及异常实例	235
第三节 直流系统事故及异常处理训练	246
第十四章 二次设备事故及异常	249
第一节 二次设备事故及异常处理概述	249
第二节 二次设备典型事故及异常实例	268
第三节 二次设备事故及异常处理训练	286
第十五章 监控事故及异常	296
第一节 监控事故及异常概述	296
第二节 监控事故及异常实例	306
第三节 监控事故及异常训练	312
第十六章 智能变电站事故及异常	319
第一节 智能变电站事故及异常概述	319
第二节 智能变电站事故及异常实例	324
第三节 智能变电站事故及异常训练	328
第十七章 配电设备事故及异常	333
第一节 配电设备事故及异常概述	333
第二节 配电设备事故及异常实例	340
第三节 配电设备事故及异常训练	354
附录 典型二次回路实例	365

第一章

变电设备验收

第一节 变电设备验收概述

作为变电工程三级验收体系中最后一环，变电运维人员的验收工作对于确保整个变电站的顺利投运以及可靠运行具有至关重要的作用。目前，运维人员对于变电设备的验收侧重于外观、操作、信号以及连锁方面的验收，具体内容主要包括变电一次设备的验收、变电二次设备的验收、连锁回路的验收、“四遥”系统的验收等内容。

一、一次设备验收概述

一次设备的验收主要包括主变压器、断路器、隔离开关、电容器、电抗器、电压互感器、电流互感器、避雷器、GIS 成套设备、开关柜、接地变压器、消弧线圈等内容。一次设备种类繁多，厂家数目更是不计其数，给验收工作带来很大的困难。对于运维人员而言，一次设备的验收主要包括资料、外观检查、操作、切换试验等方面的验收。

1. 资料验收一般原则

一次设备的相关资料既是运维人员编制现场运行规程、典型操作票、标准化作业卡以及事故预案等后期运维资料的基础；也是运维人员熟悉设备，进行倒闸操作、日常巡视、事故及异常处理的重要依据；同时，还是检修人员进行设备检修、事故异常处理的相关依据。因此，一次设备资料验收是运维人员进行变电设备验收不容忽视的重要组成部分。一次设备资料的验收包括：

- (1) 说明书、出厂试验报告、合格证、安装指导说明等资料应齐全。
- (2) 施工图和设计变更单等图纸资料齐全。
- (3) 电气试验和质检记录、超声波测试等专业测试记录翔实、准确。
- (4) 设备铭牌数据与设备台账一致或者铭牌已拍照、留档。
- (5) 设备修试记录填写完整，无影响运行的缺陷和问题，可以投运结论明确。

2. 外观检查一般原则

在新建以及改扩建过程中，外观检查作为运维人员一次设备验收的一个重要环节，有着至关重要的作用。运维人员通过对一次设备外观进行检查，可以检查一次设备的施工工艺是否满足相关标准，确保日常一次设备的正常、可靠运行。同时，通过一次设备的检查工作，运维人员可以及时发现与清除遗留在设备中的接线、杂物，以免在设备充电过程中发生意外。同时，在一次设备外观检查过程中，运维人员可以检查设备封堵是否完善，有效避免小动物对于设备的危险，保证了日后设备运维的可靠性。

外观检查主要包括：

- (1) 工完、料尽、场地清，无安装遗留物件。

(2) 一次接线正确, 三相相位正确, 相色清晰, 导线连接牢固完整, 无散股、断股现象。

(3) 二次线检查正常, 无松动等异常, 电缆编号及号牌齐全, 走向清晰。

(4) 箱体密封良好, 箱内封堵严密、平整、四方。

(5) 各电源开关、熔丝、连接片投入正确, 接触良好。

(6) 各种指示灯、标记显示正确, 无异常。

(7) 基础无倾斜、下沉, 架构完好无锈蚀、接地良好。

(8) 注油设备外壳无膨胀、变形、渗漏油现象。

(9) 绝缘子完整无裂纹、无破损、表面清洁无积尘。

3. 操作验收一般原则

运维人员最常见的工作就是倒闸操作, 而一次设备的操作最多, 因此一次设备的操作验收工作是一次设备验收中的重中之重。通过操作验收, 运维人员可以熟悉设备的操作方法与技巧, 也可以及时发现设备的异常, 避免设备带缺陷投运。同时, 操作验收也是现场运行规程、典型操作票等运维资料的重要资料基础。

一般而言, 敞开式一次设备的操作包括后台操作、测控装置操作、端子箱操作以及机构箱操作等四种操作方法。对于隔离开关(接地开关)而言, 机构箱操作还包括电动操作以及手动操作两种方法。而对于组合电器设备的操作除了后台操作、测控装置操作, 还包括汇控箱(开关柜)的操作。操作方式的选择一般由装置、端子箱以及机构箱上的“远方/就地”切换开关来决定。通过观察设计图纸, 我们不难看出离一次设备越近, 其操作方式的优先级越高, 具体而言, 机构箱手动操作闭锁机构箱电动操作, 机构箱就地操作闭锁端子箱就地操作, 端子箱就地操作闭锁测控装置就地操作, 测控装置就地操作闭锁后台操作。在实际验收过程中, 运维人员需要逐一验收每一级的操作以及对上一级操作的闭锁。

断路器的操作验收过程中, 应确保断路器动作正常, 计数器动作正常, 开关储能正常, 后台、机械、指示灯等相关指示正确。而隔离开关(接地开关)的操作验收应确保其无卡涩现象, 三相同期符合要求, 接触良好, 同样的, 其后台、机械、指示灯等相关指示应正确。

在扩建设备的验收过程中, 误合扩建隔离开关至带电设备是验收过程中的主要危险源点。一般而言, 在设备未验收之前, 严禁扩建母线隔离开关与母线进行搭接。母线隔离开关验收时其对应的母线处于停役。待扩建的母线隔离开关与母线搭接并验收合格后, 为了防止误合母线隔离开关, 应做好相应的防护措施, 一般采用脱开隔离开关的操作连杆、扎紧抱箍等方法, 待设备投运前恢复相关措施。同时, 运维人员应在验收结束后立即关好相关箱体并上锁, 同时拉开隔离开关的控制电源以及电动机电源, 做好相应的安全管控工作, 确保验收过程中的安全生产工作。

4. 切换试验的一般原则

重要的交流或者直流电源一般采用环供或者双电源自动切换的方式, 因此切换试验的验收工作, 也是一次设备验收的重要组成部分。切换试验正确与否, 同样关系到设备

的可靠运行,因此切换试验的验收同样不可马虎。验收过程中应该严格按照切换试验的相关要求,力求完备、可靠。同时,验收过程中应该避免交流电源的并列运行,给设备造成影响。

二、二次设备验收概述

二次设备主要包括保护装置、测控装置、备自投装置、电压并列装置、稳控装置等。二次设备的能否准确、完善地验收,关系到设备的可靠运行,关系到电网的健康与稳定。随着变电专业分工的精益化,运维人员对于二次设备的验收侧重于出口连接片以及功能连接片的验收。对于运维人员而言,二次设备的验收主要包括资料记录、外观检查、功能及出口等方面的验收。

1. 资料记录的验收

与一次设备的资料相同,二次设备的相关资料也是运维人员编制现场运行规程、典型操作票、标准化作业卡以及事故预案等后期运维资料的基础,也是核对和制作压板的重要依据,还是运维人员进行倒闸操作、日常巡视、事故及异常处理的重要依据。

二次设备资料记录的验收主要包括:

- (1) 说明书、施工图纸等资料齐全。
- (2) 设备铭牌数据与设备台账一致或铭牌已抄录。
- (3) 继保记录填写完整,无影响运行的缺陷和问题,可以投运结论明确。

2. 二次设备的外观检查

与一次设备的外观千差万别不同,二次设备的外观相对简单,其验收的标准也相对单一。然而,二次设备的特点决定了其外观检查在运维人员验收体系中不可或缺的地位。通过二次设备的外观检查,可以避免遗留试验接线对设备安全运行的威胁。外观检查的验收主要包括如下几个方面。

- (1) 工完、料尽、场地清,无安装遗留物件,有关试验接线拆除。
- (2) 电缆洞封堵良好,保护屏用多股铜线与接地铜网连接,并可靠接地。
- (3) 屏内端子排接线合格、牢固,电缆名称牌齐全,表牌走向清晰准确。
- (4) 人机对话显示屏显示正常,无告警灯点亮。
- (5) 连接片、切换开关、低压断路器标志符号清晰、正确、标签齐全。
- (6) 熔丝符合设计规定,标示正确、齐全。
- (7) 交直流回路绝缘符合要求。
- (8) 保护定值单与装置所设定值、调度核对正确。
- (9) 定值单上已填入校验、核对、投入人的姓名及日期。

3. 二次设备功能及出口的验收

对于继电保护装置而言,功能以及出口连接片的验证是运维人员保护类装置动作正确与否的重要组成部分,为日后运维人员的连接片操作提供依据,也可以再次核对施工人员(厂家)的连接片名称是否与实际相符。

在实际验收过程中,运维人员的验收过程一般结合继保人员的验收工作同时进行。验收分保护装置性验收和传动验收两个部分,即通过装置加量,压上功能连接片,取下

所有跳闸连接片,模拟相关故障,断路器无法跳闸。逐一验证保护的各个功能正确后,压上欲验证的跳闸出口连接片,模拟相关故障,保护正确动作,断路器跳闸,相关指示灯指示正确。采用同样的方法,逐一验证相关的跳闸出口连接片正确方可。

在扩建变电工程中,由于运行方式的局限性,某些断路器由于某种原因无法停役,在实际施工以及验收过程中应该做好相应的二次安全措施,确保保护的验收不会误跳运行开关。母差保护联跳扩建开关验收结束后,为了避免新建开关差流回路对于母差保护的影响而造成母差误动,一般继保人员会将扩建开关的母差 TA 短接退出,确保母差保护的可靠运行,待启动过程中带负荷测试正确后方可启用。

三、“四遥”系统验收概述

随着变电站自动化水平的日益提高,变电站“集中监控、少(无)人值守”的模式逐步适应于各个电压等级的变电站。因此,涵盖遥控、遥调、遥信、遥测在内的“四遥”系统的验收准确性对于监控人员及运维人员就显得尤为重要了,主要体现在:

- 1) “四遥”系统是监控人员、运维人员发现和判断异常及事故信号的依据。
- 2) “四遥”系统是运维人员倒闸操作的重要载体。
- 3) “四遥”系统是调度人员、监控人员、运维人员事故处理基础。
- 4) “四遥”系统是电网潮流分析的基础数据。

因此,如何做好“四遥”系统的验收工作是变电站运维人员验收工作中的重要组成部分。

“四遥”系统的验收中,遥信的验收最为重要且数量最多,运维人员也最为重视。通常而言,信号一般分由硬触点触发和由软报文触发两类,硬触点信号包括断路器、主变压器等本体的信号,而软报文信号一般由保护装置触发。在实际验收过程中,硬触点信号需要实际触发,因此运维人员需要对相关信号回路比较熟悉方可。而软报文信号通过装置触发即可,无需实际触发。

“四遥”系统的验收中,遥控的验收安全隐患最大,尤其在改扩建变电工程中。在改扩建过程中,自动化人员做好相关安全措施(即将全站运行断路器的遥控连接片取下,“远方/就地”切换开关切至就地位置)后,运维人员方可进行遥控的验收工作。在验收过程中同样需要履行监护制度,确保设备的安全运行。运维人员的遥控验收一般首先将测控装置上待验收的断路器或隔离开关(接地开关)的遥控连接片取下,在后台遥控操作,无法操作成功,再压上遥控出口连接片后,在后台遥控成功。

电气设备常见的遥测量一般包括三相电流、三相电压、有功功率、无功功率、功率因数、温度等参数。以电流、电压为例,一般都是在测控装置上直接加一个标准量(二次值),然后依据变比,与后台核对正确与否。如果三相电流、三相电压、有功功率、无功功率、功率因数均与实际值相同,则该间隔的遥测验收通过。

主变压器、电抗器等温度的验收一般采用表计的实际温度值与后台对比,由于存在精度问题,一般不存在 5°C 及以上误差,即认可该温度的遥测验收合格。

遥调的验收一般只针对有载调压的主变压器有载调压开关的验收,在实际验收过程中,一般只将有载调压开关升挡、降挡以及急停分别试验一次正确后即可。

四、“五防”连锁验收概述

电气误操作事故给电网安全、设备安全和人身安全造成巨大威胁，特别是现在随着电网的不断发展，容量、规模越来越大，发生事故后的影响范围将扩大，甚至会造成整个电网的崩溃。

目前新建的变电站中一般以机械防误系统、电气防误系统以及监控防误系统组成。目前，在江苏电网范围内的 220kV 及 500kV 变电站一般采用“站端监控系统逻辑闭锁+设备间隔内电气闭锁”的方式来实现防误操作功能，不再设置独立的微机防误操作系统。站端监控系统逻辑闭锁与间隔内电气闭锁形成“串联”关系。

在实际验收过程中，电气闭锁和测控闭锁一般分别进行验收。在验收电气闭锁时，为了避免测控连锁对电气连锁的干扰，通常将测控连锁切至解锁位置；同样道理，验收测控连锁过程中，电气连锁同样切至解锁位置。

连锁的验收一般采用逆向验收法则，即如果验收断路器对隔离开关的连锁，首先将断路器合上，依次验收相对应的隔离开关无法拉开，即可验证断路器对相应隔离开关的连锁。同样道理，合上某隔离开关，对应相关接地开关无法操作，则可验收隔离开关对相关接地开关的连锁。

而对于倒排连锁的验收则采用正向验收法则，即合上母联及两侧母联隔离开关，然后合上正（副）母隔离开关后，如果可以合上副（正）母隔离开关，则表明倒排连锁正确；如果无法合上副（正）母隔离开关，则表明倒排连锁有误。

主变压器三侧间的连锁以及母线横向连锁相对比较复杂，运维人员在不熟悉设备的情况，应根据相关标准，认真编制连锁验收票，确保连锁验收的完善，不出现遗漏验收的现象，也为运维人员的倒闸操作做好硬件防护。验收过程中，隔离开关以及接地开关的手动操作同样具备连锁，运维人员应将手动条件的连锁同样列入验收票中。

连锁验收过程中，如果出现同一机构上隔离开关或接地开关的连锁不正确，运维人员应立即采用急停的措施，防止电动机运转造成其机械闭锁损坏。在改扩建过程中的连锁验收中，最大的安全隐患来自于将隔离开关以及接地开关合至运行设备造成各类恶性事故，威胁设备及人身安全。

新建以及改扩建变电工程的验收关系到设备日后能否安全、稳定的运行，也关系到电网的健康水平，也是各级验收体系中最后一环，具有至关重要的作用。因此，运维人员务必以严谨的态度对待相关验收工作，仔细编制相关验收作业卡，认真开展各项验收工作，排查每一个设备隐患，并及时要求施工方进行整改，高质量地完成各项验收工作。同时，在改扩建工程的验收过程中，防患各类事故的发生，确保设备的可靠投运。

第二节 变电设备验收实例

一、一次设备验收实例

1. 主变压器验收实例

电力变压器是电力系统中主要设备之一。它承担着电压变换以及电能分配和传输，

并提供电力服务。它的正常运行是对电力系统安全、可靠、优质、经济运行的重要保证。主变压器作为变电站的核心部件，其验收主要包括本体、风冷系统、有载调压开关以及充氮灭火装置等的验收。

(1) 主变压器本体的验收。主变压器本体的验收包括如下几个部分。

- 1) 说明书、出厂试验报告、合格证、安装指导说明应齐全。
- 2) 设计变更单和设计施工图完整。
- 3) 油务、芯体检查、电气试验和质检记录齐全无误。
- 4) 检查施工现场已清理（包括变压器顶部），工作人员全部撤离，无遗留物件。
- 5) 变压器一次接线正确，三相相位正确，相色清晰。主变压器构架已经油漆。
- 6) 瓷绝缘套管清洁无破损，基座接地良好。
- 7) 设备名称牌正确、齐全。
- 8) 油枕、充油套管油色、油位正常。本体气体继电器窗内应充满油，并加装防雨罩。
- 9) 油枕、冷却装置、净油器等油系统上的蝶阀均应打开，各油管应注明名称。
- 10) 本体、冷却装置及附件应无缺陷、渗漏油现象。
- 11) 主变压器外壳不同位置的两点接地点，高中压侧中性点、铁芯接地点应连接牢固可靠。
- 12) 呼吸器矽胶符合要求，油封杯内充满油，并呼吸正常。
- 13) 主控室油温表、后台油温遥测值与本体油温表指示一致。
- 14) 端子箱二次线检查正常，端子无松动等异常，备用电流互感器二次已短接，各类标签齐全，熔丝符合设计规定，标示正确、齐全。
- 15) 风控箱指示正确，工作正常。

(2) 变压器风冷系统的验收。高温对变压器寿命影响很大，同时变电运维人员定期要对变压器风冷进行切换作业，因此变压器风冷系统验收也就显得尤为重要了。变压器风冷系统分为油浸风冷和强油风冷两种冷却方式，下面分别阐述两种变压器风冷系统的验收工作。

1) 油浸风冷系统验收。风控箱内二次线检查正常，端子无松动等异常，各类标签齐全，熔丝符合设计规定，标示正确、齐全，封堵良好。

图 1-1 中的电源切换开关 S1 切至 400V 交流 I 段，图 1-2 中的风冷方式切换开关 S2、S3 切至手动位置，10 组风扇运行正常，转向一致，声音平稳。风控箱上相应风扇指示灯亮。

S1 切至 400V 交流 II 段，S2、S3 切至手动位置，10 组风扇运行正常，转向一致，声音平稳。风控箱上相应风扇指示灯亮。

将 S1 切至 I 段，拉开站用电屏上 I 段电源总进线开关 Q1，K2 继电器动作，风控箱“II 段电源投入灯”亮，而“I 段电源投入灯”灭，10 组风扇工作正常。

将 S1 切至 II 段，拉开站用电屏上 II 段电源总进线开关 Q2，K1 继电器动作，风控箱“I 段电源投入灯”亮，而“II 段电源投入灯”灭，10 组风扇工作正常。

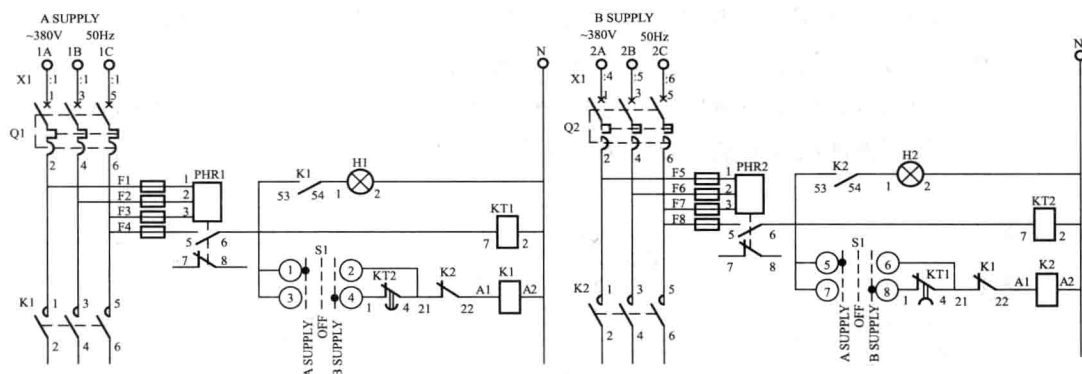


图 1-1 主变压器油浸风冷系统电源回路

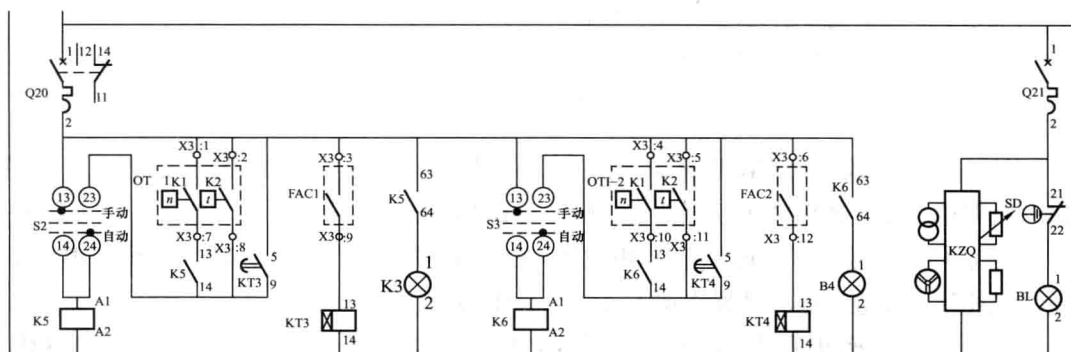


图 1-2 主变压器油浸风冷系统控制回路

将 S2、S3 切至自动位置，两组风扇均停转，相应指示灯熄灭，遥信复归。

风控箱内短接节点（温度计指针拨至 55℃），一组风扇投入；有“主变压器风扇一级投入”遥信，风控箱上相应指示灯亮。

温度计指针拨至 50℃，一组风扇停转；“主变压器风扇一级投入”遥信、指示灯复归。

风控箱内短接相关节点（温度计指针拨至 65℃），二组风扇投入；有“主变压器风扇二级投入”遥信，风控箱上相应指示灯亮。

温度计指针拨至 60℃，二组风扇停转，“主变压器风扇二级投入”指示灯复归。

FAC1、2 继电器为变压器过电流继电器辅助触点，模拟主变压器高压侧负荷大于额定负荷的 60%（设定值），时间继电器 KT3 动作，其动合触点 KT3 延时闭合，K5 继电器得电动作，动合触点 K5 闭合，一级冷却器启动。

拉开风控箱内 Q20 开关，冷却器切至手动位置均不能投入运行。

拉开 400V 交流电源低压断路器 Q1、Q2，模拟风扇全停，风扇全停灯亮。

合上 Q21 开关，风控箱开启时，照明灯亮。温湿度达到一定条件，加热器自动

投入。

2) 强油风冷系统验收。风控箱内二次线检查正常，端子无松动等异常，各类标签齐全，熔丝符合设计规定，标示正确、齐全，封堵良好。

对于强油风冷的电源切换装置，与油浸风冷的方式相同，其验收方式也相同。

由主变压器强油风冷系统电源回路图（见图 1-3）可以看出：

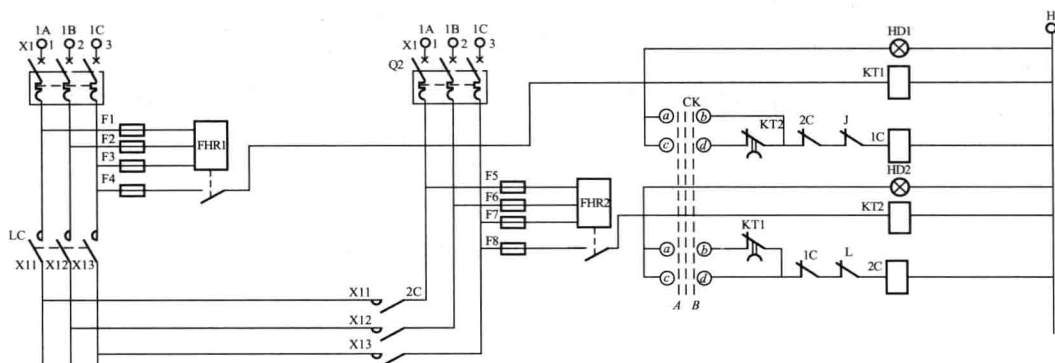


图 1-3 主变压器强油风冷系统电源回路

① 将电源切换开关 CK 切至 A 用位置，工作组风扇运行正常，转向一致，声音平稳。风控箱上相应风扇“Ⅰ段电源投入灯”（HD1）指示灯亮。

② 将电源切换开关 CK 切至 B 用位置，工作组风扇运行正常，转向一致，声音平稳。风控箱上相应风扇“Ⅱ段电源投入灯”（HD2）指示灯亮。

③ 将电源切换开关 CK 切至 A 用位置，拉开站用电屏上Ⅰ段电源总进线开关 Q1，2C 继电器动作，风控箱“Ⅱ段电源投入灯”（HD2）亮，而“Ⅰ段电源投入灯”（HD1）灭，工作组风扇工作正常。

④ 将电源切换开关 CK 切至 B 用位置，拉开站用电屏上Ⅰ段电源总进线开关 Q2，1C 继电器动作，风控箱“Ⅰ段电源投入灯”（HD1）亮，而“Ⅱ段电源投入灯”（HD2）灭，工作组风扇工作正常。

图 1-4 中，短接 21-25 触点（模拟主变压器的油温大于高值 55℃），继电器 3ZJ 动作，动合触点 3ZJ 闭合，辅助冷却器运转。模拟主变压器的油温小于低值 45℃，辅助冷却器退出运转。

短接 21-27 触点（模拟高压侧负荷达到额定电流的 60%），触点闭合，起动继电器 3ZJ，辅助冷却器开始运转，当负荷低于 60% 时，辅助冷却器退出运转。

1 号工作组风扇运转时，取下熔丝 1FU，继电器 1BC 失电，动断触点 1BC 闭合，通过 (9)-(10) 触点，起动继电器 1KT 后起动了 4ZJ，4 号冷却器①-②触点接通，备用冷却器投入运转。

同理，3 号辅助冷却器风扇工作时，取下熔丝 3FU，备用冷却器投入运转。

(3) 有载调压开关的验收。对变压器进行调压有两种方式，即有载调压和无载调压两种方式。现在的电力系统中，变压器越来越多地采用了有载分接开关。本文就有载调

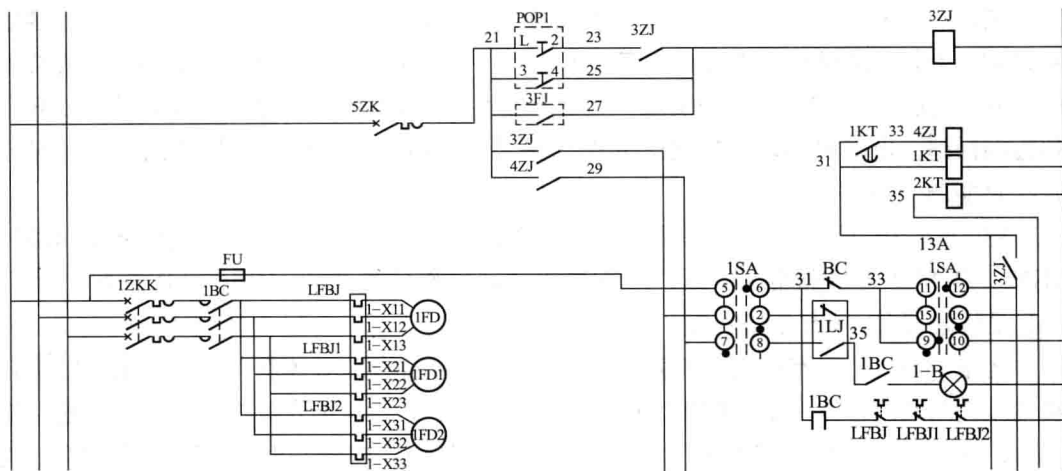


图 1-4 主变压器强油风冷系统控制回路

压开关的验收进行阐述。

对有载调压开关进行时，应首先对其外观进行验收，具体包括：

- 1) 有载调压控制器的电源指示灯指示正常。
- 2) 开关箱油位、油色及其吸湿器检查均应正常。
- 3) 开关箱及其气体继电器应无渗漏油现象。

图 1-5 所示为驱动机构电气控制原理图。验收升压调挡时，按 1SB 按钮，使电源通过 2KM 动断触点、1KM 接触器线圈、1SF 动断触点（挡位未到顶时闭合）、SY 动断触点（手动操作手柄插入或按下时打开），使 1KM 接触器线圈励磁，其动合触点自保持和起动电动机，动断触点断开降挡控制回路。电动机起动，传动部分将开关调高一挡，1XK 断开升挡控制回路。保证每次只能调一挡。

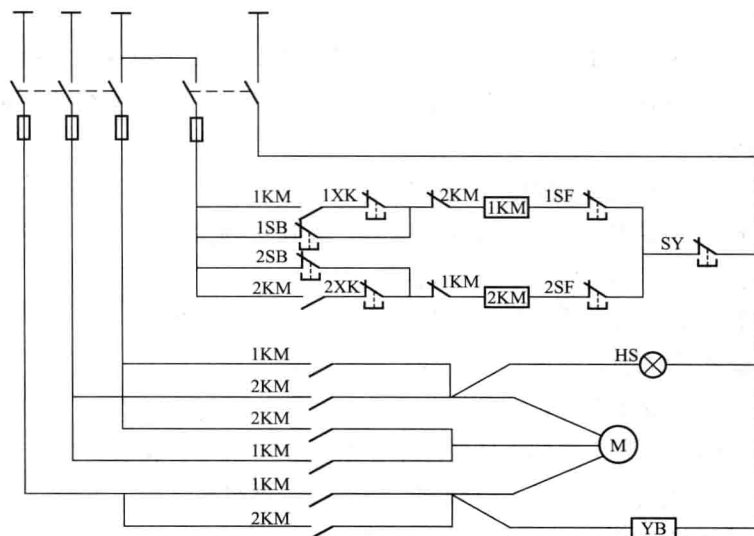


图 1-5 有载调压开关驱动机构电气控制原理图

同理，当验收降压调挡时，按 2SB 按钮，使电源通过 1KM 动断触点、2KM 接触器线圈、2SF 动断触点（挡位未到底时闭合）、SY 动断触点（手动操作手柄插入或按下时打开），使 2KM 接触器线圈励磁，其动合触点自保持和起动电动机，动断接点断开升挡控制回路。电动机起动，传动部分将开关调低一挡，2XK 断开降挡控制回路。保证每次只能调一挡。

图 1-5 中 1XK、2XK 是顺序开关，YB 为电磁刹车，M 为三相交流电动机，1KM、2KM 为交流接触器，SY 连锁开关（也可作急停用），1SB、2SB 按钮，1SF、2SF 是极限开关，HS 是信号灯。

运维专业上对于有载调压开关的验收侧重于操作部分。具体而言，一般主变压器有载调压控制箱内都有一个“调压远控/就地转换开关”，当运维人员将其切至“就地”位置时，在有载调压控制箱对主变压器进行电动调压时，将分头调节开关切向“升”或“降”，顺时针为分头升，逆时针为分头降，电动调节应轻巧、无异声，指针位置指示正确，遥信挡位与实际相一致。对调压开关进行试操作一个循环，在极限位置（即最高挡位或者最低挡位）时，闭锁手动及电动调压功能。在调挡过程中，按下紧急停止按钮，交流电动机应停止。

当手动操作手柄插入时，SY 动断触点打开，电动回路被闭锁，就地电动操作及远方遥控操作均无法进行。手摇过程中应平滑，无卡涩感。当“调压远控/就地转换开关”切至“就地”位置时，远方无法进行调挡操作。同理，当“调压远控/就地转换开关”切至“远方”位置时，有载调压控制箱内无法进行调挡操作。在实际验收过程中，一般先就地电动调挡操作验收一个循环；由于相关电路操作回路已经验证正确，而远方遥控操作只进行升挡和降挡各一次操作。

（4）充氮灭火装置验收。作为新上的 220kV 主变压器必备的充氮灭火装置，在主变压器着火等紧急情况下，充氮灭火有着举足轻重的作用，其验收工作也绝不是可有可无的一项工作。

首先，充氮灭火装置的说明书、资料齐全应齐全，同时设备铭牌数据与设备台账应保持一致（或铭牌已抄录），设备修试记录应填写完整，无影响运行的缺陷和问题，可以投运结论明确。

对充氮灭火装置外观进行检查，应做到：

- （1）施工现场已清理，工作人员全部撤离，无遗留物件。
- （2）消防柜安装牢固，接地、封堵良好。
- （3）排油管道、充氮管道各接头连接牢固。
- （4）探测器接线正确，接线盒及出线口密封完好。
- （5）事故排油池设施完好，消防设施齐全。
- （6）控流阀的红色箭头指向气体继电器，手柄在“投运”位置，并已锁定。
- （7）二次线检查正常，无松动等异常，电缆编号及号牌齐全、清晰。
- （8）各电源开关、熔丝、连接片投入正确，接触良好。
- （9）各种指示灯显示正确，无异常，防误操作罩关闭并完好。

(10) 消防柜内, 氮气气瓶压力表压力指示在 13.5~20MPa, 经减压阀出口压力指示在 0.8~1MPa。

2. 开关柜的验收

开关柜在 10、20kV 以及 35kV 电压等级设备中有着广泛的应用, 它的验收主要包括安装验收、开关分合闸试验、手车操作及连锁验收以及开关防跳试验。具体而言, 开关柜的验收包括如下内容。

(1) 安装验收。

- 1) 工完、料尽、场地清, 无安装遗留物件, 引线接头牢固、不松动。
- 2) 绝缘件清洁无破损, 构架接地良好、相色完整。
- 3) 所有紧固件已紧, 无松脱现象。传动及接触连接部分已涂黄油。
- 4) 箱体密封完好, 箱内封堵严密、平整、四方。
- 5) 箱内二次线检查正常, 无松动等异常, 电缆号牌清晰。
- 6) 开关柜内控制线连接牢固、不松动。
- 7) 箱内各元件标识清晰正确, 交直流熔丝及低压断路器与图纸一致。
- 8) 交流环网供电电源核相及标识正确。
- 9) 开关柜前后柜门关闭正常。
- 10) 温湿度控制仪工作正常, “工作” 灯亮。
- 11) 出线带电显示仪工作正常, 按下试验按钮后 L1~L3 灯亮。
- 12) 拉开柜内的装置操作电源 1ZK, 开关无法操作。
- 13) 拉开柜内的装置电源 2ZK, 保护装置屏无显示。
- 14) 拉开柜内的储能回路电源低压断路器 3ZK, 分合开关, 开关不能储能。
- 15) 拉开柜内的状态指示仪电源 4ZK, 状态指示仪不亮。
- 16) 合上柜内柜体照明加热低压断路器 5ZK, 仪表室、照明室灯亮。
- 17) 合上柜内温湿度控制器电源 6ZK, 温湿度控制器工作正常。强制投温控、开关室、电缆室、加热器工作正常。
- 18) 拉开柜内带电显示器闭锁电源 7ZK, 带电显示器装置失电。

(2) 开关分合试验。将开关柜上远方/就地切换开关 YK 切置“远方”位置, 取下远方操作 1LP 连接片, 后台无法分合开关。

放上远方操作 1LP 连接片, 后台分合开关, 开关动作正常、计数器动作正常, 开关指示、遥信反映正确, 开关储能正常。

开关柜上分/合闸控制开关 QK 无法进行分合开关。

开关柜上远方/就地切换开关 YK 切置“就地”位置, 用开关柜上分/合闸控制开关 QK 就地分合开关, 开关动作正常, 计数器动作正常, 开关遥信反映正确, 开关储能正常, 后台机无法进行遥控分合开关。

(3) 手车操作及试验连锁。开关柜的连锁主要靠机械连锁构成, 其中也包含部分的电气连锁。手车操作与连锁的验收一般同时进行。其初始状态是开关合上, 手车在工作位置, 线路接地开关分开。