



中等專業學校教學用書

电 机 学

Л. М. 朴德罗夫斯基著

高等教育出版社





数据加载失败，请稍后重试！

电子学研究

73.2

878

中等專業學校教學用書



电 机 学

Л. М. 朴德罗夫斯基著
邢文第 馬昭彥 孔昌平等合譯

高等 教育 出版社



3302792

0440/13

本書原來系根據蘇聯國立動力出版社（Государственное Энергетическое издательство）出版的朴德羅夫斯基（Л. М. Пнотровский）所著“電機學”（Электрические машины）1952年第二版譯出的，現在又由原譯者根據原書1956年第三版加以修訂。原書經蘇聯電氣工業部教育司審定為電機中等技術學校教學參考書。

本書包括了電機的基本理論，共分六篇：一、直流電機；二、變壓器；三、同步電機；四、異步無換向器式電機；五、異步換向器式電機；六、換流機器。

對非電機專業的高等學校學生，本書也可適用。

本版和上版比較沒有作本質上的改變，僅作了必要的校正，某些章節作了一些刪減；主要是在換流機器一篇中刪除了和電機沒有直接關係的材料。

電 機 學

Л. М. 朴德羅夫斯基著

邢文第 馬昭彥 孔昌平譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7號

（北京市書刊出版業營業執照可証出字第054號）

京華印書局印刷 新華書店發行

統一書號1510·271 開本850×1168¹/₃₂ 印張15¹⁰/₁₆ 字數420,000 印數20,501—27,500
1956年10月合訂本第1版 1958年10月第2版 1958年10月北京第4次印刷 定價（10）¥2.30

第三版序言

中等專業学校学生用“电机学”教科書第三版与第二版比較有下列一些修改：改写了緒論全部和直流电机繞組一章中的开始部分；对“变压器”和“同步电机”兩章，由于应用冷軋鋼及增大同步發电机容量的問題而作了必要的补充；删減了一些有关交流換向式电机的內容，这是由于这种电机是具有特殊結構和应用的电机；將非电机型整流器自該篇中删去，因它已列入其他專門課程中。

这本教科書的結構和叙述的基本方法——由簡入繁和由个别到一般——并没有改变。

作者謹向詳細校閱本版的工程师德罗(A. P. Дро)表示感謝。

作者

目 录

第三版序言

緒論 1

1) 电机制造发展的几个主要阶段 2) 偉大十月革命后祖国电机制造的发展 3) 电力系统中的电机 4) 制造电机的材料 5) 电磁感应定律

第一篇 直流电机

第一章 直流电机的基本概念 11

1-1 直流电机的种类(11) 1-2 交流电机的工作原理(11) 1-3 直流电机的工作原理(12) 1-4 直流电机的环型绕组(13) 1-5 直流电机各主要部件的叙述(15)

第二章 直流电机的电枢绕组 19

2-1 直流电机的鼓型电枢(19) 2-2 鼓型电枢绕组的分类(21) 2-3 單叠绕组(21) 2-4 單叠绕组举例(24) 2-5 單波绕组(27) 2-6 單波绕组举例(28) 2-7 特殊的單波绕组(30) 2-8 鼓型电枢的复叠绕组(31) 2-9 鼓型电枢的复波绕组(32) 2-10 对称的条件(33) 2-11 绕组的实际绕法(34) 2-12 均压连接(均压环)(35) 2-13 电枢绕组的电势(40) 2-14 各种绕组的比較(41)

第三章 直流电机空載時的磁路及其計算原則 42

3-1 概述(42) 3-2 直流电机的磁路(44) 3-3 空气隙磁势(46) 3-4 电枢齿部磁势(49) 3-5 电枢鉄心的磁势(52) 3-6 磁極与磁軛的磁势(52) 3-7 电机的磁化曲线(53) 3-8 例题(54)

第四章 直流电机的电枢反应 56

4-1 負載时电机的磁势(56) 4-2 电枢的橫軸和縱軸磁势(60) 4-3 发电机的电枢反应(61) 4-4 电动机的电枢反应(64) 4-5 例题(64)

第五章 換向 65

5-1 換向的意义(65) 5-2 換向过程的本質(65) 5-3 电枢旋轉速度無限小时的換向($v_a \approx 0$)(66) 5-4 当 $v_a \approx 0$, $r_c = 0$ 和 $r_n = 0$ 时的換向(直綫換向)(67) 5-5 当 $v_a \approx 0$ 而考虑到电阻 r_c 和 r_n 时的換向(69) 5-6 在一定电枢旋轉速度时的換向($v_a \neq 0$)(69) 5-7 当 $b_{u1} = b_k$ 时的曲线換向(70) 5-8 火花等級(72) 5-9 自感电势 e_L 的决定(73) 5-10 当 $b_{u1} > b_k$ 时的电势 e_L (75) 5-11 决定外磁場所感应的电势 e_k (76) 5-12 改善換向的主要方法(76) 5-13 电刷自中性綫移动(76) 5-14 換向磁極(78) 5-15 实验換向調整法(80) 5-16 例题(82) 5-17 补偿绕组(82) 5-18 短距绕组(84) 5-19 电刷和它对換向的影响(85)

第六章 直流电机的損失和效率 86

6-1 損失的分类(86)	6-2 銅損失(86)	6-3 在电刷接触处的損失(87)	6-4 鉄損失(87)	6-5 鉄总損失(88)	6-6 机械損失(89)	6-7 通風損失(90)	6-8 杂損失(91)	6-9 效率(91)	6-10 例題(92)							
第七章 直流發电机									93							
7-1 直流發电机按激磁方法的分类(93)	7-2 額定工作情况及各額定值(94)															
7-3 直流發电机的能量圖及电势方程式(95)	7-4 發电机的电磁力矩(95)	7-5														
当 n = 常数时, 發电机的力矩方程式(98)	7-6 發电机的特性(98)	7-7 他激發电机(99)	7-8 并激發电机·自激的条件(102)	7-9 并激發电机的特性(104)	7-10 串激發电机(106)	7-11 复激發电机(107)										
第八章 直流發电机的并联运用									108							
8-1 直流發电机的联合工作(108)	8-2 并激發电机的并联运用(109)	8-3 复激發电机的并联运用(111)														
第九章 直流电动机									(111)							
9-1 电机的可逆原理(111)	9-2 直流电动机的分类(112)	9-3 直流电动机的能量圖(113)	9-4 电动机的轉动力矩(114)	9-5 功率 P_m (114)	9-6 力矩平衡的条件(力矩方程式)(114)	9-7 电势平衡的条件(电势方程式)(116)	9-8 直流电动机的特性(116)	9-9 直流电动机稳定工作的条件(119)	9-10 并激电动机的起动的(120)	9-11 并激电动机的工作特性(122)	9-12 并激电动机的机械特性(124)	9-13 并激电动机的調节特性(125)	9-14 改变網路电压調节速度(128)	9-15 串激电动机的起动的和工作特性(129)	9-16 串激电动机速度的調节(131)	9-17 复激电动机(133)
第十章 直流电机的基本数据及应用范围									(134)							
10-1 高压直流电机(134)	10-2 曳引發电机及电动机(134)	10-3 大容量的电动机和發动机(135)	10-4 正常的直流电机(137)	10-5 电焊發电机(137)	10-6 橫軸磁場电机(138)	10-7 永磁电机(140)										
第二篇 变压器																
第十一章 变压器的基本定义和構造原理									(141)							
11-1 基本定义(141)	11-2 变压器的主要类型(142)	11-3 額定值(143)	11-4 变压器的主要構造部件(143)													
第十二章 单相变压器的空載状态									(149)							
12-1 变压器工作的研究方法(149)	12-2 单相变压器的空載(159)	12-3 基本关系(150)	12-4 单相变压器空載时的电势方程式(153)	12-5 单相变压器空載时的向量圖(154)	12-6 空載損失·鉄心損失(156)	12-7 空載电流(158)	12-8 变比(159)									
第十三章 变压器的短路									(159)							
13-1 短路状态·短路电压(159)	13-2 变压器短路工作时的物理情况(160)	13-3														

折算的变压器(163) 13-4 折算变压器的短路向量圖(165) 13-5 变压器的等效
电路圖·短路三角形(166) 13-6 变压器的短路試驗(169)

第十四章 变压器有負載時的工作(170)

14-1 变压器有負載時工作的物理情况(170) 14-2 变压器有負載時的向量圖(172)
14-3 变压器有負載時的簡化向量圖(173) 14-4 变压器的电压变动(175) 14-5
变压器的效率(177)

第十五章 三相变压器(179)

15-1 基本概念(179) 15-2 三相变压器的結綫(180) 15-3 三相变压器空載時的
特点(184) 15-4 三相变压器在短路和有負載時的工作(188) 15-5 变压器在不
对称負載時的工作(188)

第十六章 变压器的并联运用(191)

16-1 变压器并联运用的条件(191) 16-2 变比不等的变压器并联运用(192) 16-3 短
路电压不等的变压器并联运用(195) 16-4 变压器同一結綫組別的屬性条件(197)

第十七章 变压器的过渡状态(198)

17-1 过渡状态的特征(198) 17-2 恒定导磁系数变压器的空載接入电流(198)
17-3 饱和变压器的空載接入电流(201) 17-4 短路过电流(201) 17-5 变压器的
过电压(202) 17-6 中点接地的变压器的过渡过程(204) 17-7 中点絕緣的变
压器的过渡过程(205) 17-8 对变压器过电压的保护方法(205)

第十八章 特种变压器(207)

18-1 自耦变压器(207) 18-2 鉄心損失与繞組中的損失(208) 18-3 自耦变
压器的应用范围(209) 18-4 三繞組变压器(210) 18-5 汞弧整流器用的变压器(213)
18-6 电焊用变压器(215) 18-7 表用互感器(216) 18-8 变压器的其他特殊型式
(217)

第三篇 同步电机

第十九章 同步电机的基本知識(219)

19-1 同步电机的基本定义和作用原理·同步电机的型式和同步发电机的某些数据
(219) 19-2 汽輪发电机和水輪发电机的主要構造部件簡述(222)

第二十章 同步电机的电势和繞組(227)

20-1 导論(227) 20-2 有关电势問題的研究方法(227) 20-3 导体中的电势(228)
20-4 有关高次諧波的概念(230) 20-5 交流繞組的基本元件(231) 20-6 槽的形
狀(232)

第二十一章 單層全距繞組及其电势(233)

21-1 全距綫匝的电势(233) 21-2 單相全距集中繞組(單層)(234) 21-3 單相全
距分布繞組(單層)(235) 21-4 繞組的分布对电势高次諧波的影响(238) 21-5
單相全距繞組的安排(238) 21-6 三相單層全距繞組的原理圖(240) 21-7 三相

繞組的結綫方式对电势的大小和波形的影响(243)	21-8 三相單層全距繞組的实际綫路圖(244)
第二十二章 双層短距繞組及其电势	(248)
22-1 短距綫匝的电势(248)	22-2 短距繞組的电势(249)
22-3 数字实例(252)	22-4 特殊型式的繞組(253)
第二十三章 交流繞組的磁势(M. A. C.)	(255)
23-1 定子磁势及定子磁場(255)	23-2 隱極电机中全距繞圈的磁势(256)
23-3 在任一瞬时空气隙任一点的綫圈磁势(258)	23-4 單相分布繞組的磁势(259)
23-5 三相繞組的磁势(260)	
第二十四章 同步电机的电樞反应	(263)
24-1 关于同步电机电樞反应的一般概念(263)	24-2 三相电机中轉子和定子磁势間的相互作用(263)
24-3 同步发电机的电樞反应与負載特性的关系(264)	24-4 在混合負載下的电樞反应(267)
24-5 單相电机的电樞反应(267)	24-6 漏磁感抗(269)
第二十五章 同步发电机的向量圖和参数	(270)
25-1 在負載下的电压变动(270)	25-2 基本电势向量圖(白耶德向量圖)(271)
25-3 变换的电势向量圖(272)	25-4 电压变动 ΔU 的决定(274)
25-5 电势向量圖的分析(275)	25-6 $x_d, x_q, x\sigma$ 和 $k_{oh\sigma}$ 的数值(280)
25-7 簡化电势向量圖(281)	25-8 实用电势向量圖(282)
25-9 数字实例(283)	
第二十六章 同步发电机的特性曲綫	(285)
26-1 特性曲綫的种类(285)	26-2 外特性曲綫(285)
26-3 調整特性曲綫(286)	26-4 同步发电机的损失和效率(286)
第二十七章 同步发电机的并联运用	(288)
27-1 前言(288)	27-2 單相发电机并联接入的条件(289)
27-3 三相发电机并联接入的条件(291)	27-4 同步发电机的自整步接入法(293)
27-5 同步电机的电磁功率(294)	27-6 同步发电机的基本工作状态(296)
27-7 在 M = 变数和 i_a = 常数的条件下的并联运用(296)	27-8 整步功率(299)
27-9 发电机的过載能力·静态稳定与动态稳定的概念(300)	27-10 同步发电机的附加电磁功率(302)
27-11 在 M = 常数和 i_a = 变数的条件下的并联运用·U 形曲綫(305)	27-12 同步发电机并联运用时負載的轉移(308)
27-13 同步发电机并联运用时的振蕩(309)	
第二十八章 同步电机作为电动机和补偿机工作	(311)
28-1 同步电动机的基本知識(311)	28-2 同步电动机構造上的特点(312)
28-3 同步电机的可逆原理(312)	28-4 同步电动机的电势向量圖(313)
28-5 同步电动机的电磁功率(314)	28-6 在 M = 常数和 i_a = 变数的条件下电动机的工作·U 形特性曲綫(314)
28-7 在 M = 变数和 i_a = 常数的条件下同步电动机工作特性曲綫(316)	28-8 反应式同步电动机(317)
28-9 同步补偿机(319)	28-10 基本数据(321)

第二十九章 同步电机的突然短路	(322)
29-1 突然短路的定义和种类(322)	29-2 基本物理观念·超导迴路的概念(322)
29-3 三相短路电流(323)	29-4 过渡感抗和次过渡感抗(332)
29-5 三相突然短路电流的大小(334)	
第四篇 异步無换向器式电机	
第三十章 异步無换向器式电机的基本知識	(336)
30-1 异步电机的类型(336)	30-2 三相异步电机的作用原理及其工作状态(337)
30-3 异步电机的基本工作状态(340)	30-4 三相异步电机的主要構造部件(340)
第三十一章 轉子不动时的三相异步电机	(341)
31-1 异步电机的空载(344)	31-2 异步电机的短路(347)
31-3 感应調压器(348)	31-4 移相器(350)
第三十二章 异步电动机在旋轉时的現象	(351)
32-1 空载(351)	32-2 轉差率和轉子电流的頻率(352)
32-3 异步电动机有負載时的工作(354)	32-4 异步电动机的向量圖(355)
第三十三章 异步电动机的轉动力矩	(356)
33-1 能量圖(356)	33-2 异步电动机的轉动力矩(357)
33-3 力矩公式的研究(359)	33-4 轉动力矩的計算公式(362)
33-5 高次諧波对轉动力矩的影响(363)	33-6 数字实例(364)
第三十四章 异步电动机的工作特性	(365)
第三十五章 异步电动机的圖圖	(369)
35-1 前言(369)	35-2 簡化圖圖的基础(370)
35-3 异步电动机的圖圖(371)	35-4 空載試驗和短路試驗(372)
35-5 圖圖的作法(374)	35-6 可变参数电动机圖圖的作法(381)
35-7 数字实例(381)	35-8 柯斯欵科精確圖圖(383)
第三十六章 异步电动机的起动	(384)
36-1 异步电动机的起动特性(384)	36-2 异步电动机的起动电流(384)
36-3 异步电动机的起动法(384)	36-4 在 $U_n = U_n$ 的条件下电动机直接接入網路(385)
36-5 在 $U_n < U_n$ 的条件下电动机接入網路(385)	36-6 滑环式电动机的起动(389)
36-7 滑环式电动机在轉子电路中的电阻不对称时的起动(389)	36-8 同步电动机的异步起动(390)
36-9 混合方式的异步起动(393)	
第三十七章 特殊制做的异步电动机	(393)
37-1 特殊异步电动机的种类(393)	37-2 双鼠籠电动机(393)
37-3 深槽电动机(396)	
第三十八章 异步电动机的速度調节	(400)
38-1 电动机調节轉速的方法(400)	38-2 用轉子电路中的变阻器調节轉速(400)

38-3 改变电动机的磁極对数以調节轉速(402) 38-4 在轉子电路中引入附加电势以調节轉速(405) 38-5 改变电源網路的頻率以調节轉速(406)

第三十九章 异步电机的特殊工作状态及其特殊型式(407)

39-1 异步电机作为發电机工作(407) 39-2 电磁制动机状态(412) 39-3 双电源状态(413) 39-4 單相异步电动机(416) 39-5 用电容器起动的單相电动机和單相电容电动机(419)

第五篇 异步換向器式电机

第四十章 交流換向器式电机的基本知識·單相換向器式电动机(421)

40-1 基本知識(421) 40-2 單相串激电动机(421) 40-3 單相串激电动机的向量圖(424) 40-4 單相串激电动机的特性(424) 40-5 电樞有一套电刷的(湯姆生)推斥电动机(426)

第四十一章 三相并激換向器式电动机(428)

41-1 用轉子电路中引入附加电势的方法調节异步电动机的速度和 $\cos \varphi$ 的原理(428) 41-2 換向器用做頻率变换机(430) 41-3 史拉格-李赫特尔三相并激电动机(432) 41-4 相位补偿机(435)

第四十二章 异步电机的串級联結(438)

42-1 前言(438) 42-2 克里密尔机械联結的串級(439) 42-3 克里密尔电气联結的串級(441) 42-4 克里密尔串級的特性(441)

第四十三章 电机的發热和冷却(442)

43-1 前言(442) 43-2 固体發热原理(443) 43-3 散热条件(447) 43-4 电机的發热(448) 43-5 絕緣材料的分級(448) 43-6 測量溫度的方法(449) 43-7 溫度計法(450) 43-8 电阻法(450) 43-9 埋入溫度探测器法(451) 43-10 电机的最大許可溫度和最大許可溫升(451) 43-11 电机的基本額定工作状态(454) 43-12 間歇工作时的發热(455) 43-13 电机的冷却与通風(456)

第六篇 換流机器

第四十四章 旋轉換流机(458)

44-1 換流机器的类型(458) 44-2 电动机發电机組(458) 44-3 單樞換流机(459) 44-4 單樞換流机的作用原理(460) 44-5 交流电压和直流电压的比率(460) 44-6 交流电流和直流电流的比率(463) 44-7 电樞繞組中的合成电流和电樞反应(464) 44-8 單樞換流机的特性曲綫(466) 44-9 單樞換流机的其他运用形式(467) 44-10 單樞換流机的应用(467)

附录 电机在工作時所形成的無綫电干扰及其抑制方法(468)

主要参考書(477)

俄文下角意义說明表(478)

中俄名詞对照表(482)

緒 論

1. 电机制造發展的几个主要阶段

1831年法拉第(М. Фарадей)所發現的电磁感应定律是电机制造的理論基础。繼此發現后,1832年出現了第一个整流式發电机模型,1834年彼到堡科学院院士亞可比(Б. С. Якоби)做出了第一台电蓄電池供电的电动机。

最初,电机的發展是从永磁式直流电机开始的。稍后,自1860年起即进为电磁式。远在1885年直流电机已具有近代結構的全部主要特征。今將此發展过程中的几个主要阶段列举于下:

а) 1860年巴其諾基特(Пачинотит)發明环形电樞。

б) 自1867年起西門子(В. Сименс)基于赫尔特(Хиорт)1851年建立的自激原理开始制造自激式直流發电机。

в) 1872年格菲尔-阿里金業克(Геффер-Альтенек)提出鼓形电樞,以后即广泛获得应用。

г) 1880年爱迪生(Эдисон)建議用鋼片組成的电樞。

д) 1882年韋斯頓(Вестом)做出双層繞組电樞。

е) 1883年莫尔基(Мордей)建議用均压联綫。

з) 1885年麦格思(Менгес)取得补偿繞組,麦吉尔(Метер)取得換向磁極的專利权。

自1870年起伴随直流开始了單相交流系統的研究。俄国天才發明家亞布洛契可夫(П. Н. Яблочков)是此系統的首創人。1878年他为了供电給自己發明的“亞布洛契可夫之燭”(Свечей Яблочкова),建立了第一个單相照明設備。在此設備应用了具有开口磁路的由电磁联系的

兩個繞組的感應綫圈，按其實質此感應綫圈即為變壓器，故亞布洛契可夫是電工中此重要電器的發明人，同時也是第一個在工業中應用變壓器的人。

為了改善變壓器的運行情況，1885年在布達佩斯赫茲公司的工程師吉里、波拉其和采比諾夫斯基（Дери、Блати и Циперновский）研究出由絕緣鋼絲組成封閉磁路的外鐵式和內鐵式單相干變壓器的結構。繼後1891年布洛（Брун）在瑞士製造第一台按當時說有30千伏電壓的高壓油浸變壓器，待後變壓器製造的發展即大步向前。

多里沃-多布羅沃爾斯基（М. О. Доливо-Добровольский）三相系統的發明是整個電力技術發展的新紀元，同樣也是電機製造發展的新紀元。多里沃-多布羅沃爾斯基在電機製造中的重要貢獻是基於1885年意大利物理學家費拉里斯（Феррарис）發現的旋轉磁場原理做出了工業用三相異步電動機，1889年他製造了鼠籠式和滑環式兩類異步電動機的標本，並展出於1891年在梅因河上法蘭克福特的國際電工展覽會上。

三相系統的優越性如此顯著，故遠在本世紀初葉即已獲得公認和迅速發展，同時三相異步電動機的發明促使電力各部門獲得躍進發展。由於工業企業和許多國民經濟部門的電氣化，電能的需要量大增，從而引起中央電站容量的增加，電站裝備機組容量的增大及輸電綫路的發展；因此自上世紀90年代起，電機製造和整個力能系統的發展是緊密連系着的，此處僅觸及此綜合過程中的幾個重點。

在用三相同步發電機生產電能方面，自1900年運用汽輪發電機起（用高速汽輪機直接帶動發電機）即出現了一個新時代。電機製造廠的努力在此方面獲得很大的進步：早在1920年已製造了1000轉/分60000千伏安和3000轉/分25000千伏安的空氣冷卻式汽輪發電機；為了降低損失，同步補償機在1928年及同步發電機在1937年已應用氬氣冷卻。氬冷式在蘇聯已做成3000轉/分150000千瓦的汽輪發電

机,美国已做成 3600 轉/分 150000—200000 千瓦的

最近美国通用电气公司将轉子繞組采用空心导綫施以内部氫冷却及加强定子冷却等方法,按設計可将每分 3600 轉汽輪发电机的容量提高到 350000—400000 千瓦。

和汽輪发电机平行發展的是水輪发电机(用水輪机帶动的发电机)。最近“电力”工厂为古比雪夫水电站制成了 682 轉/分容量 123500 千伏安的水輪发电机,現正为西伯利亞地区的水电站制造 250000—350000 千伏安的水輪发电机。

电力变压器和电力系統的發展是密切联系着的。对整个电机制造言,尤其对变压器制造言,1901 年發明的含硅电工鋼有重大意义;和一般鋼相比,硅鋼有較好的磁性,故可使变压器在不降低效率的情况下,重量及尺寸大为减小。

变压器容量的增加几乎和同步发电机的是平行前进的。但輸电的發展要求变压器有很高的电压:在 1907 年 110 千伏,在 1921 年 220 千伏,在 1937 年 287.5 千伏,在 1952 年 400 千伏,与此同时出現了保护变压器免遭过电压的問題。为此美国在 1929 年制造了非諧振变压器,即有全电容保护的防雷变压器;而苏联 1937 年莫斯科变压器厂制造了部分电容保护的防雷变压器。

自本世紀 40 年代起,由于冷軋鋼的应用变压器制造繼續向前發展,冷軋鋼順軋延方向比热軋鋼有更好的磁性,故对同容量的变压器言,能进一步减小其重量和尺寸,而維持或更提高其效率。

△在用电方面主要是电动机。自上世紀 90 年代起工業上已广泛应用三相异步电动机,它具有可貴的优点,但也有其缺点,首先是平滑調速困难和对供电網路的功率因数($\cos \varphi$)影响不良。

1900—1915 年間由于对調速的研究,創造了: a) 單相或三相換向器式电机; 6) 异步电机的串級联接; B) 換流机組。

換向器式交流电机和串級联接由于本身的缺点未能推广,但單相

串激換向式電動機在一些國家內（德國、美國、法國）應用於電氣鐵路上，按連阿拉得和連阿拉得-依里格業爾系統（Системе Леонарда и Леонарда-Ильгнера）的換流機組廣泛應用於調速範圍為 1:2 的電力驅動中（詳見 § 9-14）。

異步電動機和供電網路功率因數的問題發生在第一次世界大戰期間，當時許多軍事工廠的 $\cos \varphi$ 急劇下降，在各種改善 $\cos \varphi$ 的方法中，1916 年美國採用了同步電動機，它不僅能在 $\cos \varphi = 1$ 時工作，且能有越前的功率因數（和接一個電容在網路上一樣，參考 § 28-6），此後具有較好起動性能的同步電動機即廣泛應用於不調速的電力驅動中。

早在第一次世界大戰期間，尤其戰後（1920—25 年）在許多工業部門由於單機驅動效率大，故以它代替了成組驅動，因此鼠籠式異步電動機在工業上的應用也逐漸代替了以前的卷綫式，現在由於網路容量的增大，鼠籠式電動機的容量已達到數百和數千千瓦。

最近電動機製造的發展和過渡到利用電動機在連續控制上有聯繫，首先電動機已廣泛應用在自動控制上，尤其在具有高速的生產過程上。故自 1930 年末，和採用其他自動控制方法的同時，也採用電動機型放大機—橫軸磁場電動機（ЭМУ）和自激放大機等。在近代工業中這類放大機已廣泛應用。

隨著自動控制和遙控的發展，需要製造幾瓦和零點幾瓦的小容量電動機，這類電動機的类型甚多，它的設計、試驗和運用方法都和工業用電動機大不相同。最近這類電動機的製造正在高速度發展。

2. 偉大十月革命後祖國電動機製造的發展

革命前俄國電動機製造發展極為緩慢，當時僅有一些較小的電動機廠，按其性質言與其說是獨立的企業，不如說是按外國公司圖樣操作的裝配車間。

偉大十月革命後，情況發生了根本性的變化，在短期內建立了大型

的电机厂，并很好地完成了和正在完成国民經济發展中最复杂而艰巨的任务。为这些工厂培养了必須的电机制造干部。同时在工厂試驗所，高等学校的實驗室及科学研究学院中进行了科学研究工作。

革命后祖国电机制造的發展是和党及政府在國內战争后提出的苏联电气化綱要是紧密联系着的。苏联电力工業的主要原則是：

- 1) 發展的計劃性，它的实现是基于国民經济的全国發展計劃的；
- 2) 在区域發电站集中生产电能；
- 3) 在利用本地低值燃料的原則上建立發电站；
- 4) 將高压輸电綫路联合工作，借以組成并發展为强大的电力系統。

这些原則制定出来了，并作为 1920 年由烏·伊·列宁首倡的具有历史意义的全俄电气化計劃(Госпро)的基础。在战前的几个五年計劃中这些原則获得了进一步的發展和具体的实现。

按全俄电气化計劃，在 10—15 年內必須建立三十个發电站，其总安裝容量为 170 万千瓦。这个被烏·伊·列宁称为“党的第二綱領”的計劃为国家計劃經济的进一步建設奠定了基础，为社会主义原則改建全部国民經济工作开辟了偉大的新紀元。

在党的领导下，全俄电气化計劃提前于 1931 年 1 月完成。和 1913 年比較，發电站的容量增加到三倍，电能的生产量增加到四倍。

在恢复时期即 1926 年前，苏联在大型电机制造已大有进步并掌握了許多新型的电机和系列电机（或許說使当时落后的旧系列电机現代化）。

此后苏联电机制造以更快的速度發展，到 1940 年末已达到国外的最先进的电机制造水平。

苏联制造的各种电机的現狀和發展叙述于本書各篇章內。

3. 電力系統中的電機

在電力系統的工作中，電機有主要的作用。電力過程的第一步就是生產電能，或如一般所說的在電站發出電能。近代工業及國民經濟需要大量和日益增長的電能。例如 1955 年蘇聯生產電能 1700 億度，它為 1950 年的 184%，比沙俄 1913 年高達 80 多倍。按 20 次黨代會的決議到 1960 年應生產電能 3200 億度，即約為 1955 年水平的兩倍。

為了生產這樣多的電能需建立更強大的中央電站。現已投入運轉的古比雪夫電站總容量為 210 萬千瓦。設計用於安格拉河中布拉次克水電站及埃尼塞河上克拉斯洛雅爾斯克水電站的容量各為 320 萬千瓦。和上述全俄電氣化比較可見當時在 10—15 年內建立 30 電站的總容量僅僅為 170 萬千瓦。

為了生產電能，電站中裝有有機組(агрегат)，它由機械原動機和被其帶動的電機組成，將機械能變為電能的電機稱為發電機。

現中央電站發出的電能僅為工業頻率(50 ω)三相交流系統(美國用 60 ω)。如電站距用戶較遠，電能必須沿輸電綫送達用戶所在地。輸電距離和輸電量不斷在增長。例如 1925 年建立的容量為 60000 千瓦的夫爾荷夫電站用 110 千伏的電壓輸送電能到列寧格勒，其距離為 125 公里。現今建立的古比雪夫—莫斯科輸電綫距離達 1000 公里，電壓為 400 千伏。某些在設計中的綫路，電壓將提高到 800 千伏。

發電機的電壓一般不高于 15 千伏，為了使它升高到輸電電壓，需用靜止的電磁器具，它稱為變壓器，對應電站容量的增大，變壓器的容量達 100000 千伏安或更大些。

電能送達用電區域後，須進行分配。配電網路的電壓為 6000, 3000, 500, 380, 220 或 127 伏，降低電壓也是用變壓器，故變壓器在電力系統中有很重要的作用。

可用變壓器改變電能的形式是交流電的最大優點。但隨着技術尤