

变电运行岗位技能培训教材 (110kV)

全国电力工人技术教育供电委员会 编

黄政中 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是《变电运行岗位技能培训教材》之一, 主要介绍 110kV 变电站中, 电气设备和直流系统, 一、二次回路的构成及运行维护知识, 倒闸操作的应知知识和应会技能, 变电站的异常及处理事故的对策, 变电站运行管理和安全管理的方法及措施。本书在内容上具有较强的针对性、实用性和先进性, 在叙述上深入浅出、图文并茂, 便于变电站、发电厂工人及技术人员阅读和使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电运行岗位技能培训教材: 110kV/全国电力工人技术
教育供电委员会编. -北京: 中国电力出版社, 1997

ISBN 7-80125-263-2

I. 变… II. 全… III. 变电所, 110kV-电力系统运行
-技术培训-教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 22524 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1998 年 1 月第一版 1998 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 391 千字

印数 00001—20000 册 定价 18.70 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

根据中国电力企业联合会教育培训部的安排,由全国电力工人技术教育供电委员会组织编写的电力工人岗位技能培训试编样本教材——《变电运行岗位技能培训教材》,经过四年多的酝酿探讨、编写审查和反复修改,终于和广大读者见面了。

这套教材集中了全国供电系统许多专家学者的智慧,汲取了全国电力系统工人培训教材建设的成果和经验教训,在体裁、结构和内容上均有较大的革新和突破,具有工人岗位培训教材的鲜明特色。

这套教材按照部颁《电力工人技术等级标准》和《变电运行岗位规范》要求,突破传统教材的学科体系,理论联系实际,紧密结合生产,坚持按需施教,按岗位和设备系统组织教材,以部颁规程、规范、标准的内容为主线,突出生产技能、专业理论知识,为掌握生产技能服务,具有较强的针对性、实用性和先进性。主要包括:变电一、二次设备及运行,变电所运行方式变换的操作,变电运行的异常、事故及处理,变电所的运行管理等;此外还选编有运行操作实例、事故案例、典型经验和常用数据。本书是供电系统的岗位技能培训教材,也可作为工矿企业值班电工和农村电工的培训教材,还可作为电力类大中专院校的技能教学参考书。

这套教材按电压等级——35kV、110kV(含66kV)、220kV、500kV(含330kV)分册出版。这次出版的《变电运行岗位技能培训教材(110kV)》主编重庆电业局教授级高级工程师黄政中,主审北京供电局高级工程师胡文炳;《变电运行岗位技能培训教材(220kV)》主编湖北省荆州电力局讲师周石生、副主编梅新、严思雄、严杉,主审湖北省电力工业局教授级高级工程师曾珍高、西安供电局高级工程师魏朝钰;《变电运行岗位技能培训教材(500kV)》主编湖北省超高压输变电局教授级高级工程师李冀川,副主编教授级高级工程师俞善纪、高级工程师韩南贵,主审湖北省电力工业局教授级高级工程师曾珍高,副主审湖北省超高压输变电局教授级高级工程师李国兴、高级工程师邢振德。此外,参加本套教材编写的人员还有邓颖、孙渝江、王洪寿、郑小旺、廖兵、李文、王民友、曾跃、刘文浩、苏州、何跃文、固柏民、黄可旺、蔡志平、谌翔虹、谭重伟;参加审稿的人员还有曾昭强、周健真、陆雪梅、秦德明、吴宝珠、

汪洋、潘思谦、史久宏、文闾成、冯学艺、彭立明、曾国钧、吴世炎、赵国儒、邹红雨、陈永波、林治学、顾兆正、袁鸿全、焦生等。

本书在编写、审定、修改过程中得到了中国电力企业联合会教育培训部、中国电力出版社、湖北省电力工业局、广东省电力工业局、重庆电业局、荆州电力局、渭南供电局、湖北省超高压输变电局和全国供电系统有关单位领导和专家的大力支持和帮助，在此致以衷心的感谢。

岗位技能培训教材的编写尚在摸索试点，加之我们水平有限，这套试编教材的不妥之处在所难免，诚恳地欢迎广大读者批评指正。

全国电力工人技术教育供电委员会
教材编审委员会

1995年1月15日

目 录

前 言

符号含义

第一章 电力变压器及运行	1
第一节 电力变压器的部件及运行参数	1
第二节 变压器运行的巡视内容和要求	14
第三节 变压器运行的异常情况及事故处理	17
第四节 变压器的检修、试验和验收	20
第五节 互感器及运行	22
第二章 断路器、隔离开关及运行	29
第一节 110kV 高压断路器及运行参数	29
第二节 高压断路器的运行	36
第三节 断路器和操作机构的异常及事故处理	38
第四节 断路器的检修、试验及验收	41
第五节 隔离开关及运行	42
第三章 电容器、电抗器及运行	47
第一节 电力电容器的种类和特性	47
第二节 电力电抗器的种类和特性	48
第三节 线路补偿装置	49
第四节 电力电容器的运行、维护、试验和验收	50
第五节 电力电抗器、消弧线圈的运行、维护、试验和验收	56
第四章 过电压保护装置及运行	56
第一节 变电站外过电压及其保护装置的运行	56
第二节 变电站内过电压及其防护	63
第三节 绝缘配合	65
第四节 接地装置的运行	65
第五章 导线、金具、绝缘子及运行	71
第一节 导线、金具、绝缘子的性能	71
第二节 导线、金具、绝缘子的运行维护及异常处理	77
第三节 导线、金具、绝缘子的修试及验收	81
第六章 一次回路及运行	82
第一节 变电站的一次接线	82
第二节 变电站的高压配电装置	90
第三节 电力系统及运行	97
第七章 继电保护及运行	106
第一节 线路电流保护的构成及运行	106

第二节	线路接地保护的构成及运行	112
第三节	线路距离保护的构成及运行	117
第四节	双回线的横联差动保护和电流平衡保护的构成及运行	120
第五节	变压器继电保护的构成及运行	122
第六节	母线保护的构成及运行	136
第八章	变电站自动装置及运行	146
第一节	输电线路自动重合闸装置的构成及运行	146
第二节	备用电源自动投入装置的构成及运行	148
第三节	自动按频率减负荷装置 (LALF) 的构成及运行	151
第四节	远动装置的运行	152
第九章	电气测量	155
第一节	电流、电压的测量	155
第二节	功率、功率因数及频率的测量	156
第三节	电能的计量	159
第四节	绝缘电阻的测量	163
第五节	万用表的使用	165
第十章	二次回路及运行	167
第一节	断路器的控制回路	167
第二节	变电站的信号回路	173
第三节	防止误操作电气闭锁装置及其接线	176
第四节	二次回路的运行及异常处理	179
第十一章	直流系统及运行	187
第一节	铅酸蓄电池的运行	187
第二节	镉镍蓄电池的运行	192
第三节	直流系统的绝缘监察装置、电压监察装置及运行	194
第四节	可控硅整流装置的运行	195
第五节	直流供电网络	197
第十二章	倒闸操作	199
第一节	倒闸操作的任务	199
第二节	对操作人员的要求	199
第三节	倒闸操作的技术要求和操作工艺	201
第四节	倒闸操作票	208
第五节	倒闸操作的程序	210
第六节	一次回路的具体倒闸操作举例	211
第七节	二次回路的具体操作举例	218
第八节	新设备投入的操作步骤	222
第十三章	变电运行的异常和事故处理	223
第一节	意义及分类	223
第二节	事故处理的一般原则	223
第三节	变电运行的异常和事故处理	225

第四节	误操作事故处理	230
第五节	处理事故实例	231
第六节	有关变电运行的反事故措施要点	233
第十四章	运行管理	241
第一节	变电站的运行管理	241
第二节	变电站的设备管理	250
第三节	变电站的技术管理	254
第十五章	安全管理	260
第一节	变电站安全管理的内容和方法	260
第二节	电业安全技术的基本知识	261
第三节	安全组织措施和技术措施	267

第一章 电力变压器及运行

第一节 电力变压器的部件及运行参数

一、110kV 三相电力变压器的部件

电力变压器基本部件如图 1-1、1-2 所示。

(一) 铁芯

铁芯是导磁部件，为减少励磁电流、涡流、磁滞损失和节约材料，采用高导磁硅钢片叠成，叠片厚 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ ，两面涂硅钢片漆烘干后，用叠装的方法，即将所裁片分层交错叠置，使每一层的接缝都被邻层的钢片盖上，以构成断面为阶梯形的三柱式铁芯。铁芯柱为环氧玻璃粘带绑扎，铁轭用包有绝缘的铁轭螺杆夹紧。

为了防止变压器在运行或试验时，由于静电感应铁芯等金属构件产生的浮悬电位，造成对地放电，铁芯及其金属构件必须且仅有一点接地。对绕组上部有钢压板的，上铁轭用接地片与上夹件及钢压板连接起来，下铁轭与下夹件连接，通过铁芯柱和下夹件钢垫脚（在变压器油箱底部，图示未标出）接地（为防止静电感应对地放电）；当变压器视在功率大于 $20000\text{kV} \cdot \text{A}$ ，取消下部接地片，采用连在上夹件上的引线电缆经油箱上的接地导管引出接地。

(二) 绕组

绕组是导电部件，每相有两绕组或三绕组，按要求的不同绕法，形成圆筒形套在铁芯上，低压在里，高压在外。

(三) 绝缘套管

110kV 绕组引出线是通过中空的胶纸或油纸电容套管引出油箱顶罩上的。串装式密封油浸纸电容套管如图 1-3 所示，它是在套管的芯管（铜管）上用绝缘纸和锡箔纸分层绕成纺垂形的电容芯子，以改善电压分布。套管中注有变压器油，不与变压器本体油箱通。电容芯子的最里层叫零屏，与导管（铜管）连成同电位，其最外层叫地屏（末屏），引至外面的中间法兰接地套管上，可供测套管介质损耗因数，平常它是接地的。

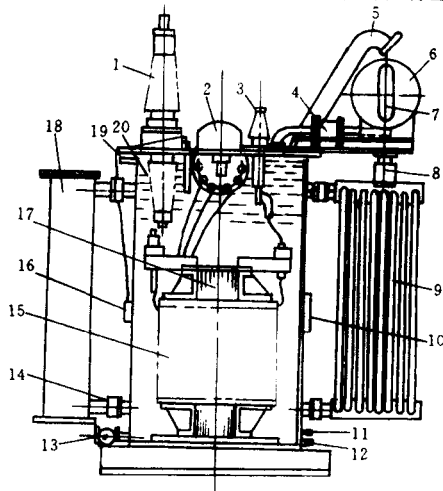


图 1-1 变压器结构概况

- 1—高压套管；2—分接开关；3—低压套管；
4—气体继电器；5—防爆管；6—储油柜；
7—油表；8—吸湿器；9—散热器；10—
铭牌；11—接地螺栓；12—油样活门；
13—放油阀门；14—活门；15—绕组；
16—信号温度计；17—铁芯；18—净
油器；19—油箱；20—变压器油

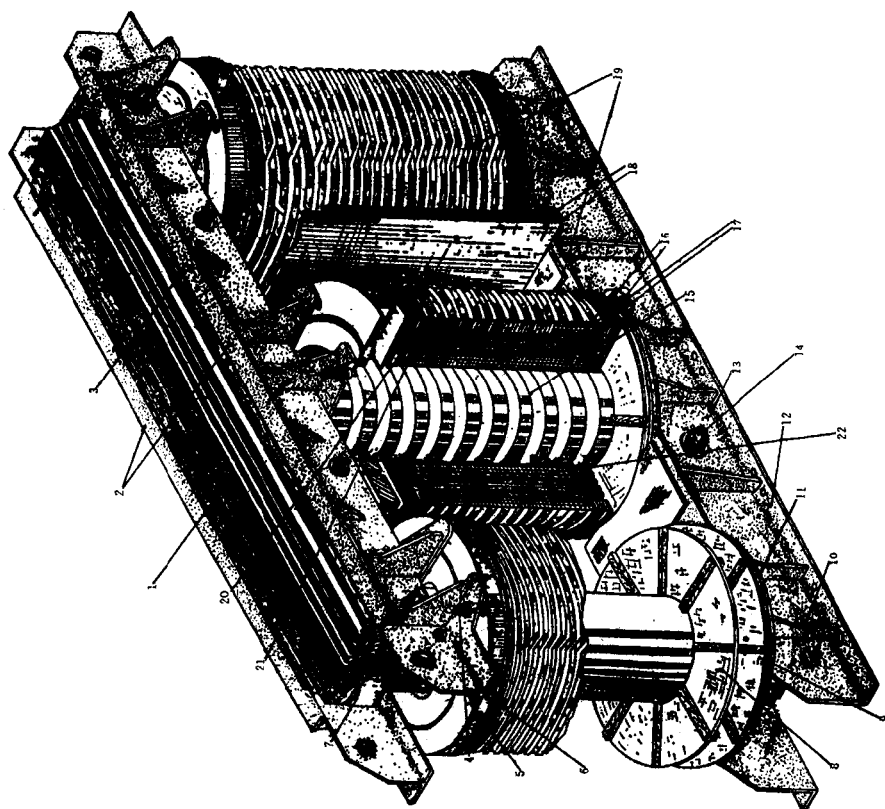


图 1-2 110kV 端部出线变压器器身构造示意图

1—上铁轭；2—上夹件；3—上夹件绝缘；4—压钉；5—绝缘纸圈；6—钢压板；7—方铁；8—下铁轭绝缘；9—平衡绝缘；10—下夹件加强筋；11—下夹件上盖板；12—下夹件下盖板；13—下夹件腹板；14—铁轭螺杆；15—铁芯柱；16—绝缘纸筒；17—油隙撑条；18—相间隔板；19—高压绕组；20—角环；21—静电环；22—低压绕组

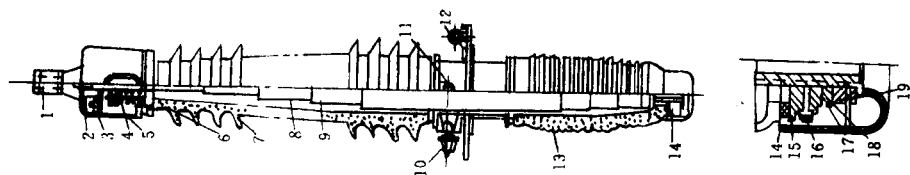


图 1-3 110kV400A 串装式密封油浸纸电容套管

1—接线头；2—均压罩；3—压圈；4—螺栓及弹簧；5—储油柜；6—密封垫圈；7—上瓷套；8—变压油；9—油纸电容芯子；10—接地套管；11—取油样塞子；12—中间法兰；13—下瓷套；14—均压球；15—底座；16—放油塞；17—封环；18—垫圈；19—螺母

(四) 绝缘

绝缘用以承受正常、雷电的过电压，例如，断开空载变压器，过电压可达额定电压的3~4倍。绝缘可分为内绝缘和外绝缘。

1. 内绝缘

内绝缘指变压器油箱内的绝缘。内绝缘又可分主绝缘和纵绝缘。

(1) 主绝缘：包括高低压绕组间及其对地（铁芯、油箱）绝缘，各相绕组、引出线对地、调压分接开关对地之间的绝缘。

(2) 纵绝缘：包括同一绕组不同点间的绝缘，如线饼间、层间、匝间以及绕组和电容保护元件间，同一绕组各引出线间，分接开关各部分间的绝缘。

2. 外绝缘

外绝缘指变压器油箱外的绝缘。

外绝缘指将变压器绕组的引出线，通过绝缘套管引出油箱后，其套管表面绝缘的泄漏距离；各相带电部位之间的空气间隙和对地距离，称变压器的外绝缘。

变压器绕组靠近中性点（尾端）部分的主绝缘比其首端为低的称为半绝缘；首尾端主绝缘一样的称为全绝缘。前者可使变压器的尺寸小，节约材料，但只能用在中性点直接接地的电网中。

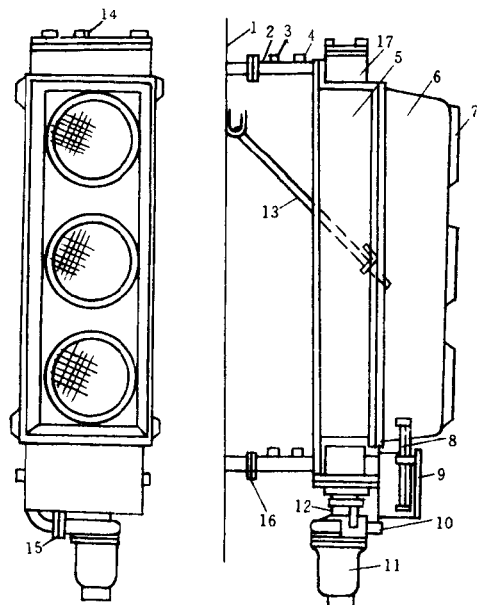


图 1-4 YF 型强迫油循环强风冷却装置图

1—电力变压器油箱；2—联管；3—温度计座；4—压力表接头；5—冷却器；6—导风筒；7—风扇电动机；8—引线；9—分控制箱；10—气体继电器；11—潜油泵；12—滤过网；13—拉杆；14—放气塞；15—阀门（连接净油器用）；16—阀门；17—集油器

(五) 冷却部件

运行中变压器铁芯和绕组产生的热量，是通过绝缘油经过铁芯和绕组中的油道带出并传至散热器和油箱散发冷却的，带风扇加强散热的称为油浸风冷式；若还有油泵加强油的循环的称为强迫油循环风冷式见如图 1-4，变压器油箱上部的热油，由潜油泵抽入上集油器，经风扇吹冷的冷却管道（3~5 根串联），由下集油器回流入油箱中。串联的冷却管道之间，可接入净油器。

(六) 调压装置

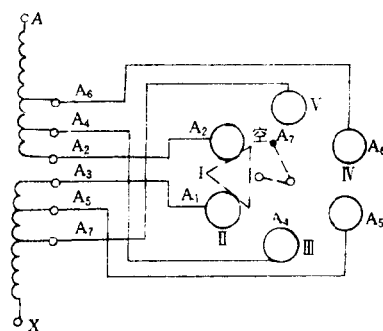


图 1-5 单相中部调压楔形分接开关原理接线图

调压装置是用调整一次绕组的匝数，在小范围内改变二次电压的输出的装置。增加一次侧匝数，二次侧电压减小，反之，则增高。

1. 无励磁调压装置

无励磁调压装置用于不带电时调整分接头。图 1-5 为单相中部调压楔形分接开关原理接线图。其五个分接头的位置为 I、II、III、IV、V，分别对应于 105%、102.5%、100%、97.5%、95% 的额定电压。欲降低运行中二次电压，需由序号大的高档改至序号小的低档；反之，则升高。

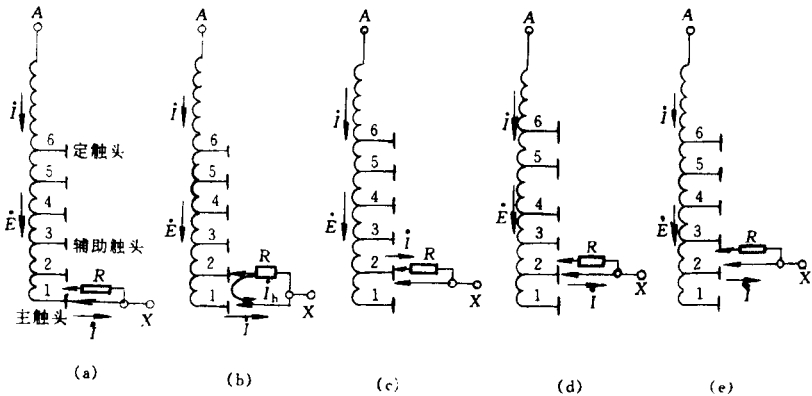


图 1-6 有载调压分接开关的动作程序全过程说明图

- (a) 主触头接通分接头 1；(b) 辅助触头接通分接头 2，触头间出现环流；
(c) 主触头脱离分接头 1；(d) 主触头和辅助触头同时接通分接头 2；
(e) 辅助触头脱离分接头 2，切换过程结束

2. 有载调压装置

有载调压装置用于带电情况下，调整分接头。图 1-6、图 1-7、图 1-8 分别表示有载调压分接开关动作过程和结构原理。在图 1-7 中，主触头 1 与金属转轴 5 连在一起，并与限流过渡电阻 4 的一端固定。辅助触头 2 固定在过渡电阻另一端。调压时，金属转轴 5 带动主

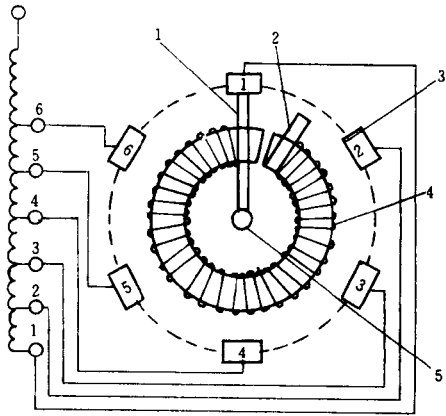


图 1-7 有载调压分接开关一相电路原理图

- 1—主触头；2—辅助触头；3—定触头；4—过渡电阻；5—转轴

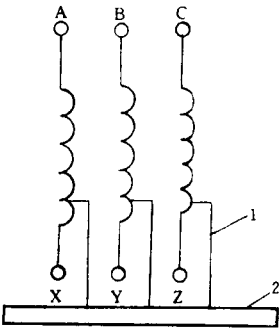


图 1-8 有载调压开关的金属转轴作为三相变压器的中性点图

- 1—主触头；2—金属转轴

触头 1 和过渡电阻一起转动。驱动机构为电动，并辅以手动。调整装置装于与变压器油箱不相通的独立油箱中，也装有挡板式气体继电器、储油柜、呼吸器等。分接头的档位还可远传数码荧光管显示。

(七) 保护部件

1. 储油柜

储油柜也称油枕。储油柜（见图 1-9）用以补偿油的热胀冷缩或缺油漏油引起的油位变化；并能使空气与本体油不直接接触，减少了油的氧化。储油柜储油的总量为变压器油的 10%，其面积小，缩小了空气对油的接触面。

大型变压器用隔膜密封式储油柜，如图 1-10 所示。如果采用储油柜内充氮保护时，需外加氮囊。

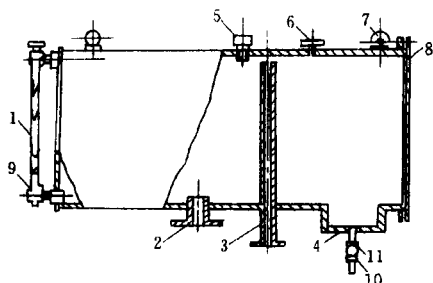


图 1-9 储油柜的构造

1—油位计；2—气体继电器连通管的法兰；3—吸湿器连通管；4—集污盒；5—注油孔；6—与防爆管连通的法兰；7—吊攀；8—端盖；9、10—阀门

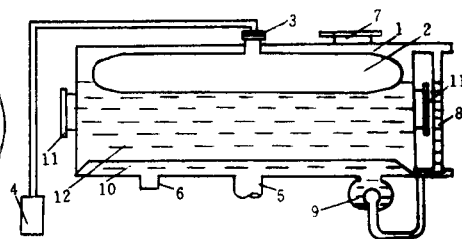


图 1-10 隔膜密封式储油柜

1—储油柜；2—隔膜袋；3—呼吸口；4—吸湿器；5—油箱联管；6—集污盒；7—注油孔；8—油位计；9—压油袋；10—护架；11—安装孔；12—变压器油

2. 吸湿器

吸湿器也称呼吸器。吸湿器（见图 1-11）可防止空气中的水分进入储油柜。其中的变色硅胶（硅胶浸氯化钴）吸湿后，由蓝色变粉红色，可在 140℃ 烘焙 8h，恢复蓝色后再用。

3. 气体继电器

挡板式气体继电器（见图 1-12）接于油箱盖与储油柜间管道上。当变压器内部轻微故障时，产生少量气体集于继电器顶部，使上油杯带动磁铁下降，使触点 5 接通，并由触点 5 启动变压器发信；当内部严重故障时，急速的油流冲动挡板 9，使触点 6 接通，启动变压器跳闸。气体继电器还有放气塞、窥视窗和探针，用以观察和试验上、下油杯的状态和集气。

一般，带储油柜的 800kV·A 变压器，火电厂 400kV·A、水电厂 180kV·A 的变压器均应装气体继电器。

4. 防爆管

防爆管是变压器的安全气道，变压器故障时，油箱内压力若过高可突破玻璃膜片（见图 1-13）释放，防止油箱爆炸。为防止

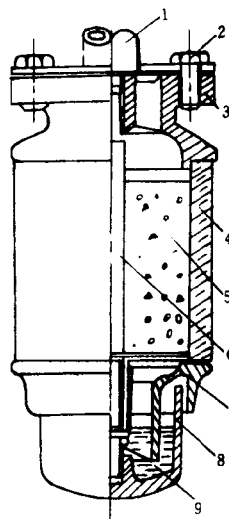


图 1-11 吸湿器的构造

1—连接管；2—螺钉；3—法兰盘；4—玻璃管；5—硅胶；6—螺杆；7—底座；8—底罩；9—变压器油

环境气温变化，使玻璃膜片破裂，用联管 4 与储油柜连通大气。密封式防爆管如图 1-14 所示。玻璃膜片的破坏压力：自由排吸气式为 49.035kPa，气密封式为 73.55~83.36kPa。

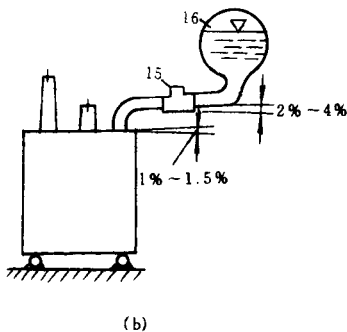
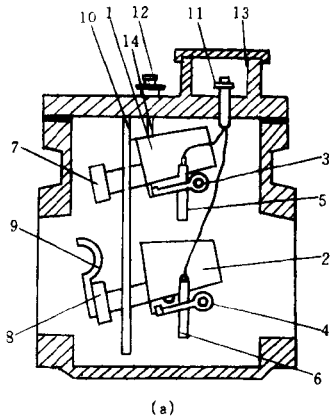


图 1-12 FJ3—80 型挡板式气体继电器的结构和安装示意图
(a) 结构；(b) 安装示意图
1—上油杯；2—下油杯；3、4—磁铁；
5、6—干簧触点；7、8—平衡锤；9—
挡板；10—支架；11—接线端头；12
—放气塞；13—接线盒盖；14—探针；
15—气体继电器；16—储油柜

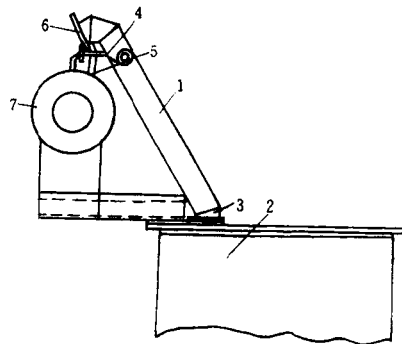


图 1-13 防爆管及其连接
1—钢质圆筒；2—油箱；3—安装法兰；
4—防爆管与储油柜的联管；5—拉铁；
6—玻璃膜片；7—储油柜

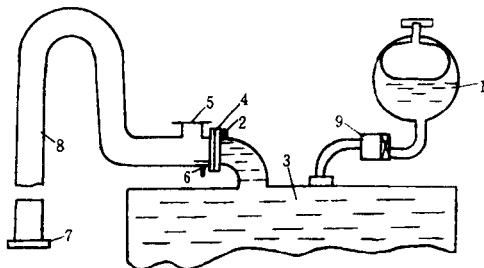


图 1-14 密封式防爆管
1—储油柜；2—放气塞；3—油箱和油；4—
隔膜；5—视察窗；6—放水塞；7—防护网；
8—导油筒；9—气体继电器

代替防爆管的新型静压器已在变压器上使用，呈圆型，由金属薄片作成，能自动释放内部超过额定值压力后，自动复归，并有触点引出，以便发信号。

5. 净油器

净油器也称温差过滤器、热虹吸过滤器。由于变压器上层油温高于中、下层的温差作用，使油经净油器（见图 1-15）循环而净化。其中装入的硅胶或活性氧化铝作吸附剂可吸收油中水分、游离碳、渣滓、酸和氧化物等。氧化是导致变压器油老化的主要原因，因此，净油器起到防油氧化和“再生”的良好作用。

硅胶用量为油重的 1%，活性氧化铝为 0.5%。

(八) 监测部件

1. 温度计

温度计用以监测上层油温，有水银温度计、指针式信号温度计和远方电阻温度计。大变压器需多点测温，可兼有几种温度计。

水银温度计刻度为 $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，直接插入变压器顶盖上的测温筒上。筒的下部伸入油内。

指针压力式温度计(见图 1-16)，测温泡 1、毛细管 2 和压力计的弹簧管的密闭系统中，充有氯甲烷或乙醚等饱和状态的液体和该液的蒸气。温度变化，使饱和汽压变化引起弹簧管变形，带动指针偏转指示温度。温度计指针轴带有触点，可用于某高温接通时发信号。

电阻温度计(见图 1-17)，测温电阻 2 随温度变化引起指温计 1 中电桥平衡和检流计中电流变化，使指针偏转显示测量的温度。

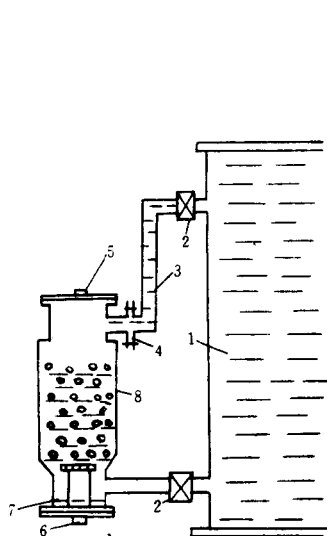


图 1-15 净油器

1—油箱；2—油阀门；3—联管；
4—联结法兰；5—放气塞；6—
放油塞；7—集污器；8—净油罐

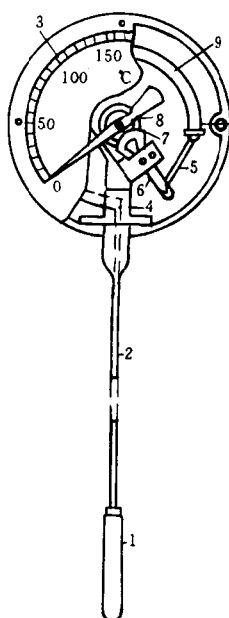


图 1-16 指针压力式温度计

1—测温泡；2—毛细管；3—压
力计；4—支架；5—拉杆；
6—扇形齿轮；7—小齿轮；
8—游丝；9—弹簧管

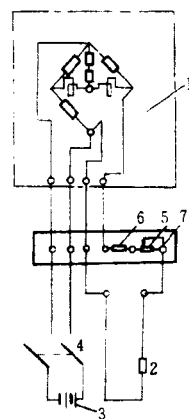


图 1-17 电阻温度计的
原理接线图

1—指温计；2—测温电阻；
3—蓄电池；4—刀开关；5—
校正电阻；6—平衡电
阻；7—接线板

2. 油位计

油位计(见图 1-9)上刻有 -30 、 $+20$ 、 $+40^{\circ}\text{C}$ 时的油位。变压器油位过高可能因温度上升溢出，过低可能因温度下降引起气体继电器动作。密封式电容套管和有载调压装置也有单独的油位计。

二、电力变压器的运行参数

(一) 基本参数

(1) 变比、视在功率及组别。单相变压器：在一次绕组(N_1 匝)加电压 U_1 ，从而在二次绕组(N_2 匝)感应出电压 U_2 ，当带上负荷后便在一次绕组和二次绕组中分别流过一次电

流 I_1 和二次电流 I_2 ，当忽略励磁电流、铁芯损失和绕组铜损时

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = K$$

式中 K ——变压器变比。

一次侧视在功率 $S_1 = U_1 I_1, S_2 = U_2 I_2$ 。当忽略铜损、铁损时

$$S_1 = S_2$$

三相变压器：对于 110kV 降压变压器，一般高压绕组连成星形，低压绕组连成三角形，其电流和电压关系为：

高压绕组： $U_{AB} = \sqrt{3} U_A, I_A = I'_A$ 。

低压绕组： $U_{ab} = U'_a, I_a = \sqrt{3} I'_a$ 。

视在功率： $S_1 = \sqrt{3} U_{AB} I_A, S'_2 = \sqrt{3} U_{ab} I_a$ 。

当忽略铜损、铁损时， $S'_1 = S_2$ 。

式中： U_{AB} 、 U_A 、 I_A 、 I'_A 分别为高压绕组的线电压、相电压、线电流、相电流； U_{ab} 、 U'_a 、 I_a 、 I'_a 分别为低压绕组的线电压、相电压、线电流、相电流。

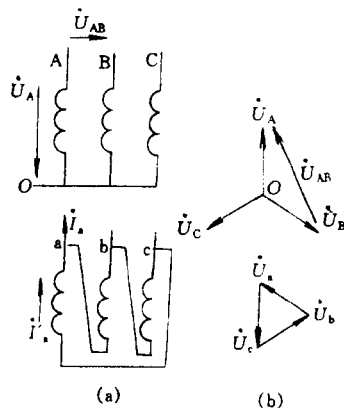


图 1-18 Y, d11 接线图及相量图

(a) 接线图；(b) 相量图

从图 1-18 中可以看出二次线电压落后于一次线电压 330° ，我们称具有这种相量关系的三相变压器的接线为 11 组组别的接线，用 YN, d 11 表示（过去用 Y₀/△—11 表示）。

从图 1-18 中还可以看出二次线电压、线电流，落后一次线电压线电流 330° ，故称 11 组别的接线，表示为 Y, d 11（相当过去 Y/△—11 接线）。

(2) 额定电压。它是变压器长时间所承受的工作电压。它关系到主绝缘和纵绝缘的承受能力。

(3) 额定电流。它是允许长时间通过的电流。它关系到变压器的发热、温度和寿命。

(4) 温度及温升。上层油温最高不允许超过 95°C ，一般不允许经常超过 85°C 。因为一般 A 级绝缘绕组的允许温升为 65°C ，以周围环境 40°C 计，最高允许 105°C ，此时，对应的上层油温为 95°C ，等于环境温度 40°C 与上层油对环境温升 55°C 之和；油平均温升实为 40°C （中、下层比上层为低），绕组对油温升 25°C ，加上环境温度 40°C ，共 105°C 即为绕组允许的温度。

(5) 效率 η 。它是二次输出功率 P_2 与一次输入功率 P_1 （即 P_2 与变压器铜铁损之和）之比，即

$$\eta = P_2 / P_1 \times 100\%$$

效率关系到多台变压器的经济运行。

(6) 频率 50Hz。

例如变压器铭牌 SFPSZ—63000/110 表示三相 (S) 强油风冷 (FP) 三绕相 (S) 有载调压 (Z) 63000kV · A、110kV 电力变压器

(二) 运行要求

1. 油的运行

油浸式变压器运行中的温度及温升限制见表 1-1。变压器在日负荷率 $K_L < 1$ 时允许的过负荷曲线如图 1-19 所示。

表 1-1 油浸式变压器运行中的温度限制

冷却方式	冷却介质最高温度 (°C)	最高顶层油温 (°C)
自然循环自冷、风冷	40	95*
强迫油循环风冷	40	85
强迫油循环水冷	30	70

* 一般控制在 85℃ 以内。

变压器油应为浅黄色，氧化后会变深变暗，透明度应好，并带有蓝色荧光，否则，有游离碳和杂质；应没有异味，或带一点煤油味，否则说明油质变坏。如有烧焦味，说明油干燥时过热；如有酸味，说明严重老化；如有乙炔味，说明油内产生电弧等。

应定期或故障取样，作色谱分析，取油样时应注意清洁。

2. 运行中的电压

变压器加一次电压，一般不得超过其运行分接头额定电压的 5%，此时，其二次侧可带额定电流。加在变压器一次侧的电压允许比该分接头额定电压增高 10%，此时，应按公式 $U\% = 110 - 5K^2$ (K 为负载系数，小于 1) 对电压加以限制。有载调压变压器，运行人员应根据调度部门下达的电压曲线，进行电压调整，其各分接头位置的容量，应遵守制造厂的规定。无载调压变压器在额定电压 $\pm 5\%$ 范围内，改变分接头位置运行时，其额定容量不变，如为 -7.5% 分接头和 -10% 分接头时，其容量应相应降低 2.5% 和 5%。

3. 变压器的负载状态

根据我国电力行业标准 DL/T572—95《电力变压器运行规程》规定，变压器的负载状态可分：正常周期性负载运行，长期急救周期性负载运行，短期急救负载运行等三种情况。其正常过负载或急救过负载限值，将因配电变压器、中型变压器、大型变压器而有所不同，见表 1-2。

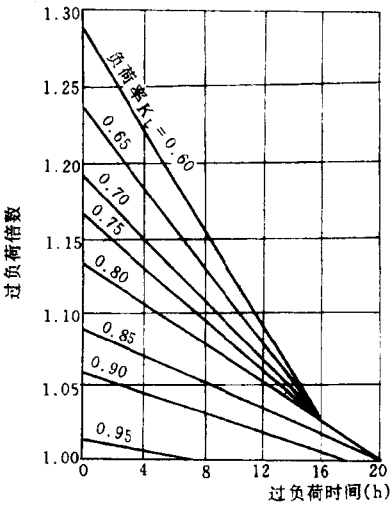


图 1-19 变压器日负荷率 $K_L < 1$ 时允许的过负荷曲线

表 1-2

变压器负载电流和温度的限值

负 载 类 型		配电变压器	中型电力变压器	大型电力变压器
正常周期性负载	负载电流 (标么值)	1.5	1.5	1.3
	热点温度及与绝缘材料接触的 金属部件的温度 (°C)	140	140	120
长期周期性负载	负载电流 (标么值)	1.8	1.5	1.3
	热点温度及与绝缘材料接触的 金属部件的温度 (°C)	150	140	130
短负 期急 载	负载电流 (标么值)	2.0	1.8	1.5
	热点温度及与绝缘材料接触的 金属部件的温度 (°C)		160	160

表 1-2 中, 配电变压器是指电压在 35kV 及以下, 三相额定容量在 2500kV·A 及以下, 单相额定容量在 833kV·A 及以下, 具有独立绕组、自然循环冷却的变压器。

中型变压器是指三相额定容量不超过 100MV·A 或每柱容量不超过 33.3MV·A, 具有独立绕组, 且额定短路阻抗 (Z) 符合下式要求的变压器。

$$Z \leq (25 - 0.1 \times 3S_N/W) \%$$

式中 W——有绕组的芯柱数;

S_N ——额定容量, MV·A。

大型变压器是指三相额定容量在 100MV·A 以上, 或其额定短路阻抗大于中型变压器短路阻抗 Z 的计算值的变压器。

在表 1-2 中, 负载电流的标么值取值如下: 双绕组变压器取任一绕组; 三绕组变压器取最大绕组; 自耦变压器取各侧绕组和公共绕组中, 负载电流最大的绕组。

变压器的超额定电流运行, 除考虑热点温度不超过允许值外, 还应考虑不超过套管、引线、断路器等连接回路元件的电流允许值。当变压器的结构件不能满足超额定电流运行时, 应根据具体情况确定是否限制负载及限制的程度。

表 1-2 中, 三种负载的运行叙述如下。

(1) 正常周期性负载

1) 变压器在额定使用条件下, 全年可按额定电流运行。

2) 在运行中, 某段时间环境温度较高, 或超过额定电流, 但可由其他时间内环境温度较低, 或低于额定电流所补偿。从热老化的观点出发, 它与设计采用的环境温度下施加额定负载是等效的。因此, 变压器在平均老化率小于或等于 1 的情况下, 允许周期性的超额定电流运行, 但变压器有严重缺陷, 如冷却系统不正常、严重漏油、有局部过热现象、油中溶解气体分析结果异常、绝缘有弱点等, 不宜超额定电流运行。