

高压直流输电换流站控制设备简介

许昌继电器研究所 陈尚志

前 言

直流输电技术是一门较年轻的技术，在国外近十几年才开始有了较大的发展。超高压直流输电技术以瑞典的ASEA公司和瑞士的BBC公司（以上两公司已合并为ABB公司）美国的GE公司，西德的SIEMENS公司及苏联发展较快，先后在美国，加拿大、巴西，北欧及非洲的一些国家投入使用。随着我国电力事业的不断发展，直流输电技术的应用在我国也势在必行。本文仅以瑞士BBC公司的换流站控制设备为主要内容进行介绍。它们主要包括：

1. P13/42可编程分层分布式控制系统。
2. PRAUT80.13故障报警系统。
3. INDACTIC65事故记录和分析系统。
4. INDACTIC42事件顺序记录系统。

一 P13/42可编程分层分布式控制系统

P13为Local Bus系统，P42为Intra plant Bus系统。

PROCONTROL P是一种可编程处理控制和监视系统，可进行二进制控制，模拟量控制，监视以及进行人一机通讯等。主要特点是：

反时限过激磁保护与以前的定时限保护有很大区别，变压器、发电机能长期耐受过励倍数的大小决定了起动值的高低， K_f 值的大小决定了保护的動作快、慢。

反时限过激磁保护既充分地利用了设备的耐受度又保证了设备的安全可靠运行。保护的特性曲线能与各种过激磁能力的设备相配合，更好地满足了电力发展的需求。

参考文献：

1. 《大型机组继电保护理论基础》 王维俭、侯炳蘊著。
2. 《超高压变压器的过励磁保护》《继电器》1988年第6期
3. 《RATUB继电器》 ASEA公司
4. "INFLUENCE OF DESIGE AND OPERATING ON EXCITATION OF GENERATOR STEP-UP TRANSFORMERS" IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPAPATUS AND SYSTEMS, VO1, PA S1985, NO. 8, PP901~909 AUGUST 1966.

串行数据传送，可编程处理，高灵活性，改进型诊断设备，分散分层控制。

PROCONTROL P由9个类型的60多种模块系列和一种专用P10语言，它们是：

- 就地总线及其模块
 - 站内总线及其模块
 - 输入模块
 - 输出模块
 - 输入/输出模块处理器模块
 - 驱动控制模块
 - 电源模块
 - 试验仿真及编程模块。
- PROCONTROL P10编程语言。

此外还包括专用的调试维护设备和编程器等。

P13/42系统是一个总线定向数据传输分布系统，由多个就地总线系统P13和一个站内总线系统P42所组成，由总线来传送控制部件和监视系统之间的信息，一切信号，被测值和命令都接受同步查询。

就地总线联接着输入、输出和处理组件。一条站内总线联系着整个站（如图1所示）。需要指出的是，为了提高控制的可靠性，采取双通道措施，因此，每条内部总线可以连接两个通道A和B。若一条总线失效，则信号接收器自动切换到到另一条总线上去。

P13/42系统所完成的功能：

1. 电力系统的启停，顺序控制，内部闭锁等，
2. 信号的显示和指示。
3. 各种事故情况下的报警。
4. 确定高压直流输电的各种运行方式。
5. 基础自动化。

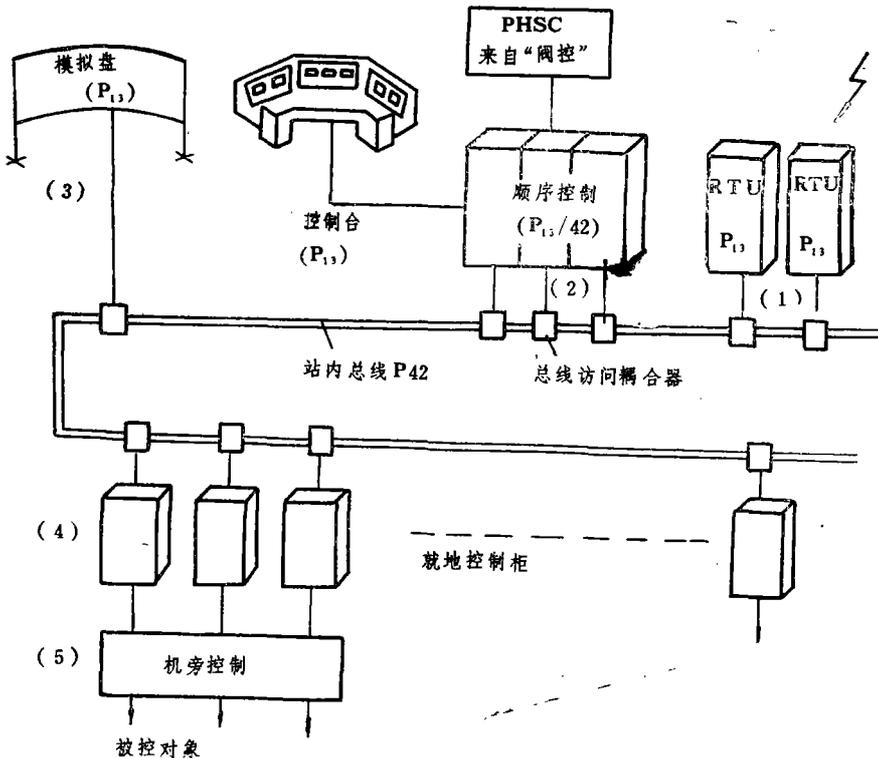


图1 P13/42系统图

6. 变压器的分接头切换控制和主联运行。
7. 同步检查电压的选择。
8. SVS系统的顺序控制, 频率变换(带判据显示)。
9. HVDC无功单元的自动投切。
10. 冷却系统及辅助电源的控制和管理。
11. 模拟控制和事件记录。
12. 温度监视。

葛洲坝→南桥换流站的P13/42系统为一五层分布式控制系统, 这五层为(参图1)。

第一层: 遥控、调度中心可以通过RTU发送控制命令, 调度中心对葛州坝侧和南桥侧均可进行遥控操作。并可把电站的情况送到调度中心。

第二层: 自动顺序控制(三面屏/每个极)实现整个换流站的自动顺序控制功能, 还包括对PHSC系统(称为阔控设备)和控制台的控制。对于南桥站, 也可实现对交流开关站的控制。

第三层: 模拟盘控制, 模拟盘上的按钮通过P13/42系统直接进行对操作开关的控制。

第四层: 就地站控制, 就地站内也设有本地主接线模拟显示盘, 在盘上对本地开关可进行直接控制。

第五层: 个别控制, 即机旁控制。

换流站P13/42是一个十分庞大的控制系统, 在这里只能作非常简单的介绍。

下面仅就两种总线作些简单说明:

1. Local Bus——就地总线;

就地总线主要包括总线信息控制器70BV01模块和总线电路板70BL01, 总线控制器控制信息发送顺序, 如果有重复转送的要求, 总线信息控制器也可以控制复转, 在这种情况下, 甚至一个总线信息控制器失效, 数据交换仍保证继续进行, 因为第二次交换是自动完成的。

Local Bus设计成印制电路板的型式即70BL01板, 传送二进制信号和数字化16位模拟信号, 在连接到Local Bus的模块之间的信号以串行和循环方式进行交换, 各种功能模块直接联接到机架背部的Local Bus印制电路板上。

Local Bus共有七条线:

AD——地址线 DN——数据线 DI——反相数据传输线 CK——时钟和同步信号线 US——24V电源线 ED——总线信号基准地 E——基准线。

就地总线70BL01可以通过预制的电缆扩展延长。

总线信息控制器由时钟信号CK同步工作, 它以循环的方式经过地址线AD产生地址字, 并与时钟信号同步按顺序增加。有用的地址号可以在每一周期中在总线信息控制器上有效地置位, 全部连接外部设备的模块地址为输入, 输出模块, 与它们模块的编码开关所置位的地址字进行比较。当输入模块识别了它的地址, 那么在此地址上的数据经过

数据线传送到处理器或输出模块。

数据传送经过数据线DN以及反相形式传输的数据线DI进行的。这种数据的双线传输（正相和反相）保证了传输的高可靠性。

16位有效的数据字可以允许16位二进制信号或一路模拟量信号在一个地址发送。

总线控制器在一个周期 20ms 中产生256个地址，在只有128地址和2个服务地址的场合，这20ms的周期被分成10ms两个相等的部分。

2. Intra-plant bus

站内总线

站内总线系统由地址发送器和同轴电缆组成，地址发送器控制信号的传送顺序，信号经过同轴电缆传输。

就地总线和站内总线的联接如图2所示。

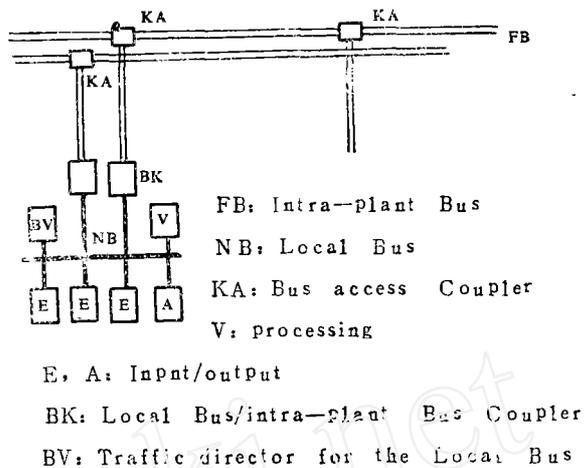


图2

二 PRAUT80.13系统

PRAUT80.13为故障报警系统，也称为人一机联系系统，人一机接口（MMI）由可控的外设部分和监视系统所组成，它允许操作人员和维护人员进行各种处理，并且接入控制系统。

根据它的专门任务，主要可分为两个部分：

1. 为操作人员的人—机接口，称为操作站。
2. 为维护人员的人—机接口，称为诊断站。

下面将分别进行介绍：

（一）操作站PRAUT80.13P

MMI可以经常地为运行人员提供显示灯、显示器及记录器等各种直观指示，并通过按钮与之联系，它还可以用显示单元——VDU（CRT）和功能键盘（FKB）进行计算或处理，而硬件电路MMI具有并行存取处理功能。

操作站包括处理计算机系统，并和控制、监视系统PROCONTROL P13/42经

过站内总线联系在一起，在P13/42之前，经过预处理接口COMCON。

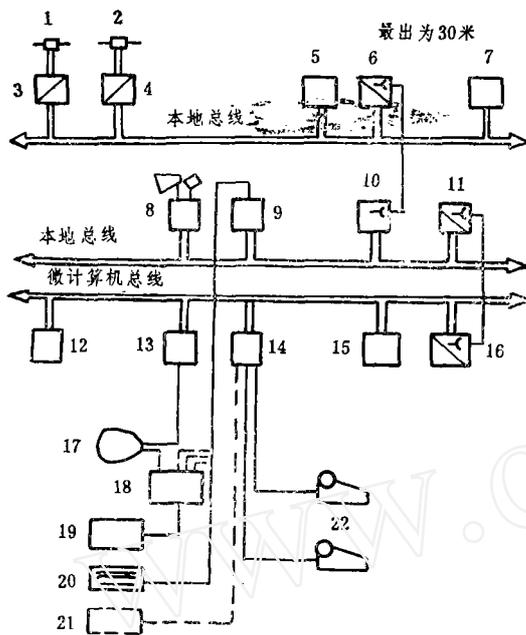


图3 操作站结构框图

- ① 站内总线 ch 0
- ② 站内总线 ch 1
- ③ ④ 本地总线 / 站内总线耦合器
- ⑤ 可编程处理器
- ⑥ 总线隔离放大器
- ⑦ 总线信息控制器
- ⑧ 二进制信号输出部件
- ⑨ 二进制信号输入部件
- ⑩ 总线存取部件
- ⑪ 本地总线 / μ -总线耦合器
- ⑫ 微型计算机
- ⑬ 视频信号控制器
- ⑭ RS232 接口
- ⑮ 试验存储器耦合器
- ⑯ 微计算机 / 仿真存储器耦合器
- ⑰ CRT 彩色显示器
- ⑱ 视频信号多路转换器
- ⑲ 硬拷贝单元
- ⑳ 功能键盘
- ㉑ ASC11 键盘
- ㉒ 打印机

由图可见它是通过站内，总线通道联接操作站内两个总线系统：即P13监控系统本地总线和微型计算机的并行总线。

操作站的本地总线是用“本地总线/站内总线耦合器70BK02和监控系统的站内总线相连接在控制全内连接还是在控制设备内部连接，则取决于系统结构的选择。

微型计算机并行总线经过本地总线扩展器和本地总线/站内总线耦合器70BK02相连，本地总线扩展器具有隔离放大器70BT01和总线存取模块70BA02以及箱体之间联接电缆70BL03，两个箱体之间的连接距离最大不得超过30米。本地总线接至由微计算机控制的并行总线，此并行总线连接外部设备的输入/输出模块。

一个PRAUT80.13操作站能够支持一个彩色显示器(VDU)，一个功能键盘(FKB)，二台打印机，一个ASC11键盘和一个硬拷贝单元。

彩色显示器经过R、G、B和同步输出由同轴电缆插入机架背后的并行总线，功能键盘经输入/输出模板和本地总线相连，二台打印机经过双向串行接口RS232连接。两个接口的数据格式可以调整，传送速度也可以在75~240波特之间调整。硬拷贝单元可以接至VDU控制器，可以是R、G、B输出的彩色拷贝，也可以是无彩输出的黑白拷贝，一个ASC11键盘根据构成用途经过第三个串行接口(类似于RS232)可以作固定连接或活动连接。这个接口的速率可以调整在300波特。

微型计算机产生的时间信号在记录器进行实时显示，时基由本地总线系统的本地总线信息控制器的(70BV01)晶体所控制。

若有多个操作站，有多个分散的诊断站，时间将由系统同步，全部静态画面信号全存入EPROM。

(二) 诊断站PRAUT80.13L

诊断站是运行维护人员的工作中心，是用来与内部监控系统进行对话的。诊断站还可以产生指令表（用户程序）并进行修改，全部PROCONTROL P13/42的可编程模板，操作站PRAUT80.13P的显示器和记录器，以及各个可偏编程的EPROM中的指令系统均可在这里产生并进行修改。

诊断站又可以分为基本型和扩展型。

基本型具有如下功能：

连续执行功能：

①清楚地显示和记录一切本地总线系统的系统内部故障。包括发生的时间，站识别号，站内总线以及本地总线号。

②故障时间显示时钟及为此而产生的闪烁信号（用于系统运行状态和故障指示）。

请求执行功能：

①指示和记录来自系统任何站的任何本地总线信号。

②指示：遥调并同时记录全部可编程处理器（70PR03）的调制控制参数（可选择最佳调制控制循环）例如内部设点值，比例作用系数，积分和微分时间等。

③指示和记录任何一个可偏编程处理器（70PR03）的内部操作值。

④显示和记录一切可偏编程处理器和驱动控制器的指令表（用户程序）

⑤显示和记录全部本地总线/站内总线耦合器（70BK02）的指令表（编组链）

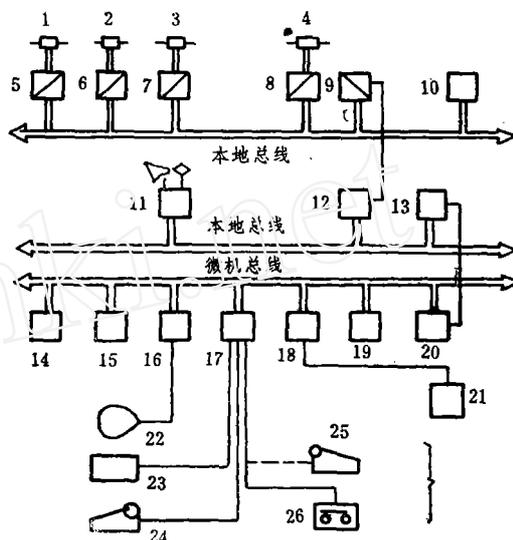
⑥显示和记录全部内部总线信息控制器（70FV01）的指令表。

⑦产生和修改PROCONTROL P13/42系统的一切可偏编程模件的指令表（用户程序），由缩写符和数据格式变换的可编程P10语言提供有力的支持。

扩展型还具有下列功能：

①记录任何8路可选的模拟量和8路可选的二进制信号，（本地总线信号或来自系统任意站的偏编程处理器（70PR03）的内部工作参数）。

②操作站PRAUT80.13P的显示和记



图中①②③④分别为站内总线的通道0，通道1，通道2和通道0，⑤⑥⑦⑧（70BK02）为本地总线/站内总线耦合器⑨70BT01为总线隔离放大器⑩70BV01为总线信息控制器⑪70AB01为二进制信号输出模块⑫70BA02为总线存取模块⑬70SK37为本地总线/μ-计算机总线耦合器⑭μ-计算机⑮EPROM可偏编程模块⑯70SK31视频信号控制器⑰70SK32为RS232接口⑱70SK35为电压信号输出模块⑲70SK33为试验存贮器耦合器⑳70SK34为μ-计算机/仿真存贮器耦合器㉑电压信号记录器㉒CRT显示器㉓ASC11键盘㉔㉕为打印机㉖磁带单元

图4 诊断站结构框图

录的编辑。

③全部可编程部件和操作站的EPROM编程。

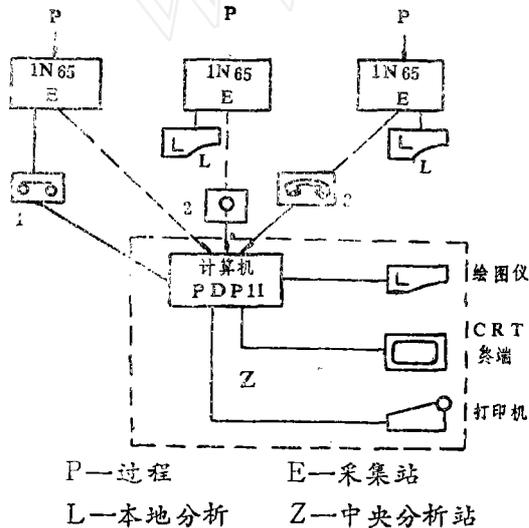
诊断站的结构和它与监控系统的联接如图4所示,此框图表示的为扩展型,可以配置中一大型监控系统。

诊断站也有两个总线系统所组成, PROCONTROL P13/42的本地总线和微型计算机的并行总线。

葛沪工程的PRAUT80.13报警系统,只选配置了其中的一部分功能,可以显示并打印报警事件,分辨率为1ms将报警分为一般,警告和紧急三类,在中场室可及时得到显示和打印记录。

三 INDACTIC 65 事故记录和分析系统

INDACTIC65系统由一个或多个采集站和区域中心的分析站所组成,见图5,采集站根据其功能强弱可以分为几种,例如①INDACTIC65这类价格比较便宜,扫描频率为500Hz,以盒式磁带作为大容量辅助存储器。②INDACTIC65F扫描频率为4kHz可以在采集站进行简单的就地分析,使用5 $\frac{1}{4}$ 吋磁盘作为大容量存储器。



远传介质有: 1. 磁带 2. 磁盘 3. 电话线

图5 系统框图

2. 当事件发生时, 这些信号存入数据缓冲器几个事件能够同时地立即被存入。
3. 同时存入事件发生的时间, 由内部时钟决定, 分辨率为1ms。

4. 数据从缓冲器重新转录到盒式磁带上。采集站的基本功能单元盘如图6所示, 需要记录的模拟信号和二进制信号连续地被扫描, 不断地转换成数字化信号, 在正常情况下。数字化信号不断地存入“预存贮器”, 并不断地消去较早存入的数据, 实际上“预存贮器”中所存的数据为事故前所需要提前记录的数据, 一旦事故发生“预存贮

葛——沪高压直流输电工程中采用的是INDACTIC65C, 其功能介于以上两者之间。

(一) 采集站

采集站主要用来采集在特定情况下的数字信号和模拟信号, 它可以分别存贮32路模拟信号和32路开关信号, 重要的是它能当即存贮包括事故产生前的事件信号, 并用盒式磁带记录数据。

采集站由ED1000系列的模板及其电压, 电流变换器等组成, 采集站从本质上完成下列任务:

1. 对数字信号和模拟信号实现连续的监视, 并不断地存入它们的顺序状态和量值。

器”中的数据当即按顺序存入事件存储器，这里的数据包括事故前的和事故后的。大容量存储器通常为盒式磁带和磁盘，它作为保存，携带和输送到分析站的辅助存储器。

模拟信号的转换用12位二进制，因此转换精度可以达到0.5%，这里还采用了数据压缩技术，其中只有8位被存入磁带。

采集站可以固定安装在控制台上，这样，便于时间整定，磁带重录和测试等，系统的特征参数可以由用户方便地通过跨接片预置。

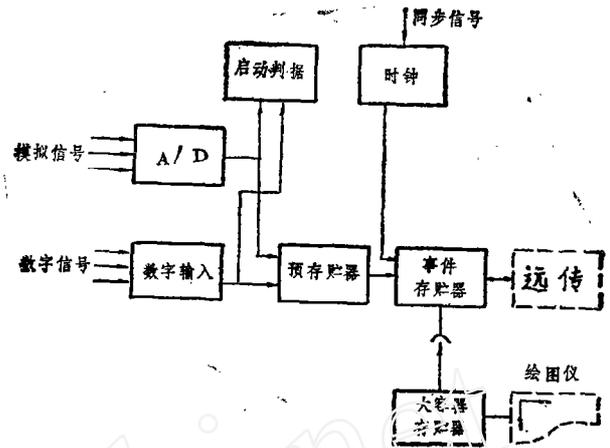


图6 采集站功能单元

采集站的一些主要技术参数：

1. 系统的输入和输出

①输入遥控

遥控输入共有四路：同步，触发启动，复归和磁带写入，输入滤波器的时间对于同步和启动触发信号为0.2ms，对于复归和写入磁带信号为13ms。

②额定输入电压为24V（19—36）V或48V额定输入电流每输入端为10mA

③状态输出

状态输出共四路：报警、事件、时间同步和外触发信号。

④盒式磁带驱动器的联接采用串行接口EIAS 423（与RS 232C兼容）

2. 故障信号的采集

①启动判据 0—1

②每个事件记录时间的设定

故障前的记录时间TVG 0.1秒或0.4s可设定，最长记录时间TE_{max} 0.3s 0.5s 1s 2s 3s 5s 7.5s 10s可任意设定。

最小记录时间 TE_{min} 固定在0.2s

后记录时间 TNG 固定在0.2s

记录总时间 TR = TVG + TE + TNG
= (0.5~10.6) s

3. 系统容量

缓冲器（事件存储器） 64k * 12BIT

盒式磁带 256KB * 2

磁盘 1.5MB * 2

采集站的数字量输入板用8位单片机μP8031进行控制和管理，模拟量输入板

用Intel 16位微型机8086—2进行处理和控制。而全站的微型计算机控制模板采用的则是8085A。

采集站所记录的信号有三种不同的类型，其数量和它们互相之间的分配可由用户确定。这三种信号是数字信号（即开关量），电压信号和电流信号。

1. 数字信号 每八位为一组，每输入1位（开或闭）就被采入。

2. 电压信号

电压信号通过模拟量输入模板ED1318相连并由此转换成12位二进制信号（其中一位为符号位）但是转录进入盒带的只有高8位。

3. 电流信号

电流信号也转换成12位二进制信号，每次采样均压缩成8位，然后存入盒带，这种压缩是非线性的，它的目的是为了使输入电流 $I = (0.7 \sim 30) I_N$ 的范围内，8位测量值的精度都能达到2%左右，非线性压缩是根据ROM中的压缩表由软件来实现的。

从事件存储器转送到盒式磁带上的速率在150 Bd~38.4 kBd之间可能调整。

（二）分析站

分析站的工作方式取决于装在计算机内部的PLOT65程序包，这个程序功能适用于任何带有RT—11V₄或RSX—11M操作系统的所有美国DEC—数据设备公司的计算机。

分析站主要组成

1. 主机：以CPU LSI 11/23处理器为核心的包括一个大型的与采集站相同的子汇编。它是16位高性能小型微处理机，具有PDP11/34的全部功能，包括存储器管理，一个双高度多层组件和浮点选项——KEF11—AA。

处理机使用LSI—11总线，具有新的四级中断总线协议和优先检查特性。LSI—11总线价格低性能高，一方面使用多功能数据地址线（DAL）以压缩总线数量。另一方面采用I/O页面地址编码线。

处理机的软件和PDP—11系列机兼容，很大范围内的软件可以被利用，包括编程语言，诊断软件及操作系统等。

2. 绘图仪：例如BBC公司的Servogor

3. CRT终端，（可带或不带附加的图形单元）该系统的主要特点有：

- 四级中断矢量，不用查询器件提供很快的中断响应。
- 256K字节的任何存储器管理，多用户程序空间。
- 有400多条指令，提供了强大的，方便的编程能力。
- 可以用16位字或8位字节编址。
- 8个内部通用寄存器作为运算和寻址操作之用。
- 堆栈很容易处理结构数据，子程序及其中断。
- 异步总线工作方式允许处理机和系统部件（存储器和外部设备）运行在它们尽可能高的速度。
- 直接存储器存取（DMA）方式在没有中断处理操作时允许外设存取存储器。

- 模块化的部件设计使系统很容易组成, 并便于扩展。
- 电源崩溃由硬件探测如保护, 并能自启动防止电源波动等。
- 小型, 双高度模件尺寸。
- DDT控制台仿真, 易于调试程序。

分析站的软件——PLOT65

PLOT65是可以离线绘图软件包, 它具有以下特性:

- ①以直观的图形输出。
- ②以单个的或按顺序的事件输出。
- ③为了分析和观察的方便, 相关的信号图形可以进行局部放大扩展。
- ④事件的识别有日期和时间。
- ⑤特别命名的采集站(最多为16个字符)和处理信号(最大8个字符)这些名字以特征表和图形表示。
- ⑥绘图仪281的支持是Calcomp1012、1037或显示终端VT100带有Selenar Graphic Board。
- ⑦由于操作员和系统之间可以对话, 因此很容易处理。
- ⑧“Help”信号可以帮助参数输入。
- ⑨程序运行在PDP11的操作系统RT-11V, 或RSX-11M之下。但是这两个操作系统, 只有得到美国DEC公司的许可才能使用。

由于BBC公司推出合适的程序包PLOT65, 标准的分析站为RT-11操作系统, 它具有两个程序包。

①PLOT65—MI—RT—BIN—DY使用于Goer2绘图仪和带有Selenar图形板的VT100。

②PLOT65—CA—RT—BIN—DY使用于Calcomp绘图仪。

由采集站所记录在磁带上的信息首先转录到分析站的磁盘上, 然后磁盘上的信息通过绘图仪根据不同的要求绘出各种信号图形。

另外需要指出的是BBC公司没有单独的故障探测装置, 而把故障探测的功能和故障录波系统结合在一起。

四 INDACTIC 42D—事件顺序记录系统

INDACTIC 42D事件顺序记录系统主要用于重要的动作和事件的集中记录, 处理过程的连续监视等, 对解放运行工作人员的劳动强度起很大作用。

本系统由一个中心站和数个卫星站组成。见图7所示。卫星站最多可达12个, 每个卫星站可以有512个数字量输入, 因此该系统最多数字量输入可达6144个, 并且采用光电隔离输入, 可以躲过触点的抖动, 输入电平有24V/48V/110VDC三种。

开关信号由输入模板接收和采集, 并经过中央处理器的处理, 提供给顺序记录的外部设备。由电传打印机打印输出。每个卫星站都建立了内时钟, 并可以实现外同步, 保证

在遥控系统中整个卫星站中几个事件记录的同步，还周期性地启动和记录自检信号。

模拟量输入最大可达3072个为 $0 \sim 5\text{V} / 0 \sim 20\text{mA}$ ，分辨率为 1ms ，卫星站和中心站的联接距离应小于500米，，如果采用调制方式传送距离不受此限。

信号处理的任务：计算、求平均值，极限值等。

终点打印机为LA120或LA100

显示

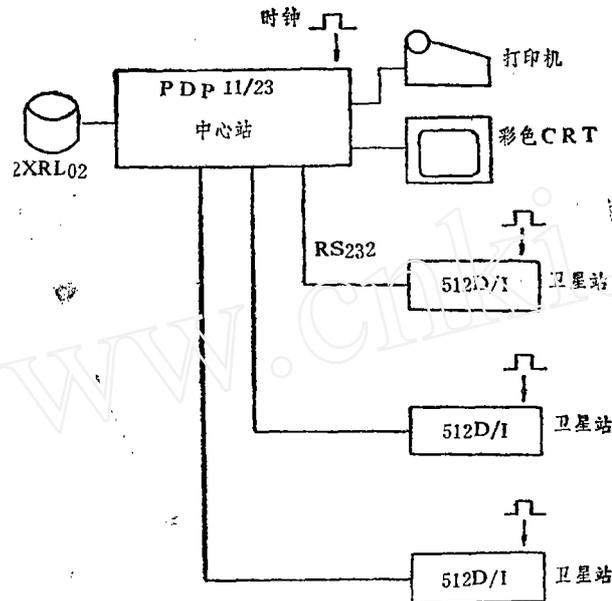


图7 INDACTIC 42D

显示器为：VT131

事件信号的内容包括

1. 运行人员起动设备时的全部顺序事件。
2. 保护启动，控制作用的全部事件。
3. 保护继电器的信号。
4. 其他重要的事件。

(一) 卫星站

卫星站采用DEC公司的16位单板计算机控制。同时还配备电源和匹配的接口，具有8个键盘数据输入，8个发光二极管的数据显示。分别有两个电气隔离的数字输入和数字输出。二个串行接口（ SS_1 和 SS_2 ）EIA RS 232C，有源的和无源的20mA电流环。

16位单板微型计算机的型号为SBC—11/21，包括16kbytes RAM，32kbytes PROM二个异步串行接口（带有可编程波特率）可编程并行24线I/O和50Hz、60Hz、800Hz的实时时钟。

卫星站的硬件构成主要包括：

ED 1111R, 数字量输入模板, 电平为48V

EMPEG 光电耦合器板

ED 1790b 总线终端板

ED 1844b PDP—11/23机接口板

ED 1807 微型机模板, DEC公司的SBC—11/21十六位单板微型计算机就贴附在此板内, SBC—11/21和挂在ED1000层的ED系统总线上的LSI—11的接口, ED1844是卫星站的基础, 中央处理器单元不是直接地访问ED系统总线, 而总是经过Q—总线 and LSI—11接口1844进行的。

(二) 中心站

卫星站可以布在远离中心站500米的地方, 卫星站采集的信号通过双线送到中心站, 这样可以大大减少连接电缆的数量。

计算机程序存在磁盘中。

日期和时间由子程序从系统内部标准钟所提供, 也可以在操作终端进行校正输入。

中心站的主要硬件:

ED 1521 盒式磁带单元, 存储容量为256Kbyte

直接访问, 波特率可在150Bd~38.4kBd之间设定。

ED 1790 总线端子板。

ED 1844 PDP—11计算机接口板。

DLVJI—LC LSI接口—四通异步串行接口。

MSV11—LK Q—总线存储器(即LSI总线)为双字长存储器模块。

ED 0206 LSI 11/23计算机

ED 0229 多功能模板, 有16kW的RAM, 装有磁带驱动器TU58的引导程序和二个串行接口。

ED1705 看门狗。

当从中央处理单元来的周期性的复归信号, 电源掉电或系统总线时钟(1.2MHz)消失时, 看门狗报警, 有两副转换触点输出, 其中之一监视外部电压, 两副独立的转换触点, 可用于数字量输出, 并可以用程序进行中断操作。

四 小结

(上接73页)

PXH—43A/DT型保护屏在转换性故障时拒动的这一实例, 具有一定的代表性, 有典型意义。它为设计、制造和运行提供了重要的反馈信息。根据这一实例采取的改进措施, 我们认为有效的。进行这一工作得到许昌继电器厂、川南调度分局、豆坝电厂等单位同志的大力支持, 在此一并表示感谢。