

高等学校教材

电机学

上册

吴大榕

水利电力出版社

高等学校教材
电机学

上册
吴大榕

水利电力出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 16 印张 369000 字
1979年5月第一版 1979年5月北京第一次印刷
印数 00001—40380 册 每册 1.70 元
书号 15143·3432

内 容 提 要

本书是南京工学院吴大格教授根据历年教学经验编写而成的。全书共计五篇，分上、下两册出版：上册包括直流电机和变压器两篇；下册包括异步电机、同步电机和交流整流子电机等三篇。

本书重点在于阐明电机的基本作用原理和运行分析。第一篇主要叙述了直流电机的结构、基本作用原理、换向、发热和冷却，自动控制用直流电机。第二篇主要叙述了电力变压器的结构和作用原理，正常运行和不正常运行的分析，电力系统中应用的大型三绕组变压器、自耦变压器和分裂变压器。各部分都有例题、思考题和习题。

本书系高等学校电力类专业通用教材，并可供有关技术人员参考。

序

本书是1963年电机教材编审委员会第二次扩大会议推荐，由本人按会议审订的教学大纲编写的。初稿曾在南京工学院试用过二年，效果较好。

1978年1月，经水利电力部教学计划、教材规划座谈会推荐本书为发电专业教材。因为时间紧迫，只在原书基础上，针对当前情况，进行了修订。对于一些新的处理方法，如用计算机处理电机问题以及按能量的观点处理电机问题等，拟留待以后考虑。

本人因健康欠佳，在书稿修订过程中，得到南京工学院徐德淦、濮开贵二位教师的大力协助，使本书能够及时出版。在此对他们致以深切的谢意。

为了协助同学思考，本书每章都附有部分思考题。同时，对于有典型性而又难解的习题，也列有详细的解答。

为了和后续课程更好地配合，在今年发电专业教材编写大纲协调会上，南京工学院陈珩等同志建议，在本书的最后，列入同步电机的座标变换内容。由于本书主要是为发电专业使用，作者采纳了这一建议。

最后，本书承浙江大学杨耀德教授详细审阅，并提出了宝贵的意见。在此，一并致以谢意。

吴 大 榕

1978年8月于南京

目 录

序

第一章 绪论	1
1-1 电机在国民经济建设中所起的作用	1
1-2 电机发展简史及发展趋势	2
1-3 电机的主要类别	4
1-4 电机的基本作用原理	6
1-5 电机的制造材料	13
思考题	15
习题	15

第一篇 直 流 电 机

第二章 直流电机的构造和作用原理	18
2-1 直流电机的构成元件	18
2-2 直流电机的工作原理	22
2-3 额定值	23
2-4 感应电势	24
2-5 国产直流电机简介	27
思考题	28
习题	28
第三章 电枢绕组	29
3-1 电枢绕组概论	29
3-2 单迭绕组	33
3-3 双迭绕组	35
3-4 单波绕组	38
3-5 双波绕组	40
3-6 均压联接的概念	44
3-7 各种绕组的应用范围	46
思考题	47
习题	47
第四章 空载磁场及磁路计算	48
4-1 空载时直流电机的磁场	48
4-2 主磁通和磁极漏磁通	49
4-3 主磁路各部分计算的基本原理	50
4-4 空载特性的实验测定	60
思考题	60
习题	61

第五章 电枢反应	61
5-1 电枢电流所产生的磁势	61
5-2 电枢的线负载	63
5-3 有负载时直流电机空气隙中的磁势和磁场	65
5-4 交轴电枢反应和直轴电枢反应	67
5-5 电枢反应对电机运行的影响	68
5-6 补偿绕组	70
5-7 电枢漏磁通的概念	71
思考题	71
习题	72
第六章 直流发电机	73
6-1 直流电机按激磁方法的分类	73
6-2 自发电机的电压建起过程	74
6-3 直流发电机的电压、功率和转矩平衡方程式	76
6-4 特性曲线	79
6-5 他发电机的特性	79
6-6 并发电机的特性	80
6-7 串发电机的特性	82
6-8 复发电机的特性	83
思考题	86
习题	86
第七章 直流电动机	88
7-1 直流电动机的电压、功率和转矩平衡方程式	88
7-2 转速、转矩及稳定运行条件	89
7-3 直流电动机的工作特性	91
7-4 直流电动机的起动	97
7-5 直流电动机的调速	100
7-6 直流电动机制动的概念	102
7-7 各种直流电动机的应用范围	103
思考题	104
习题	104
第八章 换向的理论和方法	107
8-1 换向过程的基本概念	107
8-2 电刷面下火花分析	108
8-3 换向电路的分析	109
8-4 直线换向、延迟换向和超越换向	113
8-5 电抗电势	114
8-6 换向极	115
8-7 改善换向的其它方法	117
思考题	118

习题	118
第九章 电机的损耗、定额、发热和温升	119
9-1 直流电机的损耗	119
9-2 效率	122
9-3 电机的额定容量	125
9-4 电机的发热和测定温度的方法	126
9-5 电机各部分的温升限度	127
9-6 均质固体的发热理论	128
9-7 电机的散热	130
9-8 电机的冷却方式	131
思考题	132
习题	133
第十章 控制用直流电机	135
10-1 直流电机在控制系统中的应用	135
10-2 直流伺服电机	137
10-3 直流测速发电机	138
10-4 交轴磁场电机放大机	139
10-5 自激放大机	141
思考题	142
习题	143

第二篇 变 压 器

第十一章 变压器的类别和结构	145
11-1 变压器的主要类别	145
11-2 变压器的构成元件	146
11-3 额定值	150
11-4 变压器的发热和冷却	150
11-5 国产变压器简介	153
思考题	155
习题	155
第十二章 变压器的电路理论	156
12-1 变压器的基本工作原理	156
12-2 感应电势的方程式、变比	157
12-3 电压方程式、参数及其归算值	157
12-4 标么制	161
12-5 矢量图	162
12-6 等效电路	165
思考题	169
习题	169
第十三章 变压器的磁路系统及绕组联接组	172
13-1 变压器的空载电流	172

13-2	三相变压器及三相变压器组、磁路系统	174
13-3	绕组标志方式	175
13-4	绕组联接组及其实验核定	176
13-5	标准联接组	182
13-6	绕组联接组和铁芯结构对三次谐波电势和电流的影响	183
	思考题	185
	习题	185
第十四章 变压器的正常运行		187
14-1	空载运行	187
14-2	短路运行	188
14-3	电压调整率	190
14-4	变压器的效率	192
14-5	变压器的并联运行以及所应具备的条件	194
14-6	变压器并联运行时的负载分配	196
14-7	变压器的调压	199
	思考题	202
	习题	202
第十五章 变压器的不正常运行		205
15-1	变压器的不对称运行	205
15-2	对称分量法	205
15-3	零序电抗在各种情况下的数值及其实验测定	209
15-4	变压器应用Y/Y ₀ -12联接组时的单相短路	211
15-5	V形联接	214
15-6	变压器的瞬变情况	216
15-7	接入电网时的瞬变过程	216
15-8	突然短路	218
15-9	机械应力	220
	思考题	221
	习题	221
第十六章 三绕组变压器及自耦变压器等		222
16-1	三绕组变压器的电压方程式和等效电路	222
16-2	等效电路参数的实验测定	225
16-3	三绕组变压器的联接组和绕组容量间的相互关系	226
16-4	自耦变压器的构造特点和工作原理	231
16-5	功率传递和矢量图	232
16-6	自耦变压器的等效电路和短路阻抗	233
16-7	自耦变压器的优缺点及其应用范围	235
16-8	分裂变压器的特点	238
16-9	分裂变压器的等效电路和主要参数	239
16-10	分裂变压器的一些运行特点	242
	思考题	244
	习题	245

目 录

第三篇 异步电机

第十七章 交流绕组的电势及磁势	247
17-1 交流绕组的基本型式	247
17-2 单层绕组	248
17-3 双层绕组	251
17-4 绕组的基波电势	252
17-5 谐波电势	253
17-6 电势中谐波的消除和减小	259
17-7 单相交流绕组的脉动磁势	259
17-8 脉动磁势分解为二个旋转磁势	261
17-9 三相绕组的圆形旋转磁势	262
17-10 椭圆形旋转磁势	264
17-11 谐波旋转磁势	266
17-12 漏磁通和谐波漏磁通的概念	269
思考题	270
习题	271
第十八章 异步电动机的构造及基本作用原理	273
18-1 异步电动机的用途及其特点	273
18-2 异步电动机的构造	274
18-3 基本作用原理	277
18-4 功率关系	279
18-5 我国生产的异步电动机的型号	280
思考题	281
习题	281
第十九章 异步电动机的运行	282
19-1 转子不动时的异步电动机	282
19-2 转子转动后的异步电动机	284
19-3 异步电动机等效电路的简化	288
19-4 转矩表达式	291
19-5 最大转矩	294
19-6 由谐波磁场所引起的附加转矩	297
思考题	300
习题	300
第二十章 异步电动机的工作特性和圆图	303
20-1 异步电动机的工作特性	303
20-2 异步电动机的圆图	303

20-3	简化圆图的作法	306
20-4	由圆图求出异步电机的工作特性	306
20-5	转差率线	309
20-6	各种不同的运行情况	309
	思考题	310
	习题	310
第二十一章 异步电动机的起动和调速		311
21-1	起动电流和起动转矩	311
21-2	起动方法综述	313
21-3	鼠笼式电动机的直接起动和降压起动	314
21-4	在转子回路中引入起动变阻器起动	317
21-5	深槽式异步电动机	319
21-6	双鼠笼式异步电动机	321
21-7	异步电动机的调速方法综述	323
21-8	变频调速	323
21-9	变极调速	324
21-10	改变外施电压调速	325
21-11	在转子回路中引入变阻器调速	326
	思考题	327
	习题	328
第二十二章 异步电机的特殊运行方式及特种异步电机		329
22-1	异步电机作为发电机运行	329
22-2	异步电动机在不对称电压下运行	332
22-3	单相异步电动机	333
22-4	二相伺服电动机	339
22-5	交流测速发电机	342
22-6	自整角机	343
22-7	感应调压器	344
	思考题	345
	习题	345

第四篇 同 步 电 机

第二十三章 同步电机的型式和构造		349
23-1	同步电机的基本构造型式	349
23-2	汽轮发电机的构造特点	351
23-3	水轮发电机的构造特点	354
23-4	分数槽绕组	355
23-5	同步电机的发展和国产同步电机简介	361
	思考题	362
	习题	362

第二十四章 同步电机的基本作用原理和电枢反应	364
24-1 同步电机的基本作用原理	364
24-2 同步转矩的概念	366
24-3 在对称三相负载时同步电机的电枢反应	366
24-4 隐极式电机的电枢反应、电枢反应电抗和同步电抗	371
24-5 电枢反应的直轴分量和交轴分量	372
24-6 凸极式电机的电枢反应磁通	375
24-7 沿直轴和交轴的电枢反应电抗和同步电抗	378
24-8 电枢绕组的漏抗	379
思考题	380
习题	380
第二十五章 同步发电机对称运行时的特性	382
25-1 同步发电机的空载	382
25-2 在对称三相负载时同步发电机的矢量图	384
25-3 同步电抗的实验测定	387
25-4 短路比	390
25-5 漏抗的测定	391
25-6 同步发电机的电压调整率	392
思考题	394
习题	394
第二十六章 同步发电机在大容量电网上的运行、同步电动机	396
26-1 同步发电机的并联运行	396
26-2 同步发电机的整步	397
26-3 隐极式同步电机的功角特性	399
26-4 凸极式同步电机的功角特性	403
26-5 磁阻转矩	406
26-6 静态稳定的概念、比整步功率	407
26-7 无功功率的调节和U形曲线	408
26-8 同步电动机的矢量图	412
26-9 同步电动机的起动	415
26-10 同步补偿机	417
26-11 同步电机的各种运行情况	417
思考题	418
习题	419
第二十七章 同步发电机的不对称运行和突然短路	421
27-1 同步发电机的不对称运行	421
27-2 同步电机的负序电抗和零序电抗	422
27-3 同步发电机的单相稳定短路	425
27-4 同步发电机的二相稳定短路	426
27-5 同步发电机的二相对中点稳定短路	428

27-6	单相同步电机的电枢反应	430
27-7	不对称运行的影响	431
27-8	同步电机的突然短路	432
27-9	同步电机的瞬变电抗和超瞬变电抗	434
27-10	三相突然短路电流	437
27-11	时间常数	440
27-12	不对称突然短路的概念	443
	思考题	444
	习题	445
第二十八章 同步电机的振荡		446
28-1	振荡的物理概念	446
28-2	转矩平衡方程式	447
28-3	同步电机的自由振荡	450
28-4	同步电机的强制振荡	451
	思考题	454
	习题	454
第二十九章 同步电机的损耗和效率、发热和冷却以及励磁方式		455
29-1	同步发电机的损耗和效率	455
29-2	同步发电机的发热和冷却	456
29-3	同步发电机的励磁方式	460
29-4	励磁系统中的中频发电机	465
	思考题	467
第五篇 交流换向器式电机		
第三十章 交流换向器式电动机总论		468
30-1	交流换向器式电动机的应用范围	468
30-2	带有换向器的电枢在脉动磁场中的电势	469
30-3	带有换向器的电枢在旋转磁场中的电势和磁势	473
30-4	交流换向的特点	476
	思考题	477
	习题	478
第三十一章 几种主要型式的交流换向器式电动机		480
31-1	在异步电机的转子回路中引入附加电势; 转速的调节	480
31-2	功率因数的改善	483
31-3	引入附加电势的方法	484
31-4	转子馈电式三相并激电动机	485
31-5	单相串激电动机	491
31-6	推斥电动机	495
	思考题	499
	习题	500
附录 同步电机的基本方程式		504

第一章 绪 论

1-1 电机在国民经济建设中所起的作用

人类的生产劳动从应用手工工具发展到应用生产机械以后，就必须有合适的能源作为生产机械的动力。自然界的能源，主要是储藏在燃料中的化学能和水力动能以及原子能，它们都不能直接用来拖动生产机械，一般说来，还必须把这些自然能源转换为电能，然后再在生产上使用。和其它能源相比较，电能显示着无比的优越性，因为它适宜于大量生产、集中管理、远距离传输和自动控制。通过电机，电能和机械能的互相转换也极为方便。因此，现代化的生产机械主要以电能作为产生动力的能源。应用了电能以后，不仅扩大了生产规模，而且大力地促进了技术革新，从而提高生产的质量。在应用电能过程中，作为能源转换机构的各种类型的电机，在国民经济建设的各个领域起着极为重要的作用。

首先，对于电力工业本身来说，电机是发电厂和变电所的主要设备。例如在热力发电厂中利用汽轮发电机，在水力发电厂中利用水轮发电机把机械能转换为电能，在各级变电所中利用变压器改变电能的电压，使其便于传输和分配，发电厂中的各种辅助设备，又将利用电动机拖动等等。

在机器制造工业及其它一切轻、重型的制造工业中，电动机是应用得十分广泛的，各种工作母机都须由一台或多台不同容量和型式的电动机来拖动和控制。各种专用机械，如纺织机、造纸机、印刷机等等都以电动机作为原动机。

在冶金工业中，高炉、转炉和平炉都需由若干台电动机来控制。大型的轧钢机常由容量高达5000千瓦或更大的直流电动机来拖动，近代的冶金工业，电气化和自动化的程度是相当高的，用到的电机的数量和型式就更多了。

在化学工业中，常用容量数千千瓦的同步电动机和异步电动机拖动大型的压缩设备。

在运输事业中，机车的电气化可以提高输送能力，随着铁道干线的电气化和城市电车的发展，需用大量的牵引电动机。

在农业生产方面，电力排灌已被广泛采用，并随着农业电气化程度的提高不断地扩大其使用范围。在各种农副业生产中，如打稻脱粒、碾米、榨油等，使用电动机可以减轻繁重的体力劳动并提高劳动生产率。因此，电机在农业生产中的应用，有着十分广阔的前途。如何使电机能更好地为农业生产服务，对每一个从事于电机的研究、设计、制造和运行的工程技术人员来说，是一项十分重要的课题。

当然，以上所说的只是几个主要方面，电机在国防、文教、医疗等事业以及人们的日常生活中，也都起日益重要的作用。

总之，在一切工农业生产中，无论是拖动控制、运输传送、抽水鼓风、吊车起重、粉碎搅拌等等，任何一项工作都离不开电机。此外，现代化的工业企业，都在逐步走向自

动化和半自动化的道路。各种容量极小的微型控制电机，又成为自动控制系统的主要控制元件。

由此可见，电机的应用和发展，虽已有一百多年的历史，但由于应用范围的日益扩大和使用要求的不断提高，为了使各种电机能在现代化的工农业生产中发挥更大的作用，今后的发展前途仍是未可限量的。

1-2 电机发展简史及发展趋势

电机的发展可以分为二个时期：第一个时期从十九世纪三十年代初电磁感应定律的发现算起，一直到上世纪末本世纪初各种电机的基本型式全已具备时为止；第二个时期从本世纪初开始一直到现在。这一时期电机发展的主要标志是：在前一阶段实践的基础上，总结了运行、设计和制造的经验；对电机理论探讨进一步深化；材料、工艺和设计方法的不断改进；以及随之而来的电机技术经济指标的提高和运行特性的改善。直到最近三十年来，在自动控制技术中，电机又获得了新的应用，且在迅速发展。前一时期的发展称为电机的初期发展，后一时期的发展称为电机的近代发展。

电机的初期发展又可分为四个阶段：（1）电磁感应定律的发现；（2）直流电机的发展；（3）单相交流电的应用；（4）三相交流电的应用。现分别简述如下：

（1）电磁感应定律的发现 工业革命以后，人们在生产斗争中普遍地应用了蒸汽动力。随着生产力的发展，蒸汽动力由于输送和管理的不便，已不能满足生产的需要。生产斗争的要求，迫使人们寻求新的能源。在十九世纪初期，人们已积累了有关电磁现象的丰富知识。在此基础上，法拉第于1821年首先使用模型表演了把电能转换为机械能的可能。也就是说，他发现了电动机的作用原理。不久就制成了原始型式的电动机。但由于那时的电动机是用电池作为电源来驱动的，运行极不经济，当然不能和蒸汽机相抗衡，因而也就不能推广。

生产上的需要，又迫使人们寻求把机械能转换为电能的机构，在进行了大量实验研究以后，法拉第又于1831年发现了电磁感应定律。在这一基本定律的指导下，早在1832年，就出现了第一台原始型式的发电机。当人们掌握了电能和机械能互相转换的规律以后，在生产中大规模地使用电能才有了现实的可能性。

（2）直流电机的发展 电能工业上应用的初期，主要是满足弧光照明及电化学工业的需要，因此，最初期发展的电机为直流发电机，在十九世纪四十年代至七十年代，直流发电机发展很快。在激磁方面，早在1845年就开始以电磁铁代替永久磁铁。到1867年制成了自激发电机。在电枢的结构型式方面，也从1870年的环型电枢发展到1873年的鼓型电枢。至此，直流电机的结构已取得了现代电机的基本型式。应用电能的优越性之一是便于远距离传输。早在1882年就开始建成了第一条远距离传输直流电能的线路，开辟了广泛应用电能的新的远景。

（3）单相交流电的应用 为要扩大供电区域和传送距离，须把发电机的单机容量增大，并把运行电压提高，这对直流电机来说是有一定的限制的。为要解决这一矛盾，在十九

世纪七十年代初期，已有设法应用交流电的尝试，在1876年，交流电已被应用于照明装置。不久就制成了原始形式的同步发电机和具有开启磁路的原始形式的变压器。到1884年，闭合磁路的变压器制成。这种变压器基本上已经具备了现代结构的形式。由于单相变压器的推广，单相交流电的应用就得到了迅速的发展。

(4) 三相交流电的应用 用单相交流电代替直流电，解决了当时远距离输电的困难。但是，新的矛盾又产生了，因为单相交流电不适合于用作供给电动机的电源。不久，应用两相电流产生旋转磁场的原理被发现了，接着就制成了两相异步电机的模型。到十九世纪末叶，三相异步电动机和三相变压器相继出现。三相交流制迅即取代了两相交流制。三相输电系统的优越性立即为举世所公认。此后，应用三相交流制的发电厂便迅速发展起来，高速运转的汽轮发电机不久便代替了以蒸汽机作为原动机的发电机。

从十九世纪末到二十世纪初，包括交流换向器电机在内的各种电机均已陆续发明。电机的初期发展至此告一段落。

电机的近代发展以及今后的发展趋势主要表现在如下几个方面：

(1) 单机容量的不断提高 进入二十世纪以后，在电气化的基础上，大型的工业企业不断集中，且发展得更为迅速。发电机的容量也就随着工业发展的要求而不断提高。以汽轮发电机为例，在1900年，汽轮发电机的单机容量不超过5000千伏安，到1920年，转速为3000转/分的汽轮发电机的容量已达25000千伏安，而转速为1000转/分的汽轮发电机的容量已达60000千伏安。在1937年应用空气冷却的汽轮发电机的容量已达100000千瓦。氢气冷却在1928年初次用于同步补偿机，而在1937年则推广用于汽轮发电机。应用了氢冷却后，转速为3000转/分的汽轮发电机的容量便上升到150000千瓦。最近二十年来，电机的冷却技术有了新的发展，表现在导体内部用气体冷却或液体冷却，于是电机的温升已不再成为限制它的容量的主要因素，单机容量便可大为提高。例如在1956年就已制成了容量为208000千瓦的汽轮发电机，采用定子导体水内冷，转子导体氢内冷。在1960年汽轮发电机的容量又上升为320000千瓦，采用定子导体水内冷，转子导体氢内冷。不久，汽轮发电机的单机容量已突破1000000千瓦。定子和转子都采用水内冷的办法，各国都在进行研究，这又为单机容量更进一步提高提供了现实可能性。1965年以来，我国已相继制成了容量为125000千瓦和300000千瓦的双水内冷汽轮发电机。目前正在设计的600000千瓦汽轮发电机，也是采用双水内冷技术。

水轮发电机以及电力变压器的发展也有类似的情况。我国生产的水轮发电机的单台容量已达300000千瓦，电力变压器的单台容量已达360000千伏安。

(2) 重量的不断减轻和外廓尺寸的不断缩小 由于设计技术的进一步完善，结构和工艺措施的不断改进，新型材料的发展和应用，使得制成的电机更为轻便灵巧，更为经济合用。在设计方面应用计算机辅助设计，更便于进行多方案的综合比较。新工艺措施方面，计有线圈的真空处理、硅钢片涂漆机械化、异步机转子压铸浇铝。金工方面推广高速切削，模具钳工机械化等等。新材料的发展，如磁性材料方面采用冷轧硅钢片，及绝缘材料方面采用聚脂薄膜、硅有机漆、粉云母等。

电机重量的减轻和外廓尺寸的减小可用下面的例子窥见一斑：小型异步电动机的重量

在上一世纪末为每千瓦60余公斤，第一次世界大战后为每千瓦20公斤左右，目前已下降到每千瓦10公斤左右。我国生产的J₂、JO₂新系列小型异步电动机与J、JO老系列相比较，体积平均缩小25.6%，重量平均减轻20%。

、(3)应用范围不断扩大 为要适应各种不同的工作要求，电机的系列和品种也愈来愈多。除一般用途的电机之外，尚有各种特殊要求的电机，如船舶电机、潜水电机、防爆电机、湿热带电机等等。随着生产过程自动化和遥控技术的发展，在本世纪三十年代末期就出现了各种形式的电机放大机，例如交磁放大机和自激放大机。此外，作为控制元件用的微型电机也在迅速发展着，这类电机的型式很多，它们的容量和体积都很小，一般只有数瓦或数十瓦，外径只有十几个毫米，且向更小容量和体积方面发展。在结构方面已出现印刷电路电机和电子电机。

1-3 电机的主要类别

和其它各种机器一样，电机是转换和传递能量的一种机构。顾名思义，电机必须和电能有关。任何一种电机的输入和输出能量，至少有一方必须为电能，或者两方面都为电能。但为满足负载的要求而有不同的形式，如电压、波形、频率、相位等的改变。必须指出，通常所指的电机，并不涉及有关传递和转换电能的一切机构，我们所研究的电机都是以电磁感应为基本作用原理的，严格说来，这些电机应该称为**电磁机**。

产生电能的方法很多，例如：利用机械摩擦、光电效应、热电效应、化学效应等。可是，就目前来说，能够大量的产生电能和利用电能转换为机械能的机构，却仍然是以电磁感应为基本原理而工作的那些电机。当然，我们并不否认应用其它方法和原理也可以进行电能的转换。例如：振荡器的能量输入是直流电，而它的能量输出是高频交流电。可是这种机构的工作原理与电机全不相同，故不包括在电机范围内。某些利用别种原理制成的器械，它与某种电机具有同样的功能。但有较好的特性，实用上也就取代了这种电机。例如：自汞弧整流器推行以后，同步变流机便被淘汰；七十年代发展起来的大功率半导体可控硅整流器推广以后，在某些方面正取代直流发电机。尽管如此，应用电磁感应为基本作用原理而制成的那些电机，在现代工业中仍占主要地位。

由于电机本身并不是能源，而只是转换能量的机构，必须一方面有能量输入，另一方面才会有能量输出。**电机的容量即以该机在每单位时间内所能传递的能量来量度**。每单位时间内所输入的能量称为**输入功率**，每单位时间内输出的能量称为**输出功率**，功率的单位通常用瓦、千瓦或兆瓦来表示。当功率通过电机时，不可避免的要有一些内部损耗。例如：当电流流过导线时要引起焦耳损耗；当磁通在铁芯中变化时要引起磁滞损耗和涡流损耗；当有机械运动时会引起机械摩擦损耗，这些损耗均将化作热量而散发。因此，任一电机输出功率总比输入功率为小。设以 P_1 表示电机的输入功率， P_2 表示电机的输出功率，

则其比值 $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ 就称为电机的**效率**，现代电机的效率是比较高的，中小型电机的效率可

达80~90%，大型电机的效率可达97~99%。

电机的基本作用原理出之于电磁感应，故在任何电机中都必须有一个闭合的磁路和两个或两个以上的电路相键链。电机中的功率传递，就是通过有关电路中的磁链的变化来完成的。

和机械功率有关的电机都必须有机械运动，通常是旋转运动。发电机把机械功率转变为电功率，电动机把电功率转变为机械功率。它们便统称为旋转电机。旋转电机都有一静止部分，叫做定子；又有一旋转部分，叫做转子。既然有相对运动，定子和转子之间必须有一空气隙。变压器的输入和输出均为电功率，它与机械功率无关，因而也不需要转动。

在传递功率的电路中起着电磁感应的磁通称为电机的主磁通，电机磁路中的主磁通必须通过空气隙。因此，空气隙中的磁场分布和变化的规律与电机中的功率转换和传递有着密切关系。为要了解各种电机的运行特征，对于它们空气隙中的磁场在空间如何分布，随时间如何变化，以及随负载如何改变等，必须充分地了解。关于各种电机的空气隙磁场的变化情况，在讨论到各种电机时再详细说明。

按照电机在应用中的职能来分，电机可以分为下列各类：

- (1) 将机械功率转换为电功率——发电机；
- (2) 将电功率转换为机械功率——电动机；
- (3) 将电功率转换为另一种形式的电功率，又可分为：
 - (a) 输出与输入有不同的电压——变压器；
 - (b) 输出与输入有不同的波形，即将交流变为直流——变流机；
 - (c) 输出与输入有不同的频率——变频器；
 - (d) 输出与输入有不同的相位——移相器；
- (4) 不以功率传递为主要职能，而在电气机械系统中起调节、放大和控制的作用——电机放大机和各种微型控制电机。

以上除变压器和移相器为一种静止的设备以外，其它各种电机均为旋转电机。

按照所应用的电流种类，电机可以统分为直流电机和交流电机。

电机还可按同步速度来分，同步速度决定于该电机的极数和频率，同步速度的确切意义将在后文说明。电机按速度分类如下：

- (1) 没有固定的同步速度——直流电机；
- (2) 静止设备——变压器；
- (3) 作为电动机运行时，速度永远较同步速度为小，作为发电机运行时，速度永远较同步速度为大——异步电机；
- (4) 速度等于同步速度——同步电机；
- (5) 速度可以在宽广范围内随意调节，可以从同步速度以下调至同步速度以上——交流换向器电机。

各种控制电机将分别归入以上各类中。

从理论体系的发展来看，后一种分类方法较为合理，因为依据电机的可逆性原理，发电机和电动机并不能作为不同类别，而只是同一电机的两种不同运行方式。