

高等学校試用教科書

电 机 学

上 册

华中工学院电机与电器教研室編

只限学校内部使用



中国工业出版社

73.2
673
1

高等学校試用教科书



电 机 学

上 册

华中工学院电机与电器教研室編

中国工业出版社

本书叙述交、直流电机和变压器的基本原理和结构，分析它们的运行方式和特性。全书共分上、下两册，上册包括直流电机和变压器两篇，下册包括交流电机理论的一般问题、异步电机、同步电机和交流换向器式电机四篇。

本书可供电机、电器、电机与电器、工业企业电气化、发电厂配电网及电力系统、船舶电器和电力机车等专业作为“电机学”课程的教科书，也可供电机制造厂和电力运行部门的工作人员参考之用。

电 机 学

上 册

华中工学院电机与电器教研室编

*

中国工业出版社出版（北京东黄城根路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $16 \frac{3}{4}$ · 字数 385,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数 00,001—02,237 · 定价(10-6) 2.00 元

统一书号: 15165 · 980 (一·15)

目次

前言	3
緒論	7
0-1 电机在国民經济中的作用	7
0-2 电机的主要类型	8
0-3 电机的发展簡史	9
0-4 我国电机制造工业的发展	10
0-5 苏联及世界其他国家电机制造工业的发展水平概况	13
0-6 电机制造的发展趋势及存在問題	14
0-7 电机制造工业所用的材料	15

第一篇 直流电机

第一章 直流电机的基本型式、结构及

基本元件

1-1 直流电机的基本型式及应用范围	19
1-2 直流电机的工作原理	19
1-3 直流电机结构的主要元件	22
1-4 額定值	25

第二章 直流电机空載时的磁場及空載

磁势計算

2-1 概述	26
2-2 磁路計算的基本原理	27
2-3 气隙磁势計算	28
2-4 齿磁势	30
2-5 电枢轭的磁势	32
2-6 主磁极和磁轭的磁势	33
2-7 电机的磁化曲线	34
2-8 磁路計算举例	34

第三章 直流电机的电枢繞組及电势

3-1 概述	36
3-2 繞組的分类	37
3-3 环型电枢繞組概述	37
3-4 从环型电枢繞組过渡到鼓型电枢繞組	37
3-5 鼓型电枢繞組的结构和基本特性	38
3-6 单叠繞組	42
3-7 复叠繞組	50
3-8 单波繞組	53

3-9 复波繞組	58
3-10 电枢繞組的对称条件	60
3-11 均压联接	61
3-12 蛙形繞組	67
3-13 各种型式繞組的比較及应用范围	69
3-14 直流电机电枢繞組的电势	69

第四章 直流电机負載时的磁場, 电枢

反应及其計算

4-1 負載时直流电机的磁場	74
4-2 电枢的磁势和磁場	75
4-3 横軸与纵軸电枢反应, 电枢反应磁势各分量的計算	77
4-4 发电机的电枢反应	78
4-5 电动机的电枢反应	83
4-6 負載时主磁极的磁势	83

第五章 直流电机的換向

5-1 概述	84
5-2 換向过程的本质	84
5-3 換向元件内的电势和电势平衡方程式	85
5-4 古典換向理論	86
5-5 $b_{a\kappa}=b_{\kappa}$ 时电抗电势 e_r 的确定	90
5-6 元件的換向电势 e_{κ}	92
5-7 电刷寬 $b_{a\kappa} > b_{\kappa}$ 时的換向	92
5-8 換向电流对主磁場的影响	94
5-9 火花等級的規定 火花产生的原因	94
5-10 改善換向的方法	97
5-11 換向器上的环火及其防止办法	101
5-12 电刷及其工作特性	103
5-13 換向分析与調整的實驗方法	104
5-14 換向性质的新近概念、电刷接触的本质	105

第六章 直流发电机

6-1 直流发电机的应用范围及按激磁方式的分类	107
6-2 直流发电机的能量图及电势方程式	108
6-3 电磁轉矩和轉矩方程式	109
6-4 发电机的特性曲线及电压調整率	110

6-5 他发电机的特性	111
6-6 并发电机的自激和特性	116
6-7 串发电机的特性	118
6-8 复发电机的特性	119
6-9 直流发电机的并联运行	120
第七章 直流电动机	123
7-1 电机的可逆原理	123
7-2 直流电动机按激磁方式的分类	124
7-3 直流电动机的能量图和电势方程式	124
7-4 电动机的转矩方程式	125
7-5 电动机的特性	126
7-6 直流电动机的启动	126
7-7 电动机的工作特性	128
7-8 直流电动机的机械特性	132
7-9 直流电动机的制动	134
7-10 直流电动机的调速	136
第八章 电机的能量损耗和效率	141
8-1 概述	141
8-2 损耗的分类	141
8-3 机械损耗的计算	142
8-4 基本铁耗的计算	144
8-5 基本铜耗的计算	145
8-6 附加损耗	147
8-7 直流电机的总损耗和效率	148
第九章 旋转电机的发热与冷却	149
9-1 电机制造中所用的绝缘材料及其要求	149
9-2 电机的温升及温升限度	151
9-3 电机中的传热	151
9-4 固体的发热计算原理	153
9-5 电机的主要额定工作方式	155
9-6 电机的冷却方式及分类	155
第十章 特种直流电机	159
10-1 概述	159
10-2 单极式直流电机	159
10-3 三电刷直流发电机	160
10-4 电机放大机	161
10-5 电机调节器	165
第十一章 直流电机的制造现状及其发展趋势	165
11-1 近代直流电机的制造概况及其发展趋势	165
11-2 我国直流电机的制造现状及其发展前景	167

第二篇 变压器

第十二章 变压器概论	169
12-1 变压器的工作原理及基本类型	169
12-2 变压器的基本结构元件	170
第十三章 变压器的空载运行	177
13-1 单相变压器空载运行时的物理情况	178
13-2 变压器的空载运行	179
13-3 变压器的空载损耗	184
13-4 变压器的空载试验	184
第十四章 变压器的负载运行	185
14-1 变压器负载运行时的物理情况和基本方程式	185
14-2 变压器的折合值	188
14-3 变压器负载时的向量图	189
14-4 变压器中能量的转换	190
14-5 变压器的等值电路	191
14-6 变压器的短路运行	194
14-7 付边电压的变化	197
14-8 变压器的效率	198
14-9 变压器的漏抗及其计算	200
第十五章 三相变压器	203
15-1 三相变压器的磁路系统	203
15-2 三相变压器绕组的联接法与联接组	204
15-3 三相变压器的空载运行	208
第十六章 三相变压器在不平衡负载下的运行	210
16-1 三相变压器不平衡负载运行的一般情况及其分析方法	211
16-2 Y/Y ₀ 联接时的不平衡负载运行, 零序电抗的决定	211
16-3 $\Delta/Y_0, Y/\Delta/Y_0$ 联接时的不对称负载运行	217
16-4 Y/Y, Y/ Δ , Δ/Y 联接时的不对称负载运行	217
16-5 V/V联接的变压器运行	218
第十七章 三绕组变压器	219
17-1 三绕组变压器的绕组布置和联接法	219
17-2 三绕组变压器的电势方程式、等值电路和向量图	220
17-3 三绕组变压器的参数测定	224
17-4 三绕组变压器的电压变化百分值	225
17-5 三绕组变压器的效率	226

17-6 三繞組变压器各繞組的相对容量	227	20-2 变压器突然短路时的机械应力	251
第十八章 自耦变压器	227	20-3 变压器的过电压	252
18-1 两繞組自耦变压器	228	20-4 变压器的过电压保护	255
18-2 三繞組自耦变压器的应用	231	第二十一章 变压器的发热与冷却	257
18-3 三繞組自耦变压器的基本方程式和等值 电路	233	21-1 变压器中热的发生与傳播	257
18-4 自耦变压器的特点	238	21-2 变压器各部分的温升限度	257
第十九章 变压器的并联运行	239	21-3 变压器的冷却方式	258
19-1 变压器并联运行的条件	240	21-4 变压器的温度检测和过热保护	259
19-2 組別相同但电压比和短路电压不相等的 变压器并联运行	241	第二十二章 特种型式变压器	260
19-3 組別和短路电压相同但变比不相等的变 压器的并联运行	243	22-1 变相用变压器	261
19-4 組別和变比相同但短路电压不相等的变 压器的并联运行	244	22-2 試驗用变压器	262
19-5 变压器的調压	245	22-3 电弧炉电源变压器	263
第二十章 变压器的过渡过程	247	22-4 有几个原繞組的变压器	263
20-1 变压器的过电流	247	22-5 电流互感器和电压互感器	264
		第二十三章 变压器制造現狀及其发展 趋势	265
		23-1 近代变压器发展趋势	265
		23-2 我国变压器制造业发展概况	266

73.2
673
1

高等学校試用教科书



电机学

上册

华中工学院电机与电器教研室編

中国工业出版社

本书叙述交、直流电机和变压器的基本原理和结构，分析它们的运行方式和特性。全书共分上、下两册，上册包括直流电机和变压器两篇，下册包括交流电机理论的一般问题，异步电机，同步电机和交流换向器式电机四篇。

本书可供电机、电器、电机与电器、工业企业电气化、发电厂配电网及电力系统、船舶电器和电力机车等专业作为“电机学”课程的教科书，也可供电机制造厂和电力运行部门的工作人员参考之用。

电 机 学

上 册

华中工学院电机与电器教研室编

*

中国工业出版社出版（北京东黄城根路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $16 \frac{3}{4}$ · 字数 385,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数 00,001—02,237 · 定价(10-6) 2.00 元

统一书号: 15165 · 980 (一·15)

前 言

当1958年教育革命在高等学校取得决定性胜利之后，为适应当时的新形势和满足教学要求，我室开始以集体编写方式进行“电机学”课程的教材建设。当时恰逢苏联出版了科斯泰珂院士和朴得罗夫斯基教授合著的电机学教科书，因此在学习上述苏联教材的基础上，结合我国工厂实际和我室在教学实践中的经验，在1959年上半年我室便完成了电机学教材初稿。并于1959年在我院电机与电器、工业企业电气化、发电厂配电网和电力系统等专业试用了一遍。

之后，根据初次实践的经验并吸收其他苏联教材（如1956年版的彼得罗夫著电机学第一册等）的优点，于1960年上半年由几位主讲教师与部分同学对初稿作了重大修改而完成第二次稿，并继续进行第二次试用。

今年四月，我室以第二次稿参加在上海举行的教材评选会，会上认为该教材具有内容丰富和比较全面的优点，但篇幅过多须加压缩。

上海会议后，我室即根据会议意见和最近一年来教学实践中的心得和体会，对第二次稿作了一次全面的大修改，将原来篇幅压缩了将近四分之一，并重新编写了若干篇、章，如变压器和异步电机，特别是自耦变压器、异步电机的圆图和同步电机的突然短路三章。就此完成目前印出的书稿。

本书在内容方面，基本上与1955年教育部颁布的统一大纲一致，但增添了若干新技术和新理论，以反映近代生产实践上和科学理论上的新成就。在技术资料方面，尽量采用本国资料，以增强学生的爱国主义思想和了解本国情况。在理论的阐述方面，特别注意基本概念和从物理现象出发，使学生掌握现象的物理本质和打下良好的理论基础。

本书可供电机与电器、工业企业电气化、发电厂配电网及电力系统、船舶电器和电力机车等专业作为“电机学”教材之用。采用本书作教科书时，讲课学时数以130~150小时为最适宜，但若按专业特点而对内容加以选择和取舍，则也能在120~140小时内讲完。为便于不同专业对内容的选择，书中将非主干内容用小字印出，教学学时数较少时可以不讲，而不影响整个体系。

由于我室政治和业务水平的限制，以及最后大修改时甚为仓促，因此书中错漏和不安之处在所难免，我们热情地期待着读者提出批评和意见，以便将来改正。

本书由我室电机组同志集体编写而成，下面只举出一些主要执笔人，初稿主要编写人为：许实章、黄家俊、李湘生、熊衍庆、林金铭、陈传瓚、黄维国、马志云、何全谱、屈琨、禹玉贵等同志，参加第二次稿和最后修订的主要是：许实章、尹家骥、李湘生、黄家俊、黄维国、熊衍庆等同志；林金铭和杨贻文同志参加了绪论的修改工作，还有我院1961年毕业的电机专业部分同学也曾参加过编写工作。许实章同志负全书主编之责。

华中工学院电机与电器教研室

1961年6月

目次

前言	3
緒論	7
0-1 电机在国民經济中的作用	7
0-2 电机的主要类型	8
0-3 电机的发展簡史	9
0-4 我国电机制造工业的发展	10
0-5 苏联及世界其他国家电机制造工业的发展水平概況	13
0-6 电机制造的发展趋势及存在問題	14
0-7 电机制造工业所用的材料	15

第一篇 直流电机

第一章 直流电机的基本型式、結構及

基本元件

1-1 直流电机的基本型式及应用范围	19
1-2 直流电机的工作原理	19
1-3 直流电机結構的主要元件	22
1-4 額定值	25

第二章 直流电机空載时的磁場及空載

磁势計算

2-1 概述	26
2-2 磁路計算的基本原理	27
2-3 气隙磁势計算	28
2-4 齿磁势	30
2-5 电枢轭的磁势	32
2-6 主磁极和磁轭的磁势	33
2-7 电机的磁化曲线	34
2-8 磁路計算举例	34

第三章 直流电机的电枢繞組及电势

3-1 概述	36
3-2 繞組的分类	37
3-3 环型电枢繞組概述	37
3-4 从环型电枢繞組过渡到鼓型电枢繞組	37
3-5 鼓型电枢繞組的結構和基本特性	38
3-6 单叠繞組	42
3-7 复叠繞組	50
3-8 单波繞組	53

3-9 复波繞組	58
3-10 电枢繞組的对称条件	60
3-11 均压联接	61
3-12 蛙形繞組	67
3-13 各种型式繞組的比較及应用范围	69
3-14 直流电机电枢繞組的电势	69

第四章 直流电机負載时的磁場, 电枢

反应及其計算

4-1 負載时直流电机的磁場	74
4-2 电枢的磁势和磁場	75
4-3 橫軸与纵軸电枢反应, 电枢反应磁势各分量的計算	77
4-4 发电机的电枢反应	78
4-5 电动机的电枢反应	83
4-6 負載时主磁极的磁势	83

第五章 直流电机的換向

5-1 概述	84
5-2 換向过程的本质	84
5-3 換向元件内的电势和电势平衡方程式	85
5-4 古典換向理論	86
5-5 $b_{a1}=b_K$ 时电抗电势 e_r 的确定	90
5-6 元件的換向电势 e_K	92
5-7 电刷寬 $b_{a1} > b_K$ 时的換向	92
5-8 換向电流对主磁場的影响	94
5-9 火花等級的規定 火花产生的原因	94
5-10 改善換向的方法	97
5-11 換向器上的环火及其防止办法	101
5-12 电刷及其工作特性	103
5-13 換向分析与調整的實驗方法	104
5-14 換向性质的新近概念、电刷接触的本质	105

第六章 直流发电机

6-1 直流发电机的应用范围及按激磁方式的分类	107
6-2 直流发电机的能量图及电势方程式	108
6-3 电磁轉矩和轉矩方程式	109
6-4 发电机的特性曲线及电压調整率	110

6-5 他发电机的特性	111
6-6 并发电机的自激和特性	116
6-7 串发电机的特性	118
6-8 复发电机的特性	119
6-9 直流发电机的并联运行	120
第七章 直流电动机	123
7-1 电机的可逆原理	123
7-2 直流电动机按激磁方式的分类	124
7-3 直流电动机的能量图和电势方程式	124
7-4 电动机的转矩方程式	125
7-5 电动机的特性	126
7-6 直流电动机的启动	126
7-7 电动机的工作特性	128
7-8 直流电动机的机械特性	132
7-9 直流电动机的制动	134
7-10 直流电动机的调速	136
第八章 电机的能量损耗和效率	141
8-1 概述	141
8-2 损耗的分类	141
8-3 机械损耗的计算	142
8-4 基本铁耗的计算	144
8-5 基本铜耗的计算	145
8-6 附加损耗	147
8-7 直流电机的总损耗和效率	148
第九章 旋转电机的发热与冷却	149
9-1 电机制造中所用的绝缘材料及其要求	149
9-2 电机的温升及温升限度	151
9-3 电机中的传热	151
9-4 固体的发热计算原理	153
9-5 电机的主要额定工作方式	155
9-6 电机的冷却方式及分类	155
第十章 特种直流电机	159
10-1 概述	159
10-2 单极式直流电机	159
10-3 三电刷直流发电机	160
10-4 电机放大机	161
10-5 电机调节器	165
第十一章 直流电机的制造现状及其发展趋势	165
11-1 近代直流电机的制造概况及其发展趋势	165
11-2 我国直流电机的制造现状及其发展前景	167

第二篇 变压器

第十二章 变压器概论	169
12-1 变压器的工作原理及基本类型	169
12-2 变压器的基本结构元件	170
第十三章 变压器的空载运行	177
13-1 单相变压器空载运行时的物理情况	178
13-2 变压器的空载运行	179
13-3 变压器的空载损耗	184
13-4 变压器的空载试验	184
第十四章 变压器的负载运行	185
14-1 变压器负载运行时的物理情况和基本方程式	185
14-2 变压器的折合值	188
14-3 变压器负载时的向量图	189
14-4 变压器中能量的转换	190
14-5 变压器的等值电路	191
14-6 变压器的短路运行	194
14-7 付边电压的变化	197
14-8 变压器的效率	198
14-9 变压器的漏抗及其计算	200
第十五章 三相变压器	203
15-1 三相变压器的磁路系统	203
15-2 三相变压器绕组的联接法与联接组	204
15-3 三相变压器的空载运行	208
第十六章 三相变压器在不平衡负载下的运行	210
16-1 三相变压器不平衡负载运行的一般情况及其分析方法	211
16-2 Y/Y ₀ 联接时的不平衡负载运行, 零序电抗的决定	211
16-3 Δ/Y_0 , Y/ Δ/Y_0 联接时的不对称负载运行	217
16-4 Y/Y, Y/ Δ , Δ/Y 联接时的不对称负载运行	217
16-5 V/V联接的变压器运行	218
第十七章 三绕组变压器	219
17-1 三绕组变压器的绕组布置和联接法	219
17-2 三绕组变压器的电势方程式、等值电路和向量图	220
17-3 三绕组变压器的参数测定	224
17-4 三绕组变压器的电压变化百分值	225
17-5 三绕组变压器的效率	226

17-6 三繞組变压器各繞組的相对容量	227	20-2 变压器突然短路时的机械应力	251
第十八章 自耦变压器	227	20-3 变压器的过电压	252
18-1 两繞組自耦变压器	228	20-4 变压器的过电压保护	255
18-2 三繞組自耦变压器的应用	231	第二十一章 变压器的发热与冷却	257
18-3 三繞組自耦变压器的基本方程式和等值 电路	233	21-1 变压器中热的发生与傳播	257
18-4 自耦变压器的特点	238	21-2 变压器各部分的温升限度	257
第十九章 变压器的并联运行	239	21-3 变压器的冷却方式	258
19-1 变压器并联运行的条件	240	21-4 变压器的温度检测和过热保护	259
19-2 組別相同但电压比和短路电压不相等的 变压器并联运行	241	第二十二章 特种型式变压器	260
19-3 組別和短路电压相同但变比不相等的变 压器的并联运行	243	22-1 变相用变压器	261
19-4 組別和变比相同但短路电压不相等的变 压器的并联运行	244	22-2 試驗用变压器	262
19-5 变压器的調压	245	22-3 电弧炉电源变压器	263
第二十章 变压器的过渡过程	247	22-4 有几个原繞組的变压器	263
20-1 变压器的过电流	247	22-5 电流互感器和电压互感器	264
		第二十三章 变压器制造現狀及其发展 趋势	265
		23-1 近代变压器发展趋势	265
		23-2 我国变压器制造工业发展概況	266

緒 論

0-1 电机在国民經济中的作用

电机制造属于机械制造，它对国民經济的作用，特别是对我国高速度进行社会主义建設有着重大的意义。众所周知，人类生产的特点是应用工具进行劳动；在应用工具进行生产劳动时則要解决两个問題：一是使用工具的方法，一是使用工具的原动力。在現代，电能已日益广泛地作为国民經济各部門动力的主要来源。这是因为电能有着許多优点，如：1. 电能可任意轉变为其它形态的能，其它形态的能也易于轉变为电能；2. 电能最易于傳輸与分配；3. 电能很容易控制；4. 利用电能极为經濟，它可以集中发出分散使用，又可以利用各种天然能源来发电。

由于电机能将机械能轉变为电能或将电能轉变为机械能以及用作电能自身变化的机械，因而它就成为現代动力設備中生产、变换和分配能量的主要設備，可見电机对国民經济发展的重大作用实际上是与电能在国民經济各部門的广泛应用联系在一起的。

电能不仅在能量供給的意义上对各生产部門是主要的，而尤其重要的是技术进步的重要因素。实质上，电能的应用不仅促进了生产数量的增长，而且还使生产质量起了根本变化，能用来实现許多人工所不能完成的生产过程。

下面我們就电能及电机在国民經济中的几个主要方面的应用来说明：

A. 在工业及农业方面：在工业和农业的生产机械上已广泛地采用电动机——将电能轉变为机械能。这有許多好处：首先，是控制方便，可以进行远距离或自动控制，同时电气操作既灵活又省力。和其它原动机比較：則具有效率高，附屬設備少，維護簡便等优点。

B. 在冶金工业方面：冶金是对国民經济发展有决定意义的重要工业部門之一，它之所以具有高度的技术水平与生产能力，正是因为它利用了电工技术，而电机則是其主要的电气設備。現在冶金工厂的鼓風炉、平炉、轉炉、压軋机械及輸送机械等全由有完备自动控制的电机来驅动。目前最大型的軋鋼机由10000馬力直流电动机拖動，整个軋压过程中只要一个工人操纵而所軋的鋼坯重达20多吨。

C. 在化学工业方面：化学工业对工农业、国防事业有重要作用，然而电机的应用即对化学工业的发展起着巨大的影响。在化工中普遍地采用着巨大容量的同步机和异步机（单机容量高达6000瓩），用以傳动压缩設備。此外在电解电鍍等方面采用着达数万安培电流的特种直流电机。

D. 煤炭工业方面：煤炭是工业的粮食，它对生产对人民生活等有着重要影响。然而煤炭工业的高度发展也正是因为广泛地应用了电机傳动的钻探設備、电气機車、起重机及联合采煤机所致。

E. 电气运输方面：电机在交通运输上的被采用，不仅能得到高度的經濟效益，如使得运输量大大提高，而且引起了运输工具的革新。如电气機車、有軌和无軌电車的出現正是因为采用电机作为其牵引設備的結果（蒸汽牵引機車的效率只有3~5%，而电气牵引的

效率则为16~18%)。

F. 对于自动控制方面：随着生产的飞跃发展，又提出了对于生产机械的自动控制的要求。各种生产机械、运输工具、乃至标志着人类科学最新成就的人造卫星、宇宙飞船等等的自动控制、自动调节、自动测量、自动检查各方面的设备中，电机（微型电机）是一个十分重要的元件。

以上所述足以表明电机工业在国民经济中起着多么重大的作用，对国民经济发展有着多么重大的影响。列宁同志的「共产主义就是苏维埃政权加上全国电气化」这一英明断语给了电气事业以极高的估价。

如前所述，电机工业对于其它各部门的发展有着重大影响，反过来，工农业的发展、生产力的提高又对电机工业不断地提出新的要求，促使电机工业的不断发展。从1958年全国工农业大跃进以来，在工农业各个战线上都提出了要装备足够电力设备的要求，这将大大促使电机工业的更加迅速的发展，促使电机工业的技术不断改进和产品数量与质量的日益提高。

0-2 电机的主要类型

电机虽然型式很多，然而工作原理皆基于法拉第电磁感应定律。因而其构造的一般原理也就是：用适当的有效材料构成的互相感应的磁路和电路以产生电磁功率和转变能量的形态。按照能态的转换方式，电机可分为：

- 一、将机械能变为电能——发电机。
- 二、将电能变为机械能——电动机。
- 三、将电能变为电能。
1. 用来变化电流性质（如交流变为直流）的叫换流机；
2. 用来变化交流电的频率的叫变频机；
3. 用来变化交流电的相数的叫变相机；
4. 用来变化交流电压的叫变压器。

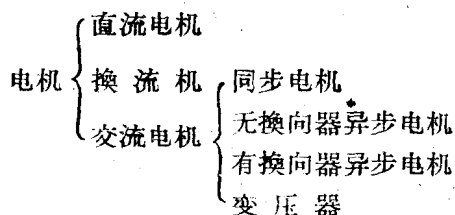
应该指出的是：所有发电机和电动机在基本原理上来看，只不过是一种机器的两种运行方式，它们本身是可逆的（楞次在1833年所提出的「电机可逆原理」）。

上述各种电机除变压器是一种静止的器械而外，其余均为旋转机械。

旋转电机的结构一般由三个主要部分组成：旋转部分——被叫作转子；静止部分——被叫作定子；定子和转子之间的间隙——被叫作空气隙。

电机若按照其发生或需要的电的性质可以分为交流电机、直流电机与换流机；交流电机除变压器外，尚可分为同步电机和异步电机。

这样电机的主要类别可列表于下：



0-3 电机的发展簡史

电机誕生迄今已有一百多年了，它的发生、发展也如其他工业部門一样，是与整个社会的发展密切相关的。同时，随着它的发展，又反过来，促进了社会生产力的不断提高，促进社会的不断向前进步。因而必須用历史唯物主义的和辯証唯物主义的观点，也就是說，不能离开当时的社会生产力、生产方式或生产方式的发展阶段来分析和观察电机的发展过程。恩格斯曾指出：「社会方面一旦发生了技术上的需要，則这种需要就会比十数个大学更加把科学推向前进。……关于电气，只有从电气在技术上可用的性能已被发现时起，我們才知道一些合理的东西」[●]。可見电工学、电工技术的发明、发展絕不能认为仅是少数发明家的聪明才智的結果。当然，他們为了适应客观要求促进社会生产力发展过程中对电机发展方面也作了重要的貢獻。

电机的发展史基本上可划分为两个时期。

二十世紀以前是第一时期，这一时期的特征是，电机由誕生到初步的工业应用，三相的出现，各种电机的初步定型以及电机理論、計算和設計方法的建立与发展。

十九世紀70年代以前，蒸汽机是工业上的唯一动力机械。但随着当时資本主义工业的发展，它已逐漸不能滿足要求。此外，新城市的兴起，大工业的出现，也极需新的完善的照明方式。这就促使人們去寻求新的能源。同时，作为电机理論基础的电学、磁学已有相当的发展——接連的許多重大发现以及一些基本定律的确立，都为电机的誕生提供了良好的前提。

由于化学能源（原电池）的首先发现，人們最初企图制出电动机来利用这种新的能量形式。1821年法拉第的带电导体圍繞直立磁鉄旋轉的實驗模型就是这种企图的最早嘗試，也是近代电动机的「雛型」。电动机的发展最初深受蒸汽机結構观念的影响，因此早期的电动机一般是按往复运动的。直到1834年俄罗斯科学院院士雅可比才利用电磁鉄制出旋轉运动的电动机。雅可比电动机上装有特殊的电流「換向器」，这可看做是近代換向器的胚胎。他所試制成的电动机曾于1838年装在一艘小艇上航行于涅瓦河，成为世界上的第一艘电动輪船。但是，这时电动机能源（原电池）成本較高，不能与蒸汽机匹敌，于是人們便寻求較大和較經濟的电源，这促进了发电机的誕生与发展。

1831年法拉第所发现的电磁感应定律和1833年楞次总结法拉第实验并从理論上确定电动机和发电机的可逆原理的楞次定律为发电机的发展提供理論上的根据。1832年皮克西兄弟根据法拉第的发现先后制出了世界上第一台永磁交流和直流发电机。1845年直流电机由永久磁鉄过渡到电磁鉄，1867年西門子更利用約尔塞的混合激磁观点創造了自激式直流发电机。至于电樞結構型式，則从1856年的双T形（西門子）、1870年的环形（帕新諾蒂）发展到1873年的鼓形电樞（黑夫坚—亚尔特涅克）。因此，十九世紀70年代的直流电机已实际上具有近代电机的各种基本結構元件。

电机发展到19世紀中期时，即为馬克思所注意，他曾談到：「……自然科学已在准备一次新的革命。蒸汽……的統治已將終結，另外一个更大得无比的革命所將取而代之，它便是电的火花……」[●]。

● 馬克思恩格斯选集，中文版第二卷，第504頁（莫斯科外国文书籍出版局，1955）。

● 李卜克內西：「馬克思回忆录」。

电机发展初期主要是直流，因为当时电能主要用户是电镀、弧光灯照明以及城市电气运输。

为扩大直流电的供电范围，1882年德卜勒斯在一次博览会上证明进行远距离输送电能的可能性，当时输电2瓦，距离37公里，电压1500~2000伏。对此，恩格斯在1883年写道：「……这是一个巨大的革命。蒸汽机教会我们把热能变成机械运动，但电能的利用给我们指出各种能量——热、机械运动、电、磁、光的相互变换以及将它们用之于工业的道路。……德卜勒斯的发现……在于这还仅仅是开端，而这个发现将最终地把工业几乎由所有局部限制中解放出来，和使利用即令是最遥远的水力资源成为可能；而且，如果说最初这只对城市有利，归根到底，将会成为消灭城乡对立的最强有力的杠杆。非常明显，由此，生产力将发展到这样的程度，使得资产阶级将愈来愈无力加以控制」。

随着对直流电机需要量的增长与应用范围的扩大，随着长距离送电需将电压增高到几千伏，直流电机表现出制造困难，换向器工作情况不良以至于常出事故等问题，使得人们由80年代开始渐渐注意交流电的研究与应用，而俄罗斯电工学家亚布罗契可夫〔电烛〕的发明、交流发电机和变压器的诞生起着直接的促进作用。

亚布罗契可夫和格兰姆在1876年所提的多极〔多相〕交流发电机是皮克西兄弟的单相、和佚名发明家（署名P.M.）的多极发电机的改进，而且是近代同步发电机的雛型结构，即具有静止的电枢绕组，旋转磁极和〔激磁机〕与滑环。

用电磁方式变换电流是法拉第发现电磁感应定律以后已熟知的原理。但采用铁芯、两只绕组而形成近代变压器这却仍须归功于亚布罗契可夫。通过1884年闭式铁芯的发明（霍浦金孙），1885年匈牙利工程师德利等人进一步明确地提出近代的变压器芯式和壳式的结构型式。

交流电的广泛使用于电力传动是旋转磁场及多相制的发明的结果。1883年德卜勒斯从理论证明二相电流产生旋转磁场的可能性，接着1885年弗尔拉力和1886年特斯拉先后分别研究并制出二相异步电动机。尤其重要的是：1889年俄罗斯电工学者多利沃-多勃罗沃尔斯基提出了三相交流系统并于1891年制成了第一台完全与近代类似的三相异步电动机和第一台三相变压器；1890年建成了长175公里的三相试验性高压输电綫（电压15000伏，功率75瓦），从此以后，三相交流逐步走上了主导地位。

二十世纪是电机发展的第二时期。这时期的特征是工业、运输业的迅速发展与电气化。为此，对电机的更高经济性、重量更轻、尺寸更小诸方面提出愈来愈多的要求。相应的科学研究的广泛发展，使人们逐步掌握电机的电磁和热过程、发展新型绝缘材料、优质铁芯材料，因而，即使各种电机的结构原则基本不变，但结构外形起了变化并能适应多种要求；重量变轻，尺寸变小，经济性提高了。有关本世纪的世界电机工业主要发展情况将在后面第四、第五、第六各节中叙述。

0-4 我国电机制造工业的发展

我们的祖国是一个地大物博、资源丰富、人口众多的大国。早在三千年以前就发现了

● 马克思恩格斯全集，第一版，第二十七卷（俄文版），第289页。

磁的现象，并得到了实际应用，但几千年的封建统治及近百年来帝国主义的压迫，使得我国科学技术长期不能发展。

解放前，半封建、半殖民地的旧中国电机制造业如同其他工业一样，带有极浓厚的殖民地色彩，没有独立的电机制造业体系。虽然我国电机制造业起始于1915~1916年，但当时的工厂和企业主要分布在东北和沿海一带城市如上海、天津等地。这些企业规模小，设备陈旧、技术落后，主要是修理和装配。只能制造少量的小容量电机产品，而且型式混乱、标准不一，仅频率就有25、50、60赫芝等种，电压有56种之多。所能生产的交流发电机单机容量为200瓩，电动机不超过180马力，变压器为2000千伏安。电站所用的主要发电设备则成套的完全由外国进口。帝国主义者为了掠夺我国人民财富，尽力窒息我国民族工业的发展，对我国电机工业的发展视为死敌。

解放十一年来，我国电机工业得到了飞跃的发展，1953年党制定了过渡时期的总路线，其任务为[在一个相当长的时期内，逐步实现国家的社会主义工业化]。在总路线的光辉照耀下，为了更快地把我国建成一个具有现代工业、现代农业、现代科学文化的社会主义国家，从1953年起我国实行了第一个五年计划建设，按毛主席的指示：[首先集中主要力量发展重工业，建立国家工业化和国防现代化的基础……]，在第一个五年计划期间，电机制造业和其他工业一样，得到了飞跃的发展，新建和扩建了许多电机工厂，为我国社会主义的强大电机制造业打下了良好的基础。这些工厂在国民经济恢复时期和第一个五年计划建设时期为国家制造了大量的各种电机和发电设备，制造了成套的中、大型火力、水力发电设备，如12000瓩汽轮发电机，有力地支援了我国社会主义建设。同时各个工厂，响应党提出的勤俭建国，勤俭办一切事业的号召，在节约原材料、提高劳动生产率、降低成本、提高产品质量方面也取得了很大的成绩。在这短短的几年内，我国电机工业走过资本主义国家需几十年走完的历程。

在第一个五年计划建设的基础上，从1958年起我国开始了第二个五年计划建设，第二个五年计划规定在优先发展重工业的基础上，工农业同时并举、重工业和轻工业同时并举的方针，这一系列的正确方针，大大的促进了我国工业（包括电机制造业）有计划的按比例的发展。特别是1958年由于农村人民公社化的结果，农业战线上出现了大跃进，因而促使工业、文化教育等各方面的大跃进，电机制造业在党所提出的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线的照耀下贯彻了“土洋结合、大、中、小并举”等方针，从而在这个大跃进的洪流中也大显了身手，1958年我国已制成了72500瓩水轮发电机成套设备及25000瓩汽轮发电机成套设备，50000瓩汽轮发电机，和单台60000千伏安变压器。1959年又试制成功了50000瓩的氢冷却汽轮发电机，这一切成就充分表明了党所提出的总路线的正确和伟大。

下面就解放以来我国电机工业发展情况加以具体说明：

A. 水轮发电机（包括成套设备）

解放前	100瓩
1951年	800瓩
1952年	3000瓩
1953年	6000瓩