

电蚀加工

《电蚀加工》编写小组 编

(下 册)

国防工业出版社

电 蚀 加 工

下 册

《电蚀加工》编写小组编

国防工业出版社

1971

内 容 简 介

在毛泽东思想的光辉照耀下，我国工人阶级和革命技术人员坚持“独立自主、自力更生”的伟大方针，“打破洋框框，走自己工业发展道路”，使电蚀加工在我国获得了迅速发展和广泛应用，闯出了我国自己发展电蚀加工的新路。

本书较全面和系统地总结了国内有关单位在生产实践和科学实验中所取得的成果和经验。书中列有大量图表和加工实例、并附有电蚀加工装置一览表。全书分为上、下两册。

上册主要介绍弛张式电蚀穿孔加工和高频电蚀穿孔加工的脉冲发生器，自动调正器，机床及加工工艺等。

下册主要介绍长脉冲电蚀穿孔加工和线电极电蚀加工的脉冲发生器，自动调正器，机床及加工工艺等

本书可供从事电蚀加工工作的工人、科技人员参考使用。

电 蚀 加 工

(下 册)

凭 证 发 行

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092¹/₁₆ 印张 15 342 千字

1969 年 10 月第一版 1971 年 6 月第三次印刷

统一书号：15034·1203 定价：1.40 元

前 言

万木霜天红烂漫，天兵怒气冲霄汉。

在震撼世界的无产阶级文化大革命取得伟大胜利的时刻，在伟大领袖毛主席“**工人阶级必须领导一切**”的号令下，我国工人阶级浩浩荡荡地登上了上层建筑的斗、批、改的政治舞台，牢牢地掌握革命和生产的领导大权，这是二十世纪六十年代的伟大事件。

战斗在电蚀加工战线上的广大工人和革命技术人员，高举毛泽东思想伟大红旗，在党的第九次代表大会的巨大鼓舞下，意气风发，斗志昂扬，掀起了贯彻落实“九大”提出的各项战斗任务的热潮。革命的大好形势促成了生产的大好形势。一个“**抓革命，促生产，促工作，促战备**”，夺取工业战线新胜利的技术革新的群众运动，正以排山倒海之势在全国蓬勃兴起，将使电蚀加工这项新技术获得迅速的发展，全面地赶超世界先进水平。

电蚀加工是大跃进的产物。用毛泽东思想武装起来的我国广大工人和革命技术人员，高举“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”总路线的伟大红旗，坚持“**独立自主、自力更生**”的伟大方针，坚决“**打破洋框框，走自己工业发展道路**。”他们一不怕苦，二不怕死，不靠天，不靠地，不迷信资产阶级的“权威”和洋“专家”，靠的是战无不胜的毛泽东思想，与帝、修、反斗，与大叛徒刘少奇的反革命修正主义路线斗，在短短的几年内，使电蚀加工技术在电源、自动调正器和工艺等许多方面赶上和超过了世界先进水平，开创了这项新技术在我国广泛应用的途径。

革命就是解放生产力，革命就是促进生产力的发展。经过无产阶级文化大革命锻炼的我国工人阶级，怀着对毛主席的赤胆忠心，敢想，敢干，敢于走前人没有走过的道路，敢于攀登前人没有攀登过的高峰，以顽强不屈的革命毅力，突破一个一个技术难关，群策群力，边试验边总结，创制成了独特的具有世界先进水平的光电仿形切割电蚀加工装置，程序控制电蚀加工装置，可控硅长脉冲电蚀加工装置等等，研制速度之快，水平之高，是帝、修、反和资产阶级的“专家”、“权威”臆想不到的。他们在这些辉煌战果面前，吓得丧魂落魄，目瞪口呆！我国工人阶级以自己创造性的劳动，闯出了发展电蚀加工技术的新路，为世界电蚀加工史增添了光辉的一页。这是无产阶级文化大革命的丰硕成果，是战无不胜的毛泽东思想的伟大胜利！是毛主席的无产阶级革命路线的伟大胜利！让我们纵情欢呼：毛主席万岁！毛主席万万岁！

“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”总结我国发展电蚀加工的丰富经验早已是广大工人和革命技术人员的强烈愿望。遵照毛主席关于“**在某种意义上来说，最聪明、最有才能的，是最有实践经验的战士**”的伟大教导，我们由来自战斗在电蚀加工第一线的工人和革命技术人员组成的编写小组，在工厂、科研单位的热情支持下，于无产阶级文化大革命前夕写出初稿，并征求了有关单位的意见。出版前因时间仓促，未能进行全面修改，同时无产阶级文化大革命中涌现出来的新成就也来不及总结进去，故仅作为交流资料出版。另外，我们的水平有限，缺点错误在所难免，热烈欢迎批评指正。

“电蚀加工”编写小组

目 录

第三篇 长脉冲电蚀穿孔加工

第十章 脉冲发电机	404
第一节 脉冲发电机的工作原理	404
第二节 脉冲发电机的结构分析	406
第三节 脉冲发电机的设计计算	411
第四节 脉冲发电机的使用与维护	420
第十一章 自动调整器	426
第一节 自动调整器的线路	426
第二节 有关调整特性的几个问题	432
第十二章 机床结构	435
第一节 D5540 型机床结构	435
第二节 D5570 型机床结构	438
第十三章 加工工艺及应用	443
第一节 影响工艺指标的因素	443
第二节 型腔模加工工艺及实例	447
第三节 长脉冲电蚀加工的经济效果及存在的问题	457

第四篇 线电极电蚀加工

第十四章 脉冲发生器	463
第一节 电子管式高频脉冲发生器的工作原理	463
第二节 高频脉冲发生器的调试	466
第三节 高频线电极电蚀加工工艺试验结果	466
第十五章 线电极电蚀加工装置的电气线路	468
第一节 靠模仿形系统工作过程的几点分析	468
第二节 KD-104 型线电极电蚀加工装置的电气线路	473
第三节 KD-112 型高频线电极电蚀加工装置的电气线路	486
第四节 DS-2 型线电极电蚀加工装置的电气线路	493
第五节 DS-2 型线电极电蚀加工装置的自动换位	503
第六节 DM6720 型线电极电蚀加工装置的电气线路	506
第七节 JD-1 型线电极电蚀加工装置的电气线路	510
第八节 直线程序控制线电极电蚀加工装置的电气线路	513
第十六章 机床结构	521
第一节 机床布局	521
第二节 机床的传动机构	522
第三节 绕丝机构和保持器	529
第四节 床身、工作台、导轨、工作液箱及工作液循环过滤系统	541

第十七章 加工工艺及应用	547
第一节 影响工艺指标的因素	547
第二节 靠模的设计与制造	553
第三节 冲模加工工艺及实例	557
第四节 零件加工工艺及实例	572

毛主席语录

社会主义革命和社会主义建设，必须坚持群众路线，放手发动群众，大搞群众运动。

任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。在社会主义事业中，要想不经过艰难曲折，不付出极大努力，总是一帆风顺，容易得到成功，这种想法，只是幻想。

第三篇 长脉冲电蚀穿孔加工

长脉冲电蚀加工是独立式电蚀加工的一种，它显著的特点是脉冲时延长，间隔度小，功率大和更接近于电弧放电区域；在使用上，生产率高，电极损耗小。其缺点为光洁度和加工精度低。所以适用于粗加工型腔模和形状复杂以及高强度材料的零件。

在伟大领袖毛主席“打破洋框框，走自己工业发展道路”的光辉思想指导下，早在一九五八年，我国工人和革命技术人员就创制成了 D5540 型长脉冲电蚀加工装置。为了适应生产迅速发展的需要，以后又试制成功 D5570 型长脉冲电蚀加工装置，引燃管式脉冲电源双面长脉冲电蚀加工装置和可控硅长脉冲发生器等，这些丰硕成果经过实践检验已大量用于生产，而且均已赶上世界先进水平。目前，在大功率、多迴路的长脉冲电蚀加工电源等方面进行了试验研究，以便把长脉冲电蚀加工技术提高到更先进的水平。

D5570 型长脉冲电蚀加工装置配上弛张式电源后，可粗、精加工锻模，不仅光洁度达到 $\nabla\nabla 6$ ，而且使工人由铣削和修模的手工劳动中解放出来。在这方面现已积累了一定经验并总结出成套的工艺资料。

本篇仅以 D5540 型和 D5570 型长脉冲电蚀加工装置为例，介绍脉冲发电机，自动调节器，机床和工艺等。

第十章 脉冲发电机

第一节 脉冲发电机的工作原理

长脉冲电蚀加工的原理图如图 10-1 所示。

长脉冲电蚀穿孔加工电源是脉冲发电机，其中广泛应用的是整流式脉冲发电机。但这种发电机存在一定缺点。我国工人和革命的技术人员，遵照伟大领袖毛主席“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的伟大教导，在史无前例的无产阶级文化大革命中，成功地采用以晶体管作电源，试制成了可控硅长脉冲穿孔电蚀加工装置。把脉冲发电机发展到一个新水平。它具有体积小，生产率高，成本低等优点，是一个很重要的发展方向。

整流式脉冲发电机的工作原理与普通直流电机没有原则上的区别，所不同的是由结构的改变而引起的，结构的改变则是为了获得所要求的脉冲特性（例如要满足电压波形、电流波形、脉冲间隔度等要求）。

这种发电机是由可变磁极的磁系统（在定子或转子装有磁极）和装在转子或定子的相应电枢绕组所组成，线圈形式的绕组位于磁极下的狭窄部位（见图 10-2）。现在国内使用的均按图 10-2a 的形式制造，其定子部分与直流电机相同的地方是：定子也是由磁极、励磁绕组及机座等组成；与普通直流电机不同的地方是：选择的极靴宽度要较小（详细结构情况参看第二节），极靴的宽度与极距之比小于 0.5（极弧系数小于 0.5），所以要选择这样狭窄的极靴是为了使磁通集中，而当电枢旋转时，由于上述的一些特点（可参看图 10-2 之结构）则在电枢绕组中便感应出交变脉冲电压，该电压则具有必要的峰值和停歇时间（即必要的脉冲间隔度）。感应出的交变电压送到由两组扇形片组成的换向器上，扇形片数等于磁极数，换向器的每一组扇形片上装有某一极性的电刷，就其实质说来，这种换向器就是一个机械整流器，各片间隔地联在一起，组成两组，这两组分别与电枢绕组的首端与末端相连，与其相应，电刷也是间隔地联成两组，借助电刷便可获得单向脉冲电压。当电势具有某一个极性时，这一极性的电刷就在换向器的相应扇形片上；在电势经过零时（在停歇时间），电刷就移到另一组扇形片上，同时改变了绕组中电势的方向，因为此时绕组已移到另一极下，这就保证了所获

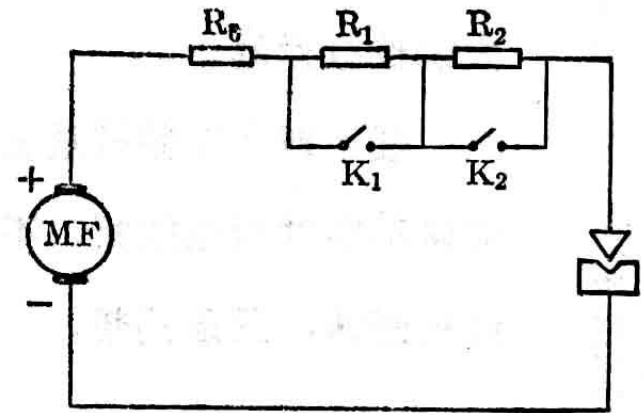


图 10-1 长脉冲电蚀加工原理图

R_0, R_1, R_2 —限流电阻；
MF—脉冲发电机。

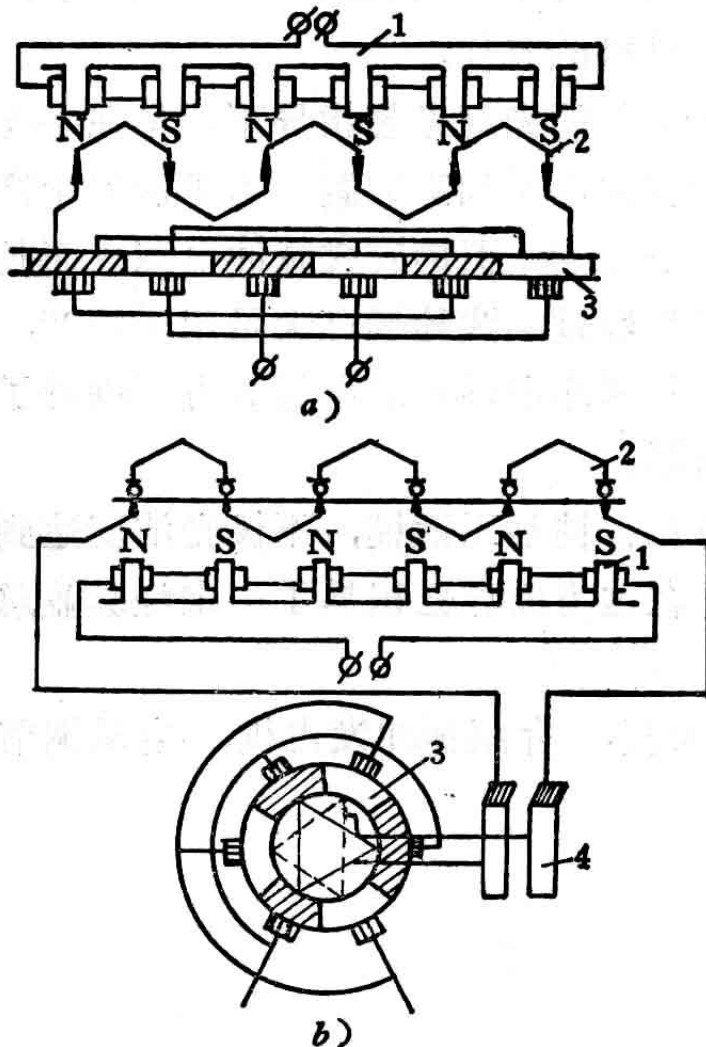


图 10-2 整流式脉冲发电机原理图

a) 电枢绕组在转子部分；
b) 电枢绕组在定子部分。
1—磁路系统；2—电枢绕组，
3—换向器；4—滑环。

得电压具有单向性。

在电势脉冲之间存在停歇时间，给电机的整流作用创造了有利条件，因为在电刷从一组扇形片移到另一组时，在电枢绕组中实际上不存在电压。在加工过程中可能发生放电间隙短路情况，这就造成电流急剧增加，引起脉冲波形的畸变，这是完全不允许的，因为在某些情况下可能引起换向器的破坏，因此，为了限制电流的数值，并且在放电间隙短路时保持足够有利的波形，在电机负载电路内必须串联一个不断开的无感限流电阻。

整流式脉冲发电机国内试制了若干种，定型的有两种，即 D5540 型装置用的 ZMF-45 型整流式脉冲发电机（见图 10-3）和 ZMF-200 型整流式脉冲发电机（见图 10-4）。

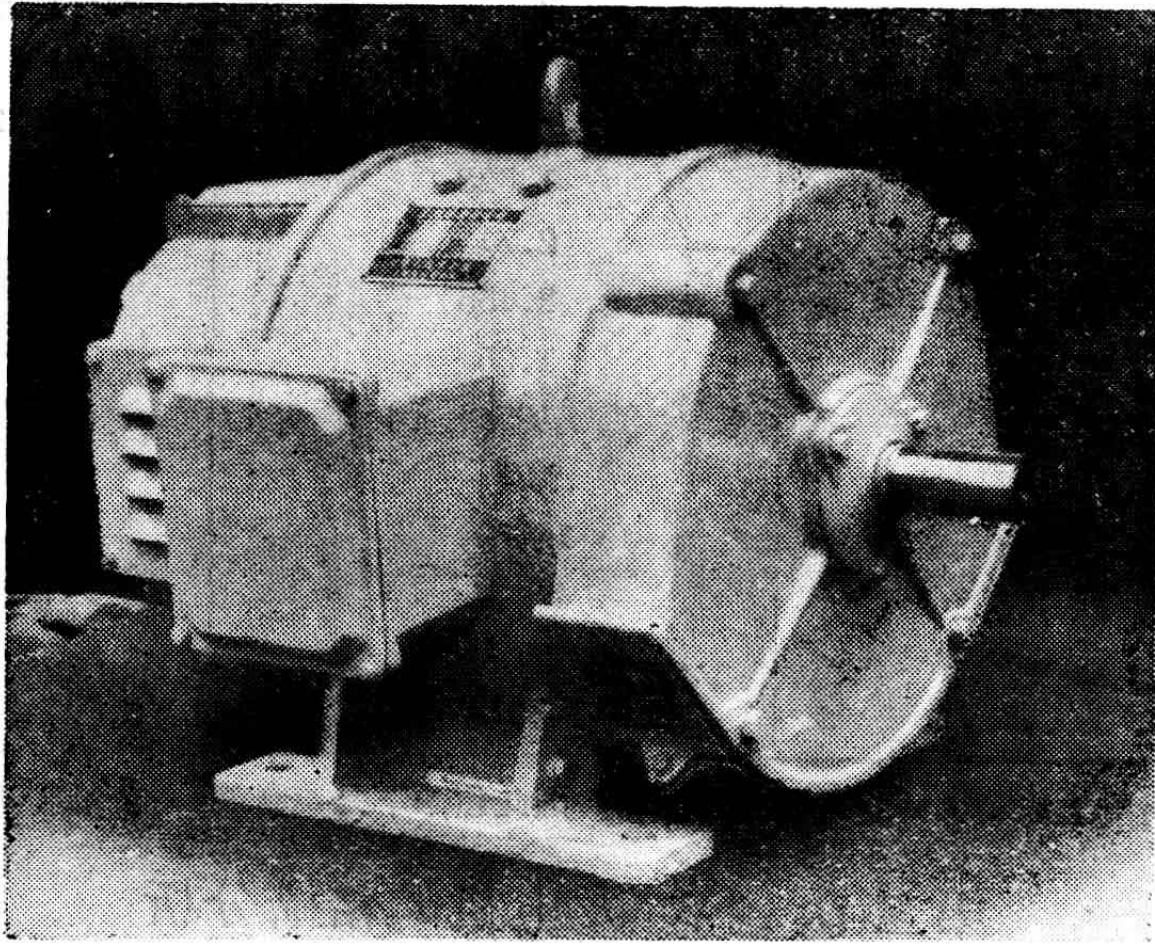


图 10-3 ZMF-45 型整流式脉冲发电机外形照片

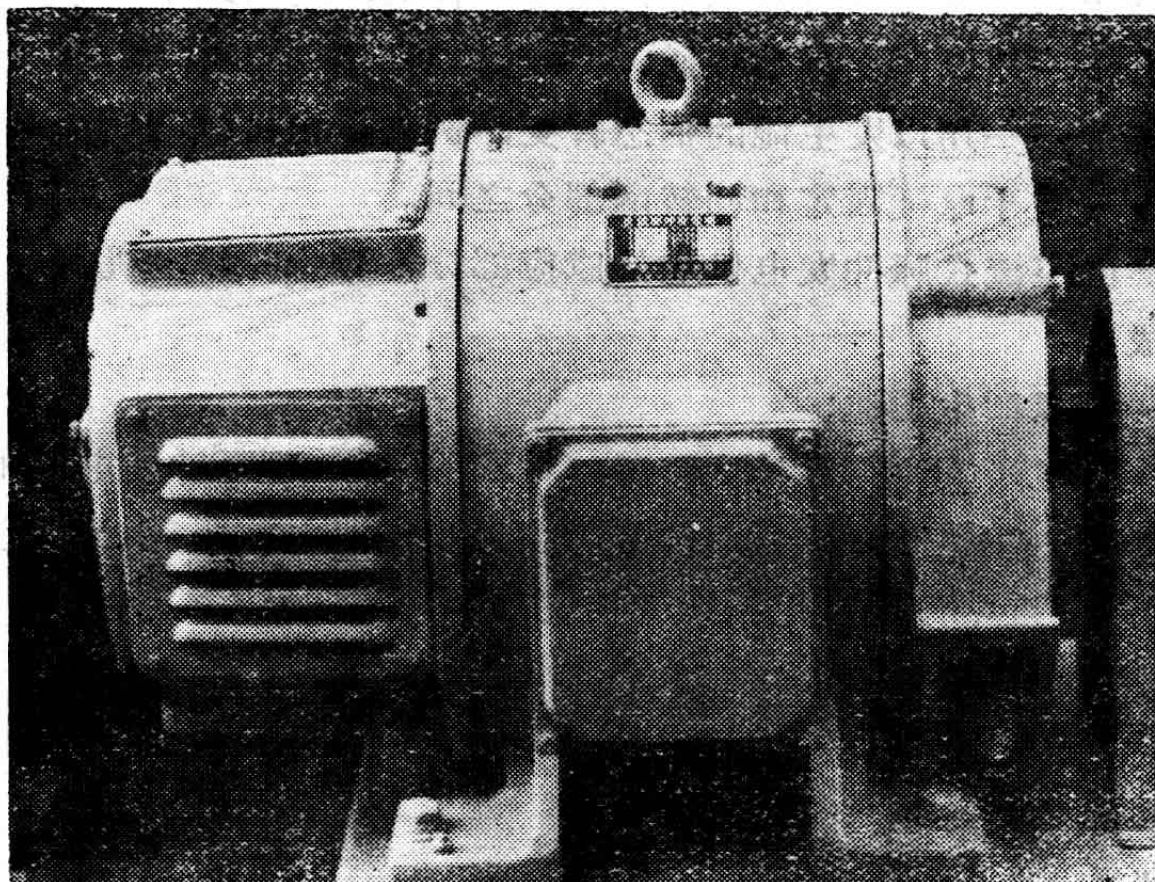


图 10-4 ZMF-200 型整流式脉冲发电机外形照片

这两种脉冲发电机的主要规格性能列于表 10-1 中。

表 10-1 整流式脉冲发电机规格性能比较表

项 目	型 号	ZMF-45	ZMF-200
采用机座型号		Z ₂ -62	Z ₂ -82
脉冲频率 (赫)		400	394 ^①
平均输出功率 (千瓦)		4.5	20
空载电压平均值 (伏)		39	26
负载电流平均值 (安)		115	300
励磁电压 (伏)		220	90~110/180~220
平均输入功率 (千瓦)		7.5	30
原动机转速 (转/分)		3000	2940
电压波形因数		1.628	1.877
电压峰值因数		2.74	3.85
脉冲间隔度		2.455	3.061
电流波形因数		1.35	1.602
电枢外径 (毫米)		195	245
电枢有效长度 (毫米)		125	220
电枢气隙磁通密度 (高斯)		14070	14400
电机线负载 (安/毫米)		45.2	62.4
极弧系数		0.366	0.8
空气隙 (毫米)		0.26	1.6

① 由于发电机所配之原动机转速为 2940 转/分，因此频率不是 400 赫，而是 394 赫。

第二节 脉冲发电机的结构分析

尽管整流式脉冲发电机在某些结构上为了适应它的特殊要求，因而与一般的直流电机有所不同，然而它的主要结构与所有其他电机还是一样的，均由以下三个主要部分组成：

- (1) 感应部分——用以产生激励磁通；
- (2) 被感应部分——用以发生能的形态转变，例如，由机械能变为电能；
- (3) 空气隙——位于电机固定和回转两部分之间。

目前国内生产的整流式脉冲发电机它的感应部分是静止的，电机的静止部分（即定子）由下列各部分组成：

- (1) 磁极——用以产生磁通；
- (2) 磁屏——用以改善波形和换向情况（在 ZMF-200 型脉冲发电机中设有磁屏装置）；
- (3) 阻尼系统——用以防止励磁电流的脉振以及削弱电枢反应高次谐波的作用（在 ZMF-200 型脉冲发电机中设有阻尼系统的装置）；
- (4) 机座。

被感应部分称之为电枢（即转子），它是一个回转在磁极间的圆柱体，电枢由以下部分组成：

- (1) 有齿铁芯；
- (2) 电枢绕组；

(3) 换向器。

ZMF-45 型及 ZMF-200 型整流式脉冲发电机结构如图 10-5 及图 10-6 所示。

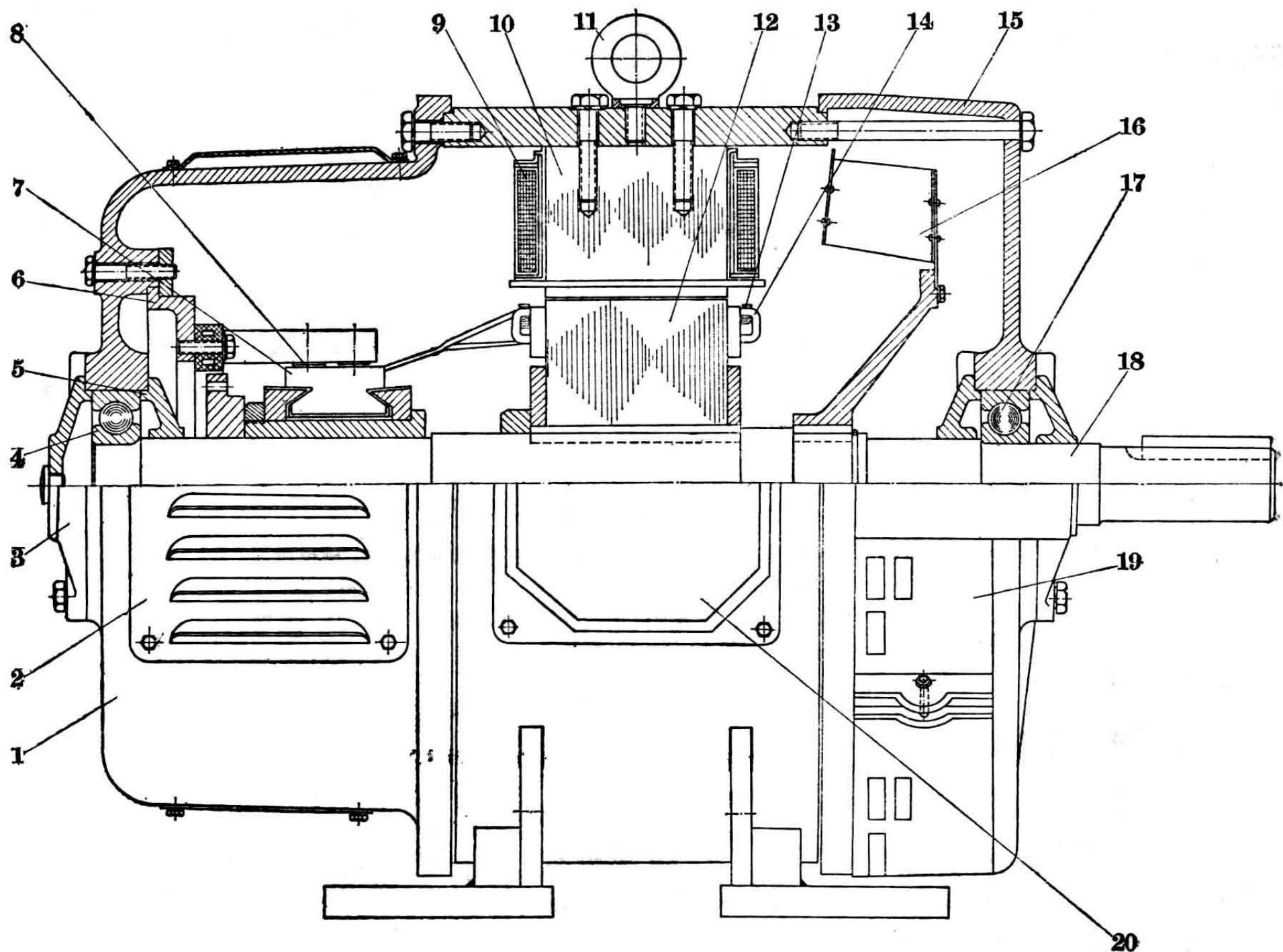


图 10-5 ZMF-45 型脉冲发电机断面图

1—后端盖；2—百页窗；3—轴承外盖；4—滚珠轴承；5—轴承内盖；6—刷杆座；
7—换向器；8—刷握；9—磁极线圈；10—磁极铁芯；11—吊环；12—电枢铁芯；
13—绕组紫带；14—电枢绕组；15—前端盖；16—风扇；17—滚珠轴承；18—转轴；
19—防护罩；20—出线盒。

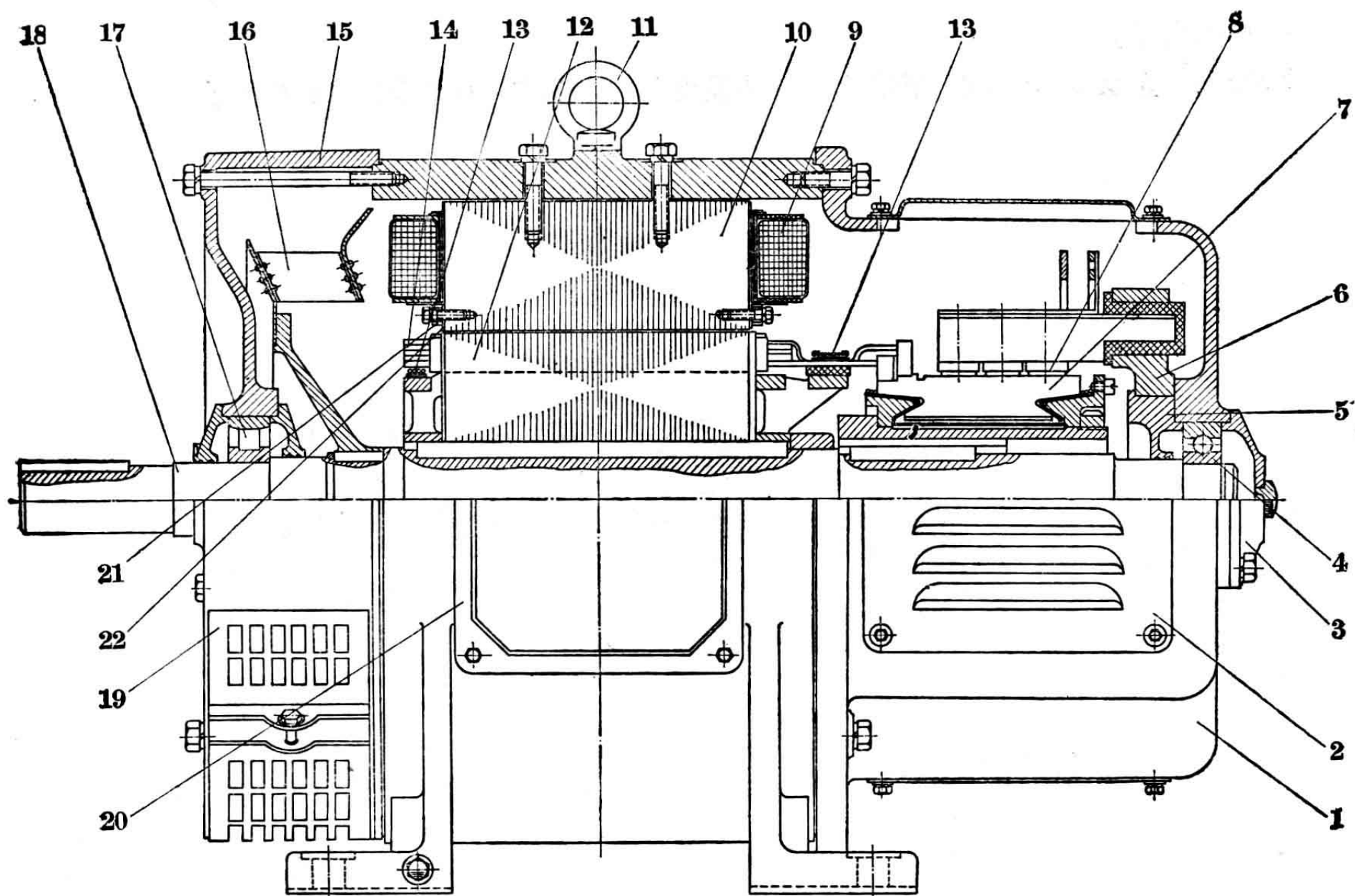


图 10-6 ZMF-200 型脉冲发电机断面图

1—后端盖；2—百页窗；3—轴承外盖；4—滚珠轴承；5—轴承内盖；6—刷杆座；
7—换向器；8—刷握；9—磁极线圈；10—磁极铁芯；11—吊环；12—电枢铁芯；
13—绕组紫带；14—电枢绕组；15—前端盖；16—风扇；17—滚柱轴承；18—转轴；
19—防护罩；20—出线盒；21—支撑杆；22—阻尼环。

现将整流式脉冲发电机的主要构成部件简述于下。

一、静止部分（定子）

1. 磁极

整流式脉冲发电机磁极系统的构造，尤其是磁极的构造，在上节工作原理中谈过，为了要满足电压波形、脉冲间隔度等要求，它的磁极形状与普通直流电机不同，极靴宽度选得特别狭窄，其结构可见图 10-7。

磁极由下列部件组成：

(1) 铁芯 它由 0.5 毫米之电工钢片冲成所规定之尺寸形状经叠压后用螺杆和螺帽紧固，並套以可通励磁电流的线圈。

(2) 极靴 铁芯的下部称为极靴，它的主要作用在于使磁通易于通过空气隙，从而在旋转的电枢绕组中感应出所需的电压波形。正因为它的极靴特别狭窄，因此就不能像一般直流电机那样可以作搁置磁极线圈之用，因而在 ZMF 型电机的极靴上就钻了一个螺孔，借以搁

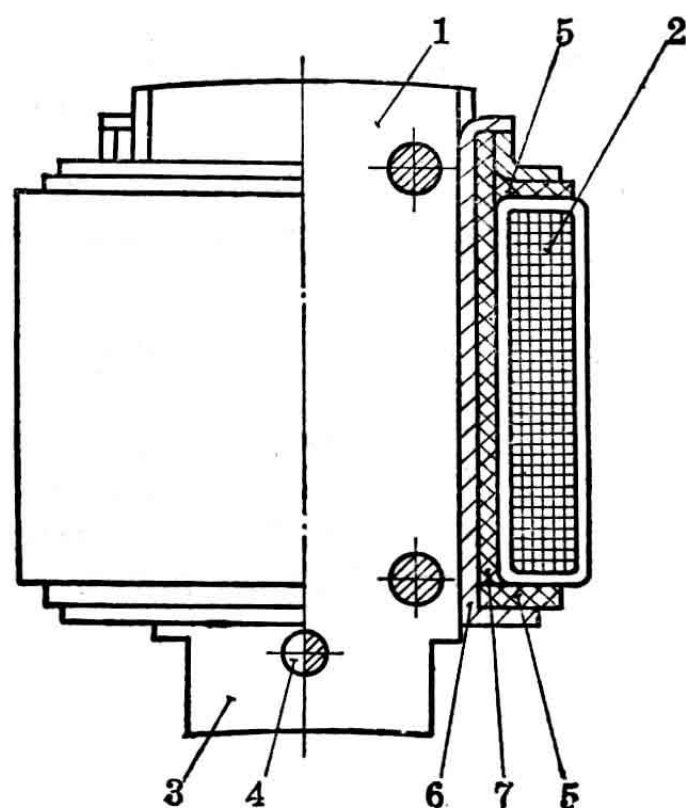


图 10-7 ZMF-45 型发电机的磁极

1—铁芯；2—线圈；3—极靴；4—铜棒；
5—绝缘垫片；6—线圈支架；7—绝缘帽。

置线圈，拧紧在极靴上之铜杆即作此用（见图 10-7 中之 4）。图 10-8 是带有磁屏及阻尼环的装置，也需在极靴上钻螺孔，以固定这些装置，同时支撑杆也起了安放磁极线圈的作用。磁极用螺杆固定在磁轭上。

2. 磁屏装置及阻尼系统

在整流式脉冲发电机中，ZMF-200 型电机按设计的要求安设了磁屏及阻尼环等装置，其结构简述如下。

(1) 磁屏 它是由钢板弯制成的（见图 10-9）。在它的四个角的上方各焊有一方铁以供钻螺孔作固定之用。

(2) 阻尼环 它是由铜板制成的，沿轴向长度的两端各钻一孔。阻尼环用薄膜等绝缘材料（例如采用聚酯薄膜）按包紮线圈的方式，沿着阻尼环的四周均加以半叠包作为绝缘（见图 10-10）。

3. 机座

这是电机的静止部分，全部磁极都固定在它上面，并依靠它与安装电机的地基或底盘相联，其中用作传导磁极磁通的部分称为磁轭。

机座可用铸钢或钢板做成，其选择一般以电机的容量而定，因 ZMF 型电机是以 Z₂ 系列直流电机为基础而制造的，故所用材料与其选用之机座号相同。

二、电枢（转子）

1. 电枢铁芯

整流式脉冲发电机的电枢铁芯与一般直流电机的电枢铁芯在结构上相同之处是，它也是由与机轴方向相垂直的有槽硅钢片叠合组成，并在电枢铁芯沿转轴方向的两侧均有电枢压圈（或压板）将叠装好的电枢冲片压紧，此压圈同时作为线圈支架用来搁置电枢绕组。它与一般直流电机的电枢铁芯有明显区别的是，它的槽数特别少，一般是：

$$Z = 2mp,$$

式中 Z ——电枢铁芯的槽数；

m ——相数；

p ——极对数。

因此在单相整流式脉冲发电机中每极之下仅有一个槽。

图 10-11 是 ZMF-200 型发电机的电枢铁芯。

ZMF-200 型发电机的电枢直径较大，而又要承受较高的转速，因此它的电枢绕组出线与

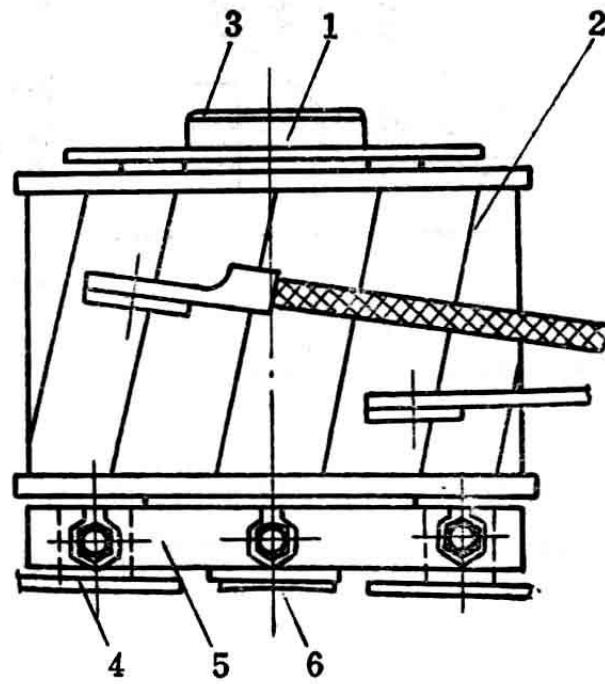


图 10-8 ZMF-200 型发电机的磁极

1—铁芯； 2—线圈； 3—垫片；
4—磁屏； 5—支架； 6—阻尼环。

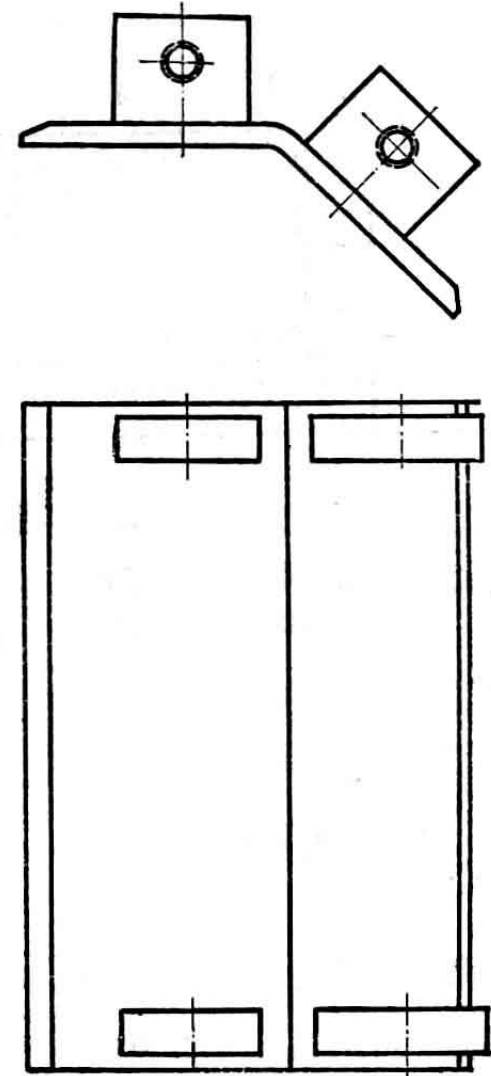


图 10-9 磁屏

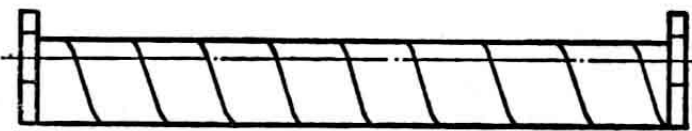


图 10-10 阻尼环（已包绝缘）

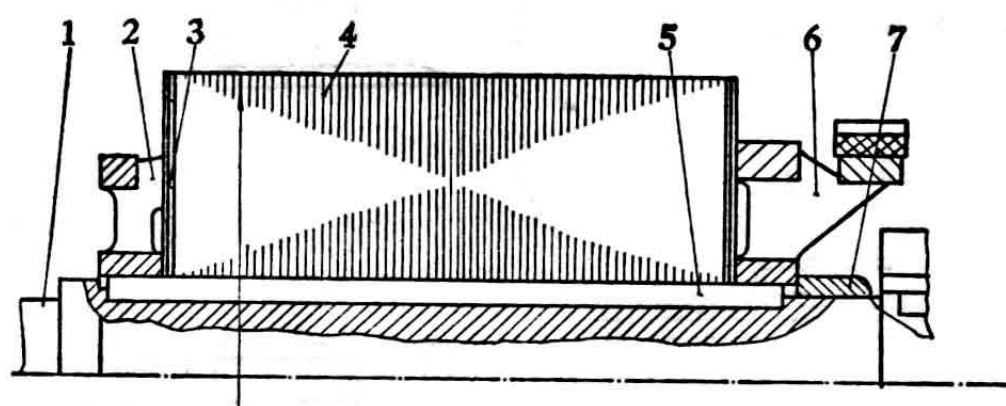


图 10-11 ZMF-200 型发电机的电枢铁芯

1—转轴；2—压圈；3—电枢端板；4—电枢冲片；
5—键；6—压圈；7—套圈。

为了减小由电枢在磁场中回转所感应平行于转轴的涡流，涡流引起损失，此能量转化为热，影响电机的效率并引起过度发热。为了改善冷却条件，电机备有风扇。

2. 电枢绕组

整流式脉冲发电机的电枢绕组与一般直流电机是截然不同的。ZMF-45 型之电枢绕组形式如图 10-2a 所示，将所选用之导线依电枢铁芯槽的次序，按图 10-2 的样式，从第一槽绕到第八槽（图 10-2 中只有 6 个槽，而 ZMF 型电机均有 8 个槽），它是由一条支路串联的形式；在 ZMF-200 型中采用了电枢绕组由四条支路并联的方式，绕组接线方法可见图 10-12 电枢绕组接线图；绕组与铁芯要妥为绝缘（ZMF-45 型为 A 级绝缘，ZMF-200 型为 B 级绝缘），并在槽口上安放以层压板等绝缘材料制成的槽楔使绕组固定在槽内；绕组的端接，即在槽外的部分，要用绑紮带加以紮紧，防止电枢在旋转时发生松动现象。

3. 换向器（见图 10-5 及图 10-6 中的 7）换向器有使在电枢绕组中感应出的交变脉冲电压换向的作用，这是一个复杂而重要的过程，电机工作的可靠性在很大的程度上取决于这一过程。

换向器结构如图 10-13 所示。这里 1 为扇形换向片，它是换向器的基本组成部分，它的形状从纵断面看很像燕尾，从横断面看却像扇形。换向片除相互间以云母片 5 绝缘外，并借助云母套筒 2 及云母环 3 与机身绝缘。换向片加上绝缘物的厚称为一个换向段。换向器的八块扇形片应按照图 10-2a 或图 10-13 所示的方法将它们相互用导线或短路环间隔地连接。绕组元件的两个引出端焊接于换向片或短路环（见图 10-13）上。换向器应当是正圆柱形，若因某种原因变形后，则不能继续使用。

为了使电枢和外电路接通，故在换向器上装有电刷。在整流式脉冲发电机中，为了获得良好的波形及换向，一般是选用宽度较小的电刷。电刷装在具有恒定弹簧压力的刷握中，刷

换向器焊接处这一段引线部分，在电机运行过程中如不采取紧固措施，就很容易甩出来。为此，在压圈的径向位置上开有一定宽度与深度的槽（见图 10-11 中的 6），以便电枢绕组在下线完毕后在此槽上用钢丝箍加以紮紧。

如在材料允许的情况下，电枢冲片以采用高导磁、低损耗的硅钢片为佳，目前还是采用 0.5 毫米厚的硅钢片，每片间相互用绝缘漆绝缘，这是

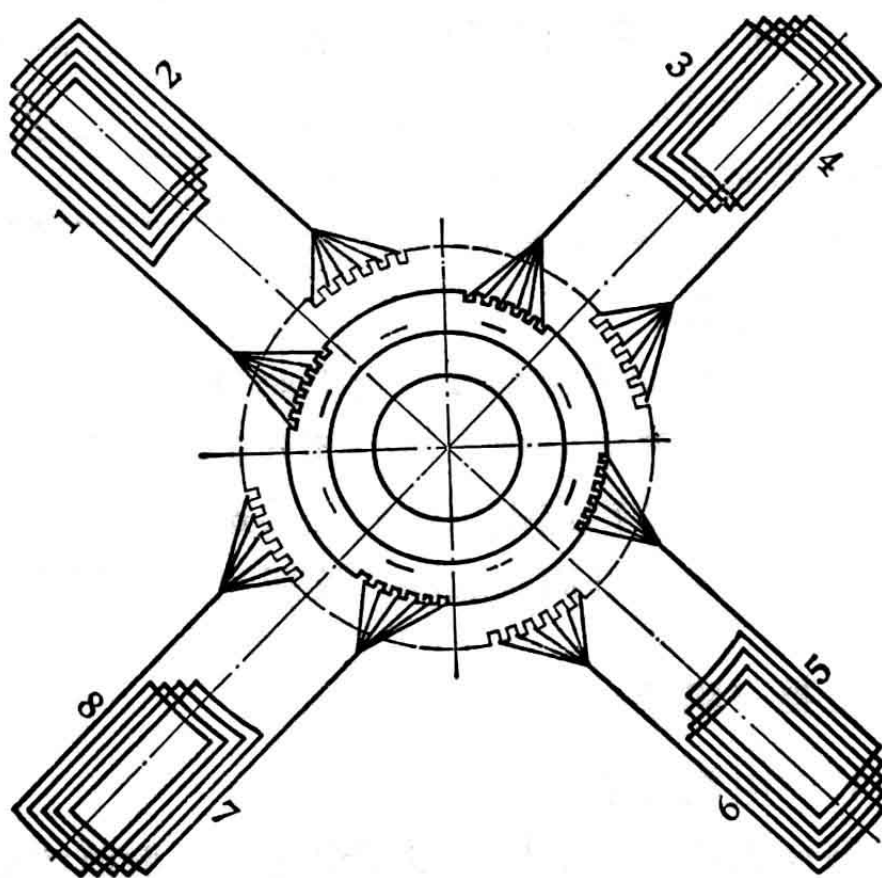


图 10-12 ZMF-200 型发电机电枢绕组接线图

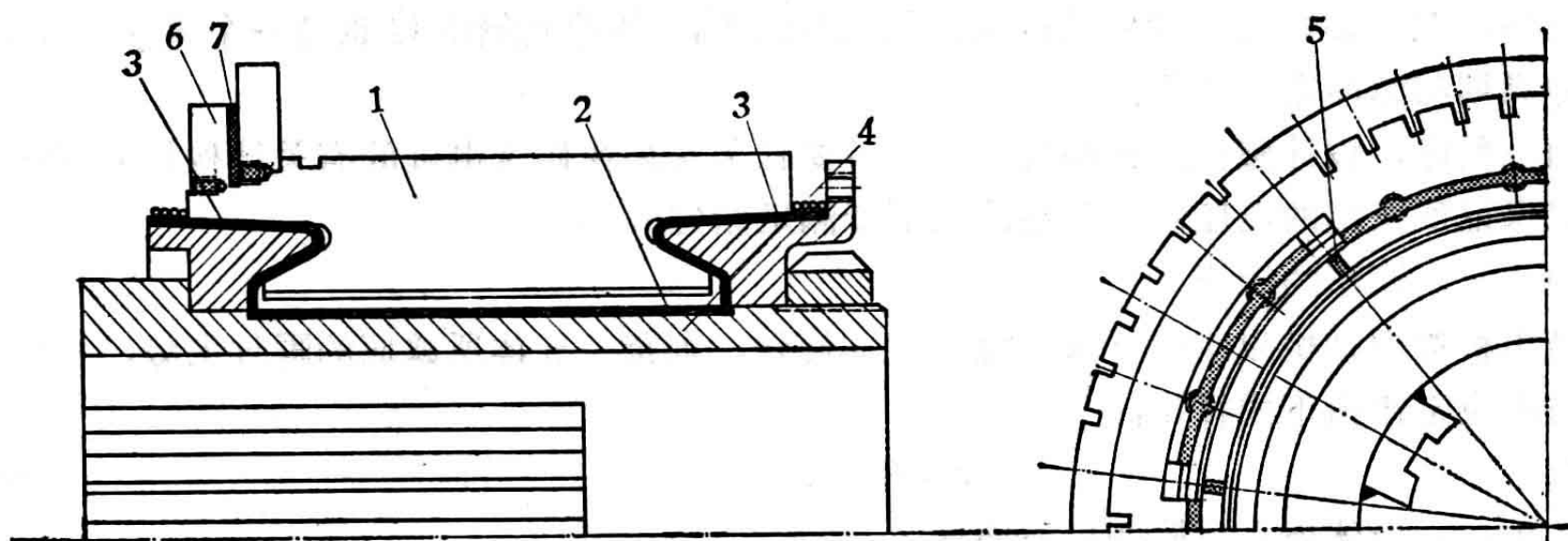


图 10-13 ZMF-200 型的换向器断面图

1—扇形换向片；2—云母套筒；3—云母环；4—换向器套筒；5—云母片；6—短路环；7—绝缘环。

握是固定在刷杆上，每个刷杆上所装有的刷握数决定于电流的大小。在 ZMF 型电机中，对应于每块扇形片有一根刷杆，而各刷杆是沿着圆周均匀分布地装在刷杆座上（各刷杆在装配中相互应妥为绝缘）。同极性的诸刷杆相连后接至出线端。

三、空气隙

国内生产的各型整流式脉冲发电机之气隙宽度可参看表 10-1。空气隙之绝对值虽甚小，然而它对电机性能和工作影响甚大。

目前国内生产的各型整流式脉冲发电机均制成为防护型自扇冷、卧式机座有底脚的结构型式。

第三节 脉冲发电机的设计计算

一、基本参数的确定

基本参数是进行设计的依据。对整流式脉冲发电机而言，除了与一般电机有相同的基本数据，如功率、电压、转速、电流、频率之外，还应提出波形的要求，如电压及电流波形因数、峰值因数和脉冲间隔度以及线路的电抗。

1. 波形

电蚀加工本身对波形是有一定要求的，因为波形对电蚀加工的工艺指标，甚至电蚀加工过程能否实现，都有一定的影响；而从发电机设计计算的角度来看，若没有电流及电压的波形因数，就无法确定功率（见以下谈到的功率计算），因此，波形对脉冲发电机是非常重要的基本参数，在设计之前必须对其提出明确的要求。

至于什么波形适合于电蚀加工，是尚需研究的一个问题，不过，一般认为，电蚀加工的脉冲电压波形以矩形为最佳。

决定波形性质有以下三个主要因数：

(1) 波形因数： $k_s = \frac{A}{A_{av}}$ ，即周期交变量的有效值与平均值之比；

(2) 波顶因数： $k_d = \frac{A_m}{A}$ ，即周期交变量的最大值与有效值之比；

(3) 畸变因数： $k_b = \frac{A_1}{A}$ ，即周期交变量基波的有效值与周期非正弦量有效值之比。

此外, 对于必须有脉冲停歇区电蚀加工的波形, 脉冲间隔度 Q 也是一个重要的参数 (Q 是脉冲周期与脉冲宽度之比)。

由上所述, 设计整流式脉冲发电机的首要任务是如何确定电机的有关结构尺寸和线路参数, 以保证所发出的电压波形及电流波形能满足给定的要求。

1) 电压波形的计算

若电机被原动机以定速 n 按一定的方向旋转, 则每一导体所感应的瞬时电势, 可依法拉第电磁感应定律由下式算出:

$$e = B_x l v, \quad (10-1)$$

式中 B_x ——导体所在位置的磁通密度;

l ——有效导体长度, 即切割磁力线的部分;

v ——导体和磁场的相对速度。

在整流式脉冲发电机中, 电枢绕组是集成的, 全节距的, 定子磁场是对称的, 因此整个电枢绕组感应电势的波形与一根导体中的波形没有什么区别, 同时当转速为恒定和 l 为一定值时, 式(10-1)可改写如下:

$$e = KB_x,$$

式中 K ——常数。

由此可见, 在这种发电机中, 若忽略电枢槽的作用, 则电势的波形完全决定于磁极下磁通密度的分布情况。

如果要得到一个矩形的电压波, 那么磁通密度的分布也应当是矩形的。可是, 要从电机中获得一个绝对按矩形分布的磁通密度分布曲线, 实际上是不可能的, 一般只能得到与矩形比较接近的梯形曲线。为此, 以采用均匀气隙及合理的磁屏装置来得到。

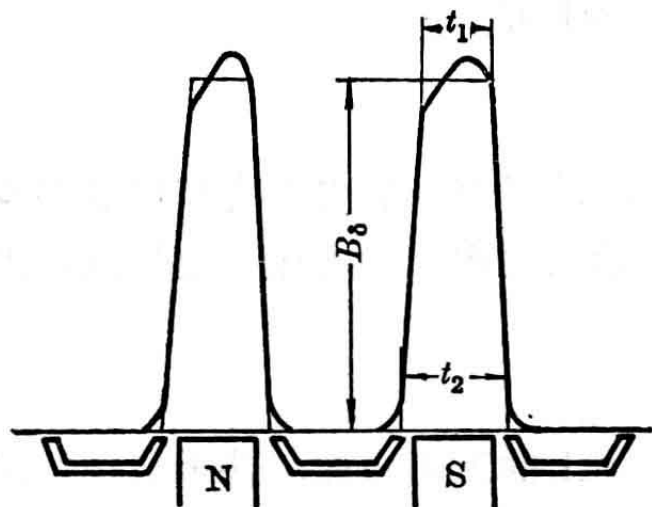


图 10-14 磁极下磁密曲线

求磁通密度的分布曲线, 可采用分析法和图解法进行, 但是, 这些方法比较复杂, 且不易做得精确, 因此, 在 ZMF-200 型设计之前, 采用了实验的方法, 从实际测得的磁通密度分布情况来导出计算的途径。图 10-14 所示之曲线即在有磁屏的情况下测得的结果。

由图 10-14 可见, 磁密的分布曲线是与一个上底为磁极宽度减去四倍的气隙宽度、下底为磁极宽度加上四倍的气隙宽度的梯形很接近, 因此, 对于具有均匀气隙及磁屏装置的整流式脉冲发电机电压波形的计算, 便可以根据脉冲波形中的梯形波来计算, 波形见图 10-15。

计算梯形波的波形因数 k_u 和波顶因数 k_f 等的计算公式如下:

$$k_{xu} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{1+2k_f}}{1+k_f} \sqrt{Q_u}; \quad (10-2)$$

$$k_{du} = \sqrt{\frac{3}{1+2k_f}} \sqrt{Q_u}; \quad (10-3)$$

$$\frac{U_m}{U} = \frac{2}{1+k_f} Q_u; \quad (10-4)$$

$$Q_u = \frac{T}{t_k} = \frac{S_i}{b_j + 4\delta}。 \quad (10-5)$$

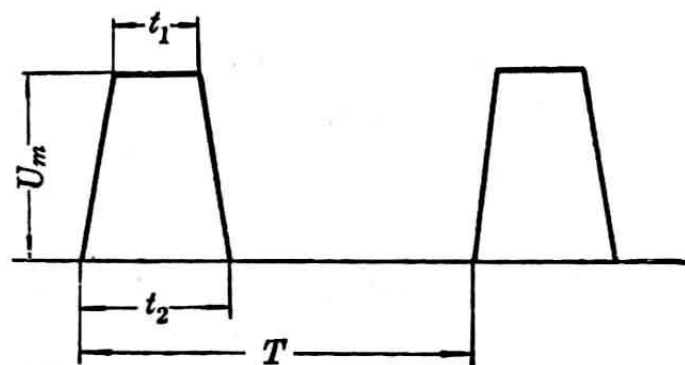


图 10-15 电压的梯形波

式中

$$k_1 = \frac{t_1}{t_2} = \frac{b_j - 4\delta}{b_j + 4\delta}; \quad (10-6)$$

t_1 ——等值梯形波的上底;

t_2 ——等值梯形波的下底;

b_j ——磁极宽度;

δ ——气隙宽度;

S_j ——极距。

通过公式(10-2)~(10-6)建立起波形与电机结构尺寸(磁极宽度及气隙宽度等尺寸)的关系。

2) 电流波形的计算

计算电流的波形因数和波顶因数,也必须根据电流的波形,因而首先必须确定在长脉冲电蚀加工中电流属于何种波形。

整流式脉冲发电机的工作电路可简化如图 10-16 之等效电路。

为了便于计算和说明问题,首先假定:(1)电机内部电阻、电感皆为常数;(2)加工间隙的电压降为常数;(3)电机发出的电压波形为矩形。

在这些假定之下,可以写出电压作用时间内回路的微分方程为:

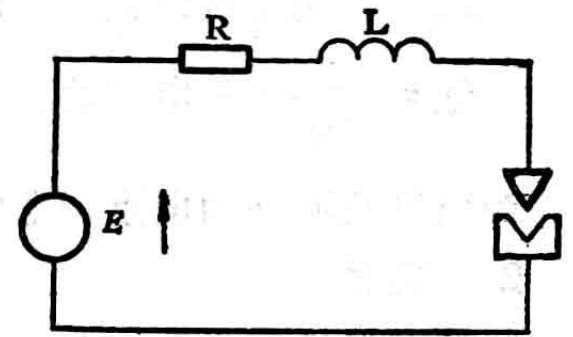


图 10-16 工作电路的等效电路

$$E = L \frac{di_1}{dt} + Ri_1 + U_{gz}。 \quad (10-7)$$

解此微分方程式,得出在电压作用时间内回路电流的表达式:

$$i_1 = \frac{E - U_{gz}}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) , \quad (10-8)$$

式中 i_1 ——在电压脉冲作用时间内电流的瞬时值;

E ——电机感应电势;

U_{gz} ——放电间隙的电压;

R, L ——电机内部及回路的电阻、电感。

同样可写出在电压脉冲停歇时间内,回路的微分方程式:

$$L \frac{di_2}{dt} + Ri_2 + U_{gz} = 0。 \quad (10-9)$$

解此微分方程式,得出在电压脉冲停歇时间内回路电流的表达式:

$$i_2 = \frac{E - U_{gz}}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t_k}) e^{-\frac{R}{L}(t-t_k)} + \frac{U_{gz}}{R} (e^{-\frac{R}{L}(t-t_k)} - 1), \quad (10-10)$$

式中 t_k ——电压脉冲作用时间(即脉冲宽度)。

从式(10-8)及(10-9)可见,电流曲线是一指数函数曲线,根据这一函数关系就可以导出波形的各个系数,然而这一推导过程比较麻烦,并且由于事先是在一些假定的情况下来讨论的,再加上实际加工时遇到的问题是很错综复杂的,故即使按以上关系推导出波形的各个系