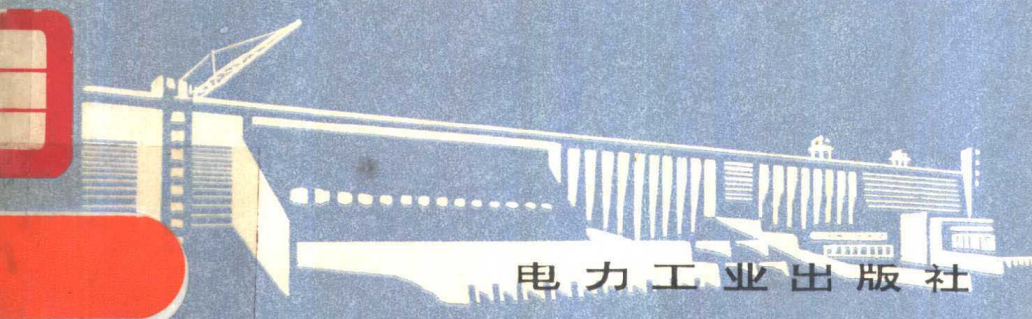


水电站机电设备调整试验丛书

自动励磁调节装置试验

电力工业部第八工程局



电力工业出版社

水电站机电设备调整试验丛书

自动励磁调节装置试验

电力工业部第八工程局

电 力 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是《水电站机电设备调整试验丛书》之一。

书中对国内水轮发电机使用得比较广泛的自动励磁调节装置,如ZLTQ-2S、KGT-3、ZLT-2型可控硅励磁调节器,三相相复励自动励磁调节器,以及几种可控硅静止励磁调节装置的结构、工作原理和试验调整方法,结合大量的图表,做了比较详细地介绍,并且列举了一些试验实例。本书附录,对水电站常用的DM-2型灭磁开关的工作原理及调试方法也做了扼要地介绍。

本书主要供从事水电站水轮发电机组自动励磁调节装置安装、检修和调试的技术人员及工人阅读,也可供有关专业的科技人员参考。

水电站机电设备调整试验丛书

自动励磁调节装置试验

电力工业部第八工程局

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 17.5印张 396千字
1982年4月第一版 1982年4月北京第一次印刷
印数0001—4530册 定价1.45元
书号 15036·4291

前 言

我国大、中型水轮发电机广泛使用自动励磁调节装置。近年来, 半导体自动励磁调节器和可控硅静止励磁调节装置被普遍地采用, 在试验和调整工作中积累了许多宝贵的经验。但适合于从事水电站水轮发电机自动励磁调节装置安装、调试人员阅读的比较系统和适用的资料却很少。为了进一步提高以上工作人员的技术水平, 并提高自动励磁调节装置的交接及验收质量, 编写了本书。

本书以国内大、中型水轮发电机使用得比较广泛的自动励磁调节装置为依据, 主要讲述其工作原理及试验调整方法, 并列举了一些试验实例。书中的附录, 对水电站常用的DM-2型灭磁开关的工作原理及调试方法, 也做了扼要地介绍。

本书编写过程中, 由东方电机厂王兴惠、石万俭、李蒙, 第一机械工业部机械工业自动化研究所钟叶柱, 天津电气传动研究所潘永征、陈叔霖, 北京低压电器厂王嘉林, 长江流域规划办公室可控硅整流设备厂包材源, 河北工学院电工厂黄于南, 电力工业部水力发电建设总局王冰和黄家文等同志, 提供了大量的宝贵资料, 并分别对书中各章、节进行了审阅; 全书由电力工业部科学技术委员会顾景芳同志进行了审阅。对以上同志, 在此一并表示衷心的感谢。

本书由文伯瑜同志执笔。

书中难免存在错误或叙述不当之处, 望读者批评指正。

电力工业部第八工程局

1981. 8

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 水轮发电机自动励磁调节装置的作用和要求以及名词术语	1
第二节 水轮发电机自动励磁调节装置的分类	5
第三节 自动励磁调节装置试验调整的项目和要求	10
第二章 ZLTQ-2S型自动励磁调节器	17
第一节 ZLTQ-2S型自动励磁调节器的基本工作原理和特点	17
第二节 各单元试验和调整的项目	42
第三节 调节器整体装置的开环试验	47
第四节 发电机空荷运行时调节器的试验	48
第五节 发电机带负荷运行时调节器的试验	50
第六节 发电机空荷及带负荷运行时调节器的投入和切除	53
第七节 ZLTQ-2S型自动励磁调节器在运行中可能遇到的问题及其处理方法	55
第三章 KGT-3型自动励磁调节器	56
第一节 KGT-3型自动励磁调节器的基本工作原理和特点	56
第二节 各单元的试验和调整	64
第三节 自动励磁调节器整体开环试验	71
第四节 发电机空荷运行时KGT-3型调节器的试验	76
第五节 发电机带负荷运行时KGT-3型调节器的试验	77
第六节 KGT-3型自动励磁调节器在运行中可能发生的问题及处理方法	79
第四章 ZLT-2型自动励磁调节器	81
第一节 ZLT-2型自动励磁调节器的基本工作原理和特点	81
第二节 ZLT-2型自动励磁调节器各单元的试验和调整	88
第三节 调节器整体装置的开环试验和调整	89
第四节 发电机空荷情况下励磁调节器的试验和调整	93
第五节 发电机带负荷情况下励磁调节器的试验和调整	95
第五章 三相相复励自动励磁调节器	97
第一节 三相相复励自动励磁调节器的基本原理	97
第二节 三相相复励自动励磁调节器的元件试验和调整	115
第三节 三相相复励自动励磁调节器的整机开环试验	123
第四节 发电机运行情况下三相相复励自动励磁调节器的试验和调整	128
第五节 三相相复励自动励磁调节器在运行中遇到的故障及处理方法	131
第六章 可控硅静止励磁装置各单元的工作原理和试验调整	133
第一节 可控硅静止励磁装置的组成部分	133

第二节	各基本工作单元的工作原理和试验调整方法	134
第三节	辅助工作单元的工作原理和试验调整方法	189
第七章	交流侧串联型自复励可控硅静止励磁装置的整体试验和调整	193
第一节	基本工作原理和特点	193
第二节	整体开环试验	196
第三节	发电机空荷运行时的试验	205
第四节	发电机带负荷运行时的试验	208
第五节	交流侧串联型自复励可控硅静止励磁系统的特殊试验	211
第六节	交流侧串联型自复励可控硅静止励磁装置调整试验中可能遇到的问题及解决方法	214
第八章	直流侧并联型自复励可控硅静止励磁装置的整体试验和调整	218
第一节	基本工作原理和特点	218
第二节	整体开环试验	223
第三节	发电机空荷时的整体试验	223
第四节	发电机带负荷时的整体试验	226
第五节	调整试验中可能发生的问题及解决方法	227
第九章	自并励型可控硅静止励磁装置的整体试验和调整	229
第一节	工作原理和特点	229
第二节	KGL-500型自并励型可控硅静止励磁装置的技术数据和综合特性	231
第三节	整机开环试验	235
第四节	发电机空荷时的试验	238
第五节	发电机带负荷时的试验	242
第十章	它励型可控硅静止励磁装置的整体试验和调整	244
第一节	基本工作原理和特点	244
第二节	整机开环试验	248
第三节	发电机空荷时的整体试验	250
第四节	发电机带负荷时的整体试验	256
第五节	它励型可控硅静止励磁装置的灭磁	258
第六节	它励型可控硅静止励磁装置调整试验中可能发生的问题及处理方法	259
附录	DM-2型灭磁开关的试验和调整	262
一、	DM-2型灭磁开关的工作原理	262
二、	DM-2型灭磁开关的检验和调整	268
三、	DM-2型灭磁开关灭磁时间的测量方法及录取的示波图	271
四、	DM-2型灭磁开关使用时的注意事项	272

第一章 概 述

第一节 水轮发电机自动励磁调节装置的作用和要求以及名词术语

一、水轮发电机自动励磁调节装置的作用

- (1) 根据给定的电压值, 维持电力系统运行在正常的电压水平。
- (2) 合理地分配并联运行发电机间的无功功率。
- (3) 提高电力系统运行的静态稳定性和输电线路的传输能力。
- (4) 改善电力系统运行的动态稳定性。
- (5) 当电力系统发生短路故障时, 给发电机提供一定的强行励磁, 以提高带时限继电保护动作的灵敏度和准确性, 并可改善异步电动机的自起动条件; 当短路故障切除后, 能加速电力系统电压的恢复过程。

- (6) 发电机欠励运行及自同期并列时, 能改善电力系统的工作条件。
- (7) 根据运行要求, 对发电机实行最大励磁限制和最小励磁限制。
- (8) 当水轮发电机突然甩负荷时, 可限制其电压的迅速上升。
- (9) 当发电机内部发生故障时, 可进行快速灭磁。

二、水轮发电机对自动励磁调节装置的基本要求

- (1) 应能满足发电机在各种运行工况下的励磁调节要求。
- (2) 应具有适当的顶值电压倍数, 快速的励磁电压上升速度以及最小的调节时间常数。
- (3) 调差范围应满足电力系统和机组间合理分配无功功率的要求。
- (4) 应具有快速减磁和快速灭磁的性能。
- (5) 应具有良好的调节特性和频率特性, 电压调整范围应能满足要求, 并具有较好的稳定性和调节精度。
- (6) 要求运行可靠、接线及结构简单、调整方便、维护容易、体积小、消耗功率小、价格低廉等。

三、本书中用到的有关自动励磁调节装置的名词术语

(1) 励磁系统: 同步发电机用的磁场电源(包括直流励磁机, 同轴辅助发电机, 静止励磁用的变压器、灭磁开关等), 有手动励磁调节装置及自动励磁调节器等。

(2) 自动励磁调节器: 能利用反馈控制作用, 自动调节发电机的励磁, 使发电机电压满足各种运行工况的要求。

(3) 自动励磁调节装置: 包括自动励磁调节器及其测量、控制、信号系统。

(4) 手动励磁调节装置: 手动调节发电机的励磁, 使发电机保持一定的电压水平, 以保证发电机的正常运行。

(5) 电机励磁的自动励磁调节器：电机励磁，即发电机的磁场电源是由同轴直流励磁机供给的。因此，自动励磁调节器仅控制同轴直流励磁机的磁场。由于同轴直流励磁机的磁场电流一般只有几十安培，所以电机励磁的自动励磁调节器调节功率都比较小。

(6) 可控硅静止励磁调节装置：发电机的磁场电流直接由可控硅静止励磁调节装置供给，可控硅整流器的电源可由变压器或由它励电源（同轴辅助发电机或其它电源）供给。因为可控硅整流器是静止不动的，所以称这种装置为可控硅静止励磁调节装置，由于它直接给发电机磁场励磁，故其功率比较大。

(7) 它励系统：由与发电机（主机）无关的独立电源（如同轴辅助发电机或其它独立电源）供电的励磁系统。

(8) 自励系统：由交流同步发电机端的电压和电流取得励磁电源的励磁系统。若仅以电压作为励磁电源的系统称为自并励系统；若以机端电压和电流两者作为励磁电源的系统，称为自复励系统。

(9) 强行励磁（强励）：根据运行需要，由自动装置将励磁系统输出电压突然升高的动作过程。

(10) 强行减磁（强减）：根据运行需要，由自动装置将励磁系统输出电压突然降低的动作过程。

(11) 灭磁：将同步发电机磁场能量消除的过程。

(12) 整定电压：由自动励磁调节器自动保持的发电机端电压，此电压可根据运行需要，整定在额定电压或额定电压附近某一值。

(13) 电压整定范围：整定电压允许变动的范围。

(14) 无功补偿：根据主机的无功电流改变其励磁电流，以补偿由于无功电流在发电机端至某固定点之间的电抗上引起的电压降，达到并列机组间无功功率的合理分配。

(15) 电压调差系数：发电机无功负荷从空荷变化到额定值时，端电压的变化率，即

$$K_C = \frac{U_{F0} - U_{F1}}{U_{F0}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 K_C ——电压调差系数；

U_{F0} ——空荷状态下发电机端电压，伏；

U_{F1} ——发电机无功电流等于额定定子电流时的端电压，伏。

(16) 励磁控制系统的准确度（静态调节精度）：是在负荷、环境温度、频率及供电电压变化等规定条件下，同步发电机端电压与理想值（一般指整定值）之间的相符程度，其表示式如下：

$$\lambda = \frac{U_F - U_{FD}}{U_{FD}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 λ ——励磁控制系统的准确度；

U_F ——某规定条件下的发电机端电压，伏；

U_{FD} ——发电机整定电压，伏。

(17) 调节过程质量：自动励磁调节器在动态调节过程中，要求调节速度快、调节时

间短、超调量小、稳定性好。其标准如下所述：

1) 超调量：用下式表示，即

$$\theta = \frac{U_{Fmax} - U_Q}{U_Q} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 θ ——超调量；

U_{Fmax} ——调节过程中 U_F （发电机电压）最大值，伏；

U_Q —— U_F 新的稳定值，伏。

2) 调节时间 T ：以调节过程开始至 U_F ，对新的稳定值的偏差不超过5%时为止，这段时间为调节时间 T ；在调节时间 T 内，发电机电压摆动的次数为 n 。

3) 电压调整率：用下式表示，即

$$\varepsilon = \frac{U_{F0} - U_F}{U_{F0}} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 ε ——电压调整率；

U_{F0} ——甩负荷后，发电机空荷电压稳定值，伏；

U_F ——甩负荷前，发电机电压，伏。

(18) 励磁系统的电压反应曲线：在强励或强减过程中，励磁系统输出直流电压随时间变化的曲线，如图1-1所示。

(19) 励磁系统顶值电压倍数：励磁系统在规定条件下可达到的最高励磁电压，该电压与额定励磁电压的比值即为顶值电压倍数。

由励磁系统电压随时间变化的曲线可知（图1-1所示），顶值电压倍数为

$$K_{UM} = \frac{f_0}{a_0} = \frac{U_{LM}}{U_{Le}} \quad (1-5)$$

$$\text{顶值电流倍数} \quad K_{IM} = \frac{I_{LM}}{I_{Le}} \quad (1-6)$$

式中 U_{LM} ——强励顶值电压，伏；

U_{Le} ——额定励磁电压，伏；

I_{LM} ——强励顶值电流，安；

I_{Le} ——额定励磁电流，安。

(20) 空荷强励倍数：励磁系统在规定条件下可达到的最高励磁电压，该电压与空荷励磁电压的比值，即为空荷强励倍数。引入这一定义后，对于自并励可控硅静止励磁装置调试十分方便。

由励磁系统电压随时间变化的曲线可知：

$$\text{空荷强励电压倍数为} \quad \frac{f_0}{d_0} = \frac{U_{LM}}{U_{L0}}$$

$$\text{空荷强励电流倍数为} \quad \frac{I_{LM}}{I_{L0}}$$

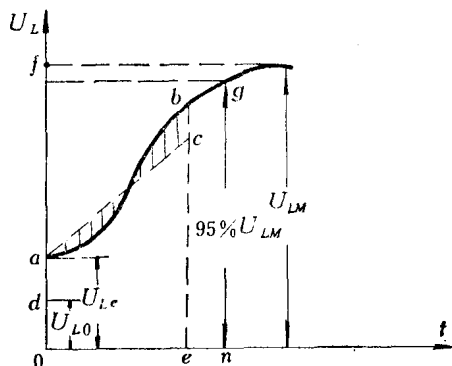


图 1-1 励磁系统输出直流电压随时间变化的曲线图

U_L —励磁电压， U_{L0} —发电机空荷时励磁电压，
 U_{Le} —额定励磁电压， U_{LM} —强励时顶值励磁电压

式中 U_{L0} ——空荷励磁电压，伏，

I_{L0} ——空荷励磁电流，安。

(21) 励磁系统电压增长速度：为强励过程中，在第一个 0.5 秒时间间隔内，测得的励磁电压每秒变化的伏数，除以主机的额定励磁电压，即为励磁系统电压增长速度。由励磁系统电压随时间变化的曲线，可进行如下计算：

0.5 秒内的实际电压反应曲线 ab 用直线 ac 代替，此直线以下的面积 $ace0$ 与曲线以下的面积 $abe0$ 应相等，可得出电压增长速度

$$v_v = \frac{ce - a0}{a0 \times 0e} \quad \text{倍/秒} \quad (1-7)$$

式中的 $0e = 0.5$ 秒。

本定义可用于直流电机励磁系统，亦可作为各种励磁系统（包括高起始反应励磁系统）快速性的比较基础（计算曲线如图 1-1 所示）。

(22) 励磁系统电压反应时间：为在规定条件下，励磁电压达到 95% 顶值电压时，所需的时间（图 1-1 中 on 段）。

(23) 高起始反应的励磁系统：励磁系统电压反应时间，等于或小于 0.1 秒的励磁系统。可控硅静止励磁系统均属高起始反应的励磁系统。

(24) 强励时间：同步发电机强行励磁时，允许的最长时间。强励时间是根据发电机过荷能力来确定的，不是从运行需要来考虑的。

(25) 强励倍数、励磁系统反应时间和电压增长速度的关系：自动励磁调节系统应有较高的电压增长速度，这样对于提高电力系统的静态稳定和动态稳定都是极为有利的。励磁系统的电压增长速度与其顶值电压有关，顶值电压愈高、电压反应时间越短，则电压增长速度就越高。对于高起始反应的励磁系统（反应时间小于 0.1 秒），其电压反应时间已经很小，故一定的顶值电压基本上决定了相应的电压增长速度。

图 1-2 为不同强励电压倍数和不同上升时间的电压增长速度曲线。图 1-2 (a) 为直流励磁机的电压增长速度，示出当励磁机的强励电压为 2 倍额定励磁电压时，由于直流励磁机的电压反应时间为 0.5 秒，这时直流励磁机的电压增长速度仅为 2 倍/秒，即 $\frac{U_{LM} - U_{L0}}{t_{0.5}}$

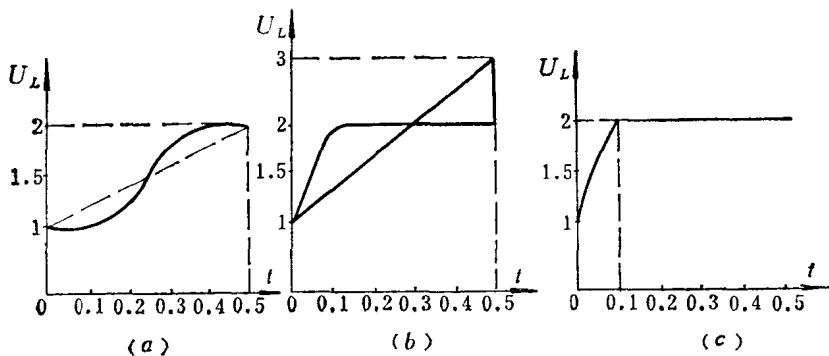


图 1-2 不同强励电压倍数和不同上升时间的电压增长速度曲线图

(a) 直流励磁机的电压增长速度；(b) 高起始励磁系统 (3 倍 U_L) 以 0.5 秒计算的电压增长速度，
(c) 0.1 秒即上升至 $2U_L$ 时的电压增长速度

$= \frac{2-1}{0.5} = 2 \text{ 倍/秒}$ ；图1-2(c)为0.1秒即上升至 $2U_L$ 时的电压增长速度，示出高起始反应的励磁系统（如可控硅静止励磁系统），强励顶值电压仍为2倍额定励磁电压，但由于电压反应时间只有0.1秒，因此电压增长速度提高为10倍/秒，即 $\frac{U_{LM}-U_{L0}}{t_{0.1}} = \frac{2-1}{0.1} = 10 \text{ 倍/秒}$ 。因此，由图1-2(a)、(c)可以看出，在同一强励顶值电压下，若电压反应时间不同，其电压增长速度就不同。图1-2(b)为高起始励磁系统（3倍 U_L ）以0.5秒计算的电压增长速度，可以看出，当电压反应时间以0.5秒计时，即使强励顶值电压提高为3倍额定励磁电压，电压增长速度才为4倍/秒，即 $\frac{U_{LM}-U_{L0}}{t_{0.5}} = \frac{3-1}{0.5} = 4 \text{ 倍/秒}$ 。由此可见，缩短电压反应时间和增加强励顶值电压，均能提高电压增长速度，这对电力系统的稳定是极为有利的；但对目前广泛采用的可控硅静止励磁系统，由于其电压反应时间一般都小于0.1秒，因而只有提高强励顶值电压，才能再提高电压增长速度。但以过度的提高强励顶值电压，来达到很高的电压增长速度是不可能的，这对于发电机转子设计及制造均将带来困难。因此，应根据电力系统的要求及发电机转子电压允许值等因素，来合理地选择强励顶值电压，以获得所需要的电压增长速度。对于强励顶值倍数、电压增长速度及强励时间，国内尚无统一标准，看法也不一致，因此各国都根据其本国电力系统的情况自行决定。表1-1为1969年国际大电网会议介绍的几个国家的励磁参数，可供参考。

表 1-1 1969年国际大电网会议介绍的几个国家的励磁参数表

国 别	英	法	美		苏	瑞 典	西 德
强励顶值倍数 (倍)	1.70	1.60	1.25	2.08	2.00	2.00	1.40~1.50
上升速度 (倍/秒)	1.00	1.25	0.50		2.00	2.00	0.50
强 励 时 间 (秒)	10	4	60	10	20	5	10

注 过去美国的强励顶值倍数较低，从六十年代开始部分机组提高了强励顶值倍数和上升速度，强励顶值倍数采用2倍左右。

第二节 水轮发电机自动励磁调节装置的分类

一、水轮发电机自动励磁调节装置分类方法

1. 按励磁系统供电方式，分为它励及自励两类

在它励式中又按励磁机型式，分为直流励磁机和交流励磁机两种型式（或其它单独电源供电的，也属它励方式）；在自励式中按功率引入方式，分为自并励系统和自复励系统，励磁装置按供电方式分类图，如图1-3所示。

2. 按励磁电源来分类

有用同轴直流励磁机作为电源的，称为电机励磁自动励磁调节器，由于仅自动调整励磁机的磁场电流，这种励磁调节器的功率都比较小；没有同轴直流励磁机的自动励磁装

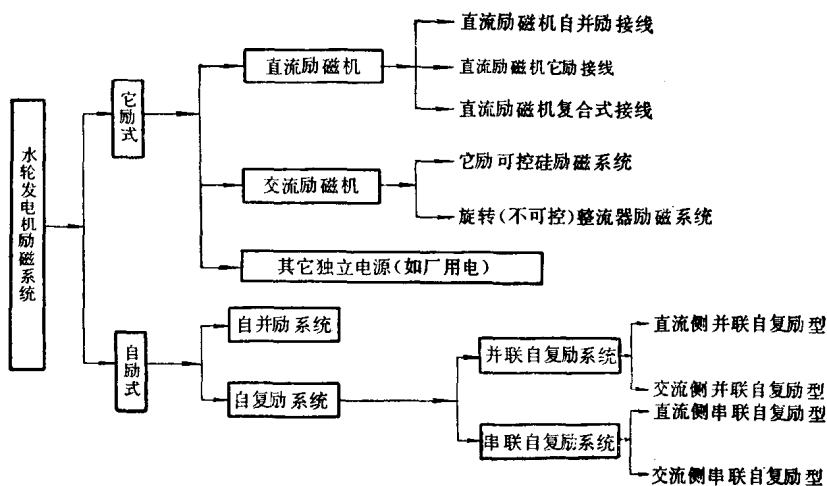


图 1-3 励磁装置按供电方式分类图

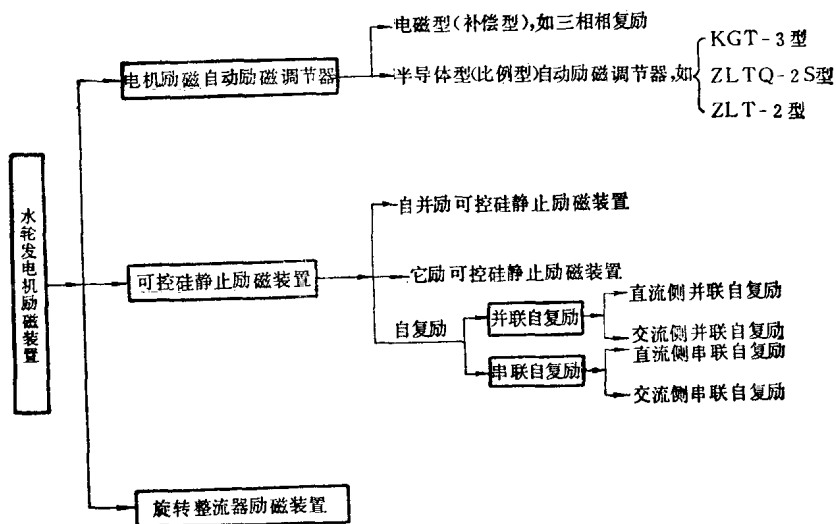


图 1-4 励磁装置按励磁电源分类图

置，称为可控硅静止励磁装置，这种励磁调节器直接调节发电机转子电流，所以功率是较大的；另外还有正在发展中的旋转整流器构成的无刷自动励磁调节装置。励磁装置按励磁电源分类图，如图1-4所示。

以上两种分类法都比较适用，但本书为了叙述方便起见，将按第二种分类法进行分类。

二、电机励磁自动励磁调节器的分类及其特点

目前水轮发电机电机励磁自动励磁调节器种类繁多，在国内已取得一定的运行经验。本书将系统地介绍国内大、中型水轮发电机中，应用比较成熟的几种自动励磁调节器。

1. 三相相复励自动励磁调节器

三相相复励自动励磁调节器是电磁型的一种电流正反馈式的调节器，是按补偿型的原理来自动调节励磁的。它由相复励和电压调节器两部分组成，由于是由电磁元件构成的，

所以电压调节器相对于半导体自动励磁调节器而言，时间常数大、调节速度慢，但运行比较可靠，并取得了一定的运行经验。在第五章中对国内运行比较好的几种三相相复励自动励磁调节器，将分别介绍其工作原理和试验调整方法。

2. ZLTQ-2S型自动励磁调节器

ZLTQ-2S型自动励磁调节器是由比例型半导体自动励磁调节器和可控硅欠电压补偿装置（发电机强励时使用）组成。补偿装置原理和结构比较简单、工作可靠；励磁调节器反应速度快。

3. KGT-3型自动励磁调节器

KGT-3型自动励磁调节器是由比例式半导体自动励磁调节器和手动装置组成。励磁调节器原理及结构简单，取消了磁场变阻器，功率桥采用单相全控桥，可以逆变灭磁。

4. ZLT-2型自动励磁调节器

ZLT-2型自动励磁调节器也是比例型半导体励磁调节器，利用可控硅的开关特性来自动调整发电机的励磁。可控硅开关采用脉冲调宽式，这种励磁装置设有限制水轮发电机电压升高的反接部分，调节器原理和结构都比较简单。

三、可控硅静止励磁装置的分类及其特点

1. 自并励励磁系统

由发电机机端电压取得电源的励磁系统，叫自并励励磁系统，其原理接线如图 1-5 所示。这种励磁系统的主要特点如下：

- (1) 没有旋转机械，设备维护简单。
- (2) 厂房布置容易，但对励磁变压器应专设小间。
- (3) 主机高度可以降低。
- (4) 反应速度快。

(5) 励磁电源取自发电机机端，受电力系统运行状态的影响较大，当电力系统发生短路时，励磁电源电压降低，强励受到影响，尤其是近端短路时，有可能使后备保护不能动作，因而应在继电保护装置上采取一定的措施。当电力系统设有快速的继电保护和开关设备时，系统短路期间励磁电压的降低，对短路切除后系统电压的恢复以及系统过渡到稳定的暂态过程影响甚微。当短路切除时间过长时，这种影响将会达到不可允许的地步。因此，在选用此种接线方式时，应特别注意选择发电机的继电保护装置和开关设备。

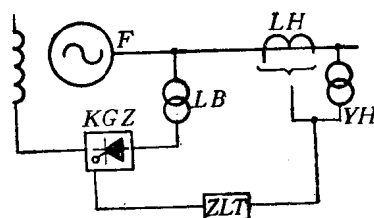


图 1-5 自并励励磁系统原理接线图
LH—电流互感器；YH—电压互感器；ZLT—自动励磁调节器；LB—励磁变压器；KGZ—可控硅整流桥

2. 自复励励磁系统

由发电机电压和电流取得励磁电源的励磁系统，叫自复励励磁系统，按不同接线，又可分为以下几种：

(1) 交流侧并联型自复励可控硅静止励磁系统：其原理接线图，如图 1-6 所示。这是一种可控电抗器移相式相复励系统，其励磁变压器（电压源）LB和功率电流互感器（电流源）GLH在交流侧并联，饱和电抗器DK（即可控电抗器）的直流控制绕组，由可控硅

整流桥KGZ供电，并由自动励磁调节器控制可控硅整流桥的导通角，以控制饱和电抗器DK的电抗值，从而达到调节发电机励磁电流的目的。

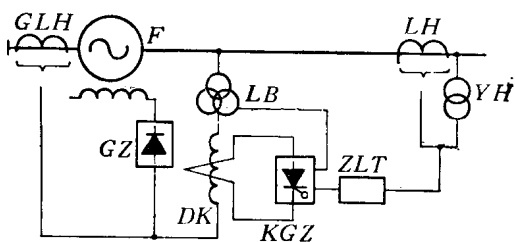


图 1-6 交流侧并联型自复励可控硅静止励磁系统原理接线图

LH—电流互感器；YH—电压互感器；LB—励磁变压器；GLH—功率电流互感器；DK—饱和电抗器；GZ—三相硅整流桥；KGZ—可控硅整流桥；ZLT—自动励磁调节器

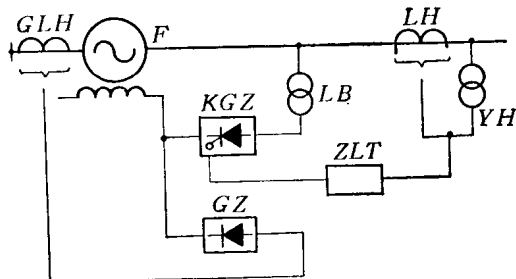


图 1-7 直流侧并联型自复励可控硅静止励磁系统原理接线图

LH—电流互感器；YH—电压互感器；LB—励磁变压器；GLH—功率电流互感器；GZ—三相硅整流桥；KGZ—三相可控硅整流桥；ZLT—自动励磁调节器

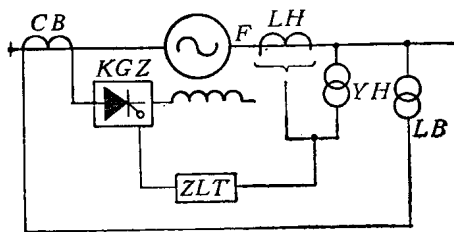


图 1-8 交流侧串联型自复励可控硅励磁系统原理接线图

LH—电流互感器；YH—电压互感器；KGZ—可控硅整流桥；LB—励磁变压器；CB—串联变压器；ZLT—自动励磁调节器

其主要特点与自并励励磁系统有些相同部分，所不同者为：

1) 励磁电流的大小与主机电流、电压及功率因数有关，故可称为可控相复励。

2) 发电机或电网短路时，能提供必要的强励倍数。

3) 设备多占地面大，厂房布置较困难。

(2) 直流侧并联型自复励可控硅静止励磁系统：其原理接线图，如图 1-7 所示。发电机 F 的励磁电流由三相可控硅整流桥 KGZ 和三相硅整流桥 GZ 并联供给，KGZ 和 GZ 分别由励磁变压器 LB 和功率电流互感器 GLH 供电，LB 接于发电机机端，GLH 串接于发电机中性点。

其主要特点和上述交流侧并联型自复励可控硅静止励磁系统有些相同部分，所不同者为：

1) 励磁电流只与主机电压、电流有关，但无相复励作用。

2) 发电机或电网短路时，能提供必要的强励倍数。

3) 功率电流互感器是无气隙的变流器，二次绕组开路时将出现很高的过电压。

4) 占地面积大，设备布置比较困难。

(3) 交流侧串联型自复励可控硅静止励磁系统：其原理接线图，如图 1-8 所示。同步发电机 F 的励磁电流，由可控硅整流桥 KGZ 供给，KGZ 由励磁变压器 LB 和串联变压器 CB 的二次绕组串联供电。

主要的工作特点除与上面几种励磁方式相同的以外，所不同者为：

1) 励磁电源运行具有一定的独立性，能提供较高的强励倍数，可与它励系统相比拟；适当选择串联变压器的参数，能保持单相短路或三相短路时阳极电压不变。

2) 串联变压器是结构特殊的变压器，其铁芯带气隙并可调整。

3) 设备容量大, 占地面积大。

(4) 直流侧串联型自复励可控硅静止励磁系统: 其原理接线图, 如图1-9所示。同步发电机 F 的励磁电流, 由三相可控硅整流桥 KGZ 和三相硅整流桥 GZ 串联供给。 KGZ 和 GZ 分别由励磁变压器 LB 和串联变压器 CB 供电, LB 接于机端, CB 串接于发电机中性点。发电机空载时, 由 KGZ 单独供给励磁电流; 发电机带负荷时, 由 KGZ 和 GZ 串联供给励磁电流。在发电机机端短路时, 由一个强励装置维持恒定的可控硅整流桥导通脉冲, 励磁电压由串联变压器 CB 和硅整流桥 GZ 供给, 并维持一定的励磁电流。其电流的大小决定于带气隙励磁变流器的饱和程度; 而发电机在变压器高压侧短路时, 除了给复励部分提供电压以外, 还给整流变压器提供比例于发电机机端残压的部分电压。

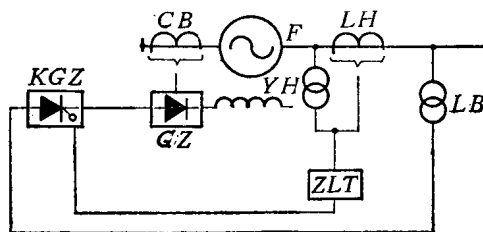


图 1-9 直流侧串联型自复励可控硅静止励磁系统原理接线图

LH —电流互感器; YH —电压互感器; CB —串联变压器; LB —励磁变压器; KGZ —三相可控硅整流桥; GZ —三相硅整流桥

它的主要工作特点与交流侧串联的自复励可控硅励磁系统基本相同, 所不同的是:

1) 可控硅整流桥承受较低的反电压。

2) 需用两套整流桥。

3) 由于三相硅整流桥和可控硅整流桥的输出是代数相加, 而不是向量相加, 故在发电机带电阻及电容性负荷时, 可能发生过复励的情况, 因此可控硅整流桥通常是采用三相全控整流桥, 以便在过复励时三相全控桥逆变运行, 产生负电压来抵消复励部分所引起的过电压。

随着国内生产的可控硅元件反向电压逐渐提高, 直流侧串联型自复励可控硅静止励磁系统的优点就不突出了, 故采用得比较少。

3. 它励型可控硅静止励磁系统

它励可控硅励磁系统的原理接线图, 见图1-10。该励磁系统是采用与发电机同轴的自励恒压辅助交流励磁机供给可控硅整流桥交流电源的, 经三相全控整流桥后供给发电机励磁电流。根据

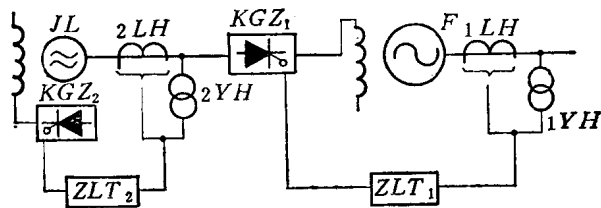


图 1-10 它励型可控硅静止励磁系统的原理接线图

$1-2LH$ —电流互感器; $1-2YH$ —电压互感器; JL —同轴交流辅助发电机; KGZ_1 —主机三相全控整流桥; KGZ_2 —副机三相半控整流桥; ZLT_1 —主机自动励磁调节器; ZLT_2 —副机自动励磁调节器

运行要求, 由发电机自动励磁调节器控制可控硅整流桥来调节发电机的励磁电流。

其主要特点如下:

(1) 励磁系统完全独立, 不受电力系统运行状态的影响。

(2) 交流励磁机供电, 励磁电源可靠, 维护工作量较小。

(3) 励磁系统调节反应速度快, 强励顶值电压易于满足电力系统稳定性的要求。

(4) 交流励磁机不能定型生产。

4. 旋转整流器励磁系统

旋转整流器励磁系统的原理接线图见图1-11。这类励磁系统的交流励磁机，由同轴永磁发电机供给励磁，交流励磁机输出端的三相电源与装在同轴旋转轮架上的硅整流器直接

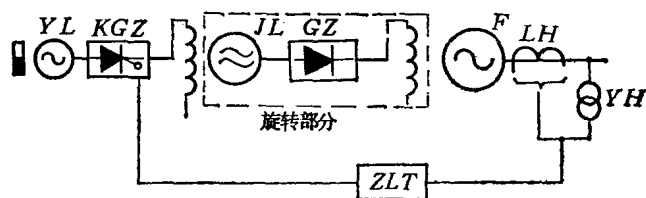


图 1-11 旋转整流器励磁系统的原理接线图

ZLT—自动励磁调节器；GZ—旋转整流器；KGZ—可控硅整流桥；
JL—励磁机；YL—永磁发电机

连接，三相硅整流桥输出端与同步发电机的旋转磁场绕组直接固定连接，取消了滑环和电刷，从而组成了没有电刷和滑环的硅整流桥励磁系统，称为无刷励磁系统。

其主要特点如下：

（1）励磁系统没有滑环和

电刷，励磁电源可靠，维护工作量小。

（2）发电机转子不能快速灭磁，只能续流灭磁，电压反应速度较慢。

（3）发电机转子电流、电压不能直接测量。

（4）要求旋转整流器及熔断器能承受较大的离心力。

（5）仅适用于电刷和滑环维护困难的中、小型水轮发电机组，如贯流式机组和滑环、电刷容量超过极限值的巨型同步发电机的自动励磁调节装置。

第三节 自动励磁调节装置试验调整的项目和要求

为了保证自动励磁调节装置长期可靠地运行，必须注意线路设计、元件质量、制造工艺、试验调整、使用维护等问题。

下面主要介绍安装时的试验和调整项目。通过投入运行前的全面调整试验，可保证励磁装置能可靠地运行，并能获得较好的静态精度和动态调节品质。

一、单个插件的检查和试验

1. 绝缘检查

绝缘电阻的测定：印刷电路板、插件、抽屉中各回路（三相相复励装置各变压器及磁放大器）对地之间的绝缘电阻值，励磁装置中其它各回路对地之间的绝缘电阻，用1000伏兆欧表测量，均不应低于2兆欧。

测量绝缘时，对于承受不了所规定的兆欧表电压的元件（如硅整流器、半导体元件、电容等），试验时应短接。

2. 绝缘强度试验

采用50周正弦交流电压试验一分钟。表1-2为绝缘强度试验电压参考表。

与发电机转子连接在一起的励磁设备及保护装置，均按发电机转子耐压标准执行。

表 1-2 绝缘强度试验电压参考表

工作电压（伏）	试验电压（伏）
100伏以下	250
500	2000
750	2500
1000	3000

对承受不了试验电压的元件,应按图注明,试验时应短接。

耐压试验时注意将可控硅元件的阳极、阴极及控制极短路。

某些元件(如强弱回路隔离变压器、电流检测元件等)的绝缘试验电压,应按电压等级选取。

3. 单个插件特性试验和调整

对单个插件的元件(如半导体、电阻、电容、变压器、磁放大器、稳压电源等)和接线的正确性做检查,并根据每个插件的要求进行特性调整。

(1) 工作单元调整试验:

1) 测量单元: 录制和调整测量特性曲线,使其满足电压调整的要求。

2) 放大单元: 选择适当的放大倍数,满足励磁装置灵敏度与稳定性的要求;检查放大器限制环节(上限幅、下限幅等),附加环节(如比例微分、比例积分、比例微分积分)工作的正确性。

3) 移相单元: 检查移相脉冲的同步关系应正确,移相范围 and 对称性应符合要求,并有足够的宽度和幅值,前沿应陡峭,还应有一定的抗干扰能力。

4) 功率单元: 对于三相半控桥式接线,应检查关断大电感负荷时的能力,即续流二极管的工作情况,以防止单相导通的发生;对于三相全控整流桥,则应检查最小逆变角,以防止逆变灭磁时发生“颠覆”现象。

(2) 辅助工作单元调试:

1) 启动单元: 检查启动单元工作的可靠性及整定值的准确性。

2) 手、自动切换单元: 检查手、自动切换接线的正确性和工作的可靠性。

3) 欠励单元: 检查欠励单元工作的可靠性,并校验整定值。

4) 过励单元: 检查过励单元工作的可靠性,并校验整定值。

二、自动励磁调节装置整机开环试验

整机开环试验前,应仔细检查自动励磁调节装置接线是否正确(包括测量、控制、信号接线的正确性),并应检查同步回路的相序、相位和极性是否正确。

可控硅静止励磁调节装置在投入运行后,是一个负反馈比例式调节装置。在调整试验时,用它励电源作为励磁装置的电源,可以检查自动励磁装置各部分的工作状态,各单元的工作是否正常以及各单元特性配合的是否恰当,为闭环试验做好准备。

1. 小电流开环试验(带轻负荷试验)

小电流开环试验接线图,见图1-12。其目的是检查和调整自动励磁调节器静态输出特性,并检查整流装置的连接是否正确。试验时整流装置输入额定交流电压,其接入的负荷电阻约为额定负荷电阻的50倍左右。同时录制自动励磁调节器的测量、放大、

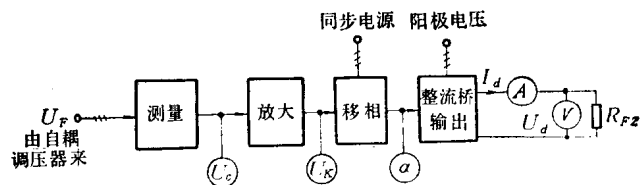


图 1-12 小电流开环试验接线图

U_F —发电机电压; U_c —测量桥输出电压; U_K —放大器输出电压; α —移相角; I_d —整流桥输出电流; U_d —整流桥输出电压; R_{FZ} —负荷电阻(其值约为额定负荷电阻值的50倍左右)