

节 电 技 术 应 用 实 践 丛 书

J
D
J
S
Y
Y
S
J
C
S
I
I
E
A
N
●
●
●
●
●
●
●
●
●
●
●
●



S(B)H15新型节能型非晶合金铁心变压器

新型节能变压器 选用 运行与维修

姚志松 姚磊 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

节 电 技 术 应 用 实 践 丛 书

新型节能变压器 选用 运行与维修

姚志松 姚磊 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了非晶变压器、单相柱上变压器、卷铁心变压器、立体铁心变压器、高阻抗变压器、除尘变压器、整流变压器、补偿变压器、超导变压器、500kV 变压器等 20 多种节能变压器和节电器、电抗器的节能结构、运行、检修新特点,还讲述了各种变压器节能比较,包括卷铁心、叠铁心、箱式、干式、高燃油、防灾型、低噪声、农用、联结、不同型号、不同容量、不同温度、自冷、风冷、有载、无载、直配、过载、调容、心式、壳式、一台、多台、三相、四相的节能方案,以及变压器设计、选用,新设备节能,经济运行、并联运行、均衡运行、统筹运行、经济调度的节能。

本书适用于工厂、农村的电工、技术人员和管理人员阅读,尤其适合供电、制造、化工、冶金、矿业、建工、纺织、石油、钢铁、铁道、修理等部门人员使用,也可供相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

新型节能变压器选用、运行与维修/姚志松,姚磊编
著. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978-7-5083-8926-4

I. 新… II. ①姚…②姚… III. 节能-变压器-基本知识 IV. TM4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089387 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 28 印张 691 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

由于我国经济蓬勃发展, 各行各业对能源的需求越来越大, 据报道, 2007 年我国对进口石油依赖度达到 50%, 已进入能源预警期。世界能源价格有时很高, 能源消耗面临严峻考验, 节能工作刻不容缓。随着《中华人民共和国节约能源法》的颁布, 我国实施了把节约放在首位的能源发展战略, 先后出台了《关于加强节能工作的决定》、《配电变压器的能效限定值及节能评价标准》、《单位 GDP 能耗考核体系实施方案》和节能技改财政奖励办法, 并建立层层责任制, 把节能指标纳入各地评价体系, 作为领导和企业负责人考核内容, 推行“一票否决制”和问责制。企业每节约相当于 1t 煤的能源就奖励 200 元, 反之, 若超额消耗 1t 煤的能源就罚款 200 元。企业每少烧去 1 万 t 煤, 将少排放 3 万多吨 CO_2 气体, 大大减少对城市环境的污染, 所以提高效率不但节能, 还可改善环境污染。

据报道“十一五”期间(2006~2010 年)国家电网公司投入 8000 亿元, 南方电网公司投入 3000 亿元, 全国共将投入 11 000 亿元进行电网建设(“十五”期间全国“两网”改造总计投入 2650 亿元), 这将快速促进变压器的更新换代。2007 年, 温家宝总理在中欧工商峰会上表示, 预计未来 5 年, 我国节能环保投入 3000 亿美元, 占世界市场 30%。国际能源机构估算, 2001~2030 年我国电力投资为 1.84 万亿元。而我国电网损耗占供电容量 7.2%, 其中变压器损耗占大部分。2008 年我国变压器产量达 11 亿 kVA, 加上电网原有变压器, 构成很大的节能潜力库。因此采用节能变压器、降低变压器损耗是节能工作的重大措施。

为了适应节能的紧迫形势, 挖掘节能潜力, 本书介绍了通过材质、部件结构、工作原理和其他方法的改进而获得的节能变压器共 4 类 20 多种。如果措施组合, 节能会更多。本书除介绍结构外, 对这些新颖变压器如何选购、管理、使用、安装、试验、运行、维护、检修和仿制样机绘制方法分别作以阐述, 重点讲述了与以往普通变压器不同的地方。为防止将高损耗变压器误作节能变压器, 本书阐述了各类变压器在各种情况下的节能对比, 重点介绍了各种运行方

式的节能。本书是《变压器节能方法与技术改造应用实例》一书的姊妹书。

本书作者获得过国家发明奖，长期从事变压器设计、制造、试验、运行、安装、管理、修理、改造工作，是生产一线具有丰富生产经验的工程技术专家和高级技师，曾任省重点科研项目课题带头人和多家大型工厂顾问，到过多个国家进行变压器考察和验收。

本书汇聚了作者多年的工作实践经验，且内容新颖、全面、实用，文字精练，图文并茂，通俗易懂，详略得当，采用最新标准，可操作性强。

本书在编写过程中参考和引用了大量的文献和资料，在此对相关作者表示诚挚的感谢。参加本书编写工作的还有陈希明、张一军、赵寿生、高山、章寿源、顾克拉、王吉庆、何勇、刘洪鑫、李宏雯、潘巍巍、刘义华、周锡忠、刘东江、金敏锋、吴军、潘林凤、吴学林、胡美华、吴勇、廖凤香等，全书由姚志松负责统稿和校订。限于作者的水平，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 节能变压器的种类和损耗比	1
第一节 变压器节能的措施	1
一、降低空载损耗	1
二、降低负载损耗	1
三、降低其他部件损耗	1
四、利用工作机械的工作特性降低损耗	2
第二节 改进材质节能的变压器	2
一、超导变压器	2
二、优质硅钢片	2
三、非晶合金	3
四、低电阻导线和低损耗导线	3
第三节 改造部件结构节能的变压器	3
一、卷铁心和 R 型卷铁心变压器	3
二、立体铁心变压器	4
三、单相柱上变压器	4
四、壳式变压器	5
五、500kV 主变压器结构改进	5
第四节 根据工作原理节能的变压器	5
一、调容变压器	5
二、有载调压变压器	6
三、低压节电器	7
第五节 其他种类的节能变压器	7
一、中阻抗除尘变压器	7
二、三相五柱整流变压器	7
三、自动补偿配电变压器	8
四、节能型平波电抗器和电网调节电抗器	8
五、采用节能设计的低噪声变压器	8
六、使用 20kV 配电变压器和 35kV 直配变压器	12
七、高阻抗变压器的节能结构	12
八、有载调压粗细调或线性调比正反调电路节能	13

九、改造高损耗变压器	14
第六节 负载类型与变压器铜铁损耗比的匹配	14
一、损耗与效率	14
二、效率与负载系数的关系	15
三、按负载系数选择损耗比	16
四、总拥有费用	16
五、变压器从功率和电能角度考虑的节能运行	17
六、配电变压器在不同运行方式下的最佳负载系数与合理的铜铁损比	19
七、配电变压器建议的新系列	21
第二章 各种变压器的相互能耗比较	23
第一节 叠铁心变压器和卷铁心变压器节能比较	23
一、卷铁心变压器与叠铁心变压器的节能比较	23
二、普通卷铁心变压器和 R 型卷铁心变压器节能比较	24
三、平面卷铁心变压器与立体卷铁心变压器的节能比较	24
第二节 箱式变电站和防災型变压器的节能比较	25
一、预装箱式变电站、组合式变压器与普通油浸变压器三者的节能比较	25
二、高燃点油变压器和干式变压器、SF ₆ 变压器相互的节能比较	25
三、油浸式变压器与高燃点油变压器、干式变压器、SF ₆ 变压器的节能比较	26
第三节 联结组别不同变压器的节能比较	29
一、Z 形联结的防雷变压器与普通变压器的节能比较	29
二、Yyn0 联结变压器与 Dyn11 联结变压器的节能比较	33
三、Dyn11 联结变压器与 Yzn11 联结变压器的节能比较	36
第四节 低噪声变压器与普通变压器的节能比较	36
一、变压器噪声的主要来源	36
二、降噪措施和节能比较	36
第五节 型号中数字大与数字小的变压器节能比较	37
一、型号意义简述	37
二、变压器型号中性能水平代号数字大小的节能比较	38
第六节 变压器容量选择大小的节能比较	43
一、选择容量大小的可能误区	43
二、变电单耗及最佳负载系数	43
三、各类区域的划分及临界条件	45
四、结论	48
第七节 农用变压器与普通变压器的节能比较	50
一、概述	50
二、农用变压器的结构特点及工艺方法	50
三、农用变压器的性能验证及数据	51
第八节 变压器运行温度高低的节能比较	53
一、变压器运行环境温度与损耗的关系	53
二、降低变压器运行环境温度而减少直流电阻损耗的计算公式	53

三、案例分析	54
第九节 其他变压器的节能比较	54
一、自冷变压器与风冷变压器节能比较	54
二、6kV 变压器与 10kV (或 10kV 升 20kV) 变压器的节能比较	55
三、有载调压变压器与无载 (无励磁) 调压变压器节能比较	57
四、普通配电变压器与直配配电变压器的节能比较	58
五、采用一台与多台变压器的节能比较	59
六、变压器过载运行与正常运行的节能比较	59
七、非晶合金变压器与普通硅钢片变压器的节能比较	59
八、单相柱上变压器与三相配电变压器的节能比较	59
九、调容变压器与普通油浸变压器的节能比较	59
十、特种变压器与普通电力变压器的节能比较	60
十一、三相输电与四相输电变压器的节能比较	60
十二、心式变压器和壳式变压器的节能比较	62
第三章 非晶合金片和非晶合金变压器	63
第一节 非晶合金变压器国内外生产应用情况	63
一、非晶合金变压器的型号和标准	63
二、铁心材料的发展过程	64
三、国内外非晶变压器生产应用情况	66
第二节 非晶合金的特性和制造工艺	70
一、非晶合金的制造工艺	70
二、非晶合金的特性	72
第三节 非晶合金叠片条带	75
一、概述	75
二、电力铁心片的磁特性	76
三、电力铁心片磁特性的方向性和操作性能	76
四、电力铁心片的剪切特性	77
五、压力敏感性	77
第四节 非晶合金变压器与传统变压器的不同之处	78
第四章 非晶合金变压器的制造	80
第一节 非晶合金变压器的电磁设计	80
一、非晶合金变压器主要参数的确定	80
二、非晶合金变压器的电磁计算	81
第二节 非晶合金变压器的结构设计	83
一、铁心结构	83
二、绕组夹紧结构	90
三、器身定位结构	90
四、绕组结构	91
第三节 非晶合金变压器器身装配的主要工艺过程	92

一、铁心的处理	92
二、铁心和器身装配	92
三、器身和油箱装配前的检查	94
四、生产非晶合金变压器的技术难点及相应措施	94
第四节 矩形绕组及其绕制工艺	95
一、矩形绕组的结构	95
二、矩形绕组的绕制工艺	96
第五节 非晶合金带横剪机和控制系统	100
一、概述	100
二、变尺寸控制系统及功能	101
三、程序设计	102
第六节 非晶合金铁心搭接缝形式的比较	104
一、搭接缝卷铁心结构	104
二、直列分布搭接缝与扇形分布搭接缝结构的特点	105
三、铁心成型步骤	105
第七节 非晶干式变压器的几个关键技术问题	107
一、概述	107
二、噪声控制	107
三、机械强度	109
四、抗短路能力	109
五、冷却气道	110
第五章 非晶变压器的选用、运行和维修	111
第一节 非晶合金变压器的技术经济分析	111
一、决定是否采用非晶合金变压器的因素	111
二、沈阳变压器研究所对采用非晶变压器的经济性分析	112
三、新地变压器公司对非晶变压器的经济性分析	114
四、江苏吴江市对非晶合金变压器的综合经济分析	115
五、应用国际通用公式对非晶变压器的经济评价	117
第二节 非晶合金变压器的选购和订货	120
一、非晶合金变压器可靠性应考虑的问题	120
二、选厂复验要点	121
第三节 非晶合金变压器订货技术规范	124
一、订货技术规范范围	124
二、订货依据	124
三、对供货方要求	125
四、技术要求	126
五、试验	128
六、装运	129
第四节 非晶合金变压器运行维修要点	129
一、用途及特点	129

二、运输	129
三、验收与储存	130
四、安装与维护	130
五、投入运行和检修	130
六、对不同制造方法和不同型号非晶变压器的维护	131
七、非晶合金变压器的噪声	131
第五节 非晶合金变压器空载试验特点	133
一、空载试验方法	133
二、非晶合金变压器铁心结构对测试数据的影响	133
第六节 三相五柱变压器测量直流电阻	136
一、测试变压器直流电阻的等效电路	136
二、三相五柱变压器结构及磁路分析	137
三、变压器直流电阻缩短测试时间的方法	137
四、采用三通道法测量三相变压器直流电阻	140
第七节 非晶合金变压器耐压试验的特点	142
一、非晶变压器与一般变压器构造不同引起主电容变化	142
二、变压器主电容对耐压试验的影响	143
三、试验变压器的容量选择	144
第八节 非晶合金变压器的其他试验特点	144
一、非晶合金变压器的电压容升特性	144
二、非晶合金变压器的负压增耗特性	145
第六章 超导变压器	146
第一节 超导体和超导材料	146
一、概述	146
二、低温超导体和高温超导体	150
三、超导变压器发展概况	152
第二节 低温超导变压器结构特点	153
一、基本结构	153
二、绕组结构	154
三、真空箱	156
四、套管和引线	157
五、故障和保护	158
六、与一般变压器的比较	158
第三节 高温超导变压器的结构和使用	159
一、高温超导变压器的使用意义	159
二、高温超导变压器的结构和特点	159
三、国外开发高温超导变压器的动态	160
四、1000kVA 单相超导变压器的开发和结构	161
五、努力方向	163

第七章 单相柱上变压器	166
第一节 江苏单相配电技术的实践	166
一、典型引路和稳步推进	166
二、单相供电的优势	167
第二节 辽宁单相柱上变压器的实践	168
一、概述	168
二、实施范例	168
三、综合效益分析	169
四、实施与展望	169
第三节 山西省单三相混合供电制的实践	170
一、需要单三相供电的原因	170
二、10kV 单相工程与 10kV 三相工程投资对比	170
三、单相与三相供电降损节能方面对比	170
四、动力用电试验	172
第四节 设计思想、原理、适用范围和注意事项	173
一、概述	173
二、单相变压器设计思想	174
三、单相卷铁心变压器基本原理	174
四、单相卷铁心变压器的适用范围	174
五、单相卷铁心变压器在实际安装及应用中的注意事项	175
第五节 性能特点和数据	176
一、性能特点	176
二、国产单相柱上式变压器技术数据	177
第六节 单相柱上变压器的结构	179
一、变压器的外形	179
二、变压器的铁心	179
三、变压器的绕组	180
四、变压器的器身	180
五、卷铁心单相柱上变压器的制造工艺	180
第七节 单相柱上变压器供电的优点和经济效益	181
一、使用单相柱上变压器的优点	181
二、使用单相柱上变压器的经济效益	182
第八节 美国使用的柱上变压器保护方式	183
一、概述	183
二、美国使用的柱上变压器保护	183
第九节 全自保护柱上变压器的过热特性	185
一、概述	185
二、变压器过载热特性的计算	185
三、变压器过载热特性试验	188
第八章 卷铁心变压器的制造	190

第一节 节能原理和概述	190
一、卷铁心变压器概况和节能原理	190
二、单相卷铁心变压器	191
三、三相卷铁心变压器和适用范围	191
第二节 卷铁心变压器制作关键工艺和卷绕设备	192
一、卷铁心和剪切卷绕设备	192
二、卷铁心的退火工艺	196
三、绕组绕制及专用设备	196
四、制造工艺综述	197
第三节 步进开口卷铁心绕制生产线	197
一、概述	197
二、全自动开口环形步进卷铁心绕制生产线	198
第四节 仿制样机的测绘和分析	200
一、样机参数比较和测绘	200
二、全密封结构波纹油箱的性能分析	201
三、三相卷铁心结构参数和性能分析	202
四、关键材料铜导线技术参数的确定	203
五、样机设计参数的反求分析	203
六、样机结构特点和新工艺应用	205
第五节 卷铁心变压器铁心质量计算	206
一、单相卷铁心	206
二、三相三柱平面卷铁心	207
第六节 卷铁心退火炉的自行制作	209
一、概述	209
二、炉体结构组成及特点	209
三、温度调节控制柜	210
第九章 R型卷铁心变压器和立体铁心变压器的制造	211
第一节 R型卷铁心变压器的关键工艺和节能原理	211
一、概述	211
二、R型卷铁心变压器的结构和关键工艺	212
三、R型卷铁心变压器节能原理	213
第二节 R型铁心材料剪切利用率分析	213
一、R型铁心材料剪切利用率的计算	213
二、带料宽度的计算公式	214
三、R型铁心的材料利用率分析	216
四、计算实例	216
第三节 立体卷铁心变压器概况	217
一、立体铁心变压器发展的来由及名称型号	217
二、立体铁心概述	219
第四节 立体卷铁心变压器的制作和节能原理	221

一、立体卷铁心和制造设备·····	221
二、立体卷铁心变压器的绕组及其他结构·····	224
三、立体铁心变压器节能原理·····	225
第五节 三相立体卷铁心变压器电磁分析计算·····	226
一、磁通计算·····	226
二、铁心磁通密度和铁心环磁通密度的波形分析·····	227
三、损耗和励磁计算·····	228
四、计算方法与结果验证·····	230
第六节 粘接式立体卷铁心变压器·····	231
一、粘接式比夹持式优点·····	231
二、铁心粘结工艺·····	232
第十章 卷铁心、R型和立体卷铁心变压器的安装、运行和维修·····	234
第一节 中小型卷铁心油浸变压器的安装使用维护·····	234
一、总则和运输·····	234
二、验收和储存·····	234
三、变压器的检查·····	235
四、不经干燥投入运行的条件·····	235
五、变压器的干燥处理方法·····	236
六、总装配·····	238
七、变压器的准许运行方式·····	239
八、电力变压器的运行维护·····	240
九、农用变压器使用注意事项·····	241
第二节 大型主变压器的安装使用·····	241
一、总则和运输·····	241
二、器身检查·····	242
三、总装配程序及注意事项·····	242
四、变压器投入运行前的检查、调试和合闸·····	243
五、变压器的维护·····	244
第三节 叠、卷铁心变压器易发生的质量问题·····	244
一、中小型变压器制造中易发生的问题·····	244
二、卷铁心变压器制造中易发生问题及改进·····	250
三、干式变压器选用原则·····	252
第四节 干式立体卷铁心和普通油浸变压器的维护·····	254
一、普通油浸变压器的运行监视·····	254
二、较大容量干式变压器的维护·····	257
三、小容量干式变压器的维护·····	258
第五节 卷铁心变压器在箱式变电站中的安装、使用、维护·····	260
一、箱式变电站的形式·····	260
二、箱式变电站设计中应注意的问题·····	260
三、箱式变电站的安装、使用和维护·····	261

第六节 卷铁心变压器试验中应注意的问题	263
一、选购变压器时需重视验收试验	263
二、卷铁心变压器外施耐压试验问题	263
三、吸收比不合格时对绕组绝缘的准确判断	264
第七节 卷铁心变压器的故障分析和检修	266
一、配电变压器火灾发生的原因和防止	266
二、运行中变压器故障特征和综合检测	267
三、变压器故障的原因及防范	270
四、卷铁心变压器的检修	274
第十一章 高阻抗和除尘、整流变压器的节能结构	275
第一节 高阻抗变压器概述	275
一、使用高阻抗变压器的原因	275
二、如何生成高阻抗变压器	275
三、阻抗与损耗的关系	276
第二节 高阻抗变压器的节能结构	276
一、山东电力设备厂的实例	276
二、保定天威保定电气公司实例	280
第三节 除尘变压器的结构特点	282
一、高压静电除尘设备的原理结构	282
二、目前除尘变压器的两大系列产品	286
三、除尘变压器直流电压接线	286
四、除尘变压器直流电压分析	288
五、除尘变压器输出直流电压飙升分析	289
第四节 除尘变压器与机械本体的匹配	290
一、高压硅整流设备匹配中的短路阻抗问题	290
二、选配高阻抗变压器与低阻抗变压器使用中的利弊问题	291
三、设计选型中的电流和电压选配问题	291
四、供电方式和控制特性的选配	292
第五节 除尘变压器的节能结构设计	293
一、高阻抗变压器设计	293
二、中阻抗变压器设计	294
三、除尘变压器负载损耗的计算	294
四、损耗对比和结论	295
第六节 电除尘节电技术和改造	296
一、电除尘节电方法概述	296
二、减少和杜绝无谓的功率消耗	297
三、采用少火花运行	297
四、自动调节参数	297
五、采用间歇供电或简易脉冲供电	298
六、除尘器绝缘子的改造措施	298

第七节 除尘变压器主绝缘结构的改进	299
一、主绝缘结构简介	299
二、装配工艺简介	299
三、绝缘强度和效益比较	300
第八节 高压整流变压器用改造接法来降损	301
一、对高压整流变压器要求	301
二、工作原理	301
三、运行分析	302
四、应用实例	303
第十二章 节电器、补偿变压器、电抗器及 500kV 变压器节能结构	305
第一节 异步电动机节电器	305
一、概述	305
二、调压节能原理	307
三、控制系统的构成	309
四、简化节电器	309
五、电动机诺拉节能控压器	309
六、节电器在自动扶梯中的应用	310
七、智能节电器在磕头式抽油机中的应用	312
第二节 变压器低压节电器	314
一、概述	314
二、ECO-T-TC 型低压节电器的结构和规格	315
三、ECO-T-FVR 型低压节电器	317
四、低压节电器节能原理	319
五、ECO-S 型节电器	323
第三节 高功率因数自动补偿配电变压器	325
一、概述	325
二、控制原理和结构	325
三、产品试制总结	327
第四节 节能电抗器	328
一、节能型中频平波电抗器	328
二、磁控电抗器的工作原理	331
三、调匝可控并联电抗器	332
第五节 500kV 主变压器的降损结构和选型	332
一、500kV 主变压器的降损结构	332
二、500kV 主变压器的容量选择	334
三、三相共体变压器与单相变压器组的选择	335
四、普通变压器与自耦变压器的选择	335
五、有载调压与无励磁调压的选择	336
六、首端调压与末端调压的选择	336
七、冷却方式的选择	336

八、三次侧容量及电压的选择	337
九、对损耗值要求的准确定位	338
十、尺寸与质(重)量需考虑的问题	338
十一、扩建第二组变压器需考虑的问题	339
第十三章 变压器设计和选用的节能	341
第一节 型号选择和选择原则	341
一、电压和损耗	341
二、设计变压器的基本定则	343
三、选择原则	343
四、变压器及相关产品的选购	344
五、变压器型号选择	346
第二节 变压器容量台数的选择	347
一、选择误区	347
二、容量和台数选择应注意的因素	347
三、电力变压器选择方法	349
四、变压器经济容量的确定	351
五、企业自用变电所主变压器容量的选择	353
第三节 变电所所用变压器容量的选择	355
一、所用变压器容量选择过大的原因	355
二、实例分析所用变压器不同容量的效益	356
三、所用变压器容量选择及运行管理	357
第四节 安装位置的选择	358
一、配电变压器安装位置的选择	358
二、住宅变电所位置的选择	360
三、电力主变压器变电所所址的选择	360
第五节 变压器合理选用的实例	361
一、负荷计算和无功补偿	361
二、变压器经济运行容量的确定	361
三、供电方案选择	362
第六节 农村配电变压器合理选用的实例	363
一、配电变压器容量的选择	363
二、配电变压器的安装	365
三、应用举例	365
第十四章 防治谐波与负载不平衡及用统筹和设备节能	367
第一节 谐波的防治	367
一、谐波的产生	367
二、高次谐波对电气设备的影响	368
三、消除高次谐波的对策	373
四、国外对谐波和低负载给变压器影响的看法	373

第二节 负载不平衡的危害及防治·····	375
一、变压器的不对称运行·····	375
二、负载不平衡的防治·····	376
三、三相不平衡及无功补偿·····	379
第三节 变压器统筹节电的几种方法·····	380
一、节电的几种方法·····	380
二、主变压器的优化调整·····	384
三、配电网节能的技术措施·····	385
四、消除变压器空载现象·····	386
第四节 空载变压器投切装置·····	386
一、圆盘式中性点开关投切空载变压器节电装置·····	386
二、变压器空载自动切断装置·····	387
第五节 用新装置和新材料节能·····	388
一、使变压器高效利用的低压环流控制装置·····	388
二、分相式无功补偿装置·····	389
三、导电膏·····	391
四、推广利用新技术和新设备·····	392
第十五章 变压器的经济运行 ·····	394
第一节 变压器经济运行方式和应用·····	394
一、变压器经济运行和负载类型·····	394
二、变压器的负载与损耗的关系·····	394
三、不同运行方式下变压器有功和无功功率损耗的比较·····	396
四、干式变压器的经济运行·····	400
五、变压器效率的计算·····	401
第二节 针对不同要求的最佳负载率·····	402
一、电力变压器最佳负载率的表达形式·····	402
二、各种最佳负载率的适用范围·····	404
三、公式分析·····	405
第三节 35kV 变电站经济调度方案的制订 ·····	405
一、变压器的经济负载系数·····	406
二、变电站的经济运行·····	407
第四节 110kV 变电所主变压器经济调度方案的制订 ·····	409
一、主变压器经济运行原理·····	409
二、110kV 变电所经济运行理论分析 ·····	410
三、理论分析在实际运行中的应用·····	412
四、效益分析·····	413
第五节 电力用户经济功率因数数值的确定·····	414
一、概述·····	414
二、按年运行费用最小的原则决定电力用户的经济功率因数 ·····	414
三、三种供电方式下的用户经济功率因数 ·····	415