

F1706

17

2

飞机电源

M. A. 罗蒙诺夫 等著

內 容 簡 介

本書主要是介紹飛機的電氣設備。它開頭對直流發電機的裝置及其作用原理作了一般介紹，而後對飛機發電機的裝置、使用及其電壓的調整方法等作了詳細的敘述。同時也介紹了電機所採用的材料。最後分別地對酸性和鹼性蓄電池的理論、設備及使用規則等也作了研究。

本書可作為中技校及軍事技術學校的教材，同時也可作為一般技術人員的參考資料。

М.А.Романов, А.Е.Зорохович,
В.С.Максимов, И.М.Хмельницкий
ИСТОЧНИКИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА САМОЛЁТЕ
Военное издательство
министерства вооружённых сил союза ССР
Москва—1947
本書系根據軍事出版社
一九四七年俄文版譯出

飛 機 電 源

〔蘇〕 羅 蒙 諾 夫 等著
易 生 夏開武 等譯

*

國防·軍·事·出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 耗 1/32·127/16 印張·329,000 字
一九五八年七月第一版
一九五八年七月北京第一次印刷
印數：1—41,000 冊 定價：(10)2.30 元

目 录

第一章 飞机电气设备概述	1
§ 1. 电能飞机上的应用	1
§ 2. 电能的来源	3
§ 3. 飞机机身电路	6
第二章 直流发电机的工作原理和构造	9
§ 4. 发电机的工作原理	9
§ 5. 整流子的整流作用	14
§ 6. 直流发电机的几个主要部分及其构造	20
§ 7. 直流发电机的线圈	28
§ 8. 直流发电机的电动势	41
§ 9. 电枢反应	42
§ 10. 整流	48
第三章 发电机的原理和特性	58
§ 11. 直流发电机的分类	58
§ 12. 直流发电机的特性曲线	60
§ 13. 并联发电机	64
§ 14. 复联发电机	71
§ 15. 发电机的损失和有效系数	75
第四章 各种电机和电器中所采用的材料	79
§ 16. 绝缘材料的基本特性	79
§ 17. 纤维质的绝缘材料	80
§ 18. 漆及复合油	81
§ 19. 组合绝缘材料、塑料及橡胶材料	85
§ 20. 矿物绝缘材料	87
§ 21. 磁铁材料及导线材料	88
第五章 飞机发电机	91
§ 22. 对飞机发电机的要求及其构造上的特点	91
§ 23. TC 型发电机	97

§ 24. 美国飞机发电机.....	115
§ 25. 航空发动机上带动发电机的传动机构.....	122
第六章 发电机电压的调节	129
§ 26. 调节装置的基本特性.....	129
§ 27. 电压变化的原因和调节的方法.....	131
§ 28. 振动式调节器的动作原理和构造.....	134
§ 29. 电磁铁衔铁的振动周率和调节器的范围.....	141
§ 30. 减少火花和改善接触点工作的方法.....	148
§ 31. 温度补偿.....	155
§ 32. 振动式电压调节器线路图.....	159
§ 33. 平滑和阶段调整.....	164
§ 34. 自动调节发电机.....	165
第七章 电源的并联工作	170
§ 35. 关于发电机并联工作的基本概念.....	170
§ 36. 飞机发电机的并联工作.....	175
§ 37. 发电机和蓄电池的并联工作.....	183
§ 38. 低限和高限替换器的动作原理.....	187
第八章 电源造成的无线电干扰	192
§ 39. 无线电干扰的原因.....	193
§ 40. 防止无线电干扰的方法.....	197
§ 41. 滤波器.....	201
第九章 PK 型飞机调节箱	207
§ 42. PK 型调节箱的一般特性.....	207
§ 43. PK-32-1000 调节箱.....	210
§ 44. PK-32-1000 调节箱各部分的工作.....	210
§ 45. PK-120-350 调节箱.....	226
§ 46. PK-500A 和 PK-1500A 调节箱.....	231
第十章 外国的调节装置和保护装置	239
§ 47. B-1B 型调节箱.....	239
§ 48. 阶段式电压调节器.....	243
§ 49. 炭精式电压调节器.....	248
§ 50. 低限替换器.....	252
第十一章 发电机和调节箱的维护	256
§ 51. TC 型发电机的维护.....	256

§ 52. 发电机的主要故障, 及其判断和排除的方法	261
§ 53. 调节箱的维护	266
§ 54. 调节箱的主要故障及其判断和排除的方法	275
第十二章 铅蓄电池的工作原理和构造	284
§ 55. 蓄电池工作的物理和化学原理	284
§ 56. 铅蓄电池工作时的电化过程	293
§ 57. 铅蓄电池和电池组的构造	295
§ 58. 铅蓄电池的电的特性	300
§ 59. 铅蓄电池的“毛病”	309
第十三章 飞机蓄电池	314
§ 60. 带硬橡胶外壳的蓄电池组	314
§ 61. 带木质壳体的蓄电池	320
§ 62. 美国蓄电池	322
第十四章 飞机蓄电池的使用	326
§ 63. 飞机蓄电池使用概述	326
§ 64. 电解液的配制	335
§ 65. 蓄电池的充电设备	344
§ 66. 蓄电池的充电	355
§ 67. 蓄电池的保存	366
§ 68. 蓄电池的主要故障; 故障的发现及排除	369
§ 69. 充电配电装置	375
第十五章 硷性蓄电池	380
§ 70. 硷性蓄电池工作时的电化过程	380
§ 71. 硷性蓄电池的构造	382
§ 72. 硷性蓄电池的电气特性及其故障	384
§ 73. 硷性蓄电池的使用	387
附: 蓄电池履历表式样	390

第一章 飞机电气設備概述

§ 1. 电能在飞机上的应用

現代飞机設備的发展都趋向于电气化，但各种飞机电气化的程度并不一样，它是随着飞机設備的日益复杂，飞机規模和航程的加大，以及飞行战斗性能的改良而不断地发展着。飞机設備的各装置按其应用电能的不同程度可分为以下三类：

一、必須应用电能的装置。这一类装置包括各种飞机无綫电装置：接收机、发射机、无綫电罗盘等。所有的近代飞机上几乎都装有这类机件，其所需的电量占总負荷中相当大的一部分。

二、原則上可以不应用电能的装置。这一类机件包括照明和信号装置，武器（射击和轟炸）操縱装置，航空发动机中燃料的加温和点火装置。然而在这些装置中电能的应用有着极大的优越性，因此上述各装置在所有現代的飞机中几乎全部电气化了。飞机上的很多仪表和机件都属于这一类，这一类装置又可分为下列几种：

（1）各种电气照明装置：着陆灯、航行灯、仪表板照明装置及其它。

（2）各种电动檢查仪表和信号仪表：电动轉速表、电动溫度表、电动油量表、电动气体分析器、起落架位置指示器和襟翼位置指示器等。

（3）操縱武器的各种装置：电动投彈器、电动发射器、电燃炸药釋放器等。

（4）电力加温装置：电爐、各种仪表加温器（時計，空速管，照相机）、保温飞行衣与飞行手套。

（5）点火装置：各种类型的发电机、各种起动綫圈。

三、尚在向电气化发展的各种装置。其中包括操縱飞机和发动机的各种机构（机舵，安定面，副翼，減速板）的傳动部分，

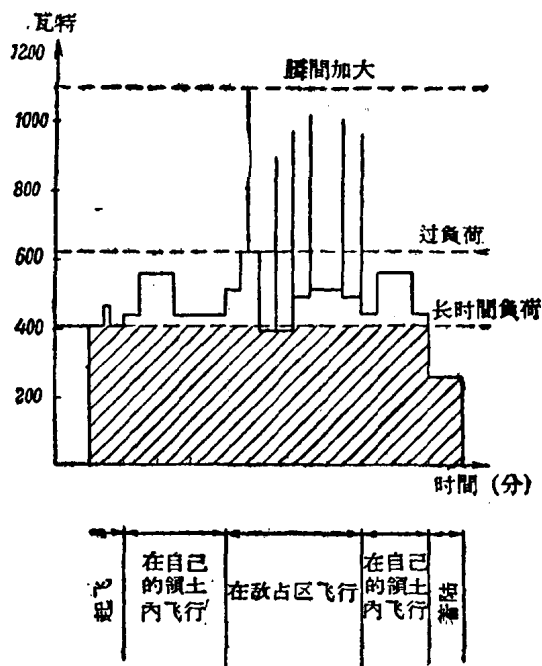


图 1 冬季夜航时飞机电力負荷图

起落架收放装置，轉动螺旋桨的装置，发动机的起动装置等。到現在止这些装置大部分是机械傳动，气动和液压傳动的。但是“別-2”（Петляков-2）型飞机和許多美国式飞机电气化的經驗証明了飞机电力傳动的优越性，所以在不久的将来飞机設備各裝置的傳动必将广泛地发展为电气化。

現代飞机上广泛采用的电力傳动装置有以下几种：

（1）操縱机舵，副翼，調整片，減速板，安定面等的电动机构。

（2）收放起落架，轉动桨叶，轉換增压器速度和操縱散热器調节气門等的电动机构。

（3）汽油泵上的电气傳动装置和起落架、襟翼、变距螺旋桨的調速器等液压傳动系統中所安装的各种滑油泵上的电气傳动裝置。

(4) 起动航空发动机用的电动惯性起动机和电动起动机。

(5) 操纵旋转枪架, 旋转炮塔, 炸弹仓门, 各种绞车, 活动着陆灯等的电动机构。

上述各类电动机构用电器的特性均不相同。第一类与第二类中大部分用电器的全部飞行过程中都或多或少地带有一定的负荷。第三类中的绝大部分及第二类中的一部分(武器)用电器工作的时间都是非常短促的。

在下列表1中, 为冬季夜航时, 根据飞机上各用电器负荷的大小和性能而列举的简单数据作为示例。从根据本表所制出的电力负荷图(见图1)中可以看出, 非常短促的几个波峰比稳定的负荷要高出好几倍。

表 1

顺序	用 电 器 名 称	需用的功率 (瓦特)				工作状况
		起飞	在自己区域内飞行	在敌人区域内飞行	降落	
1	仪表照明和座舱照明等	40	40	40	40	长时间
2	着陆灯	220	—	—	220	— " —
3	航行灯	—	45	—	—	— " —
4	无线电发射机	—	120	120	—	工作10分钟 15分钟
5	无线电接收机	—	54	54	—	长时间
6	电动投弹器	—	—	470	—	5秒钟10次
7	仪表加温	150	150	150	—	长时间
8	照相机: 加温	—	140	140	—	— " —
	摄影	—	—	100	—	5分钟3次
9	起动线圈	55	—	—	—	15秒钟
	总计 (最大值)	465	550	1174	260	

§2. 电 能 的 来 源

飞机电气设备系统, 开始是仿照汽车电气设备系统造成的, 大家知道, 在汽车上利用的是电压为6伏特的直流电。但因飞机

电路很长，需要将电压增加到 12 伏特。机身电路和总負荷繼續增加，电源电压便增加到 24 伏特，現代的飞机上大多数都是这样。

飞机上主要的电源为飞机发电机，并安装有蓄电池作备用电源，它是在发电机损坏或航空发动机停車和轉速很小时給电气設備供电。在某些系統中蓄电池可以起緩冲作用，它可以承受各个負荷的最高峰。

在重型多发动机的飞机上安装有数个发电机，但只有一个或两个蓄电池。

蓄电池往往和发电机并联，当負荷减小时可以給蓄电池充电。

当飞机停放在机場上时，一般用地面机場电源供电，因此在机身綫路中設有机場供电的插座。

一切飞机上的发电机，几乎全由航空发动机带动，其旋轉速度变化的范围很大。因此，为使发电机在发动机各种不同的速度下和在各种不同的負荷下能保持一定的电压，所以在电气设备綫路中装有专用的电压調节器。又为使发电机与蓄电池能并联工作，所以装有低限替續器（通称反流割断器——譯者），为保护发电机不致过負荷，又装有高限替續器（通称电流限制器——譯者）。

苏联飞机上一切保护和調整发电机的机构都連接在一个統一的裝置內——調节箱中。在具有大功率发电机的外国飞机上，电压調节器，高限替續器和低限替續器都做成单独的裝置。大多数外国飞机上不采用高限替續器，而用一专制的热自动机来保护发电机不致过負荷。飞机无线电裝置需要高压（200~1500 伏特）的直流电供給屏极电路。为了取得这个高压的直流电，于机身电路中采用单电樞的、两个或三个集流环的升压器。

在机身电路很复杂的巨型飞机（四发动机和六发动机的轟炸机）上，电压24伏特显然不够用。然而，減輕整个电气设备的重量和为它的工作創造最优良条件的任务，不是简单地增加电压所能完成的。因为，第一，随着电压的提高則一部分电源（蓄电池）

的重量必定加大，机构更复杂，并且不易于维护；第二，电压提升的过高，从输送的观点上看是合理的，但对于许多用电器却不恰当，尤其是对一些细小的机件（信号，功率较小的导线，照明装置等）；第三，电压升高了会使发电机和电机中的集流装置的工作变坏。同时要熄灭各种断路装置（替繼器，接触点，自动器等）在关断时所发生的火花也更复杂了。

所有这些困难在将飞机电气设备改为交流电时就可以除去。交流与直流电比较有下列几个主要的优点：

- （1）可以用变压器来变换电压；
- （2）在发电机和电机中不用整流子；
- （3）便于消除断路器中的火花。

这些优点不但简化了飞机电气设备的维护工作，而且做起来比较容易和准确。

近年来出现了很多种应用交流电的用电器，这是表明飞机电气设备系统能改用交流电的很好的论据。这类装置包括：电动陀螺仪表和自动驾驶仪，无线电罗盘，同步关系的和自动操纵的各种仪表，雷达。这些装置的功率，例如，在美国重型轰炸机 B-29 上就达到全部功率的 12%。这个百分数表明了不仅上述各装置有继续发展的趋势，而且由于无线电接收机和发射机改用交流电的结果，许多电气传动装置，照明和加温器以及其它目前尚用直流电的装置也将有向此方向发展的趋势。

现在许多国家正极力地制造应用交流电的飞机电器设备系统。例如，在某些美国的重轰炸机上设计有频率为 400 赫芝，电压为 208/120 伏特的三相交流电系统。

提高飞机机身电路中交流电的频率，可以大大地增加电机（发电机及电动机）的转速，因而可以减小电机的重量和尺寸。在工业上频率为 50 赫芝的电机（同步式的或感应式的），其转速限制在下述范围内：两极的电机为 3000 转/分钟，四极的电机为 1500 转/分钟，六极的电机为 1000 转/分钟。

然而提高频率超过一定的限度时便失去了实用的价值。这个

限度为 400 赫芝，在美国许多飞机设备系统中都采用 400 赫芝的频率。

在采用交流电时会产生一系列的困难。其中之一就是使发电机传动装置的构造复杂化了，但它又必须保证发电机的频率不变化，因为这样才能保证发电机的转速不受航空发动机工作状态的影响。交流发电机并联工作也是一个复杂的问题。现在，科学技术界成功地解决了这些问题。

§3. 飞机机身电路

现代飞机上的电源和各用电器均联接在共同的机身电路中，机身电路可为双线制或单线制（见图 2 和图 3）。

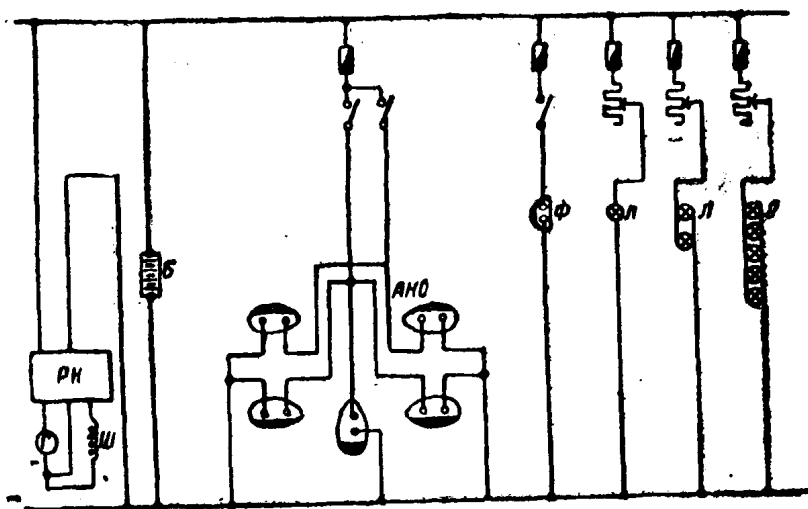


图 2 单发动机的飞机机身电路简单原理图（双线制）

采用双线制时，每个用电器上均联接有正极线和负极线。

采用单线制时，仅有正极线和各用电器相连。各用电器的负极和各电源的负极都连接在飞机壳体的金属部分上。

机身电路采用单线制时可以节省 10% 至 35% 的安装器材。然而单线制中任何导线与飞机壳体相接触时都可以造成短路。故

工作的可靠性較双綫制要稍差一点。

大多数用双綫制的飞机上，电台和某些电气化的軍械都是用单綫制的。

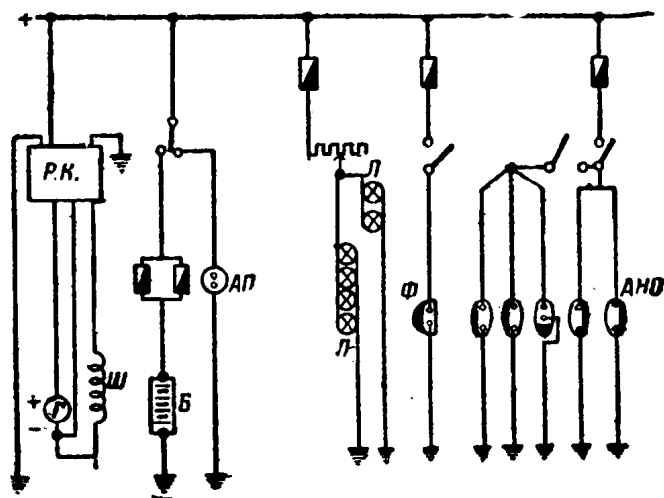


图 3 单发动机的飞机机身电路简单原理图（单綫制）

具有很多用电器的重型飞机，这种飞机的机身电路长达10~15公里。在这种电路中具有一般电路所应有的各种机件：中央配电板，操縱板，分电盒及其它。

中央配电板上装有保証配电（接通和关闭）和保护各組用电器的机构。

操縱板上装有操縱电源和各用电器的机构。

分电盒将机身电路分成若干可以互相替换的单独的接头。

較輕型的飞机（驅逐机）上，电路的分支較少，这种接头的数目也会减少。那么操縱和保护机构一般都和仪表板一样装置在飞行座仓內。

苏联飞机的机身电路用的是牌号为 ЛПРТС 的导綫，这种导綫用胶皮絕緣，帶棉織网套并涂有漆。这种牌号的导綫具有高度的絕緣性、防潮性、較好的坚固性与彈性。机身电路的防波导綫

都套以金屬的套管、軟管、盒子或网套。

結 論

1. 現代的飞机都有着复杂的电气設備和很多的用电器。
2. 飞机电气設備系統应用最广泛的为 24 伏特的 直流电系統。
3. 机身电源为发电机和蓄電池。
4. 机身上安装有調节箱以保証发电机和蓄電池的工作。
5. 机身电路有单綫制和双綫制两种：双綫制应用較广泛。

复 习 題

1. 飞机上用电器主要有哪几类？
2. 为什么飞机上必須装設蓄電池？
3. 調节箱的作用是什么？
4. 飞机上采用交流电有何优缺点？
5. 机身电路采用单綫制和双綫制各有何优点？

第二章 直流发电机的工作原理和构造

§ 4. 发电机的工作原理

发电机结构的原理是根据法拉第电磁感应定理而得来的。

电磁感应现象的实质就是：导线在磁场中运动并切割磁力线，则导线中便产生（感应而生）电动势（图4）。电动势俄文简写为 ЭДЦ。

感应电动势的大小，与磁感强度 B （以高斯为单位），导线的有效长度 l （以公分为单位）和导线与磁场方向成垂直的运动速度 v （以公分/秒为单位）成正比例。

用 e 表示感应电动势，则可写成下式：

$$e = B l v 10^{-8} \text{ 伏特,}$$

式中 10^{-8} ——电动势的绝对单位换算成实用单位（伏特）的换算系数。

导线在磁场中运动，其切割主要磁流的部分称为导线的有效长度。

因为

$$v = \frac{s}{t},$$

式中 s ——移动的距离，以公分为单位，

t ——时间，以秒为单位，

$$\text{所以 } e = \frac{B l s}{t} 10^{-8} \text{ 伏特.}$$

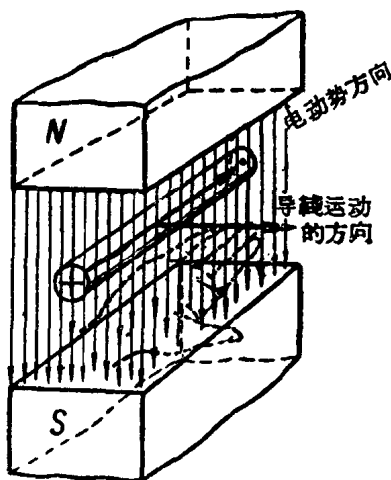


图 4 导线在磁场中运动产生的感应电动势

乘积 ls 为导线 l 移动距离 s 时所经过的面积；但因

$$Bls = \Phi,$$

式中 Φ ——被导线所切割的磁流，以馬克斯威尔为单位；所以

$$e = \frac{\Phi}{t} 10^{-8} \text{ 伏特}。$$

綜合以上所述，得知法拉第定律为：

“导线切割磁力线，感应产生电动势，电动势的大小与单位时间内切割磁力线的数据成正比例”。

判断感应电动势的方向，可运用右手定则，右手定则为：伸开右手使磁力线穿手掌，伸开的大拇指表示导线在磁场中的运动方向，则其余四根手指表示感应电动势的方向（见图4）。

不仅当导线相对磁场运动或磁场相对于导线运动时导线中会产生电动势。而且静止的导线所包围的磁流发生任何变化时也会产生电动势。

所以馬克斯威尔为电动势的发生所规定的定义能较准确地适合于任何场合：

“闭合的电路中产生的电动势的大小，与闭合电路内磁流变化的速度成正比例”。

假若磁流在一小段时间 Δt 内变化的量为 $\Delta\Phi$ ，则 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 即表示磁流变化的速度。

感应电动势的方向也可用楞次定则判断。

根据这个定则，感应电动势的方向永远是这样：感应电动势所感生的电流总是与产生电动势的原因（磁流的变化）相反。感应电动势的这种性质在公式中用“负号”表示。

因此馬克斯威尔的感应电动势公式为

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} 10^{-8} \text{ 伏特}。$$

因磁极的大小有限，导线不能作长时间的直流运动，所以实用中一般地采取圆周运动。

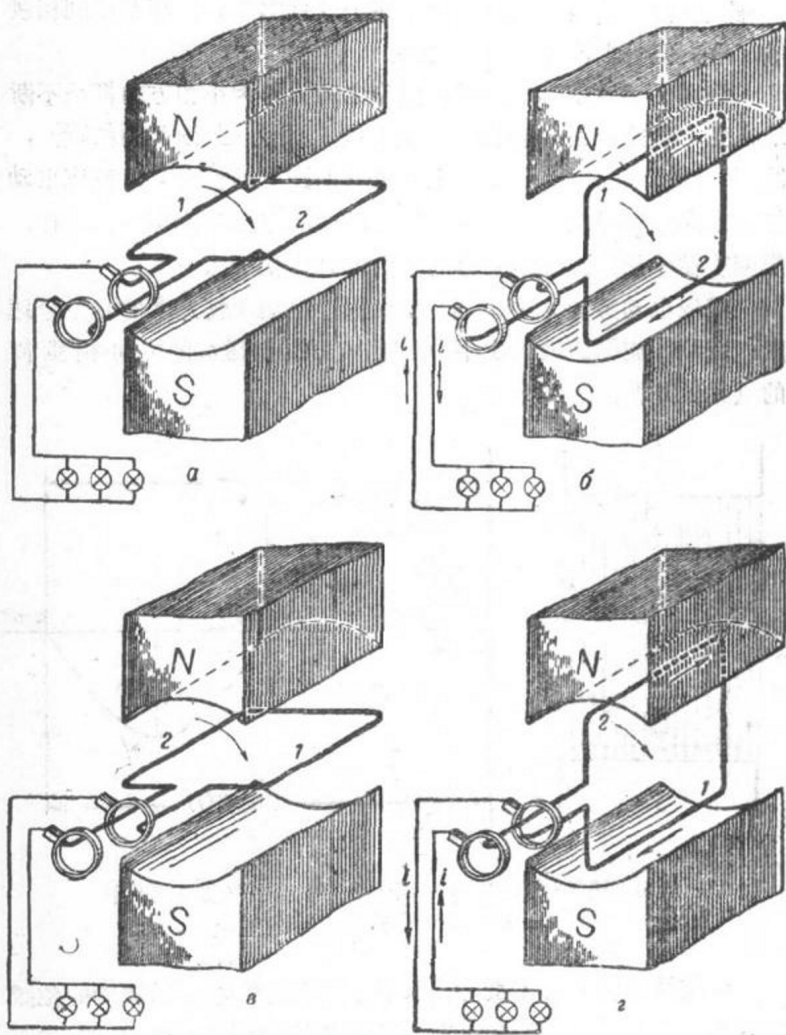


图 5 线圈在磁场中旋转时线圈中感应电动势的变化和外部线路中电流方向的变化图

a, b, g, d 各图表明线圈不同的位置

現在我們來研究一個綫圈在磁場中旋轉時產生電的過程，這個綫圈是由兩根互相聯接着的，並對稱於旋轉軸的導綫所制成的。

設將綫圈的两端聯接在两个环上（見圖 5），环与电刷相接触，电刷便将电流导至外部电路。

根据右手定則可以知道，感应电动势的大小和方向都是不断地在变化着的。当导綫（1）正在北极下面时（如图 6 的位置），感应电动势为去向；在 南极上面时（如图 2 的位置），感应电动势为来向。在导綫（2）中感应电动势的方向与此相反。这样，綫圈旋轉一周，感应电动势的方向同时变化一次。

感应电动势的大小也不是不变的，它随旋轉速度的水平分速度而变化，旋轉速度的水平分速度 v_{rop} 是与磁場的方向相垂直的（見圖 6）。

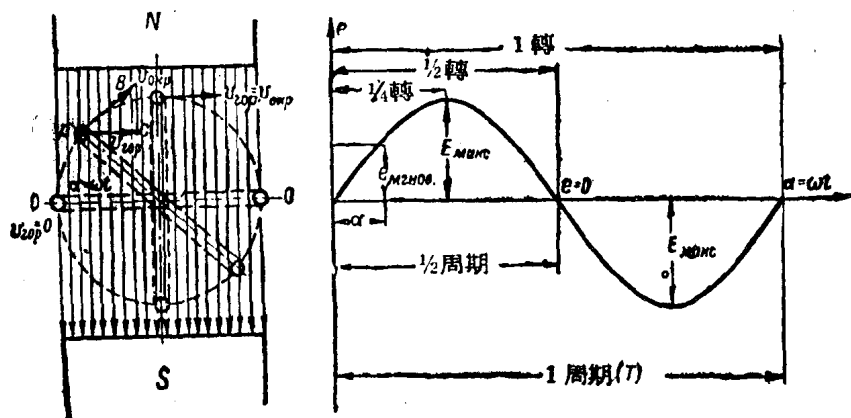


圖 6 綫圈在两方形磁极所形成的磁場中移动时綫圈中产生的电动势情况图

当旋轉速度 v_{rop} 不变时，水平分速度的值 v_{rop} 随綫圈的位置而变化。例如，綫圈的两边在 OO 綫的位置而与两极軸相垂直时，水平分速度 v_{rop} 为零，因而电动势也为零。当綫圈两边靠近两极的中央时，电动势的值为最大。由三角形 ABC 可以看出，水平分速度以及电动势都随 OO 軸綫与綫圈的平面之間所夹角的