

WKKL-2001 型微机励磁调节器

技术说明书

南京励磁系统工程有限公司

二 00 六年十月

目 录

1、概述.....	2
2、适用范围.....	2
3、主要特点.....	3
4、主要功能.....	5
5、主要技术指标.....	6
6、系统及硬件体系结构.....	7
6.1 WKKL-2001 系列微机励磁调节器的总体设计：.....	7
6.2 硬件部分：.....	7
6.2.1 主机板.....	8
6.2.2 可控硅脉冲放大隔离板.....	13
6.2.3 模拟量信号处理板.....	14
6.2.4 电源板.....	15
6.2.5 继电器板.....	15
7、软件说明.....	16
7.1 主程序：.....	16
7.2 中断程序：.....	18
8、微机励磁控制器操作说明.....	22
8.1 装置面板布置：.....	22
8.2 控制器操作菜单结构：.....	24
8.3 界面与键盘操作说明：.....	25
9、后台机使用说明.....	30
9.1 安装和启动.....	30
9.2 功能与操作简介.....	31
10、使用条件.....	39
11、外部连接.....	39
12、运输及储存.....	39
附录一： WKKL-2001 微机励磁控制器与 DCS 分散控制系统的通讯协议.....	40
附录二： 控制器逻辑及接口示意图.....	48

1、概述

励磁调节装置是发电机的重要组成部分，无论是在暂态过程或稳态运行，同步发电机的运行状态在很大程度上与励磁有关，也就是说，一个优良的励磁控制系统不仅可以保证发电机运行的可靠性和稳定性，而且可以有效地提高发电机及与其相联的电力系统的技术经济指标。

WKKL-2001 型微机励磁调节装置，是适用于同步发电机组的新一代的微机励磁调节装置。我国第一代微机励磁产品采用 Z80、8031、8086、8098、80c196 等单片机、单板机构成，随着计算机科学的飞速发展，新一代的微机励磁产品 CPU 多采用 DSP 高速数字信号处理芯片构成，运算速度快，硬件设计也更为简单，具有明显的优越性。

WKKL-2001 型微机励磁调节装置，是我公司自行研制的高科技产品，它以 DSP 芯片为核心，具有更简单的硬件结构和极其丰富的软件功能，采用先进的控制理论及全数字化的微机控制技术，该产品具有极高的性能价格比，其主要技术指标均达到或优于部颁“大、中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件”、“大型汽轮发电机自并励静止励磁系统技术条件”和“大、中型同步发电机励磁系统基本技术条件”。

2、适用范围

WKKL-2001 型微机励磁调节装置专用于中小型发电机组三机励磁系统、无刷励磁系统和自并励励磁系统，见图 2-1 和图 2-2。

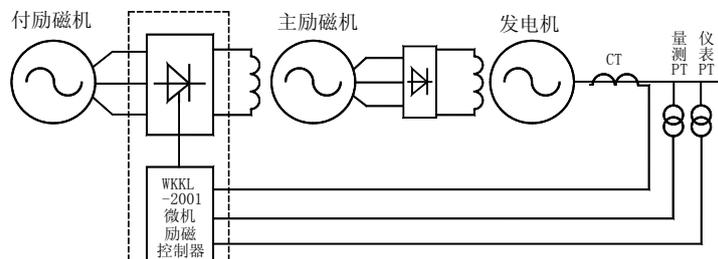


图2-1 三机及无刷励磁系统

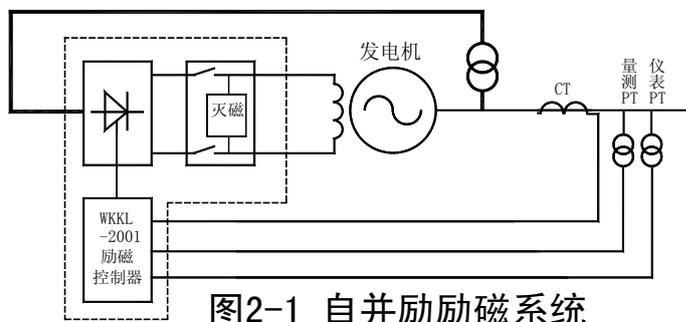


图2-1 自并励励磁系统

3、主要特点

3.1 PSS 控制方式

控制理论采用 PID 经典的控制理论，比例-积分-微分调节。

众所周知，发电机励磁控制系统是一个闭环的调节系统，如何保证此系统的稳定及具有优良的动态调节品质是衡量励磁调节装置性能好坏的首要指标，也就是说，**对于励磁调节装置，它的灵魂及核心所在是采用何种控制理论及其数学模型**，在实际运行中，有的励磁调节装置在一般小干扰情况下运行尚可，但碰到突发事件，就可能出现不能强励，或强励后回不来，以及电网结构比较薄弱时运行不太稳定或静差率太大等，分析下来其实都是数学模型不够完善所致。

目前我国中小机组的励磁系统普遍存在的问题是开环放大倍数太小，造成调节能力很差，在小干扰的情况下发电机电压及无功负荷就会晃动，在大干扰情况下，例如一旦甩负荷就会导致发电机过压，直接威胁到发电机本体的安全。

本装置具有合理的数学模型，以确保发电机在各种运行工况下稳定运行。

3.2 减小励磁机时间常数。

三机励磁系统中，由于励磁机时间常数太大，直接影响发电机转子电压的上升速度，不利于发电机及系统的暂态稳定，我们的装置采用转子电压负反馈（如果采集不到转子电压，如无刷励磁等等，可以用调节器输出总电流替代），以减小励磁机的时间常数，交流励磁机的时间常数一般为 1 秒左右，直流励磁机的时间常数则高达二、三秒，采用转子电压负反馈后，可将时间常数减小到 0.1 至 0.2 秒，将常规励磁系统改造成为接近快速励磁系统水平，提高了发电机及电力系统的暂态稳定性。

3.3 全数字化电路

装置的硬件电路，从交流采样到脉冲输出，全部实现数字化，没有调整电位器，极大地简化了调试工作量。

3.4 装置总线不出主机板、软件不出片（DSP 芯片）

为国内首创。即计算机的数据总线，地址总线、控制总线均在 CPU 主板内，开关量输入输出回路也做在主板内，提高了装置的抗干扰能力。软件不出片，即程序在运行中不需要向外设存储器调用，确保了程序的高速运行及可靠运行。

3.5 硬件简单，可靠性高

对发电机电压、电流等交流量直接进行交流采样，每周波采 32 点，均方根计算电压、电流等有效值，有功、无功、功率因数等均通过软件计算，调节器的逻辑操作回路、可控硅脉冲形成，调节器主环控制及各种限制、保护功能和调节器的纠错容错处理也全部由软件实现，加上液晶显示控制等以上所有操作均由单一的 DSP 芯片完成，故硬件电路

更为简化，调节器的核心部件只有 3 块印制板，同时印制板制造采用贴片工艺，使装置的可靠性更加提高。

3. 6 超级看门狗设计

除具有普通软硬件看门狗功能外，另有一路不依赖于程序的强触发回路，以保证在特强干扰时程序连续跑飞的情况下将其拉回。

3. 7 独特的脉冲回读检查功能

装置的 DSP 芯片，可对每一相可控硅脉冲进行回读，以确保真正发出去的脉冲同理论上的脉冲完全一致，以保证装置的正确性，同时也能检查是否发生失脉冲和错脉冲现象。

脉冲的发生硬件和脉冲的回读硬件相互独立，分属于两片芯片。

3. 8 全中文显示

在控制器面板上装有一块 135×40mm 大屏幕全中文界面的液晶显示器，人机联系键盘及一些用做信号指示的发光二极管。通过液晶显示器，可以查看发电机的各种运行参数、运行状态。同时该显示器还提供各种操作提示，人机界面友好，全中文菜单。

3. 9 完善的智能调试软件

可以直观地在线修改参数，包括 PID、调差率等运行参数及低励、过励等限制保护参数，以及进行强励、起励，10%阶跃响应，负反馈等试验。

安装调试、修改参数及进行各种试验均只需在控制器的面板上进行键盘操作即可，不需外接 PC 机，不需外接线，不需专用工具。

3. 10 故障录波功能

装置每一周波记录一次模拟量及状态量，共 16 组，即 10 个模拟量及 6 组开关量共 96 个状态量。发生故障时，记录故障点时间（年、月、日、时、分、秒）及故障前 8 秒和故障后 12 秒的数据，且具有连续记录多次故障功能。可在断电情况下保存至少最近 10 次故障记录数据，这些故障数据均可通过串行口发送至后台机进行显示，以便于分析故障原因。

模拟量包括发电机测量 PT 值、参考电压值、发电机转子电压、调节器输出总电流、发电机有功、发电机转子电流、调节器本柜输出电流、发电机无功、发电机定子电流、可控硅开放角。

开关量包括 24 路开关量输出信号、24 路开关量输入信号、面板开关量输出信号、面板开关量输入信号等共 96 个状态量。

3. 11 具有操作事件记忆功能

当开关量信号发生变化时，比如油开关，灭磁开关动作，运行方式开关操作等一系

列事件发生时，装置将按先进先出的原则记录最近至少 4000 条事件发生的年、月、日、时、分、秒及状态。这些量都能断电保存。

3. 12 独特的双通道相互跟踪功能

真正独立的双通道运行，相互间通过开入开出量只有两对硬接点相联系。

自动运行方式下双通道之间相互自动跟踪，跟踪时不需要从对方通道得到任何数据，只依赖于 PID 数学模型、发电机空载时调节器开环放大倍数及各种采样量得到自动参考电压给定和可控硅的开放角，跟踪量非常准确，切换时没有任何波动。

3. 13 中频励磁方式下使用 50Hz 同步试验电源

在检修调试时，针对三机励磁系统，调节器可控硅脉冲能适应 50Hz 及中频电源信号，给无中频试验电源的发电机组运行维护带来很大的方便。

3. 14 抗电磁干扰设计

对机箱的设计、强弱电走线及接地线等进行合理布局，采用高抗干扰性能电源设计，硬件设计上采用多种滤波电路等措施，用以抗电磁干扰。

3. 16 参数在线修改

调节器自动运行方式下除了涉及到自动运行及主环计算的 PID 的放大倍数和时间常数、转子电压负反馈系数、发电机电压整定参数等少量参数不允许修改外，如低励限制与保护参数、过励限制与保护参数、V/f 限制与保护参数、直流采样量整定参数等等绝大部分参数都能真正的在线修改，即这些**参数的修改和参数存盘不需要调节器处于退出状态或切至从柜状态。**

3. 17 输出开关量调试

不需要辅助设备或措施，通过操作液晶显示器可以调试任何一个输出开关量。

3. 18 大功率可控硅脉冲触发单元

在自并励励磁系统中，如果中控室与发电机小室的电缆不超过 300 米，可将调节器放在中控室，而将可控硅功率柜、灭磁柜放在发电机小室，这样可以方便运行人员监控及改善调节器的工作环境，延长使用寿命。调节器的脉冲触发单元功率很大，不需要中间放大环节能通过 300 米电缆直接驱动并联 2 组 2200A 大功率可控硅整流桥。

4、主要功能

4. 1 比例、积分、微分 (PID) 调节

4. 2 恒功率因数调节

4. 3 恒无功功率调节

4. 4 恒励磁电流调节

- 4. 5 正、负调差及调差率大小设置
- 4. 6 过流限制及保护，最大电流保护
- 4. 7 低励限制及保护
- 4. 8 强励限制及保护
- 4. 9 V/Hz 限制及保护，空载过电压保护
- 4. 10 PT 熔丝熔断保护
- 4. 11 脉冲回读及错失脉冲检测
- 4. 12 完善的自检功能及容错处理

装置初始化过程中即对程序存储器、数据存储器及 A/D 转换等进行检测，如发现异常则发“装置出错”信号报警。

装置还采用最少的硬件配合丰富的软件检测方式，及时检测各种异常运行工况，并作相应的报警或切换处理，确保发电机组的稳定运行。

对装置的硬件、软件、电源等进行全面的自检，提高了装置的可靠性，对用户来讲，比较直观的有：操作按钮防粘连，投运初期防进线及同步回路相序接错，脉冲回读等。

- 4. 13 DCS 接口
- 4. 14 配有 RS232 或 RS485 通讯接口，可以与上级计算机交换信息。
- 4. 15 开机并网前跟踪系统电压功能。

5、主要技术指标

- 5. 1 发电机静态调压精度： $<0.5\%$
- 5. 2 静止励磁系统电压响应时间： 上升不大于 $0.08s$
下降不大于 $0.15s$
- 5. 3 频率特性：发电机空载运行状态下频率每变化 1% ，发电机端电压变化不大于额定值的 $\pm 0.1\%$ 。
- 5. 4 10%阶跃响应试验：超调量小于 20% ，振荡次数小于 3 次，调整时间小于 5 秒。
- 5. 5 附加调差： $\pm 15\%$ 内任选，级差 0.1%
- 5. 6 自动部分调压范围：

常规励磁系统	$0\% \sim 130\% V_n$
自并励励磁系统	$5\% \sim 130\% V_n$
- 5. 7 发电机电压调整速度：可现场整定，不小于每秒 0.3% ，不大于每秒 1% 。
- 5. 8 主调节环运算周期： $10ms$
- 5. 9 可控硅控制角 α 分辨率： 0.05 度/位码
- 5. 10 A/D 转换： 8 路，分辨率 2^{-14}
- 5. 11 移相范围： $10 \sim 150$ 度，范围可调

5. 12 功率消耗: <100W

6、系统及硬件体系结构

6. 1 WKKL-2001 系列微机励磁调节器的总体设计:

调节器的输入交流量有发电机量测 PT, 仪表 PT 副边的三相发电机电压及发电机 CT 回路的 A、C 两相电流, 直流信号为转子电流或调节器的输出电流等。

这些信号经模拟信号处理板处理后, 送入主机板。

通过采样计算得到的发电机平均电压与参考电压之差, 综合调差信号后经 PID 运算得到一个控制量, 去改变可控硅的控制角。这个控制量是一个数字量, 直接由 CPU 写入定时器中, 定时器根据写入数的大小及同步电压信号产生相应控制角 α 的触发脉冲, 经组合、功率放大, 产生双触发脉冲, 通过脉冲变压器隔离去触发可控硅, 从而改变调节器的输出电流, 控制励磁机或者发电机的转子电流以维持发电机端电压的恒定, 实现发电机电压的闭环调节。

主调节环的运算周期为 10ms, 也即励磁调节器的固有时间常数为 10ms, 主环计算的全过程在中断程序中完成。

通过以上采集到的数据, 通过软件计算, 可以得到发电机运行工况, 励磁参数, 调节器输出参数等全部信息, 如发电机各相电压有效值, 三相电压平均值, 各相电流值, 有功功率, 无功功率, 转子电流, 调节器输出电流, 可控硅控制角 α 等供各软件功能模块使用。

6. 2 硬件部分:

本章节主要介绍调节器控制核心部分的硬件, 略去大功率整流电路及逻辑操作电路。

WKKL-2001 微机励磁控制器为一台 265mm (高) \times 260mm (宽) \times 272mm (深) 的机箱, 硬件电路组成如下:

主机板	1 块
可控硅脉冲隔离放大板	1 块
模拟信号处理板	1 块
电源板	1 块
继电器板	1 块

各板通过进口插头座同背板相连, 机箱通过进口端子同外部连接。

一台 WKKL-2001 微机励磁控制器再配上输入输出开关、可控硅功率单元就构成一台

完整的励磁调节器。如需双微机、双自动通道，则须配两台 WKKL-2001 微机励磁控制器。

6. 2. 1 主机板

主机板的核心由 DSP 组成，框图如图 6. 2. 1-1 所示：

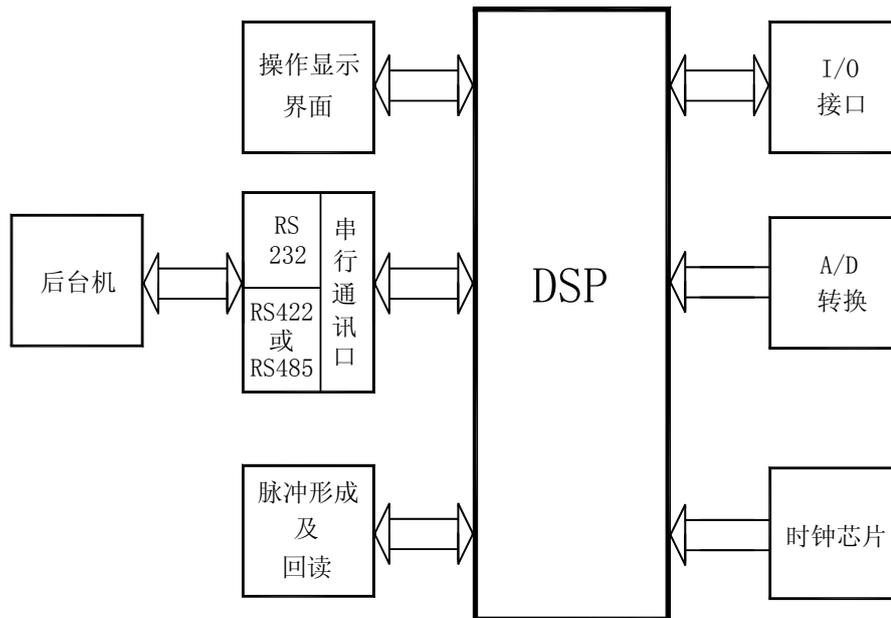


图6. 2. 1-1 主机板框图

通过背板进出主机板的输入、输出各种数字量都在主机板上进行光电隔离处理，真正做到总线不出板。

6. 2. 1. 1 DSP

主机板的核心为 DSP，其主频可达 40MHz。

何为 DSP？DSP 从字面上来说即为“数字信号处理”，也即将现实世界的模拟信号转换成数字信号，再用数学的方法来处理此数字信号，得到相应的结果。经典的数字信号处理包括：时域的信号滤波（如 IIR、FIR），频域的频谱分析（如 FFT）。IIR、FIR 和 FFT 等处理，归根结底为 $\sum A_i \times X_i$ ，即乘加运算。数字信号处理的关键在于，研发一种处理器，对这种处理器从结构上进行优化，使其更适合于乘加运算，高速实现复杂的数字信号处理。

DSP 实际上是一种特殊的 MCU（单片机），只不过 DSP 内部结构专为数值处理进行了优化，使其主频和运算速度远比 MCU 快，外部特性与 MCU 基本相同。与 MCU 相比它有以下的特点：

(1) 片内有多条地址、数据和控制总线，可使多个控制和运算部件并行工作，提

高 CPU 的处理能力。例如，CPU 完成一条指令，一般要有取指、译码、执行和存数等 4 个步骤。MCU 顺序执行上述 4 个步骤，所以一个指令周期要由多个机器周期组成。而 DSP 并行执行上述 4 个步骤，所以指令周期等于机器周期。也就是说，上述 4 步 DSP 以流水线方式运行，提高了 CPU 执行速度，其绝大部分指令只要一个 CPU 时钟周期即可完成。

(2) DSP 中有硬件乘法器，使乘法运算比普通 CPU 更快捷，乘法运算由单机器周期就能完成，这样装置的数据计算如均方根计算、PID 计算、PSS 计算都能快速地完成。并且乘法器是独立的，可以同加法器等运算部件并行工作，提高了 CPU 的数字处理能力。

(3) DSP 芯片因其用途不同，而有多种内部结构，我们装置所选用的 DSP 的芯片内具有快速闪速存储器 (Flash) 以存放程序，片内双口 RAM 及单口 RAM 存放常用数据，片内资源得以充分利用，从而使得装置在真正意义上高速运行。

(4) DSP 芯片内具有丰富的传统外围电路，如硬件定时器，通用 I/O 引脚，串行口等，使主机板的硬件设计更为简单。

(5) DSP 有较大的片内存储体 (RAM、ROM、FLASH)，少则几 K 字，多则几十 K 字，甚至几百 K 字。

综上所述，励磁调节器采用 DSP 做为微处理器，使硬件电路更为简化，运算速度也大大提高，能实时地进行复杂的数据处理，同时，使微处理器的冗余度大为提高，有更多的时间进行更完善的容错处理，提高了装置的可靠性，使励磁调节器的档次也得以提升。

主机板还具有如下功能：

6. 2. 1. 2 A/D 转换

主机板提供了 8 路 14 位的高速 A/D 转换通道，各通道对应的模拟量如下：

三相交流电压（发电机定子电压的量测 PT、仪表 PT）

二相交流电流（发电机定子电流的 CT）

自并励系统励磁变电流

调节器输出电流

基准 2.5V

6. 2. 1. 3 开关量输入

开关量输入回路采用光电耦合芯片实现内外电路的电气隔离，同时在开关量输入外回路中加上抗干扰能耗电路，所谓抗干扰能耗电路是等同于继电器能耗的电路既该电路动作电压、动作电流、动作时间等同于继电器，相当于该电路抗电磁干扰能力等同于继电器但体积小于继电器体积，且无机机械接点，可以无限次的动作，具有很高的可靠性，见图 6. 2. 1. 3-1。

主机板提供了 16 路开关量输入通道，其定义如图 6.2.1.3-2 所示。

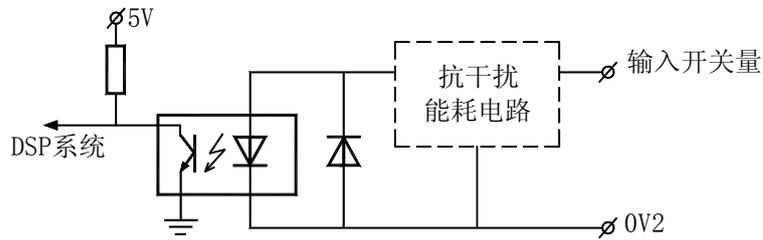


图6.2.1.3-1

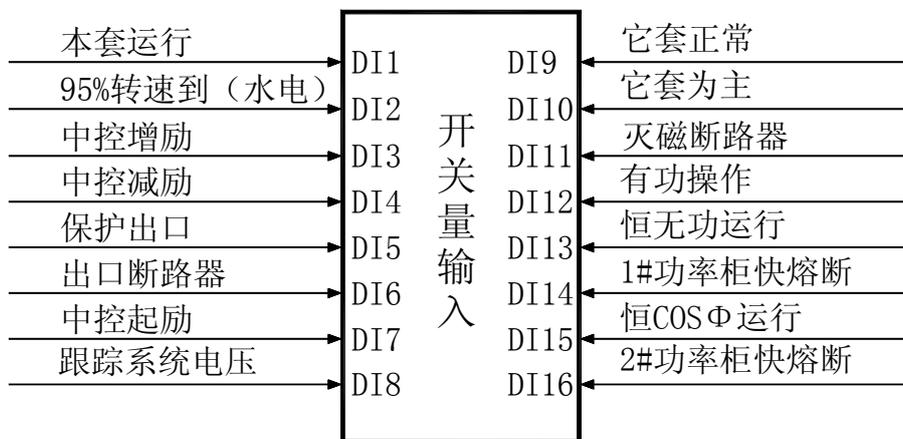


图6.2.1.3-2 开关量输入 (光电隔离)

6.2.1.4 开关量输出

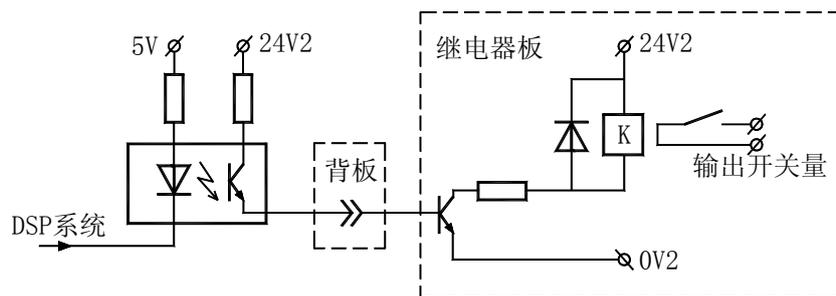


图6.2.1.4-1

开关量输出信号经过光电耦合隔离后通过背板送继电器板再经继电器二次隔离输出，见图 6.2.1.4-1。

主机板提供了 16 路开关量输出通道，其定义如图 6.2.1.4-2 所示。

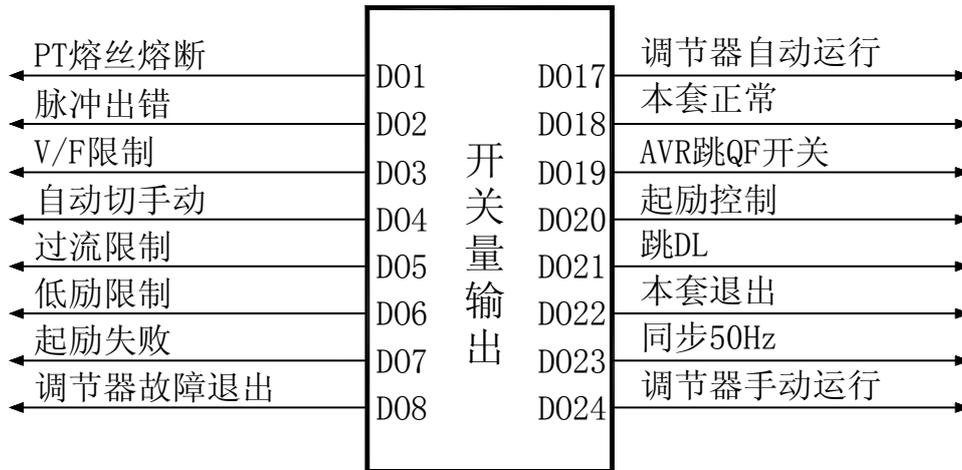


图6.2.1.4-2 开关量输出（光电隔离）

6.2.1.5 测频信号

测频信号来自于交流信号处理板的发电机电压频率方波，经光耦隔离后再经反相器得到正负半波的两个方波，分别送计数器电路计数，两计数器的值经过相加后取倒数等运算得到发电机电压频率，见图6.2.1.5-1。

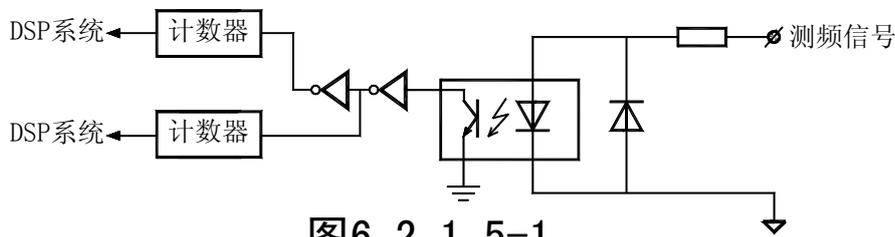


图6.2.1.5-1

6.2.1.6 同步信号

同步信号（A相电压）来自于交流信号处理板，经光耦隔离后再经反相器得到正负半波的两个方波（分别为+A相和-A相）送计数器电路，供产生可控硅触发脉冲，见图6.2.1.6-1。

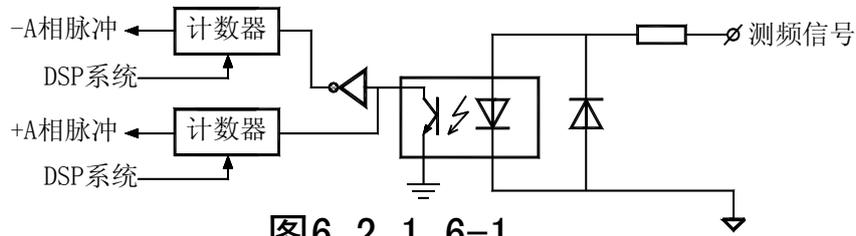


图6.2.1.6-1

6.2.1.7 可控硅触发脉冲形成

通过计数器电路，由同步信号产生可控硅+A相和-A相触发脉冲后，分别两次产生60°移相延时得到-C相、+B相和+C相、-B相可控硅触发脉冲见图6.2.1.7-1。6相脉

冲经光耦隔离后送入直流信号处理及脉冲放大板。

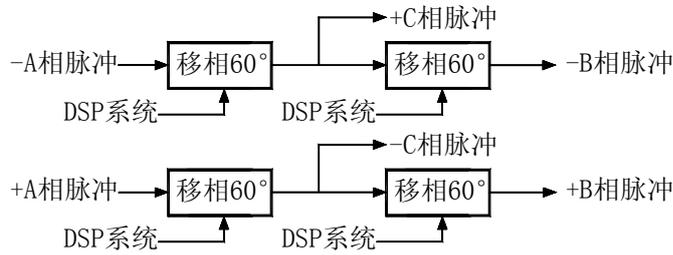


图6.2.1.7-1

6. 2. 1. 8 脉冲回读及错失脉冲检测

将+A 相同步信号、+A 相脉冲、-C 相脉冲、+B 相脉冲四个信号通过综合电路产生 int2，-A 相同步信号、-A 相脉冲、+C 相脉冲、-B 相脉冲四个信号通过综合电路产生 int3，这两个中断直接送 DSP 芯片，结合计数器时钟得到同步信号和各相脉冲点的时间，见图 6.2.1.8-1。通过计算得到实际上产生的可控硅触发开放角即脉冲回读数据，这些开放角同程序中发出的开放角是否一致即为错失脉冲检测。

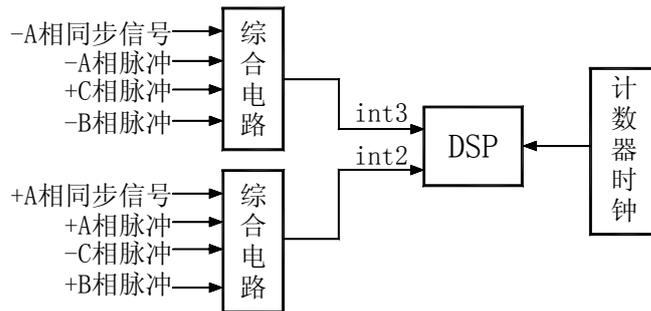


图6.2.1.8-1

6. 2. 1. 9 提供一个全中文界面的液晶显示器接口。

6. 2. 1. 10 提供人机对话键盘及面板操作开关和部分状态量的接口。

6. 2. 1. 11 串行口

提供异步串行口，可配置为 RS232 或 RS422，串口电源与主 CPU 电源隔离，信号也隔离，可带电热插拔。

6. 2. 1. 12 时钟电路

提供年、月、日、时、分、秒。

6. 2. 1. 13 Flash 闪速存储器

提供多达 512K 字的 Flash 闪速存储器，用于存储最近至少 10 组故障数据记录（每组故障前 8 秒至故障后 12 秒 10 个模拟量 96 个开关状态量，每周波一次的数据记录）及最近至少 4000 组事件状态记录，这些记录都含有时间。一些可修改的调节器参数也存放在 Flash 中。

6. 2. 1. 14 超级看门狗

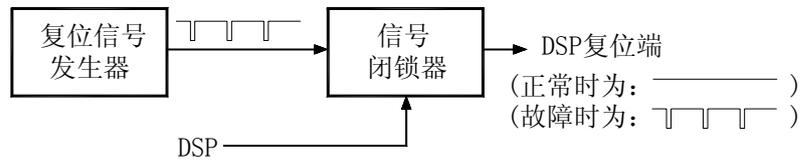


图6. 2. 1. 14-1

图 6. 2. 1. 14-1 示：当程序正常运行时，但是 DSP 通过信号闭锁器闭锁复位信号发生器发出的复位信号脉冲，程序跑飞后 DSP 不再控制信号闭锁器，复位信号发生器发出的复位信号脉冲不断地送往 DSP 复位端直至程序正常。

6. 2. 2 可控硅脉冲放大隔离板

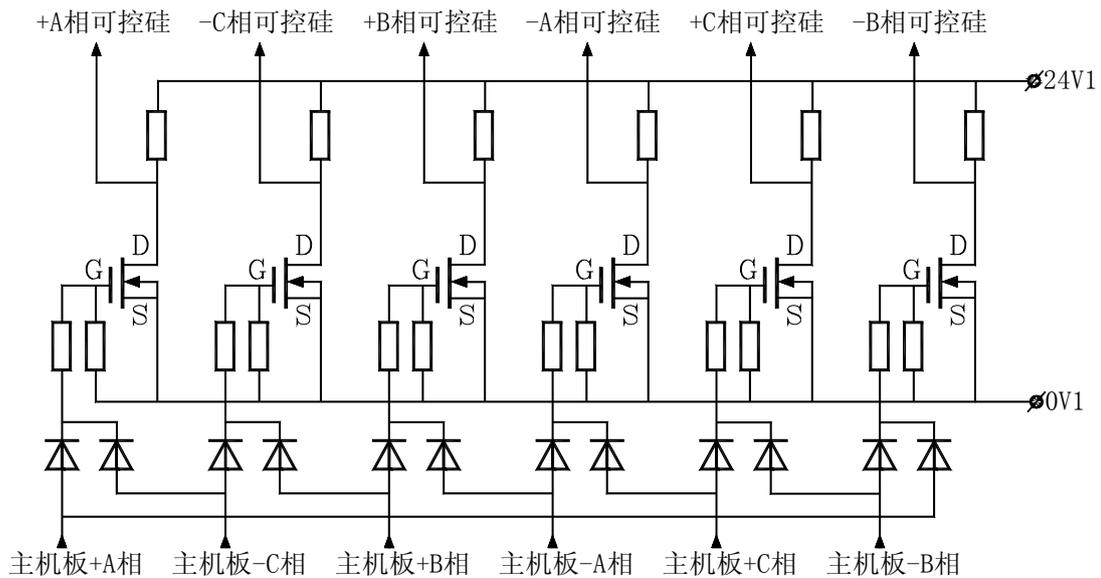


图6. 2. 2-1

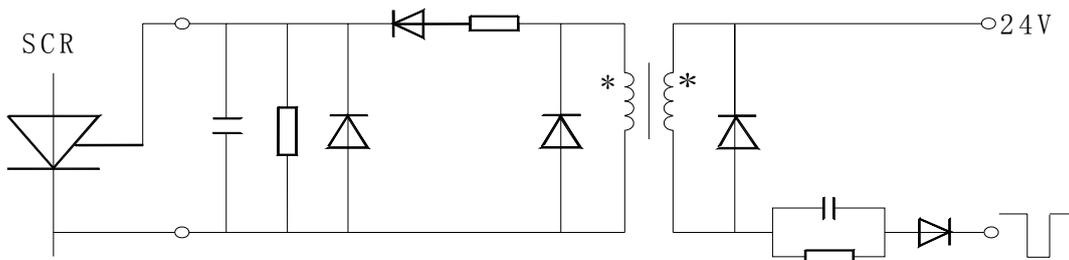


图 6. 2. 2-2

脉冲放大单元：将来自主机板的可控硅触发脉冲进行组合成双脉冲经 VMOS 管功率放大后送入可控硅单元，见图 6.2.2-1。

脉冲隔离单元：

来自脉冲放大单元的脉冲，经脉冲变压器隔离后，直接送可控硅单元。示意图见图 6.2.2-2。

6.2.3 模拟量信号处理板

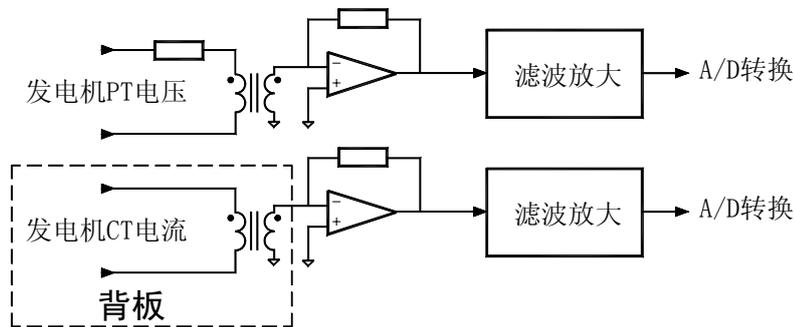


图6.2.3-1

调节器用二次 PT 采用有源 PT 直接焊在交流信号处理板上，同步变压器也焊在交流信号处理板上，调节器用二次 CT 采用有源 CT 焊在背板上。

从量测 PT、仪表 PT 和发电机 CT 及自并励系统阳极电流 CT 来的交流信号共 10 路经过小 PT 和小 CT 隔离后，进行滤波处理后送入主机板，供 A/D 转换用，见图 6.2.3-1。

由三路测量 PT 信号综合处理为一方波供主机板测量发电机频率，见图 6.2.3-2。

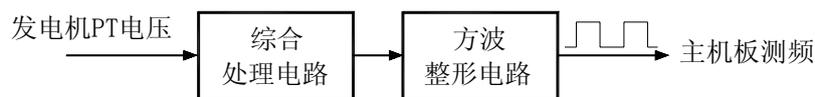


图6.2.3-2

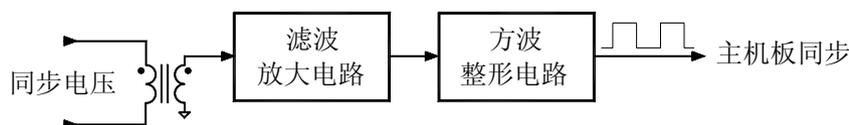


图6.2.3-3

来自励磁电源的信号经同步变压器整流滤波后形成方波，送入主机板产生同步脉冲，见图 6.2.3-3。

6. 2. 4 电源板

装置的电源采用高可靠性的开关电源，见图 6. 2. 4-1。

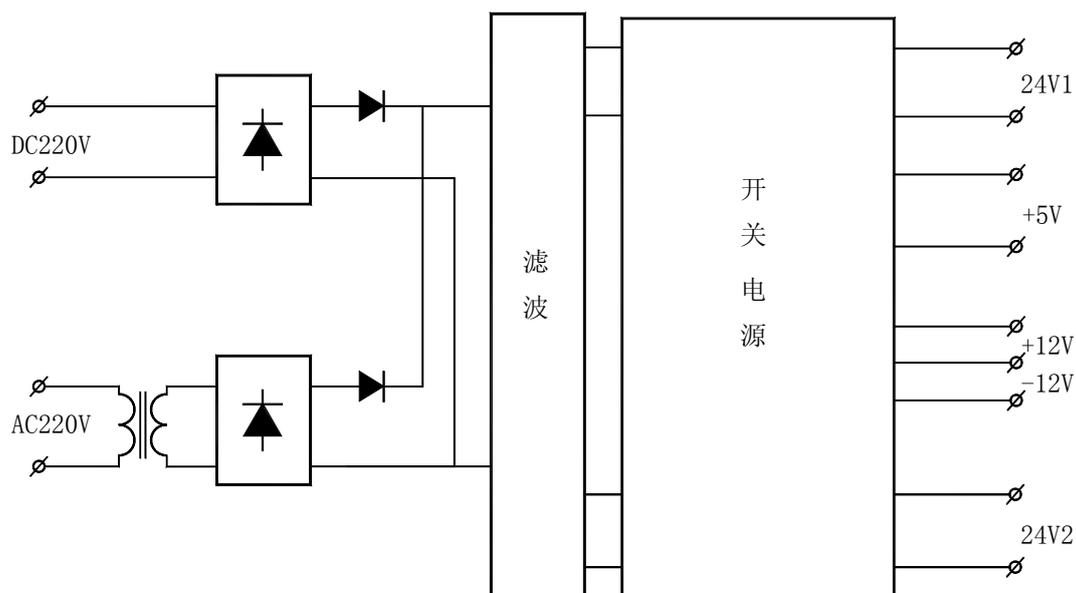


图6. 2. 4-1 电源系统图

装置的电源由 DC220V 及 AC220V 双路输入供电。

为防止直流输入极性错误，经单相桥式整流输入，交流 220V 输入经变压器隔离后，两路并联，经滤波、DC/DC 变换后产生+5V、±12V、24V1、24V2 等电源。

各电源用途如下：

+5V	用作数字电路电源
±12V	用作模拟电路电源
24V1	用作脉冲电源
24V2	用作操作回路电源

6. 2. 5 继电器板

来自于主机板的 16 路开关量输出信号经继电器板继电器二次隔离后，送中控发信号，见图 6. 2. 1. 4-1。

7、软件说明

调节器软件设计采用模块化设计，软件分为主程序和中断程序。

绝大部分工作由中断程序完成。

定时器中断保证每周波等分 32 次以使程序完成 32 点交流采样。

脉冲回读中断保证真正的可控硅脉冲形成时的准确时间，以确认该脉冲是否为实际需要所触发的脉冲。

7.1 主程序：

开机流程如下：

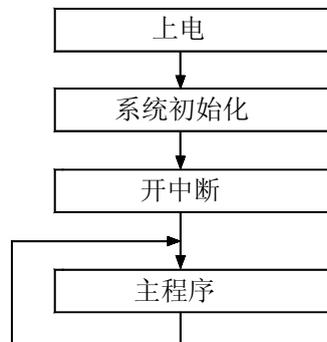


图7.1-1 开机流程

主程序包含以下子程序：

- (1) 液晶显示子程序
- (2) 整定参数计算子程序
- (3) 整定参数修改写 flash 子程序
- (4) 事件记录写 flash 子程序
- (5) 故障记录写 flash 子程序
- (6) 通讯子程序
- (7) 时间刷新子程序

主程序的操作模式设计成多任务的操作系统，因为主程序要解决的问题实时性相对于直接面对发电机励磁控制要低，且主程序中的每次任务需执行的时间相对比较长，在执行过程中又需要延时等待，因此为充分提高 DSP 的利用率，把主程序中的各个子程序都分成线性执行的小段（称之线程），那么，遇到延时或等待事件时，就令线程挂起来，另换一个线程给 DSP 去执行，仅在延时到或等待事件出现，再回来继续执行。这些子程序的基本执行模式框图如图 7.1-2 所示。

主程序为一个采样周期循环一次，既每工频周波执行 32 次，因此主程序的执行以定时器中断的采样次数作为基准，以判断主程序的一次循环是否结束。

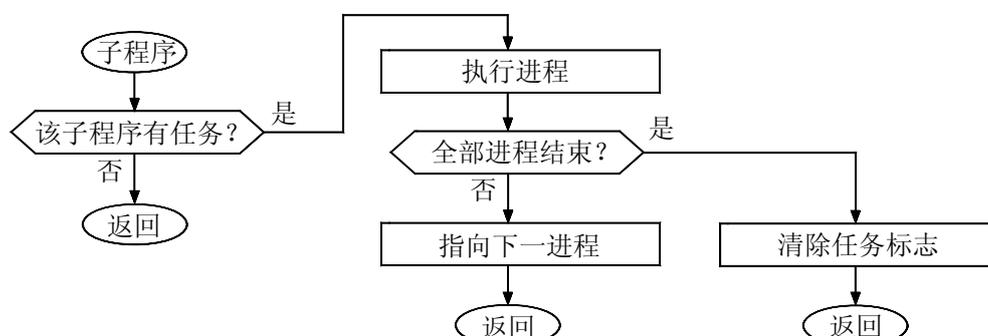


图7.1-2 主程序中的各个子程序流程

7. 1. 1 液晶显示子程序:

根据调节器面板键盘操作，液晶显示子程序可提供如下界面：

- (1) 供运行人员参考的运行参数显示。
- (2) 供调试人员参考的参数显示。
- (3) 各种菜单显示。
- (4) 输入输出状态量显示。
- (5) 调节器整定参数的显示与修改与存盘。
- (6) 各种调节器试验的选择、显示与开始进行。
- (7) 调节器属性的显示与修改（注：修改只能由制造厂调试人员操作）。
- (8) 时间的显示与修改。

7. 1. 2 整定参数计算子程序

通过液晶显示子程序可对发电机励磁系统额定参数、额定交流量采样值（HEX）、调节器放大倍数及 PID 参数、发电机转子电压负反馈系数、额定直流量采样值（HEX）、低励限制参数、过流限制参数、发电机调差、置位及增减磁速度、伏特限制参数、其他内部十六进制参数等等进行修改，这些参数必须通过整定参数计算子程序转变成 DSP 能识别的数据形式。

7. 1. 3 整定参数修改写 flash 子程序

修改后的整定参数必须写入 flash 后才能永久保存。

7. 1. 4 事件记录写 flash 子程序

发生输入开关量变化事件后，将变化事件时刻的输入输出开关量和调节器状态量及时间写入 flash 后才能断电保存。

7. 1. 5 故障记录写 flash 子程序

发生调节器各种故障后，将故障记录的模拟量和状态量数据及故障时间写入 flash 后才能断电保存。

7. 1. 6 通讯子程序

通讯子程序分 DCS 通讯子程序和后台机通讯子程序。

DCS 通讯子程序：将调节器的状态和运行参数上传给 DCS 及接收 DCS 的指令。

后台机通讯子程序包括下列部分组成：

- (1) 接收后台机发来的各种指令。
- (2) 将调节器整定参数上传给后台机。
- (3) 接收后台机下传的整定参数并进行参数修改。
- (4) 将各种调节器试验波形上传给后台机。
- (5) 将调节器事件记录上传给后台机。
- (6) 将调节器故障记录上传给后台机。

7. 1. 6 时间刷新子程序

监测时间芯片上时间的变化并记录，计算事件记录和故障记录时刻的具体毫秒数。

7. 2 中断程序：

中断分 DSP 内部芯片定时中断和外部中断 int2、int3。

定时中断为每工频周波 32 次，调节器的计算与控制由定时中断完成；可控硅的触发脉冲回读由外部中断 int2、int3 完成。

7. 2. 1 定时中断

定时中断程序完成的具体工作：

在第 1 次与第 16 次采样之间进行对各采样值进行均方根计算，算出交流量的有效值，并进行 PID 计算，发可控硅脉冲。在第 17 次与第 32 次采样之间第二次对各采样值进行均方根计算，并进行 PID 计算，发脉冲，以确保每周波两次 PID 计算。

定时中断的其它时间要完成：键盘分析，数据记录、调差计算、PSS 计算、控制规律的实现，运行状态的确定，手、自动相互间跟踪，保护等等。

定时中断程序包括以下子程序：

- (1) 测速子程序
- (2) 采样子程序
- (3) 电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数计算子程序
- (4) PID 计算子程序
- (5) 开关量输入输出操作子程序

- (6) 开关量分析子程序
- (7) 各种保护限制子程序
- (8) 各种试验子程序
- (9) 调节器状态确定子程序
- (10) 录波子程序
- (11) 故障记录子程序
- (12) 跟踪计算子程序
- (13) 跟踪限制子程序
- (14) 回读脉冲检测子程序

7. 2. 1. 1 测速

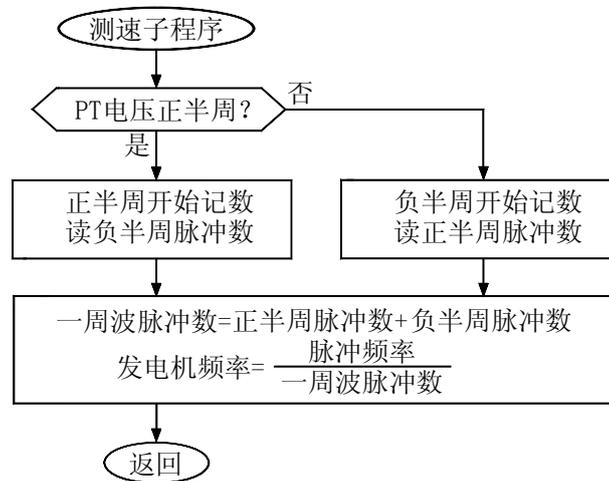


图7. 2. 1. 1-1 测速子程序流程框图

7. 2. 1. 2 采样

采用交流采样技术：对于周期为 T 的周期信号 $u(t)=u(t+T)$ ，在一个周期内对该信号等间隔均匀采样 N 点，得到 N 个采样点的电压值 u_0, u_1, \dots, u_{N-1} ，通过均方根法得到电压的有效值。

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} u_i^2}$$

7. 2. 1. 3 电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数计算

采样得到发电机单相电压电流值：

$$V_{fi} = \sqrt{\frac{1}{32} \sum_{i=0}^{31} v_{ffi}^2} \quad \text{其中 } j = a, b, c$$

$$I_{fj} = \sqrt{\frac{1}{32} \sum_{i=0}^{31} i_{fji}^2} \quad \text{其中 } j = a, b, c$$

发电机电压 V_f 、电流 I_f 按如下公式得到：

$$V_f = \frac{\sqrt{3}}{3} (V_{fa} + V_{fb} + V_{fc})$$

$$I_f = \frac{\sqrt{3}}{3} (I_{fa} + I_{fb} + I_{fc})$$

发电机有功 P 、无功 Q 、功率因数 $\cos \Phi$ 计算按如下公式得到：

$$P = \dot{V}_{fa} \dot{I}_{fa} + \dot{V}_{fb} \dot{I}_{fb} + \dot{V}_{fc} \dot{I}_{fc}$$

$$Q = \frac{\sqrt{3}}{3} \{ \dot{V}_{fa} (\dot{I}_{fc} - \dot{I}_{fb}) + \dot{V}_{fb} (\dot{I}_{fa} - \dot{I}_{fc}) + \dot{V}_{fc} (\dot{I}_{fb} - \dot{I}_{fa}) \}$$

$$\cos \Phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

7. 2. 1. 4 PID 计算

带励磁机的系统 PID 计算如图 7. 2. 1. 4-1 示的数学模型计算。

静止励磁系统 PID 计算如图 7. 2. 1. 4-2 示的数学模型计算。

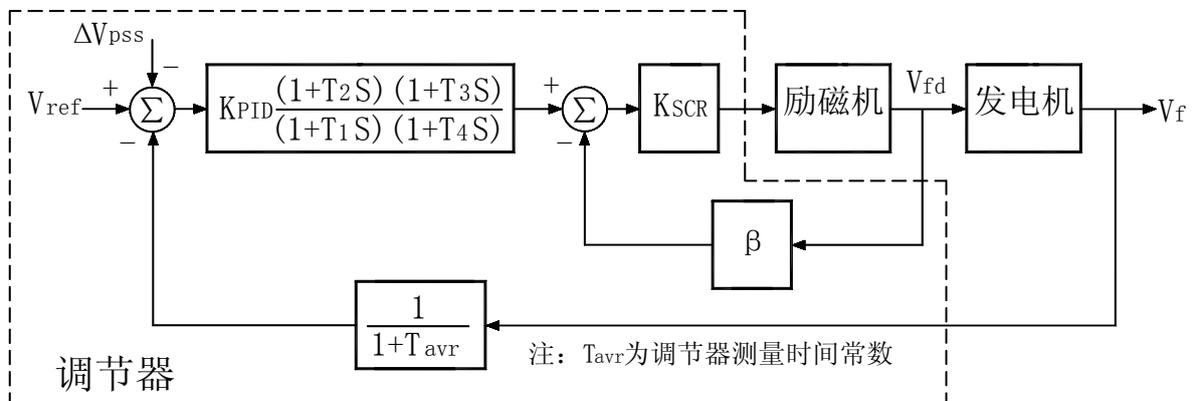


图7. 2. 1. 4-1

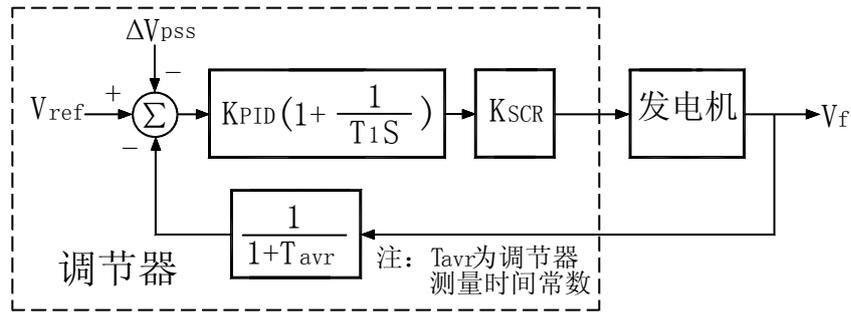


图7.2.1.4-2

7.2.1.5 限制与保护

保护程序的具体原理如下：

7.2.1.5.1 在做保护时，若有工频手动装置，则发切除信号，（面板“调节器退出”信号灯亮，运行退出继电器动作），装置退出运行；若无工频手动装置，发切手动信号，（面板“切手动”信号灯亮，切手动继电器动作）励磁调节装置转为手动方式运行。

7.2.1.5.2 V/Hz 限制

V/Hz 限制的原则是：

(1) 当 $V/Hz > 1.1$ 倍时发 V/Hz 限制信号（面板 V/Hz 故障指示灯亮，过 V/Hz 继电器动作）。闭锁增励，自动减励至 V/Hz 故障消除。

(2) 当 $V/Hz > 1.2$ 倍时，除执行上述 (1) 的运作过程外，延时 2 秒后，执行 7.2.1.5.1。

7.2.1.5.3 PT 熔丝断

如果检测到仪表 PT 熔丝熔断，发 PT 熔丝断信号。如果检测到量测 PT 熔丝熔断，则除发 PT 熔丝断信号外，发切手动信号，励磁调节装置转为手动方式运行。

7.2.1.5.4 低励限制和保护

低励限制和保护曲线如图 7.2.1.5.4-1 示：

如果当 $P < P_2$ 时 $Q < Q_1$ 或者当 $P \geq P_2$ 时满足

$B * P - C * Q > D_1$ ，则判定为低励，发低励信号，闭锁减励，并自动进行增励操作直到低励故障消失；如果当 $P < P_2$ 时 $Q < Q_1 - \Delta Q$ 或者当 $P \geq P_2$ 时满足 $B * P - C * Q > D_2$ 除执行上述操作外，延时 1 秒后执行 7.2.1.5.1。

7.2.1.5.5 过励限制和保护

过励限制和保护按照下列原则：

(1) 转子电流 $I_{fd} > 2.2$ 倍时，瞬时执行 7.2.1.5.1。

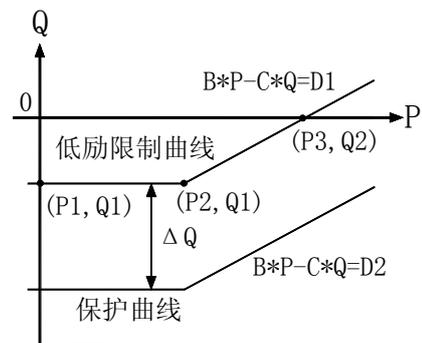


图7.2.1.5.4-1

(2) 转子电流 $I_{fd} > 1.1$ 倍时, 按反时限电流曲线进行限制并发限制信号。

(3) 如按第一条转子电流反时限曲线限制不住, 则按第二条转子电流反时限曲线执行 7.2.1.5.1。

7.2.1.5.6 错失脉冲检测

当脉冲回读后, 通过错失脉冲检测程序, 若发生失脉冲, 则仅显示失脉冲信息, 若是发生误强励信息, 则切脉冲且显示该信息。

7.2.1.6 试验

各种试验功能包括:

- (1) 转子电压负反馈试验
- (2) 阶跃响应试验
- (3) 置位试验
- (4) 强励试验

7.2.2 int2、int3 中断

int2 和 int3 分别记录+A 相同步信号、+A、-C、+B 相脉冲四个信号和-A 相同步信号、-A、+C、-B 相脉冲四个信号所发生的时间, 这些时间送 7.2.1.6.8 节作错失脉冲检测。

8、微机励磁控制器操作说明

8.1 装置面板布置:

控制器面板布置如图 8.1-1 所示, 由上到下由六部分组成:

第一部分是面板最上方的液晶显示器。

第二部分是信号显示区域, 主要由

(1) 电源指示信号: “电源正常” 用于指示各组直流电源的状况。

(2) 控制器状态指示: “自动运行”、“手动运行”、“调节器退出”、“本套正常”等, 用于指示控制器实际所处的状态。

(3) 故障信号指示: “故障切手动”、“装置出错”、“过流限制”、“低励限制”、“伏赫限制”、“PT 熔丝断”、“脉冲出错”等信号, 用于指示控制器的故障所在。

第三部分是控制器“信号复归”按钮。

第四部分是液晶显示器键盘操作按钮: 包括“^”键、“v”键、“<”键、“>”键、“+”键、“-”键、“取消”键、“确认”键。

第五部分是串行口: 用于同后台机或笔记本电脑通讯, 将控制器的参数、试验波形、故障记录、事件记录等数据上传至后台机或笔记本电脑, 属于即插即用型, 可带电插拔; 测试口: 未用。

第六部分控制器操作开关及指示灯: “中控”/“就地”开关、“运行”/“退出”开关、“置位”开关、“增磁”“减磁”带复位开关及相应的指示灯。

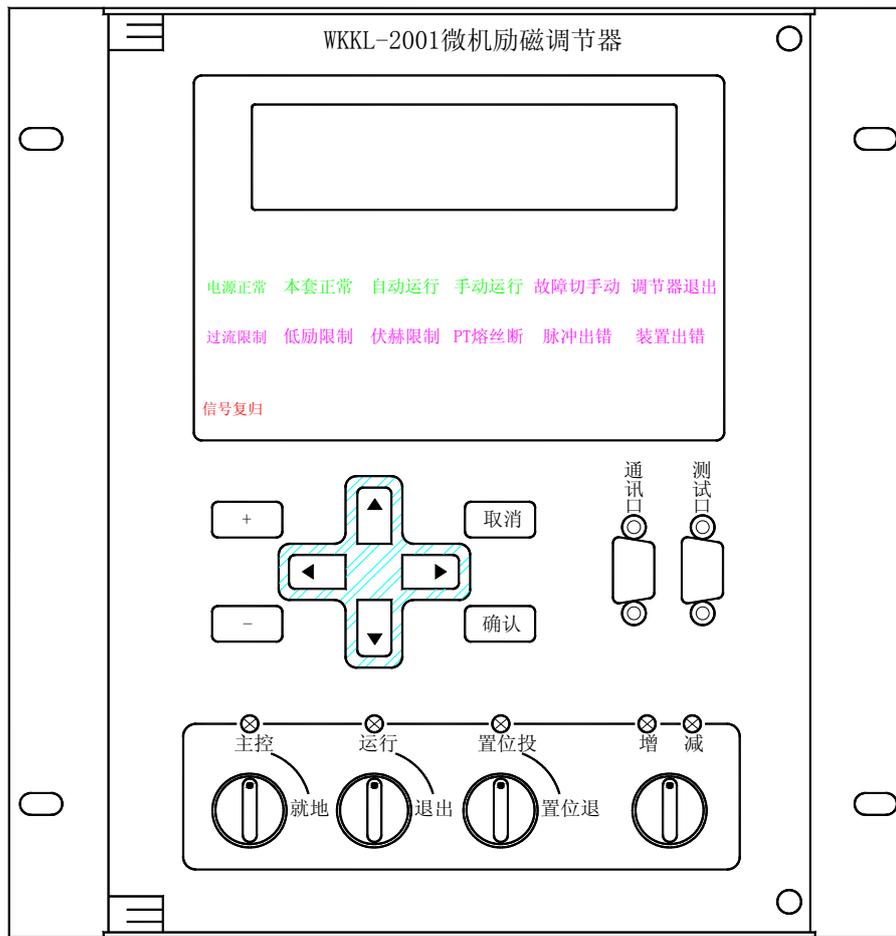


图 8.1-1 控制器面板布置图

8. 2 控制器操作菜单结构:

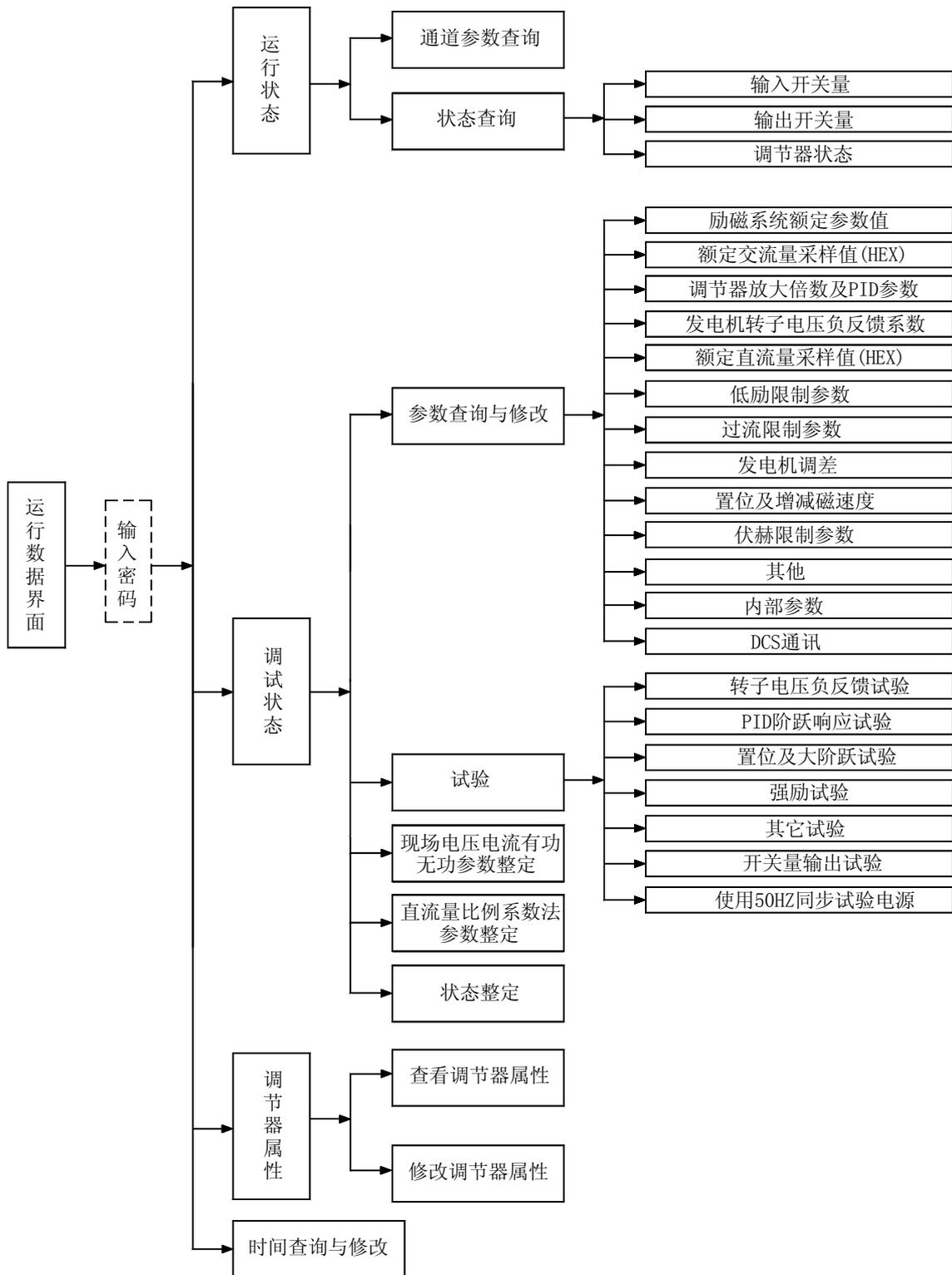


图8. 2-1 液晶显示菜单结构

8. 3 界面与键盘操作说明:

8. 3. 1 初始界面:

装置上电或进行硬件复位, 装置显示欢迎界面:

8. 3. 2 运行数据界面:

在欢迎界面显示两秒后, 自动转入运行数据界面, 包括下面四幅界面:

```
1. 调节器自动给定(V): 4.9950
2. 发电机测量PT值(V): 0.00000
3. 调节器总电流(A): 0.07324
4. 可控硅开放角(°): 80.760
```

```
5. 发电机电压(KV): 0.00000
6. 发电机电流(KA): 0.00000
7. 发电机有功(MW): 0.00000
8. 发电机无功(MVAR): -0.00877
```

```
9. 发电机功率因数: 0.00000
10. 发电机转子电压(V): 0.32348
11. 本柜输出电流(A): 0.04394
12. 发电机频率(HZ): 49.998
```

```
13. 调节器手动给定(A): 2.8198
14. 发电机转子电流(A): 0.00000
15. 调节器总电流(A): 0.05859
16. 可控硅开放角(°): 80.760
```



操作: 上键 (^): 向上切换界面。



下键 (v): 向下切换界面。



左键 (<), 右键 (>) 同时按: 进入主菜单密码输入界面。

8. 3. 3 主菜单密码输入界面:



 操作：左键 (<)：向左移动光标。

 右键 (>)：向右移动光标。

 取消键 (取消)：退回运行数据界面。

 确认键 (确认)：选定光标处的数据。

每按一次确认键，在密码区依次显示一个★，密码为四位数，密码错误需重新输入，密码正确即进入主菜单。

8. 3. 4 主菜单：



 操作：上键 (^)：向上移动光标。

 下键 (v)：向下移动光标。

 取消键 (取消)：退回运行数据界面。

 确认键 (确认)：选定光标处的状态，进入下一级菜单。

8. 3. 4. 1 运行状态菜单：



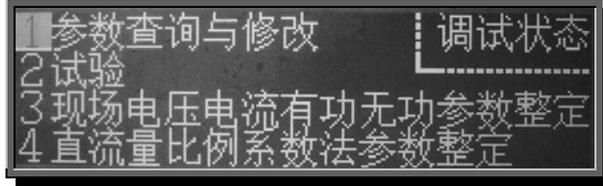
 操作：上键 (^)：向上移动光标。

 下键 (v)：向下移动光标。

 取消键 (取消)：退回主菜单。

 确认键（确认）：选定光标处的状态，进入下一级菜单。

8. 3. 4. 2 调试状态菜单：



 操作：上键（^）：向上移动光标。

 下键（v）：向下移动光标。

 取消键（取消）：退回主菜单。

 确认键（确认）：选定光标处的状态，进入下一级菜单。

8. 3. 4. 3 调节器属性菜单：



 操作：上键（^）：向上移动光标。

 下键（v）：向下移动光标。

 取消键（取消）：退回主菜单。

 确认键（确认）：选定光标处的状态，进入下一级菜单。

8. 3. 4. 4 时间查询与修改：

按照液晶显示提示按确认键后，出现光标闪烁，进入修改状态。光标闪烁之处，即可对其修改。修改数据时以二位数为修改目标同时修改。

8. 3. 5 查询界面：

包括通道数据查询界面、状态查询界面、参数查询界面及查看调节器属性界面。在

该界面下，可进行以下键盘操作：

 操作：上键 (^)：向上翻动界面。

 下键 (v)：向下翻动界面。

 取消键 (取消)：退回上一级菜单。

8. 3. 6 修改界面：

包括参数修改界面、修改调节器属性界面等等，在该界面下，可进行以下键盘操作：

 操作：上键 (^)：向上移动光标。

 下键 (v)：向下移动光标。

 取消键 (取消)：退回上一级菜单。

 确认键 (确认)：按一次，进入修改状态。

在参数修改状态，光标跳至要修改的数据处，此时可进行以下键盘操作：

 操作：左键 (<)：向左移动光标。

 右键 (>)：向右移动光标。

 操作：上键 (^)：向上移动数据。

 下键 (v)：向下移动数据。

 +键 (+)：数据增加。

 -键 (-)：数据减少。

 取消键 (取消)：退出修改状态。

 确认键 (确认)：进入确认参数修改界面。

余下操作按照液晶显示提示。

8. 3. 7 试验界面：

进入试验菜单后，可通过“^”键、“v”键选择试验，通过确认键进入某个试验项目。



图中第一行左侧有一圆点闪烁，表示准备好，此时可对该界面进行如下操作：

	操作：+键（+）：选择试验项目。
	—键（—）：选择试验项目。
	取消键（取消）：退回上一级菜单。
	下键（v），确认键（确认）同时按：进行试验。

开始试验后，调节器进入试验状态并录波，此时界面第一行左侧圆点停止闪烁，第二行左侧圆点开始闪烁并且右侧四个圆点依次显示。

	取消键（取消）：结束试验，退至试验菜单。
---	----------------------

8. 3. 8 调节器属性说明：

查询或修改以下调节器属性：

1. 励磁方式：

- (1) 常规励磁
- (2) 无刷励磁
- (3) 无刷励磁带转子电压
- (4) 静止励磁
- (5) 使用 IGBT 管励磁

2. (未用)

3. 出口断路器节点：“使用常开节点”或“使用常闭节点”

4. 灭磁断路器节点：“使用常开节点”或“使用常闭节点”

5. 失磁保护方式：

- (1) 切除本套调节器
- (2) 切至本套手动

该故障切至本套手动后，如果故障依然存在，则延时一秒钟后切除本套调节器。

- (3) 切至本套手动

6. 过励保护方式：

- (1) 切除本套调节器
- (2) 切至本套手动

该故障切至本套手动后，如果故障依然存在，则延时一秒钟后切除本套调节器。

- (3) 切至本套手动

7. 伏赫保护方式：

- (1) 切除本套调节器
- (2) 切至本套手动

该故障切至本套手动后，如果故障依然存在，则延时一秒钟后切除本套调节器。

- (3) 切至本套手动

8. 励磁功率整流柜模式（无刷励磁系统该属性无意义）：

- (1) 单功率整流柜模式
- (2) 双功率整流柜模式
- 9. 关于跟踪系统电压功能：
 - (1) 无跟踪系统电压功能
 - (2) 有跟踪系统电压功能
- 10. 调节器运行模式：
 - (1) 调节器单套方式运行
 - (2) 调节器双套主从方式运行
- 11. 发电机 PT 接线方式（针对调节器双套方式运行，且没有跟踪系统电压功能）
 - (1) 发电机 PT 交叉接
 - (2) 发电机 PT 未交叉接
- 12. 励磁适应发电机方式
 - (1) 火电励磁
 - (2) 水电励磁
- 13. 控制器处于：
 - (1) 实际状态
 - (2) 仿真状态

9、后台机使用说明

9.1 安装和启动

9.1.1 在 C 盘下新建两个文件夹，分别为“C:\界面”和“C:\数据夹”。

9.1.2 将“WKKL-2001 系列微机励磁后台软件.EXE”拷贝至后台机硬盘上任一目录下，然后双击该文件即可运行后台机软件；亦可在含有后台软件安装程序的光盘或移动软盘下执行安装程序安装该软件，安装完毕后，在“开始”菜单中即可启动该软件。

9.1.3 程序启动后，出现欢迎界面：



9. 2 功能与操作简介

9. 2. 1 操作说明

通过后台机操作，能实时显示各个开关量输入、输出的状态，以及机断电压、参考电压、转子电压、转子电流、调节器输出电流、发电机有功无功、发电机定子电流、可控硅开放角度等各个模拟量的实时值。

9. 2. 2 参数显示

用鼠标点击“额定参数”、“属性”、“内部参数”、“保护整定”、“数学模型”等即可显示出当前机组的额定励磁参数、励磁调节器的内部整定参数、各种保护整定参数以及PID和PSS的数学模型和对应的参数。

9. 2. 3 各类数据的传送

9. 2. 3. 1 额定参数的上传

连上通讯线，在“录波页”中点击“数据选择”命令按钮，出现如图9.2.3.1-1所示界面，选择“额定参数”，点击“确定”命令按钮，则开始上传额定参数。

额定参数传送结束后，后台软件自动将额定参数的HEX码保存在“C:\数据夹”目录下，文件名为如下格式：“电厂名称”+额定参数+“当前时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt。另外，同时还生成了一个额定参数的文本文档，文件名格式如下：“电厂名称”+参数文档+“当前时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt。

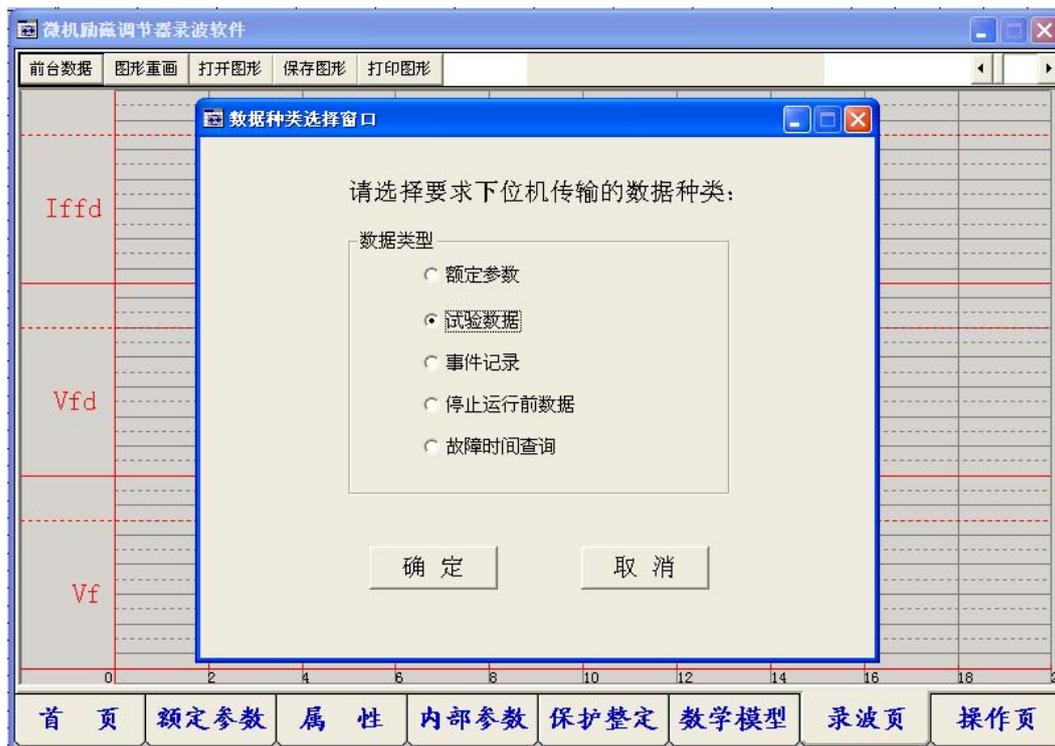


图 9.2.3.1-1

9.2.3.2 试验录波

在传送试验数据前请首先确认后台软件当前显示的额定参数是否是该机组的额定参数，如果不是请首先上传额定参数，再上传试验数据。

确认通过在控制器液晶显示界面中的操作进行了一次有效的试验后，即可进行试验数据的上传，具体方法为：在图 9.2.3.1-1 显示的界面中，选择“试验数据”，再点击“确定”按钮，则出现如图 9.2.3.2-1 所示界面，根据实际需要可选择“15 秒试验数据”、“20 秒试验数据”、“30 秒试验数据”、“全部（40 秒）试验数据”等中的一项，点击“确定”，则开始上传试验数据。

后台软件自动将试验数据的 HEX 码和生成的录波曲线保存在“C:\数据夹”目录下，文件名的格式分别如下：“电厂名称”+“试验类型”+试验数据+“当前时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt 和“电厂名称”+“试验类型”+试验曲线+“当前时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt

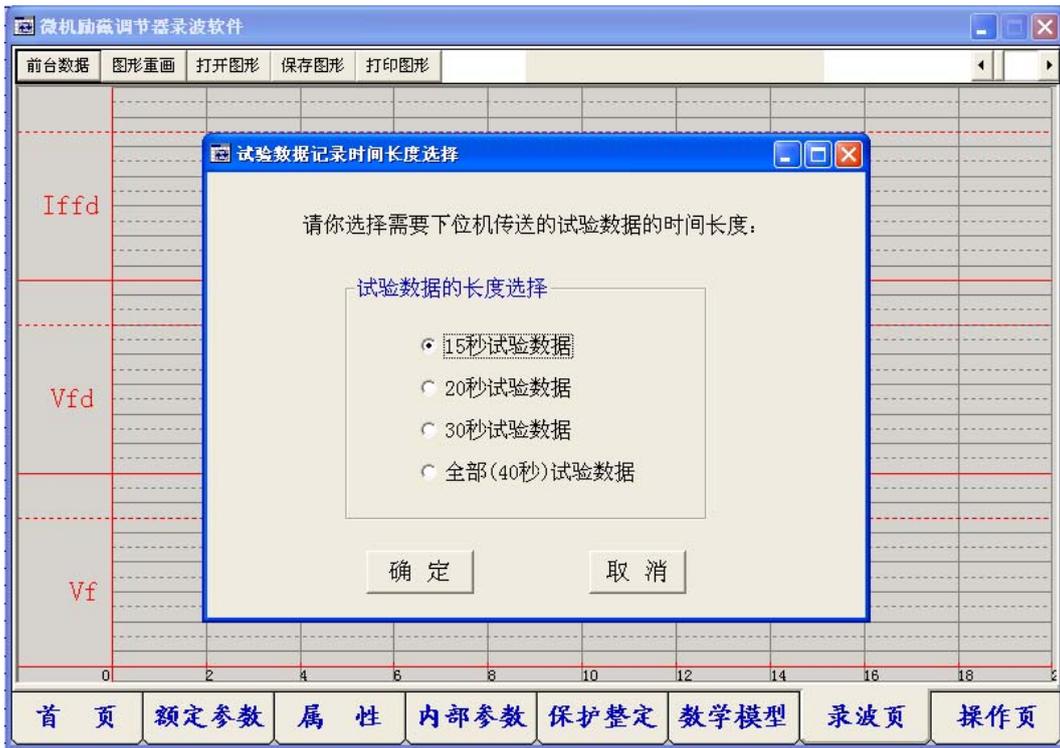


图 9.2.3.2-1

图 9.2.3.2-2 为某三机无刷励磁系统机组转子电压负反馈系数 $\beta = 0$ 时的“70%转子电压负反馈试验”的曲线。

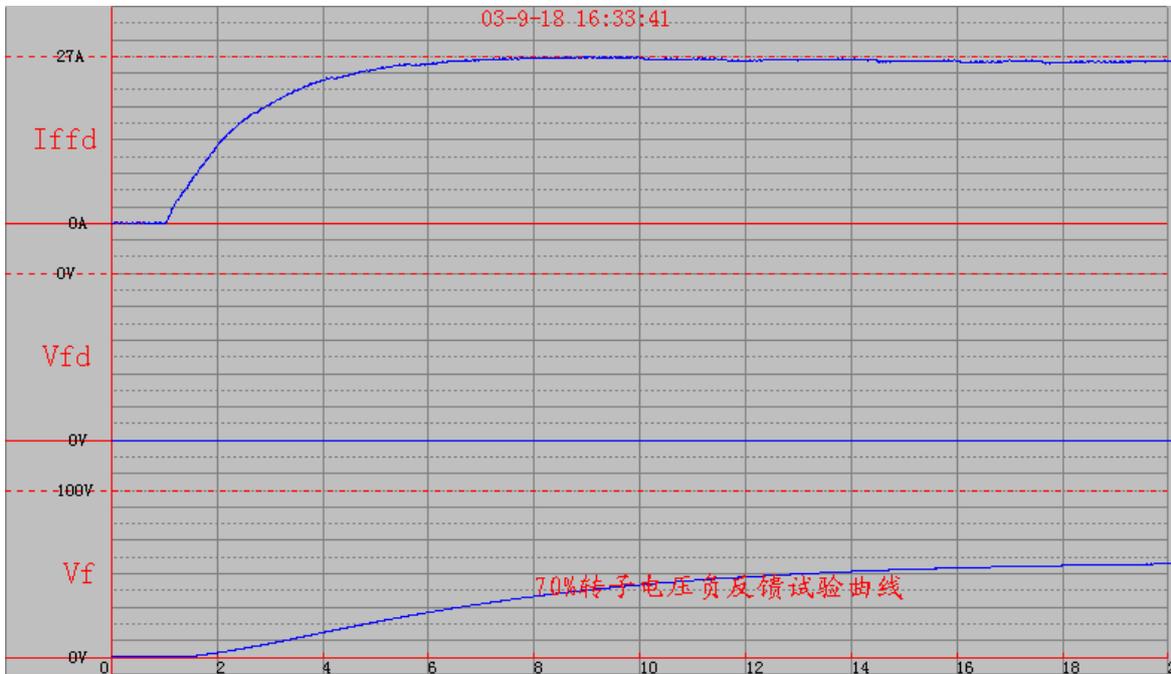


图 9.2.3.2-2

图 9.2.3.2-3 为该机组转子电压负反馈系数 $\beta = 0.1$ 时的“70%转子电压负反馈试验”

的曲线。

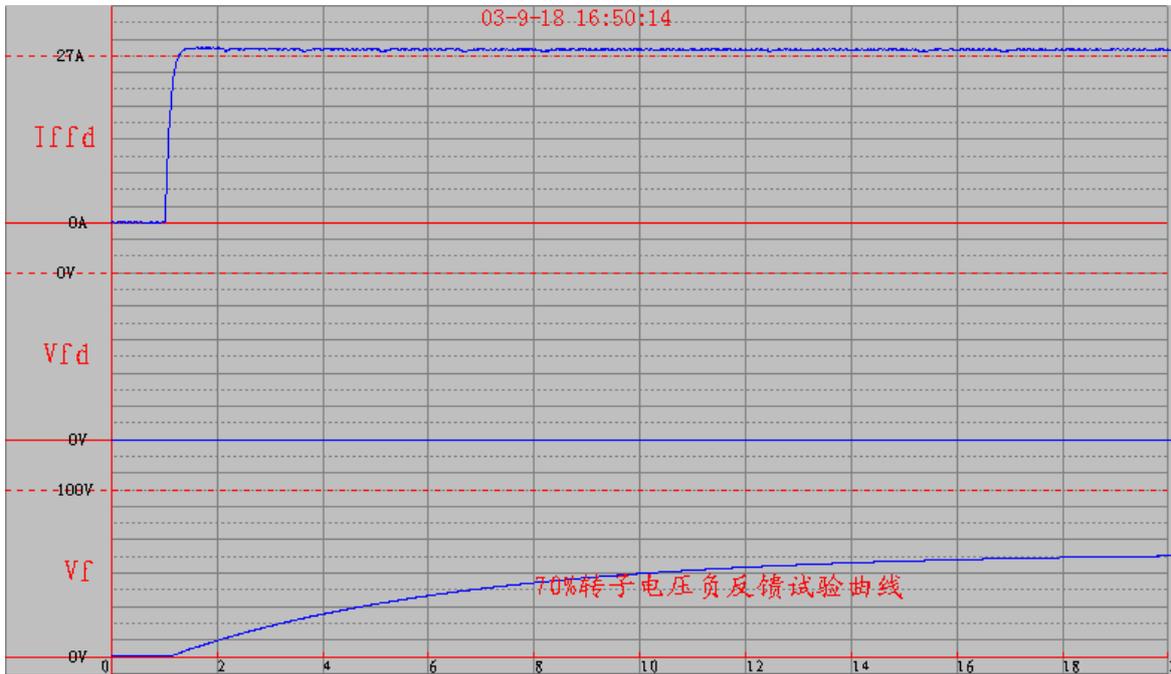


图 9.2.3.2-3

图 9.2.3.2-4 为该机组的“置位试验”曲线。

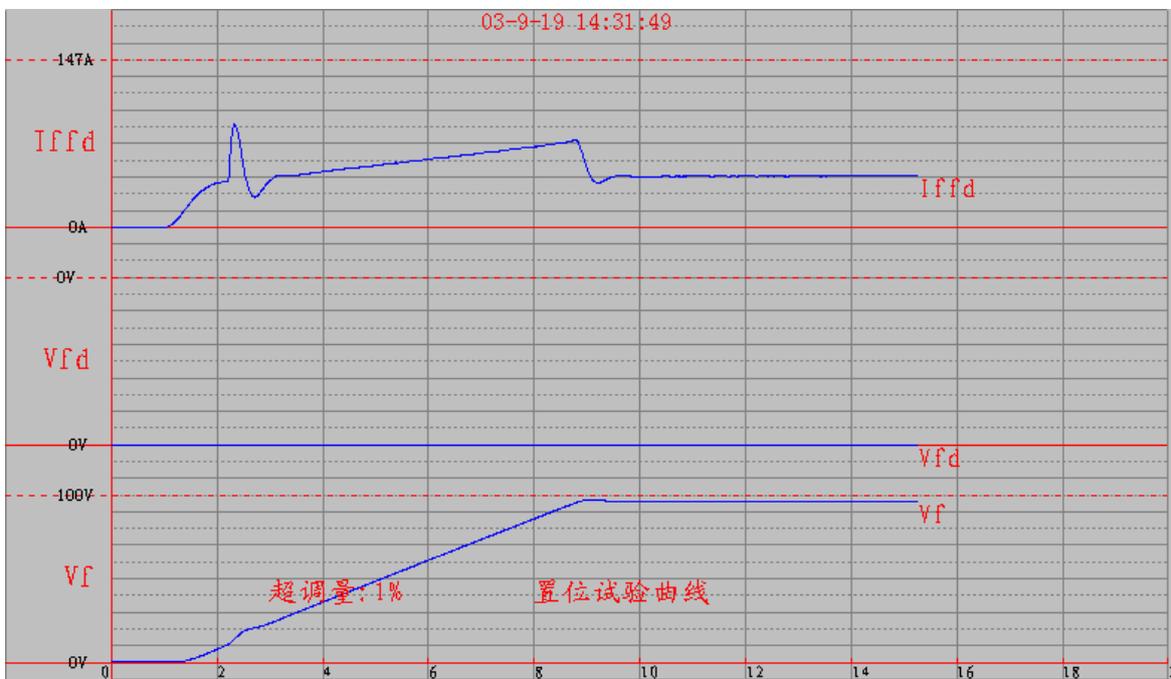


图 9.2.3.2-4

图 9.2.3.2-5 为某自并励磁系统机组的“-10%阶跃响应试验”的曲线。

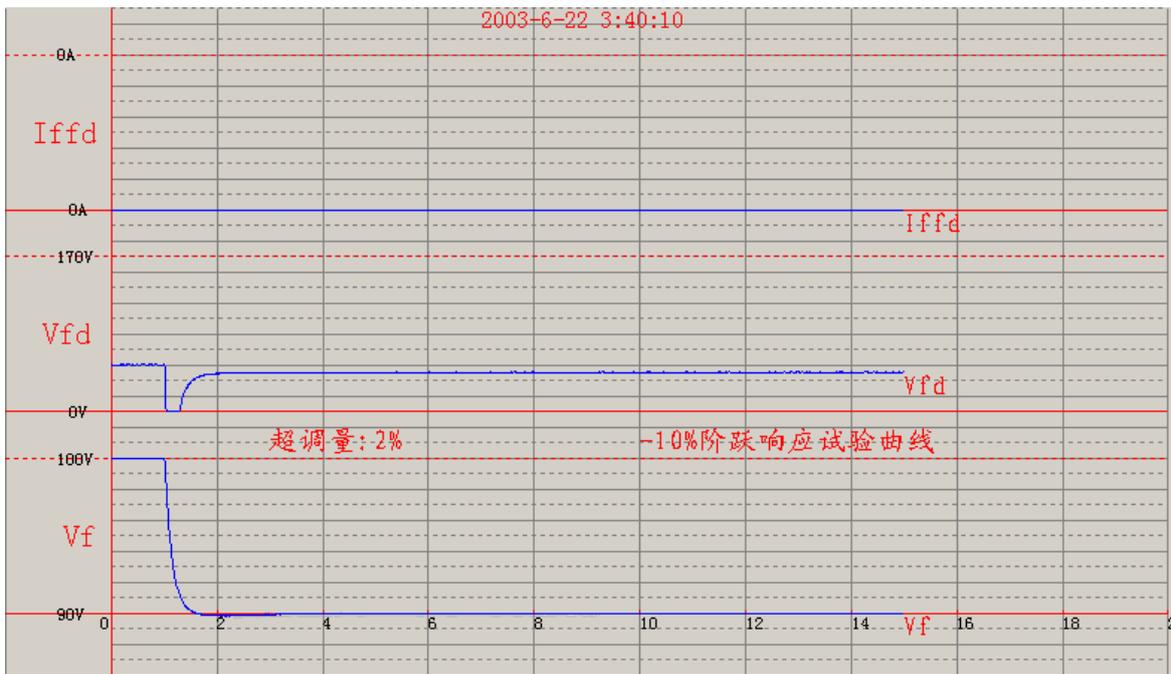


图 9. 2. 3. 2-5

图 9. 2. 3. 2-6 为该自并励磁系统机组的“+10%阶跃响应试验”的曲线。

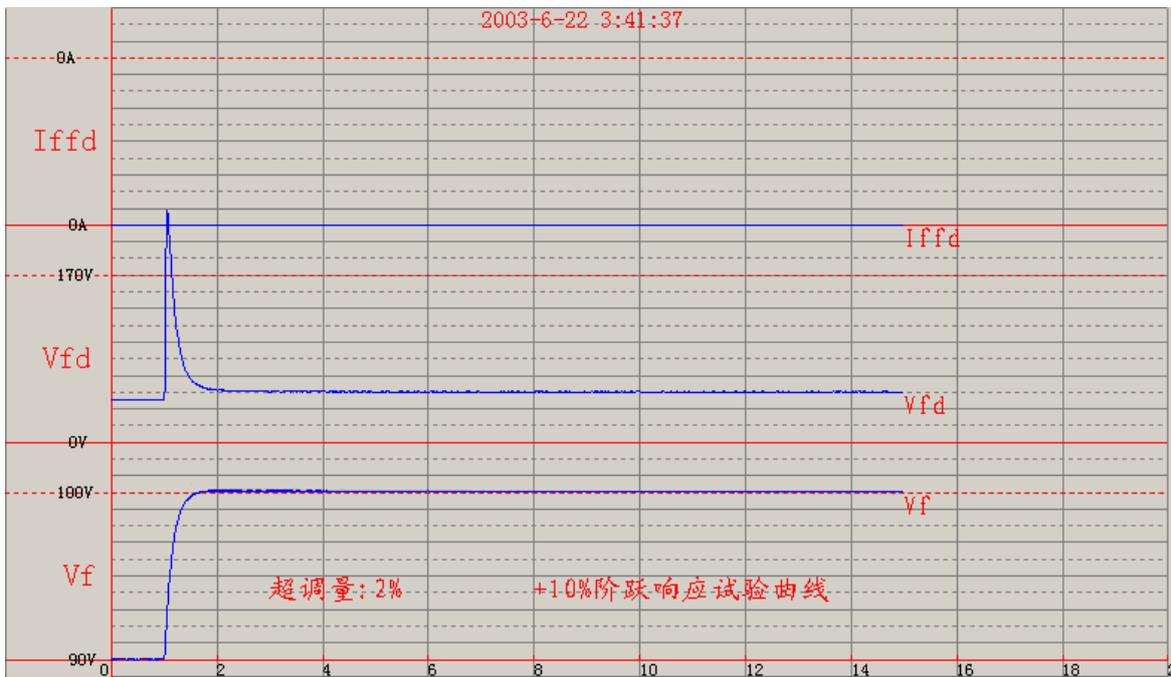


图 9. 2. 3. 2-6

图 9. 2. 3. 2-7 为该自并励磁系统机组的“甩额定无功负荷试验”的曲线。

事件记录”、“最近 1000 条事件记录”、“全部事件记录”等中的一项，点击“确定”，则开始上传事件记录数据。

The screenshot shows a text file named 'D:\辛集热电厂\1号机\故障数据\辛集1号机A套事件记录数据2004-2-22-12-25-13.txt'. The data is organized into columns representing different system parameters and their status over time. The columns include: 时间 (Time), 中控运行 (Central Control Running), 中控增磁 (Central Control Increase Magnetic), 中控减磁 (Central Control Decrease Magnetic), 保护出口 (Protection Output), 油开关 (Oil Switch), 中控起励 (Central Control Start Excitation), 它套自动 (Other Set Automatic), 它套正常 (Other Set Normal), 它套为主 (Other Set Main), 灭磁开关 (Magnetic Switch), FSS 有功闭锁 (FSS Active Lockout), 1#功率柜风机故障 (1# Power Cabinet Fan Fault), 1#功率柜快熔断 (1# Power Cabinet Fast Fuse Break), 2#功率柜风机故障 (2# Power Cabinet Fan Fault), 2#功率柜快熔断 (2# Power Cabinet Fast Fuse Break), and 3#功率柜风机故障 (3# Power Cabinet Fan Fault). Each row represents a specific time point, and the status is indicated by 'ON' or 'OFF' in various colors (red, blue, green).

图 9.2.3.3-2

后台软件自动将事件记录数据的 HEX 码保存在“C:\数据夹”目录下，文件名的格式如下：“电厂名称”+事件记录数据+“当前时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt。

数据传送完毕后则显示如图 9.2.3.3-2 所示界面，界面中共显示了 59 组开关的状态，可通过滚动条和翻页命令按钮来查询不同时刻的各个开关量的开断状态。

9.2.3.3 停止运行前数据的上传

在图 9.2.3.1-1 显示的界面中，选择“停止运行前数据”，再点击“确定”按钮，则开始上传停止运行前的数据记录。

后台软件自动将停止运行前数据的 HEX 码保存在“C:\数据夹”目录下，文件名的格式如下：“电厂名称”+停止运行前数据+“当前时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt。

9.2.3.5 故障数据的上传

在图 9.2.3.1-1 显示的界面中，选择“故障时间查询”，再点击“确定”按钮，则出现如图 9.2.3.5-1 所示界面，点击下拉对话框，根据需要选择想要传送的故障记录的时间，再点击“确定”，则开始上传所选择的故障记录的数据。

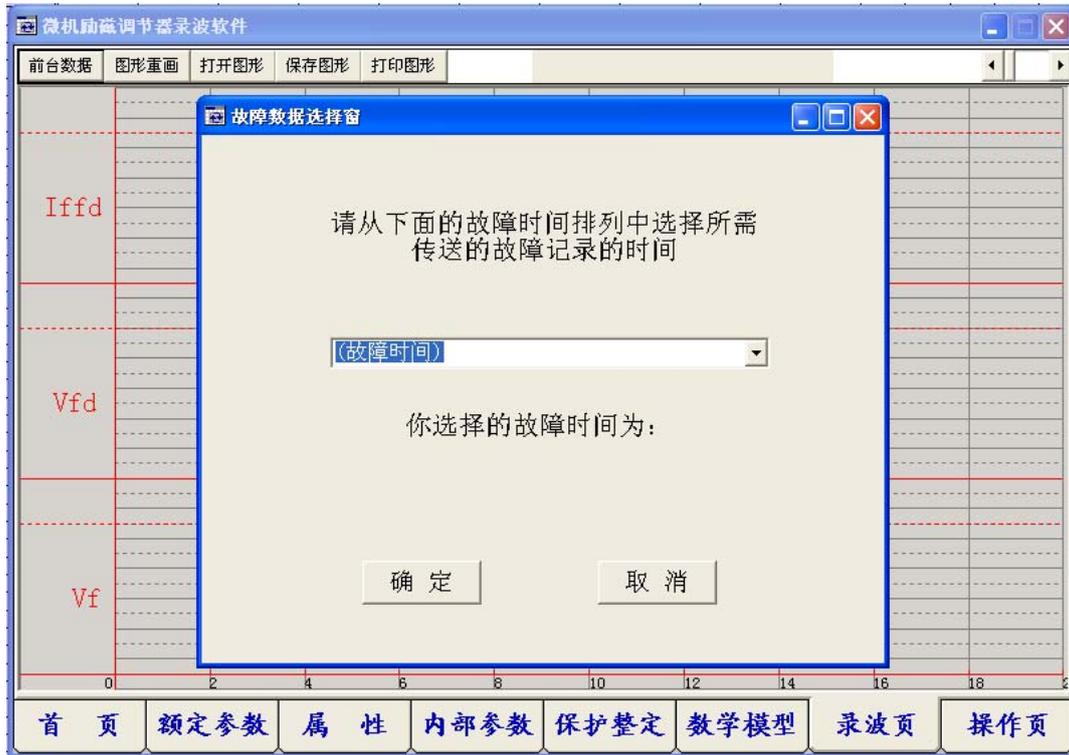


图 9.2.3.5-1

D:\辛集热电厂\1号机\故障数据\辛集1号机A套故障数据2004-02-17-10-37-54.txt

时间	Vf(V)	Vref	Vfd(V)	Id(A)	P(MW)	Ifd(A)	Id2(A)	Q(MVar)	If(KA)	$\alpha(^{\circ})$	PT熔断	脉冲出错	伏赫限制	故障切手动	过流限制	低励限制	起励失败	故障退出
2004-02-17 10:37:41 879	99.74	101.65	97.59	4.09	12.12	0	4.09	7.82	79	81.123	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:41 899	99.76	101.65	96.2	4.08	12.12	0	4.08	7.82	79	81.177	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:41 919	99.75	101.65	97.51	4.08	12.12	0	4.08	7.82	79	81.452	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:41 939	99.73	101.65	97.7	4.07	12.12	0	4.07	7.82	79	81.095	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:41 959	99.73	101.65	96.06	4.06	12.11	0	4.06	7.82	79	80.705	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:41 979	99.74	101.65	97.59	4.08	12.11	0	4.08	7.82	79	81.48	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:41 999	99.74	101.65	97.59	4.08	12.11	0	4.08	7.82	79	81.177	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 19	99.73	101.65	96.04	4.08	12.1	0	4.08	7.82	79	80.787	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 39	99.75	101.65	94.04	4.08	12.09	0	4.08	7.82	79	80.485	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 59	99.73	101.65	93.96	4.09	12.1	0	4.09	7.82	79	80.43	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 79	99.74	101.65	96.47	4.1	12.1	0	4.1	7.82	79	80.787	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 99	99.74	101.65	96.93	4.09	12.13	0	4.09	7.83	8	81.007	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 119	99.7	101.65	98.17	4.09	12.15	0	4.09	7.83	8	81.232	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 139	99.73	101.65	97.93	4.09	12.15	0	4.09	7.84	8	81.177	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 159	99.71	101.65	96.74	4.09	12.16	0	4.09	7.84	8	80.87	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 179	99.73	101.65	96.39	4.08	12.15	0	4.08	7.84	8	80.733	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 199	99.73	101.65	97.24	4.08	12.15	0	4.08	7.84	8	81.232	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 219	99.74	101.65	98.67	4.1	12.14	0	4.1	7.84	8	81.397	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 239	99.74	101.65	96.58	4.1	12.15	0	4.1	7.83	8	81.26	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 259	99.74	101.65	95.5	4.09	12.15	0	4.09	7.83	8	80.733	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 279	99.73	101.65	95.62	4.08	12.15	0	4.08	7.83	8	80.787	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 299	99.75	101.65	95.59	4.09	12.14	0	4.09	7.83	8	80.67	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 319	99.75	101.65	94.77	4.1	12.13	0	4.1	7.82	8	80.65	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 339	99.74	101.65	96.35	4.09	12.13	0	4.09	7.82	79	80.925	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 359	99.75	101.65	96.51	4.1	12.12	0	4.1	7.82	79	80.98	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 379	99.74	101.65	95.35	4.11	12.12	0	4.11	7.82	79	80.733	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 399	99.74	101.65	96.82	4.1	12.12	0	4.1	7.82	79	80.925	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 419	99.73	101.65	98.98	4.09	12.12	0	4.09	7.82	79	81.452	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 439	99.76	101.65	96.7	4.09	12.11	0	4.09	7.81	79	81.177	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 459	99.76	101.65	96.58	4.08	12.12	0	4.08	7.82	79	81.315	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 479	99.75	101.65	97.05	4.09	12.12	0	4.09	7.82	8	80.67	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 499	99.73	101.65	96.89	4.08	12.13	0	4.08	7.83	8	80.98	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 519	99.77	101.65	96.85	4.07	12.13	0	4.07	7.83	8	81.095	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 539	99.75	101.65	96.47	4.08	12.14	0	4.08	7.83	8	81.177	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 559	99.76	101.65	95.43	4.08	12.12	0	4.08	7.82	79	80.842	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 579	99.76	101.65	95.27	4.08	12.13	0	4.08	7.82	8	80.568	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 599	99.76	101.65	97.9	4.08	12.14	0	4.08	7.82	8	81.397	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 619	99.75	101.65	97.59	4.09	12.14	0	4.09	7.82	8	81.095	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 639	99.75	101.65	96.2	4.08	12.14	0	4.08	7.82	8	81.095	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 659	99.78	101.65	96.39	4.08	12.14	0	4.08	7.82	8	80.67	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 679	99.78	101.65	94.96	4.07	12.14	0	4.07	7.83	8	80.842	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 699	99.74	101.65	95.93	4.07	12.13	0	4.07	7.83	8	80.787	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 719	99.75	101.65	96.89	4.07	12.14	0	4.07	7.83	8	80.925	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 739	99.73	101.65	94.73	4.08	12.14	0	4.08	7.83	8	80.43	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 759	99.75	101.65	94.69	4.09	12.14	0	4.09	7.83	8	80.65	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 779	99.75	101.65	95.39	4.1	12.14	0	4.1	7.83	8	80.623	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2004-02-17 10:37:42 799	99.75	101.65	95.16	4.1	12.13	0	4.1	7.83	8	80.733	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

图 9.2.3.5-2

后台软件自动将故障数据的 HEX 码保存在“C:\数据夹”目录下，文件名的格式如

下：“电厂名称”+故障数据+“故障时间(年-月-日-时-分-秒)”.txt。

数据传送完毕后则显示如图 9.2.3.5-2 所示界面，界面中共显示了 10 组模拟量的数值和 59 组开关量的状态，可通过滚动条和翻页命令按钮来查询不同时刻的各个模拟量的数值和开关量的开断状态。

9.2.3 修改额定参数

通过后台软件，可以对前台机的各种额定参数进行修改，操作方便。此功能只对厂家现场服务人员开放，因此设有密码。

10、使用条件

- 10.1 使用地点的海拔高度不大于 2500 米。
- 10.2 环境温度-10℃~40℃，有条件的地方建议装在空调房间内。
- 10.3 相对湿度不大于 90%。
- 10.4 没有火灾及爆炸，无化学腐蚀气体的场所。

11、外部连接

端子排的安装按强电弱电分开、数字信号与模拟信号分开走线的原则。

外部弱电电缆须用屏蔽电缆，电缆接地为受端一点接地。

12、运输及储存

运输过程中印制线路板要单独装箱。用户收货后要及时开箱检查，有问题时要及时通知厂家。另外运输过程中要防止进水，到货后要存放在干燥通风的仓库。

附录一： WKKL-2001 微机励磁控制器与 DCS 分散控制系统的通讯协议

一、 通讯标准

采用 RS-232 串口；通讯波特率 9600bps；3 线通讯方式（数据出、数据入、地）。

二、 通讯协议

采用 MODBUS 协议，RTU 编码方式。

采用主从式通讯方式，DCS 系统为主站，励磁控制器为从站。

三、 通讯数据格式

1 位起始位，8 位数据位，没有奇偶校验，2 位停止位。

错误检测采用 CRC16 校验方式，校验多项式为 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ 。

四、 数据包格式

其始	目的地址	功能码	数据	CRC 校验	结束
T1T2T3T4	1 字节	1 字节	N 字节	2 字节	T1T2T3T4

T1T2T3T4: 时间长度，由应用程序控制，两个数据包之间的最小时间间隔为传送 3.5 个字符的发送时间（约 4ms）。

目的地址：DCS 主站要访问的从站地址。如果励磁调节器为双通道结构，则占用两个从站地址；若励磁调节器为单通道结构，则占用一个从站地址。

功能码：主站告知从站所要执行的操作代码。

数据：传送的数据，长度为 N 字节。

CRC 校验：前面所有数据的 CRC 校验值，长度为 2 字节。

五、 功能码定义

为保证微机励磁调节装置的可靠运行，调节装置只支持 DCS 主站的读命令，不允许 DCS 主站对调节装置进行控制。调节装置所支持的功能码如下：

02: DCS 主站读微机励磁调节装置的开关量数据

03: DCS 主站读微机励磁调节装置的模拟量的额定量数据

04: DCS 主站读微机励磁调节装置的模拟量数据

六、 数据传送格式

1. 读开关量数据

DCS 主站发送微机励磁调节装置的数据格式（8 个字节）：

从站地址
功能码 (02)
首地址 (Hi)
首地址 (Lo)
点数 (Hi)
点数 (Lo)
CRC 校验 (Lo)
CRC 校验 (Hi)

微机励磁调节装置发送 DCS 主站的数据格式：

从站地址
功能码 (02)
字节数 (N)
数据 1
.....
数据 N
CRC 校验 (Lo)
CRC 校验 (Hi)

微机励磁调节装置向 DCS 主站发送的开关量有 8 个字节，依次为 Kairu1、Kairu2、Kairu3、Facru、Kaicu1、Kaicu2、Kaicu3、Faccu，其中前 4 个字节为输入开关量，后 4 个字节为输出开关量，首地址为 01H。K 系列的开关量为送出装置或由装置外送入的开关量，F 系列的开关量只送至控制器面板或只由控制器面板送入的开关量。

各个开关量的定义如下：

励磁控制器输入开关量 Kairu1 定义：

Bit7	=1：双通道模式下为“它套自动运行”
Bit6	=1：起励
Bit5	=1：出口断路器合闸
Bit4	=1：发电机出口保护动作
Bit3	=1：中控减磁
Bit2	=1：中控增磁
Bit1	=1：水电模式下为“95%转速到”
Bit0	=1：中控运行

励磁控制器输入开关量 Kairu2 定义：

Bit7	=1：2#功率柜快熔
Bit6	=1：2#功率柜风机故障
Bit5	=1：1#功率柜快熔
Bit4	=1：1#功率柜风机故障
Bit3	=1：为闭锁 PSS 的发电机有功增减操作
Bit2	=1：发电机灭磁断路器动作
Bit1	=1：双通道模式下为“它套从柜运行”
Bit0	=1：双通道模式下为“它套正常”

励磁控制器输入开关量 Kairu3 定义：

Bit7	备用 DI24
Bit6	备用 DI23

Bit5	备用 DI22
Bit4	=1: 投入跟踪系统电压功能
Bit3	=1: 投入恒 COS Φ 调节功能
Bit2	=1: 投入恒无功调节功能
Bit1	=1: 3#功率柜快熔
Bit0	=1: 3#功率柜风机故障

励磁控制器面板输入开关量 Facru 定义:

Bit7	信号复归
Bit6	=1: 就地减
Bit5	=1: 就地增
Bit4	1/0: 就地置位投/就地置位退
Bit3	1/0: PSS 投/PSS 退
Bit2	1/0: 自动运行/手动运行
Bit1	1/0: 就地运行/就地退出
Bit0	1/0: 中控/就地

励磁控制器输出开关量 Kaicu1 定义:

Bit7	调节器故障退出
Bit6	起励失败
Bit5	低励限制动作
Bit4	过流限制动作
Bit3	自动运行故障切手动运行动作
Bit2	V/F 限制动作
Bit1	脉冲出错
Bit0	PT 熔丝熔断

励磁控制器输出开关量 Kaicu2 定义:

Bit7	起励控制投起励回路
Bit6	AVR 故障跳调节器直流输出开关
Bit5	1#功率柜故障
Bit4	2#功率柜故障
Bit3	3#功率柜故障
Bit2	DEH 信号: 过励磁动作
Bit1	DEH 信号: 最大励磁限制动作
Bit0	小机无刷励磁方式为: 调节器输出电流为 0; 其它励磁方式为 DEH 信号: V/F 动作

励磁控制器输出开关量 Kaicu3 定义:

Bit7	手动运行
Bit6	调试状态中频励磁电源自动同步 50Hz 励磁电源

Bit5	退出运行
Bit4	备用 D021
Bit3	备用 D020
Bit2	=1: 双通道模式下本套为“从柜运行”
Bit1	本套正常
Bit0	自动运行

励磁控制器面板输出信号开关量 Faccu 定义:

Bit7	装置出错
Bit6	减磁
Bit5	增磁
Bit4	置位投入
Bit3	PSS 投入
Bit2	1/0: 自动/手动
Bit1	1/0: 运行/退出
Bit0	1/0: 中控/就地

2. 读模拟量的额定量数据

DCS 主站发送微机励磁调节装置的数据格式 (8 个字节):

从站地址
功能码 (03)
首地址 (Hi)
首地址 (Lo)
点数 (Hi)
点数 (Lo)
CRC 校验 (Lo)
CRC 校验 (Hi)

微机励磁调节装置发送 DCS 主站的数据格式:

从站地址
功能码 (03)
字节数 (2N)
数据 1 (Hi)
数据 1 (Lo)
.....
.....
数据 N (Hi)
数据 N (Lo)
CRC 校验 (Lo)

CRC 校验 (Hi)

微机励磁调节装置向 DCS 主站发送的模拟量的额定值有 5 个字, 10 个字节。依次为 Vfref、Vf' ref、Iref、Pref、Qref, 首地址为 01H, 其定义分别为: 发电机励磁专用电压互感器之额定发电机电压采样值、发电机仪表用电压互感器之额定发电机电压采样值、发电机电流互感器之额定发电机电流采样值、额定发电机有功功率采样值、额定发电机无功功率采样值。另外发电机直流量 (如发电机转子电压、电流及调节器输出电流等) 的额定采样值统一规定为 1000H, 因此不再向 DCS 主站发送该量。

3. 读模拟量数据

DCS 主站发送微机励磁调节装置的数据格式 (8 个字节):

从站地址
功能码 (04)
首地址 (Hi)
首地址 (Lo)
点数 (Hi)
点数 (Lo)
CRC 校验 (Lo)
CRC 校验 (Hi)

微机励磁调节装置发送 DCS 主站的数据格式:

从站地址
功能码 (04)
字节数 (2N)
数据 1 (Hi)
数据 1 (Lo)
.....
.....
数据 N (Hi)
数据 N (Lo)
CRC 校验 (Lo)
CRC 校验 (Hi)

微机励磁调节装置向 DCS 主站发送的模拟量有 11 个字, 22 个字节。依次为 Vf、Vf'、If、P、Q、Vfd、Ifd、Iffd、Vref、Href、 α , 首地址为 01H, 其定义分别为: 发电机励磁专用电压互感器之发电机电压、发电机仪表用电压互感器之发电机电压、发电机电流、发电机有功、发电机无功、发电机转子电压、发电机转子电流、调节器输出电流、发电机自动给定、发电机手动给定、可控硅开放角。另外 Vref 的基准值为 Vfref; Href 的基准值为 1000H, 无刷励磁时以调节器输出电流为单位、其它励磁方式以发电机转子电流为单位; α 的值按 4000H 对应 90° 为基准。

4. 例子

模拟量换算例子：以某 125MW 发电机组为例。

$$\text{发电机额定有功: } P_N = 125MW$$

$$\text{发电机额定电压: } V_{fN} = 13.8KV$$

$$\text{发电机额定励磁电压: } V_{fdN} = 265V$$

$$\text{发电机额定励磁电流: } I_{fdN} = 1650A$$

$$\text{调节器额定励磁电流: } I_{ffdN} = 60A$$

$$\text{发电机额定功率因数: } \text{Cos } \phi_N = 0.85$$

通过计算：

$$\text{发电机额定无功: } Q_N = 77.47MVAR$$

$$\text{发电机额定定子电流: } I_{fN} = 6.152KA$$

$$\text{发电机 PT 变比为: } 13.8KV/100V$$

$$\text{发电机 CT 变比为: } 8KA/5A$$

$$\text{额定发电机 CT 电流为: } 3.845A$$

励磁调节器额定交流采样量各值为：

测量 PT 的采样值为：334DH

仪表 PT 的采样值为：334DH

仪表 CT 的采样值为：3D4AH

发电机有功的采样值为：37ADH

发电机无功的采样值为：2281H

通过 03 功能码读模拟量的额定量数据得到：

$$V_{fref} = 334DH$$

$$V_{f' ref} = 334DH$$

$$I_{ref} = 3D4AH$$

$$P_{ref} = 37ADH$$

$$Q_{ref} = 2281H$$

通过 04 功能码读模拟量的数据依次得到 V_f 、 V_f' 、 I_f 、 P 、 Q 、 V_{fd} 、 I_{fd} 、

I_{ffd} 、 V_{ref} 、 H_{ref} 、 α 的采样值，换算成实际值的方法如下：

$$(1)、\text{发电机电压} = V_f * \frac{V_{fN}}{V_{fref}} = V_f * \frac{13.8}{334DH} (KV)$$

$$\text{发电机测量 PT 电压} = V_f * \frac{100}{V_{fref}} = V_f * \frac{100}{334DH} (V)$$

$$\text{发电机仪表 PT 电压} = V_f' * \frac{100}{V_{f'ref}} = V_f' * \frac{100}{334DH} (V)$$

$$(2)、\text{发电机电流} = I_f * \frac{I_{fN}}{I_{ref}} = I_f * \frac{6.152}{3D4AH} (KA)$$

$$\text{发电机 CT 电流} = I_f * \frac{3.845}{I_{ref}} = I_f * \frac{3.845}{3D4AH} (A)$$

$$(3)、\text{发电机有功} = P * \frac{P_{fN}}{P_{ref}} = P * \frac{125}{37ADH} (MW)$$

$$(4)、\text{发电机无功} = Q * \frac{Q_{fN}}{Q_{ref}} = Q * \frac{77.47}{2281H} (MVAR)$$

$$(5)、\text{发电机转子电压} = V_{fd} * \frac{V_{fdN}}{1000H} = V_{fd} * \frac{265}{1000H} (V)$$

$$(6)、\text{发电机转子电流} = I_{fd} * \frac{I_{fdN}}{1000H} = I_{fd} * \frac{1650}{1000H} (A)$$

$$(7)、\text{调节器输出电流} = I_{ffd} * \frac{I_{ffdN}}{1000H} = I_{ffd} * \frac{60}{1000H} (A)$$

$$(8)、\text{调节器自动给定} = V_{ref} * \frac{100}{V_{fref}} = V_{ref} * \frac{100}{334DH} (V)$$

(9)、调节器手动给定：分两种情况

① 自并励及三机常规励磁有测发电机转子电流回路的，则以额定转子电流为基准：

$$\text{手动给定} = H_{ref} * \frac{I_{fdN}}{1000H} = H_{ref} * \frac{1650}{1000H} (A)$$

- ② 无刷励磁及三机常规励磁没有测发电机转子电流回路的，则以额定调节器输出电流为基准：

$$\text{手动给定} = H_{ref} * \frac{I_{ffdN}}{1000H} = H_{ref} * \frac{60}{1000H} (A)$$

$$(10) \text{ 可控硅开放角} = \alpha * \frac{90^{\circ}}{4000H}$$

