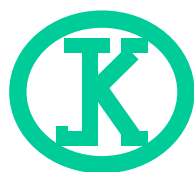


IEC 系列智能励磁控制器

# 技术说明书



宜昌市劲康科技有限责任公司

---

# 企 业 简 介

---

## BRIEF INTRODUCTION

宜昌市劲康科技有限责任公司始建于一九九五年。是由原宜昌市净康公司、联众科技公司、宏基电脑联合组建起来的专业从事电力系统自动控制设备、保护设备、直流电源设备、发电机励磁设备和水轮发电机电动盘车装置研发和生产的高科技公司，是经宜昌市科委核准的科技型企业。

宜昌市劲康科技公司凝聚了一批多年从事电力生产、电力建设、电力试验的专家，从事过丹江口水电站、葛洲坝电厂、清江水电站及三峡电厂的建设工作，并与一批年富力强、具有现代化电力系统控制技术的专业人才组成完美的科研队伍，为葛洲坝水力发电厂、清江开发公司等电力系统用户提供过优质的产品和满意的售后服务。

公司秉承“商道即人道”的企业精神和“以人为本”的理念，坚持“把困难留给自己，把方便留给他人”的服务宗旨，紧抓产品质量、技术和服务工作，永远忠实服务客户。

---

尊敬的用户：

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。

劲康科技有限责任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：

公司名称：宜昌市劲康科技有限责任公司

公司地址：宜昌市樵湖一路 21 号

邮编：443002

电话：(0717) 6855517, 6856682, 6850105, 6850129

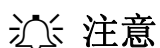
传真：(0717) 6854229

产品上标记



在高压存在的地方粘贴此标记。

手册中标记



注意字句指可能造成本设备或其它设备损坏的状况或做法

---

## 目 录

前言	
第一章 概述	1
§ 1-1 设计特点	1
§ 1-2 最优励磁控制原理简介	1
§ 1-3 装置的基本工作原理	2
§ 1-4 主要功能	2
§ 1-5 主要性能指标	4
§ 1-6 适用范围	5
§ 1-7 型号编号说明	7
§ 1-8 使用环境	7
第二章 硬件组成	8
§ 2-1 硬件概述	8
§ 2-2 微型计算机	8
§ 2-3 电气参数测量部分	12
§ 2-4 电源部分	13
§ 2-5 开关量输入、输出部分	13
§ 2-6 调试及运行操作部分	15
第三章 软件简介	17
§ 3-1 软件组成及编程语言	17
§ 3-2 软件流程图	17
第四章 功能说明	22
§ 4-1 自动起励	22
§ 4-2 逆变灭磁	22
§ 4-3 自动跟踪	22
§ 4-4 运行方式转换	22
§ 4-5 士10%阶跃功能	23
§ 4-6 参数在线修改	23
§ 4-7 励磁限制	23
§ 4-8 断线保护	25
§ 4-9 在线检测	25
§ 4-10 运行参数显示	25
§ 4-11 参数在线修改和显示	26

---

# 前 言

IEC 系列智能励磁控制器采用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编制的控制程序，由我公司具有丰富现场经验的工程、技术人员进行系统设计，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 IEC 系列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，用户可以通过任何途径与我公司联系并提供书面要求，装置程序软件将按用户参数要求进行设置。

# 第一章 概述

IEC 系列智能励磁控制器，采用线性最优控制这种现代控制技术，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，是各种大、中、小型同步发电机理想的励磁控制器，可满足无人值守的要求。

## § 1.1 设计特点

### 1.1.1 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。

### 1.1.2 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。

### 1.1.3 调节规律采用线性最优控制技术

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。

### 1.1.4 显示信息丰富、直观，调试维护方便

本控制器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。

## § 1.2 线性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：

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

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：P——黎卡梯矩阵代数方程的解；

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

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

计算表明， $\mathbf{K}_p$ 、 $\mathbf{K}_\omega$ 、 $\mathbf{K}_v$  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  $\mathbf{K}_v$  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。

### § 1.3 装置的基本工作原理

装置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  $\Delta V_t$ ，有功功率  $\Delta P$ ，频率的变化量  $\Delta \omega$ ，每 10ms 内计算控制角增量  $\Delta a$  一次。算法如下：

$$\Delta a = -D[\mathbf{K}_p \Delta P + \mathbf{K}_v \Delta V_t] \quad (5)$$

式中：D——转换系数。

可控硅触发角

$$\alpha_k = \alpha_{k-1} + K_I V_t(K) + \Delta\alpha \quad (6)$$

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  $\alpha$  折算成对应的延时  $t_\alpha$ ，再折算成对应的计数脉冲个数  $N_\alpha$

$$N_\alpha = t_\alpha / T_c = \{(\alpha / 360)T\}f_c \quad (7)$$

式中： $T$ ——阳极电压周期

$T_c$ ——计数脉冲周期

$f_c$ ——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  $N_\alpha$  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。

## § 1.4 主要功能

### 1.4.1 两种起励方式

- 按设定的励磁电流起励<sup>①</sup>；
- 按设定的机端电压起励；

### 1.4.2 两种运行方式

- 恒机端电压运行方式；
- 恒励磁电流运行方式；

### 1.4.3 五种励磁限制

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

### 1.4.4 两种断线保护

- PT 断线保护；
- 同步回路断线保护。

### 1.4.5 空载过压保护。

- 1.4.6 运行参数显示及控制参数整定。
- 1.4.7 自检、自诊断、容错及故障检测功能。
- 1.4.8 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。
- 1.4.9 具有完备的信号报警功能。

## § 1.5 主要性能指标

### 1.5.1 自并励残压起励：

100%残压起励，超调量不大于 10%、振荡不大于 3 次，起励时间可调；

### 1.5.2 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；

### 1.5.3 机端电压手动调节速度：

0.5%—0.9%U<sub>gn</sub>/s；

### 1.5.4 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%；

### 1.5.5 ±10%阶跃响应：

超调量>阶跃量的 20%、振荡次数≤2 次，调节时间小于 2s；

### 1.5.6 发电机端电压静差率：±0.5%；

### 1.5.7 发电机调压精度：0.2%；

### 1.5.8 发电机甩额定负荷：

电压超调<15%，振荡 1~2 次，调节时间小于 4s；

### 1.5.9 可控硅控制角移相范围：

软件设定，15° — 120°可调；

### 1.5.10 A/D 转换分辨率：2<sup>-12</sup>

### 1.5.11 调差率：

0 — ±30%可调；

### 1.5.12 机端电压手动调节范围：

空载：10% — 115%可调；

负载：70 %— 110%可调。

### 1.5.13 励磁电流手动调节范围：

空载：5% — 65%；

负载：30% — 110%。

#### 1.5.14 发电机无功手动调节范围：

-80% — 130%

#### 1.5.15 励磁系统响应时间：

34mS——电力系统短路到强励顶值总时间。

### § 1.6 适用范围

IEC 系列微机励磁控制器适用于自励、带直流励磁机和他励的励磁系统。以下图示几种典型可控硅励磁方式的简单接线图，用户可根据自己的实际情况灵活选用、并实施具体方案。

#### 1.6.1 自励方式

自励方式包括自并励和自复励方式，自复励方式又可为分交流侧串联、直流侧并联自复励等。

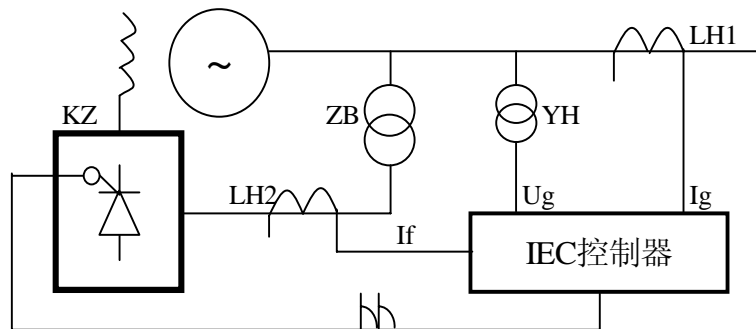


图 1： 自并励可控硅励磁方式

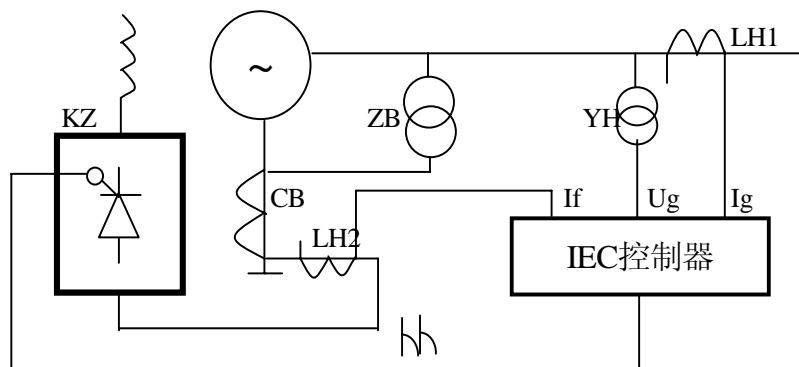


图 2： 交流侧串联自复励方式

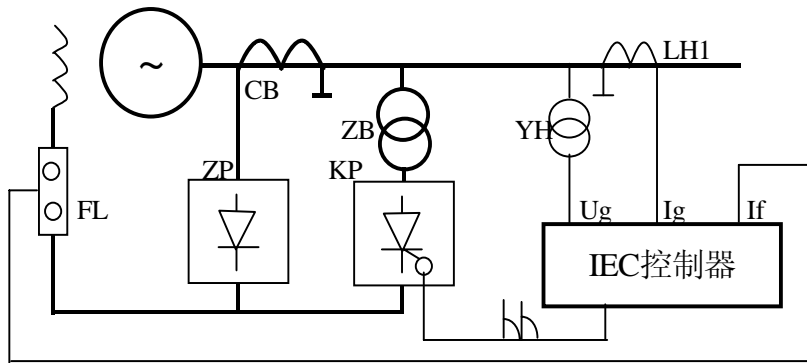


图 3: 直流侧并联自复励方式

### 1.6.2 带直流励磁机的可控硅励磁方式

这种励磁方式包括直流励磁机采用可控硅自励和采用连续性可控硅励磁方式。

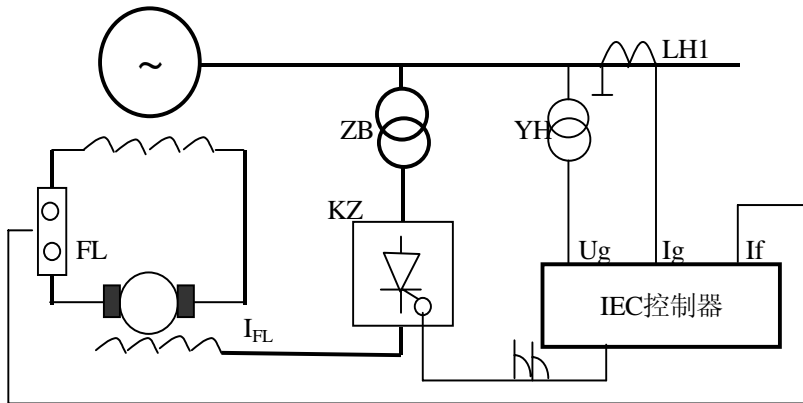


图 4: 直流励磁机采用可控硅自励

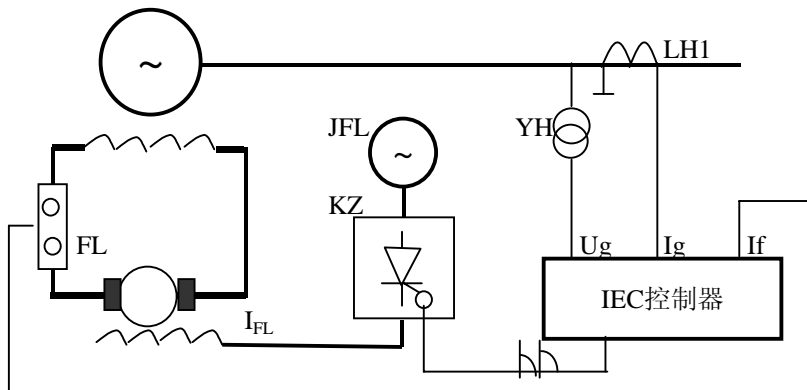


图 5: 直流励磁机采用连续型可控硅励磁

### 1.6.3 他励方式

此方式包括交流励磁机带静止硅整流器方式、交流励磁机带静止可控硅方式和无刷励磁方式。

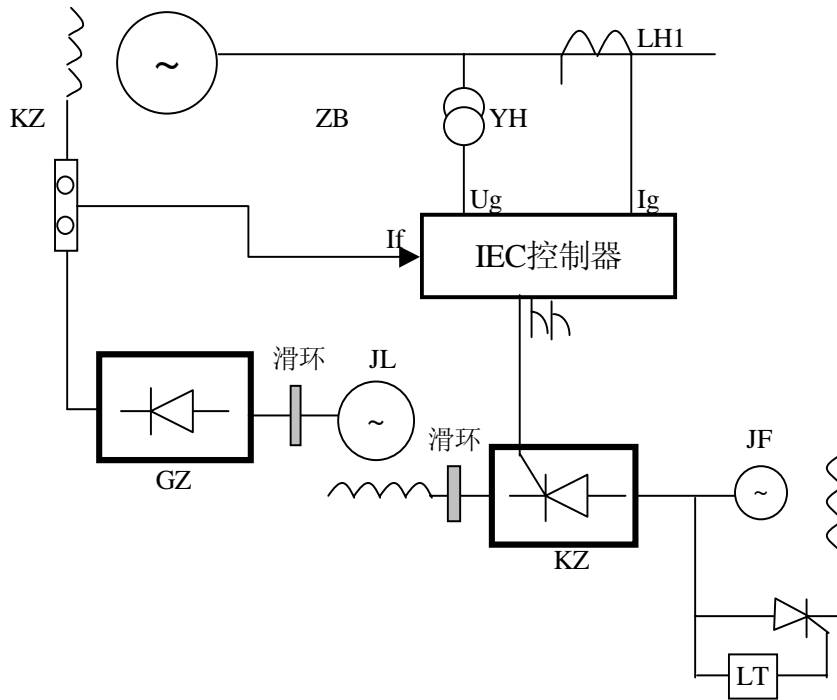
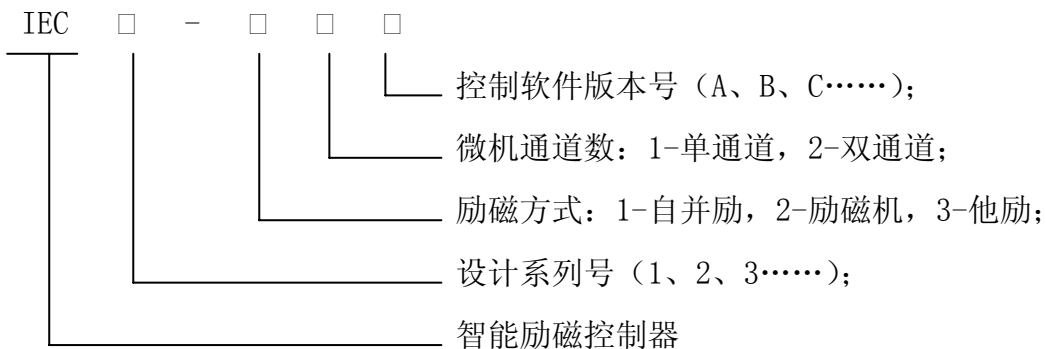


图 6: 他励静止硅整流器励磁方式

## § 1.7 型号编号说明

IEC 系列微机励磁控制器型号定义如下:



## § 1.8 使用环境

- 1.8.1 使用地点的海拔高度不大于 2000 米。
- 1.8.2 环境温度为 $-40\sim 45^{\circ}\text{C}$
- 1.8.3 环境相对湿度 $\leq 90\%$ ;
- 1.8.4 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。

## 第二章 硬件组成

### § 2.1 硬件概述

IEC 智能励磁控制器采用 PCI 总线工业控制用十六位微型计算机系统作为核心部分，配以必要的外围硬件。以 IEC2—12B 型微机励磁控制器为例，总体配置原理框图如图七所示，整个装置由五部分组成：①微型计算机部分；②电气参数测量部分；③电源部分；④开关量输入/输出部分；⑤调节试验及运行操作部分。

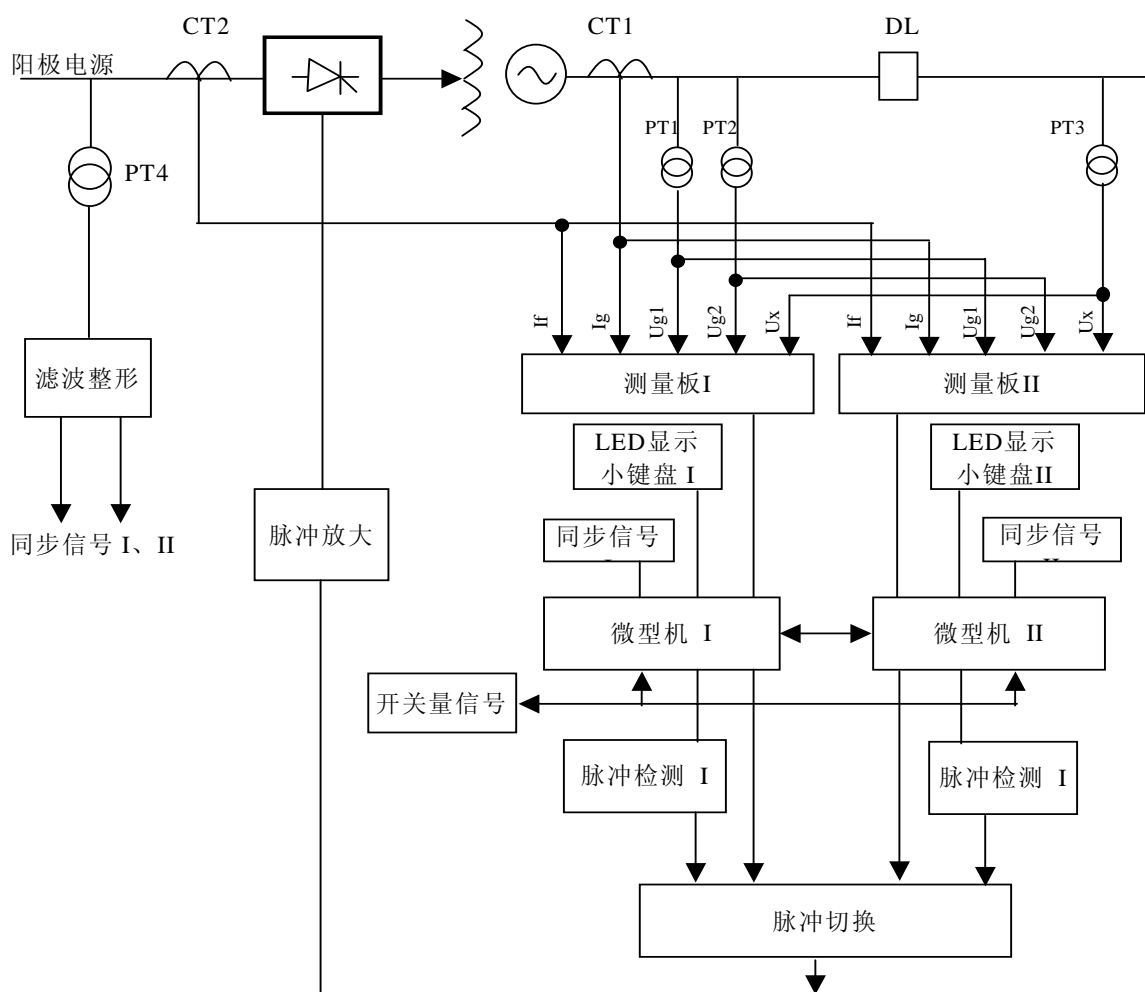


图 7: IEC2—12B 型智能励磁控制器原理框图

### § 2.2 微型计算机部分

IEC 智能励磁控制器选用了适应国际技术发展潮流的 PCI 总线工业控制机作为硬件核心。PCI 总线工业控制计算机是一种开放式系统，采用小板结构，其模板的标准尺寸为  $265 \times 165 \text{mm}^2$ 。具有小型化、模块化、组合化、标准化等特点。在组合方式、机械强度、抗干扰能力等方面具有优越性。PCI 总线于 1996 年被 IEEE 标准化组织正式认定为 IEEE961

标准。PCI 总线系统按功能划分模板，一块只具有一种或两种功能，可根据需要选购有关功能模板组成控制系统。这种开放式系统结构提高了系统的灵活性。

IEC 智能励磁控制器配备的 PCI 总线微型计算机，选用了 V40CPU 和 80C196KCCPU 两种微处理器组成各种通道，其配置方式可分为双通道（V40+80C196KC 或双 V40）、单通道（V40），组成不同的型号。通常在大、中型机组上可采用双通道方式、在小型机组上可采用单通道方式，可根据实际情况灵活选配。

### 2.2.1 V40 计算机单元

V40 计算机单元所构成的微机通道在运行方式、模拟量采集、开关量检测及控制、通讯能力等方面设置非常完备，是控制器的主通道。

V40CPU 微机通道由数个单元组成，各单元如下：

- (1) V40CPU 单元；
- (2) 光隔开关量并行输入单元；
- (3) 光隔开关量功放输出单元；
- (4) 计数器/中断控制接口单元；
- (5) 智能型同步采集 A/D 单元；
- (6) 通用双 RS232C 异步通信单元；
- (7) 小键盘接口单元；
- (8) 16LED 显示/轻触键盘单元；

#### 2.2.1.1 V40CPU 单元

V40CPU 单元是集成度非常高、功能强大的单元，是微机系统的核心单元。板上除 V40 主 CPU 外，还有两片 128KEPROM；三片 128K 静态 RAM 和一片 128K 带自备电池的不掉电 RAM；三个 16 位定时/计数器；八级中断，一个串行通信接口和一个并行通信接口等，其指令与 IBM-PC 完全兼容，性能优于 IBM-PC，可运行与 MS-DOS 兼容的软件，是一块专为工业控制开发的 CPU 芯片。单元的利用情况如下：

- (1) 静态 RAM：128K，为常规内存；
- (2) 不掉电 RAM：128K，存放装置的事件记录数据；
- (3) EPROM：128K，固化励磁线性最优控制软件；
- (4) 定时/计数器：一个，用于控制角  $\alpha$  定时中断；
- (5) 六级中断控制；

- ① A 相同步信号中断;
- ② B 相同步信号中断;
- ③ C 相同步信号中断;
- ④  $\alpha$  角中断;
- ⑤ 脉宽中断;
- ⑥  $60^\circ$ 中断;

#### 2.2.1.2 光隔开关量输入/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 24 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。

#### 2.2.1.3 计数器/中断控制单元

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、 $60^\circ$ 中断和频率计算等要求的定时及计数。

#### 2.2.1.4 智能型同步采集 A/D 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。

#### 2.2.1.5 异步通信单元

单元提供 2 路独立的采用 8250 芯片控制的 RS232 或 RS422 或 RS485 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。

还有由 Intel8031CPU 管理具有 2 个独立光隔串行通讯接口的智能通讯单元。在本系统中主要用于 IEC 智能励磁控制器与电站计算机监控系统通讯（上位机或 LCU）。其中串口 1（com1）由 8250 芯片扩展，另一串口（com2）由板上 8031 的串口扩展而成。com2 可通过跳线方便地设置为 RS232/RS485/RS422 方式之一，以方便与电站计算机监控系统硬件兼容。且 RS422/RS485 采用高速光隔，具有抗静电功能，方便检修与维护。

#### 2.2.1.6 显示/键盘接口单元和显示/轻触键盘单元

单元由可编程 LED 显示控制器芯片 8279 及其译码电路组成，是多功能的人——机接口单元，在 V40CPU 控制下与 16 位 LED 显示/轻触键盘板组成小键盘操作系统，可以通过键盘输入各类调试命令以及召唤有关参数显示。

#### 2.2.2 80C196KC 计算机单元

80C196KC CPU 微机通道以转子电流闭环方式工作，其功能不如 V40CPU 微机通道完备，可作为装置的备用通道，或作为备用励磁调节器的调节通道。

80C196KC CPU 微机通道由六单元组成，各单元如下：

- (1) 80C196KC CPU 单元；
- (2) 光隔开关量并行输入单元；
- (3) 光隔开关量功放输出单元；
- (4) 通用双 RS232C 异步通信单元；
- (5) 16LED 显示/小键盘接口单元
- (6) 16LED 显示/轻触盘板

除 CPU 单元外，其余单元的功能及作用与 V40CPU 微机通道完全一致。

80C196KC CPU 单元为 16 位总线单片机，配有 64KRAM 和 64KEPROM，一个 RS-232 异步串行口，4 路 10 位 A/D 转换器，4 路高速输入通道和 4 路高速输出通道，两个 16 位定时器，8 级中断源。其存贮器配置灵活，A/D 转换时间为 22 $\mu$ s，高速输入/输出分辨率为 2 $\mu$ s。单元的利用情况如下：

- (1) RAM: 64K, 为常规内存;
- (2) EPROM: 64K, 固化控制软件;
- (3) 高速输入: 一路, 同步信号中断;
- (4) 定时器: 两个, 用于软件定时中断及频率测量;
- (5) A/D 转换: 两路, 用于  $I_f$  和  $U_d$  测量。

### § 2.3 电气参数测量部分

IEC 智能励磁控制器的电气测量信号特别完善, 有定子电压  $V$ 、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  $I_f$ 、同步电压测量及变换、机组频率  $f$  等; 但测量电路却非常简单。

IEC 智能励磁控制器采用直接测量和间接测量两种方式。直接测量即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; 间接测量即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。现分述如下:

#### 2.3.1 电气参数直接测量部分

IEC 智能励磁控制器信号采集部分作为计算机的模拟量及中断信号接口, 由测量电路单元、同步信号采集单元及其辅助变压器组成。

##### 2.3.1.1 定子电压 $V$ 测量 (交流采样)

励磁 PT 副方电压经电压变换器降压, 再经滤波后, 进入 A/D 板。

##### 2.3.1.2 定子电流 $I$ 测量 (交流采样)

定子回路 CT 副方经电流/电压变换, 再经滤波后, 进入 A/D 板。

##### 2.3.1.4 定子比较电压 $V_k$ 测量 (直流采样)

仪用 PT 副方电压经降压、单相整流和滤波后, 进入 A/D 板。

##### 2.3.1.5 母线电压 $V_s$ 测量 (直流采样)

母线 PT 副方电压经降压、单相整流和滤波后, 进入 A/D 板。

##### 2.3.1.6 转子电流 $I_f$ 测量

取转子电流分流器上的信号, 经霍尔元件隔离和有源转换及滤波后进入 A/D 板。

##### 2.3.1.7 同步电压测量及变换

同步电压的源信号取自阳极电压 (主要用于自复励系统) 或机端电压互感器的副方, 经同步变压器或辅助变压器降压、滤波, 整形为三路  $120^\circ$  同步方波, 送入微型计算机, 作为同步中断信号。除同步变压器外, 同步电路安装在一专门设计制作的同步模板上。

### 2.3.2 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。

#### 2.3.2.1 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。

#### 2.3.2.2 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，可获得阳极电压频率的当前值。

## § 2.4 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。

### 2.4.1 工控机电源

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。

### 2.4.2 脉冲放大直流电源

根据功率柜脉冲变压器的要求配置，等级可选。

## § 2.5 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。

### 2.5.1 开关量输入信号

开关量有以下输入信号：

- (1) 增磁命令；

- (2) 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) 机端电压起励方式;
- (9) 转子电流起励方式;
- (10) 跟踪母线电压起励方式;
- (11) I 套在线;
- (12) II 套在线;
- (13) 1#功率柜故障;
- (14) 2#功率柜故障;
- (15) 功率柜停风 (选用);
- (16) 本机故障。

### 2.5.2 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) 励磁 PT 断线;
- (2) 仪用 PT 断线;
- (3) 强励限制动作;
- (4) 欠励限制动作;
- (5) 无功功率过载;
- (6) V/f 限制;
- (7) 功率柜故障;
- (8) 起励失败;
- (9) 同步回路故障;
- (10) 通道切换;
- (11) 投起励电源;
- (12) I 套故障;

- (13) II套故障;
- (14) Watchdog 脉冲;
- (15) 运行状态脉冲检测允许;
- (16) +A 相脉冲;
- (17) -C 相脉冲;
- (18) +B 相脉冲;
- (19) -A 相脉冲;
- (20) +C 相脉冲;
- (21) -B 相脉冲。

## § 2.6 调试及运行操作部分

### 2.6.1 装置调试

IEC 智能励磁控制器设有独立的调试单元，由试验变压器及其相应电路组成。装置调试时只需断开端子排上的测量输入电路，外接一台调压器即能对装置进行全面检查。调试方法见本手册附录“调试大纲”。

### 2.6.2 运行操作

#### (1) 总电源投切

- ①62DK (DK) (直流 220V 电源): ON, 投入; OFF, 切除。
- ②F1~F5 端子保险 (交流电)。
- ③F6~F9 端子保险 (直流电)。

#### (2) 电源投切

- ①DK1 (厂用电): ON, 投入; OFF, 切除。
- ②DK2 (自用电): ON, 投入; OFF, 切除。

#### (3) 试验电源投切

DK3: ON, 投入; OFF, 切除。

盘前操作有以下几个内容:

#### (1) 各通道开关电源投切

- ①K1: I 套开关电源投切;
- ②K2: II 套开关电源投切 (双机系统用);

#### (2) 通道间手动切换

- ①AN3: I 套投入按钮;

②AN4: II套投入按钮;

### (3) 主励磁控制

①AN1: 增磁按钮;

②AN2: 减磁按钮;

③AN7: 手动起励按钮;

④AN8: 逆变按钮。

⑤起励方式控制

KS1: 设定机端电压起励;

KS2: 设定励磁电流起励;

KS3: 跟踪母线电压起励。

### (4) 风扇投切 (选用)

K6: ON, 投入; OFF, 切除。

## 2.6.3 各套微机操作及切换的要点

### 2.6.3.1 I机操作及切换

#### (1) I机手动投入

在运行过程或试验中, II机已在线控制, 如果需要手动切换到I机,

操作: 按“I套投入”按钮AN3。

#### (2) I机自动切换

当I机在线控制, 发生下列情况之一, 则自动切换到II机:

① I机异常, II机正常, 则自动切换到II机;

②励磁PT断线, II机正常, 则自动切换到II机;

### 2.6.3.2 II机操作及切换

#### (1) II机手动投入

在运行过程或试验中, I机已在线控制, 如果需要手动切换到II机,

操作: 按“II机投入”按钮AN4。

#### (2) II机自动切换

当II机在线控制, 发生下列情况之一, 则自动切换到I机:

① II机异常, I机正常, 则自动切换到I机;

②仪用PT断线, I机正常, 则自动切换到I机;

## 第三章 软件简介

### § 3.1 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。

80C196KC 单片机系统，采用 Intel8096 汇编语言编程。

### § 3.2 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。

#### 3.2.1 主程序工作流程

其粗略框图如图 8 所示：

#### 3.2.2 中断服务程序工作流程

中断服务程序包括：同步信号中断， $\alpha$  角中断， $60^\circ$  中断及脉冲宽度中断。

##### 3.2.2.1 同步信号中断

程序框图如图 9 所示：

##### 3.2.2.2 $\alpha$ 角中断

程序框图如图 10 所示。

其他程序框图不一一列举。

#### 3.2.3 其他程序模块的工作流程

主要包括：起励程序； $\alpha$  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 11 所示。

本套软件设计紧凑，每 10ms 可完成控制运算，更新控制角  $\alpha$ 。

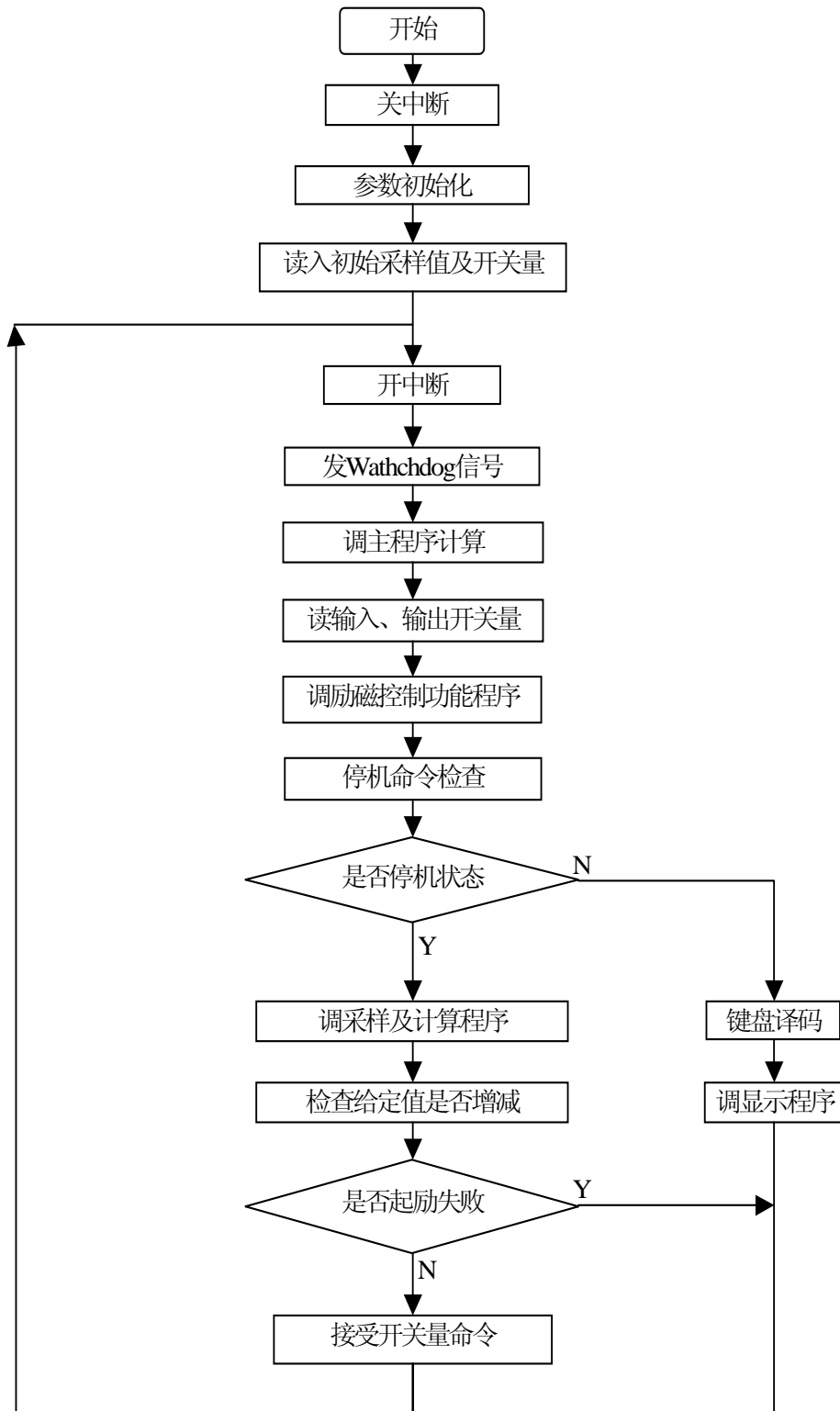


图 8：主程序工作流程图

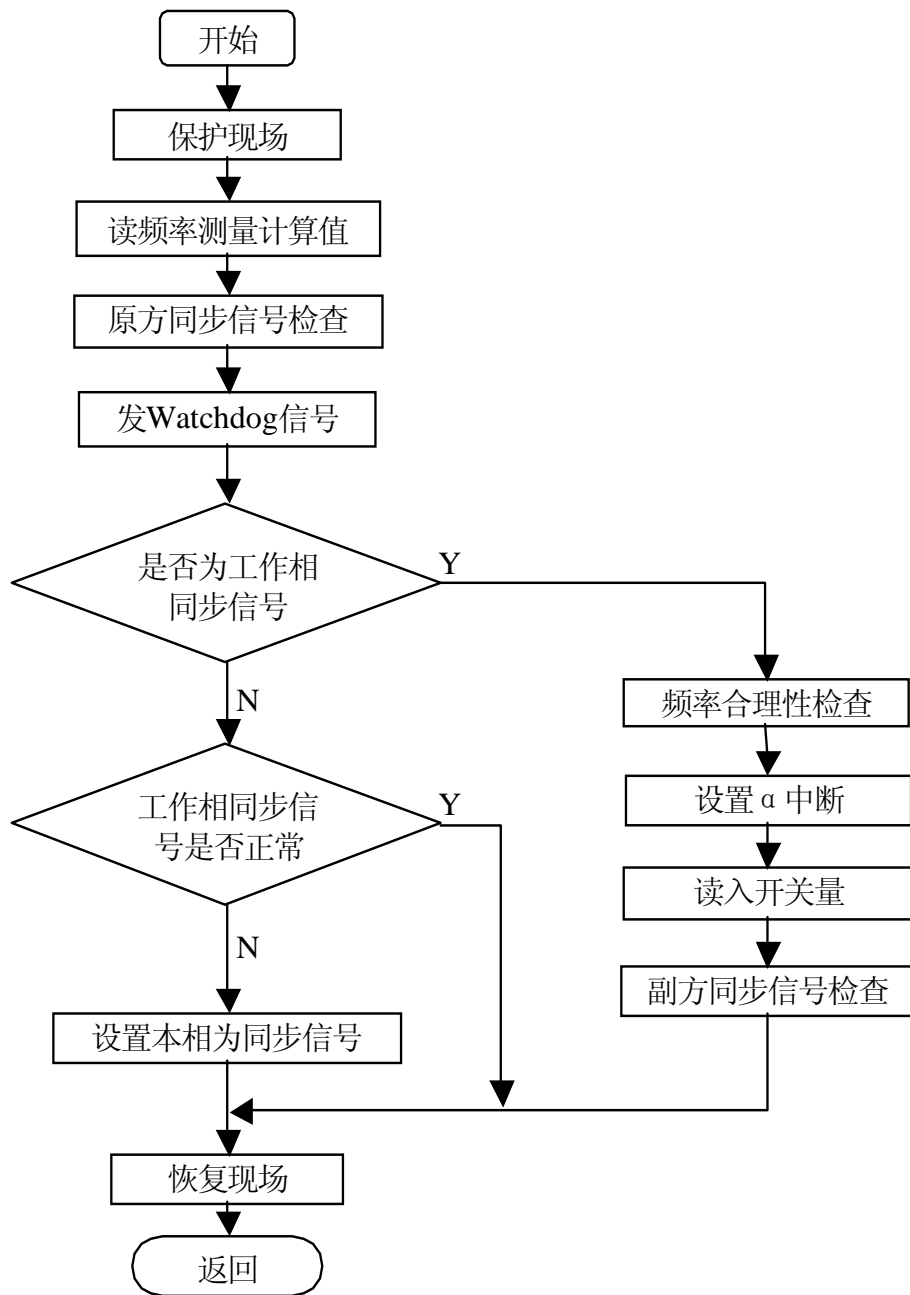
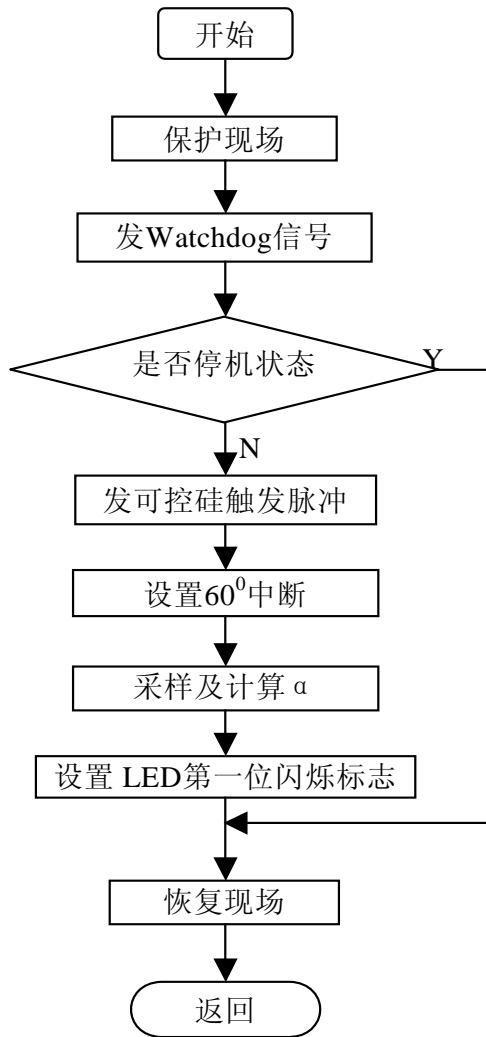


图 9: 同步信号中断程序流程图

图 10  $\alpha$  角中断程序流程图

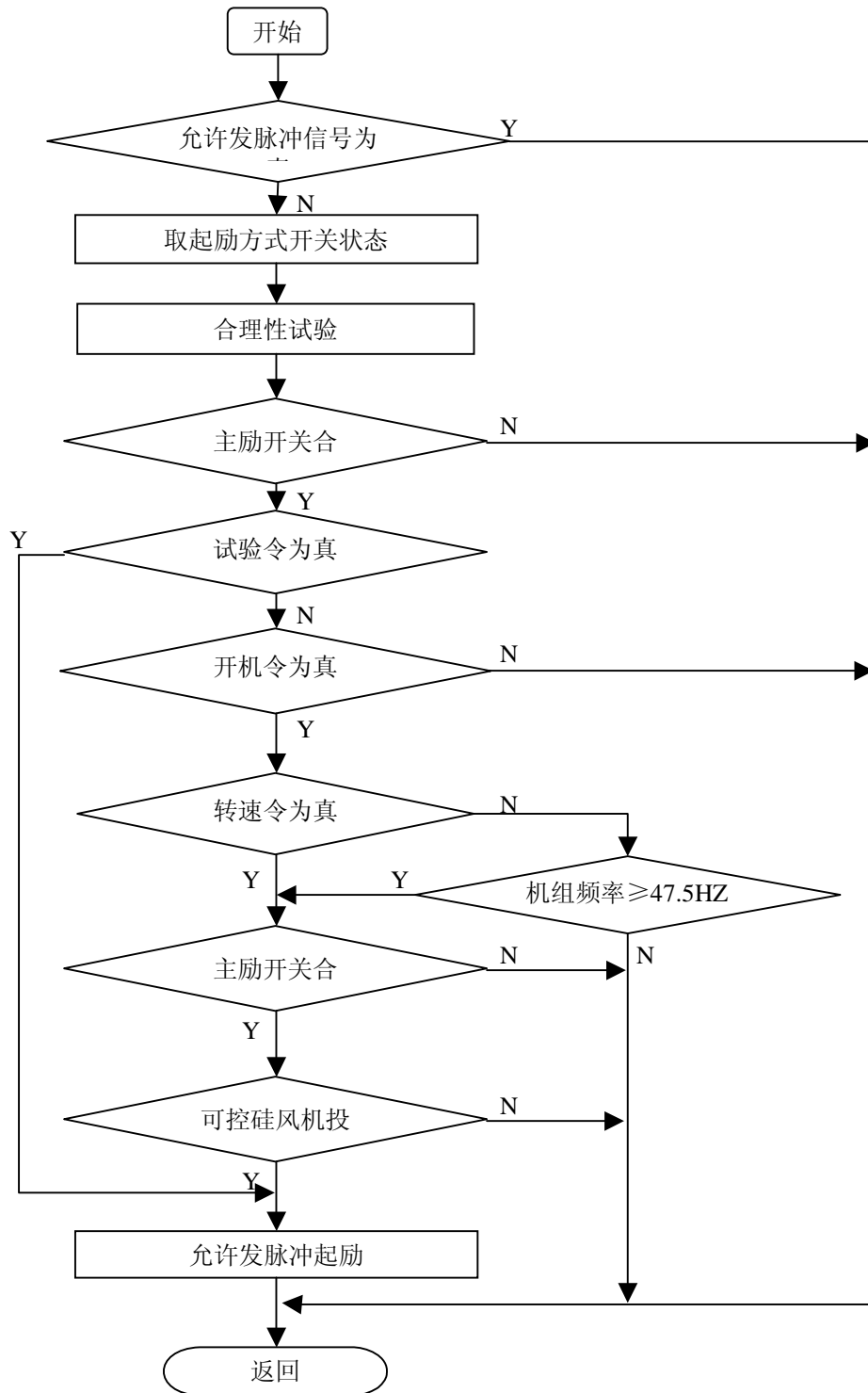


图 11: 起励程序流程图

## 第四章 功能说明

### § 4.1 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，则自动投入外界起励电源助磁，如果经 5 秒钟后起励仍未成功，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。

### § 4.2 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。

### § 4.3 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  $\alpha$  自动跟踪在线机的控制角  $\alpha$ 。

### § 4.4 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。

#### § 4.5 ±10%阶跃平稳转换

装置的 V40 计算机单元设有空载±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。

#### § 4.6 调差率在线整定

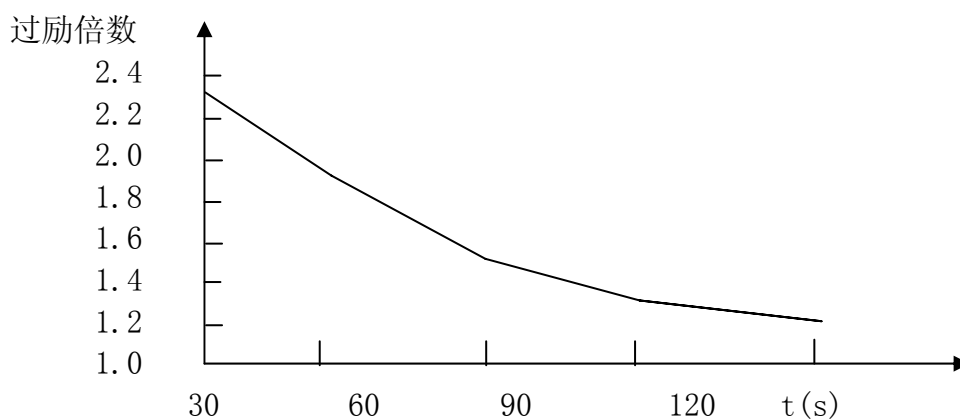
装置事先根据使用单位的要求设定调差率。如果现场要求改变调差率，可以通过小键盘在线整定。整定范围为 0~±30%，全程均匀分档，档距 1%，并可显示调差率当前值。

#### § 4.7 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。

##### 4.7.1 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十二所示。实际限制参数根据电厂要求设定。



(图十二) 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。

#### 4.7.2 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。

#### 4.7.3 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 13（2）所示。实际限制参数根据用户要求设定。

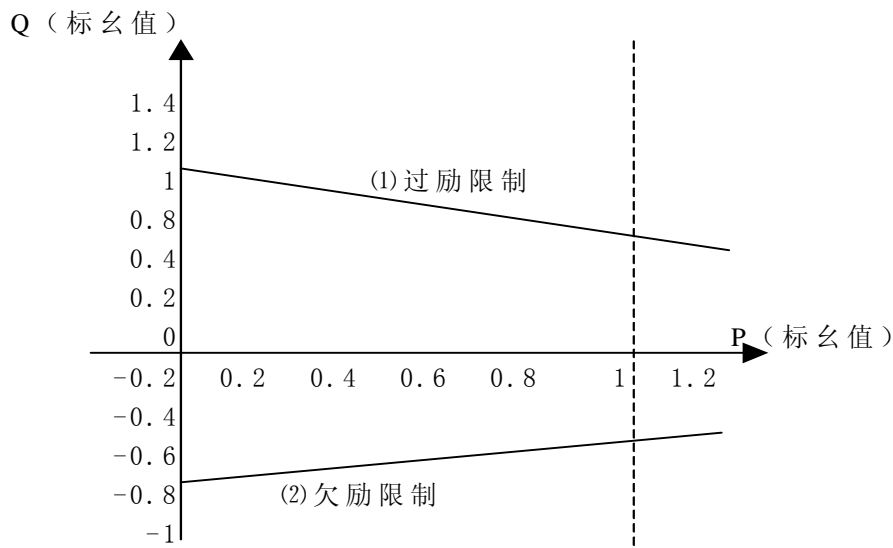


图 13：欠励限制及过无功限制曲线

#### 4.7.4 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 13（1）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（参看图十三），为机组 P、Q 安全运行区。

#### 4.7.5 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，即在低转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 47Hz 以上不限制， $f \leq 45\text{Hz}$ ，自动逆变灭磁。机组并网后 V/F 限制无效。

## § 4.8 断线保护

### 4.8.1 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。

### 4.8.2 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。

## § 4.9 在线检测

微机系统自身具有自我诊断能力。软件时刻对 CPU 板、A/D 板、计数器板、通讯板、脉冲输出版以及测量板进行在线诊断，及早发现问题。发现故障立即通过硬件自动切换。

## § 4.10 运行参数显示

由小键盘的专用键选择某运行参数并由 8 位七段数码管实时显示。8 位数码管的前 4 位中显示该参数的代表符号，后 4 位显示该参数的当前值。小键盘上 8 个专用键对应的运行参数见表 4-1。

未按专用键时，数码管一直显示运行方式及其测量值。例如一直显示 U 表示调节器在恒机端电压运行方式。如果需要选择显示有功 P 的当前值，则按一下“P”键，于是数码管显示 P 的当前值，保持一定时间后，如微机未接到其他按键命令，则自动返回，显示运行方式及其测量值。如欲显示频率  $f$  值，可按一下“f”键，按其他专用键类似，

不过按“Q”键显示无功功率 q 时，显示延时较长，以便现场调试。

#### § 4.11 参数在线修改和显示

通过小键盘组合操作，可在线修改和显示一些参数，主要有：

- (1) 三个反馈增益在线修改和显示；
- (2) 调差率在线修改和显示；
- (3) 欠励限制在线修改；
- (4) 开关量输入、输出状态显示；
- (5) 同步状态显示；
- (6) 限制动作显示。

表 4-1 专用键及其选择的运行参数

键	名	P	Q	U	I	Ref	Ifd	f	a
选择 显示 参数	符号	P	q	U	I	REF	IF	F	a
	名称	有功 功率	无功 功率	定子 电压	定子 电流	给定值	励磁 电流	发电机 频率	可控硅 控制角
	单位	Mw	Mvar	标么	标么	标么	标么	Hz	度

小键盘的调试命令设有口令，进行有关调试操作时必须输入正确的口令才会进入调试状态。小键盘的具体操作说明请参阅随机用户手册。