

飞机与汽车
电气設備原理



國防工業出版社

飞机与汽车 电气設備原理

拉里奥諾夫編

李鐸譯



國防工業出版社

1959

本書敘述飞机和汽車电气設備的問題，詳細地討論飞机和汽車發動机的點火和電力起動器械、電源系統、飞机和汽車儀表的遠距離同步傳動、飞机的電力驅動。

本書系作為“飞机和汽車电气設備”課程教學參考書之用，並適用於在這一領域中工作的工程技術人員。

蘇聯 A. H. Ларионов 主編 ‘Основы электрооборудования самолетов и автомашин’ (Госэнергоиздат 1955 年第一版)

* * *

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 22 $\frac{1}{8}$ 527 千字

1959 年 9 月第一版

1959 年 9 月第一次印刷

印數：0,001—3,050 冊 定價：(11) 3.40 元

NO. 2921

目 录

序言..... 7

緒論..... 9

第一章 飞机和汽車电气设备的發展途徑

- 1-1 电能 在飞机设备中的作用 9
- 1-2 点火器械和电力起动系统的發展 10
- 1-3 飞机发电机的發展 11
- 1-4 飞机炭精式电压調节器的發展 14
- 1-5 直流发电机的并联工作 14
- 1-6 飞机电力驱动和电力机构的發展 14
- 1-7 苏联的汽車电气设备 15
- 1-8 苏联汽車电气化的發展 16
- 1-9 交流电的采用 20

第二章 飞机和汽車电气設 备的一般問題

- 2-1 电气系统的分类 22
- 2-2 飞机和汽車电气设备工作条件的特殊性 23
- 2-3 机械相互作用的影响 25
- 2-4 电气设备布置情况、干扰、失火的危險、
外形尺寸、重量、标准特性尺度 26
- 2-5 飞机电气设备的基本战术技术要求 27
- 2-6 汽車电气设备的基本技术要求 30
- 2-7 飞机电气设备的經濟性和飞行重量 31

第一篇 飞机和汽車發动机的点火器 械和电力起动

第三章 电点火

- 3-1 概述 35
- 3-2 二电极間的气体放电 35
- 3-3 高压点火机构發出脉冲电压时火
花間隙的击穿 37
- 3-4 高压点火机构的火花放电 38

3-5 汽化器式輕燃料發动机中工作混

合气的点火 38

3-6 發动机不同工作情况和不同参数下的火

花塞击穿电压 42

3-7 在發动机不同工作情况下点燃混合气所

必需的最小能量 45

第四章 火花塞

- 4-1 概述 45
- 4-2 火花塞在發动机上的工作条件 47
- 4-3 火花塞的热特性 49
- 4-4 火花塞的构造 51

第五章 电池点火系統

- 5-1 概述 55
- 5-2 接触点的閉合和初級电流的增長 56
- 5-3 断电器接触点的打开和次級电压的增長 58
- 5-4 配电器中的火花間隙对次級电压增長
过程的影响 63
- 5-5 火花塞处火花間隙的击穿和放电过程 64
- 5-6 电池点火的工作特性 68
- 5-7 电池点火系統工作特性的改善方法 69
- 5-8 点火提前角度的調整 72
- 5-9 电池点火器械的构造 74
- 5-10 电池点火系統的优点和缺点 77

第六章 磁电机点火系統

- 6-1 概述·磁电机的工作原理 78
- 6-2 磁电机的无載运轉 80
- 6-3 初級电路的穩定短路情况 83
- 6-4 初級电路中的冲击短路 85
- 6-5 初級电路冲击短路时磁电机的电枢反应 86
- 6-6 接触点閉合和打开时刻的选定 88
- 6-7 初級电路的打开和次級电压的增長 89
- 6-8 放电过程 90

6-9 磁电机的工作特性	92
6-10 点火提前角度的調整	92
6-11 磁电机点火系統在高空条件下的工作	95
6-12 磁电机磁系統的构造	96
6-13 磁电机軸与發动机曲軸之間的傳动比	98
6-14 磁电机的构造	99
6-15 磁电机点火系統的优缺点及其应用 范围	101

第七章 其他类型的点火系統

7-1 高頻率点火系統	102
7-2 利用半导体表面放电的点火系統	103
7-3 具有外置点火线圈的低压磁电机 点火系統	104
7-4 具有外置点火线圈的点火系統工作过程 的分析研究	105
7-5 机器脚踏車上的永久磁鉄式交流發电机 点火	107
7-6 久磁發电机	107

第八章 起动点火系統

8-1 概述	108
8-2 飞机用活塞式汽化器發动机上的起动点 火系統	108
8-3 柴油机上的起动点火	116
8-4 噴气式发动机的点火	117
8-5 空气-噴气发动机利用起动线圈的起动 点火	119

第九章 飞机和汽車发动机的 电力起动裝置

9-1 概述	120
9-2 活塞式內燃机的起动条件	120
9-3 对起动裝置提出的要求和活塞式內燃机 的起动方法	123
9-4 直接作用式起动机的电动机	125
9-5 直接作用式起动机的构造特点	127
9-6 齿輪慣性嚙合式起动机	130
9-7 齿輪强制嚙合式起动机	131
9-8 起动活塞式內燃机所用直接作用式起动 机的基本数据的确定	136

9-9 起动飞机活塞式发动机的电力慣性起 动机	138
9-10 复合作用式起动机	146
9-11 噴气飞机发动机的起动	147
9-12 起动机-發电机	150

第二篇 飞机和汽車 的电源系統

第十章 航空和汽車蓄電池

10-1 概述	152
10-2 鉛蓄電池中的化学过程	152
10-3 鉛蓄電池的构造	153
10-4 航空和汽車蓄電池的型式、标号和技术 特性	156
10-5 鉛蓄電池的电气特性	157
10-6 飞机和汽車蓄電池的使用特点。使用 寿命	164
10-7 蓄電池在飞机和汽車上的安装	165
10-8 鹼性蓄電池	166

第十一章 直流發电机

11-1 概述	167
11-2 直流發电机的驅動	170
11-3 發电机的冷却方法	173
11-4 發电机整流的特点	176
11-5 發电机的构造特点和安装	180
11-6 發电机的电气特性	183
11-7 三刷直流發电机的特性	187

第十二章 振動式电压調节器

12-1 总論	191
12-2 維持發电机电压不变的方法	192
12-3 單級式电压調节器的作用原理	192
12-4 与單級式电压調节器共同工作时的电压 增長和降低过程	193
12-5 电压和激磁电流随發电机电樞轉速而 变的調节范围	195
12-6 二級式电压調节器	196
12-7 提高調节器电銜鉄振動頻率的方法	197
12-8 采用微分綫卷提高調节器电銜鉄的振動 頻率	199

12-9 采用加速繞卷提高調节器电銜鉄的振动 頻率	201
12-10 采用加速电阻提高調节器电銜鉄的振动 頻率	203
12-11 补偿繞卷和补偿电阻的采用	204
12-12 接触点的打开功率	206
12-13 减小振動式电压調节器接触点打开功率 的方法	208
12-14 保証繼电-調节器特性不随溫度而变的 溫度补偿方法	209
12-15 振動式調节器构造的叙述	213

第十三章 飞机发电机的炭 精式电压調节器

13-1 炭精式电压調节器的工作原理	216
13-2 炭精柱的特性	217
13-3 发电机——炭精式电压調节器系統中的 瞬变情况	219
13-4 具有稳定元件的炭精式調节器	221
13-5 具有炭精式电压調节器的电气系統中的瞬 变电压	223
13-6 炭精式电压調节器的結構和构造	224

第十四章 电路, 保护器械 和操縱器械

14-1 电能的分配	225
14-2 电力網路的方案和分配系統	226
14-3 电路区段和个别用电装置短路和过负荷时 的保护器械	229
14-4 避免发电机有反电流的保护器械	233
14-5 避免发电机过负荷的保护器械	236
14-6 开关器械	239

第十五章 飞机和汽車发电机与 蓄电池的并联工作

15-1 直流发电机与蓄电池的并联工作	241
15-2 装有电压調节器的发电机与蓄电池的并联 工作	242
15-3 装有电压和电流調节器的发电机与蓄电池 的并联工作	243
15-4 电压調节器的調定和蓄电池的状态对发电 机与蓄电池并联工作条件的影响	245

第十六章 直流发电机的 并联工作

16-1 概述	248
16-2 保証飞机发电机并联工作的必要 条件	248
16-3 并联工作的連接方案和平衡繞卷的 作用	250
16-4 并联工作时負荷电流在发电机之間 的分配和繞路圖中各参数对分配的 影响	252

第十七章 电能变换器

17-1 概述	254
17-2 低压直流电变为高压直流电的变换器	254
17-3 直流电变为交流电的变换器	257
17-4 串級式变换器	263

第三篇 飞机和汽車仪表的 同步傳动和随动系統

第十八章 飞机和汽車仪表 的同步傳动

18-1 同步傳动和随动系統飞机和汽車上的应 用范围	267
18-2 直流自整步机	268
18-3 汽車速度表的同步远距离傳动	272
18-4 自整角机的作用原理和构造	274
18-5 在同步迴轉情况下指示器式和变压器 式自整角机的电流和电压基本方 程式	279
18-6 自整角机的指示器式工作情况	282
18-7 自整角机的变压器式工作情况	286
18-8 磁整步机	290

第十九章 飞机仪表的随动系統

19-1 远距离陀螺式磁罗盘ДГМК随动系統的 作用原理远距离陀螺式磁罗盘 ДГ МК 用来确定飞机在直綫飞行和轉 弯时的飞机航向	294
19-2 远距离感应式罗盘ДИК随动系統的作 用原理	298

19-3	ДГМК和ДИК罗盘的随动系统	300
19-4	电动式自动驾驶仪的作用原理	306
19-5	具有电子放大器和电磁耦合器的航向 自动装置动力特性	309

第四篇 飞机的电力驱动

第二十章 飞机的电力驱动 和电动机机构

20-1	概述	311
20-2	驱动的方式、它们的比较评价以及采用 电力驱动的优点	312
20-3	飞机的电力驱动系统、系统的元件及其 特性	314
20-4	机构的运动学简图	315
20-5	机构的静阻力矩	317
20-6	换算到电动机轴上的静阻力矩和转动 惯量	318
20-7	电动机机构；机构的元件及其任务	320
20-8	电动机及其在飞机上工作时的运用 特性	322
20-9	电动机的工作情况及其冷却条件	325
20-10	电力驱动的操纵线路图	327

第二十一章 飞机电动机机构电力驱动中 的瞬变过程

21-1	电力驱动的微分方程式	328
21-2	$I_{np} = \text{常数}$, $M_c = f(\omega)$, $M_{\partial\partial} = f(\omega)$ 情况下运动方程式的图解法	330
21-3	$I = \text{常数}$, $M_{\partial\partial} = f(\omega)$, $M_c = f(\varphi)$ 情况下运动方程式的图解法	330
21-4	$I = \xi(\varphi)$, $M_{\partial\partial} = f(\omega)$, $M_c = \psi(\varphi)$ 情况下运动方程式的解法	331

情况下运动方程式的解法

21-5	电力驱动在短时情况下工作的瞬变过 程，其中考虑线卷在发热时的电 阻变化	331
21-6	$R = \text{变数}$, $M_{\partial\partial} = f(\omega)$, $M_c = f(\varphi)$, $I_{np} = \text{常数}$ 情况下电力驱动系统 的计算	333

第二十二章 远距离操纵的 动力随动系统

22-1	动力随动系统的工作原理	334
22-2	电机放大器ЭМВ的作用原理和电气 特性	336
22-3	随动操纵系统的静力特性	338
22-4	随动操纵系统的运动学特性	344
22-5	最大转速	345

第二十三章 远距离操纵动力随动系统 中的瞬变过程

23-1	ЭМВ在瞬变情况下的工作	347
23-2	电机放大器的瞬变情况，其中考虑各电 路的补偿程度、换向电流和互感的 影响	350
23-3	安装无稳定回路电机放大器的随动电气 操纵系统在 $L_g = 0$, $L_d = 0$, $L_k = 0$, $L_o = 0$ 时的瞬变情况和坚定性	351
23-4	考虑ЭМВ横向电路电感的无稳定回路随 动操纵系统中的瞬变情况	351
23-5	考虑ЭМВ横向电路电感的有稳定回路 随动操纵系统中的瞬变情况	352
参考文献		353

序 言

偉大的十月社会主义革命胜利以后，苏联共产党和苏联政府采取了一切措施来建立本国的航空和汽车工业。

年青的苏联航空工业的发展开始于1922年，而大量生产的汽车工业的发展，则开始于1929年。在以后的年代中，这些工业部门进入了新的发展时期；在一个时期中，努力提高速度、质量、可靠性、操纵过程自动化以及与此相关的广泛电气化是现代航空和汽车技术发展中的主导方向之一。

电能的应用能使发动机达到高度的经济性，并使飞机和汽车得到高度的技术指标。

现在，在苏联所有飞机和汽车上所装的发电机——电源的总和功率是非常巨大的，它超过德聶泊尔水力发电站——苏联最大的水力发电站之一的功率好几倍。

目前航空和汽车电气设备的生产是一个具有高度技术水平的独立工业部门。

电气设备要在较高的可靠性、生存力、较小的外形尺寸和重量的条件下保证飞机或汽车的高度技术指标，这种特殊要求迫使人们在解决实际问题时觅取新的途径，并使电工技术的这一个部门分化成为独立的学科。

以B. M. 莫洛托夫命名的莫斯科动力学院是我国第一所大批培养飞机与汽车电气设备技术人员的院校，在那里二十五年以前就开始培养飞机和汽车电气设备设计和制造的电气工程师。

在本书中，简略地介绍了飞机和汽车电气设备构造的发展情况，讨论了电气系统的分类，叙述了对各种电气设备的主要要求，说明了现代飞机和汽车上所装电气设备的作用原理和构造。

根据本课程的教學大綱，書中叙述了点火器械、飞机和汽车发动机的电力起动、电源、自动调节装置、发电机的并联工作、电路、操纵和保护器械、远距离同步传动、电力驱动以及随动系统的用途、理论基础、作用原理和构造。

编写本书时考虑到学员已具备电工原理、电机和电器、电力拖动、电工材料、高压技术、前三学年其他普通技术课程以及专业课程“飞机和汽车”的知识。

在编写本书时，著者们尽可能地坚持了将飞机和汽车电气设备理论问题统一

8
起来的原則。这个方法在著者們講課时已經过多次考驗，并且得到了良好的結果。在这以前，飞机和汽車电气设备的書籍总是分別編写的。

在本書中，主要闡明目前飞机和汽車上采用最广泛的直流电气设备的基本电气系統和构造。交流电气设备的系統和构造是将按專門的教学大綱，在个別的課程中講授。

本書的原始資料是著者們在学院中多年授課的講稿。

本書的大綱和內容都是以著者們的集体教学、科学研究和实际工作为基础的；大多数著者在他們在所編写的問題上都有新穎的理論和实际貢獻。此外，在編写書中个别問題时，还利用了B. C. 庫列巴金院士的著作以及科学研究院、工厂的成就和很多著者的論文。

編写飞机和汽車电气设备課程教学参考書的工作是在1946~1947年就开始的，当时B. П. 阿帕罗夫教授曾准备将教学参考書的手稿付印。但是，这一部手稿沒有出版，因为战后年代中航空和汽車技术的飞速發展要求課程大綱根本改变，因此手稿也須全部加以改編，从其中删除陈旧的材料并增添新的技术成就。严重的疾病不允許B. П. 阿帕罗夫教授完成这一項工作。1950年6月B. П. 阿帕罗夫教授逝世以后，本書于1952~1955年期间由莫斯科动力学院飞机和汽車电气设备教研室集体重新編写。

本書各章的編写者是：講師B. H. 阿基莫夫(第12章)、技术科学副博士B. A. 巴拉古罗夫(第3、4、5、6、7、8、15章)、技术科学副博士Ф. Ф. 葛耳切叶夫(第14、17、18、19章)、技术科学副博士H. T. 柯罗邦(第10、13、14、16、20、21、22、23章)、苏联科学院通訊院士A. H. 拉里奥諾夫(序，緒論，第1、2、17章)和技术科学副博士H. 3. 馬斯加叶夫(第9、10、11章)。

技术科学副博士A. M. 辛基維契講師对本書的編写和审校給予巨大的和有价值的帮助，著者們謹对他表示衷心的謝意。

第一章 飞机和汽車电气設備的發展途徑

1-1 电能在飞机設備中的作用

苏联共产党和苏联政府英明地估計了电能 在技术發展中的作用，并在国民經济的各个部門、运输业和航空业中一貫地执行着广泛电气化的意圖。

电能在航空和汽車技术的發展中曾經起过、并且正起着重要的作用。在現代飞机或汽車上，沒有一个技术指标是不采用电能而能达到的。

在航空方面采用电能的意圖，在我国發生于十九世紀，是A. H. 拉得京在1868年提出的。

如果說电能在早期的飞机上只起了較小的作用（点火器械、无綫电設備、照明設備、加热設備），但是在現代飞机上假使不广泛采用电能就无法飞行。

苏联飞机电气化的發展在偉大的衛國战争的末期和战后时期中大大地加速了。

在偉大的衛國战争期間，噴气和火箭航空技术开始發展，而在战后时期获得了飞速的發展，排挤了具有活塞式發動机的飞机。

从1906年到1945年，飞行的記錄速度从41公里/小时增長到975公里/小时，而在1948年則达到1000公里/小时以上。

不久的将来在航空上利用原子能装置的可能性，为提高飞行速度、航程和高度开拓了广阔的前程。

飞机的飞行速度、高度和航程以及飞机飞

行重量的增加，引起了远距离操縱和控制自动化的必要性，并使飞机的电气設備和无綫电設備的数量急剧增加。

雷达設備、領航和計算仪器設計方面的成就以及自动化和随动系統方面的成就，解决了飞机在困难气象条件下远程飞行、夜間飞行、高速飞行以及盲目着陆的問題。

在現代飞机上，电能用于下列各种主要設備中：点火器械、照明設備、加热裝置、无綫电設備、内部联系用的訊号通話裝置、航空仪表、驅动机构、操縱和自动化器械、导航和航行仪器、照像設備、防凍器和其它特种設備等。

为了供給飞机电气化設備所需要的电能，可以采用直流或交流發电机（还有蓄電池）作为主要电源，而采用电流和电压变换器作为輔助电源。

1919~1920年以前，飞机采用500~1200赫茲的8伏特單相电流。1920~1923年間，由于应用了无綫电和电子仪器，在航空电路中采用8伏特的直流电做为电子管和其它用电器的电路的电源。1923~1924年間，由于發电机（用風力發動机驅动）功率增大（达到200瓦特），所以航空电路的电压提高到12伏特。

1933~1934年間，飞机电路的电压提高到24伏特，当时發电机的功率增長到650~1000瓦特，并由航空發動机通过減速器驅动，以代替風力發動机驅动。

目前，还采用蓄電池电压为24伏特的發电

机-蓄电池系统。

直流-交流电系统曾于1933~1934年间用在苏联的实验型飞机上。

在伟大的卫国战争时期，特别是在战后时期，直流-交流电系统在大批的飞机上得到广泛的采用(400赫兹的26和115伏特单相电流，以及400赫兹的36和200伏特三相电流)。

近年来，由于高频电机和变压器在高空工作可靠、外形尺寸和重量较小、航空电力网路改用较高电压时重量减小，所以广泛采用400赫兹的200伏特三相电流。

现代飞机用400赫兹三相发电机所发出的功率，差不多比相同外形尺寸和相同重量的飞机直流发电机所发出的功率大一倍。

图1-1和图1-2所示为重型飞机发电机的额定功率、直流电力网路的重量和长度的增长情况。

用电装置功率和发电机总额定功率的增长以百分率表示在图1-3上，其中以1938年的飞机用电装置功率为100%。

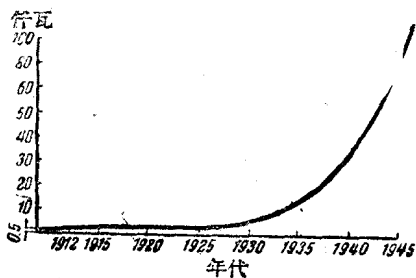


图1-1 重型飞机发电机总功率的增长曲线。

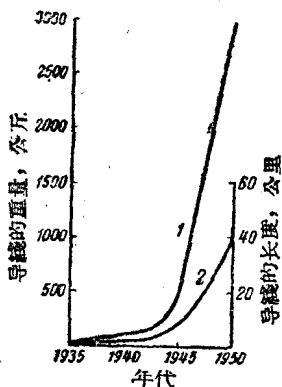


图1-2 近年来重型飞机电力网路重量1和长度2的增长曲线。

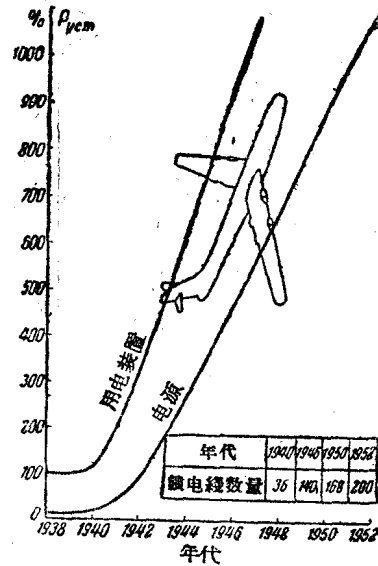


图1-3 重型飞机用电装置功率的增长曲线，图中以1939年用电装置的功率为100%。

机用电装置功率为100%。

重型飞机发电机总功率达到几百千瓦。

飞行全程中发电机所发出的平均功率通常等于它的额定功率的40~60%，这已足够供电给在飞行时不断工作的用电装置。

但是同时发电机须有巨大的储备功率，以供电给下列用电装置：

a) 短时作用的用电装置这种装置在飞行全程中按其额定功率接通1~2次，每次接通5~20秒（起落架、襟翼、舱口开启的电动机构）；

6) 反复短时作用的用电装置这种装置周期地工作0.5~10分钟；

B) 长期作用的用电装置（例如，在冰冻期间，在高速和高空飞行时等等）。

在已发表的有关飞机电气化的著作中，必须特别指出B. C. 库列巴金院士的成就，他用自己的实验和理论研究大大地促进了电能航空上广泛应用的复杂问题的解决。

1-2 点火器械和电力起动系统的发展

利用电能点燃内燃机中的可燃混合气，

是电能能在飞机和汽車上应用的一个特殊方式，而且是最早的形式。

在苏联的活塞式航空發動机上，采用高压磁电机作为主要的点火系統。

1919年，在飞行中試驗飞机無線电通話設备时，發現点火系統所产生的無線电干扰强度極大。經過反复的研究，明确了無線电干扰的性質及其頻譜，并且提出降低干扰的方法。

在1929~1930年間，我們苏联开始大量生产航空点火器械。

BC型磁电机一直生产到1939年；这种磁电机具有由价廉的鉻鋼制成的鐘形旋轉磁鉄，做成二極的和四極的，用在5-、7-、9-和12汽缸的發動机上。在这一段时期內，航空發動机是用手搖式起动机磁电机来起动的。

在1933年制成了鉄-鎳-鋁合金。

这种新的合金使磁鉄可以做成極簡單的形式——环形的、圓柱形的；外形尺寸很小而磁性却比鉻鋼制成的鐘形磁鉄更高。新的合金使新型构造磁电机轉子的外形尺寸和重量大为减小。

在1937~1940年間，創制了新的、具有新合金轉动磁鉄及啄形轉子的BCM型航空磁电机系列。

在1939~1940年間，四火花式BCM型磁电机用于5-、7-、9-和12汽缸的航空發動机上，并且在1940年間用于14汽缸的星形發動机上。

在偉大的衛國战争期間，BCM型磁电机被用于所有的国产航空發動机上，它保證了飞机点火系統不間斷的工作。

在战争結束时，飞机的飞行高度增加了，因此在BCM型磁电机的基础上創制了BCM-M型高空磁电机，其中永久磁鉄采用了質量更高的新合金。

当發動机起动机时，是由起动机振動器利用磁电机变压器初級棧卷来开始点火的，这样就可以省去配电器轉子中的起动机電極。这种新型构

造使BCM-M型磁电机系列的工作高度提高到12~14公里。

在偉大的衛國战争以后，創制了具有巨大放电能量和持久能力的点火系統，不論在陆地上或飞行条件下，它都能保證噴气式發動机起动机时燃料点燃的可靠性。

在大功率活塞式航空發動机的發展中，压缩比和汽缸数（达到36~48）进一步增大了，这就要求改善点火系統。

于是就采用了交換式磁电机，具有外置繞圈的点火系統，变压器、磁电机、火花塞的完全密封，集流屏蔽，等等。

創制了一系列的、具有不同热特性的航空火花塞，其中具有阻尼电阻、特殊有机硅基密封材料，以及陶質絕緣体。

在1937年，在实际工作中采用电力慣性起动机来起动机大功率活塞式航空發動机，以代替过去所用的航空發動机手搖起动机法。

在第四个五年計劃中，由于噴气式飞机的發展，要求解决一系列的新問題；这些問題不仅是噴气式發動机点火系統方面的，而且还有起动机方面的。

噴气式發動机的起动机需要强力的直接作用式电力起动机，为了对这种起动机供电，需要設計并制造具有改良特性的新型起动机蓄電池。

在1946年，开始了渦輪噴气式發動机电力起动机系統的研究工作，并在不久以后（1948年）初次制成了可靠的自动起动机系統。

1951年制成了并且在飞机上裝置了第一台渦輪噴气式發動机起动机用的起动机-發電機。

1-3 飞机發電机的發展

飞机电机計算和設計中的特点，可由發電機作以最完整的說明，因为在發電机的計算和設計中，要考虑到在飞机上工作的一切最艰巨的特殊条件。航空發動机上所裝的現代發電機遭受到不断的振動和顛簸，在机械方面引起高負荷部分的疲勞磨損，遭受較低和極高的溫度，

当发电机由活塞式航空发动机驱动时还要承受脉动力矩；发电机在全部飞行时间内还要不断地在恶劣的冷却条件下工作。

在1932~1936年间，出产了 ДОС-1、ДСФ-500、ДСФ-650和ДСФИ-1000型飞机发电机。

ДОС-1型发电机安装在飞机机翼上；这种发电机在第一个五年计划期间广泛地应用在航空上。电压是用单级振动式调节器来调节的。

装备附有风力发动机的发电机，给飞机造成很大的额外迎面阻力；在飞行速度进一步增大时，由于航空发动机功率的大量无益损耗而显得十分的不合理。

因此，在1932~1933年间，设计并开始生产 ДСФ型发电机；这种发电机用凸缘固定，并由航空发动机经过减速器和弹性联轴节驱动。其中由风扇对壳体鼓风来冷却，风扇安装在壳体外方整流子一端的机轴引出端上。ДСФ-500型发电机在一系列的飞机上一直采用到1940年。

1934年，在“马克西姆·高尔基”号重型飞机上初次采用120伏特三相交流电；飞机上安装两种二电流式发电机：МГ-25型——6千伏安、120伏特的三相交流电和5.8千瓦、27伏特的直流电以及МГ-10型——3千伏安、120伏特、50赫兹的三相电和3千瓦、27伏特的直流电；它们都带有自备的3000转/分的汽油发动机。除此以外，还装有蓄电池。在图1-4，为МГ-25型发电机的照片。这种发电机的重量只有标准电机的1/3。1938年所制的400和800赫兹三相电飞机发电机的重量只有电机的1/8，而第四个五年计划中所制的400赫兹三相电飞机发电机结构的重量则只有同功率标准频率的陆上电机的1/12到1/15。

在1937年，设计成新的 ГС型直流发电机系列，以适应飞行高度大为增加的新型航空发动机和飞机上的工作条件。这一系列中包括：转速变

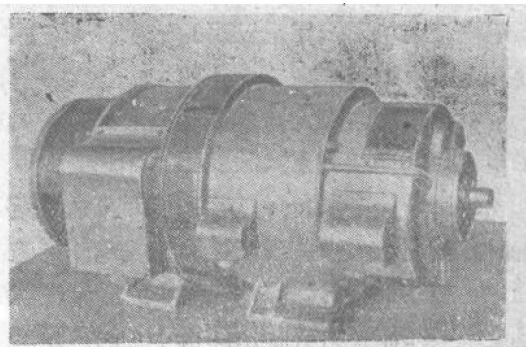


图1-4 安装在“马克西姆·高尔基”号（1934年）上的МГ-25型三相直流发电机。

化范围为3800~5900转/分的 ГС-350型发电机——功率350瓦特、重量10公斤，ГС-650型发电机——650瓦特、12公斤和ГС-1000型发电机——1000瓦特、14.5公斤（图1-5）。在这一系列中，ГС-350型和ГС-1000型发电机采用最广泛。

发电机在高空条件下的可靠工作，要求采用特殊的电刷和耐振的刷架构造。

在1938~1939年间，ГС型发电机上采用了新型构造的调节器PK，它具有PO型单级振动式电压调节器（图1-6）。

与以前的调节器比较，PO型调节器具有较高的接触点压力 and 新型构造的可动系统，这样就保证了ГС型发电机可靠的工作，并且使新调节器比外国的振动式调节器和我国早先所用的老式振动调节器来得优越。

在1944年，设计并采用了功率1500瓦特、

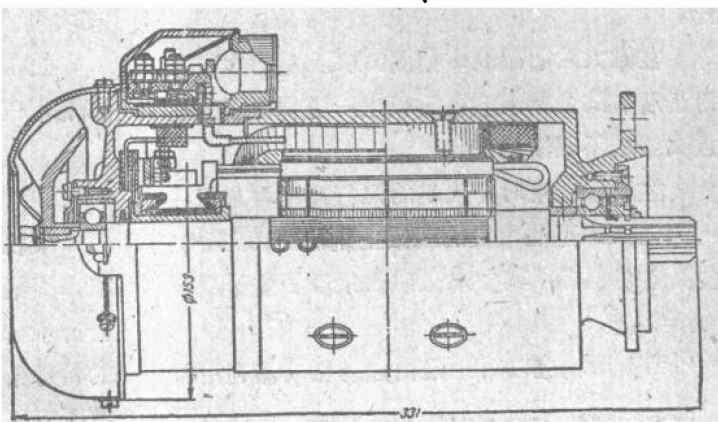


图1-5 1940年生产的ГС-1000型发电机的横剖面图。

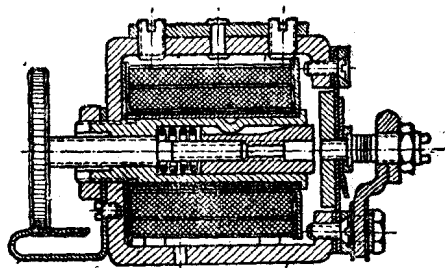


圖1-6 PO型振動式电压調節器的構造。

重量13公斤的新型复合式發電机。

在ГСК-1500型發電机中,采用迎面气流冷却系統(圖1-7)。在战后时期中,新型飞机上电能的需要急剧增長,所以必需將飞机發電机的功率增加数十倍。

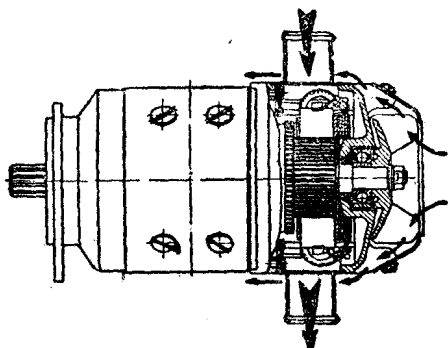


圖1-7 ГСК-1500型飞机發電机迎面气流冷却系統。

因此,設計并制造了新的、考虑到渦輪噴气式發動机技术要求的大功率飞机發電机系列。

这一系列中包括五种型式:

型式	功率(瓦特)	重量(公斤)
ГСК-3000	3000	11
ГСК-6000	6000	18.5
ГСК-9000	9000	24
ГСК-12000	12000	28
ГСК-18000	18000	40

按工作高度來說,ГСК型發電机超过早先生产的ГСК型發電机50%。工作速度范围从4000(某些型式是3800)到9000轉/分(还生产了速度范围3800~5500轉/分、3000瓦特、12公斤的ГСК-3000型發電机)。

生产了6600轉/分、5000瓦特的ГСК-5000型發電机作为航空电路后备独立电源的独立电站之用。

当制造ГСК型系列發電机时,需要采用以玻璃、有机硅化物为主体的耐热材料,以及难熔的焊料、耐热的潤滑脂等等。

在發電机上,采用了保証發電机在巨大高度上可靠工作的反作用式刷架和新型电刷。

在ГСК型發電机系列中,空气間隙中的感应和电刷的电流密度提高了50%左右。电樞綫圈中的綫負荷和电流密度比ГСК系列提高約2~3倍。

在設計ГСК型电机系列时,容許了較高的磁負荷;这样做是因为我国工业生产了損耗比較小而磁导率較高的磁性材料。为了改进电工用鋼料的磁性和机械性,將电工用鋼料軋压以后在氩气介質中退火。

在ГСК型發電机中,由于电樞槽和綫圈导綫采用薄壁絕緣,所以电机重量降低9%左右。

在圖1-8上,表示ГСК-12000型發電机的冷却系統。

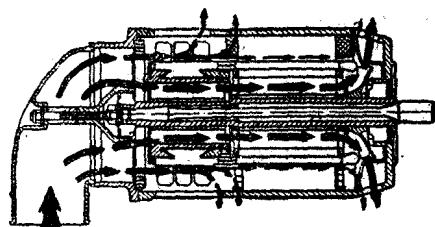


圖1-8 ГСК-12000飞机發電机的冷却系統。

在选择冷却系統时,采用了迎面空气流的軸向鼓風。軸向鼓風式發電机的單位重量功率大約比壳外鼓風式發電机大一倍。

在圖1-9上,表示ГСК型和ГСК型發電机系列單位功率的重量随額定功率而变的曲綫。

ГСК型系列發電机可以認為是苏联設計師的基本成就,在它的基础上进行了新型飞机發電机的进一步研究。

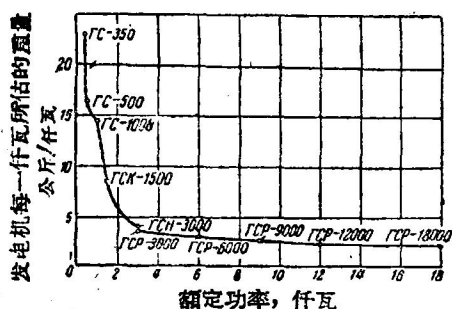


圖1-9 ΓC型和ΓCP型系列發電機單位功率重量比隨額定功率而變的關係曲線。

1-4 飞机炭精式电压調節器的發展

創造激磁电流較大的飞机电压調節器时，需要进行大量的实验和研究工作，才能保證調節器在顛簸、振动、高空、低溫和高溫以及外形尺寸和重量較小的条件下可靠地工作。

ΓCP型發電机的电压調節選用炭精式調節器，与振动式調節器比較，它的主要优点是能負担很大激磁电流，这样就可以使ΓCP型發電機系列的外形尺寸做得較小。

第一个炭精式电压調節器用在“馬克西姆·高尔基”飞机的發電机上。

随着ΓCP型發電机的創制，炭精式調節器的构造开始急剧地發展和改进。所有炭精式調節器系列都是根据吸引电磁鉄的原理設計的，而并不采用杠杆机构。在調節器中采用膜式或

卷筒式彈簧，以保證彈簧和电磁鉄特性符合調節精確度的要求。

在圖1-10上，表示重量1.85公斤的P-25A型炭精式調節器。

为功率大于12仟瓦的發電機設計了在炭精柱中具有巨大散熱能力的調節器。

1-5 直流發電机的并联工作

随着用电裝置功率的增長，在1937~1938年間采用二台功率1000瓦特的直流發電机的并联工作，其中每一台都分別备有振动式电压調節器。并联工作对發電机的特性提出了特殊的要求，并且使电压調節器中必須采用平衡綫卷而發電機电路中必須采用平衡电阻，以保證負荷在二个發電機之間平均地分配。

在国产飞机上采用發電机的并联工作，开拓了广泛采用电力机构的道路。

1-6 飞机电力驅动和电力机构的發展

1934年以前，在大多数飞机上采用手动式驅动机构。

最早的水平安定面电力驅动操縱机构在1934年应用于“馬克西姆·高尔基”飞机上。

1939年彼得里雅可夫所設計的Πе-2型俯冲轟炸机在苏联的創造，是电力机构和自动仪發展中的轉变阶段。

在这种飞机上，首先創造性地实现了飞机和航空發動机中很多机构的远距离电力操縱。

АП-1型俯冲自动仪（圖1-11）的創造是很大的成就，它保證准确地轟炸，并且对有关飞机自动进入俯冲和在給定超負荷下脫出俯冲的問題給予澈底的解决。在АП-1型电力机构中，首先采用了电磁式結合和制動偶合器。这种偶合器的采用保證了电力机构傳出軸的空轉最小。

在近年来的飞机上，电力驅动的采用越来越广泛，而只有在某些領域內还采用液力驅动。

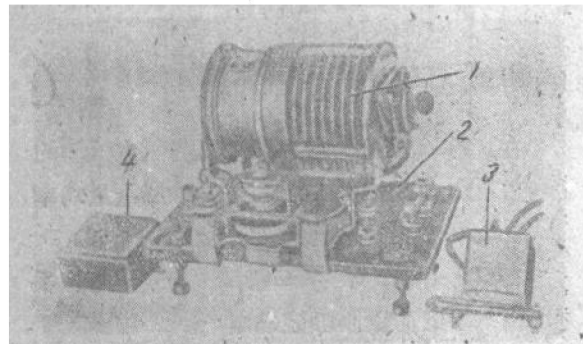


圖1-10 P-25A型炭精式調節器的外形：
1—具有电阻的部件；2—接触板；3—T-11型穩定變压器；4—KB-31型电容器（4微法拉）。

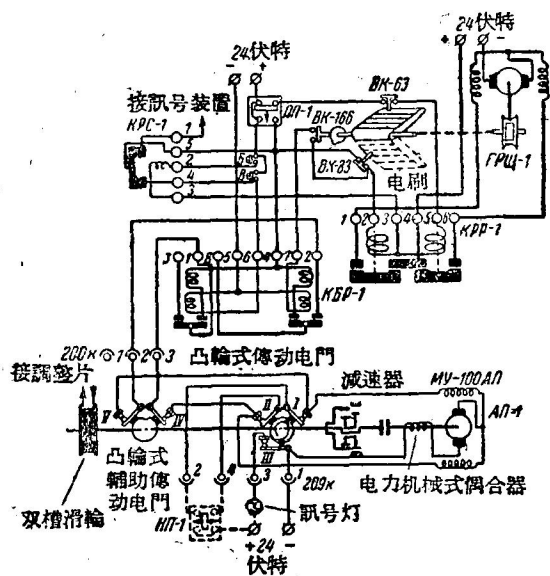
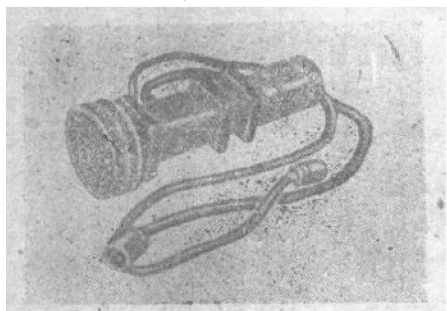


圖1-11 AI-1型電力機械式自動裝置。

飞机电力驱动的特点是要創造輕便和可靠的电力机构，其中电动机、电磁結合和制動偶合器、自由行程偶合器、行程限止器械和減速器、而且常常还有执行部分都联合成一个机构。

国内工厂出产的电力机构具有高度的生存力、耐寒和耐热性，并且保証能在很高的高空中工作。

为了現代飞机的电力驱动，制造了功率从零点几瓦特到几十仟瓦的、外形尺寸和重量很小的电动机。同时还广泛地采用螺紋管式和閘門式的电磁鉄。

在現代飞机上，广泛地将所有型式的设备电气化和自动化，这些设备如：操縱航空发动机的设备，航行设备——仪表、控制和信号设备，内部联络设备，自动导航设备，艰巨气象

条件下的着陆设备，辨認设备，偵察设备，控制设备，照明设备，加热通风设备，意外救护设备，防冻设备，生活设备，座艙密封设备，空中摄影设备等等。

电气设备可以消除傳遞和分配其他能量形式时所必需的、过多的繩索、拉杆、軸、以及管道和类似的装置。

在飞机上广泛地采用随动驱动装置和同步傳动系統。

1-7 苏联的汽車电气设备

革命以前的俄国只有很小量的汽車，在1914年它总共有11000輛外国牌子的汽車。

苏联的汽車和拖拉机工业是在極短的时期内产生和發展起来的。在1924年，莫斯科AMO汽車工厂开始生产Φ-15型載重汽車。

1929年，政府決定建立二个巨型汽車工厂：年产汽車100000輛的格斯厂，和年产25000輛的吉斯厂。1932年，在逐步扩大生产的基础上，这些工厂开始了汽車的正规生产。在1937年，苏联的汽車年产量达到每年200000輛，其中有180000輛是載重汽車。在1937年，苏联在載重汽車的生产方面占了世界第二位。

在第五个五年計劃中，生产載重量2.5和4吨的汽車以代替載重量1.5和3吨的汽車。新的汽車工厂建立了。明斯克汽車工厂生产載重量7~25吨的汽車。

在苏維埃政权建立的第一年，偉大的列宁指出要为农业配备100000輛拖拉机。目前，我国在农业拖拉机装备方面已达到世界第一位。

在1953年，我国的农业部門得到了150000輛拖拉机（換算成15馬力的），发动机的总和功率等于2250000馬力。在1953年，仅拖拉机站的拖拉机总数就有1007000輛，发动机的总和功率等于151万馬力。

第十九次党代表大会的決議指出，在1955年农业的机械化水平要提高到90~95%。目前

生产的大多数拖拉机是履带式的，并且装有功率35~65馬力的柴油机。拖拉机改用柴油燃料可以使每一馬力的燃料消耗量降低30~40%。

苏联工业所面临的、有关制造现代汽车和拖拉机电气设备的问题，须要在广泛地进行科学研究工作的基础上独立解决。由于在社会主义经济中汽车和拖拉机的利用比外国更为全面，并且又由于气候条件的各种不同，所以汽车和拖拉机在苏联的使用条件有很大的差异。

对于我国的国民经济，重要的是达到全面的节约，不仅要考虑购置费的数值，而且还要考虑运用消耗的数值，因此在社会主义经济中，耐磨的问题受到很大的注意。

已为汽车的电气设备确定了保用期。汽车电气设备是严格按照国家标准（ГОСТ）生产的。

1-8 苏联汽车电气化的发展

、汽车技术的发展紧密地与汽车和拖拉机电气化的增长相关着。

电气设备在保证现代汽车和拖拉机使用性能方面所起的作用显著地增长着。现代轻便汽车的电气设备，除了保证可燃混合气的点火、发动机的起动、照明以外，还要完成一系列检查和执行的操作，其中如：用热空气向挡风玻璃鼓风，下雨时挡风玻璃的清刷、发动机汽缸壁中水温的检查、发动机润滑系中机油压力的检查、汽车运动速度的指示等等。

现代汽车上的电气设备仪器数目比战前大大地增加了，例如：在战前生产的汽车上——格斯-AA型载重汽车有十七个仪器，M-1型小汽车有25个；在现代汽车上——格斯-51型载重汽车有32个，“胜利”牌小汽车有29个，吉斯-110型小汽车有45个。

除了电气设备仪器数量上的增加以外，由于现代汽车更为完善的技术指标，这些仪器在质量方面也有改变。

在第一个五年计划期间生产的汽车上，为

了供给用电部分而装备了功率60瓦特的三刷发电机。

由于发动机的功率和压缩比都比较小，所以为了发动机的起动，只装备了功率0.8馬力的起动机。点火仪器的型式是很简单的，例如配电器只有手动的或离心式点火提前调整。

在这种汽车上装备了带镀铬反射镜的前灯。光度不超过8000~10000烛光。

现代的汽车和拖拉机则要求创造新型的电气设备。

新型电气设备的设计，除了要保证现代汽车和拖拉机使用所提出的要求以外，还要考虑到构造的经济性和耐磨性的提高；个别零件和合件及整个构造规格的尽可能统一和构造的工艺性及其对大量生产的适应性。

汽车发动机功率和压缩比的提高以及柴油机在汽车上的装用，要求起动系统的彻底改变。

旧式的、功率为0.8馬力而电压为6伏特的惯性驱动机构式直接作用电力起动机的构造已不能保证新型发动机的起动，因为它不能发出足够的扭矩。

由于惯性驱动机构本身的构造特点，它不可能在不增大发动机飞轮直径的条件下增加起动机与发动机之间的传动比。这种驱动型式由于扭矩是经弹簧传递的，所以不可能显著地增加起动机的扭矩，以可靠地使新型的汽车发动机起动。因此就有彻底改变驱动机构的必要；驱动机构是电力起动机的重要部分之一，整个起动机的工作可靠性就由它决定。新型构造的起动机具有强制接合齿轮的啮合机构。

新型起动机的杠杆驱动在一种起动机中是牵引电磁铁，而在另一类起动机中则是与起动机杠杆机械连接的踏板。

在新型构造的起动机中，特别注意到起动机驱动齿轮与飞轮齿圈的啮合问题（为了使起动机零件上的动力负荷最小）以及提高耐磨性和材料利用率的问题。

新型构造的起动机能支持100000次以上