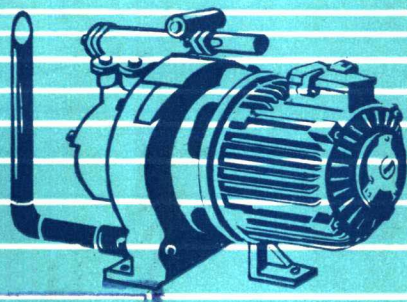


蒸汽机车JF-3型发电机

天津机车车辆机械工厂 编
北安、武昌机务段



人民铁道出版社

内 容 简 介

本书叙述了蒸汽机车用JF-3型发电机及电压调整器的构造和作用原理,及其使用、保养、故障处理和检修方法,以及电工基础知识,可供蒸汽机车乘务员及电机钳工学习与参考。

蒸汽机车JF-3型发电机

天津机车车辆机械工厂编

北安、武昌机务段

人民铁道出版社出版

责任编辑 苏国镇

封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 2.75 字数: 60 千

1979年2月第1版 1979年2月第1次印刷

印数0001—10,000册

统一书号: 15043·5116 定价: 0.24 元

前 言

蒸汽机车 JF-3 型爪极发电机是一项革新产品，经过几年的装车使用，实践证明，JF-3 型爪极发电机和 JWF-1Z、JWF-2 型发电机相比，具有结构简单、体积小、重量轻、功率大、节约有色金属、修用方便等优点，深受广大机车乘务员和检修工人的欢迎。哈尔滨铁路局北安机务段、武汉铁路局武昌机务段在使用和检修方面积累了宝贵的经验，为推广使用 JF-3 型爪极发电机创造了良好条件。

为了便于广大蒸汽机车乘务员和电机检修人员学习和推广使用 JF-3 型爪极发电机，铁道部机务局、工业总局、物资管理局组织了天津机车车辆机械工厂、北安机务段、武昌机务段编写了这本 JF-3 型爪极发电机的学习资料。由于装车使用的时间较短，对使用和检修的经验还要不断地总结和积累，限于时间未能更多地征求各单位的意见，有不当之处，欢迎批评指正。

本书由天津机车车辆机械工厂孙富良、宋迪生、任际林同志执笔，由宋迪生同志总校。

铁 道 部 机 务 局

铁 道 部 工 业 总 局

铁 道 部 物 资 管 理 局

一九七八年六月

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 电路和欧姆定律	1
第二节 磁与电磁	3
第三节 单相交流电	6
第四节 电路元件	9
第五节 单相整流电路	23
第六节 交流电的电角度和相位差	27
第二章 JF-3 型发电机的结构和工作原理	30
第一节 汽轮机的结构	30
第二节 汽轮机的工作原理	34
第三节 发电机的结构	36
第四节 发电机的工作原理	39
第三章 JF-3 型电压调整器的结构和工作原理	47
第一节 电压调整器的结构	47
第二节 电压调整器的工作原理	50
第三节 发电机和电压调整器的配套试验	60
第四节 电压调整器典型故障检查分析法	62
第四章 JF-3 型发电机的使用维护和检修	65
第一节 发电机的使用和保养	65
第二节 发电机的检修	67
第三节 发电机和电压调整器的性能 试验	77
第四节 发电机的故障处理	78
附 录	

附录一	JF-3 型发电机主要零、部件一 览表.....	81
附录二	JF-3 型发电机电压调整器电器元件一 览表.....	81
附录三	JZF 型发电机的使用改装方法.....	82

第一章 电工基础知识

第一节 电路和欧姆定律

在图1—1中，左边是交流电源的符号， K 表示开关，右边是一个灯泡。在图甲中，交流电源虽然有电，但因开关未接通，所以灯泡不亮；在图乙中，由于开关 K 接通了，在灯泡中流过电流，所以灯泡亮了。这种由电源、开关和用电器相连接的线路，我们称为电路。

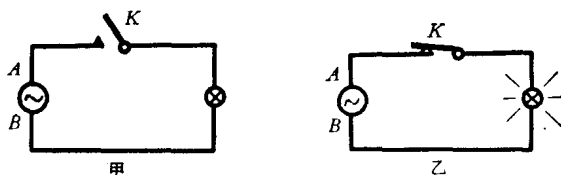


图 1—1 电路

为什么电路接通以后，电路内就有电流呢？这是因为电源两端有电位差存在。这就好像河流的水位高低不同，水就从水位高的地方向水位低的地方流。电流和水流的道理一样，因为电源的两端电位高低不同，所以电流就从高电位向低电位流。对直流电源来说，正极电位始终高于负极电位，所以电流是由正极流向负极；对交流电源来说，电源两端的电位是不断互相变化的，一会儿 A 高于 B ，一会儿 B 高于 A ，所以在交流电路中，电流是不断变换着方向的。JF-3型发电机就是一个交流电源。当电流流过灯泡时，由于灯丝的材料对电流的通过具有一定的阻力，我们称为“电阻”，使灯丝发热

而放光。

从上述可知，在一个电路中，首先必须有一个能维持电位差（又叫电压）的电源，如电池、发电机等；其次必须连接有用电器，如灯泡、电动机等；当用电器与电源连接后，构成通路，电路中就有电流流过。那么电压、电流和电阻这三者之间存在着什么关系呢？科学家欧姆从实验证明：当电路两端电压不变时，电路中电流的大小随电阻值的大小而改变（电阻大时，电流小；电阻小时，电流大）。若电路中电阻值不变时，电流随电压的变动而变动（电压大，电流也大；电压小，电流也小）。我们把这种具有一定规律的关系，叫做欧姆定律。用文字表达如下：电路内电流的大小，与电路两端（或用电器两端）的电压成正比；与电路的（或用电器的）电阻成反比，用公式表示为：

$$\text{电流} = \frac{\text{电压}}{\text{电阻}}。$$

用对应的符号表示为：

$$I = \frac{U}{R}。 \quad (1-1)$$

也可写成：电压 = 电流 × 电阻；或 $U = I R$ 。

$$\text{电阻} = \frac{\text{电压}}{\text{电流}}； \quad \text{或 } R = \frac{U}{I}。$$

电流的计量单位是“安培”（简称“安”）。电压的计量单位是“伏特”（简称“伏”）。电阻的计量单位是“欧姆”（简称“欧”）。根据欧姆定律，知道电路中的两个量，可以求出第三个量。

[例]一个62.5欧电阻的灯泡，接在50伏的电源两端，试求经过灯泡的电流。

解：已知： $U = 50$ 伏， $R = 62.5$ 欧。

$$\text{求解: } I = \frac{U}{R} = \frac{50}{62.5} = 0.8 \text{ 安。}$$

在图1—1甲中，开关 K 未接通，我们说电路处于“断路”状态。在图1—1乙中，开关 K 已经接通，我们说电路处于“通路”状态。JF-3型发电机电压调整器面板上的开关，就是为使“电压校正器”处于“通路”或“断路”状态而设。如果两根导线不经过灯泡而直接接在一起，电路中 will 形成很大的电流，我们说电路处于“短路”状态。在正常的电路里，是不允许发生短路的，它将造成电机的烧损。为了避免因短路而造成的不良后果，在电路上安装保险丝，当电路上因超载或短路产生很大电流时，保险丝被熔化，使电路断开，从而对电源和线路起到保护作用。

第二节 磁 与 电 磁

一、磁

一般人们把能吸引钢铁的磁铁矿石，叫做吸铁石。现在工业上多采用人造磁铁。由于用途的不同，磁铁被制成条形或马蹄形。磁铁吸力最大的两端叫磁极。一端叫南极，用 S 表示；一端叫北极，用 N 表示（见图1—2）。

磁极吸力所能达到的范围叫磁场。磁场有强有弱，但磁场是看不见的，为了形象地表示它，我们用磁力线的疏密来表示磁场的强弱。磁力线具有下述特性：

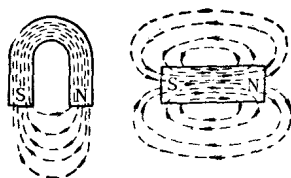


图 1—2 磁铁

1. 磁铁外部的磁力线，从北极出发回到南极，而磁铁内部的磁力线，从南极回到北极，构成闭合回路。

2. 磁力线永远不交叉，有侧向排挤的倾向。两个同极性的磁极互相靠近时，它们互相排斥。

3. 磁力线具有力图缩短自己的长度的倾向。两个不同极性的磁极互相靠近时，它们互相吸引。

一块磁铁的横截面上通过的磁力线总数，叫做“磁通”，单位是“马”。而单位面积上通过磁力线的多少，叫做“磁通密度”，单位是“高斯”。磁通密度越大，磁场就越强。

二、电流的磁场

在一张撒满铁屑的纸上，穿过一根金属导线（见图1—3），当导线中未通过电流时，铁屑在纸上的分布是杂乱而无规则的。当导线上通有电流时，铁屑将在导线周围排成很多同心圆。靠近导线处的铁屑较密，说明磁场较强；远离导线处的铁屑较稀，说明磁场较弱。同时也可以用电针来鉴别磁场的方向。当导线中电流方向改变时，磁场方向也将改变。

电流方向和磁场方向之间存在的这种相互关系，可以用右手定则来判断，见图1—4。

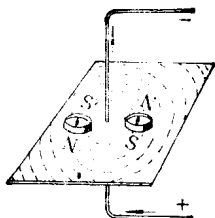


图 1—3 通电导体
周围的磁场

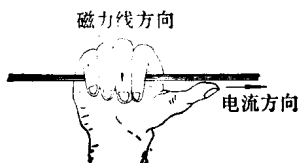


图 1—4 右手定则
(直导线的磁场判断)

用右手握着直导线，则姆指指示的是电流流动的方向，弯曲的其余四指指示磁力线的方向。

当把通电导线绕成螺管线圈时，线圈所产生的磁场磁力

线的方向，同样可用右手定则来判断，见图1—5。用右手握住线圈，则四指指示线圈中电流的方向，姆指所指方向，就是线圈内部磁场磁力线的方向。此时，这个通电线圈就好像一块条形磁铁，姆指指的方向是北极，另一端则为南极。掌握了这一定则，对了解发电机的磁场和磁路很有用处。

三、磁场中的通电导线

当在磁场中放置一根通有电流的导线时，由于导线周围产生的磁场和磁极磁场的相互作用，导线将受到一个与磁场磁力线相垂直的电磁力，使导线发生移动。通电导线在磁场中受力的方向，可用左手定则来确定（图1—6）。

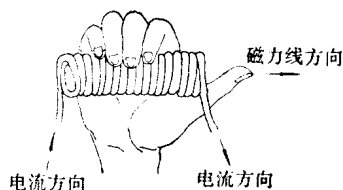


图1—5 右手定则
(螺线管的磁场判断)

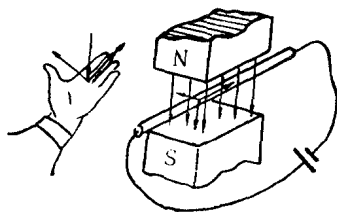


图1—6 磁场对导线的作用力

伸出左手掌，掌心对正北极（N极），姆指和其余四指成垂直位置，则四指指向为导线中电流方向，姆指指示方向即为导线受力后运动的方向。电动机的旋转方向和直流电表指针的偏转方向，都是根据这一定则来判断的。它说明了电能可以转换为机械能。

四、导线切割磁力线产生感应电动势

上面讲了磁场中的通电导线，将受到电磁力而运动。如果我们加一个外力，使导线与磁场作相对运动，即导线切割

磁力线，则在导线两端就会产生感应电动势（图1—7）。

如果在导线两端与一个电阻 R 接成通路，这个感应电动势使导线两端产生电位差，那么，在电阻 R 内就有电流流过，电流的流动方向和感应电动势的方向相同。感应电动势的方向，可用右手定则来确定（参看图1—7）。

伸出右手掌，掌心对正北极，姆指和其余四指成垂直位置，则姆指指示导线切割磁力线的运动方向，其余四指指示导线上感应电动势的方向。这表明机械能可以转换成电能，发电机就是根据这个原理制成的。

在JF-3型发电机中，感应电动势的产生也是根据这个原理，不过在这种电机内，导线静止不动，磁极却是移动的，根据前面讲过的导线与磁极相对运动的道理，仍然可以用右手定则来判断感应电动势的方向（见图1—8）。

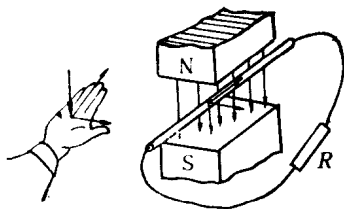


图1—7 导线中的感应电动势

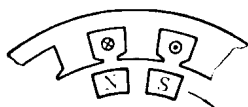


图1—8 JF-3型发电机
产生感应电动势示意图

在定子槽中放上一个线圈边，当 N 极和 S 极顺时针方向旋转时，相当于磁极不动，槽中导线反时针向左移动，按照右手定则即可判断出与 N 极相对的导线，电流穿入纸内；与 S 极相对的导线，电流穿出纸外。

第三节 单相交流电

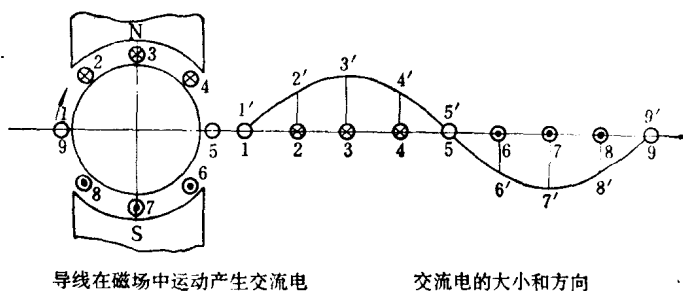
在蒸汽机车上，多年来一直使用直流发电机照明。直流电的特点是它的大小和方向不随时间发生变化。JF-3型机

车发电机是单相交流发电机，因此，我们必须对单相交流电有所了解。交流电与直流电的区别，在于它的大小和方向，不断地随时间发生变化。通常把这样变化的电流、电压、电动势，分别叫做交变电流、交变电压、交变电动势，统称为交流电。

在电路上只有一个交变电动势或一个交变电流存在，就叫单相交流电路；如果在电路上同时存在着三个交变电动势或三个交变电流，就叫三相交流电路。JF-3型发电机是单相交流发电机，下面仅就单相交流电的产生及其变化规律加以研究。

一、交变电动势的产生

交变电动势通常可用交流发电机来产生。图1—9是一个交流发电机的工作示意图。



导线在磁场中运动产生交流电

交流电的大小和方向

图 1—9 交变电动势的产生

在由一对弧形磁极所形成的磁场中，放着一个单匝线圈，假定其始边在 1 的位置，末边在 5 的位置，如果让它以圆心为轴，按箭头方向旋转，那么，始边由 1 到 5 转了半周，再转到 9 完成一周。根据右手定则判断，在线圈由 1 转到 5 时，其始边为电流进入方向，末边为电流穿出方向。当

始边由 5 转到 9（或回到 1）时，始边却为电流穿出方向，而末边却为电流进入方向。右图是一个展开的时间轴，对应于各点位置，用各点上垂直线的长短代表电动势的大小和方向，横轴以上为正方向，横轴以下为反方向。连接成平滑曲线，就是交变电动势的波形。因为这个曲线符合于数学上的正弦函数变化，故称此波形为正弦波。

二、交流电的频率和周期

从图1—9可以看出，交流电是周期性变化的，由 1 经过 5 再到 9，完成一周正负变化。循环变化一周所需的时间称为周期，用 T 表示，单位是秒。交流电在一秒钟内循环变化的周数称为频率，用 f 表示，单位是赫芝，简称赫。频率与周期的关系是互为倒数，即

$$f = \frac{1}{T}。 \quad (1-2)$$

JF-3 型发电机的额定频率为 450 赫，也就是说，它产生的交变电动势，每秒钟发生 450 次循环变化。它的周期，即循环变化一周所需的时间为：

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{450} \approx 0.0022 \text{ 秒}。$$

三、交流电的有效值

正弦交流电的大小和方向时刻在变，这就给电路的计算和测量带来了困难。在图1—9中，3' 是正方向最大值，7' 是负方向最大值。我们设法让交变电流和直流电流分别流过阻值均为 R 的负载。如果在相同的时间内，这两种电流在负载 R 上所产生的热量相等，我们就把直流电流的数值称为交变电流的有效值，用它来表示交变电流的大小。换句话说，交变

电流的有效值和交变电流在电路中的热效应方面是等效的。

数学计算表明，交变电流的有效值和交变电流的最大值之间存在着下列关系：

$$\text{有效值} = 0.707 \times \text{最大值} \quad (1-3)$$

上述公式对交变电压和交变电动势同样适用。电机铭牌上的额定电压和额定电流都是指的有效值。在试验时用交流电压表和交流电流表测量的数值，也都是有效值。例如JF-3型发电机的额定电压为50伏，这是指的有效值。它的最大值则为 $50 \div 0.707 = 70.7$ 伏。

第四节 电 路 元 件

在JF-3型发电机电压调整器中，安装了一些电阻、电容器、变压器、半导体元件等。本节将对这些元件的用途和工作原理作简要介绍，以便对电压调整器的线路分析有所帮助。

一、电 阻

在第一节中我们已经知道电阻对电流的通过具有一定的阻力。根据电子工业的需要，用炭膜、金属膜、电阻线分别制成不同固定阻值的电阻，也可制成可以调整电阻值的可变电阻。电压调整器面板上安装的电位器就是一种可以旋转调整阻值的可变电阻。图1—10表示固定电阻、可变电阻和电位器的符号。

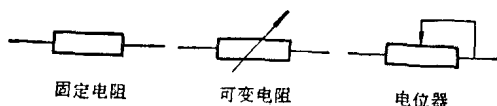


图 1—10 电阻符号

电阻的性能指标一个是用阻值来表示，阻值的单位是

“欧姆”，简称“欧”，代号是“ Ω ”，如 10Ω 、 150Ω ……等。对阻值较大的单位，可用千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）来表示，其换算关系如下：

$$1k\Omega = 1000\Omega;$$

$$1M\Omega = 1,000k\Omega = 1,000,000\Omega.$$

作为电阻的另一个性能指标，是它能够承受的功率。功率就是电阻两端的电压和通过电阻的电流的乘积，单位是“瓦”，用符号“W”表示。一般金属膜及炭膜电阻，可做成 $\frac{1}{8}W$ 、 $\frac{1}{4}W$ 、 $\frac{1}{2}W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 等功率。线绕电阻的功率可达到 $4W$ 以上。在检修工作中，当遇到阻值相符、功率不符时，只能以功率大的代替功率小的，而不能以小代大。

电阻在电路中的作用是限流、分压和分流。

限流就是指在一定的电路中，串接适当阻值的电阻，使电流限制在符合要求的范围内。根据欧姆定律，当电压一定时，改变电阻将使电流相应地增大或减小。

分压就是将输入电压分成两部分或更多的部分，用固定电阻串接起来可得到固定分压，如果用可调整的电位器，就可得到任意改变比例的分压，图1—11是电位器分压原理图。

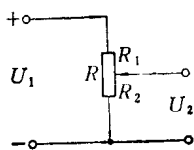


图1—11 电位器分压原理图

图中电位器的电阻值为 R ，它的两端接在直流电压 U_1 上，中间箭头表示可调旋转臂，此臂的接触点在电阻上滑动，可把电阻 R 分成 R_1 和 R_2 两部分，两部分的比值随臂的滑动位置而改变，从滑触点引出的一条线和负线之间将有一个电压 U_2 ，移动触点的位置，可使 U_2 在 $0 \sim U_1$ 之间变化，这就是电位器的分压作用。分压的数值可用下式计算：

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1. \quad (1-4)$$

分流就是利用电阻的并联，来分配各部分电流的大小。

图 1—12 是电阻分流原理图。

当直流电压 U 加在电阻 R_1 两端时，在 R_1 中将有电流 I_1 通过。因为此时开关 K 未接通，所以 $I_1 = I$ 。如果 U 增高了，根据欧姆定律， I 将要增大。倘若希望在 R_1 中流过的电流仍然保持为 I_1 ，怎么办呢？我们把开关 K 合上，如果 R_2 的电阻值选择得合适，多于 I_1 的电流 I_2 就会从 R_2 中流过，这就是分流作用。分流的数值可以用下式计算：

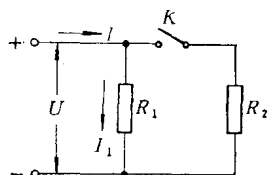


图 1—12 电阻的分流

$$I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1. \quad (1-5)$$

如果 I_1 和 R_1 是已知的，又知道需要分流的数值 I_2 ，那么，可以用下式来计算并联电阻 R_2 ：

$$R_2 = \frac{I_1}{I_2} R_1. \quad (1-6)$$

二、电 容

将两片金属叠在一起，中间用绝缘材料隔开，就组成一只电容器。根据其电容量是否可以改变，分为固定电容器和可变电容器。从用途和构造上来分，有陶瓷电容、云母电容、纸介电容和用铝壳封装的电解电容等等。图 1—13 是电

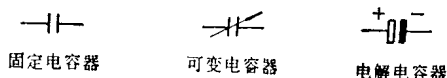


图 1—13 电容器的符号

容器的符号，电容的符号用“C”表示。

作为电容器的性能指标，一个是电容量的大小，单位是“法拉”，简称“法”（代号是F）。在实际使用上“法”的单位太大，常采用“微法”或“微微法”。

$$1 \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 10^{-6} \text{ 法 } (\text{F})$$

$$1 \text{ 微微法 } (\text{pF}) = 10^{-6} \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 10^{-12} \text{ 法 } (\text{F})$$

作为电容器的另一个性能指标，是它能够承受多高的电压（称为耐压值）。通常标在电容器上的工作电压，是指直流工作电压，用在交流电路中，要考虑交流电的最大值和其他因素，工作电压要降低使用。电解电容器上标有正负极性，在直流电路中应用时，极性不可接错，更不能接在交流电路上。

电容器接在电路中，有改善电压波动的效能。它能隔断直流电，却能使交流电通过。在交流电路中，它能起到限流作用。

电容器有改善电压波动的效能，这是由它的充、放电特性决定的。图 1—14 是电容充放电电路。

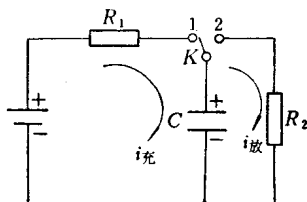


图 1—14 电容充放电电路

当K与1接通时，电源电压通过电阻 R_1 向电容充电，

电路中就有了一个充电电流 $i_{\text{充}}$ 流过， $i_{\text{充}}$ 在开关合上瞬间数值最大，使电容器两端电压逐渐升高，或者说它与电源电压的电位差逐渐减小， $i_{\text{充}}$ 便逐渐减小，到电容两端电压与电源电压相等时， $i_{\text{充}} = 0$ ，充电过程结束，此时在电容器内储存了一定的电能。充电电流 $i_{\text{充}}$ 和电容器两端电压 u_c 的变化规律如图 1—15 中的曲线所示。从上述可以看出，所谓电容有隔直流作用，是指充电过程结束，电流为零，电路处于稳定状态而言。