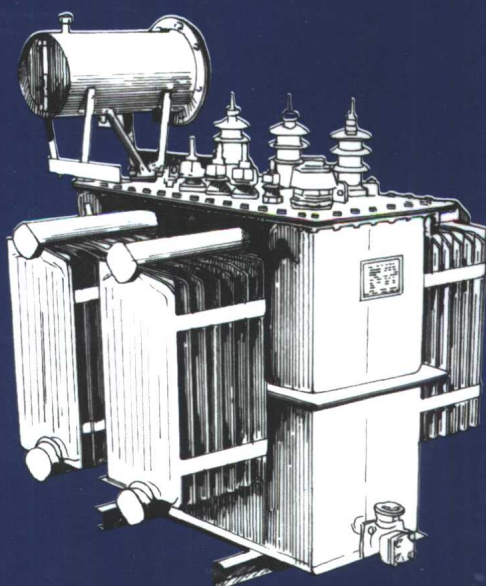




新编 变压器实用技术问答

主 编 朱英浩
副主编 计宏伟
郑时伊



辽宁科学技术出版社

变压器技术丛书之三

新编变压器实用技术问答

主 编:朱英浩

副 主 编:计宏伟

郑时伊

辽宁科学技术出版社

·沈阳·

图书在版编目(CIP)数据

新编变压器实用技术问答/朱英浩主编. —沈阳:辽宁科学技术出版社,1999.7

ISBN 7-5381-2938-3

I.新… II.朱… III.变压器-技术-问答 IV.TM4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 21212 号

10481/02

辽宁科学技术出版社出版

(沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮政编码 110003)

沈阳市北陵印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

开本:850×1168 毫米 1/32 字数:340 千字 印张:12 $\frac{3}{4}$

印数:5001—8000

1999 年 7 月第 1 版

2001 年 1 月第 2 次印刷

责任编辑:枫 岚 苗 郁

版式设计:于 浪

封面设计:庄庆芳

责任校对:王春茹

插 图:刘天元

定价:40.00 元

邮购咨询电话:(024)23284502

内 容 提 要

本书对变压器类四大产品(变压器、互感器、调压器和电抗器)的原理、结构、制造和应用、运行、维修等方面的知识以问答的形式做了完整的介绍。全书共分四章 181 个问题,立题新颖醒目,解答通俗易懂。既有概念上的解释,又有工作上的经验总结,是一本实用性很强的技术读物。

本书对从事变压器类产品制造和运行、维护、检修的人员最为适用,对与变压器相关专业的工程技术人员和大中专院校师生也有一定的参考价值。

前 言

辽宁科学技术出版社于 1986 年出版的,由《变压器》杂志编辑部编写的《变压器实用技术问答》一书,深受读者欢迎,印刷两次,发行两万多册,早已销售一空,脱销多年。近年来广大读者纷纷来信,希望我们能够根据变压器行业发展的情况和变压器技术的进步,重新编写一本变压器实用技术问答的书籍。

应辽宁科学技术出版社之约,我们在《变压器实用技术问答》的基础上,组织变压器行业内的有关专家编写了这本《新编变压器实用技术问答》。

近十几年来,变压器行业坚持改革开放,大力推进技术进步,产品质量和技术水平都有较大的提高,产品门类和品种也有较快的发展,为我国的电力工业和社会主义现代化建设做出了应有的贡献。但是我们也应当看到,我国变压器行业的整体技术水平与国际先进水平相比,还有一定差距,产品的发展也还跟不上国民经济蓬勃发展的需要,因此我们还应下大力气掌握、开发和应用新技术,提高各类人员的业务素质。如果《新编变压器实用技术问答》一书能在这方面起到一定作用,我们将会感到十分欣慰。

《新编变压器实用技术问答》对变压器类四大产品(变压器、互感器、调压器和电抗器)的原理、结构、制造和应用、运行、维修等方面的知识以问答的形式作了完整的介绍。全书共分四章 181 个问题,凡能包括的内容尽量收录进去。本书立题实用醒目,有针对性;解答简明扼要,通俗易懂。各题之中层次分明,条理清楚;各题之间承上启下,互为贯通。书中引用的一些数据图表和所采用的术语尽量符合国家标准和 IEC 国际电工委员会标准。

本书由朱英浩(中国工程院院士,沈阳变压器研究所总工程师,教授级高级工程师)任主编,计宏伟(沈阳变压器研究所常务副所长,高级工程师)、郑时伊(前《变压器》杂志主编,编审)任副主

编。参加编写的人员有:王振武、安作平、应百川、蓝灵书、何明光、才永全诸同志。

本书在编写过程中得到沈阳变压器研究所所长于海年同志的支持和关怀,得到《变压器》杂志编辑部同仁的大力帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

1998 年 11 月

目 录

一、变压器	1
(一)一般概念	1
1. 变压器及其同类产品有什么用途?	1
2. 什么是变压器? 它的工作原理怎样?	3
3. 三绕组变压器和自耦变压器的工作原理怎样?	8
4. 电力变压器是怎样分类的? 其产品型号的含义是什么?	10
5. 我国输变电线路电压等级有哪些? 怎样区别是升压还是降 压变压器?	12
6. 变压器是由哪些主要部分组成的?	12
7. 变压器有哪些主要技术数据?	13
8. 变压器接在直流电源上、低压绕组接在高压电源上、电源改 变电压等,情况将怎样?	18
9. 电源频率对变压器励磁电流、空载损耗、电抗、负载损耗、温 升有什么影响? 50Hz 的变压器能当 60Hz 的变压器用吗?	19
10. 变压器类产品的正常使用条件有哪些规定? 如不符合正常 使用条件,在特殊情况下怎么办?	21
(二)铁心与励磁	22
11. 铁心有什么作用? 铁心是怎样分类的? 铁心对变压器性能 有什么影响?	22
12. 铁心是由哪些部分组成的?	24
13. 电工钢片牌号有哪些? 它们的电磁性能怎样?	24
14. 变压器类产品铁心中磁通密度怎样选择?	27
15. 铁心片加工有什么特点?	29
16. 铁心装配和检修时应注意什么?	32
17. 铁心为什么要接地? 而又为什么不能多点接地?	35
18. 为什么空载电流有谐波分量? 它有什么影响?	37
19. 变压器空载合闸时为什么有励磁涌流?	39
20. 变压器的噪声是怎样产生的? 什么是声级水平及其基准	

值?	41
(三)绕组与漏磁	45
21. 绕组有什么作用? 绕组是怎样分类的?	45
22. 什么是绕组的绕向? 什么是并联导线的换位?	48
23. 什么是电压比?	50
24. 绕组中常采用哪些措施以改善冲击电压分布? 为什么采用 纠结式和内屏蔽式绕组?	51
25. 选择绕组导线时要注意什么? 导线有哪几种? 电流密度应 取多少?	54
26. 双饼纠结式绕组线匝连接结构有哪几种?	56
27. 变压器各种绕组的绕制有什么特点?	58
28. 变压器绕组的排列方式有哪几种?	62
29. 什么是主磁通? 什么是漏磁通?	63
30. 绕组的漏磁通是怎样分布的? 产生什么样的电磁力?	64
31. 变压器短路时短路电流有什么危害?	65
32. 什么是分裂式绕组? 对它有什么要求?	68
33. 什么是绕组中的主绝缘和纵绝缘? 绕组为什么要真空干燥 和浸漆?	69
(四)绝缘与干燥	71
34. 什么是变压器的绝缘水平? 绝缘水平是怎样分级的?	71
35. 变压器绝缘是怎样分类的? 有哪几部分绝缘?	72
36. 变压器各部分绝缘有什么作用? 生产中为什么要注意绝缘 件的清洁并防止其变形?	74
37. 绝缘结构尺寸受什么影响? 主要绝缘距离有哪些?	77
38. 什么是绝缘材料? 共分几级? 变压器为什么常采用油纸绝 缘结构? 什么是绝缘材料的电击穿和热击穿?	80
39. 变压器油有什么作用? 不同牌号的变压器油能混合使用吗? 它有哪些主要指标?	81
40. 器身绝缘为什么要真空干燥处理?	83
41. 变压器干燥有哪些方法?	85
42. 变压器套管有什么作用? 它有哪些?	90
(五)结线与联结组	93
43. 什么是变压器绕组的电压相位关系?	93

44. 变压器绕组有多少种结线方式? 常用的结线有什么特征?	96
45. 什么是绕组的结线组合? 常用的结线组合有什么特征?	101
46. 什么是绕组的联结组? 联结组是怎样确定的?	104
47. Yz 结线组合的变压器为什么防雷性能好?	109
48. 为什么要限制 Yyn0 联结组变压器的中线电流不能超过 25%的低压额定电流?	110
49. Yd11 联结组变压器的空载电流为什么不平衡?	111
50. 一次 10kV 级 Y 形结线的变压器, 改成 6kV 级 D 形结 线后, 容量是否要降低?	113
(六) 电压调整与分接开关	113
51. 电压调整的目的是什么? 怎样进行电压调整?	113
52. 什么是恒磁通调压? 什么是变磁通调压?	114
53. 无励磁调压时绕组抽分接头方式有哪几种? 无励磁分接开 关有哪几种? 无励磁分接开关是怎样结线的?	116
54. 有载分接开关的工作原理是什么? 它是怎样构成的?	120
55. 有载调压时绕组抽分接头方式有哪几种? 有载调压分接开 关是怎样结线的?	125
56. 什么是调容量变压器、调容量分接开关?	127
(七) 发热与冷却	131
57. 变压器为什么会发热? 它的温度是怎样分布的?	131
58. 油浸式变压器的油系统是怎样的?	132
59. 油浸式变压器的温升限值是怎样得来的?	134
60. 变压器冷却方式有哪几种? 各种冷却方式有什么特点?	135
61. 油浸式与干式吹风冷却变压器冷却方式如何选择?	138
62. 变压器为什么要采用冷却装置? 冷却装置有哪几种?	139
63. 如何看待变压器允许温升?	142
64. 变压器运行寿命是多少? 过负载运行有什么规定?	145
(八) 运行与维护	147
65. 什么是变压器的零序阻抗? 一般结法的变压器其零序阻抗 值各是多少?	147
66. 变压器并联运行的条件是什么? 不符合条件时能否并联运 行?	150
67. 三绕组变压器运行的特点是什么?	153

68. 变压器过励磁是怎样产生的？它对变压器有什么危害？	154
69. 自耦变压器为什么只能运行在中点有效接地系统中？它有 哪几种运行方式？	155
70. 什么是额定容量？什么是负载能力？	157
71. 变压器有哪些安全保护装置？它们有什么作用？	159
72. 气体继电器是怎样动作的？使用时应注意什么？	163
73. LS-80 型气体继电器流速试验台是怎样使用的？	165
74. 变压器有哪些测温装置？它们有什么作用？	167
75. 变压器有哪些油保护装置？吸湿器和净油器有什么作用？	169
76. 储油柜有哪几种型式？密封式储油柜安装时应注意什么？	172
77. 怎样隔离潜油泵产生的金属末？	175
78. 变压器油怎样带电处理？有那些油的再生方法？	177
79. 变压器为什么一定要用避雷器保护？怎样进行保护？	180
80. 环境如何影响变压器运行？	182
81. 选用和使用套管时应注意什么？	187
82. 变压器不对称运行时的对称分量怎样？	189
(九) 检修与试验	191
83. 变压器检修时起吊油箱、绕组套装、压板装配等应注意什 么？	191
84. 60kV 及以上变压器的引线焊接要注意什么？	193
85. 为什么一台变压器上有那么多的放气塞、导气联管？为什 么从油箱下部注油？	193
86. 油浸式变压器应采用什么密封材料和什么样的密封结构？	194
87. 油浸式变压器怎样进行打泵试漏？	198
88. 套管软引线的安装有什么方法？	199
89. 运输时为什么要充氮，又要拆下套管等组件？真空注油时 为什么要把储油柜和安全气道拆除？	200
90. 变压器能不能带油补漏？怎样带油补漏？	201
91. 在现场怎样更换大型变压器的局部线段？	203
92. 变压器有哪些常规电气试验？它们是怎样进行的？	204
93. 变压器的参数偏差值与使用峰值的参数是如何规定的？	208
94. 绕组电阻、介质损耗率正切和绝缘电阻与温度有什么关系？ 它们还受什么因素的影响？	210

95.校定电压相量关系有哪几种方法?怎样校定?	211
96.怎样进行阻抗试验和空载试验?它们为什么要校正?	217
97.负载损耗与空载损耗测量时应注意一些什么问题?	219
98.变压器有哪些绝缘试验(耐压试验)?它们是怎样进行的?	224
99.局部放电在变压器和互感器中产生的原因是什么?又怎样 进行测量?	227
100.变压器特殊试验项目中的零序阻抗测量、声级测量和空载 电流谐波测量是怎样进行的?	231
101.温升试验对变压器有什么好处?	233
102.有载分接开关的工作顺序试验是怎样进行的?	235
103.变压器做各项试验时分接开关应置于何分接位置?	237
104.为什么可从变压器油中溶气来判断变压器类产品的内部 故障?怎样判断?	239
105.照国标或 IEC 标准试验合格的产品,在运行中是否有 足够的可靠性?	241
(十)特种变压器	243
106.特种变压器是怎样分类的?它的型号含义有什么特征?	243
107.干式变压器有哪几种型式?有什么特点?	244
108.什么是整流变压器?它的技术参数是怎样决定的?	245
109.什么是炼钢电弧炉变压器?它是怎样调节电压和阻抗的?	248
110.试验变压器有什么特点?它有哪些?	251
111.矿用变压器有哪几种?矿用隔爆型移动变电站有什么特 点?	255
112.三倍频变压器的原理是什么?它怎样用于感应耐压试验?	257
113.中频变压器的结构有什么特点?什么样的铁氧体可用于 中频变压器?	260
114.接地变压器有什么作用?它有什么特点?	261
115.般用变压器有什么特点?	262
二、互感器	264
(一)电压互感器	264
116.什么是电压互感器?它与变压器相比有什么不同?	264
117.电压互感器是怎样分类的?三绕组、高电压的电压互感 器有何结构特点?	265

118.电压互感器有哪些主要技术要求?	269
119.为改善电压互感器误差特性可采用什么补偿方法?	272
120.电压互感器有哪些结线方式?各有什么特点?	274
121.同型号电压互感器结线时为什么要注意极性?	276
122.电压互感器为什么会发生铁磁谐振?防止铁磁谐振有什么措施?	277
123.电压互感器的误差是怎样测量的?	279
124.为什么要测量串级式电压互感器的介质损耗率($\tan\delta$)?怎样测量?	280
125.高电压电压互感器为什么测量和保护要有分开的绕组?	282
126.什么是油箱式电压互感器?它有何特点?	283
127.高压互感器的防潮、防油劣化需要采取什么措施?	284
128.什么是电容式电压互感器?	286
(二)电流互感器	289
129.什么是电流互感器?它与变压器相比有什么不同?	289
130.电流互感器是怎样分类的?结构上有何特点?	290
131.电流互感器有哪些主要技术要求?	293
132.怎样减小电流互感器的误差?采用什么补偿方法?	298
133.电流互感器的极性是怎样规定的?怎样检查?	305
134.电流互感器的误差(测量准确级)是怎样测量的?	306
135.“U”形电流互感器的二次绕组是怎样排列的?为什么?	307
136.套管式电流互感器有何特点?变压器内怎样配置?	308
137.220kV及以上电流互感器为何要装一次绕组过电压保护器?	309
138.什么是电流互感器的暂态特性?有何要求?	311
139.什么是SF ₆ 互感器?	314
140.什么是倒立式电流互感器?有何特点?	317
141.什么是剩余电流互感器?	319
142.直流互感器的工作原理是怎样的?	321
三、调压器	323
(一)概述	323
143.调压器是怎样分类的?	323
144.调压器的主要技术数据和额定容量等级有哪些?	325

(二)接触调压器	326
145. 接触调压器的工作原理怎样?	326
146. 接触调压器的结构有哪些特点?	327
147. 接触调压器有哪几种接线方式?	329
148. 接触调压器应怎样运行与维护保养?	331
(三)移圈调压器	331
149. 移圈调压器的工作原理怎样?	331
150. 移圈调压器的绕组联结组有哪几种?	333
151. 移圈调压器的调压阻抗特性是怎样的?	334
152. 移圈调压器的结构有什么特点?	334
153. 移圈调压器常见故障和维护要点有哪些?	336
(四)磁性调压器	336
154. 磁性调压器的工作原理是什么?	336
155. 单相磁性调压器的结构有什么特点?	337
156. 三相磁性调压器有几种结构形式?	339
157. 磁性调压器的调压特性与负载外特性有何特点?	340
158. 磁性调压器怎样用于闭环控制系统?	341
159. 磁性调压器的使用与维修应注意些什么?	341
(五)感应调压器	342
160. 感应调压器的工作原理是什么?	342
161. 感应调压器采用哪些绕组联结组?	344
162. 感应调压器的输出电压正弦性与调压特性是怎样的?	346
163. 感应调压器的结构有什么特点?	347
164. 感应调压器的选用、安装、运行与维修要注意什么?	349
(六)自动调压器	358
165. 自动调压器有哪些类型? 各有什么特点?	358
166. 自动调压器有哪些主要性能指标?	360
167. 自动调压器有哪些常见的控制系统	360
168. 感应和接触自动调压器有哪些常用的主回路?	362
169. 自动调压器怎样选型、使用和运行?	364
四、电抗器	366
170. 电抗器是怎样分类的? 电抗器有什么用途?	366

171. 两台完全相同的电抗器串联或并联时的电抗值是否是 2 倍关系？	367
172. 电抗器的容量、电抗压降百分数、电感的毫亨数和稳定短路电流是怎样表示的？	369
173. 铁心材料、气隙和磁通密度对铁心电抗器有什么影响？	370
174. 限流电抗器有哪几种？有什么用途？如何安装？	372
175. 什么是并联电抗器？在结构上有什么特点？	375
176. 什么是串联电抗器？它有什么用途？	376
177. 什么是消弧线圈？其系列基本参数怎样？	377
178. 消弧线圈为什么能消除电弧？有的消弧线圈为什么还装有一副绕组？分级绝缘消弧线圈怎样做感应耐压试验？	379
179. 什么是启动电抗器？启动电抗器有什么作用？	381
180. 什么是饱和电抗器？应用在哪些地方？有什么特点？	383
181. 饱和电抗器的原理怎样？铁心结构有何特点？什么是电抗变化倍数和交直流同时磁化曲线？	385

一、变压器

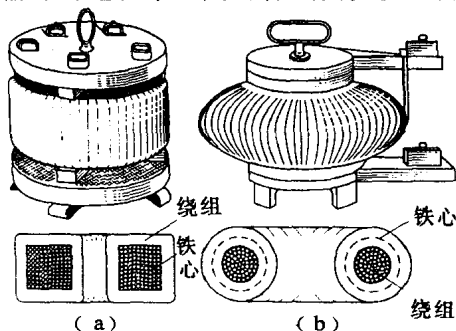
(一) 一般概念

1. 变压器及其同类产品有什么用途？

自从匈牙利冈茨工厂于 1885 年制造出第一台单相变压器雏形以来(见图 1—1),至今已 100 多年了。由于电能是能量输送的最好形式,所以变压器诞生不久就获得了应用。在一个多世纪内,电力事业获得了飞速的发展,我国变压器制造业也取得了重大发展,国产 500kV 级超高压电力变压器在 80 年代初已投入了运行(见图 1—2、图 1—3)。

变压器一般分为电力变压器和特种变压器两大类。电力变压器可分为发电机变压器、输电变压器、联络变压器和配电变压器。

发电机变压器是把发电机发出的电压升高,以便远距离输送电能。因为输送的电功率一定时,只有将电压升高,电流才可以减



(a) 心式结构 (b) 壳式结构

图 1—1 1885 年匈牙利冈茨工厂的单相变压器

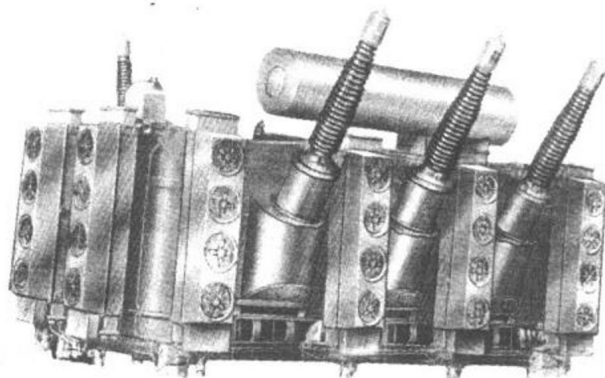


图 1—2 我国生产的大容量三相电力变压器

小,从而减小能量消耗。例如,将输电电压升高到 110kV 时,可将 50MW 的功率输送到 50 ~ 150km 的地方去;将输电电压升高到 220kV 时,可将 100 ~ 500MW 的功率输送到 200 ~ 300km 的地方去。要输送更大的功率到更远的地方就得把电压升高到 500kV 甚至更高。这样,就可以集中地利用水力,将水电站中水轮发电机发出的电能输送到较远的用户去;也可将火力发电厂建在煤矿附近,将火电站中汽轮发电机发出的电能输送到较远的用户去。

变压器还能把电压降低,满足用户的需要。要在用电的地区,建立一次和二次变电站,用输电变压器把传进来的高压电能降到合适的电压或由联络变压器与其他电网相联。最后,用配电变压器将电能直接送给用户。

由于用户的不同,不能只用配电变压器,还必须设有许多特种

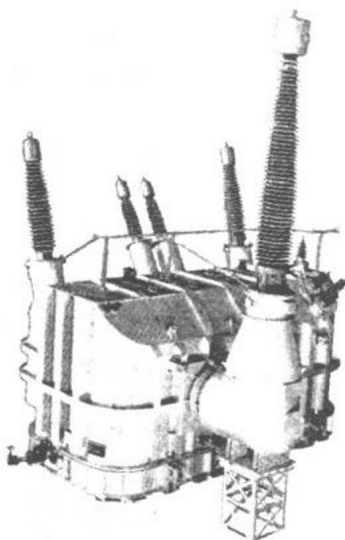


图 1—3 我国生产的 500kV 级超高压电力变压器

变压器,如:

变流变压器 可将三相电能变成六相、十二相或更多相的电能(或者相数不变),然后再将其整流,以供炼铝、电解铜、电解、电镀、充电、拖动等用;

电炉变压器 可以送出强大电流供炼钢炉、合金炉、电石炉、电阻炉、盐浴炉等用;

矿用变压器 作矿下供电用;

试验变压器 作高压试验用。

变压器的用途十分广泛,品种、规格繁多。通常,变压器的安装总容量为发电机安装总容量的8~10倍。

属于变压器类产品范畴的还有互感器、调压器和电抗器。由于其基本原理和结构与变压器相似,常和变压器一起统称为变压器类产品。它们的用途更为广泛,品种更多。互感器用于测量电流或电压和继电保护;调压器用于调节和稳定电压,并作为控制系统的执行元件;电抗器用于限流、补偿和控制等方面。

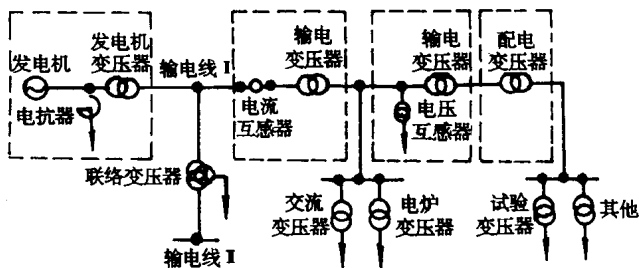


图 1—4 变压器类产品在电力系统中的应用

变压器类产品在电力系统中应用概况如图 1—4 所示。

2. 什么是变压器? 它的工作原理怎样?

变压器是借助于电磁感应,以相同的频率,在两个或更多的绕组之间,变换交流电压和电流而传输交流电能的一种静止电器。其工作原理如下: