

电气设备安装运行维修实用技术丛书

电气设备运行维护 及故障处理 (第二版)

●
主
编

段志勇 张光明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

013028352

电气设备安装运行维修实

TM07
18-2

电气设备运行维护 及故障处理 (第二版)

主编

张光明

段志勇



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1635104

TM07

18-2

内 容 提 要

本丛书共五册。本书主要介绍了变压器、高压断路器、互感器、消弧线圈、电力电容器、避雷器、绝缘子、套管、接地装置、电动机、低压电器、直流设备、二次回路、继电保护及自动装置、电工仪表、架空电力线路、电力电缆等各种电气设备的运行维护及故障处理。

本书内容实用，可读性强。它既可供广大城乡电气运行维护人员及技术人员阅读，也可供高等院校电气专业师生学习参考。

图书在版编目（C I P）数据

电气设备运行维护及故障处理 / 张光明，段志勇主
编. — 2版. — 北京：中国水利水电出版社，2013. 3
（电气设备安装运行维修实用技术丛书）
ISBN 978-7-5170-0695-4

I. ①电… II. ①张… ②段… III. ①电气设备—维
修 IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第048418号

书 名	电气设备安装运行维修实用技术丛书 电气设备运行维护及故障处理（第二版）
作 者	主编 张光明 段志勇
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 26.5印张 695千字
版 次	2003年5月第1版 2003年5月第1次印刷 2013年3月第2版 2013年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	68.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会名单

主 编： 张光明 段志勇

副 主 编： 王世威 段奕帆 耿 伟 程魁杰
夏晓立 周卫民 陈 蕾

编 委： 王瑞生 刘宏伟 陈 军 王瑞鹏
郝坤峰 杨 巍 朱瑞芳 雷 鸣
段冬东 周俊武 刘福安 易保华
郭 锐 万 涛 马 伦 宋志勇
唐 欣 胡 勇 李 岩 刘 娅
韩红生 杨富颖 曹 巍 王 婷
王 璞 冯 越 陈 钊 林 琅
乔鸣鸣 李卫军 郭 勇 郭 栋
陈家斌

第二版前言

《电气设备运行维护及故障处理》一书，自出版以来得到了广大读者的热情支持和肯定，这对我们作者是一个很大的鼓励。为了适应电力工业的高速发展，满足广大读者的需要，进一步提高电力系统设备的安全稳定运行，特对全书进行了充实和修订。本书修订充实的重点是，以职工现场岗位实用技术为主，增加了一些新的技术、新的管理方法等内容。

由于编者水平及实践经验有限，书中可能有疏漏及错误的地方，敬请读者批评指正。

作者

2012年12月

第一版前言

进入新世纪以来,随着各行各业的迅速发展和人民生活水平的不断提高,我国电力工业也得到了迅猛的发展。特别是近几年国家加大了城乡电网的建设与改造力度,是电力工业有史以来发展最快、投资最多的时期。在电网建设改造中大量地选用了新技术、新产品,增强了电网的可靠性。由于电气产品发展较快,类型、品种繁多,广大电业职工急需安装、运行维护、检修方面的实用技术图书。鉴于目前国内电力专业还没有系统的成套实用技术书籍,为适应新时期加速培养电力专业技术人才,满足电力生产工作中的各专业、各层次职工的岗位工作学习培训需要,我们组织一些有实际经验的专业技术人员编写了这套实用技术丛书,这套丛书的出版必将对电力行业职工提高业务水平起到积极的促进作用。

这套丛书共五册,包括《电气设备的安装及调试》、《电气设备的运行维护及故障处理》、《电气设备故障检测诊断方法及实例》、《电气设备检修及试验》、《电力生产安全技术及管理》这五部分的内容。

这套丛书的特点:一是涵盖面较宽,较为系统全面,对 220kV 及以下电气设备的安装、运行维护、故障检测、修理及生产工作中的安全技术等方面进行了介绍。二是内容简明扼要,通俗易懂,深入浅出,简洁直观,简单实用,易于操作。三是实用性强,全书以实际应用为出发点和归宿的原则,结合技术标准和各专业、各层次人员的应知应会要求,进行选材组稿。

本册书为《电气设备运行维护及故障处理》,重点介绍了电气设备的运行原则、运行维护及故障处理方法和过程。对于预防电气设备故障的发生,将故障消灭在萌芽状态,做到防患于未然,本书也作了介绍。本书可供广大电业职工工作中借鉴,从而维护和管理好设备,缩短处理设备故障时间,提高工作效率,增大本企业和社会效益。

由于编者水平有限,书中可能存在不当或错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 3 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 变压器的运行维护及故障处理	1
第一节 变压器的运行原则	1
第二节 变压器的负荷能力	5
第三节 变压器的并列运行	8
第四节 变压器投入运行前的检查	11
第五节 变压器的操作	15
第六节 变压器运行中的维护	19
第七节 干式变压器的运行维护	24
第八节 变压器的运行异常处理	27
第九节 变压器运行中声音不正常的处理	28
第十节 变压器自行跳闸后的处理	29
第十一节 变压器气体继电器动作处理	31
第十二节 变压器差动保护动作跳闸处理	38
第十三节 变压器后备保护动作跳闸处理	40
第十四节 变压器冷却系统故障处理	42
第十五节 变压器运行中温度过高的处理	44
第十六节 变压器运行中缺油、喷油故障处理	45
第十七节 变压器运行中瓷套管发热及闪络放电故障处理	46
第十八节 变压器过负荷处理	47
第十九节 变压器的油温、油色、油位不正常处理	47
第二十节 变压器着火事故处理	48
第二十一节 配电变压器运行中熔丝熔断故障处理	49
第二十二节 变压器输出电压异常处理	50
第二十三节 变压器无励磁分接开关的维护及故障处理	53
第二十四节 变压器有载分接开关的维护及故障处理	55
第二章 断路器的运行维护及故障处理	66
第一节 断路器的运行原则	66
第二节 断路器的操作	68
第三节 油断路器的运行维护及故障处理	72
第四节 断路器操动机构运行中故障处理	87
第五节 SF ₆ 断路器及 GIS 配电装置的运行维护及故障处理	95
第六节 真空断路器的运行维护及故障处理	104

第七节	隔离开关的运行维护及故障处理	110
第八节	高压熔断器的运行维护及故障处理	120
第九节	负荷开关的运行维护及故障处理	129
第十节	高压配电装置的运行维护及故障处理	131
第三章	互感器的运行维护及故障处理	142
第一节	电压互感器的运行原则	142
第二节	电压互感器的操作	143
第三节	电压互感器的运行维护	143
第四节	电压互感器的故障处理	147
第五节	电流互感器的运行原则	157
第六节	电流互感器的操作	158
第七节	电流互感器的运行维护	158
第八节	电流互感器的故障处理	160
第四章	消弧线圈的运行维护及故障处理	167
第一节	消弧线圈的运行原则	167
第二节	消弧线圈的操作	168
第三节	消弧线圈运行中的巡视检查	170
第四节	消弧线圈的故障处理	171
第五章	电力电容器的运行维护及故障处理	174
第一节	电容器的运行原则	174
第二节	电容器的操作	175
第三节	电容器的运行维护	179
第四节	电容器的故障处理	181
第六章	避雷器的运行维护及故障处理	194
第一节	避雷器的运行维护	194
第二节	避雷器的故障处理	195
第七章	绝缘子、套管的运行维护及故障处理	201
第一节	绝缘子的基本要求	201
第二节	绝缘子、套管的运行维护	202
第三节	绝缘子的故障处理	204
第四节	劣质绝缘子的检测	206
第五节	绝缘子的防污闪措施	209
第六节	绝缘子常见故障处理实例	214
第八章	接地装置的运行维护及故障处理	219
第一节	接地装置的技术要求	219
第二节	接地装置的运行维护	222
第三节	接地装置的故障处理	223
第九章	电动机的运行维护及故障处理	229
第一节	电动机的运行原则	229
第二节	异步电动机的操作	233

第三节	电动机运行中的检查维护	238
第四节	电动机空载起动时的故障处理	252
第五节	电动机空载运行时的监视检查	254
第六节	电动机带负载起动时的故障处理	254
第七节	电动机负载运行时的故障处理	255
第八节	电动机运行中的事故停机处理	258
第九节	电动机轴承故障处理	259
第十章	低压电器的运行维护及故障处理	261
第一节	低压配电装置的运行维护及故障处理	261
第二节	低压断路器的运行维护及故障处理	269
第三节	刀开关的运行维护及故障处理	281
第四节	低压熔断器的运行维护及故障处理	286
第五节	按钮的运行维护及故障处理	294
第六节	交流接触器的运行维护及故障处理	297
第七节	控制继电器的运行维护及故障处理	310
第八节	起动器的运行维护及故障处理	318
第十一章	直流设备的运行维护及故障处理	323
第一节	铅酸蓄电池的运行维护	323
第二节	镉镍蓄电池的运行维护	331
第三节	直流系统的运行故障处理	336
第十二章	二次回路的运行维护及故障处理	346
第一节	二次回路的运行原则	346
第二节	二次回路的运行检查及维护	348
第三节	在二次回路上工作的安全规定	350
第四节	二次回路故障处理	352
第十三章	继电保护及自动装置的运行维护及故障处理	356
第一节	继电保护装置的基本要求	356
第二节	继电保护装置的运行维护	357
第三节	继电保护和自动装置的投停操作	358
第四节	变压器保护的运行管理	359
第五节	线路保护的运行管理	361
第六节	母线保护的运行管理	365
第七节	自动装置的运行管理	367
第十四章	电工仪表的运行维护及故障处理	370
第一节	电工仪表的基本要求	370
第二节	电工仪表的运行异常处理	370
第三节	电流、电压表的故障处理	371
第四节	电能表的使用与维修	375
第十五章	架空电力线路的运行维护及故障处理	383
第一节	架空电力线路的基本要求	383

第二节 架空电力线路的运行维护	386
第三节 架空电力线路的故障处理	391
第十六章 电力电缆线路的运行维护及故障处理	398
第一节 电力电缆线路的运行原则	398
第二节 电缆线路的运行维护	399
第三节 电缆线路的故障处理	405

第一章 变压器的运行维护及故障处理

第一节 变压器的运行原则

一、变压器运行允许温度

变压器在运行中要产生铜损和铁损，这两部分损耗最后全部转变为热能，使变压器的铁心和绕组发热，变压器的温度升高。对于油浸式自然空气冷却的电力变压器来说，铁心和绕组产生的热量一部分使自身温度升高，其余部分则传递给变压器油，再由油传递给油箱和散热器。当变压器温度高于周围介质（空气或油）的温度时，就会向外散热。变压器的温度与周围介质温度的差别愈大，向外散热愈快。当单位时间内变压器内部产生的热量等于单位时间内散发出去的热量时，变压器的温度就不再升高，达到了热的稳定状态。若变压器的温度长时间超过允许值，则变压器的绝缘容易损坏。因为绝缘长期受热后要老化，温度愈高，绝缘老化得愈快。当绝缘老化到一定程度时，由于在运行中受到振动便会使绝缘层破坏。另一方面，即使绝缘还没有损坏，但是温度愈高，在电动力的作用下，绝缘越容易破裂，绝缘的性能愈差，便很容易被高电压击穿而造成故障。因此，变压器正常运行时，不允许超过绝缘的允许温度。

我国电力变压器大部分采用 A 级绝缘，即浸渍处理过的有机材料，如纸、木材、棉纱等。在变压器运行时的热量传播过程中，各部分的温度差别很大，绕组的温度最高，其次是铁心的温度，绝缘油的温度低于绕组和铁心的温度，而且上部油温还高于下部油温。变压器运行中的允许温度是按上层油温来检查的，上层油温的允许值应遵守制造厂的规定。采用 A 级绝缘的变压器，在正常运行中，当最高周围空气温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 时，变压器绕组的极限工作温度为 105°C 。由于绕组的平均温度比油温高 10°C ，同时为了防止油质劣化，所以规定变压器上层油温最高不超过 95°C 。而在正常情况下，为保护绝缘油不致过度氧化，上层油温以不超过 85°C 为宜。对于采用强迫油循环水冷和风冷的变压器，上层油温最高不超过 80°C ，而正常运行时，上层油温不宜经常超过 75°C 。

当变压器绝缘的工作温度超过允许值后，每升高 8°C ，其使用期限便减少一半，这就是过去沿用的 8°C 规则。例如，绝缘的温度经常保持在 95°C 时，其使用年限为 20 年；温度为 105°C 时，约为 7 年；温度为 120°C 时，约为 2 年。可见变压器的使用年限主要决定于绕组绝缘的运行温度，绕组温度越高，绝缘损坏得越快。

油浸式变压器最高上层油温，可按表 1-1 的规定运行（以温度计测量）。

表 1-1

油浸式变压器最高上层油温度

冷却方式	冷却介质最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最高上层油温度 ($^{\circ}\text{C}$)
自然循环、自冷、风冷	40	95
强迫油循环风冷	40	85

二、变压器运行允许温升

变压器温度与周围介质温度的差值称作变压器的温升。由于变压器内部热量的传播不均匀，故变压器各部位的温度差别很大，这对变压器的绝缘强度有很大影响。其次，当变压器温度升高时，绕组的电阻就会增大，还会使铜损增加。因此，需要对变压器的额定负荷时各部分的温升作出规定，这就是变压器的允许温升。对 A 级绝缘的变压器，当周围空气温度最高为 40°C 时，根据国家标准规定，绕组的温升为 65°C 。当周围空气温度超过了允许值后，就不允许变压器满负荷运行，因为这时散热困难，会使变压器绕组过热。当周围空气温度低于允许值时，虽然变压器外壳的散热能力大大增加，在同样的负荷下，变压器外壳的温度很低，但仍不允许变压器过负荷运行。这是因为变压器内部的散热能力不与周围空气温度的变化成正比，变压器内部本体的散热能力不能相应地提高的缘故。例如，当周围空气温度在 0°C 以下时，若变压器过负荷运行而让上层油温维持在很高温度，如 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 时，这时变压器外壳的温度虽然很低，但由于绕组的散热能力不能相应提高，结果绕组的温度升得很高，使绕组过热。由此可以看到，虽然变压器上层油温没有超过允许值，但绕组的温度却超过了允许值，因此仅监视变压器上层油温不超过允许值是不能保证变压器安全运行的，故为了便于检查和正确反映出绕组的温度，不但要规定上层油温的允许值，而且还必须规定上层油温的允许温升。采用 A 级绝缘的变压器，当最高周围空气温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 时，上层油的允许温升规定为 55°C （绕组的允许温升规定为 65°C ）。

这样规定以后，不管周围空气温度如何变化，只要上层油温及其温升不超过规定值，就能保证变压器在规定的使用年限内安全运行。

三、变压器电源电压变化的允许范围

变压器在电力系统运行中，由于电力系统运行方式的改变、昼夜负荷的变动及发生事故等情况，电力网的电压总有一定的波动，所以加在变压器原绕组的电压也是变动的。当电网

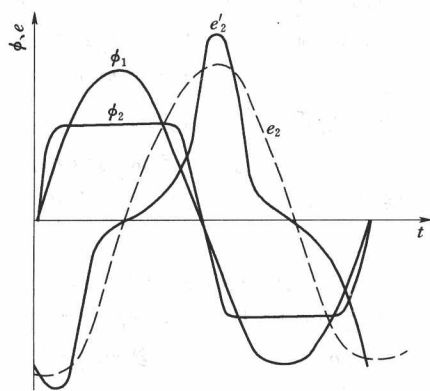


图 1-1 Y/Y—12 接线空载变压器曲线

电压小于变压器所用分接头额定电压时，对于变压器本身没有什么损害，只是可能降低一些出力。但是当电网电压高于变压器所用分接头额定电压较多时，则对变压器的运行会产生不良影响。当变压器的电源电压增高时，使变压器的激磁电流增加，磁通密度增大，造成变压器铁心因损耗增加而过热。同时，由于激磁电流的增加，变压器所消耗的无功功率也随之增加，会使变压器的实际出力降低。另外，由于激磁电流的增加，磁通密度增大，使磁通饱和，引起副绕组电势的波形发生畸变，由原来的正弦波变为尖顶波，如图 1-1 所示，这对变压器的绝缘有一定的危害，尤其对 110kV 及以上的变压器的匝间绝缘，危害最大。

若变压器电源电压升得太高，使变压器的激磁电源增加很多，磁通密度过分增大，这时由于磁通饱和，磁通 ϕ_2 的波形便发生畸变，副边电势 e'_2 的波形亦发生畸变，如图 1-1 所示，呈现尖顶波。若将此波形分解，便可得到 1、3、5 等奇次谐波，这样，由于副边电势 e'_2 中含有高次谐波，则可能使变压器的电感和线路的电容构成振荡回路而引起振荡，造成过电压，引起电网很多部分的绝缘故障。

变压器的电源电压可以较额定值高,但一般不得超过额定值的5%。不论电压分接头在任何位置,如果电源电压不超过 $105\%U_N$,则变压器的副绕组可带额定电流。

四、变压器运行中电压的调整

变压器在运行中,随着原边电源电压的变化,以及负载的变动,副边电压便有较大的变化。但从用电的角度来看,总是希望电源电压尽量稳定,当负载变动时,电源电压变动愈小,就说明供电电压的质量愈高。这样,为了保证供电电压的质量,使负载电压在一定的范围内变动,就需根据负载的变化情况在电力系统中进行调压,以保证用电设备的正常需要。变压器调压的方法分无载调压和有载调压两种。

(一) 无载调压

变压器的变比 K 就是原、副绕组的匝数比。如果变压器在制造时就在它的绕组上抽出许多接头来,称做分接头,如图1-2中的 X_1 、 X_2 、 X_3 ,那么只要更换分接头,就可以改变原、副绕组的匝数比即变比 K ,达到调节变压器副边电压的目的。

变压器的分接头一般在高压侧抽出,高压绕组的抽头均接在分接开关上。分接开关在切换时,通常用旋转手柄来变更分接头的连接位置,以达到调压的目的。旋转手柄装在变压器的箱盖上,或用连杆引下来装在箱壳的侧面。这种分接开关不能带负荷进行切换,只能在断开变压器电源之后才能进行操作。因此,在切换时,变压器必须短时停电。

当分接头位置改变以后,必须用欧姆表或电桥检查回路的完整性和三相电阻的一致性。因为分接开关的接触部分在运行中可能被烧伤,长期未用的分接头也可能产生氧化膜等,这都会造成切换分接头后接触不良的现象,所以无载调压的变压器切换分接头后,必须测量直流电阻。从测量结果中可以判断三相电阻是否平衡,若不平衡,其差值不得超过三相平均值的2%,并参考历次测量数据。计算公式为:

$$\frac{R_{\text{大}} - R_{\text{小}}}{R_{\text{平均}}} \times 100\% \leq 2\%$$

若经多次切换后,三相电阻仍不平衡,一般可能是以下几种原因造成的:

- (1) 分接开关接触不良,如接点烧伤、不清洁、电镀层脱落、弹簧压力不够等。
- (2) 分接开关引出线焊接不良或多股导线有部分未焊好或断股。
- (3) 三角形接线一相断线,这样,未断线的两相电阻值为正常值的1.5倍,断线相的电阻值为正常值的3倍。
- (4) 变压套管的导杆与引线接触不良。

对于三绕组变压器,一般在高、中压侧装有分接开关。改变高压侧分接开关的位置时,能改变中、低压两侧电压。如果只需调整低压侧电压,而中压侧仍需维持原来的电压,此时,除应改变高压侧分接开关位置外,中压侧分接开关的位置亦需改变。

如图1-2所示的变压器的高压绕组中,每相有3个抽头,如A相的抽头为 X_1 、 X_2 、 X_3 ,其中 X_2 抽头为额定电压时, X_3 和 X_1 分别为降低和升高了的电压,其调压范围为 $\pm 5\%$,每级调节电压为5%。根据分接头连接位置的不同,变压器便具有不同的变化,其使用方法分为下面两种:

- (1) 为保持副边电压 U_2 为一定值,当原边电源电压 U_1 升高时,可将分接开关与 X_1 接通,

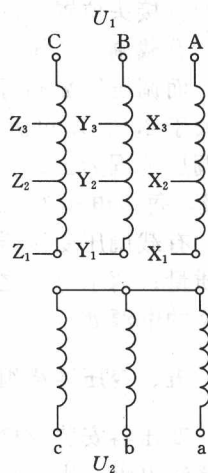


图 1-2 具有 3 个抽头的变压器绕组

以增加原绕组的匝数 N_1 ，增大变比 K ；而当原边电源电压降低时，可将分接开关与 X_3 接通，以减少 N_1 的匝数，减小变比 K 。

(2) 当原边电源电压 U_1 为一定值时，若为了提高副边电压 U_2 的数值，则可把分接开关与 X_3 接通；若为了降低副边电压 U_2 的数值时，则可把分接开关与 X_1 接通。

在具有无载调压的大、中型变压器的高压绕组中，每相有 5 个抽头，从一个分接头切换到邻近的另一个分接头时，相当于电压改变 2.5%，其中第Ⅲ个抽头为额定电压，称为主接头。其使用方法与上述相同，调压范围为 $\pm 2 \times 2.5\%$ 。

(二) 有载调压

有载调压变压器装有带负荷调压装置，根据电网电压的变化，可以在带负荷情况下逐级改变分接头位置，以达到调整电压的目的。

有载调压变压器的调压速度快，调压范围大，其调压范围可以达到额定电压的 $\pm 15\%$ 以上，而调压级数和每级电压是根据负载对供电电压质量的要求来决定的，一般每级电压定为不大于 2.5% 就可满足要求。我国规定有载调压变压器的每级调压不超过 3000V，例如 110kV 级调压范围为 $\pm 3 \times 2.5\%$ ，共 7 级，每级电压为 1800V；220kV 级调压范围为 $\pm 4 \times 2\%$ ，共 9 级，每级电压为 2800V。

有载调压变压器用于电压质量要求较严的地方，如电力网中各负载的中心处，以提高供电质量；两个电网之间需要功率交换分配和调整网络之间的负载处；需要带负载调节电流和功率的电源处。

五、变压器绕组绝缘电阻的允许值

变压器安装或检修后，在投入运行前（通常在干燥后）以及长期停用后，均应测量绕组的绝缘电阻。测量绝缘电阻是检查变压器绕组绝缘状态的最基本和最简单的方法。测量时，一般采用电压为 1000~2500V 的摇表，且将它放平，当转速达到 120r/min 时，读取绝缘电阻值。

变压器绝缘电阻最低允许值见表 1-2 规定。温度换算系数见表 1-3。

表 1-2 油浸式电力变压器绕组绝缘电阻的允许值 (MΩ)

高压绕组电压等级 (kV)	温 度 (°C)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
3~10	450	300	200	130	90	60	40	25
20~35	600	400	270	180	120	80	50	35
60~220	1200	800	540	360	240	160	100	70

表 1-3 油浸式电力变压器绝缘电阻的温度换算系数

温度表 (°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
换算系数	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	5.1	6.2	7.5	9.2	11.2

在运行中判断变压器绕组绝缘状态的基本方法，是把运行过程中所测量的绝缘电阻值与运行前在同一上层油温下所测量的数值相比较。为了使测量结果便于比较，应当在绕组温度相同、摇表电压相同及加压试验时间相同的情况下测量。测量结果应与历次情况或原始数据相比较，如认为合格，便可将变压器投入运行。如绝缘电阻不合格时，应查明原因，并用吸

收比法判明变压器绕组的受潮程度。吸收比为：

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} \geq 1.3$$

式中 R_{60} ——60s 时的读数(MΩ)；

R_{15} ——15s 时的读数(MΩ)。

吸收比通常与变压器的上层油温、电压等级有关，一般上层油温为 10~30℃ 时，35~60kV 级不低于 1.2，110~330kV 级不低于 1.3，则认为合格。

经过上述的试验后，可以对变压器绕组绝缘受潮与否作进一步的鉴定，如证实绝缘轻微受潮，则可将变压器投入运行，如证实绝缘受潮较严重，则应向管技术领导汇报，然后由技术领导人根据供电情况决定是否进行干燥。

第二节 变压器的负荷能力

变压器的额定容量和负荷能力具有不同的意义。

变压器的额定容量是指变压器在额定电压、额定电流下连续运行时所输送的容量。对三相变压器来讲，额定容量为：

$$S_N = \sqrt{3} I_N U_N \times 10^{-3} (\text{kVA})$$

式中 U_N ——额定电压(V)；

I_N ——额定电流(A)。

变压器在额定周围空气温度中，以额定容量连续长期运行，绝缘将按正常的速度老化，不会在正常的使用年限内（约 20 年）破坏。

变压器的负荷能力，是指在较短时间内所能输出的容量。在不损害变压器绕组的绝缘和不降低变压器使用寿命的条件下，它可能大于变压器的额定容量。

变压器的过负荷，可分为正常情况下的过负荷和事故情况下的过负荷两种。变压器的正常过负荷可以经常使用，而事故过负荷只允许在事故情况下使用。但应注意，变压器的温升不能超过规定标准。

一、变压器的正常过负荷

变压器在正常运行时允许过负荷，这是因为变压器在一昼夜内的负荷，有时是高峰，有时是低谷。在低谷时，变压器是在较低的温度下运行；其次在一年内，季节性的温度也在变化，冬季变压器周围冷却介质的温度较低，变压器的散热条件也优于制造厂规定的数值，因此在不损害变压器绕组的绝缘和不降低变压器使用寿命的前提下，变压器可以在高峰负荷及冬季时过负荷运行。其允许的过负荷倍数及允许的数值对室外变压器来讲，不得超过 30%，对室内变压器来讲，不得超过 20%。

持续时间应根据变压器的负荷曲线及冷却介质的温度来确定。

（一）由于昼夜负荷的变动而允许的过负荷

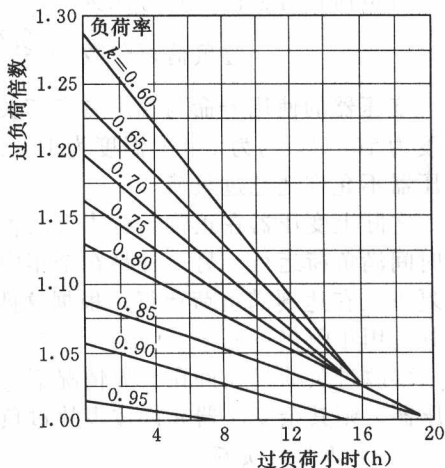


图 1-3 变压器在负荷率 k 小于 1 时允许的过负荷曲线

当变压器的昼夜负荷率 k 小于 1 时，在高峰负荷期间变压器的允许过负荷倍数及允许的持续时间可按图 1-3 所示的曲线来确定。

负荷率 k 是在一昼夜内平均负荷 (P_p) 与额定负荷 (P_N) 的比值，即：

$$k = \frac{P_p}{P_N} \leq 1$$

如果缺乏负荷率资料，也可根据过负荷前的上层油温升，参照表 1-4 规定的数值，确定允许过负荷倍数及允许的持续时间。

表 1-4 吹风冷却的油浸式电力变压器当风扇停止工作时的允许负荷和持续时间

负荷与变压器 额定容量之比	吹风停止时变压器上层油的温升(℃)为下列数值时的允许负荷的持续时间(时：分)						
	18	24	30	36	42	48	54
0.70							
0.75	12：20	11：40	10：55	10：00	8：40	7：00	4：00
0.80	7：40	7：00	6：20	5：25	4：20	3：00	0：50
0.85	5：30	5：00	4：20	3：25	2：40	1：30	—
0.90	4：20	3：50	3：15	2：35	1：45	0：45	—
0.95	3：25	2：55	2：25	1：45	1：08	0：15	—
1.00	2：45	2：20	1：50	1：20	0：40	—	—
1.05	2：15	1：50	1：25	0：55	0：20	—	—
1.10	1：50	1：25	1：00	0：35	0：06	—	—
1.15	1：30	1：10	0：45	0：20	—	—	—
1.20	1：10	0：50	0：30	0：08	—	—	—
1.25	0：50	0：35	0：15	—	—	—	—
1.30	0：35	0：20	—	—	—	—	—

(二) 由于夏季低负荷而允许的过负荷

根据变压器的典型负荷曲线，如果在夏季（6、7、8 三个月）最高负荷低于变压器额定容量时，则夏季负荷每降低 1%，在冬季（11、12、1、2 四个月）可过负荷 1%，但以 15% 为最高限额。

过负荷百分数的计算方法为：

$$\text{过负荷百分数} = \frac{\text{负荷电流} - \text{变压器额定电流}}{\text{变压器额定电流}} \times 100\%$$

变压器的使用寿命与温度有密切关系。绝缘温度经常保持在 95℃ 时，使用年限为 20 年；温度为 105℃，约为 7 年；温度为 120℃，约为两年；温度为 170℃，仅约为 10~12 天，所以变压器不允许随意过负荷。

实际上变压器在正常运行中有两种具体情况：一种是在一昼夜中负荷有变动，并不是全部时间满负荷运行；另一种是在全年中冬季与夏季的负荷不同，一般是夏季负荷小，变压器在夏季没有达到满负荷运行，根据这两种情况可以考虑变压器在正常条件下的过负荷运行，而其使用年限仍不短于 20 年。

事故过负荷只允许在事故情况下（例如运行中的若干台变压器中有一台损坏，又无备用变压器，则其余变压器允许按事故过负荷运行）使用。

(三) 正常过负荷

对于自然冷却或吹风冷却的油浸式电力变压器，正常过负荷的允许数值和允许时间规定如下。

(1) 如果变压器的昼夜负荷率小于1,在高峰负荷期间变压器的允许过负荷倍数和允许的持续时间则可按年等值环境温度、变压器的冷却方式和容量等因素确定。若事先不知道负荷率,则可按表1-5的规定确定过负荷倍数和允许持续时间。

表 1-5 变压器过负荷倍数与允许持续时间

过负荷倍数	过负荷前上层油的温升 (°C) 为下列数值时的允许过负荷持续时间 (时:分)						
	18	24	30	36	42	48	54
1.0							
1.05	5:50	5:25	4:50	4:00	3:00	1:30	—
1.10	3:50	3:25	2:50	2:10	1:25	0:10	—
1.15	2:50	2:25	1:50	1:20	0:35	—	—
1.20	2:05	1:40	1:15	0:45	—	—	—
1.25	1:35	1:15	0:50	0:25	—	—	—
1.30	1:10	0:50	0:30	—	—	—	—
1.35	0:55	0:35	0:15	—	—	—	—
1.40	0:40	0:25	—	—	—	—	—
1.45	0:25	0:10	—	—	—	—	—
1.50	0:15	—	—	—	—	—	—

(2) 如果在夏季(6、7、8三个月),根据变压器的典型负荷曲线,其最高负荷低于变压器的额定容量时,若每低1%,可在冬季过负荷1%,但以15%为限。

以上两种正常过负荷的规定,可以叠加使用,但过负荷总数对油浸自冷和油浸风冷变压器不超过30%;对强迫冷却变压器不超过20%。

吹风冷却油浸式电力变压器在风扇停止工作时的允许负荷和持续时间应遵守制造厂的规定;无制造厂的规定时,对于在额定冷却空气温度下风扇停止工作时允许带额定负荷的70%,连续运行的变压器可参照表1-4进行。

二、变压器事故过负荷

事故过负荷造成的温升对绝缘会带来一定影响,但考虑到事故时保证对用户的供电乃是更为主要的,事故的机会很少,其延续时间又不会太长,所以事故过负荷时如将其温升限在一定时间内,对绝缘的损坏则不会严重。

变压器事故过负荷的允许值应遵守制造厂的规定。如无制造厂规定时,对于自然冷却和吹风冷却的油浸式电力变压器,可参照表1-6执行;对于强迫循环冷却的变压器参见表1-7执行。

表 1-6 自然油循环冷却变压器事故过负荷及允许持续时间

过负荷倍数	环境温度 (°C) 下的允许持续时间 (时:分)				
	0	10	20	30	40
1.1	24:00	24:00	24:00	19:00	7:00
1.2	24:00	24:00	13:00	5:50	2:45
1.3	23:00	10:00	5:30	3:00	1:30
1.4	8:00	5:10	3:10	1:45	0:55
1.5	4:00	3:10	2:10	1:10	0:35
1.6	3:00	2:05	1:20	0:45	0:18
1.7	2:05	1:25	0:55	0:25	0:09
1.8	1:30	1:00	0:30	0:13	0:06
1.9	1:00	0:35	0:18	0:09	0:05
2.0	0:40	0:22	0:11	0:06	—