

高等院校电气工程系列教材

电机与拖动

戴文进 陈瑛 等 编著

清华大学出版社

高等院校电气工程系列教材

电机与拖动

戴文进 陈瑛 等 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书主要论述电机原理与电力拖动基础。全书涵盖变压器、直流电机、异步电机、同步电机、控制电机等电机学内容,以及电力拖动系统动力学基础、直流电动机的电力拖动、三相异步电动机的电力拖动、电力拖动系统中电动机容量的选择等电力拖动的内容。每章安排有例题与习题,书后附有部分习题参考答案。

本书可作为自动化专业“电机与拖动”课程的教材,也可作为其他相关专业的“电机学”课程和“电力拖动基础”课程的教材,还可供有关技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动/戴文进,陈瑛等编著. —北京:清华大学出版社,2008.7

(高等院校电气工程系列教材)

ISBN 978-7-302-17381-6

I. 电… II. ①戴… ②陈… III. ①电机—高等学校—教材 ②电子传动—高等学校—教材 IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 055129 号

责任编辑:邹开颜

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京国马印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.25

字 数:417 千字

版 次:2008 年 7 月第 1 版

印 次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.80 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:025729-01

随着我国高等教育规模的不断扩大,高等教育正逐步朝着大众化教育方向转型。当前,教育对象的特点发生了较大的变化,而教学内容与课程体系的改革则相对滞后。部分教材内容陈旧、体系老化,这个问题亟待解决。

“电机与拖动”是“自动化”专业领域内各专业方向的一门重要的专业基础课。近年来,随着科学技术的不断发展,许多新技术与新材料的不断涌现,对该门课程的教材内容提出了更新要求。“电机与拖动”的相关教材虽已有多种版本,但其中“电机学”的内容在编写体系上大都沿用电机制造专业的教材编写方法。教材中关于结构的介绍过于繁杂,内部的电磁现象的描述过于细致,已不能适应“自动化”专业需要。

此外,由于教学改革的需要,专业课的学时数已大幅精简。因而,课程内容与学时之间的矛盾更显突出,这便要求该门课程的教材在篇幅上大幅精简。

本书正是出于上述考虑而编写的一本新的“电机与拖动”教材。在本书编写过程中,对其中的一些内容做了增减,如在“电机原理”部分,舍去了各种电机的内部结构和电磁现象的细节描述;在“电力拖动”部分,舍去了一些繁杂而不实用的内容;在“电力拖动系统中电动机容量的选择”部分,加入了工程中较为实用的确定电动机容量的统计法和类比法。因此,不仅能满足当前减少学时,精简内容的教改要求,而且更具实用性,更能适合“自动化”专业的需要。

本书由南昌大学戴文进教授和陈瑛老师担任主编,负责全书的总体构思和统稿工作。戴文进教授撰写第2章“电力拖动系统动力学基础”、第7.7节“自控式三相同步电动机”、第8章“控制电机”,以及第9.2节“连续工作方式下电动机容量的选择”。陈瑛老师撰写第3章“直流电机”、第4章“直流电动机的电力拖动”,以及第7章“同步电机”(除其中的第7.7节)。肖倩华老师撰写第5章“异步电机”和第6章“三相异步电动机的电力拖动”。夏永洪老师撰写了第1章“变压器”和第9章“电力拖动系统中电动机容量的选择”(除其中的第9.2节)。

本书所有作者都长期在“电机与拖动”课程的教学第一线,且对该门课程的教学改革也有一定体会。但毕竟水平有限,加之本书在结构体系和内容取舍上均作了较大改革,书中谬误在所难免,敬请读者不吝赐教。

编著者

2008年6月 于南昌大学

主要符号表

A	散热系数	m	质量;相数;起动级数
a	绕组并联支路对数	N	绕组匝数;磁极
B	磁感应强度,磁通密度	n	转速
C	热容量	n_1	同步转速
C_e	电动势常数	P	功率
C_T	转矩常数	P_{em}	电磁功率
D	直径;调速范围	P_{mec}	机械功率
E, e	感应电动势,电动势瞬时值	p	磁极对数
E_1, E_2	一次(定子)绕组感应电动势,二次(转子)绕组感应电动势	p_0	空载损耗
$E_{1\sigma}, E_{2\sigma}$	一次(定子)绕组漏感电动势,二次(转子)绕组漏感电动势	p_{ad}	附加损耗
E_a, e_a	电枢感应电动势,反电动势	p_{Cu}	铜耗
F_1, F_2	定子磁动势,转子磁动势	p_{Fe}	铁耗
F_a	电枢磁动势	p_k	短路损耗
F_f	励磁磁动势	Q	无功功率;热量
f	电磁力;频率;磁势瞬时值	q	每极每相槽数
G	重量	R	电阻;半径
g	重力加速度;气隙长度	R_a	电枢电阻
GD^2	飞轮矩	R_f	励磁电阻
H	磁场强度	R_k	短路电阻
I, i	电流,电流瞬时值	R_m	磁阻;励磁电阻
I_k	短路电流	S	视在功率;面积;磁极
I_{st}	起动电流	s, s_m	转差率,临界转差率
J	转动惯量	T	转矩,电磁转矩
j	传递转速比;复数因子	T_0	空载转矩
K	系数、常数、比值;变压器变比	T_L	负载转矩
K_A	自耦变压器变比	T_{max}	最大转矩
K_1	起动电流倍数	T_{st}	起动转矩
K_M	过载能力	t	时间
K_N	绕组系数	U, u	电压,电压瞬时值
K_q	绕组的分布系数	U_1, U_2	变压器一次、二次侧电压
K_{st}	起动转矩倍数	U_a	直流电机电枢电压
K_y	绕组的短距系数	U_f	励磁电压
k_e	异步电动机电压比	V	体积
k_i	异步电动机电流比	v	速度,线速度
L_σ	漏电感	W	能量
l	长度	X	电抗
		$X_{1\sigma}, X_{2\sigma}$	一次(定子)绕组漏电抗,二次(转子)绕组漏电抗

X_k	短路电抗
X_m	励磁电抗
y	电机绕组节距
Z	槽数; 阻抗
Z_1, Z_2	一次(定子)绕组漏电抗, 二次(转子)绕组漏电抗
Z_k	短路阻抗
α	槽距角; 夹角
β	机械特性斜率; 负载系数
δ	放大系数; 静差率; 调速比; 气隙长度
Δn	转速降落
η	效率
η_c	传动装置的传递效率
θ	功率角; 温度

λ	磁导; 允许过载倍数
μ	磁导率
μ_0	真空磁导率
μ_r	相对磁导率
τ	极距; 温升
Φ, ϕ	磁通
Φ_0	空载磁通
Φ_m	主磁通最大值
φ	相位角; 阻抗角
φ_1	一次侧、定子相位角; 阻抗角
φ_2	二次侧、转子相位角; 阻抗角
Ψ, ψ	磁链; 平滑系数
Ω	机械角速度
ω	电气角速度; 角频率

第 1 章 变压器	1
1.1 概述	1
1.1.1 变压器的用途	1
1.1.2 变压器的分类	1
1.1.3 变压器的基本工作原理	2
1.1.4 变压器的基本结构	2
1.1.5 变压器的额定值	3
1.2 变压器的运行分析	5
1.2.1 变压器的空载运行	5
1.2.2 变压器的负载运行	11
1.3 变压器的参数测定	16
1.3.1 空载实验	16
1.3.2 短路实验	17
1.3.3 阻抗电压	18
1.3.4 标么值	20
1.4 变压器的运行特性	22
1.4.1 电压变化率和外特性	22
1.4.2 变压器的效率和效率特性	23
1.5 三相变压器	25
1.5.1 三相变压器的磁路系统	25
1.5.2 三相变压器的绕组接法和联结组别	26
1.5.3 三相变压器的绕组联结和磁路系统对电动势波形的影响	30
1.5.4 三相变压器的并联运行	31
1.6 特种变压器	34
1.6.1 自耦变压器	34
1.6.2 仪用互感器	36
习题	37

第2章 电力拖动系统动力学基础	41
2.1 电力拖动系统运动方程	41
2.2 负载转矩和飞轮矩的折算	43
2.2.1 负载转矩的折算	43
2.2.2 飞轮矩的折算	45
2.2.3 位能性负载升降运动的折算问题	47
2.3 典型负载转矩特性	49
2.3.1 恒转矩负载特性	49
2.3.2 恒功率负载特性	50
2.3.3 泵类负载转矩特性	50
2.4 电力拖动系统稳定运行条件	51
习题	53
第3章 直流电机	55
3.1 概述	55
3.1.1 直流电机的用途	55
3.1.2 直流电动机的工作原理	55
3.1.3 直流发电机的工作原理	56
3.1.4 直流电机的基本结构	57
3.1.5 直流电机的额定值	59
3.1.6 直流电机的励磁方式	60
3.2 直流电机的电枢绕组和电枢反应	61
3.2.1 直流电机的电枢绕组	61
3.2.2 直流电机的电枢反应	64
3.3 直流电机的感应电动势和电磁转矩	66
3.3.1 电枢绕组的感应电动势	66
3.3.2 直流电机的电磁转矩	67
3.4 直流发电机	69
3.4.1 直流发电机中的能量转换	69
3.4.2 直流发电机中的基本方程式	69
3.4.3 直流发电机的运行特性	72
3.5 直流电动机	74
3.5.1 电机的可逆原理	74
3.5.2 直流电动机的基本方程式	75
3.5.3 直流电动机的工作特性	79
习题	81

第4章 直流电动机的电力拖动	84
4.1 他励直流电动机的机械特性	84
4.1.1 固有机械特性	85
4.1.2 人为机械特性	85
4.1.3 他励直流电动机机械特性的工程计算与绘制	87
4.2 他励直流电动机的起动	89
4.2.1 直接起动	89
4.2.2 降压起动	89
4.2.3 电枢回路串电阻分级起动	90
4.3 他励直流电动机的制动	93
4.3.1 能耗制动	93
4.3.2 反接制动	95
4.3.3 回馈制动	98
4.4 他励直流电动机的调速	100
4.4.1 调速指标	100
4.4.2 他励直流电动机的各种调速方法	102
4.4.3 调速方式及其与负载的合理配合	104
4.5 他励直流电动机的过渡过程	106
4.5.1 机械过渡过程的一般规律	106
4.5.2 他励直流电动机起动时的过渡过程	108
4.5.3 他励直流电动机制动时的过渡过程	110
4.5.4 他励直流电动机过渡过程中的能量损耗	114
4.6 串励与复励直流电动机拖动系统的运行	116
4.6.1 串励直流电动机的机械特性	116
4.6.2 串励直流电动机的起动与调速	117
4.6.3 串励直流电动机的制动	117
4.6.4 复励直流电动机拖动系统的运行	119
习题	119
第5章 异步电机	122
5.1 概述	122
5.1.1 三相异步电动机的工作原理	122
5.1.2 三相异步电动机的基本结构	125
5.1.3 三相异步电动机的额定值	129
5.2 三相绕组的电动势和磁动势	129
5.2.1 三相绕组的电动势	129
5.2.2 三相绕组的磁动势	131

5.2.3 电动势和磁动势平衡方程	134
5.3 三相异步电动机的运行分析	136
5.3.1 转子绕组折算	136
5.3.2 基本方程式	138
5.3.3 等效电路	138
5.3.4 相量图	139
5.4 三相异步电动机的功率和转矩	141
5.4.1 三相异步电动机的功率平衡	141
5.4.2 三相异步电动机的转矩平衡	142
5.5 三相异步电动机的工作特性	144
5.5.1 转差率特性 $s=f(P_2)$	144
5.5.2 转矩特性 $T_2=f(P_2)$	144
5.5.3 定子电流特性 $I_1=f(P_2)$	145
5.5.4 功率因数特性 $\cos \varphi_1=f(P_2)$	145
5.5.5 效率特性 $\eta=f(P_2)$	145
5.6 三相异步电动机参数的测定	145
5.6.1 空载实验	146
5.6.2 短路实验	147
5.7 单相异步电动机	148
5.7.1 工作原理	148
5.7.2 起动方法	149
5.8 三相异步发电机	150
5.8.1 与电网并联运行的三相异步发电机	150
5.8.2 单独运行的三相异步发电机	152
习题	153
第6章 三相异步电动机的电力拖动	156
6.1 三相异步电动机的机械特性	156
6.1.1 三相异步电动机机械特性的三种表达式	156
6.1.2 三相异步电动机机械特性的计算与绘制	159
6.1.3 三相异步电动机的固有机械特性	159
6.1.4 三相异步电动机的人为机械特性	160
6.2 三相异步电动机的起动	162
6.2.1 三相异步电动机的起动问题及直接起动的条件	162
6.2.2 三相笼型异步电动机的降压起动	163
6.2.3 三相绕线型异步电动机的起动	166
6.2.4 改善起动性能的三相笼型异步电动机	169

6.3 三相异步电动机的制动	170
6.3.1 能耗制动	171
6.3.2 反接制动	174
6.3.3 回馈制动	176
6.4 三相异步电动机的调速	179
6.4.1 变极调速	179
6.4.2 变频调速	183
6.4.3 变转差率调速	185
6.5 三相异步电动机过渡过程的能量损耗	191
6.5.1 过渡过程能量损耗的一般表达式	192
6.5.2 各种过渡过程中的能量损耗	192
6.5.3 减少过渡过程能量损耗的方法	194
习题	194
第7章 同步电机	198
7.1 概述	198
7.1.1 同步电机的分类和用途	198
7.1.2 三相同步电机的工作原理	198
7.1.3 三相同步电机的基本结构	200
7.2 三相凸极同步电动机的电动势相量图	201
7.3 三相同步电动机的功率和转矩	203
7.3.1 同步电动机的功率平衡方程	203
7.3.2 同步电动机的转矩平衡方程	204
7.4 三相凸极同步电动机的功角特性和矩角特性	204
7.5 三相同步电动机的励磁调节与 U 形特性曲线	205
7.5.1 三相同步电动机的励磁调节	206
7.5.2 三相同步电动机的 U 形曲线	206
7.5.3 同步补偿机	207
7.6 三相同步电动机的起动	208
7.6.1 辅助电动机起动	209
7.6.2 变频起动	209
7.6.3 异步起动	209
7.7 自控式三相同步电动机	210
7.7.1 基本结构	210
7.7.2 工作原理	211
7.7.3 转速方程式及调速方法	213
7.7.4 机械特性及调速性能	215
习题	216

第 8 章 控制电机	218
8.1 概述	218
8.1.1 控制电机的特点	218
8.1.2 控制电机的种类	218
8.1.3 控制电机的作用	219
8.2 伺服电动机	219
8.2.1 交流伺服电动机	219
8.2.2 直流伺服电动机	224
8.3 测速发电机	226
8.3.1 交流空心杯转子异步测速发电机	227
8.3.2 直流测速发电机	229
8.4 自整角机	231
8.4.1 自整角机的种类	231
8.4.2 自整角机的基本结构及工作原理	231
8.4.3 自整角机的误差分析	235
8.5 旋转变压器	236
8.5.1 旋转变压器的种类	236
8.5.2 旋转变压器的基本结构和工作原理	236
8.5.3 线性旋转变压器的工作原理	239
8.6 步进电动机	240
8.6.1 步进电动机的工作原理	241
8.6.2 步进电动机的特性	244
习题	246
第 9 章 电力拖动系统中电动机容量的选择	248
9.1 概述	248
9.1.1 决定电动机容量的主要因素	248
9.1.2 过载能力及起动能力的校验	249
9.1.3 电动机的温升及温升限值	250
9.1.4 电动机的发热和冷却过程	250
9.1.5 电动机的工作方式	252
9.2 连续工作方式下电动机容量的选择	253
9.2.1 连续常值负载下的电机容量选择	254
9.2.2 连续周期性变化负载下的电动机容量选择	257
9.3 短时工作方式下电动机容量的选择	263
9.3.1 短时工作方式下连续工作制电动机的容量选择	264
9.3.2 短时工作方式下短时工作制电动机容量的选择	265

9.4 周期性断续工作方式下电动机容量的选择	267
9.5 确定电动机容量的统计法和类比法	269
9.5.1 统计分析法	270
9.5.2 类比法	270
习题	271
部分习题参考答案	273
参考文献	278

第 1 章

变压器

变压器是利用电磁感应原理来改变电压的一种静止的电能量转换装置,广泛应用于国民经济的各个领域。本章以普通双绕组电力变压器为主要研究对象,首先介绍变压器的用途、分类、基本结构和额定数据;之后重点研究单相变压器在稳态和对称运行条件下的基本原理及运行特性,对于三相变压器仅就其特点加以论述;最后,简单地介绍两种特种变压器的结构特点及其工作原理。

1.1 概述

1.1.1 变压器的用途

变压器是一种静止的电气设备,它运用电磁感应原理,将一种交流电能转换成频率相同的另一种交流电能。

在电力系统中,为了将发电站的大功率电能输送到远距离的用户区,采用高压输电才是经济合理的。因为当输送的功率一定时,电压越高,线路中的电流就越小,则输电线路的功率损耗和电压降也越小。因此需要采用升压变压器,将发电机发出的电压(通常只有 $10.5\text{ kV}\sim 20\text{ kV}$)逐级升高到 $220\text{ kV}\sim 500\text{ kV}$;当电能输送到用户区后,又需要采用降压变压器,将其逐级降到各种配电电压,供动力设备和照明设备使用。由此可见,变压器在电力系统中具有重要的作用。

此外,变压器在其他部门中也被广泛应用,如测量交流电能的仪用互感器,用于整流、高压实验、矿井等特殊场合的专用变压器,用于自动控制系统中的小功率变压器等。

1.1.2 变压器的分类

变压器有多种分类方法。下面将按变压器的用途、绕组数目、相数、冷却方式和冷却介质分别进行分类。

- (1) 按用途分:有电力变压器和特种变压器;
- (2) 按绕组数目分:有双绕组变压器、三绕组变压器和自耦变压器;
- (3) 按相数分:有单相变压器和三相变压器;
- (4) 按铁芯结构分:有芯式变压器和壳式变压器;
- (5) 按冷却方式和冷却介质分:有用油冷却的油浸式变压器和空气冷却的干式变压器。

1.1.3 变压器的基本工作原理

变压器的基本工作原理基于电磁感应定律。下面以一台单相双绕组变压器(如图 1-1 所示)为例来说明其工作原理。将与交流电源相连的绕组,称为原绕组或一次绕组,与原绕组或一次绕组有关的各物理量均标以下标“1”,如一次侧电压、电流、电阻分别表示为 u_1 、 i_1 、 R_1 ;将与负载相连的绕组,称为副绕组或二次绕组,与副绕组或二次绕组有关的各物理量均标以下标“2”,如二次侧电压、电流、电阻分别表示为 u_2 、 i_2 、 R_2 。

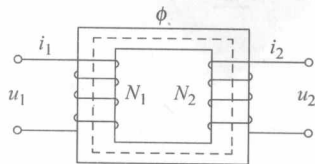


图 1-1 变压器的工作原理

当一次绕组外加交流电压 u_1 ,在一次绕组中便有交流电流 i_1 流过。因而在铁芯中产生一个与外施电压同频率的交变磁通 ϕ ,该交变磁通 ϕ 同时与一、二次绕组相交链,根据电磁感应定律,便在一、二次绕组中产生与匝数成正比的感应电动势 e_1 和 e_2 ,即

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

若不考虑变压器线圈的电阻和漏磁通,有

$$u_1 = -e_1 \propto N_1$$

$$u_2 = e_2 \propto N_2$$

用有效值表示为

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

式中, N_1 为一次绕组匝数; N_2 为二次绕组匝数。

故只要改变一、二次绕组的匝数比,便可达到改变电压的目的。当二次绕组接上用电设备,副绕组即有电能输出,从而实现能量的传递,这就是变压器的基本工作原理。

1.1.4 变压器的基本结构

铁芯和绕组是变压器中最主要的部件,其构成变压器的主体,称为器身。

1. 变压器的铁芯

铁芯既是变压器的磁路部分,又是套装绕组的骨架。为了减少铁芯中的磁滞损耗和涡流损耗铁耗,变压器铁芯通常用表面涂以绝缘漆、厚为 0.3 mm 或 0.35 mm 的冷轧硅钢片叠装而成。

铁芯分为铁芯柱和铁轭两部分。铁芯柱上套绕组,铁轭则将铁芯柱连接起来构成闭合磁路。根据铁芯的结构,变压器可分为芯式和壳式两种。芯式结构的特点是:铁轭靠着绕组的顶面和底面,而不包围绕组的侧面,这种变压器的结构简单,绕组和绝缘装配比较容易,因此电力变压器均采用芯式结构,如图 1-2 所示。壳式结构的特点是:铁轭包围绕组的顶面、底面和侧面,这种变压器的机械强度好,但制造复杂,仅在一些特种变压器或小容量变压器中采用这种结构,如图 1-3 所示。

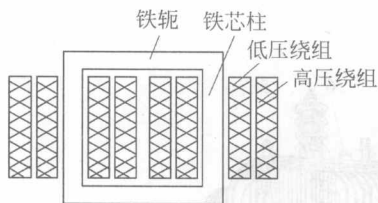


图 1-2 单相芯式变压器

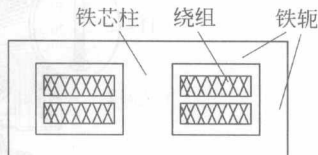


图 1-3 单相壳式变压器

2. 变压器的绕组

绕组是变压器的电路部分,由包有绝缘材料的铜(或铝)导线绕制而成。在变压器中,电压较高的绕组称为高压绕组,电压较低的绕组称为低压绕组。装配时低压绕组靠近铁芯,高压绕组套在低压绕组外面,高、低压绕组间设置有油道(或气道),以加强绝缘和散热。高、低压绕组两端到铁轭之间都要衬垫端部绝缘板。根据高、低压绕组之间的相对位置,变压器的绕组可分成同心式和交叠式两类。

同心式绕组的高、低压绕组同心地套装在芯柱上,如图 1-2 所示。同心式绕组结构简单、制造方便,国产电力变压器均采用这种结构。同心式绕组按绕制的方法不同,又分为圆筒式、螺旋式和连续式几种形式。交叠式绕组的高、低压绕组沿芯柱高度方向互相交叠放置,如图 1-4 所示。交叠式绕组机械强度较好、漏抗小、引线方便,多用于壳式变压器中。

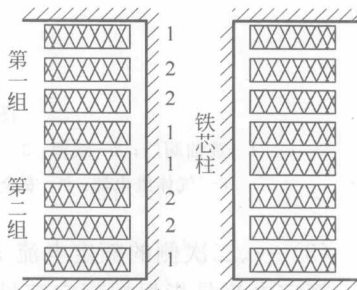


图 1-4 交叠式绕组

1—低压绕组; 2—高压绕组

3. 变压器的其他部件

除器身外,典型的油浸式电力变压器还有油箱、散热器、绝缘套管、分接开关及继电保护装置等部件。图 1-5 是一台三相油浸式电力变压器的示意图。

1.1.5 变压器的额定值

额定值是变压器制造厂对变压器在指定工作条件下运行时所规定的一些量值。当变压器在额定状态下工作时,可以保证变压器长期可靠地运行。额定值是选用变压器的依据。额定值标注在变压器的铭牌上。变压器的主要额定值如下。

(1) 额定容量 S_N

在铭牌规定的额定状态下,变压器所输出的视在功率的保证值,称为变压器的额定容量,单位为 $V \cdot A$ 或 $kV \cdot A$ 。由于变压器的效率较高,通常将变压器一次绕组、二次绕组的额定容量设计成相等。对于三相变压器,额定容量是指三相容量之和。

(2) 一、二次侧的额定电压 U_{1N} 、 U_{2N}

一次侧的额定电压 U_{1N} ,是指变压器在正常运行时一次绕组线路端子间外施电压的有效值。二次侧额定电压 U_{2N} ,是指当变压器一次侧外加额定电压 U_{1N} 时二次侧的空载电压。对于三相变压器,一、二次侧额定电压均指线电压。它们的单位均为 V 或 kV 。

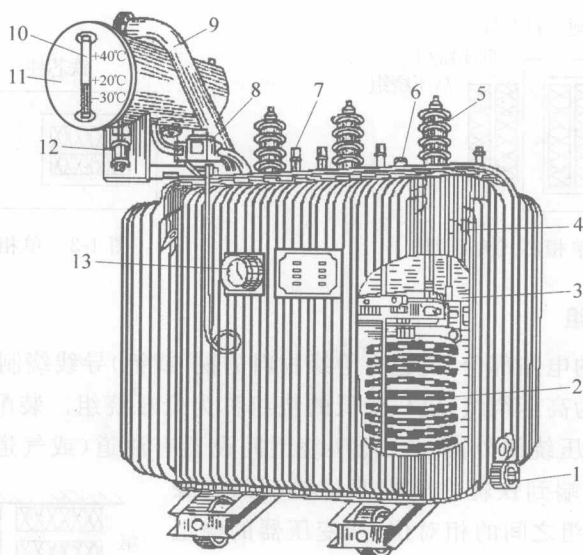


图 1-5 三相油浸式电力变压器

- 1—放油阀门；2—线圈；3—铁芯；4—油箱；5—高压套管；6—分接开关；7—低压套管；
8—气体继电器；9—安全气道；10—油表；11—储油柜；12—吸尘器；13—温度计

(3) 一、二次侧的额定电流 I_{1N} 、 I_{2N}

额定电流是指根据额定容量和额定电压计算出来的电流有效值,单位为 A。对三相变压器,额定电流系指线电流。

对单相变压器,一、二次侧额定电流分别为

$$I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}}, \quad I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}}$$

对三相变压器,一、二次侧额定电流分别为

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}}, \quad I_{2N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{2N}}$$

(4) 额定频率 f_N

额定频率的单位为 Hz,我国规定的标准工频为 50 Hz,故电力变压器的额定频率是 50 Hz。

此外,在变压器的铭牌上还标注有相数、接线图、额定运行效率、阻抗压降和温升。对于特大型变压器还标注有变压器的总质量、铁芯和绕组的质量以及储油量,供安装和检修时参考。

例 1-1 有一台三相变压器,额定容量 $S_N = 5000 \text{ kV} \cdot \text{A}$,额定电压 $U_{1N}/U_{2N} = 10 \text{ kV}/6.3 \text{ kV}$,一、二次绕组分别采用星形和三角形接法,求该变压器一、二次侧的额定线电流和额定相电流。

解 一次侧额定线电流为

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} = \frac{5000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 10 \times 10^3} = 288.7 (\text{A})$$