



国家电网
STATE GRID

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训通用教材

电气试验

国家电网公司人力资源部 组编
范辉 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

《国家电网公司生产技能人员职业能力培训通用教材》

编 委 会

主 任 刘振亚

副 主 任 郑宝森 陈月明 舒印彪 曹志安 栾 军
李汝革 潘晓军

成 员 许世辉 王风雷 张启平 王相勤 孙吉昌
王益民 张智刚 王颖杰

编写组组长 许世辉

副 组 长 方国元 张辉明 何永章

成 员 范 辉 陈志勇 李春耕 刘 勇 鞠宇平
倪 春 江振宇 李群雄 曹爱民 王向东
高 俊 薛如桂



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训通用教材

前 言

为大力实施“人才强企”战略，加快培养高素质技能人才队伍，国家电网公司按照“集团化运作、集约化发展、精益化管理、标准化建设”的工作要求，充分发挥集团化优势，组织公司系统一大批优秀管理、技术、技能和培训教学专家，历时两年多，按照统一标准，开发了覆盖电网企业输电、变电、配电、营销、调度等34个职业种类的生产技能人员系列培训教材，形成了国内首套面向供电企业一线生产人员的模块化培训教材体系。

本套培训教材以《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》(Q/GDW 232—2008)为依据，在编写原则上，突出以岗位能力为核心；在内容定位上，遵循“知识够用、为技能服务”的原则，突出针对性和实用性，并涵盖了电力行业最新的政策、标准、规程、规定及新设备、新技术、新知识、新工艺；在写作方式上，做到深入浅出，避免烦琐的理论推导和论证；在编写模式上，采用模块化结构，便于灵活施教。

本套培训教材包括通用教材和专用教材两类，共72个分册、5018个模块，每个培训模块均配有详细的模块描述，对该模块的培训目标、内容、方式及考核要求进行说明。其中：通用教材涵盖了供电企业多个职业种类共同使用的基础知识、基本技能及职业素养等内容，包括《电工基础》、《电力生产安全及防护》等38个分册、1705个模块，主要作为供电企业员工全面系统学习基础理论和基本技能的自学教材；专用教材涵盖了相应职业种类所有的专业知识和专业技能，按职业种类单独成册，包括《变电检修》、《继电保护》等34个分册、3313个模块，根据培训规范职业能力要求，I、II、III三个级别的模块分别作为供电企业生产一线辅助作业人员、熟练作业人员和高级作业人员的岗位技能培训教材。

本套培训教材的出版是贯彻落实国家人才队伍建设总体战略，充分发挥企业培养高技能人才主体作用的重要举措，是加快推进国家电网公司发展方式和电网发展方式转变的具体实践，也是有效开展电网企业教育培训和人才培养工作的重要基础，必将对改进生产技能人员培训模式，推进培训工作由理论灌输向能力培养转型，提高培训的针对性和有效性，全面提升员工队伍素质，保证电网安全稳定运行、支

撑和促进国家电网公司可持续发展起到积极的推动作用。

本册为通用教材部分的《电气试验》，由河北省电力公司具体组织编写。

全书第一章、第十二章、第十三章、第二十一章、第二十三章电缆故障探测部分、第二十五章、第二十六章、第二十八章由河北省电力公司陈志勇编写；第四章、第六章、第八章、第十一章、第十四章至第十八章、第二十章、第二十二章、第二十三章接地装置试验部分、第二十四章由河北省电力公司李春耕编写；第二章、第三章、第五章、第七章、第九章、第十章、第十九章、第二十七章、第二十九章由河北省电力公司刘勇编写。全书由河北省电力公司范辉担任主编。陕西省电力公司辛伟担任主审，陕西省电力公司张晓惠、孙杰参审。

由于编写时间仓促，难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见，使之不断完善。



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训通用教材

目 录

前言

第一章 电力设备结构及原理	1
模块 1 电力变压器的结构及原理 (TYBZ01901001)	1
模块 2 电力电容器的结构及原理 (TYBZ01901002)	5
模块 3 电力电缆的结构及原理 (TYBZ01901003)	7
模块 4 电磁式电压互感器的结构及原理 (TYBZ01901004)	9
模块 5 电容式电压互感器结构及原理 (TYBZ01901005)	12
模块 6 电流互感器的结构及原理 (TYBZ01901006)	15
模块 7 高压断路器的结构及原理 (TYBZ01901007)	17
模块 8 套管的结构及原理 (TYBZ01901008)	21
模块 9 避雷器的结构及原理 (TYBZ01901009)	24
模块 10 隔离开关的结构及原理 (TYBZ01901010)	27
模块 11 绝缘子的结构及原理 (TYBZ01901011)	28
模块 12 电抗器的结构及原理 (TYBZ01901012)	31
模块 13 消弧线圈的结构及原理 (TYBZ01901013)	34
模块 14 变压器分接开关的结构及原理 (TYBZ01901014)	36
第二章 绝缘电阻测试 (试验)	40
模块 1 绝缘电阻表的原理与接线 (TYBZ01902001)	40
模块 2 测量绝缘电阻和吸收比及极化指数的意义 (TYBZ01902002)	41
模块 3 绝缘电阻的测试方法 (TYBZ01902003)	42
模块 4 吸收比及极化指数的测试方法 (TYBZ01902004)	43
模块 5 绝缘电阻测试的注意事项 (TYBZ01902005)	44
模块 6 影响绝缘电阻的因素和分析判断 (TYBZ01902006)	44
模块 7 吸收比及极化指数测试的注意事项 (TYBZ01902007)	45

第三章 直流泄漏及直流耐压试验	47
模块 1 直流耐压试验意义 (TYBZ01903001)	47
模块 2 直流耐压试验的测量方法 (TYBZ01903002)	48
模块 3 直流泄漏电流试验意义 (TYBZ01903003)	50
模块 4 直流泄漏电流试验的特点 (TYBZ01903004)	51
模块 5 直流泄漏电流的测试方法 (TYBZ01903005)	52
模块 6 直流泄漏及直流耐压试验的影响因素和 试验结果的分析 (TYBZ01903006)	54
第四章 介质损失角正切值 ($\tan\delta$) 的测量	56
模块 1 $\tan\delta$ 测量方法、原理及意义 (TYBZ01904001)	56
模块 2 高压交流平衡电桥 (西林电桥) (TYBZ01904002)	57
模块 3 数字式自动介损测量仪 (TYBZ01904003)	60
模块 4 M 型 (不平衡电桥) 介质试验器原理 (TYBZ01904004)	62
模块 5 西林电桥扩大量程及防干扰方法 (TYBZ01904005)	63
模块 6 影响 $\tan\delta$ 的因素和结果的分析 (TYBZ01904006)	67
第五章 交流耐压试验	69
模块 1 工频交流耐压试验的目的、意义 (TYBZ01905001)	69
模块 2 工频交流耐压试验的方法 (TYBZ01905002)	70
模块 3 工频交流耐压试验分析及注意事项 (TYBZ01905003)	71
模块 4 电力系统中倍频电源的获取 (TYBZ01905004)	73
模块 5 串联谐振装置的原理 (TYBZ01905005)	75
模块 6 串联谐振装置的结构 (TYBZ01905006)	77
模块 7 串联谐振装置的试验方法 (TYBZ01905007)	79
模块 8 串联谐振装置的试验数据分析及注意事项 (TYBZ01905008)	81
第六章 绝缘油试验	84
模块 1 绝缘油的验收及其标准 (TYBZ01906001)	84
模块 2 绝缘油电气性能试验 (TYBZ01906002)	87
模块 3 油中溶解气体的气相色谱分析 (TYBZ01906003)	89
模块 4 通过油中溶解气体进行故障判断 (TYBZ01906004)	90
模块 5 色谱分析的取样、试验和判断中的注意事项 (TYBZ01906005)	93

第七章 变压器绝缘常规试验	94
模块 1 变压器绝缘电阻试验 (TYBZ01907001)	94
模块 2 变压器吸收比、极化指数试验 (TYBZ01907002)	96
模块 3 变压器介质损耗正切值 (TYBZ01907003)	96
第八章 变压器感应耐压试验	98
模块 1 变压器感应耐压试验的目的 (TYBZ01908001)	98
模块 2 变压器感应耐压试验方法 (TYBZ01908002)	99
模块 3 电力系统中倍频电源的获取 (TYBZ01908003)	101
模块 4 变压器感应耐压试验的试验分析和判断 (TYBZ01908004)	103
第九章 变压器电压比测量	105
模块 1 用双电压表法测量电压比 (TYBZ01909001)	105
模块 2 用变比电桥法测量电压比 (TYBZ01909002)	108
第十章 变压器的极性和组别试验	110
模块 1 变压器的极性试验 (TYBZ01910001)	110
模块 2 变压器接线组别试验 (TYBZ01910002)	112
第十一章 变压器绕组的直流电阻测量	115
模块 1 测量的物理过程 (TYBZ01911001)	115
模块 2 测量方法 (TYBZ01911002)	116
模块 3 缩短测量时间的方法 (TYBZ01911003)	120
模块 4 测量中的注意事项及结果判断 (TYBZ01911004)	123
第十二章 变压器的短路和空载试验	127
模块 1 变压器损耗的测量 (TYBZ01912001)	127
模块 2 变压器空载试验方法 (TYBZ01912002)	130
模块 3 变压器短路试验方法 (TYBZ01912003)	131
模块 4 零序阻抗的测量 (TYBZ01912004)	133
模块 5 变压器空载试验数据分析判断 (TYBZ01912005)	135
模块 6 变压器短路试验结果的计算与分析判断 (TYBZ01912006)	136

第十三章	变压器温升试验	139
模块 1	变压器温升试验目的和要求 (TYBZ01913001)	139
模块 2	变压器温升试验方法 (TYBZ01913002)	140
模块 3	测量温度 (TYBZ01913003)	142
模块 4	变压器温升试验结果计算及分析判断 (TYBZ01913004)	143
第十四章	互感器试验	144
模块 1	电流互感器极性检查 (TYBZ01914001)	144
模块 2	电流互感器的励磁特性试验 (TYBZ01914002)	145
模块 3	电流互感器的铁心退磁 (TYBZ01914003)	146
模块 4	电压互感器的感应耐压试验 (TYBZ01914004)	146
模块 5	电压互感器的 $\tan\delta$ 值测量 (TYBZ01914005)	148
模块 6	串级式电压互感器感应耐压试验 (TYBZ01914006)	151
第十五章	断路器试验	154
模块 1	断路器导电回路直流电阻的测量 (TYBZ01915001)	154
模块 2	断路器的机械特性试验 (TYBZ01915002)	155
第十六章	GIS 试验	158
模块 1	主回路直流电阻测量 (TYBZ01916001)	158
模块 2	GIS 元件电气试验 (TYBZ01916002)	160
模块 3	现场耐压试验的原理及接线 (TYBZ01916003)	161
模块 4	现场交流耐压试验方法 (TYBZ01916004)	162
模块 5	GIS 中 SF ₆ 气体湿度测试 (TYBZ01916005)	165
模块 6	GIS 中 SF ₆ 气体泄漏检查 (TYBZ01916006)	166
第十七章	绝缘子试验	168
模块 1	绝缘子串电压分布规律 (TYBZ01917001)	168
模块 2	绝缘子电压分布测量方法 (TYBZ01917002)	169
第十八章	电力电缆试验	173
模块 1	电力电缆绝缘试验项目和要求 (TYBZ01918001)	173
模块 2	电力电缆绝缘试验操作 (TYBZ01918002)	175
模块 3	电力电缆绝缘试验设备的使用和维护 (TYBZ01918003)	178

模块 4	电缆主绝缘绝缘电阻试验的规定 (TYBZ01918004)	179
模块 5	电缆外护套绝缘电阻试验要求与规定 (TYBZ01918005)	181
模块 6	电缆内衬层绝缘电阻试验要求与规定 (TYBZ01918006)	182
模块 7	铜屏蔽层电阻和导体电阻比试验 (TYBZ01918007)	182
模块 8	交联电缆主绝缘交流耐压试验方法与要求 (TYBZ01918008)	183
模块 9	交叉互联系统试验规定和要求 (TYBZ01918009)	185
模块 10	电缆相位检查与要求 (TYBZ01918010)	186
模块 11	自容式充油电缆及油纸绝缘电缆主绝缘直流 耐压试验规定和要求 (TYBZ01918011)	186
模块 12	自容式充油电缆及附件内电缆油击穿电压试验和 $\tan\delta$ 介损试验要求 (TYBZ01918012)	187
第十九章	电容器试验	188
模块 1	电容器的试验项目及方法 (TYBZ01919001)	188
模块 2	电容器极间电容量的测量方法 (TYBZ01919002)	189
模块 3	试验实例 (TYBZ01919003)	192
第二十章	避雷器试验	194
模块 1	阀型避雷器电导电流试验 (TYBZ01920001)	194
模块 2	MOA 运行电压下交流泄漏电流试验 (TYBZ01920002)	195
模块 3	MOA 阻性电流测量 (TYBZ01920003)	196
模块 4	MOA 在直流 1mA 下的电压及 75%该电压下泄漏 电流试验 (TYBZ01920004)	197
模块 5	阀型避雷器试验接线 (TYBZ01920005)	198
模块 6	阀型避雷器试验参数测量 (TYBZ01920006)	200
模块 7	非线性系数测量和计算 (TYBZ01920007)	202
第二十一章	输电线路工频参数测量	204
模块 1	测量的测试方法 (TYBZ01921001)	204
模块 2	测量中的注意事项 (TYBZ01921002)	210
第二十二章	相序和相位的测量	212
模块 1	相序和相位及其测量的意义 (TYBZ01922001)	212
模块 2	测量相序的方法 (TYBZ01922002)	213

模块 3	测量相位的方法 (TYBZ01922003)	214
第二十三章	电力电缆的故障探测	217
模块 1	电缆故障性质的分类 (TYBZ01923001)	217
模块 2	电力电缆故障性质的确定 (TYBZ01923002)	218
模块 3	各类故障性质的特点及检测方法 (TYBZ01923003)	220
模块 4	电缆故障波形图 (TYBZ01923004)	221
模块 5	故障测寻接线图 (TYBZ01923005)	223
模块 6	测寻电缆故障的设备仪器的使用和维护 (TYBZ01923006)	225
模块 7	电力电缆故障点距离的测量 (TYBZ01923007)	227
模块 8	电力电缆故障点的定点 (TYBZ01923008)	228
模块 9	电缆故障原因的分析 (TYBZ01923009)	230
模块 10	测量接地电阻的基本原理 (TYBZ01923010)	232
模块 11	接地电阻的测量方法及接线 (TYBZ01923011)	233
模块 12	接地电阻测量注意事项 (TYBZ01923012)	234
模块 13	测量土壤电阻率的方法 (TYBZ01923013)	235
模块 14	测量接触电压、电位分布和跨步电压 (TYBZ01923014)	237
第二十四章	消弧线圈试验和系统有关参数测量	239
模块 1	系统中性点不对称电压测量 (TYBZ01924001)	239
模块 2	系统中性点位移电压测量 (TYBZ01924002)	240
模块 3	消弧线圈伏安特性试验 (TYBZ01924003)	240
模块 4	消弧线圈补偿系统的调谐试验 (TYBZ01924004)	244
模块 5	消弧线圈补偿系统的电容电流测量 (TYBZ01924005)	246
第二十五章	局部放电试验	247
模块 1	局部放电特性及原理 (TYBZ01925001)	247
模块 2	局部放电测试方法 (TYBZ01925002)	249
模块 3	脉冲电流法测量原理及方法 (TYBZ01925003)	251
模块 4	互感器局部放电测量 (TYBZ01925004)	253
模块 5	电力变压器局部放电试验 (TYBZ01925005)	255
模块 6	局部放电波形分析及图谱识别 (TYBZ01925006)	258

第二十六章	电气设备在线监测	262
模块 1	电气设备在线监测的必要性 (TYBZ01926001)	262
模块 2	避雷器在线监测 (TYBZ01926002)	264
模块 3	变压器在线监测 (TYBZ01926003)	266
模块 4	发电机在线监测 (TYBZ01926004)	267
模块 5	少油式电气设备在线监测 (TYBZ01926005)	268
模块 6	油中溶解气体在线监测 (TYBZ01926006)	269
第二十七章	绝缘工器具试验	272
模块 1	绝缘安全用具试验 (TYBZ01927001)	272
模块 2	母线试验 (TYBZ01927002)	277
模块 3	消谐器的试验 (TYBZ01927003)	278
第二十八章	高压电气设备的事故案例分析	280
模块 1	变压器互感器的事故案例分析 (TYBZ01928001)	280
模块 2	高压断路器的故障案例分析 (TYBZ01928002)	285
模块 3	其他设备的事故案例分析 (TYBZ01928003)	288
第二十九章	试验记录及报告的编写	292
模块 1	试验记录、试验报告编写标准 (TYBZ01929001)	292
模块 2	试验项目计算和温度、湿度换算 (TYBZ01929002)	293
参考文献	295



第一章 电力设备结构及原理

模块 1 电力变压器的结构及原理 (TYBZ01901001)

【模块描述】本模块介绍电力变压器的基本结构、绝缘、工作原理及其型号含义。通过结构分析和原理讲解，掌握变压器的结构及各部分的作用，掌握变压器的工作原理及其高、低压绕组的电压、电流换算方法，熟悉变压器型号及其符号含义。

【正文】

电力变压器是电力系统中最重要设备，它利用电磁感应原理将一种电压等级的交流电能转变成另一种电压等级的交流电能，在电网中通过升压和降压，起到输电和配电的作用，广泛应用于国民经济的各部门。

一、变压器基本结构

1. 变压器组成结构

变压器主要由铁心、绕组、引线、调压装置、冷却装置、套管及绝缘介质（油、SF₆、环氧树脂）等部分组成。

变压器外型如图 TYBZ01901001-1 和图 TYBZ01901001-2 所示。

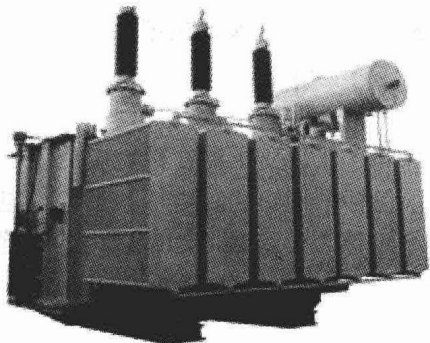


图 TYBZ01901001-1 油浸式电力变压器

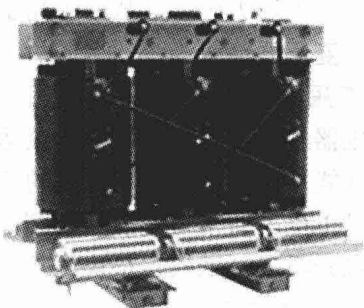


图 TYBZ01901001-2 干式电力变压器



2. 变压器主要元件的作用

(1) 铁心。变压器是根据电磁感应原理生产制造的，磁路是电能转换的媒介。铁心就是变压器的磁路部分，主要作用是导磁，由磁导率很高的电工钢片（硅钢片）制成。它把一次电路的电能转变为磁能，又由自己的磁能转变为二次电路的电能。

铁心及其金属结构件在线圈的交变电场作用下，产生悬浮放电。由于所处的位置不同，感应出的悬浮电位也不同。这种悬浮放电是断续的，断续放电的结果使固体绝缘受损、变压器油分解，导致变压器故障的发生。为避免变压器损坏，铁心及其金属结构件必须接地，使它们同处于零电位。如果铁心有两点或两点以上接地，则铁心中磁通变化时就会在接地回路中感应出环流。这些环流将引起变压器空载损耗增大，铁心温度升高，因此铁心必须接地，且只能一点接地。

(2) 绕组。绕组是变压器的电路部分，是由表面包有绝缘的导线绕制而成，套装在变压器的铁心柱上，导线材料可分为铜导线和铝导线两种。变压器绕组应具有足够的绝缘强度、机械强度和耐热能力。

绕组的主绝缘主要有绝缘纸、绝缘纸筒、端绝缘和压板、撑条、垫块、角环、静电屏等。绝缘纸在油浸变压器中常用的是电缆纸。电缆纸在油中有足够的热稳定性，一般作为导线的匝绝缘、层绝缘或导线的覆盖绝缘。

(3) 引线。引线是将外部的电能输入变压器，又将传输的电能输出变压器。一般分为三种：绕组线端与套管连接的引出线、各相绕组之间的连接引线以及绕组分接头与分接开关相连的分接引线。

(4) 变压器油。变压器油具有比空气高得多的绝缘强度。绝缘材料浸在油中，不仅可提高绝缘强度，还可免受潮气的侵蚀。变压器油的比热大，常用作冷却剂。变压器运行时产生的热量使靠近铁心和绕组的油受热膨胀上升，通过油的上下对流，热量通过散热器散出，保证变压器正常运行。在变压器的有载调压开关上，触头切换时会产生电弧。由于变压器油导热性能好，且在电弧的高温作用下分解了大量气体，产生较大压力，从而提高了介质的灭弧性能，使电弧很快熄灭。

二、变压器绝缘

1. 变压器绝缘分类

变压器绝缘是保证变压器安全运行的基本保障，保证变压器在额定电压下长期运行，且能够耐受电网可能出现的各种过电压，包括系统短路过电压、雷电过电压及操作过电压。通常将变压器油箱以外的空气绝缘称为外绝缘，油箱以内的绝缘，包括绝缘介质以及纸板、垫块等都属于内绝缘。

2. 变压器的绝缘结构

根据绝缘结构，变压器可分为全绝缘变压器和分级绝缘变压器。

绕组线端绝缘水平与中性点绝缘水平相同的称为全绝缘变压器。绕组中性点绝

缘水平低于线端绝缘水平的称为分级绝缘变压器。采用分级绝缘的变压器，由于中性点的绝缘水平相对较低，可以简化绝缘结构，节省材料，降低变压器尺寸和制造成本。但分级绝缘的变压器只允许在 110kV 及以上中性点直接接地的系统中使用。

三、变压器工作原理

变压器是根据电磁感应原理制成的，工作原理如图 TYBZ01901001-3 所示。

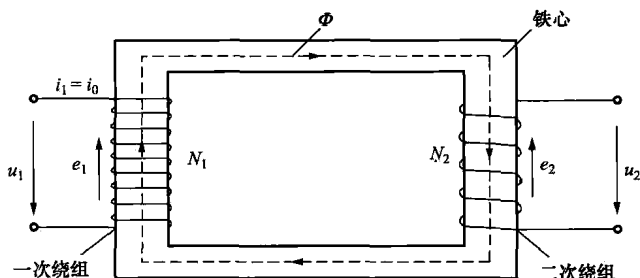


图 TYBZ01901001-3 双绕组变压器工作原理图

变压器两个独立的绕组 N_1 、 N_2 按照一定的方向套在同一个铁心回路上。 N_1 为一次绕组匝数， N_2 为二次绕组匝数。在一次绕组施加交流电压 U_1 ，产生交变的励磁电流，在铁心中产生交变磁通。该交变磁通在铁心回路中穿过一、二次绕组，称为“主磁通”。根据电磁感应原理，当穿过绕组的磁通发生变化时，绕组就产生感应电动势。一、二次绕组出现的感应电动势为 e_1 、 e_2 。感应电动势的有效值 E_1 、 E_2 的计算公式分别如式 TYBZ01901001-1、TYBZ01901001-2 所示

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi_m \quad (\text{TYBZ01901001-1})$$

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi_m \quad (\text{TYBZ01901001-2})$$

式中 f —— 磁通的变化频率，Hz；

N_1 、 N_2 —— 一、二次绕组的匝数；

Φ_m —— 穿过绕组的磁通幅值，Wb。

一次绕组中感应电动势有效值 E_1 和一次电压有效值 U_1 基本相等，同理，二次绕组中感应电动势有效值 E_2 和二次电压有效值 U_2 基本相等。通过式 TYBZ01901001-1 与 TYBZ01901001-2 计算，得

$$U_1/U_2 = E_1/E_2 = N_1/N_2 = K \quad (\text{TYBZ01901001-3})$$

K 称为变压器的变压比。

因此，一、二次绕组匝数不同，一、二次电压就不同，实现改变电压大小的目的，这就是变压器改变电压的基本原理。

由于变压器本身的损耗很小，变压器输入和输出功率基本相等，即式 TYBZ01901001-4 如下



$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \quad (\text{TYBZ01901001-4})$$

也得式 TYBZ01901001-5

$$U_1 / U_2 = I_2 / I_1 = K \quad (\text{TYBZ01901001-5})$$

式中 I_1 、 I_2 ——表示一、二次绕组的电流有效值，A；

U_1 、 U_2 ——表示变压器有负荷时一、二次绕组的电压有效值，V。

式 TYBZ01901001-5 说明，变压器两侧电压的比等于两侧电流的反比。

四、变压器的型号及含义

变压器的型号由两部分组成。第一部分是汉语拼音组成的符号，用以表示变压器的产品分类、结构特征和用途；第二部分是数字符号，斜线前表示额定容量(kVA)，斜线后表示高压侧电压等级(kV)。电力变压器型号表示方法如图 TYBZ01901001-4 所示。

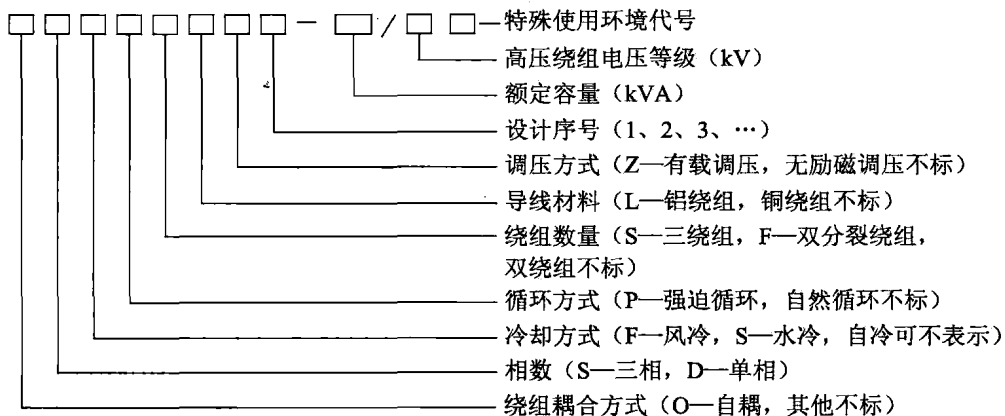


图 TYBZ01901001-4 电力变压器型号表示方法

五、举例

(1) OSSFPD-180000/220，表示为三相油浸三绕组自耦强迫油循环导向风冷却变压器，额定容量为 180 000kVA，高压侧电压为 220kV。

(2) SFSLZ-31500/110，表示为三相油浸风冷三绕组铝线圈有载调压变压器，额定容量为 31500kVA，高压侧电压为 110kV。

【思考与练习】

1. 变压器结构由哪几部分组成？
2. 简述变压器的绝缘分类。
3. 变压器电流、电压与绕组匝数比的关系是什么？

模块 2 电力电容器的结构及原理 (TYBZ01901002)

【模块描述】本模块介绍电力电容器的基本结构、工作原理、型式及其型号含义。通过结构分析和原理讲解,掌握电容器的结构和工作原理、极板电容量与电荷量的换算方法,熟悉电容器型号及其符号含义。

【正文】

电力电容器在电力系统是用途较广的设备,主要用于电力系统的载波通信及测量、控制、保护及提高电力系统的功率因数,减少线路损失、改善电压质量、提高系统供电能力等。

一、电力电容器基本结构

电容器通常是由两块中间隔以绝缘材料的导电极板组成,用以隔开极板的绝缘材料叫做绝缘介质。

电力电容器主要由芯子、外壳和出线结构三部分组成。

(1) 芯子由若干个元件、绝缘件和紧固件经过压装并按规定的串、并联连接而成。元件由一定厚度及层数的介质(通常是电容器纸和塑料薄膜)和两极板(通常是铝筒)卷绕一定圈数后压扁而成。

(2) 电力电容器外部结构主要由外壳和引出线套管组成。

(3) 电力电容器内部的浸渍剂主要作用是填充固体绝缘介质的空隙,以提高介质的耐电强度,改善局部放电特性和增强散热冷却的能力。电力电容器常用的浸渍剂有电容器油(常称矿物油)、硅油、麻油以及十二烷基苯等。

二、电容器工作原理

电容器在电场作用下,极板上储存电荷,在极板间的介质中建立了电场,电容器储存了一定量的电荷和电场能量。电容器极板上电荷量的大小,与加在电容器两端的电压的大小成正比。即加在两个极板间的电压越高,两个极板上积储的电荷也越多,电荷量用 q 表示,即

$$q = CU_c \text{ 或 } C = q/U_c \quad (\text{TYBZ01901002-1})$$

式中 C ——电容量, F;

q ——电荷量, C;

U_c ——电容器端电压, V。

电容量 C 是用来表征电容器储存电荷能力的大小,单位是法,用符号 F 表示,实际应用中由于法这个单位太大,通常采用微法(μF)或皮法(pF)做单位。

电容器电容量 C 的大小,决定于电容器本体几何尺寸(极板面积和极间介质厚度)及介质的介电系数,与外界条件(外加电压的高低)无关。在实际工作中,为



满足运行电压或无功容量的要求，常将单台电容器进行串联或并联组成电容器组加以应用。

当工作中所需要的电容量大于单台电容器的电容量时，可使用多台电容器进行并联，并联后的等值总电容为各电容器电容值之和，即

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (\text{TYBZ01901002-2})$$

当单台电容器电压小于运行电压时，将几台电容器串联后使用，以满足电压要求。串联后的等值总电容的倒数等于各串联电容倒数之和，即

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots \quad (\text{TYBZ01901002-3})$$

三、电容器型式

电力电容器按用途可分为并联电容器、耦合电容器、均压电容器、串联电容器、标准电容器、直流和滤波电容器及脉冲电容器等。并联电容器和耦合电容器外形如图 TYBZ01901002-1 和图 TYBZ01901002-2 所示。

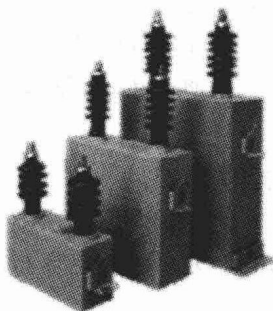


图 TYBZ01901002-1 并联电容器

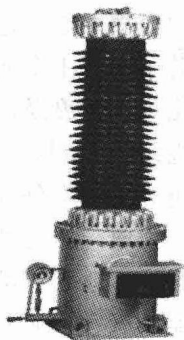


图 TYBZ01901002-2 耦合电容器

四、电力电容器型号及含义

电力电容器的分类可以从电容器型号进行区分，型号由字母和数字组合表示。电容器型号表示方法如图 TYBZ01901002-3 所示。

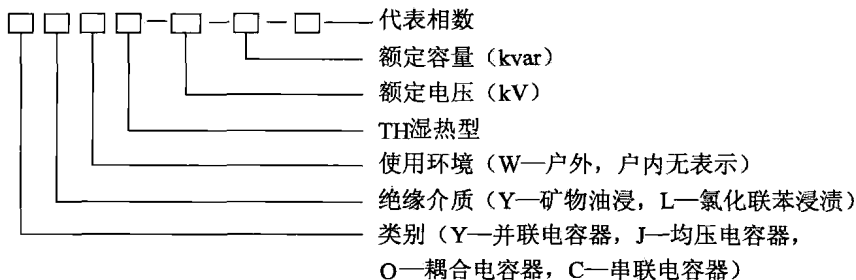


图 TYBZ01901002-3 电力电容器型号表示方法