



高可靠性 ETS 控制系统

摘 要: 汽轮机危急跳闸系统 ETS 装置是汽轮机保护最重要的一环,它是汽轮机电跳闸的出口,其运行安全与否直接影响到汽轮机的安全运行,其稳定性和可靠性显得尤为重要。本设计采用大规模可编程逻辑器件对输入信号进行逻辑运算和对外输出控制,实现了首出信号的锁存功能。采用三冗余的控制思想,对同一信号分别用 3 套相互独立的设备进行采集处理,经 3 取 2 运算决策后输出,提高了系统的可靠性;系统组合灵活,安装方便。

关键词: ETS; 高可靠性; 三冗余; 稳定

1 引言

ETS(Emergency Trip System)是汽轮机危急跳闸系统的简称。汽轮机危急跳闸系统用以监视汽轮机的某些参数,当参数超过其运行限制值时,该系统就关闭全部汽轮机蒸汽进气阀,紧急停机,以保证汽轮机的安全运行。汽轮机危急跳闸系统 ETS 装置是汽轮机保护最重要的一环,它是汽轮机电跳闸的出口,其运行安全与否直接影响到汽轮机的安全运行。

国内外厂家的 ETS 保护多通过 PLC 技术来实现,PLC 技术在进行 ETS 保护时存在诸多问题的缺陷,如 PLC 是通过软件来实现的,是软件就可能存在程序运行死机的现象;ETS 逻辑保护是通过组态来完成的,在编写组态逻辑时可能会出现组态错误的情况出现;软件运行的实时性较差,如果输入信号时间较短,设备有可能会没用信号输出,失去保护功能。本设计中的高可靠性 ETS 系统采用大规模可编程逻辑器件,信号逻辑运算及对外控制输出用硬件电路实现,即硬逻辑,响应速度快;可实现与 DEH、DCS 系统无缝链接;同时系统带有投切保护和首出指示功能;每一路输入信号都有 10ms 的输入延时防抖;对外通讯接口丰富,可对外进行 CAN 总线和 RS485 总线通讯;含 1 路电源报警指示;组合灵活,可实现双冗余和三冗余结构,能够适应各种系统的安全性保护需求。

2 系统性能及特点

LN09C 高可靠性 ETS 模块是 LN3000 DCS 分散控制系统的重要组成部分,可完成汽轮机危急跳闸控制过程中的全部电动阀门的开关控制功能,包括完成开关量的数据采集、处理、计算及开关量的实时输出,并将相关数据经通讯传送到中央控制操作室。可以检测的开关信号有:汽轮转速、润滑油压力、凝汽器真空、DEH 故障、轴承振动、轴向位移、热膨胀、差胀、轴承回油温度、高加水位、排气室压力等。当被监视的参数超过规定值时,ETS 装置输出跳闸信号到跳闸电磁阀,跳闸电磁阀卸掉保安系统的保安油,使汽轮机的主气阀和调节阀迅速关闭,完成汽轮机跳闸的功能,实行紧急跳闸,确保机组设备及人身安全,以避免发生严重的后果。

LN09C 高可靠性 ETS 系统采用大规模可编程逻辑器件,信号逻辑运算及对外控制输出用硬件电路实现,即硬逻辑,该 ETS 系统具有以下特点:

①可实现与 DEH、DCS 无缝连接

LN-ETS 高可靠性 ETS 系统是 DCS 的一部分,可与 DCS 无缝连接,里面的点在 DCS 里可实时监控,可以做历史趋势,便于查找。

②高可靠性,响应速度快

响应速度快,主控逻辑控制器采用大规模可编程逻辑器件芯片,信号逻辑运算及对外控制输出用硬件电路实现,响应时间小于 10ns,即逻辑是硬逻辑。

③带有投切保护功能，首出指示功能

系统的每路输入逻辑均带有投切信号输入端，如果需要投切信号，可通过外接继电器板接入系统的投切信号接入端；如果不需要投切信号，可直接将投切信号端进行短接。

每路首出均有指示灯进行输出指示，同时在上位软件中也可看到首出信号。

④15 路逻辑输入，基本模块为 4 路单端输入、1 路 3 取 2 逻辑输入；扩展模块为 2 路单端输入、3 路 3 取 2 逻辑输入。即一套 ETS 系统总共有 8 路单端输入，7 路 3 取 2 逻辑输入。所有的逻辑均为固定逻辑，防止不同机组设备逻辑过多导致故障查询时出现混乱。

逻辑中的“与”逻辑或者“或”逻辑，可以用 3 取 2 逻辑通过外部接线的方式实现，例如：

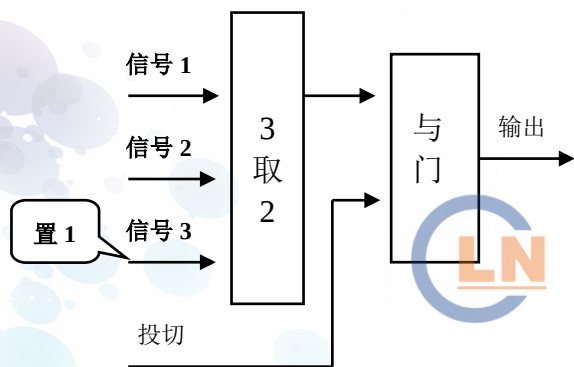


图 2-1 3 取 2 实现“或”逻辑

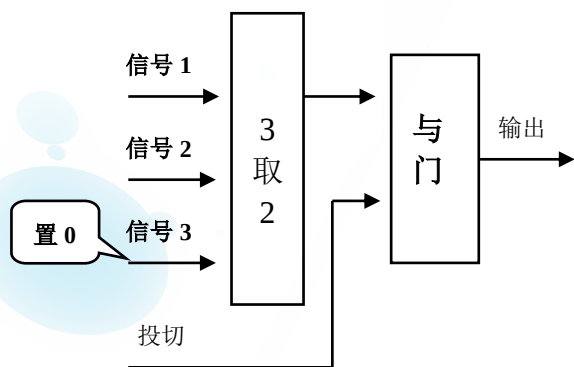


图 2-2 3 取 2 实现“与”逻辑

⑤10ms 输入延时消抖

每路输入信号均带有 10ms 的延时输入消抖功能，可有效防止因毛刺或其他干扰尖脉冲引发的系统误动现象的产生。

⑥2 路 CAN 总线接口，1 路 RS485 通讯，1 路系统复位接口

⑦1 路电源报警指示

如果核心的逻辑处理芯片出现供电故障，则面板上的 ALM 报警指示灯就会点亮，提示模块出现故障，逻辑并未得到执行，为事故查找提供便利。

⑧组合灵活，可实现双冗余和三冗余结构

高可靠性 ETS 系统是 DCS 的一部分，可与 DCS 无缝连接，里面的任何点都可以做 SOE、历史曲线，里面的点在 DCS 里可实时监控，可以做历史趋势，便于查找。

该 ETS 系统组合十分灵活，可根据实际需要组合成双冗余结构和三冗余结构，能适应各种系统的安全性保护需求。

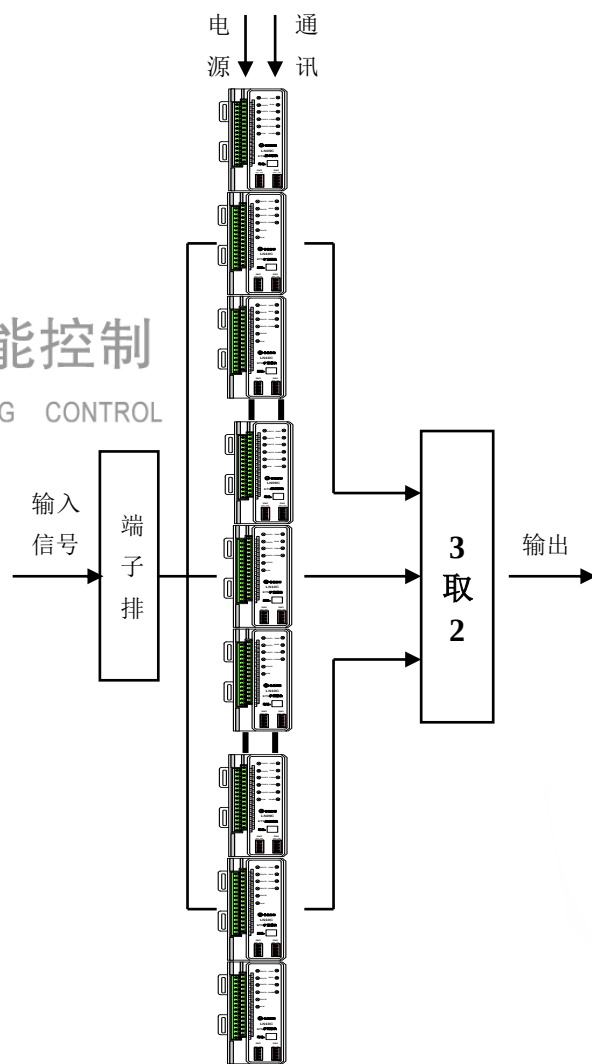


图 2-3 系统三冗余结构

输入信号经过端子排分成 3 个信号，然后由 3 套 ETS 系统分别采集处理该信号，经 3 取 2 板表决后输出，实现三冗余结构。

该 ETS 系统可以单独使用,也可以两套系统组合成双冗余结构,也可以 3 套组合成三冗余结构,每个模块均有单独的地址,互不冲突。

如果将一套 ETS 系统的输出接到另一套 ETS 系统的任意一个逻辑输入端,则可实现系统通道数的倍增。如图 2-4 所示。

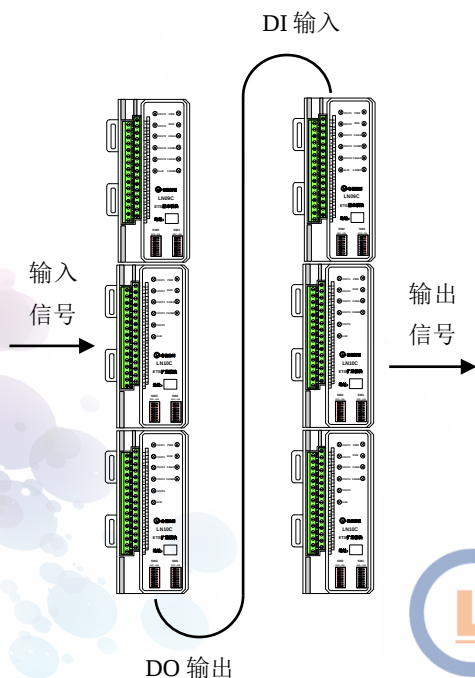


图 2-4 高可靠性 ETS 系统增加通道数

ETS 系统可以只用基本模块,也可以插一块扩展模块,也可以插两块扩展模块使用,但是最多只能接两块扩展模块。可根据实际需要自由组合。

3 系统原理

ETS 接收到的来自汽轮机的信号,经过光耦隔离和电平转换之后,同一个信号被输入信号分配端子分为 3 个相同的信号线,分别进入 3 套独立的 ETS 处理模块中,逻辑信号经内部大规模可编程逻辑器件的逻辑运算之后,3 个信号各自的输出信号经过 3 取 2 表决运算,通过大功率的继电器输出 DO 信号。系统通过可编程逻辑器件对首出信号进行了锁存,同时通过独立的单片机将锁存的首出信号传送至上位机软件,实现对输入信号及输出信号的实时监控。多套相互独立的 ETS 系统同时处理同一输入信号,实现控制多冗余。系统可以单套单独使用,实现单路保护;也可以使用两套信号处理部分,实现

双冗余结构;也可以三套同时使用,从而实现三冗余结构。可根据对系统安全性要求的高低灵活组合。其高可靠性 ETS 三冗余工作原理图如图 3-1 所示。

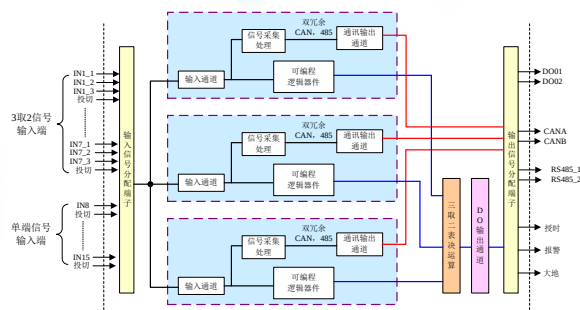


图 3-1 高可靠性 ETS 三冗余工作原理图

工作系统框图如图 3-2 所示。

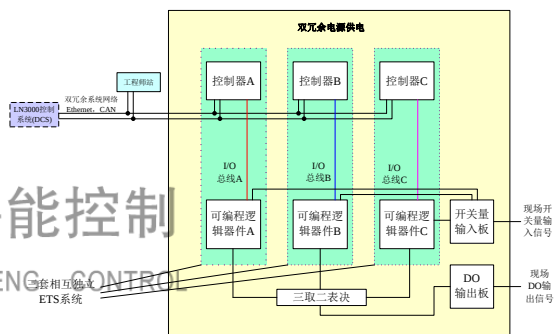


图 3-2 高可靠性 ETS 三冗余工作系统框图

2.1 逻辑运算

汽轮机送入 EST 系统的信号为干接点的开关量信号,通常接入的逻辑为单端逻辑信号和 3 取 2 逻辑信号,该 ETS 系统可同时处理 8 路单端逻辑信号和 7 路 3 取 2 逻辑信号,即总共 15 路逻辑。所有的这些逻辑信号通过一个或门接入 R/S 触发器的信号触发端,即只要有 1 路输入信号有效,R/S 触发器就会被触发,同时将信号输入端锁存,即只有先输入的信号为有效信号,R/S 触发器一旦被触发,后输入的信号即为无效信号,任何后续信号的输入都不会对该 ETS 系统的输出造成干扰,也就是该 ETS 系统的首出锁存功能。直到输入复位信号将 R/S 触发器复位,首出锁存才被解锁,系统恢复到信号等待状态。

每一路的输入信号在触发 R/S 触发器之前,利用大规模可编程逻辑器件的逻辑功能,加入了一个

10ms 的延时消抖的功能块,该延时消抖可有效防止因毛刺或者干扰尖脉冲引发的系统误动现象的产生。

系统的 R/S 触发器检测到输入信号有效时,触发器将信号锁存,同时打开后面的大功率继电器输出电路的继电器,从而控制汽轮机的闸门开合状态,实现对汽轮机的实时快速的保护功能。

系统的每路输入逻辑均带有投切信号输入端,如果需要投切信号,可通过外接继电器板接入系统的投切信号接入端;如果不需要投切信号,可直接将投切信号端进行短接。系统的逻辑图如图 3.2.1-1 所示。

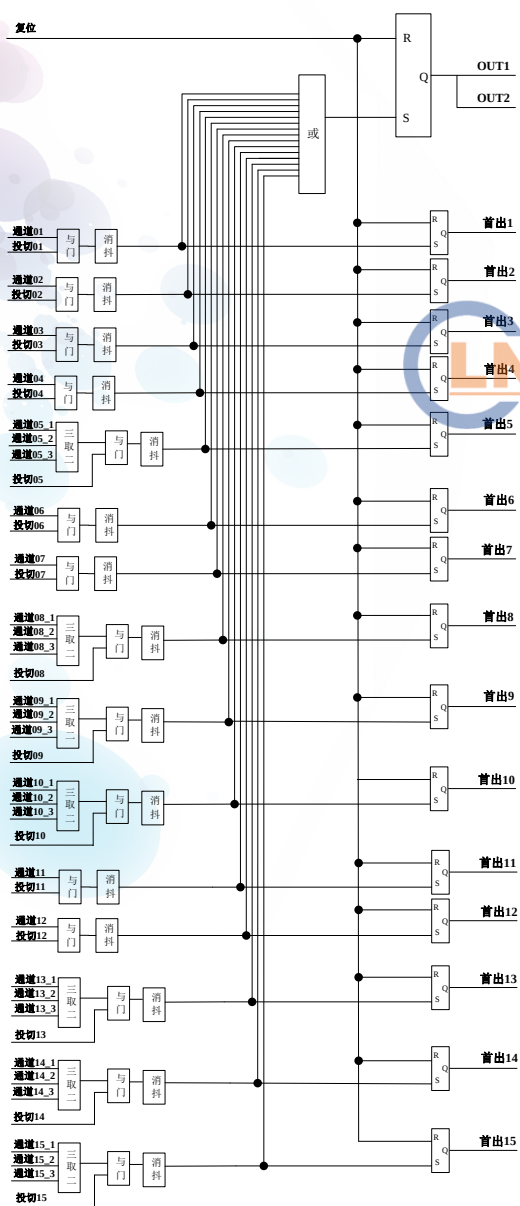


图 3.2.1-1 高可靠性 ETS 系统逻辑图

2.2 系统通讯

系统的通讯部分采用单片机来实现,每一个独立的 ETS 系统都配有两片单片机,一片单片机负责采集该系统的输入信号,并将信号的状态通过 CAN 总线和 RS485 总线输出;另一片则专门负责采集系统的首出部分的信号,每一路的首出信号后都接有 R/S 触发器,将该首出信号锁存,同时点亮该首出信号对应的通道指示灯。系统复位,该首出锁存解除。

在双冗余和三冗余系统中,每一套 ETS 系统各占一个独立的地址,主控制器同时采集所有 ETS 的输出通讯信号,经过信号同步处理及信号 3 取 2 决策之后,做为最终的输出信号,去最终控制汽轮机的闸门开合。

2.3 上位软件

系统的上位软件主要的同步显示系统的通道状态,包括输入输出信号状态以及首出信号的状态。系统中的任何点点在 DCS 里可实时监控,也可以做历史曲线,便于通过信号的历史状态查找事故的原因,直观方便。

在上位软件中,首出部分采用一个单独的 DI 模块来实现,用来采集系统各通道的信号首出信息,在上位软件 PC 端的显示界面如图 3.2.3-1 所示。

点名称	说明	模块号	单位	当前值
FOUT01	首出信号01	1	0	0
FOUT02	首出信号02	1	0	0
FOUT03	首出信号03	1	0	0
FOUT04	首出信号04	1	0	0
FOUT05	首出信号05	1	0	0
FOUT06	首出信号06	1	0	0
FOUT07	首出信号07	1	0	0
FOUT08	首出信号08	1	0	0
FOUT09	首出信号09	1	0	0
FOUT10	首出信号10	1	0	0
FOUT11	首出信号11	1	0	0
FOUT12	首出信号12	1	0	0
FOUT13	首出信号13	1	0	0
FOUT14	首出信号14	1	0	0
FOUT15	首出信号15	1	0	0
备用	无效通道	1	0	0

图 3.2.3-1 系统首出信号界面

该 ETS 系统由 3 个模块组成,一个基本模块和两个扩展模块,基本模块为必备模块,负责所有通道的信号采集处理、首出信号采集处理、对外通讯、对外开关量输出及本模块的 5 路信号逻辑处理,模块的显示界面如图 3.2.3-2 所示。

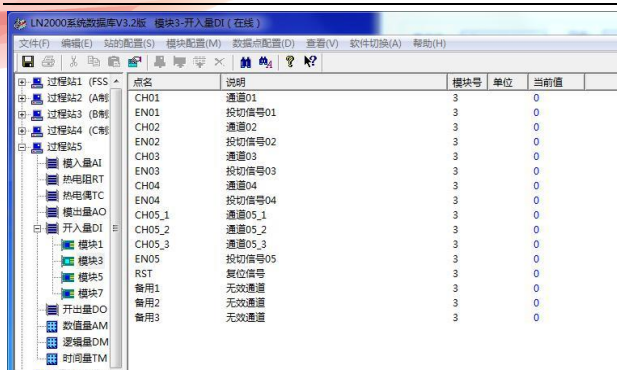


图 3.2.3-2 ETS 系统基本模块界面

扩展模块可以用来增加系统的通道数，一个 ETS 系统可接 2 块扩展模块。扩展模块处理完本模块的通道输入信号后，将处理结果及首出信号部分通过底座上传至系统基本模块，同时将首出信息通过本模块的指示灯指示出来，其模块界面如图 3.2.3-3 和图 3.2.3-4 所示。

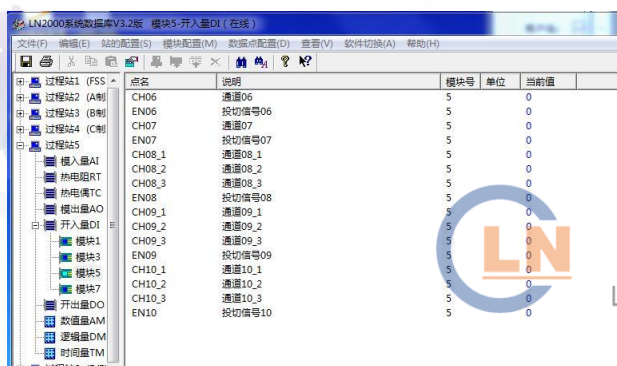


图 3.2.3-3 第 1 块扩展模块界面

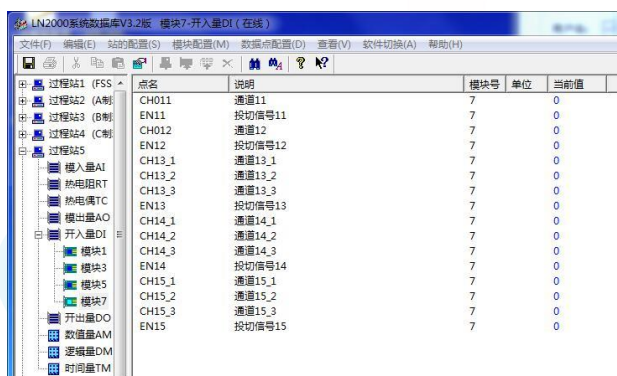


图 3.2.3-4 第 2 块扩展模块界面

2.4 系统结构与安装

2.4.1 系统结构

高可靠性 ETS 系统采用模块化设计，一套高可靠性 ETS 系统包含一块 ETS 基本模块和两块 ETS 扩展模块，基本模块包含开关量继电器 DO 输出、RS485 通讯和 5 路逻辑通道，负责该模块自身的 5 路逻辑通道和整个 ETS 系统的“首出”信号采集功能，为

必须含有的模块。每块 ETS 扩展模块包含有 5 路逻辑通道，负责该模块自身的信号采集，并将“首出”信号通过底座送至 ETS 基本模块。

模块采用的是级联式可插拔结构，可带电插拔操作，结构小巧，外形美观，安装接线简单，携带方便，非常适合电力、通讯、化工等各行业的使用。其模块的外形如图 2.4.1-1 和图 2.4.1-2 所示。

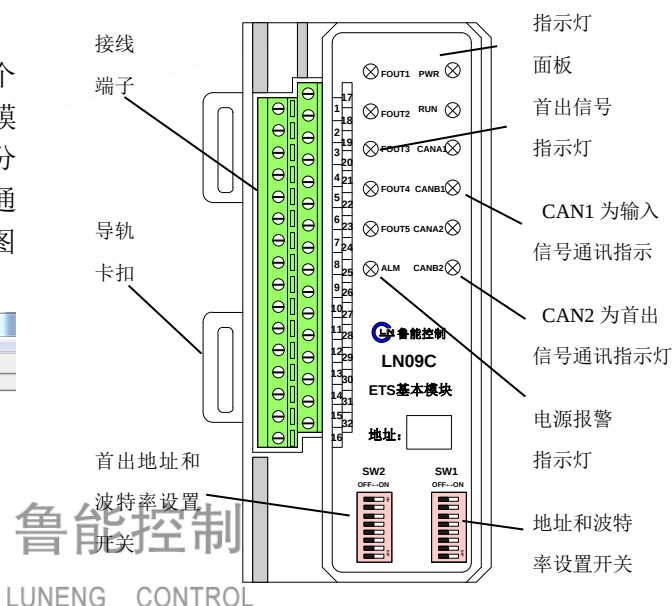


图 2.4.1-1 基本模块结构图

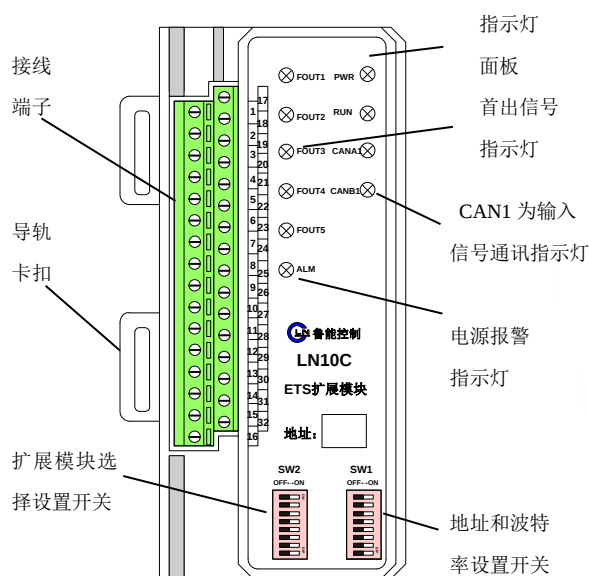


图 2.4.1-1 扩展模块结构图

2.4.2 系统安装

高可靠行 ETS 系统外壳采用塑料,可电插拔式结构,携带方便,安装维修简单。在机柜内为导轨式级联安装,配置灵活,外形美观。

一套完整 ETS 系统包括 1 块 ETS 基本模块和 2 块 ETS 扩展模块。基本模块位于最上端，下端连续级联 2 块 ETS 扩展模块，其基本安装结构如图 2.4.2-1 所示。

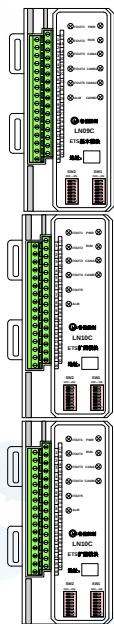


图 2.4.2-1 高可靠性 ETS 系统结构图

2.4.3 系统接地

为确保系统的安全运行，特对系统的接地做了专门的处理。系统的接地有如下特点：

- ✧ 机柜内所有模块都有大地信号线，即大地线贯穿所有模块。
- ✧ 块内接地方式为多点接地，各电源的负端通过高压点容与大地相连，模块内环地可有效屏蔽外部干扰信号对模块电路的影响，也可消除内部电路带来的电磁干扰，抗干扰能力大大增强。
- ✧ 模块内各电源的负端通过放电电容与大地相连，24V 负端没有与地直接相连。

2.5 系统测试及运行效果

高可靠性 ETS 系统功能完备,对信号响应迅速,现象直观,稳定可靠。下面用一个简单的实例来介绍一下系统的功能及实际运行效果。

- (1) 将系统的硬件部分安装好，将信号线接好。
- (2) 在 DCS 系统数据库内添加模块，编译之后

下装到 DPU。此实例中首出部分的模块地址为模块 1，ETS 基本模块地址为模块 3，扩展模块地址为模块 5 和模块 7。如图 2.5-1 所示。

[illegible]

图 2.5-1 ETS 系统在数据库的定义分布

- (3) 测试输入开关量信号 DI 采集情况及信号首出情况。(为了便于操作说明, 先将所有的逻辑通道的投切信号接入)

例如，将第 3 路通道（单端信号逻辑）接入 ETS 系统，如图 2.5-2、图 2.5-3、图 2.5-4 所示。

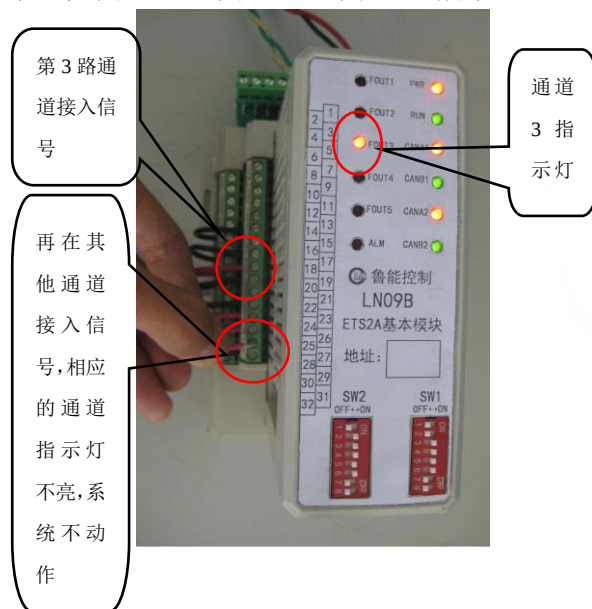


图 2.5-2 ETS 系统第 3 通道接入信号

图 2.5-2 ETS 系统第 3 通道接入信号

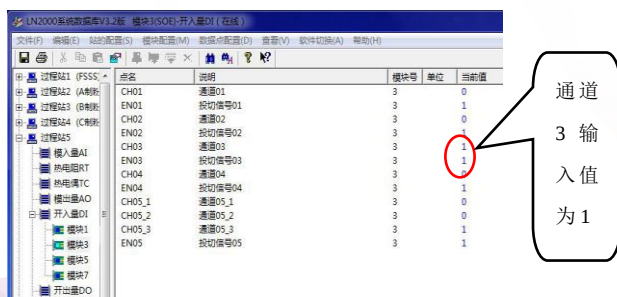


图 2.5-3 ETS 系统第 3 路 DI 输入显示

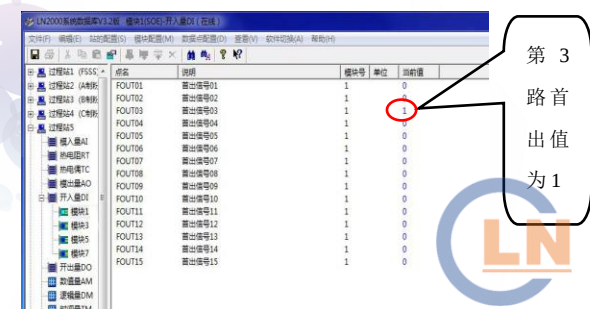


图 2.5-4 ETS 系统第 3 路首出信号显示

在 ETS 系统的第 3 路通道接入信号，相应的第 3 路通道指示灯点亮，继电器动作输出，上位软件相应的 DI 输入信号变为 1，首出信号变为 1；再在其他通道接入信号，其通道指示灯不亮，上位软件没有输入信号显示，仍为 0。

系统复位之后，再将第 5 路通道信号接入相应通道。

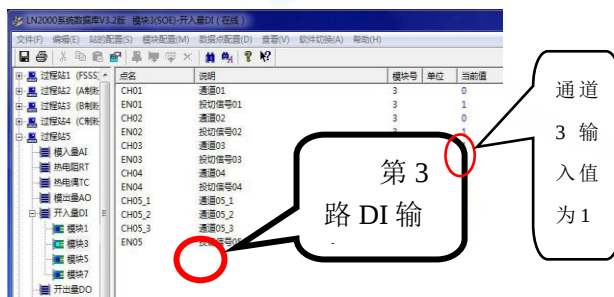
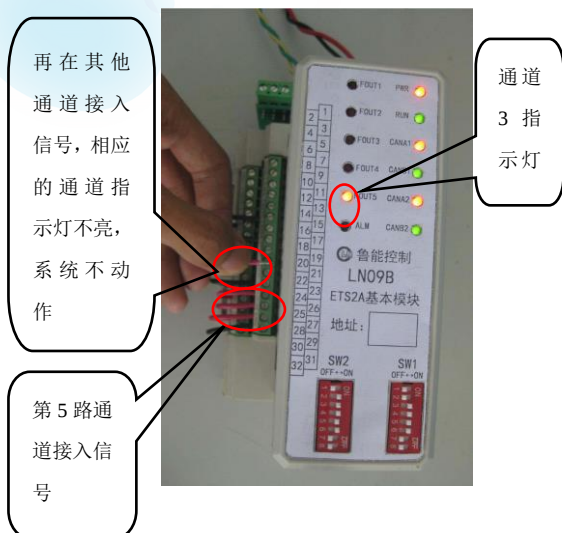


图 2.5-3 ETS 系统第 3 路 DI 输入显示

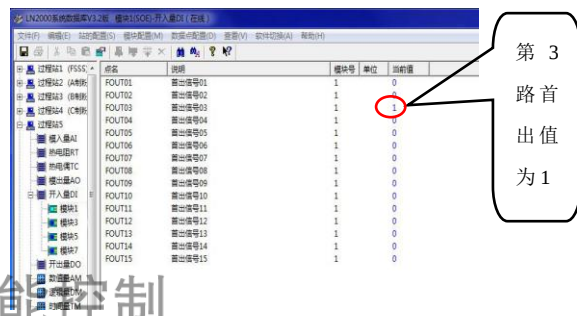


图 2.5-4 ETS 系统第 3 路首出信号显示

第 5 路通道指示灯点亮，继电器动作输出，上位软件相应的 DI 输入信号变为 1，首出信号变为 1；再将第 3 通道接入信号，其通道指示灯不亮，上位软件没有输入信号显示，仍为 0。完成 DI 数据采集和首出指示功能。

3 结论

针对汽轮机保护装置存在的缺点和不足，设计了一种高可靠性的 ETS 控制系统。该控制系统的逻辑运算部分由大规模可编程逻辑器件来完成，对外输出信号用硬件电路实现，响应时间小于 10ns，响应迅速，实时性高。带有首出锁存和指示功能，可通过通讯接口将首出信号送至上位机软件，实现对信号的实时监控；同时系统可与 DEH 和 DCS 系统进行无缝连接，系统内的任何点都可以历史趋势，查找非常方便。每路信号均带有 10ms 的延时消抖功能，可有效防止毛刺干扰信号对系统产生的影响。系统通讯接口丰富，含 2 路 CAN 总线接口和 1 路 RS485 接口，可基本满足各种 DCS 系统的通讯需求。系统采用模块化结构设计，组合十分灵活，可根据实际需要组合成双冗余结构和三冗余结构，

能适应各种系统的安全性保护的需求。经长时间的运行测试及实际现场的运行，系统稳定性和可靠性较高，符合汽轮机安全保护系统的要求。

有关更多信息

想要了解更多鲁能控制 DCS 分散控制系统的产品、技术与服务信息，请访问公司网站：

www.lnkz.com

或拨打咨询电话：0531-87526166、87526966

或扫描二维码关注公司微信公众账号，了解更多最新资讯：



鲁能控制公司版权所有，内容如有更改，恕不另行通知。



鲁能控制

LUNENG CONTROL