

本书是根据中央关于编写教材的指示精神而编写的。内容包括：第一部分一般电机理论，第二部分自动装置用电机，第三部分电磁继电器的理论与计算。可供中等专业学校、电工仪表制造专业教学使用，也可作为航空仪表、无线电、工业电子学等专业的参考书。

电机与电磁自动原件

哈尔滨电工学院电机教研室编

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑（北京复兴门外三里河第一机械工业部），

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $12\frac{3}{4}$ ·字数296,000

1961年10月北京第一版·1962年1月北京第二次印刷

印数1,838—2,907·定价（9-4）1.25元

*

统一书号：15165·391（一机-61）

中等专业学校交流讲义

电机与电磁自动原件

哈尔滨电工学院电机教研室編

只限学校内部使用



中国工业出版社

前 言

本书是根据中央关于编写教材的指示精神而编写的。可供中等专业学校电工仪表制造专业教学使用，也可作为航空仪表、无线电、工业电子学等专业的参考书。讲授内容约 120 学时。按第一机械工业部有关学校讨论结果，本课程内容包括：

1. 一般电机理论与特性部分，讲授时数为 60 学时。
2. 控制用微电机及特殊电机部分，讲授时数为 35 学时。
3. 电磁继电器部分，讲授时数为 25 学时。

本课程由于各学校教学时数不同，在编写内容上偏多，讲授时可根据各校不同的情况作适当的删减。

本书是教研室同志集体编写的，在原电机学讲稿的基础上，结合电工仪表专业的特点，增加了一些内容。由于编写者的水平所限，编写时间十分短促，因而难免在文字的叙述与内容上存在着缺点与错误，希望读者多提意见，指出缺点，以便修改。

哈尔滨电工学院电机教研室 1961. 4. 20.

目次

前言.....	3	緒論.....	9
---------	---	---------	---

第一部分 一般电机理論

总論.....	11	0—2 电机的基本理論.....	12
0—1 电机的理論基础.....	11		

第一篇 直流电机

第一章 直流电机结构与工作原理.....	16	5—1 换向的基本概念.....	34
1—1 直流电机的結構.....	16	5—2 直綫換向与曲綫換向.....	35
1—2 直流电机工作原理.....	18	5—3 改善換向的主要方法.....	36
1—3 直流电机的額定值.....	18	5—4 移动电刷改善換向.....	36
第二章 直流电机的电樞繞組.....	19	5—5 用換向磁极改善換向.....	36
2—1 直流电机电樞繞組的一般知識.....	19	5—6 补偿繞組.....	37
2—2 单迭繞組.....	20	第六章 直流发电机.....	37
2—3 单波繞組.....	23	6—1 直流发电机的一般概念.....	37
2—4 复迭与复波繞組.....	25	6—2 他激发电机.....	39
2—5 同槽式与異槽式繞組.....	26	6—3 并激发电机的自激条件.....	41
2—6 繞組对称条件.....	26	6—4 并激发电机的特性.....	42
2—7 均压綫.....	27	6—5 串激发电机.....	42
2—8 电樞繞組的感应电势.....	27	6—6 复激发电机.....	43
2—9 繞組的选择.....	28	第七章 直流电动机.....	44
第三章 直流电机磁路及計算.....	28	7—1 直流电动机的一般概念.....	44
3—1 直流电机磁路計算的基本概念.....	28	7—2 并激电动机的啓动.....	45
3—2 磁路各段磁势的計算方法.....	30	7—3 并激电动机的工作特性.....	45
3—3 电机的磁化曲綫.....	31	7—4 并激电动机的速度調节.....	46
第四章 直流电机的电樞反应.....	32	7—5 串激电动机的啓动和工作特性.....	47
4—1 概述.....	32	7—6 串激电动机的速度調节.....	48
4—2 电樞磁势.....	32	7—7 复激电动机.....	48
4—3 电樞反应.....	34	第八章 电机的损失、效率、发热和冷却.....	49
第五章 換向.....	34	8—1 直流电机的损失和效率.....	49
		8—2 电机的发热与冷却.....	51

第二篇 变压器

第九章 变压器的用途及作用原理.....56	11—6 变压器的短路工作状态.....65
9—1 概述.....56	11—7 变压器副边电压变动的决定.....66
9—2 变压器的作用原理.....56	第十二章 变压器的损耗效率.....67
9—3 变压器的基本构造.....57	12—1 变压器的损耗.....67
9—4 变压器的额定值.....59	12—2 变压器的效率.....67
第十章 变压器的空载.....60	12—3 变压器空载短路实验.....68
10—1 变压器空载工作情况.....60	第十三章 三相变压器.....68
10—2 变压器空载时电势平衡 及空载向量图.....61	13—1 三相变压器的基本概念.....68
10—3 空载电流与空载损失.....61	13—2 三相变压器的联接组.....69
第十一章 变压器在负载时的运行.....62	13—3 变压器并联运行.....70
11—1 变压器负载时磁势平衡.....62	第十四章 特殊变压器.....70
11—2 变压器负载时的电势平衡.....62	14—1 自耦变压器.....70
11—3 变压器的折算.....63	14—2 仪用互感器.....71
11—4 变压器负载时的向量图.....63	14—3 多绕组变压器.....72
11—5 变压器的等值电路.....64	14—4 电焊变压器.....72
	第十五章 小容量变压器的计算.....73

第三篇 异步电机

第十六章 异步电机的作用原理 和构造.....76	18—2 异步电动机的转矩.....88
16—1 概述.....76	第十九章 异步电动机的工作特性.....90
16—2 额定值.....76	19—1 概述.....90
16—3 异步电机的构造.....77	19—2 速率特性: $n=f(P_2)$90
16—4 多相异步电动机的基本原理.....78	19—3 转矩特性: $M=f(P_2)$90
16—5 交流电机的绕组.....79	19—4 功率因数特性: $\cos \varphi_1=f(P_2)$90
16—6 交流绕组的电势.....81	19—5 效率特性: $\eta=f(P_2)$91
第十七章 异步电动机的运行.....83	第二十章 异步电动机的启动.....91
17—1 异步电动机转子静止时 的现象.....83	20—1 概述.....91
17—2 感应调压器.....84	20—2 异步电动机的启动过程 和稳定性.....92
17—3 异步电动机在转子旋转 时的现象.....85	20—3 绕线式转子异步电动机 的启动.....92
17—4 异步电动机的等效电路 和向量图.....86	20—4 全压启动.....93
第十八章 异步电动机的转矩力矩.....87	20—5 降压启动.....93
18—1 异步电机的能量图.....87	20—6 双鼠笼式电动机及深槽 式电动机.....94

第二十一章 异步电动机的转速调节...95

21-1 异步电动机转速调节的方法...95

21-2 改变转子电路电阻调节转速...96

21-3 改变定子绕组的极数以
调节转速...96

21-4 改变频率调节转速...96

第二十二章 异步发电机工作与我国 制造的异步电动机...97

22-1 异步发电机...97

22-2 我国制造的异步电动机...98

第四篇 同步电机

第二十三章 同步电机作用原理

与结构... 100

23-1 同步电机的作用原理... 100

23-2 同步电机的构造... 100

23-3 同步电机的电枢反应... 101

23-4 漏磁通对同步电机的影响... 103

第二十四章 同步发电机的向量

图与工作特性... 103

24-1 同步发电机的电压变动... 103

24-2 显极电机的电势向量图... 103

24-3 隐极电机的电势向量图... 104

24-4 同步发电机的特性曲线... 105

第二十五章 同步发电机的并联

运用... 107

25-1 并联运用的概念... 107

25-2 同步发电机并联运用时
负载的转移... 107

25-3 电磁功率... 108

第二十六章 同步电动机... 109

26-1 同步电机的可逆原理... 109

26-2 改变励磁电流时同步电动
机的工作特性(U形曲线)... 109

26-3 同步电动机的启动... 110

26-4 反应式同步电动机... 111

第二部分 自动装置用电机

第二十七章 电机放大机... 112

27-1 概述... 112

27-2 他激电机放大机... 112

27-3 自激电机放大机... 113

27-4 交磁电机放大机... 114

第二十八章 磁放大器... 116

28-1 磁放大器的工作原理和
分类... 116

28-2 单边扼流圈功率放大器... 119

28-3 推挽式功率磁放大器... 122

28-4 电压磁放大器... 129

28-5 应用举例... 130

第二十九章 单相异步电动机... 132

29-1 单相异步电动机的作用
原理... 132

29-2 单相异步电动机的启动
方法... 134

29-3 单相电容电动机... 135

29-4 罩极电动机... 136

第三十章 执行电动机... 137

30-1 概述... 137

30-2 普通鼠笼转子的异步执
行电动机... 138

30-3 空心非磁转子异步执行
电动机... 141

30-4 铁磁转子执行电动机... 145

30-5 直流执行电动机... 146

30-6 电枢控制的直流执行电
动机... 147

30-7 磁极控制的直流执行电
动机... 150

30-8 执行电动机的机电时间
常数... 152

第三十一章 测速发电机... 153

31—1 概述.....	153	33—1 概述.....	163
31—2 直流测速发电机.....	154	33—2 自整角机的分类和结构	
31—3 同步测速发电机.....	155	特点.....	164
31—4 异步测速发电机.....	155	33—3 指示式自整角机传递	
第三十二章 迴轉變压器	157	系統.....	165
32—1 概述.....	157	33—4 自整角机的基本特性.....	169
32—2 正弦-余弦迴轉變压器	158	33—5 自整角机的并联.....	170
32—3 綫性迴轉變压器.....	161	33—6 自整角机变压器.....	171
32—4 比例式迴轉變压器.....	162	33—7 参差自整角机.....	173
第三十三章 自整角机	163	33—8 无接触式自整角机.....	173

第三部分 电磁继电器的理論与計算

第三十四章 总論	175	37—6 交流继电器衔铁的震动	
34—1 电磁继电器的用途.....	175	和它的消除.....	193
34—2 继电器的分类.....	175	第三十八章 继电器的感觉机构	
34—3 继电器的定义与电磁继		(綫圈)的計算.....	195
电器的原理与基本結構.....	176	38—1 設計綫圈的基本要求.....	195
第三十五章 继电器的执行机构	176	38—2 綫圈的繞制方法.....	196
35—1 触点的类型.....	176	38—3 綫圈的計算.....	197
35—2 触点的材料.....	177	38—4 綫圈发热校驗.....	197
35—3 触点的閉合状态.....	177	第三十九章 继电器的時間参数	198
35—4 触点的断开.....	178	39—1 概述.....	198
35—5 继电器的灭弧方法.....	179	39—2 吸合時間的計算.....	199
第三十六章 磁路計算	180	39—3 釋放時間的計算.....	200
36—1 任务与基本公式.....	180	39—4 减少继电器吸合時間的	
36—2 气隙磁导的計算.....	181	方法.....	200
36—3 直流继电器磁路計算.....	185	39—5 增加继电器吸合時間的	
36—4 交流磁路計算.....	188	方法.....	202
36—5 继电器导磁体材料.....	189	39—6 改变继电器釋放時間的	
第三十七章 继电器的吸力特性		方法.....	203
和反力特性.....	190	第四十章 极化继电器	203
37—1 继电器的吸力計算.....	190	40—1 极化继电器的分类.....	203
37—2 继电器的吸力特性.....	191	40—2 极化继电器吸力計算.....	204
37—3 继电器的反力特性.....	192	40—3 极化继电器的調整.....	205
37—4 继电器吸力特性与反力		40—4 电磁继电器应用举例.....	206
特性的配合.....	102	参考文献.....	207
37—5 交流继电器吸力特性的			
特点.....	193		

緒 論

电能日益广泛的应用于国民經济的各部門中，它的优点是能够大量地产生，集中地管理，經濟地傳輸到很远的距离，簡便地分配給不同大小的負載，并以很高的效率轉換为其他形式的能量。

电气化是技术进步中关键性因素之一，中国共产党中央委员会在向第八届全国代表大会第二次會議所作的工作报告中說：在技术革命方面的主要任务是：把包括农业和手工业在内的全国經济有計劃有步驟地轉到新的技术基础上，轉到現代化大生产的技术基础上，使一切能够使用机器的劳动都使用机器，实现全国城市和农村的电气化。

电机是电气化事业中的主要设备之一。在动力系統中，电机和变压器起着主要的作用，首先必須由原动机带动发电机将机械能变成电能，在輸电綫路上又必須用变压器将电压升高，在电能送到用电区以后又要用变压器降低电压，并分配到用戶。

冶金工业达到高度的技术水平是与电能的应用分不开的，現代冶金工业的鼓風炉、平炉、轉炉、軋压设备都需要应用各种不同的电机。煤炭工业在钻探和起重运输上也应用了各种电机。在化学工业方面，驅动巨大的压缩设备以及电解和电镀的电源等都需要大型的电机。机器制造工业在使用电动机以后使机床日益完善，改善了劳动条件，改进了产品质量，提高了劳动生产率。在交通运输方面，例如船艍的驅动，电車等也都使用各种牵引电动机。农业生产的进一步发展将在高度的技术基础上实现，这就是必須实现农业的机械化与电气化。

生产过程的自动化是机器生产的最高发展形式之一。生产过程自动化和远距控制技术可以把檢查、測定、控制、調整等工作轉移給相应的自动装置，部分的或全部的消除了人們直接参与这些操作过程，从而提高了劳动生产率，改进产品质量，提高工作的可靠性，并且改善了工人的工作条件，把工人从繁重的体力劳动中解放出来，給消灭体力与脑力劳动之間的差別創造了条件。

近代尖端科学技术的发展如火箭技术，人造卫星与宇宙飞船，无人駕駛的汽車、船艍、飞机，复杂的計算技术，自动工厂，近代国防技术等无不与自动装置有着密切的联系。

微电机与电磁继电器是自动化与远距离控制装置中的主要元件之一。它們保证了自动装置中各环节的可靠配合、協調动作与精密的控制。各种微电机与电磁继电器在近代化的新技术中占有极其重要的地位。

社会主义制度給电气化事业的迅速发展开辟了广闊的前途。

我国解放以前在帝国主义、封建主义与官僚資本主义的三重压迫下，电气化事业是非常落后的。1949年全国发电容量仅200万千瓦，年发电量为44.2亿度，仅能制造200千瓦以下的发电机，180馬力以下的电动机，2000千伏安以下的变压器与50千瓦以下的直流电机。

解放以后，在党和毛主席的英明领导下，根本改变了这种面貌，经过三年經济恢复时期，到1953年发电量增加到91亿度，为49年的二倍多。到1957年第一个五年計劃完成时，年

发电量增至 193 亿度,在第一个五年计划期间发电量每年平均增加 21.6%。在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下,1958 年我国工农业出现了全面大跃进的局面,电力工业亦是飞跃的发展,发电量达到 275 亿度,这一年新增加的发电设备容量相当于旧中国六十七年中所增加的全部发电设备。1959 年继续飞跃发展,发电量达到 415 亿度比 1958 年增加了 50.5 %。经过三年的大跃进我国电机制造事业已经开始踏入世界的先进水平,能够独立设计与制造大型的水轮发电机、汽轮发电机、变压器、直流电机、异步电机及各种特种电机,已经初步建立起自己的国家标准与系列产品。以机械化半机械化、自动化半自动化为中心的技术革新与技术革命运动,已经在全国形成了新的高潮,在技术革新与技术革命运动中,出现了许多创造与革新,电气化事业正在以突飞猛进的速度发展着。

深信在党的领导下,在总路线、大跃进和人民公社三面红旗鼓舞下,我国电气化事业将迅速地向前发展。

“电机与电磁自动原件”是电工仪表制造或类似专业的基础技术课程。由于电能在国民经济各部门中应用得极其广泛,各生产部门的电气化与自动化的程度日益发展,因而工程技术员必须掌握电气化与自动化技术中各元件的基本理论、基本构造、主要性能与一些计算及调整,从而可以研究与解决生产中的实际问题,能进行创造性的劳动。本课程在电工仪表制造专业中与其他课程如工业电子学、遥测与非电测量等课程内容相结合,可以完成近代遥测与自动测量中一些基本元件的阐述。本课程内容讲述一般电机的基本理论、构造、性能与一些必要的实验,微电机的基本原理与构造,电磁继电器的基本理论、构造与一些计算方法。

第一部分 一般电机理論

总 論

0—1 电机的理論基础

电机是完成机械能变电能、电能变机械能或一种型式的电能变为另一种型式的电能的电磁机器。电磁感应定律、电磁力定律等理論是电机工作原理的理論基础。

1. 电磁感应定律:

当导体在磁場中运动时, 切割磁力綫, 便在导体中产生感应电势。反之, 当导体处在运动的磁場中 (比如旋轉磁場), 导体中亦有感应电势发生。总之: 当导体与磁場間有相对运动时, 导体中就产生感应电势。其电势的大小与磁感应强度 B , 相对运动速度 v , 以及导体的长度 (与 B 和 v 垂直的长度) l 成正比。即:

$$e = Blv \quad (0-1)$$

所得电势方向, 由右手定則来判定。

如果在綫圈中通入交变电流时, 便在綫圈周圍产生交变磁場。当綫圈处在交变磁場中, 則在綫圈中便产生感应电势:

$$e = -W \frac{d\phi}{dt} \quad (0-2)$$

电势的方向依楞次定律来决定。公式中的負号表示, 受此感应电势的影响而在电路內产生的电流, 企图阻止穿过該电路的磁通变化。从而得出結論:

凡是綫圈处在变化的磁場中 (可以是空間变化的磁場即运动的磁場, 也可以是時間变化的磁場); 或綫圈对磁場有相对运动时, 便在綫圈的两端产生感应电势。

2. 电磁力定律:

如果将带有电流的导体放在磁場中, 則导体便受电磁力作用。其电磁力的大小与磁感应强度, 导体中电流及导体长度成正比。即:

$$F = BIl \quad (0-3)$$

电磁力的方向依左手定則来判定, 当磁場方向和电流方向一定时, 电磁力的方向便恒定。如果电流方向或磁場方向有一个改变时, 电磁力方向便改变。当电流与磁場的方向同时改变时, 电磁力方向不变。

3. 全电流定律: 沿閉合迴綫的磁势等于被这个迴綫包围的全电流:

$$\oint Hdl = \Sigma I \quad (0-4)$$

由此还可得磁路定律:

$$\Phi = \frac{F}{R_m} \quad (0-5)$$

上两式中 H 为磁場强度, F 为磁势, R_m 为磁阻。

在电机运行过程中, 电磁感应与电磁力现象同时存在于电机中。故任何一种电机都是

可逆的。

0—2 电机的基本理论

1. 直流电机

将机械能转变成直流电能的电磁机器称为直流发电机。反之，将直流电能转变为机械能的电磁机器称为直流电动机。直流发电机工作原理是基于电磁感应定律的原理做成的。设有一单匝方框线圈在一均匀磁场内旋转时，如图 0—1 所示，由于导体与磁场间有相对运动，所以在导体中产生感应电势。图 0—1 表示在 NS 磁极形成的磁场中，有一旋转的线圈，其两导体分别接在两滑环上。由于导体交替地在 N 极和 S 极下面旋转，故在与滑环滑动接触的电刷 A 和 B 上，便得到交变电势。图 0—3，如果电刷与外电路接通，便有电

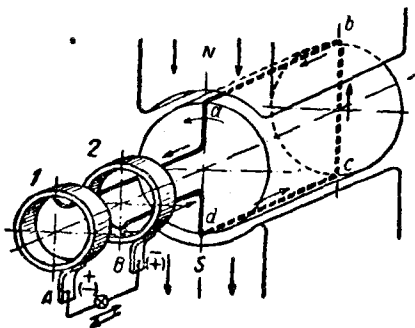


图 0—1 交流发电机原理

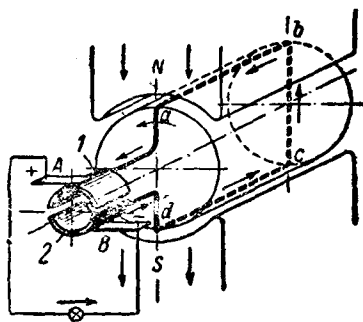


图 0—2 直流发电机原理

流通过线圈、滑环、电刷、负载的闭合电路。这一发电机是最简单的交流发电机。

近代的直流发电机，均是在交流电机的基础上，用特殊装置把线圈中电势或电流的方向变为不随时间变化的直流电。这种特殊装置称换向器或整流子。用换向器代替滑环的直流发电机原理图，如图 0—2 所示。导体 ba 与换向片 1 相接，导体 cd 与换向片 2 相接。图中所示，瞬时电刷 A 与换向片 1 即 ba 导体接触，电势为正。电刷 B 与换向片 2 即 cd 导体接触，电势为负。当 ba 导体旋转到 S 极下面时， cd 导体便处在 N 极下面，此时电刷 A 与换向片 2 亦即导体 cd 接触，由于 cd 导体与原来 ba 导体一样在 N 极下面，旋转方向相同，故此时电刷 A 电势仍为正。同理电刷 B 的电势永为负。从而可以看出，虽然线圈的电势是交变的，但通过换向器的作用在电刷两端却可以得到方向不变的直流电。这便是直流发电机的基本作用原理。

通过换向器的作用，将线圈中交变电势图 0—3 换成方向一致的直流电如图 0—4, a 所示。但电刷间的电势有较大的脉动，如再增加一线圈（与原线圈垂直放置），电刷两端电

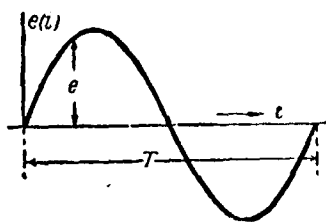


图 0—3 交变电势的波形

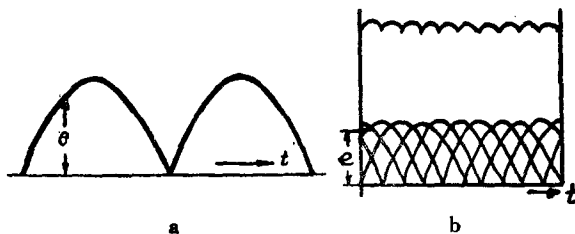


图 0—4 换向后电势的波形

勢脉劲就大为减少如图 0—4, b 所示。所以直流电机旋轉的电樞上有許多綫圈和換向片。

直流发电机是可逆的，既可以做为发电机又可以做为电动机。如果直流电通过电刷，換向器把电流通到导体中，根据电磁力定律导体受到力作用（依左手定則判定），在 N 极下导体与在 S 极下导体受到的电磁力构成力矩，便使电樞旋轉起来。由于換向器作用， N 极下导体电流方向和該导体轉到 S 极下面时电流方向相反，故产生力矩方向不变。

在直流发电机或直流电动机能量轉換过程中却有能量損耗。我們用能量图来说明輸入功率，損耗，及輸出功率的关系，以直流发电机为例。直流电机产生磁场的叫磁极，磁极固定在机座上不动統称为定子。其綫圈，換向器轉軸等构成旋轉电樞。示意图 0—5。

直流发电机輸入功率 P_1 是机械能，有时还要加入激磁的电能 P_e 。由于有風阻摩擦及軸承的摩擦存在故有摩擦損失 $P_{\mu x}$ 。在电樞铁芯（由硅鋼片迭成）中有铁損失（即磁滯渦流損失） P_c ，以及杂損失 P_d 。所以輸入功率去掉上述損失后，便通过电磁感应在电樞的綫圈中产生电势，当与外电路閉合时便有电功率輸出。但在电功率輸出之前还有綫圈中銅損失（即电阻損失与电流平方及电阻成正比） P_m 及电刷与換向器接触处損失 P_{uk} 。如图 0—6 所

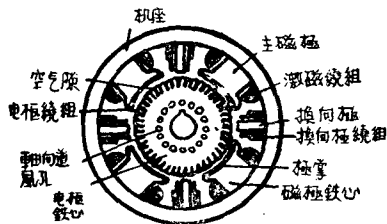


图 0—5 直流电机結構示意图

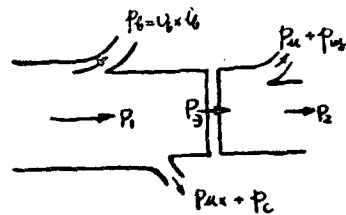


图 0—6 直流他激发电机能量图

示。图中 P_e 为电磁功率，是经过电磁变换将机械能变成电能（或把电能变成机械能）的功率。故：

$$P_e = P_1 - (P_{\mu x} + P_d + P_c) = P_2 + P_m + P_{uk}$$

2. 变压器

变压器是将一种电压的交流电能，变成另一种电压的交流电能的静止电磁机器。变压器的主要部分是铁芯及綫圈（常称繞組）如图 0—7 所示。如果把交流电加在原边繞組上，则在铁芯中产生交变磁场，而原繞組与付边繞組都受交变磁场的影响产生感应电势〔式 (0—2)〕。因电压要求是按正弦变化，所以交变磁通也应是正弦变化的即：

$$U = U_m \sin \omega t; \quad \phi = \phi_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

匝鏈原付繞組的磁通称为工作磁通（或主磁通）用最大值表示为 ϕ_m 。在原付繞組中产生电势大小为：

$$E_1 = 4.44fW_1\phi_m \quad (0-6)$$

$$E_2 = 4.44fW_2\phi_m \quad (0-7)$$

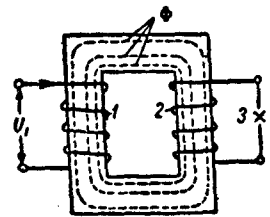


图 0—7 变压器原理图

原边电压 U_1 与原边感应电势 E_1 相差甚小，可认为 $U_1 \approx -E_1 = 4.44fW_1\phi_m$ ，所以变压器空载时原边电压与付边电压的比称变压器的变比 k 等于：

$$k = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{4.44fW_1\phi_m}{4.44fW_2\phi_m} = \frac{W_1}{W_2} \quad (0-8)$$

即变压器的变比就等于原付繞組的匝数比。变压器可做为升压用，也可做为降压用。

3. 异步电机

异步电机又称为感应电机，它是交流电动机的普遍型式。异步电机由定子及轉子两部分构成。其示意图如图 0—8 所示，定子固定不动，和旋轉的轉子之間有一气隙。在定子上装有三相交流繞組，通入三相交流电就可产生三相旋轉磁場。在轉子上有繞組，轉子繞組有短接的鼠籠式繞組与三相滑环式繞組。轉子繞組在定子繞組的三相旋轉磁場作用下，产生感应电势，由于轉子繞組是閉路的。所以在轉子繞組中便有电流流通。轉子电流与磁場相互作用，便产生电磁轉矩。异步电机轉子在电磁力矩作用下以某一速度旋轉，这就是异步电动机工作原理。异步电机也是可逆的。

以异步电动机为例，来研究在异步电机中能量轉化关系。异步电动机輸入功率为电功率，首先在定子繞組中有銅損耗 P_{a1} 抵偿，其次在定子与轉子铁芯中的磁滯渦流損耗即铁損耗 P_c 也需要抵偿。故异步电动机的电磁功率 P_e 为：

$$P_e = P_1 - P_{a1} - P_c$$

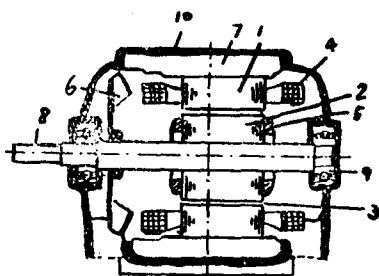


图 0—8 异步电机构造图

1. 定子铁芯；2. 轉子铁芯；3. 空气隙；4. 定子繞組；5. 轉子繞組；6. 風扇；7. 風道；8. 軸；9. 軸承；10. 机壳。

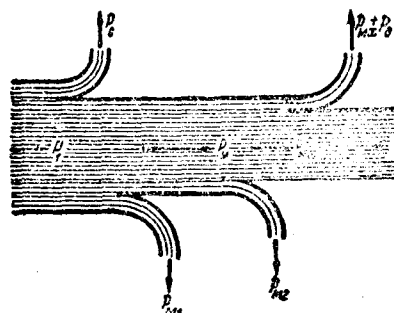
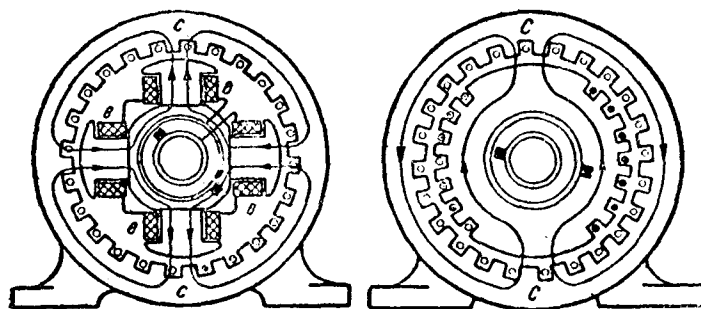


图 0—9 异步电动机能量图

电磁功率以电磁感应方式傳遞到轉子，克服轉子繞組的銅損失 P_{a2} 后就全是机械功率了，但不是全部輸出功率 P_2 ，还要克服机械摩擦損耗 $P_{\mu x}$ 及杂損耗 P_s ，剩下的才是輸出的机械功率 P_2 如图 0—9 所示。

4. 同步电机

同步电机又称为同期电机。同步电机是交流发电机的主要型式。同步电机一般由于容量較大，均采用磁极旋轉而电樞繞組固定的型式，其示意图如图 0—10 所示。同步电机轉子的許多磁极，当由滑环通入激磁繞組以直流电时，便产生恒定磁場。但是，以外力（机械能）拖轉子磁极旋轉时，固定在定子的电樞繞組与磁場間有相对运动，便产生交变电势。由于电樞繞組是三相繞組，所以电樞繞組的电势是三相电势。其电势的频率 f 与轉子磁极的



a) 显极同步电机

b) 隐极同步电机

图 0—10 同步电机结构示意图

子的許多磁极，当由滑环通入激磁繞組以直流电时，便产生恒定磁場。但是，以外力（机械能）拖轉子磁极旋轉时，固定在定子的电樞繞組与磁場間有相对运动，便产生交变电势。由于电樞繞組是三相繞組，所以电樞繞組的电势是三相电势。其电势的频率 f 与轉子磁极的

轉速及磁極對數 p 有關，其關係式為：

$$f = \frac{Pn}{60} \quad (0-9)$$

式中 P ——磁極對數；

n ——轉子每分鐘轉速(轉/分)。

若產生的交變電勢頻率 $f = 50$ 赫時，(這是我國標準工業頻率) 磁極對數 p 與轉子每分鐘轉數 n 的乘積必須等於常數即： $P \times n = 50 \times 60 = 3000$ 。所以當同步電機的磁極對數 $P = 1$ ，即兩極電機，轉子速度必須是每分鐘 3000 轉。電樞所得電勢頻率才是 50 赫芝。

同步電機也可做為電動機運行，同步電動機轉速與磁極對數必須符合式 (0-6) 不可調節。所以一般用同步電動機的不多，但有的地方需要保持恆速，或改善網絡功率因數時則採用同步電動機。

5. 各種電動機的相互關係

如果在直流電機的定子磁場里，電樞上繞三相繞組，並接三個滑環，使電樞的轉速和磁極對數的乘積為 3000。則在三個滑環上所獲得電勢便為 50 赫的三相交變電勢。顯然，這就是同步電機，由於目前同步電機容量很大，很大的功率由旋轉的電樞並通過滑環電刷傳送出去是不合適的。因此同步電機在容量較大時是不採用這種型式的。

異步電機和同步電機的定子都是三相繞組，當有三相電流通過時，就會有三相旋轉磁場產生。所以，把異步電機轉子插入同步電機的定子中，則同步電機就變成異步電機。同理把同步電機的轉子磁極插入異步電機定子中，則異步電機便成為同步電機。

如果異步電機轉子上有三相繞組，通過三個滑環可與外電路聯接。當異步電機定子接上交變電壓時，產生旋轉磁場，切割轉子繞組，並在轉子繞組中產生三相感應電勢，由於定子繞組與轉子繞組的匝數不同，所以在轉子滑環上所得電勢與定子外加電壓不同。因此，異步電機在轉子不動時，就是一個變壓器。感應調壓器就是根據這種原理做成的。

由上所述，我們知道各種電機之間是有密切聯繫的，因為它們是在同一原理（即電磁感應原理）下做成的。

第一篇 直流电机

第一章 直流电机结构与工作原理

1-1 直流电机的结构

直流电机的基本构造是由定子（静止部分）与电枢（旋转部分）组成。两部分之间有气隙。在小容量电机中气隙为 0.3~3 毫米，大容量电机中气隙为 10~12 毫米。图 1-1 是正常直流电机的剖面图。

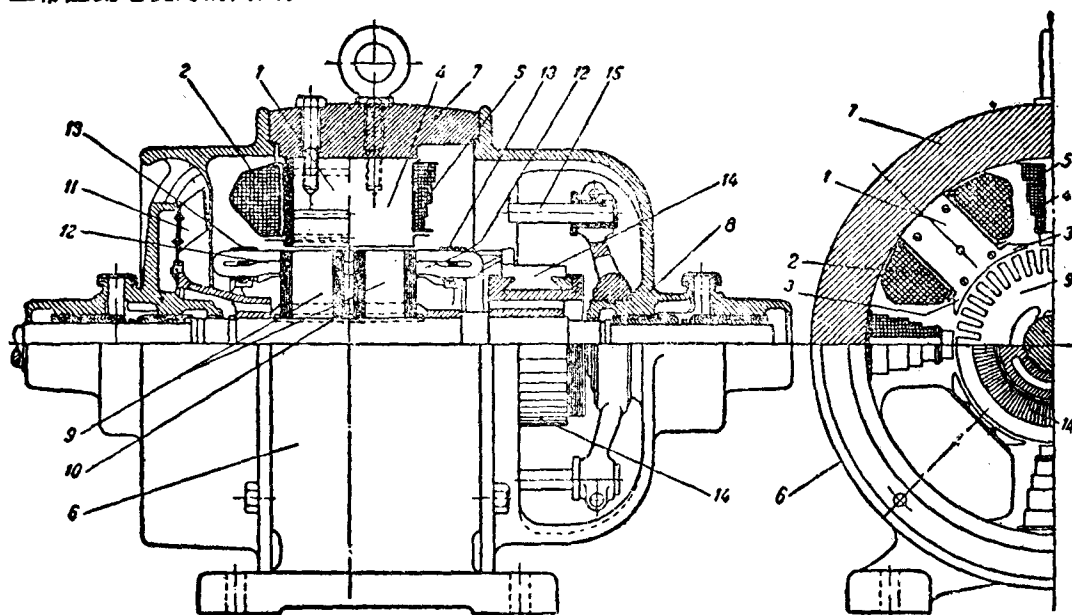


图 1-1 直流电机的纵、横截面图

1. 主极铁芯； 2. 主极线圈； 3. 极掌； 4. 整流极铁芯； 5. 整流极线圈； 6. 机座； 7. 磁轭； 8. 瓦轴承； 9. 电枢铁芯； 10. 通风道； 11. 风扇； 12. 电枢线圈； 13. 绑带； 14. 整流子； 15. 刷握。

直流电机定子的作用是产生磁通，并做为机座之用。由下列几部分组成：

1. 主磁极，用来产生主磁通；
2. 换向磁极，用来改善换向情况的，有时称为附加极；
3. 机座及端盖。

直流电机的电枢是进行能量转换的主要部分。电枢由下列几部分组成：

- (1) 电枢铁芯，(2) 电枢绕组，(3) 换向器。

今将直流电机主要结构简述如下：

1. 机座及端盖：如图 1-2 所示，机座上安装有主磁极及换向磁极，因此直流电机的机座除了安装在地基上以外，还作为磁路的一部分，故用铸钢或钢板焊接而成。其导磁部分又称磁轭。机座的两端装有前、后端盖，作为支持轴承及防护之用，用铸铁制成。轴承为滚动或滑动轴承，由电机容量大小决定。