

I E C 系列 励磁系统技术说明书



2006.12

十分感谢您选用本装置，为了让您充分了解本装置的功能，高效快捷的使用本装置，务请您仔细阅读本手册，并妥善保管，以便查阅。

宜昌蓝江电气有限公司为用户提供全方位的技术支持，您如有技术或其他方面的问题需要咨询，请与以下地址联系：

宜昌蓝江电气有限公司

地址：湖北省宜昌市夜明珠路 42 号明珠工业园

邮编：443002

tel: (0717) 6312699

fax: (0717) 6312566

http: // www.ljdq.cn/

E-mail: webmaster @ ljdq.cn

产品上标记



在高压存在的地方粘贴此标记。

手册中标记

A 注意：注意字句指可能成本设备或其它设备损坏的状况或做法

目 录

前 言	4
第一章、概述.....	5
§1-1 系统组成.....	6
§1-2 系统工作过程	7
§1-3 设计特点.....	8
§1-4 最优励磁控制原理简介	9
§1-5 系统自动控制原理	10
§1-6 主要功能.....	11
§1-7 主要性能指标	12
§1-8 适用范围.....	13
第二章、励磁控制单元介绍.....	14
§2-1 ICV40 微机控制器	14
§2-2 SCS52 单片控制器	17
§2-3 人机接口	19
§2-4 电气参数测量部分	20
§2-5 电源部分	22
§2-6 开关量输入、输出部分	22
第三章 其它硬件介绍.....	24
§3-1 全控整流单元	24
§3-2 线性灭磁单元	25
§3-3 起励单元.....	26
第四章 软件简介.....	27
§4-1 软件组成及编程语言.....	27
§4-2 软件工作流程	27
第五章 功能说明.....	34
§5-1 自动起励.....	34
§5-2 逆变灭磁.....	34
§5-3 自动跟踪.....	34
§5-4 运行方式平稳转换	35
§5-5 $\pm 10\%$ 阶跃平稳转换.....	35
§5-6 调差率在线整定	35
§5-7 励磁限制.....	35

§5-8	断线保护	38
第六章、安装、调试、使用与维护		39
§6-1	设备的安装注意事项.....	39
§6-2	现场调试.....	39
§6-3	运行操作	39
§6-3	设备的维护	40
第七章 其 他.....		42
§7-1	型号编号说明.....	42
§7-2	使用环境.....	42

前 言

IEC 系列微机励磁系统采用了多款先进的智能微机励磁控制器，包括 ICV40 型、SCS52 型、ICP226 型、IBR476 型和 DSP28 型，其软件控制程序由专业程序员依据华中理工大学电力系应用线性最优控制理论建立的控制计算模型而编制，系统硬件由我公司具有丰富现场经验的技术工程师进行系统设计，并应用模块集成工艺制造技术，完成装置的设计和制造，具有运行可靠、性能优良、操作简单和功能完备的特点，产品通过部级鉴定，数十台套成功投入现场运行，深受用户好评。

本技术手册扼要叙述智能励磁控制器的基本工作原理、主要功能、性能指标、适用范围、硬件配置、软件组成、运行规程、调试方法及投运试验项目等内容。

手册中所举的一些数据系基本配置，装置可根据用户不同的机组参数进行相应设置。如有不同要求，用户可以填写《IEC 系列励磁系统设计机组参数征询表》，装置程序软件将按用户参数要求进行设置。

第一章、概述

IEC 系列励磁系统采用线性最优控制的现代控制技术，以“力求功能完备，运行可靠性高、检修维护方便、运行操作简单”为设计思想，不但具有常规模拟式励磁调节器的全部调节、控制功能，而且具备常规模拟式励磁调节器没有的许多控制、保护、限制、逻辑判断、自诊断、容错、在线整定、参数显示、与上位机通讯、与 PC 机接口调试等功能，是各种中、小型同步发电机理想的励磁控制系统，可满足无人职守的要求。

IEC 励磁系统可分为以下七个系列：

I 单柜自并励磁系统（设计系列号 1）

在一个 2260×800×800 的标准柜体中，包含一套微机控制单元、一套全控整流桥、一套线性灭磁单元和励磁整流变压器，适用于额定功率在 500KW 以下，额定励磁电流为 500A 以下，出口电压为 400V 的发电机组。

I 一体化柜 + 整流变自并励磁系统（设计系列号 2）

在一个 2260×800×600 的标准柜体中，包含一套微机控制单元、一套全控整流桥、一套线性灭磁单元，励磁整流变压器布置于柜外，适用于额定功率在 2500KW 以下，额定励磁电流为 500A 以下，出口电压为 6.3kV 的发电机组。

I 调节灭磁柜 + 功率柜 + 整流变自并励磁系统（设计系列号 3）

系统由两个 2260×800×600 的标准柜体和一台励磁整流变压器组成，在调节灭磁柜中包含两套微机控制单元，一套线性灭磁单元，在功率柜中包含一套全控整流桥，该系统的微机控制单元为冗余配置，可适用于额定功率在 5000KW 以下，额定励磁电流为 750A 以下，出口电压为 6.3kV 或 10KV 的发电机组。

I 调节功率柜 + 灭磁功率柜 + 整流变自并励磁系统（设计系列号 4）

系统由两个 2260×800×800 的标准柜体和一台励磁整流变压器组成，在调节功率柜中包含两套微机控制单元、一套全控整流桥，在灭磁功率柜中包含一套线性灭磁单元、一套全控整流桥，该系统的微机控制单元和全控整流桥均为冗余配置，可适用于

额定功率在 10MW 以下，额定励磁电流为 1000A 以下，出口电压为 6.3kV 或 10KV 的发电机组。

I 调节柜 + 功率柜 + 灭磁柜 + 整流变自并励磁系统（设计系列号 5）

系统由三个 2260×800×800 的标准柜体和一台励磁整流变压器组成，在调节柜中包含两套微机控制单元、一套微机管理单元，在功率柜中包含两套全控整流桥，在灭磁柜中包含一套非线性灭磁单元、该系统的微机控制单元和全控整流桥均为冗于配置，可适用于额定功率在 20MW 以下，额定励磁电流为 1200A 以下，出口电压为 6.3kV 或 10KV 的发电机组。

I 调节柜 + 双功率柜 + 灭磁柜 + 整流变自并励磁系统（设计系列号 6）

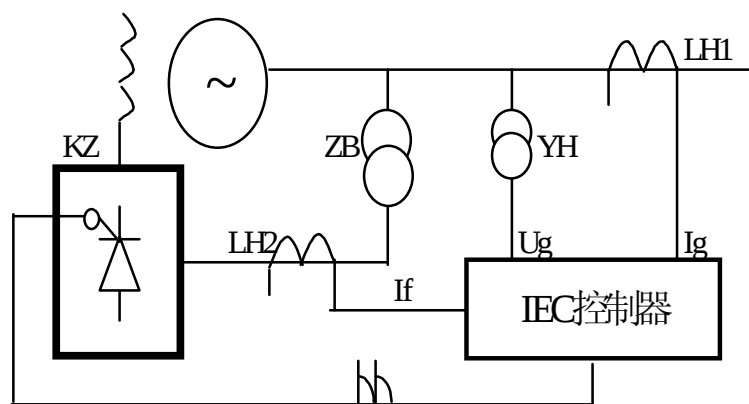
系统由四个 2260×800×800 的标准柜体和一台励磁整流变压器组成，在调节柜中包含两套微机控制单元、一套微机管理单元，在功率柜中包含两套全控整流桥，在灭磁柜中包含一套非线性灭磁单元，该系统的微机控制单元和全控整流桥均为冗于配置，可适用于额定功率在 50MW 以下，额定励磁电流为 1500A 以下，出口电压为 10KV 的发电机组。

I 调节柜 + 三功率柜 + 灭磁柜 + 整流变自并励磁系统（设计系列号 7）

系统由五个 2260×800×800 的标准柜体和一台励磁整流变压器组成，在调节柜中包含两套微机控制单元、一套微机管理单元，在功率柜中包含三套全控整流桥，在灭磁柜中包含一套非线性灭磁单元，该系统的微机控制单元和全控整流桥均为冗于配置，可适用于额定功率在 200MW 以下，额定励磁电流为 2500A 以下，出口电压为 10KV 以上的发电机组。

§ 1-1 系统组成

IEC 系列励磁系统为微机型可控硅全控整流自并励磁系统，电路原理框图如图一所示



(图一) 自并励可控硅励磁系统框图

系统由同步发电机、并联励磁整流变压器、微机励磁控制器、可控硅全控整流桥、线性灭磁单元、直流起励单元、机端电压电流互感器组成。

供货设备包括了除同步发电机、机端电压电流互感器以及高压熔断器等基本励磁系统必需的全部其它励磁设备。

§ 1-2 系统工作过程

IEC 系列自并励磁系统工作状态主要分起励、空载和负载三种工作状态。

自并励可控硅励磁系统的起励主要依靠初励电流完成。同步发电机在原动机带动下旋转后会产生一定的残余输出电压，由于整流单元的可控硅元件有一定的导通压降，当这个残压较低时，就不能保证同步发电机的自激起励，必须依靠初励电流建立一个低的输出电压保证可控硅元件可靠导通，完成同步发电机建压过程。IEC 系列自并励磁系统依靠厂用直流合闸电源经起励单元提供初励电流，同步发电机起励时自动投入，当机端电压达到 10% 时自动解除。

起励后，同步发电机可按需要稳定运行在 30%--110% 额定机端电压或 10%--110% 额定转子电流的任一空载状态，以方便完成发电机的并网过程。

发电机并网后，可按恒机端电压或者恒转子电流或者恒无功功率之一方式自动运行。

§ 1-3 设计特点

IEC 系列励磁系统有五个主要设计特点：

1.3.1 定子电压和定子电流交流采样

发电机定子电压和定子电流经 PT 和 CT 副方转换、滤波以后直接进入智能 A/D 采样单元，微机系统依此计算发电机定子电压 V_F 、定子电流 I_F 、有功功率 P 、无功功率 Q 、省去了模拟式变送器这种中间环节，简化了外围硬件，提高了响应速度和运行可靠性。

1.3.2 同步回路断线保护

独特的同步电路设计，保证了同步信号稳定、可靠。主要表现在以下两个方面：

其一、在发电机电压从残压到 130%额定电压范围内变化，同步方波始终稳定；

其二、同步回路无论是在同步变压器原方还是在副方发生一相断线故障，都能保证发电机在原工况稳定运行，不受影响。

1.3.3 调节规律采用最优线性控制技术

线性最优控制技术是目前应用较为成熟的控制技术之一，试验及研究表明，对同步发电机实行最优励磁控制，能提供合适的阻尼，抑制低频振荡，大幅度提高机组静稳定极限，并改善动态品质。使控制器具有优于电力系统稳定器（PSS）的功能。

1.3.4 精密的可控硅导通角控制技术

采用全数字可控硅导通角控制技术，应用多个 16 位可编程计数器，完成可控硅导通角、60 度角、脉冲宽度角的精密数字延时，具有精密、稳定、可靠，不受器件参数变化影响的特点。

1.3.5 显示信息丰富、直观，调试维护方便

设有丰富的运行参数显示功能和专用的调试单元。在调试时只需引入三相试验电源，就能全面检测装置的工作状态。这种设计特点独树一帜，不仅显示信息丰富、直观，而且给装置的全面调试和日常维护带来极大方便。

§ 1-4 最优励磁控制原理简介

根据被控机组与电力系统的联系，写出状态方程，经过线性化后，可得到一般形式的状态方程为

$$\dot{\mathbf{X}} \mathbf{X} = \mathbf{A} \mathbf{X} + \mathbf{B} \mathbf{U} \quad (1)$$

通常采用三阶模型，对采用励磁机励磁的发电机则采用四阶模型。

采用二次型性能指标：

$$J(\mathbf{X}, \mathbf{U}) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X} + \mathbf{U}^T \mathbf{R} \mathbf{U}) dt \quad (2)$$

以（1）式为约束条件，求（2）式泛函 J 为极小值的必要条件为

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P} + \mathbf{A} \mathbf{P} - \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} + \mathbf{Q} = 0 \quad (3)$$

解此黎卡梯方程，便可求出最优控制微量为

$$\mathbf{U} = -\mathbf{K} \mathbf{X} = -\mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{X} \quad (4)$$

式中 $\mathbf{P}$ -----黎卡梯矩阵代数方程的解；

$\mathbf{K}$ -----最优反馈增益矩阵，本装置中的三阶模型中

$$\mathbf{K} = [\mathbf{K}_p \quad \mathbf{K}_\omega \quad \mathbf{K}_v]$$

四阶模型中

$$\mathbf{K} = [\mathbf{K}_p \quad \mathbf{K}_\omega \quad \mathbf{K}_{vd} \quad \mathbf{K}_v]。$$

计算表明， K_p 、 K_ω 、 K_v 的值是随着发电机运行点改变而变化的，本装置分四段处理变增益控制。

试验研究及计算表明，对于不同的机组参数，算出的最优反馈增益比较接近，特别是 K_v 值很接近，机组与电力系统间联系电抗的大小对最优反馈增益影响不大。因此本装置对于不同电站的机组参数具有通用性。

§ 1-5 系统自动控制原理

智能微机控制器不断地对发电机定子三相电压及定子三相电流进行交流采样，从而计算出发电机端电压 V_t ，定子电流 I ，有功功率 P ，无功功率 Q 的当前值，此外采样励磁电流当前值，测量并计算机组频率当前值等。

以三阶模型为例，装置根据发电机端电压 ΔV_t ，有功功率 ΔP ，频率的变化量 $\Delta\omega$ ，每 10ms 内计算控制角增量 Δa 一次。算法如下：

$$\Delta_a = -D[K_p\Delta P + K_v\Delta V_t] \quad (5)$$

式中 D ——转换系数。

可控硅触发角

$$a_K = a_{K-1} + K_I V_t(K) + \Delta a \quad (6)$$

式中 K_I ——积分系数

装置采用数字移相技术确定可控硅触发角。数字移相触发是把算出的控制角 a 折算成对应的延时 t_a ，再折算成对应的计数脉冲个数 N_a

$$N_a = t_a / T_c = \{(a / 360)T\}f_c \quad (7)$$

式中 T ——阳极电压周期

T_c ——计数脉冲周期

fc——计数脉冲频率

在同步电压的自然换流点，同步方波引起中断，作为计时起点。CPU 响应中断后将 Na 送入计数器，时间一到立即输出相应的触发脉冲。微机输出为六路双窄脉冲（脉宽 0.08mS，可调），经前置放大及切换电路到脉冲放大部分，去触发相应的可控硅。

§ 1-6 主要功能

1. 6. 1 三种起励方式

- a). 按设定的励磁电流起励；
- b). 按设定的机端电压起励；
- c). 跟踪系统（母线）电压起励。

1. 6. 2 三种运行方式

- a). 恒机端电压运行；
- b). 恒励磁电流运行；
- c). 恒无功功率运行。

1. 6. 3 五种励磁限制

- a). 瞬时/延时过励磁电流限制；
- b). 过无功限制；
- c). 欠励限制；
- d). 功率柜停风或部分功率柜退出时限励磁电流；
- e). 伏/赫限制。

1. 6. 4 两种断线保护

- a). PT 断线保护；
- b). 同步回路断线保护。

- 1. 6. 5 空载过压保护。
- 1. 6. 6 运行参数显示及控制参数整定。
- 1. 6. 7 自检、自诊断、容错及故障检测功能。
- 1. 6. 8 与上位机和 PC 机通讯，具有运行状态指示、运行参数显示、事件记录、录波等功能。
- 1. 6. 9 具有完备的信号报警功能。

§ 1-7 主要性能指标

- 1. 7. 1 自并励残压起励：
100%残压起励，超调量不大于 5%、振荡 1 次，起励时间可调；
- 1. 7. 2 自并励逆变灭磁：
灭磁时间小于 3s，灭磁过程稳定可靠、无颠覆；
- 1. 7. 3 机端电压手动调节速度：
0.5%—0.9%U_{gn}/s；
- 1. 7. 4 电压/频率特性：
频率每变化 1%，机端电压变化不大于额定值的±0.10%；
- 1. 7. 5 ±10%阶跃响应：
无超调、无振荡，调节时间小于 1s；
- 1. 7. 6 发电机端电压静差率：0.1%；
- 1. 7. 7 发电机调压精度：0.2%；
- 1. 7. 8 发电机甩额定负荷：
电压超调 10%，振荡一次，调节时间小于 4s；
- 1. 7. 9 可控硅控制角移相范围：

软件设定， 15° — 120° 可调；

1. 7. 10 A/D 转换分辨率： 2^{-12}

1. 7. 11 调差率：

0 — $\pm 30\%$ 可调；

1. 7. 12 机端电压手动调节范围：

空载： 10% — 115% 可调；

负载： 70% — 110% 可调。

1. 7. 13 励磁电流手动调节范围：

空载： 5% — 65% ；

负载： 30% — 110% 。

1. 7. 14 发电机无功手动调节范围：

-80% — 130%

1. 7. 15 励磁系统响应时间：

34ms - - 电力系统短路到强励顶值总时间。

§ 1-8 适用范围

IEC 系列励磁系统适用于 50MW 以下自并励磁的发电机组。

第二章、励磁控制单元介绍

IEC 系列励磁系统控制单元采用工业控制用十六位微型处理器作为核心部分，配以必要的外围硬件构成智能控制器，采用双通道方式，一个多功能全自动通道为主控制器，另一个单功能通道为备用控制器，主备通道手动切换。励磁控制单元由 6 部分组成：a.) ICV40 微机控制器；b.) SCS52 单片机控制器；c.) 测量输入变换部分；d.) 电源部分；e.) 开关量输入/输出部分；f.) 人机接口部分；g.) 脉冲切换部分。

§ 2-1 ICV40 微机控制器



(图二) ICV40 微机控制器

ICV40 微机控制器为双 CPU 结构，主控 CPU 采用 NEC 公司的 UPD70208(V40) 十六位微处理器，辅助 CPU 采用了 ATMEL 公司的 AT89S52 八位单片机，主辅 CPU 之间的数据

交换采用了双口 RAM 进行，ICV40 微机控制器采用小板结构，其模板的标准尺寸为 $234 \times 157\text{mm}^2$ ，具有集成度高、小型化、模块化等特点。在机械强度、抗干扰能力等方面具有优越性。

ICV40 微机控制器主要由智能模数转换单元、微计算机单元、可编程计数器单元、光隔离开关量输入单元、光隔离开关量输出单元和串行通信接口单元组成。

2.1.1 单元介绍

a.) 智能模数转换单元

智能型 A/D 单元由 AT89C52-CPU 最小系统配以 A/D 转换芯片组成，模拟量输入共 8 路，与主 CPU 并行工作，每次可同步采集 8 路模拟量，将同一瞬间的采样值保存，转换时间为 $25\mu\text{s}$ ，分辨率 12 位。板上配有单片机及程序存贮器和数据存贮器，除可完成上述采样/保持、转换、读数的控制外，还可对数据进行直接处理，通过双口 RAM 可实现与主 CPU 之间的数据通信。

选用智能型 A/D 转换单元有两大优点：

其一是占用系统资源少，节省了主 CPU 在数据采集和处理上的时间，可缩短控制周期；

其二是实时性较强，适用于三相定子电压和三相定子电流的同步采集。

b.) 可编程计数器单元

单元由四片独立可编程的 16 位定时/计数芯片 INTEL8253、一片可编程中断控制芯片 8259 及译码电路组成。装置使用了其中三片 8253；另一片 8253 和 8259 芯片可作为装置的硬件扩展储备。

配置本单元的作用是弥补主 CPU 单元只有一片定时/计数芯片的不足，用于脉宽中断、 60° 中断和频率计算等要求的定时及计数。

c.) 光隔离开关量输入/输出单元

这两个单元的共同特点是 PCI 总线计算机与接口设备之间实现了完全的电隔离，具有较强的抗干扰能力。

输入单元可接 16 路输入，由 CPU 扫描进行检测。其作用是检测外部输入信号（通常有增减磁、开停机、手动停机、手动起励、发电机转速、断路器、灭磁开关状态及功率柜故障信号等，且可根据用户的要求进行扩充），并根据检测的信号进行所要求的励磁控制。

输出单元配有 22 路输出，各通道具有 24V/200mA 的驱动能力，可直接驱动继电器，输出的信号还具有锁存功能。其作用有二，其一是输出控制及报警信号；其二是实时输出可控硅触发脉冲。

d.) 异步通信单元

单元提供 2 路独立的采用 SC16C2550 芯片控制的 RS232 串行接口规范的全双工通信接口。通过跳线，2 个通讯口均可很方便地设置为 RS232 或 RS422 或 RS485 协议。既可用查询方式工作也可用中断方式工作。在本系统中 2 个串行口均设置为 RS232 协议，用于双机之间的内部通讯以及与 PC 机调试接口通讯。

2.1.2 性能参数

- a) 静态 RAM: 128K 字节，为常规内存；
- b) 不掉电 RAM: 128K 字节，存放装置的事件记录数据；
- c) EPROM: 256K 字节，固化励磁线性最优控制软件；
- d) 定时/计数器: 15 个 16 位；
- e) 两级中断控制: 可管理 256 个中断源；
- f) 开关量输入口: 16 个光电隔离口；
- g) 开关量输出口: 22 个光电隔离功率输出口，具有 24V/200mA 的驱动能力；

- h) 模拟量输入口：8 个同步采集口；
- i) A/D 分辨率：12 位；
- j) 串行通信接口：3 个。

2.1.3 主要特点

- a) 采用双 CPU 控制器，双口 RAM 交换数据，有很高的数据处理速度，能做复杂的数学运算，控制周期短，实时性强，性能好；
- b) 模拟量输入口可进行同步数据采集，适用于发电机三相定子电压和三相定子电流的交流采集，是提高控制实时性的有力保证。
- c) 指令与 IBM-PC 完全兼容，性能优于 IBM-PC，可运行与 MS-DOS 兼容的软件。

2.1.4 适用范围

ICV40 微机控制器在运行方式、模拟量同步采集、开关量检测及控制、通讯能力等方面设置非常完备，主要用于励磁控制装置的全功能自动主通道控制器，也可用作小型监控系统现地单元控制器、小型自动装置控制器使用。

2.1.5 外形尺寸

360mm×280mm×80mm

§ 2-2 SCS52 单片控制器

SCS52 单片控制器采用 ATMEL 公司的 AT89S52 八位单片机，采用 PLC 外形结构，具有小型化、模块化等特点。在机械强度、抗干扰能力等方面具有优越性。

2.2.1 单元介绍

SCS52 单片控制器采用两片 AT89S52 八位单片机，一片用于智能脉冲管理，另一片用于励磁调节采样计算控制。具有双通道的 V/F 变换电路，一通道用于采样励磁电流，另一通道用于采样阳极电压。

SCS52 单片控制器通过采样励磁电流，进行 PID 调节，完成恒励磁电流控制功能，同时通过采样阳极电压，间接测量机端电压，实现发电机过压保护功能。



(图三) SCS52 单片控制器

2.2.2 性能参数

- a) 静态 RAM: 512 字节，为常规内存；
- b) 不掉电 RAM: 512 字节，存放装置的事件记录数据；
- c) EEPROM: 16K 字节，固化励磁控制软件；
- d) 定时/计数器: 6 个 16 位；
- e) 两级中断控制: 可管理 32 个中断源；
- f) 开关量输入口: 6 个光电隔离口；
- g) 开关量输出口: 7 个光电隔离功率输出口，具有 24V/200mA 的驱动能力；
- h) 模拟量输入口: 2 个 V/F 采集口；
- i) 串行通信接口: 2 个。

2.2.3 主要特点

- a) 采用双单片机，有较高的数据处理速度，控制周期短，实时性强，性能好；
- b) 模拟量输入、数字量输入输出均采用高速光电隔离器隔离，具有很高的抗干扰能力。
- c) 电路简洁，功能完备，有很高的性价比。
- d) 全数字可控硅导通角控制，可控硅导通角精密数字延时，具有稳定、可靠，不受器件参数变化影响的特点。

2.2.4 适用范围

SCS52 单片控制器具有恒励磁电流控制功能，主要用于励磁控制装置的手动通道控制器使用。

2.2.5 外形尺寸

155mm×110mm×64mm

§ 2-3 人机接口

IEC系列励磁系统采用彩色液晶触摸显示屏作为用户界面。界面友好，操作简单，功能强大。

彩色液晶触摸显示屏型号为MT506SV4，尺寸为5.7寸，256色显示。



(图四) MT506SV4彩色液晶触摸屏

§ 2-4 电气参数测量部分

IEC 系列励磁系统的励磁测量信号特别完善，有发电机三相定子电压 V 、三相定子电流 I 、有功功率 P 、无功功率 Q 、母线电压 V_s 、转子电流 I_f 、机组频率 f 等，但测量电路却非常简单。

IEC 系列励磁系统采用直接测量和间接测量两种方式。

直接测量是指将电气量通过硬件通道直接送到微机，进行 A/D 转换的测量方式；

间接测量是指根据直接测量的电气量，用数学计算的方法利用微机进行软件处理的测量方式。

2.4.1 电气参数直接测量部分

直接测量的电气信号包括三相定子电压 V 、三相定子电流 I 、母线电压 V_s 、转子电流 I_f 。

三相定子电压输入范围为 AC 0-150V，三相定子电流输入范围为 AC 0-5A，母线电压输入范围为 AC 0-150V，转子电流输入范围为 DC 0-75mV。

定子电压、定子电流、母线电压的测量输入经过微型电压电流互感器转换隔离后，送入有源滤波电路滤波，再送入 ICV40 微机控制器的 A/D 转换口进行交流采样。

转子电流取分流器上的信号，经传感器隔离和滤波后再送入 ICV40 微机控制器的 A/D 转换口进行直流采样。

在测量变换滤波单元上还设置有同步信号整形及变换电路。同步电压的信号源取自机端电压互感器的副方，经微型电压互感器降压、RC 电路滤波、比较电路整形为三路 120°同步方波，送入微型计算机，作为同步中断信号。

2.4.2 电气参数间接测量部分

间接测量的电气参数包括有功功率 P、无功功率 Q 和机组频率 f。

a.) 有功功率和无功功率测量

交流采样定子电压和定子电流，可以计算出两者的复数形式，

$$V = A + Bi$$

$$I = C + Di$$

从而可以分别计算出有功功率 P 和无功功率 Q，即

$$P = AC - BD$$

$$Q = AD + BC$$

实践表明，计算出的有功功率和无功功率的精度足以满足现场的实际要求。

b.) 机组频率测量

对机组频率的测量采用了数字测频方法。即利用同步方波中断，通过计数器计数，可获得发电机组频率的当前值。

§ 2-5 电源部分

电源部分由工控电源和脉冲放大电源组成。所有电源均采用双路供电方式，具有高可靠性。电源采用交直流输入方式。外部输入电源包括 DC220V 和厂用电 AC220V。

工控机电源采用独立的高性能开关式直流稳压电源，各通道各自独立，输入实现双重化。电源等级为：+5V/10A；+12V/2A；-12V/2A；+24V/1A（不共地）。其中+24V 的电源用作 DC24V 内部继电器的操作电源和脉冲变压器的电源。

§ 2-6 开关量输入、输出部分

开关量输入、输出部分完成励磁控制和异常运行状态报警功能，由开关量输入、输出及其相应继电器控制电路组成。其输入、输出通道参见装置随机图纸。

2. 6. 1 开关量输入信号

开关量有以下输入信号：

- (1) LCU 增磁命令；
- (2) LCU 减磁命令；
- (3) 手动起励命令；
- (4) 开机命令；
- (5) 停机命令；
- (6) 出口断路器状态；
- (7) 灭磁开关状态；
- (8) 自动通道在线；
- (9) 功率桥故障；
- (10) 停风；
- (11) 本机故障。

2. 6. 2 开关量输出信号

开关量输出信号由计算机控制，其作用有三：①励磁控制（如投起励电源）；②异常运行情况报警；③脉冲输出。

开关量有以下输出信号：

- (1) 投初励；
- (2) 自动投风机；
- (3) 本机故障；
- (4) +A 相脉冲；
- (5) -C 相脉冲；
- (6) +B 相脉冲；
- (7) -A 相脉冲；
- (8) +C 相脉冲；
- (9) -B 相脉冲。

第三章 其它硬件介绍

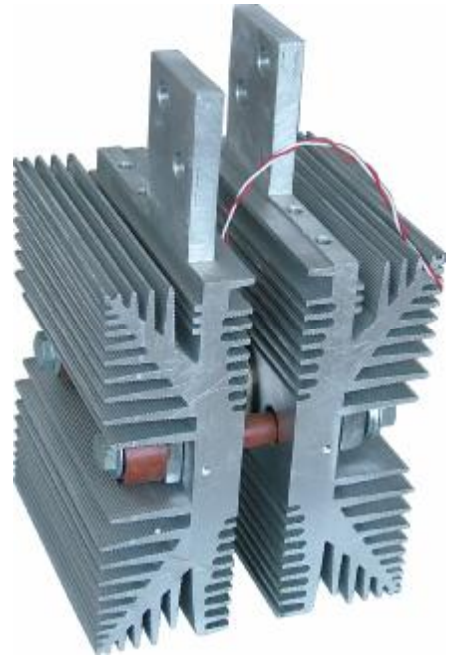
§ 3-1 全控整流单元

IEC 系列励磁系统采用三相全控整流桥作为功率输出单元，每套励磁系统可根据励磁电流大小采用单桥输出单元或二至五桥并联输出单元，在全控整流桥并联输出时，每桥输出电流的均流系数大于 0.95。

每套全控整流桥由六只平板型可控硅及铝型材散热器，六只快速熔断器，六只专用脉冲变压器组件，RC 换相尖峰吸收电路，两个低噪音轴流风机，阳极刀闸及分流器等组成。

三相全控整流单元采用优化的结构设计，紧凑清晰，维护方便。

铝型材散热器分为 SF15 和 LJ1200 两种，当励磁电流小于 750A 时采用 SF15 型散热器，励磁电流在 750A 以上时采用 LJ1200 型散热器。



(图五) SF15 型散热器



(图六) LJ1200 型散热器

可控硅触发为双脉冲触发，采用高隔离的专用脉冲变压器组件，驱动电流小于 20mA，输入输出隔离电压可达万伏，同时还能将触发脉冲扩展为高频脉冲列，使可控硅触发更为快速可靠。专用脉冲变压器组件上有电源和脉冲输出指示，运行中可很方便的监视 6 个脉冲输出情况，系统故障可及时发现故障原因。



(图七) 脉冲变组件



(图八) EBM 风机

轴流风机为德国进口 EBM 牌低噪音交流风机，具有风量大，寿命长的特点，最大排风量可达 1910m³/h。



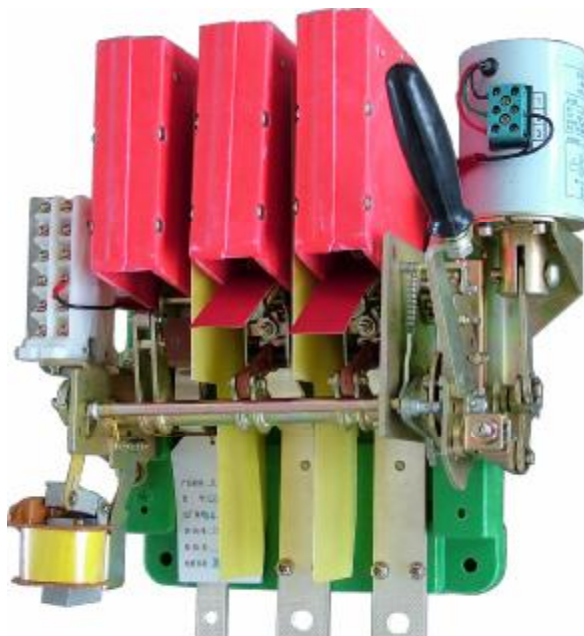
(图九) 快速熔断器

快速熔断器采用第四代平板型 RSM 系列熔断器，具有高分断能力和低 I²T 性能，同时，体积小，电寿命长，每一只熔断器熔断时均能发出信号。

§ 3-2 线性灭磁单元

IEC 系列励磁系统采用线性灭磁技术，线性灭磁单元由灭磁开关、灭磁开关操作回路、线性灭磁电阻等组成。

采用新型灭磁开关，可手动、电动合



(图十) 灭磁开关

闸，专利合闸线圈，具有合闸冲击电流小，动作快速的特点。

灭磁开关跳闸回路具有发电机断路器闭锁功能，当发电机断路器处于合闸状态时，灭磁开关不能手动跳闸，而机组保护跳灭磁开关则不受发电机断路器状态限制。



(图十一) 灭磁电阻

§ 3-3 起励单元

对于新发电机或停机时间较长的情况，发电机剩磁小，残压较低，同时由于可控硅整流压降大，自并励磁系统将不能自激建压，必须依靠起励单元才能起励。

IEC 系列励磁系统的起励单元由厂用直流操作电源供电，由自动开关、起励接触器、隔离二极管、降压电阻等组成。

起励单元只提供一个较小的初始励磁电流，同时微机控制器将根据发电机残压大小情况，自动控制起励单元是否投入，以及何时投入，何时切除。

第四章 软件简介

§ 4-1 软件组成及编程语言

IEC 智能励磁控制器的软件包括：主程序，中断服务程序，智能 A/D 程序，控制量计算程序，各种功能程序，开关量及键盘命令程序，通信跟踪程序，诊断程序，通用子程序等。软件采用模块结构，易于调试、修改及扩充。

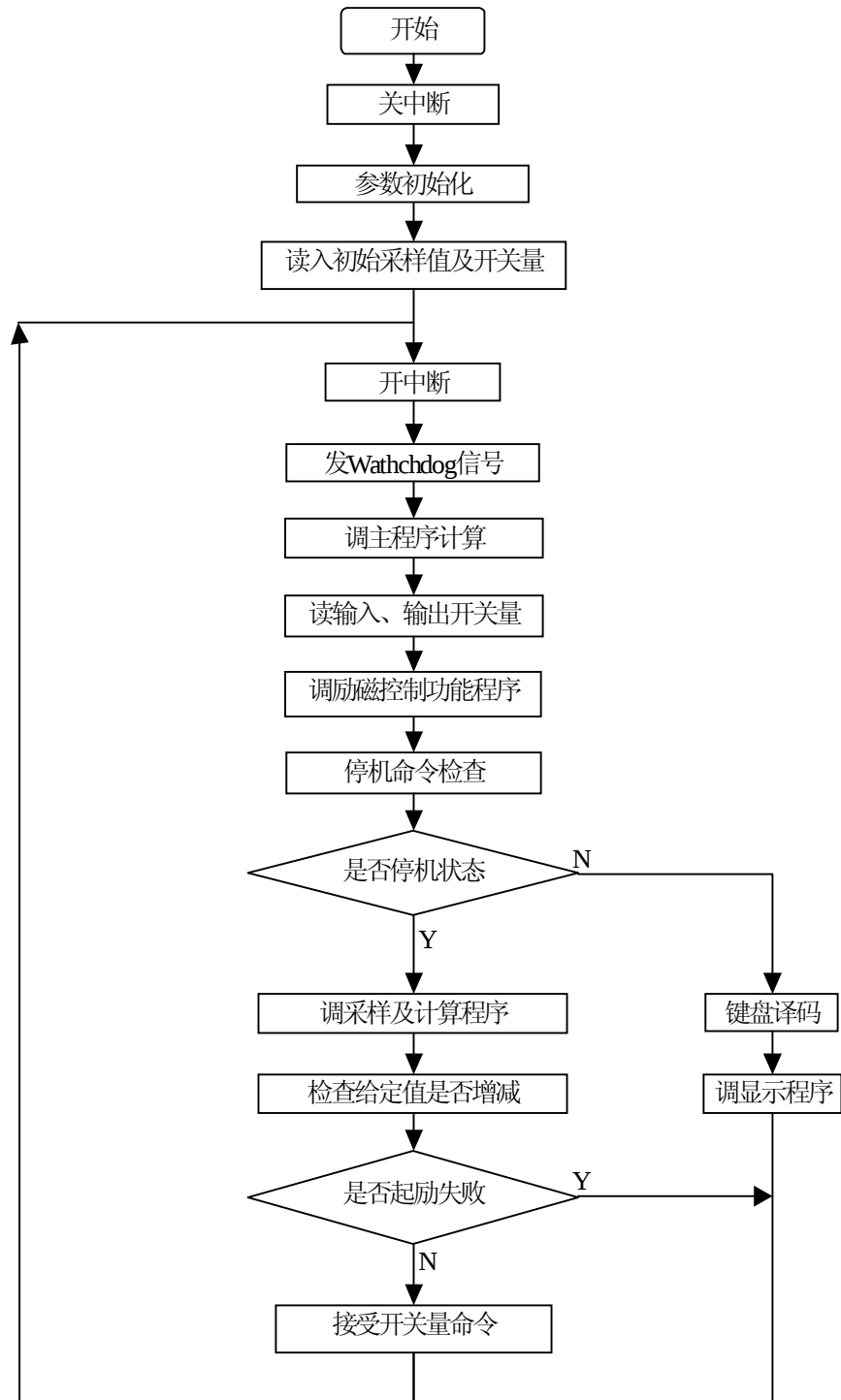
V40 系统的软件，采用 Intel8086 汇编语言编写。智能式同步采集 A/D 板，由 AT89C52 单片机管理，采用 8031 汇编语言编程。

§ 4-2 软件工作流程

IEC 系列智能励磁控制器的控制、保护、限制等功能，分别由主程序和中断服务程序实现。有实时性要求的功能模块，在中断服务程序中完成，其余由主程序执行。

4.2.1 主程序工作流程

其粗略框图如图二所示：



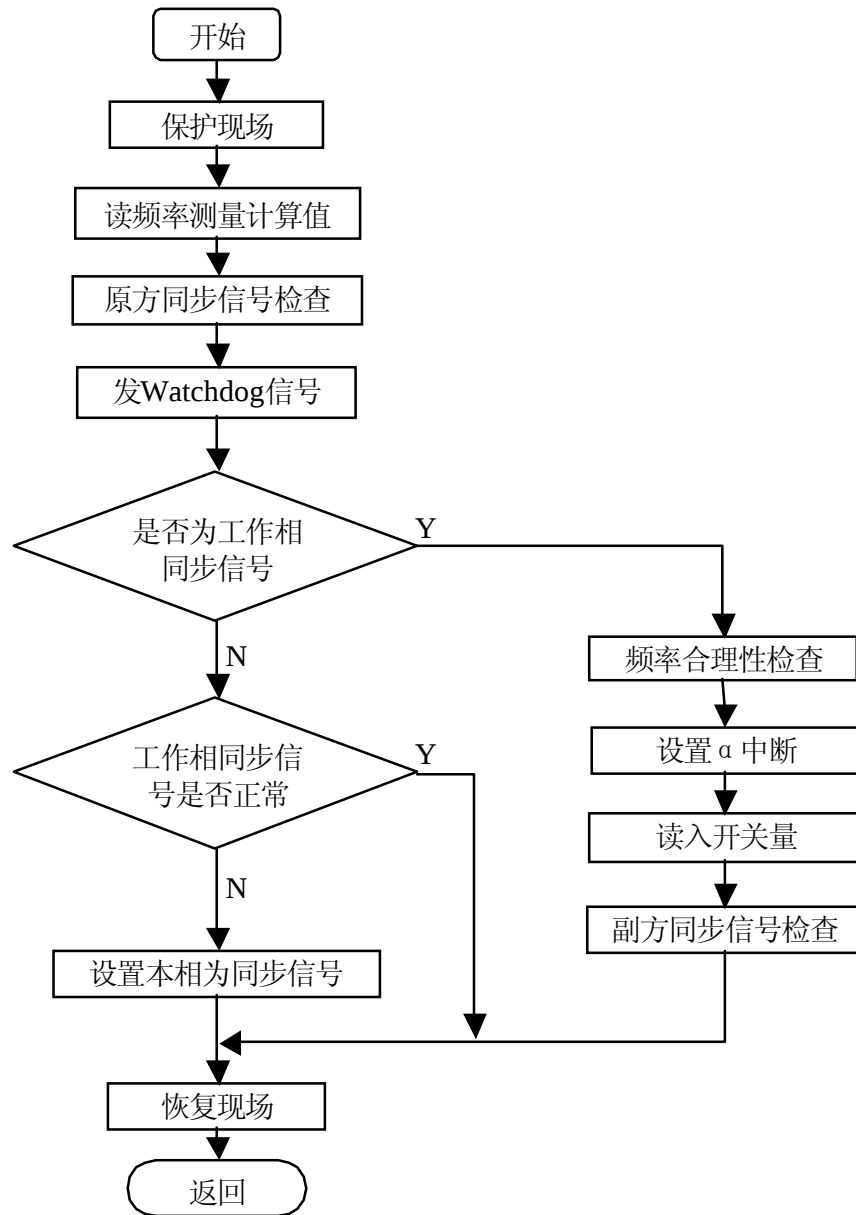
(图二) 主程序工作流程图

4.2.2 中断服务程序工作流程

中断服务程序包括：同步信号中断， α 角中断， 60° 中断及脉冲宽度中断。

4.2.3 同步信号中断

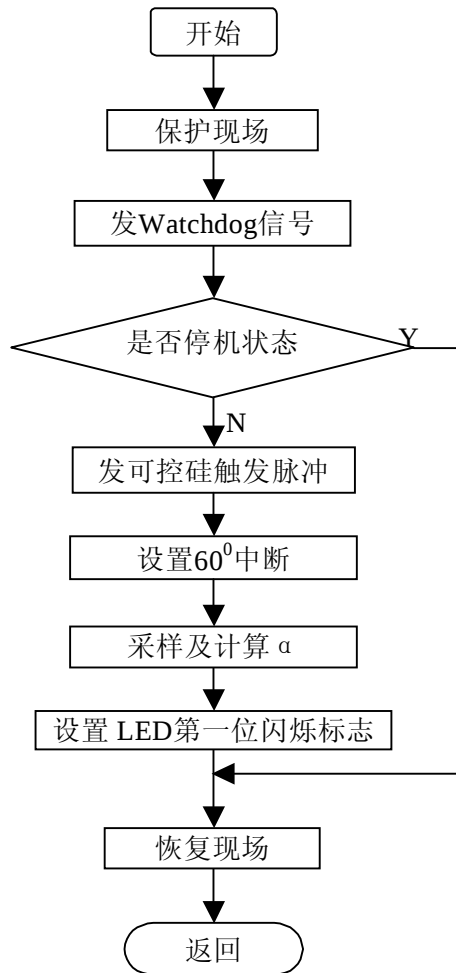
程序框图如图三所示：



(图三) 同步信号中断程序流程图

4.2.4 α 角中断

程序框图如图四所示。



(图四) α 角中断程序流程图

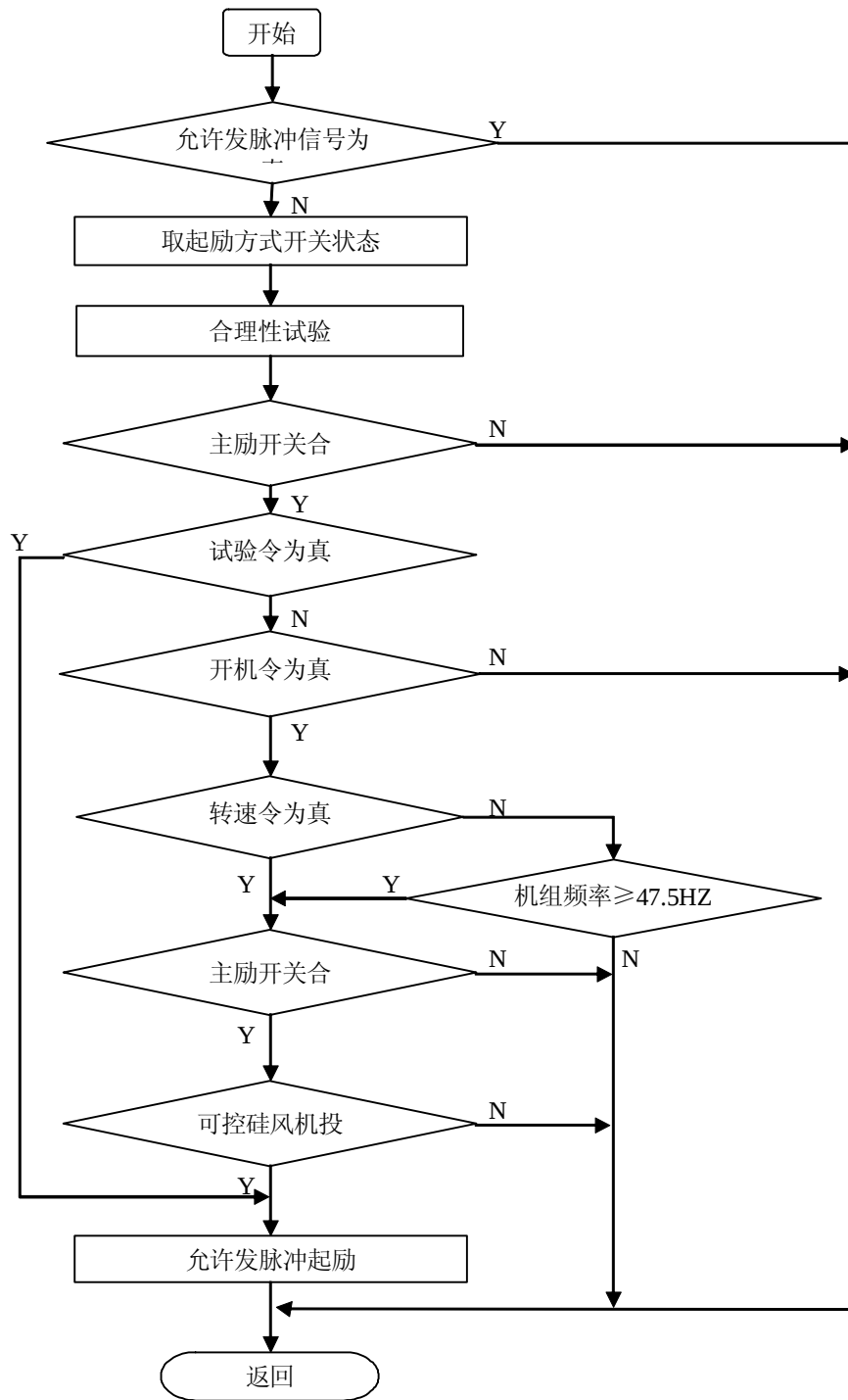
其他程序框图不一一列举。

4.2.5 其他程序模块的工作流程

主要包括：起励程序； α 角计算程序；基准值增加程序；基准值减少程序；低励

限制程序等。

现举起励程序为例，其工作流程如框图五所示。



(图五) 起励程序流程图

本套软件设计紧凑，每 10ms 可完成控制运算，更新控制角 α 。

第五章 功能说明

§ 5-1 自动起励

起励方式由面板上的“起励方式”按键选择。微机上电后处于等待状态，当接收到开机令和检测到 95%转速的频率信号，则按事先选择的起励方式自动起励。如果未选择起励方式，则自动按照 U_g 方式起励升压至 100%机端电压。

在自并励方式或带直流励磁机励磁方式下一般可残压起励。如果发电机残压太低，则自动投入起励电源助磁，如果经 5 秒钟后起励未成功，则报起励失败信号并停发触发脉冲。由运行人员检查起励回路及可控硅整流电源。再次起励前，需按“逆变”按钮清除起励失败标志，再按“手动起励”按钮进行起励操作。

在调试中进行起励试验，可按面板上的“手动励（或试验）”按钮。需要注意的是“手动起励”信号是“开机命令”信号和“95%转速”信号的替代。即当按下“手动起励”按钮，不判断发电机转速或频率，如果其它相关条件满足后直接发出起励脉冲。

§ 5-2 逆变灭磁

发电机处于空载运行状态，如需要手动逆变，可按面板上的“逆变”按钮。如果发电机已并网运行，则自动封锁“逆变”按钮，“逆变”按钮无效。

发电机处于空载运行状态时，以下两种情况将自动逆变：

- (1)检测到“停机令”；
- (2)发电机频率低于 45Hz。

§ 5-3 自动跟踪

为保证微机间相互切换（自动或手动）平稳、无冲击扰动，装置设有自动跟踪功

能。非在线机的给定值跟踪本机的运行方式测量值；非在线机的控制角 α 自动跟踪在线机的控制角 α 。

§ 5-4 运行方式平稳转换

装置的 V40 计算机单元设有三种运行方式，发电机处于空载状态时，此单元以起励方式设置运行方式，发电机并网后，自动转为恒电压运行方式。运行中如果需要转换至其他运行方式，可通过小键盘操作，进行手动切换。在方式转换时，自动跟踪，因而转换平稳，无冲击。即使在并网运行中，如果出现某些故障，调节器也会自动转换到相应其它运行方式——如功率柜故障会转换到恒励磁电流运行方式。

§ 5-5 $\pm 10\%$ 阶跃平稳转换

装置的 V40 计算机单元设有空载 $\pm 10\%$ 阶跃功能，在机组空载运行时，通过小键盘操作，可使机端电压给定值作 $+10\%$ 或 -10% 阶跃，供阶跃响应试验用。此功能在负载状态自动闭锁。

§ 5-6 调差率在线整定

装置事先根据使用单位的要求设定调差率。如果现场要求改变调差率，可以通过小键盘在线整定。整定范围为 $0 \sim \pm 30\%$ ，全程均匀分档，档距 1% ，并可显示调差率当前值。

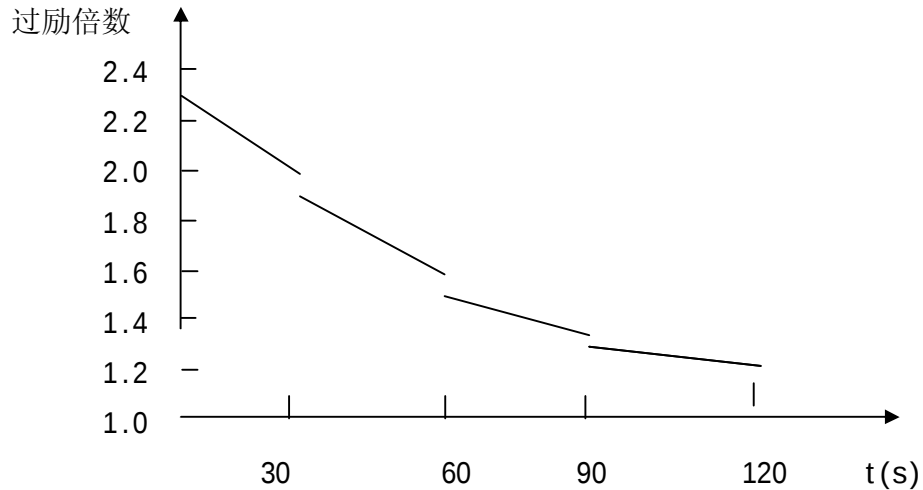
§ 5-7 励磁限制

励磁限制对组及励磁系统的安全运行具有重要意义。MEC 微机励磁控制器设有下列五种励磁限制。

5.7.1 瞬时/延时过励磁电流限制

设置这一限制的目的是防止励磁绕组较长时间过电流而过热。限制曲线按发热量

大小作成反时限特性，并考虑当电力系统中发生短路，应保证机组强励到顶值，不受限制，反时限特性的设计曲线示意图如六所示。实际限制参数根据电厂要求设定。



(图六) 瞬时/延时过励磁电流限制曲线

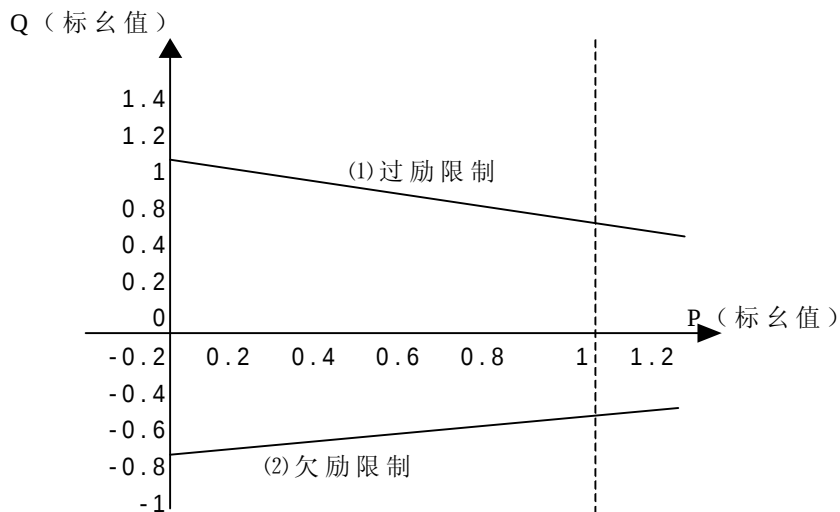
当励磁电流小于或等于额定励磁电流的 1.1 倍，不限制；当励磁电流超过 1.1 倍，经过相应的延时后立即限制到 1.1 倍额定励磁电流运行。

5.7.2 功率柜停风或部分功率柜退出时限励磁电流

当功率柜部分退出或停风，输入微机的有关开关量变位，由微机进行逻辑判断后进行励磁限制，限制参数根据电厂要求设定。

5.7.3 欠励限制

欠励限制由软件实现，整定值可在线修改。限制线示意图如图七所示。实际限制参数根据用户要求设定。



(图七) 欠励限制及过无功限制曲线

5.7.4 无功过载限制

设置无功过载限制的目的是防止人为或计算机监控系统自动增加无功过多。无功过载限制线示意图如图七所示。实际限制参数根据用户要求设定。

无功过载限制只针对增磁操作出错时限制无功增加过多。当电力系统发生短路，系统电压降低，这时机组送出的无功不受限制，以支援电力系统。

欠励限制线以上，无功过载限制线以下，有功限制线（由调速器设定）以左围成的区域（参看图七），为机组 P、Q 安全运行区。

5.7.5 伏/赫限制（V/f 限制）

设置伏/赫限制的目的是防止机组在低转速下运行时过多地增加励磁，以致发电机电压过高，铁芯磁通密过大。同时可作为主变压器的过磁通保护。

其基本原理是通过软件在低速区间（47~45Hz）使

$$V(\text{标么值})/f(\text{标么值})=\text{常数}$$

常数值根据要求设置，本控制器取为 1.1，即在低速区间铁芯中磁通密度最高

限制到 110%，以防过热。

程序设定 f 在 $47H_z$ 以上不限制， $f \leq 45H_z$ ，自动逆变灭磁。机组并网后 V/F 限制无效。

§ 5-8 断线保护

5.8.1 断线保护

在机组运行过程中，如发生励磁 PT 或仪用 PT 断线事故，可排除误强励，机组继续平稳运行，并报警和指示。

其实现原理是在线机检测到 PT 断线故障后，将恒电压运行方式自动转换为恒励磁电流运行方式，并报警输出，报警的同时快速切换至另一正常通道。

5.8.2 同步回路断线保护

在机组运行过程中，如同步变压器原方或副方发生一相断线故障，机组仍继续正常运行，不受影响。

第六章、安装、调试、使用与维护

§ 6-1 设备的安装注意事项

- (1) 设备安装周围空气相对湿度不大于 85% (20 °C±5 °C 时)。
- (2) 设备周围应无腐蚀性气体，导电尘埃。
- (3) 交直流控制电源接线必须可靠，且导线容量一定要达到要求。交流电源为单相 220V，选用 1.5mm² 多芯软铜线，直流控制电源为 220V，选用 1.5mm² 多芯软铜线，直流合闸电源为 220-240V，选用 2.5mm² 多芯软铜线。
- (4) 励磁柜与整流变压器的连线必须正确，保证相序相别正确，导线截面必须大于 120mm²。
- (5) 励磁柜与转子回路的连线必须正确，保证极性正确，导线截面大于 180mm²。
- (6) 励磁柜顶部空间必须大于 300mm，励磁柜后部空间必须大于 500mm，确保柜体四周空气流动顺畅。

§ 6-2 现场调试

IEC2-12B 励磁系统在生产和出厂时已做过精密调试，对于内部基准，现场一般不须再调整。

对于安装完后的现场调试，主要是为了检查系统的连接是否正确，可做一个综合性的小电流调试，以便检查系统连接的相序、相别是否正确，接线是否牢固可靠。

§ 6-3 运行操作

6.3.1 面板可操作器件介绍

面板上设置有交流工作电源开关 K1，直流工作电源开关 K2，风机手自动选择开关 62QK，FMK 手动操作开关 61QK，自动通道投入按钮 AN7，手动通道投入按钮 AN8，灭磁按钮 AN1，方式按钮 AN2，选择按钮 AN3，起励按钮 AN4，增磁按钮 AN5，减磁按钮

AN6，人机接口 LCD。

6.3.2 柜内可操作器件介绍

柜内设置有起励合闸电源开关 61ZK，直流操作电源开关 62ZK，交流操作电源开关 63ZK，阳极刀开关 1DK，灭磁开关 FMK。

6.3.3 机组起励前的准备

合上开关 61ZK，62ZK，63ZK，合上阳极刀开关 1DK，合上面板交流直流电源开关 K1、K2，风机手自动选择开关 62QK 置于自动位置，操作 61QK 开关合上灭磁开关 FMK。

6.3.4 起励灭磁操作

机组起励前的准备工作完成后，当机组转速达到 95%以上时，按起励按钮 AN4 即可使机组起励到预先设定的机端电压。

当机组在空载状态下，按灭磁按钮 AN1 即可使机组灭磁。

6.3.5 增减磁操作

当机组在空载状态下，按增减磁按钮 AN5、AN6 可增减机端电压。

当机组在并网状态下，按增减磁按钮 AN5、AN6 可增减机组无功。

§ 6-3 设备的维护

本装置可靠性很高，一般不需特别维护，在停机状态下，通常仅需作以下常规检查：

1. 查看各个联接部件是否有松动现象；
2. 检查开关及指示灯是否完好；
3. 检查表计指示是否正常；
4. 检查快速熔断器及控制保险是否完好；

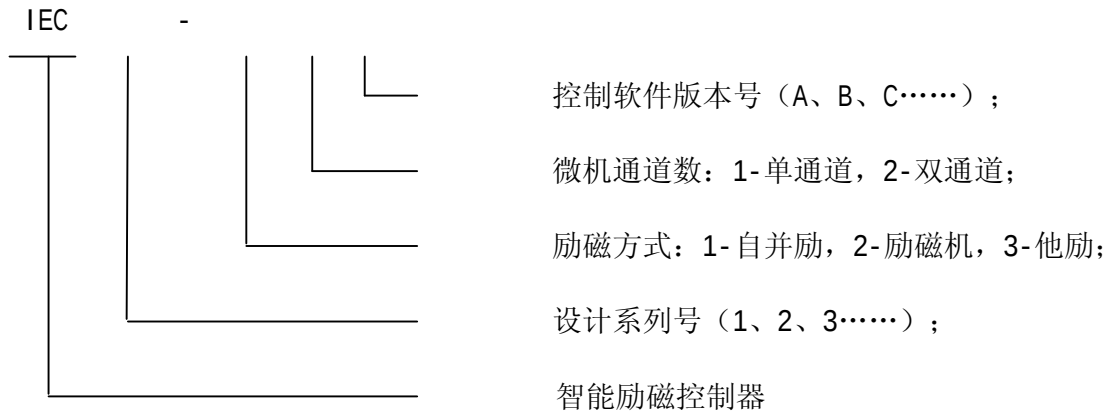
5. 清扫灰尘，防止装置电气绝缘降低。

如要进行更为细致的检查，请先详细了解装置的电路原理，参照本装置实验步骤的有关项目进行各项检查。现场非电气维修人员（未经专业培训）不要随意打开机箱，当心触电伤人。

第七章 其 他

§ 7-1 型号编号说明

IEC 系列微机励磁控制器型号定义如下：



§ 7-2 使用环境

- I 使用地点的海拔高度不大于 2000 米。
- I 环境温度为-40～55℃
- I 环境相对湿度≤90%；
- I 装置周围环境应保持干燥、清洁、通风良好，无爆炸、腐蚀性气体，所含导电尘埃的浓度不应使绝缘水平降低到允许值以下。

IEC 系列励磁系统设计机组参数征询表

用户名称		
工程性质		
励磁方式	自并励	
机组容量		
发电机有功		
发电机无功		
额定功率因素		
定子额定电流		
发电机定子电压		
空载励磁电压		
额定励磁电压		
空载励磁电流		
额定励磁电流		
阳极电压		
转子直流电阻(75°C)		
定子 PT 变比		
定子 CT 变比		
阳极 CT 变比		
励磁系统型号		