

# 《電世界》信箱选集

(第三分册)



## 内 容 提 要

本书是从《电世界》月刊五十年代以来“读者信箱”专栏所刊载过的1,000多则问题和解答汇选、分类重新修订而成。本分册是电力分册,内容包括:发电机、电力系统、防雷、避雷器、接地与接零以及安全用电的有关基本原理与结构、运行、故障、维修、测试等具有代表性的实际技术问题。一问一题,解答开门见山,深入浅出,简明扼要。

本书可供工厂企业从事电工的技工、技术人员和大专专科学校师生参考。

封面设计 董黎明

### 《电世界》信箱选集

(第三分册)

上海市电机工程学会《电世界》编辑委员会编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷十二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.625 字数 119,000

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

印数: 1-41,000

统一书号: 15119·2342 定价: 0.56元

## 前 言

上海市电机工程学会编辑委员会汇编出版的《电动机文辑》、《变压器文辑》、《读者信箱》、《电工问答》等《电世界》丛书曾深受广大读者所欢迎。自从六十年代初期以后，丛书随着《电世界》暂时停办而中断出版。

《电世界》复刊以来，在广大读者热切要求下，经编辑委员会决定，拟于近年陆续恢复丛书的编选出版工作。蒙上海科学技术出版社大力支持，《读者信箱》拟先予出版。

本信箱选集由编辑委员会委请殷元章同志担任主编，王群祐、柯士锵同志担任副主编，经酝酿分三个分册出版。本分册为电力分册，由戚国彬、李文恩、华贻枢同志负责编辑，朱建德、冯维泰、顾荣保、薛维江同志担任责任编辑。

本分册的各有关专业内容得到广大专家的支持，并经常为本分册内容解答、审稿，在此谨向崔伦元、王一宇、屠三益、陈叔涛、吕培申、王显庭、冯宝忆、许萃群、顾慈祥等同志表示感谢。

上海市电机工程学会《电世界》编辑委员会

1983年8月1日

# 目 录

## 第一章 发电机

1-1 同步发电机的结构和选配	1
1.1.1 线圈长度的计算	1
1.1.2 发电机出线端的鉴别和连接	1
1.1.3 转子阻尼装置	2
1.1.4 水轮发电机的型号和计算	3
1.1.5 水轮发电机与水轮机的配套	5
1.1.6 交流发电机和直流发电机合一的小型发电机	7
1-2 励磁系统	8
1.2.1 励磁机容量的计算和配置	8
1.2.2 磁场变阻器的计算	9
1.2.3 变阻器的连接和使用	10
1.2.4 励磁机电流和电压失常	11
1.2.5 励磁机的电刷温度过高	12
1.2.6 直流励磁改为三次谐波励磁	13
1-3 同步发电机的单机运行	14
1.3.1 带动异步电动机或照明	14
1.3.2 柴油发电机电压不稳定	15
1.3.3 发电机电压随负荷剧增	17
1.3.4 发电机的发热和温升测量	18
1.3.5 发电机转速的变化	20
1.3.6 发电机三相不平衡运行	21
1.3.7 发电机中性线	21

1.3.8	发电机轴电压 .....	23
1.3.9	发电机继电保护的整定 .....	23
1-4	同步发电机的并列运行 .....	25
1.4.1	并列运行的条件和方法 .....	25
1.4.2	自动同步并列的方法 .....	30
1.4.3	并列运行中中性线有电和发热 .....	30
1.4.4	并列运行中的功率因数 .....	33
1.4.5	并列运行时的其它问题 .....	34
1.4.6	并列运行时的故障保护 .....	37
1-5	同步发电机的特殊运行 .....	37
1.5.1	改为同步电动机运行 .....	37
1.5.2	60 赫改成 50 赫运行 .....	40
1.5.3	改为直流发电机运行 .....	42
1-6	同步发电机故障和维修 .....	42
1.6.1	电压达不到额定值 .....	42
1.6.2	突然发不出电 .....	44
1.6.3	剩磁与充磁 .....	45
1.6.4	发热和维护 .....	46
1.6.5	绕组油污危害与去除 .....	47
1.6.6	绕组和引出线故障 .....	48
1.6.7	换向器与集电环磨损、发热 .....	49
1.6.8	耐压试验 .....	50
1.6.9	振动、窜轴和断轴 .....	51
1-7	直流发电机 .....	53
1.7.1	电压正负极的判断 .....	53
1.7.2	电压与转速的关系 .....	53
1.7.3	电压与剩磁的关系 .....	54
1.7.4	换向器火花和刷架位置 .....	55
1.7.5	换向器发白 .....	56

1.7.6	电刷辫子线	57
1.7.7	并列运行的接法	57
1.7.8	充电用直流发电机	58
1-8	其它发电机	59
1.8.1	异步发电机发电原理	59
1.8.2	异步发电机的运行	60
1.8.3	异步电动机作发电机运行	61
1.8.4	同步电动机作同步调相机运行	64
1.8.5	感应子式中频发电机	65

## 第二章 电力系统

2-1	电力输送概述	67
2.1.1	高压和低压的定义	67
2.1.2	电网中三相的相色	68
2.1.3	无穷汇流排	68
2.1.4	导线截面的选择	69
2.1.5	三相两线一地制	71
2.1.6	用于照明的一线一地制	73
2.1.7	直流和交流用同一根线送电	74
2.1.8	高压输电线对通信线的影响	75
2.1.9	高压架空线路的跨越杆	76
2-2	电力系统运行	77
2.2.1	两台变压器并列运行的条件	77
2.2.2	变压器运行的电耗计算	77
2.2.3	空负荷合闸的冲击电流	78
2.2.4	变压器运行中的绝缘电阻	80
2.2.5	断路器的分、合闸	80
2.2.6	熔断器操作和熔丝选择	81
2.2.7	中性线带控制设备	83

2.2.8	配线方案的选择和接线	85
2-3	无功补偿和电压调整	86
2.3.1	有功功率计算和提高功率因数	86
2.3.2	电容器的容量计算	88
2.3.3	电容器补偿方式	91
2.3.4	电容器的连接	92
2.3.5	补偿电容器的投切	95
2.3.6	户内外电容器的区别	96
2.3.7	线路电压降落	97
2-4	运行故障	98
2.4.1	三相输电线断一相对设备的影响	98
2.4.2	两线一地制高压断一相后低压侧电压畸变	101
2.4.3	电容器运行故障	102
2.4.4	总路熔丝比分路熔丝先断	104
2.4.5	电力系统的谐振现象	104
2.4.6	户外悬式瓷瓶的声响	105
2-5	计测和检修	106
2.5.1	输电线路对地绝缘电阻的计算	106
2.5.2	空气隙的击穿电压	107
2.5.3	差动继电器的调试	107
2.5.4	线路人员的保安措施	108
2.5.5	停电检修时铁杆仍带电	109
2.5.6	电力电容器的检修	110
2.5.7	电杆的架设	110
2.5.8	架空导线的连接和寿命	111
2.5.9	绝缘子的胶合	113

### 第三章 防雷

3-1	雷电现象	115
-----	------	-----

3.1.1	雷电日与雷击次数 .....	115
3.1.2	雷电的电压和电流值 .....	115
3.1.3	雷云对地面间的放电现象 .....	116
3.1.4	雷云对输电线的感应过电压 .....	116
<b>3-2</b>	<b>发电、变电设备的防雷 .....</b>	<b>117</b>
3.2.1	小型发电机的防雷保护 .....	117
3.2.2	防雷变压器的使用 .....	118
3.2.3	自耦变压器不能代替防雷变压器 .....	119
3.2.4	变压器及配电装置的防雷保护 .....	120
3.2.5	电压互感器的防雷保护 .....	120
3.2.6	架空线路的防雷保护 .....	121
3.2.7	高山附近发、变电设备的防雷措施 .....	122
<b>3-3</b>	<b>用电设备及建筑物防雷 .....</b>	<b>123</b>
3.3.1	龙门式行车的防雷保护 .....	123
3.3.2	电度表的防雷措施 .....	124
3.3.3	锅炉房的防雷保护 .....	125

## **第四章 避雷器和避雷装置**

<b>4-1</b>	<b>避雷器的原理与结构 .....</b>	<b>126</b>
4.1.1	构造和用途 .....	126
4.1.2	放电电压 .....	127
4.1.3	压敏电阻的性能和参数 .....	129
<b>4-2</b>	<b>避雷器的安装与运行 .....</b>	<b>129</b>
4.2.1	避雷器的安装 .....	129
4.2.2	避雷器的接地装置 .....	130
4.2.3	架空线路上避雷器的安装距离 .....	132
4.2.4	与避雷器并联的电容器的作用 .....	132
4.2.5	避雷器代用 .....	132
<b>4-3</b>	<b>避雷器的试验与维修 .....</b>	<b>134</b>

4.3.1	工频放电电压试验	134
4.3.2	低压避雷器的试验标准	136
4.3.3	FZ 型阀型避雷器的试验	136
4.3.4	绝缘电阻的测量	137
4.3.5	检查试验	137
4.3.6	避雷器的检修	138
4-4	避雷针与避雷线	138
4.4.1	装置避雷针的条件	138
4.4.2	避雷针的加高	139
4.4.3	铁烟囱的避雷针保护	140
4.4.4	架空中性线代替避雷线	140
4.4.5	架空接地线代替避雷器	141
4.4.6	避雷针与架空线的接地装置	142
4.4.7	人体与避雷针的安全距离	142

## 第五章 接地与接零

5-1	接地装置和接地电阻的测算	143
5.1.1	接地装置的材料	143
5.1.2	接地线与接地装置的连接	145
5.1.3	接地电阻的计算	145
5.1.4	接地电阻的测量	146
5.1.5	三点测量接地电阻的计算	147
5.1.6	减少土壤电阻率的方法	147
5-2	电气设备的接地与接零	148
5.2.1	保护接地与接零的区别	148
5.2.2	零线的接地	150
5.2.3	接地线和零线的选用	150
5.2.4	零线的截面	151
5.2.5	发电机中性线的接地	152

5.2.6	配电变压器中性线的接地	153
5.2.7	变压器外壳接地与避雷针接地的连接	154
5.2.8	避雷器接地与变压器接地的连接	154
5.2.9	电动机的接地	155
<b>5-3</b>	<b>保护接地和接零运行中的问题</b>	<b>157</b>
5.3.1	保护接地后仍发生触电事故	157
5.3.2	零线上的电压降	158
5.3.3	接接地极的零线断后照明灯不亮	158
5.3.4	阴雨天常出现“接地”信号	159
5.3.5	“虚幻接地”现象	160

## 第六章 安全用电

<b>6-1</b>	<b>静电现象</b>	<b>163</b>
6.1.1	皮带上的静电	163
6.1.2	控制湿度消除静电	165
6.1.3	油罐汽车拖铁链的作用	165
<b>6-2</b>	<b>触电问题和高压电对人畜的影响</b>	<b>166</b>
6.2.1	使人触电致死的电流值	166
6.2.2	高频和工频电流对人体的影响	166
6.2.3	高压线路对人畜的影响	167

# 第一章 发电机

## 1-1 同步发电机的结构和选配

### 1.1.1 线圈长度的计算

【问】六角形线圈的总长度如何计算？

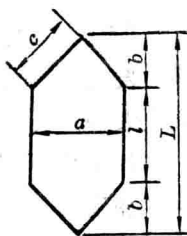
【答】六角形低压线圈总长度(见图)的算法如下：

$$b = \sqrt{c^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{3}a\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$
$$= \frac{\sqrt{7}}{6} a$$

$l = \text{槽长} + (30 \sim 50) \text{毫米}$  (发电机应取大数)

$$L = l + 2b$$

式中： $c = \frac{2}{3} a$  ( $a$  为线圈宽度)



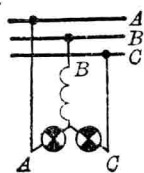
### 1.1.2 发电机出线端的鉴别和连接

【问】一台新发电机的出线端没有标号时，怎样分别出 A、B、C 三相？

【答】如果这发电机是单独运行，则出线端上 A、B、C 三个端子可以任意标号。

如果这台发电机要与电网并列，则可用相序仪来测定。简单的相序仪由两只电灯泡和一只电抗器所组成，如附图所示。

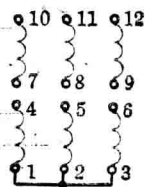
两只灯泡的瓦数要一样大小，电抗器愈大愈好。



先将相序仪接至正在运行中的电网上，这两只灯泡一定不一样亮，暗灯泡所接的一相比较超前，亮灯泡所接的一相比较滞后。所以确定电源的相序是：亮灯为  $A$ ，电抗器为  $B$ ，暗灯为  $C$ 。然后，将这相序仪接到已在发电的新发电机上去，则可鉴定出亮灯为  $A$  相，电抗器为  $B$  相，暗灯为  $C$  相。

**【问】** 一台 250 千伏安、6000/3000 伏发电机有九个出线头，请附图说明这九个出线头如何接成 6000 伏与 3000 伏？

**【答】** 这九个出线头可以按附图所示安排。发电机的绕组分成两部分，并将 4、5、6、7、8、9、10、11、12 九个头接出。



接成 6000 伏时，只须把 4 与 7、5 与 8、6 与 9 相连接，然而从 10、11、12 引出三个头作为出线端。

接成 3000 伏时，把 4 与 10、5 与 11、6 与 12 相连接，再把 7、8 与 9 相连接，然后从 4、5、6 引出三个头作为出线端。

### 1.1.3 转子阻尼装置

**【问】** 我厂有 25 千伏安、380 伏旧发电机一台，近来检查线圈时，发现转子表面有许多铜梗，并且有阻尼环短接。请问这阻尼环起什么作用？是否可以不放？

**【答】** 发电机转子磁极表面上装的铜条及端环组成的阻尼装置，其作用可使发电机的运转比较稳定，当发电机转速有忽高忽低变化时，阻尼装置会产生反转矩。它和鼠笼型电动机的原理相似，可以阻止转速的摆动。对小发电机不放也没

有多大影响。

发电机三相绕组载有三相电流,就产生旋转磁场。当发电机在同步转速运转时,旋转磁场与鼠笼型阻尼装置(即铜条与端环)间无相对运动,该装置即不起作用。若转速低于同步,则旋转磁场与阻尼装置间就有相对运动,铜梗割切旋转磁场而产生电流,此电流与旋转磁场间产生旋转力矩而将转子向前推,遂使转速增加回到同步状态。反之,如转速高于同步,铜梗上也产生电流,这方向与上述的相反,其产生的转矩将转子向后推,使转子缓慢回到同步状态为止。

【问】船用小型同步发电机的转子极面上装有鼠笼型的阻尼线圈,它的作用如何?

【答】该阻尼线圈是防止振荡用的。因为船用小型发电机大都由柴油机带动,而柴油机带动的发电机并列运行时有可能产生振荡。振荡的来源有可能是负荷突增或突减所引起(称为自由振荡),也有可能由外界因素如柴油机的低频周期力矩不均匀所引起(称为强迫振荡)。当自由振荡与强迫振荡频率相接近时,就会引起共振。共振作用有可能使发电机遭到损坏,为此在转子极面上装阻尼线圈,以克服共振现象。

#### 1.1.4 水轮发电机的型号和计算

【问】(1)悬式水轮发电机的型号为TS-252/30-20,代表什么意思?

(2)推力轴承的荷重是如何计算的?

(3)转动惯量 $TM^2$ 的单位是如何计算的?要考虑些什么因素?

【答】(1)我国对各种产品都有系列设计,并已逐步统一产品的代号,型号是用汉语拼音字母和数字代表的。例如:

T 是指同步机“同”字的第一个拼音字母；S 是指水轮发电机“水”字的第一个拼音字母；后面 252 是指定子铁心的外径为 252 厘米；30 是指定子铁心的长度或厚度为 30 厘米；20 是指发电机转子具有 20 个极，即 10 对极。

(2) 竖轴式水轮发电机组如其水轮机转子和发电机转子是由两者的联轴轮直接连接的，则两者的总重就全部压在推力轴承上。在开机后，当水流通过水轮机叶片时，推力轴承还要受到水流的重量及冲击力。所以，推力轴承的额定荷重，应大于水轮机和发电机转子的总重，即要加上机组满荷时水轮机的过水重量和反作用力重。

(3) 转动惯量  $T M^2$  中的  $T$  即吨， $M^2$  即平方米，这是力学上的单位。

一般水轮机转子的转动惯量(又称飞轮力矩)并不大，大约只有发电机转子转动惯量的 10%。发电机转子具有很厚的铁心和具有相当大的直径，所以转动惯量大得多，一般往往忽略前者，而以后者作为规定机组特性的一种数据。转动惯量的字母符号一般用  $GD^2$  来代表。

水轮发电机组所必须具有的转动惯量的数值，取决于水轮机导水叶关闭时间的长短和有效水头的升高。当机组正在带负荷运行中，突然失去全部负荷时，此时调速器即能进行相应完善的调节动作，以使机组的转速增加到不超过容许极限值，否则发电机转子就会超过设计强度而飞裂。这时就须及时关闭导水叶，使水流不再流入，并且发电机转子要具有相当大的转动惯量，才不会一下子转得很快。但是关闭导水叶太快，会使输水钢管中的水锤作用(水对管壁的冲击压力)很大，如超过钢管强度就要使钢管破裂。所以，三者互有关系。

水轮发电机转子的转动惯量可用下式近似计算

$$GD^2 = \frac{KS}{n^2} (\text{吨} \cdot \text{米}^2)$$

式中： $n$ ——每分钟转数；

$S$ ——发电机容量(千伏安)；

$K$ ——常数，当  $n > 214$  转/分时，取 1800，当  $n < 214$  转/分时，取 2700。

### 1.1.5 水轮发电机与水轮机的配套

**【问】** 我们小型水电站安装的水轮机出力为 10~15 千瓦，配套的三相交流同步发电机为 24 千瓦、400/230 伏，大于水轮机的出力一倍。最初供电负荷少，只有 40 只灯(约 2 千瓦)，电压达到额定值，电灯很亮；后来负荷增加到 200 只灯(约 4~5 千瓦)，电灯很暗，电压只有 200 伏左右，水轮机好象拖不动发电机。这是什么原因？原动机出力 10 千瓦，发电机 24 千瓦，是否能发出 10 千瓦的电能？发电机过大有何影响？

**【答】** 水轮机与发电机不配套，发电机大则不能运行到额定负载，而且发电机的效率也较低，输出功率就小。例如：24 千瓦的同步发电机在额定负荷时效率为 83%，在 10 千瓦时就要低得多，仅约 67% (按各发电机的效率曲线而定)，则发电机仅能输出功率为  $10 \times 67\% = 6.7$  千瓦。由于发电机大，其风损及摩擦损失、铁心损失等固定损耗均较大，因此小水轮机配大发电机是不合算的。

**【问】** 我处电站发电机的容量为 64 千瓦，水轮机的容量为 40 千瓦，转速为 300 转/分，负荷仅 14 千瓦，但发电机的电压只能达到 300 伏左右，发电机的转速已达到了额定转速。我们是用磁场变阻器减少励磁电流的方法，才使发电机转速提

高到额定值的，否则转速就达不到。为什么发电机达不到额定电压？有何改进方法？

**【答】** 从来题情况看，发电机与水轮机的容量不配套，发电机大而水轮机小。一般应该水轮机较发电机的容量大一些，这样可以避免水轮机的过负荷。目前电压升不到额定值，从所述情况来看，主要问题是操作方法不合理。水轮机达不到额定转速，应当开大进水门来提高转速，才能使水轮机提高出力，胜任负荷；如果进水门完全开足而水轮机仍旧达不到额定转速，则由于水源的水力不足。

利用磁场变阻器来减少励磁电流，以提高水轮发电机组的转速，这种方法是不对的。因为减少励磁电流，即降低励磁机和发电机的出力，并影响发电机电压的升高。

**【问】** 48 千瓦、400/230 伏、1000 转/分的同步发电机，用水头为 70 米、流量为每秒 0.2 立方米，转速为 300 转/分的水轮机拖动，在负载电流增加到 50 多安时，端电压只有 300~360 伏，此时输出功率也只有 10 千瓦左右，而励磁电流已达 15~27 安（额定值为 25 安），请问这是什么原因？

**【答】** 按照水轮机的水头和流量来看，它已足够拖动 100 千瓦左右的同步发电机，因此在负载电流增加后而端电压却迅速下降的原因，纯系拖动装置或发电机励磁绕组匝间短路引起。希望在最大负荷下，分别测量水轮机和同步发电机的旋转速度，以判别传动装置中是否有滑动现象；然后检查励磁绕组每只线圈的直流电阻，在正常情况下各线圈都应接近相等。

如果传动装置和励磁绕组已经肯定没有问题，而且最大输出功率确实在 10 千瓦左右时（若按 50 安、360 伏计算，该机的功率因数只有 0.32，似乎太低了些），必须检查水轮机的

水头、流量和喷水装置等，只要按下式计算的最终结果不少于 55 千瓦，就足以拖动 48 千瓦同步发电机。否则就该怀疑同步发电机的铭牌数据，必要时，须作一次全面的特性试验。

水轮机的输出功率(千瓦) $\approx 9.81 \times$  水头高(米) $\times$  流量(立方米/秒) $\times$  效率。

此类水轮机的效率，除了平板式结构只有 0.4 左右外，一般都在 0.8~0.9 范围内。

### 1.1.6 交流发电机和直流发电机合一的小型发电机

【问】 我站有一台损坏的小型发电机，铭牌已遗失，构造如下：

定子共有大磁极和小磁极各四个。大磁极上共有两组线圈分别引出四个线头，其中一组匝数较多，所用漆包线线径为 1.16 毫米；另一组匝数较少，线径为 1.24 毫米（亦为漆包线）。四个小磁极上只有一对互成  $180^\circ$  空间角的极上绕有线径为 0.82 毫米的漆包线圈，两线圈串联后引出两线头。

电枢槽内共有两层绕组，上层绕组经换向器与四个互成  $45^\circ$  空间角电刷引出，下层绕组经四个滑环引出。

请问定子部分各磁极是什么用途，如何与换向器上四个电刷连接？

【答】 来题所述发电机是交流发电机与直流发电机合为一体的发电机，电枢上层绕组与定子磁极构成直流发电机；定子磁极与电枢下层绕组则又构成交流发电机。

定子上的大磁极为主磁极，其用途为产生主磁通，使电枢上的导线切割而产生感应电势。定子上的小磁极称为换向磁极（或称附加磁极又名间极），其作用为改善发电机的换向情况，即为消除换向器上的火花而用。