



PLC 在同步电动机励磁装置中的应用

何树光

(广西西江航运建设发展有限责任公司贵港航运枢纽分公司, 广西 贵港 537100)

【摘要】 本文介绍以可编程控制器(PLC)为核心的同步电动机励磁装置总体方案, 充分发挥可编程控制器(PLC)的软、硬件的作用, 对系统的硬件和软件结构进行了分析, 并配合 PID 调节器完成调节来达到控制励磁装置的各项功能要求。通过广西贵港航运枢纽瓦塘江泵站机组 2300KW 和 1900KW 同步电机励磁装置的改造的实例, 各项技术指标达到预期目的, 证明了 PLC 在同步电动机励磁装置中设计与应用的可行性。

【关键词】 同步电动机; 励磁装置; 可编程控制器(PLC); PID 调节器; 硬件; 软件

一、前言

瓦塘江泵站位于广西贵港航运枢纽电厂拦河大坝上游 28 公里处, 是西江二期工程——贵港航运枢纽工程库区主要防洪排涝辅助工程。其主要作用是与堤、闸相结合, 防止外江洪水倒灌, 同时把堤内洪水、径流外排, 确保堤内耕地能正常耕作, 以达到减少西江二期工程(贵港航运枢纽工程)淹没补偿费用。瓦塘江泵站选用 5 台大型立式全调节轴流泵机组, 装机容量为 10300KW。配套有 2 台型号为 TL2300—32/3250 功率是 2300kW 高压同步电动机、3 台型号为 TL1900—40/3250 功率是 1900kW 高压同步电动机。同步电动机励磁装置原来是采用传统的模拟半控桥式全压启动励磁装置, 其使用了大量分立电子元件, 调节原理简单, 技术容易掌握, 价格比较便宜, 但存在分立元器件多、维护困难、可靠性差、不适应现在监控的要求, 影响同步电动机连续稳定安全运行。为解决传统的模拟式励磁装置的不足, 实现 PLC 在同步电动机的励磁装置中的设计与应用, 改造后同步电动机励磁装置性能运行可靠达到预期效果。

二、同步电动机励磁装置简述

(一) 同步电动机励磁装置的作用

1. 同步电动机励磁装置在启动过程中的作用

在异步启动的过程中, 励磁装置保证启动回路具有良好的异步驱动特性, 避免异步启动过程中所存在的脉振现象, 满足带载启动及再整步要求, 达到亚同步速度时, 准角度投励, 励磁绕组产生同步力矩, 使电机尽早进入同步。

2. 同步电动机励磁装置在运行过程中的作用

同步运行过程中的励磁电流控制模式分为:

(1) 恒定励磁电流模式: 适合于负载恒定工况, 实际选取功率因数为超前 0.7~1 之间任意值。

(2) 恒定无功功率模式: 适用于电网负载不断变化, 同步机向电网提供恒定的无功功率以补偿电网的功率因数, 但同步机的功率因数是随着负载的变化而变化。

3. 同步电动机励磁装置的监控作用

同步电机在正常运行过程中, 不可避免地会受到各种各样的扰动, 从而引起电机失步, 造成生产中断和设备损坏的严重事故。励磁装置能检测, 同步机的失步, 识别后判断是报警还是再整步运行, 既保障设备的安全性, 又保持运行连续性。

同样, 励磁装置在正常运行过程中, 自身也会受到各种干

扰, 造成可控整流器缺相或失控、灭磁晶闸管误导通、熔断器故障、励磁电流超限等故障。当出现上述故障, 励磁装置识别后报警或跳闸, 以保证励磁装置的安全运行。

(二) 同步电动机励磁装置的功能

同步电动机的励磁装置在设计时, 必须充分考虑水泵机组启动、运行、停机、故障特性, 为了满足大型水泵组的启动、运行、停机、故障的要求, 同步电动机的励磁装置必须具备以励磁电流作为反馈量的恒流调节功能, 恒功率因数调节功能, 叠加恒流控制功能, 过压保护可控硅导通监测功能等 25 项功能。

三、同步电动机励磁系统硬件设计

(一) 同步电动机励磁装置的总体设计和结构

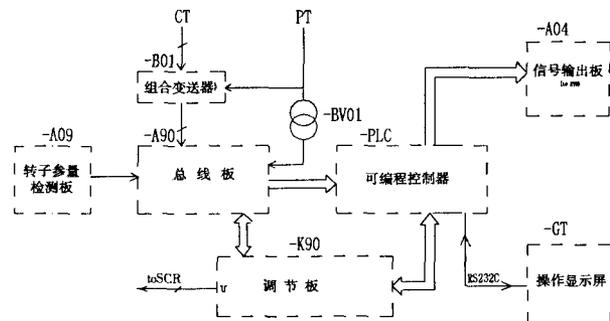


图 1 励磁装置系统逻辑图

根据励磁装置采用 PLC(自动通道)+ 单片机(手动通道)的组合形式构成双通道, PLC 和单片机分别作为主备用通道的核心, 两通道在给定信号级切换。励磁装置的主要硬件包括: 总线板(A90)、可编程控制器(PLC)(FPO)、智能操作显示屏(GT)、励磁调节板(含移相触发模块)(K90)、转子参量检测板(A09)、中间变送单元(组合变送器, 测量用变压器、电流互感器、同步变压器)、信号输出板(A04)、模/数转换单元(A/D)等。

(二) 总线板(A90)

励磁装置总线板是一套外部总线结构。外部总线板使得励磁装置之间的组合变得轻而易举。可选用相同或不同类型的励磁装置成多通道励磁系统。不同的组合方式无需更改任何接线。

通过外部总线板, 励磁装置采集外界开关量信号和模拟

量信号,并输出相应的开关量信号和模拟量信号,从而组成一套完整的励磁装置。外部总线板使励磁系统接线从复杂、无序变为简单、有序。

总线板从总线端子板(A40)引出,总线端子板用一个工程塑料外壳封装,其端子定义明确。并完成双边接线端子,连接各种被测信号,通过印刷线路板将被测信号转换成按双列插脚定义的总线信号,一路电流继电器,用于转子短路过流保护,二路电压继电器,其中一路按 10%发电机额定电压整定,另一路按 40%发电机额定电压整定,用于调节器及励磁系统的相关操作功能。

(三)可编程控制器(PLC)(FPO)

可编程控制器简称为 PLC,它是以微处理器技术为基础,综合了计算机技术、自动化技术和通讯技术的一种工业控制装置,励磁装置技术改造可编程控制器(PLC)是使用进口松下电工 N A I S. F P O - C 3 2 C T,下面是 F P O - C 3 2 C T 输入、输出图,主要完成下列功能:

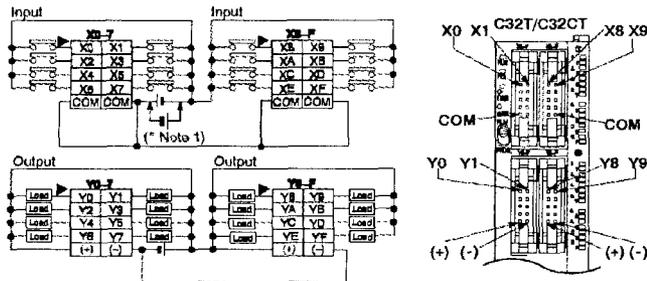


图2 NAIS.FPO-C32CT

1. 自动通道给定控制

自动调节通道由 PLC 实现给定控制。PLC 利用两个输入口接收外部增减励磁命令,在内部通过软件综合处理后,通过 D/A 输出口输出至励磁调节板,实现自动调节通道的给定数字化;通过软件可以改变励磁给定变化速度。

2. 恒功率因数调节

恒功率因数调节控制是在自动通道运行时,可在远方(中控室或 LCU)发命令或在现地(柜前)操作智能操作显示屏进入恒功率因数调节模式。

PLC 实时采集机组的有功功率和无功率,经过计算得到功率因数当前实时值,再与功率因数给定值进行比较,然后不断改变 PLC 输出给定值来调节励磁电流,从而使机组功率因数保持在给定值。

3. 叠加恒流控制

在主通道或备用通道运行时,可在远方(中控室)发命令(串行通讯方式)进入叠加恒流调节,通过比较实时值与给定值,不断改变通道输出来调节励磁电流,从而使励磁电流保持恒定。

4. 开、停机控制

无开机令时,PLC 对自动通道的给定值进行预置。该预置值根据用户需要可现场设定或修改。通常设定值对应于额定励磁电流。

开机过程:机组启动(定子断路器合闸)后,当机组转速达到 95%左右时,转子参量检控板(A09)上的单片机发出亚同步信号给 PLC,PLC 经逻辑判断后发出相应的投励命令。投励

命令允许脉冲输出给可控硅。投励瞬间,输出顶值电流,2S 后自动减小给定值至设定位置。

停机过程:机组接收到停机令后(定子断路器分闸信号),PLC 发出逆变灭磁命令进行逆变灭磁,不管逆变灭磁成功与否,延时 6S 后分交流侧开关。

5. 强励控制

自动通道运行时,当 PLC 检测到电机机端电压突然下降到额定值的 80%时,则通过输出端口控制调节器退出 1.2 倍电流限制,投入顶值电流,强励时限由 PLC 软件设定,并能自动复归。强励时间出厂时一般设定为 6S。强励倍数为 1.4~1.5 倍。

6. 通道跟踪

在励磁装置中,PLC 将运行通道和非运行通道的控制信号通过 A/D 转换采集进来后进行比较,通过软件改变非运行通道的给定值,使其控制信号与运行通道控制信号保持一致。通道跟踪功能可通过操作面板上的跟踪闭锁开关进行人工闭锁。

7. 欠励限制

PLC 采集当前机组的有功功率和无功率,电动机处于无功进相运行状态时,PLC 即调用欠励限制判断子程序。

欠励限制特性为功率园,功率园方程如下:

$$P^2 + (Q - B)^2 = r^2$$

其中: P — 有功功率; Q — 无功功率; B — 园心纵坐标; r — 半径

8. 串行通讯

PLC 自带两个 RS-232C 串行通讯口,其中一个经 RS485 口转换后与智能操作显示屏连接,另一个则通过 7188 模块实现与监控系统串行通讯。

9. 失磁、失步保护控制

PLC 采集实时励磁电流值,与设定值相比较,当在一定时间内持续小于设定值时,判定为电机失磁,输出信号使电机定子断路器跳闸停机。

电机运行中,转子参量检控板(A09)上的单片机对转子参量进行检测和智能分析,当符合设定的失步条件时,发出失步信号给 PLC,经处理后 PLC 发出信号使电机定子断路器跳闸。

10. 交流电流三相不平衡检测

PLC 采集励磁变压器低压侧三相电流值进行比较,当相间电流差异达到设定值时,即发三相不平衡信号报警。一般情况下,设定为 10%。该设定值可通过软件调整。

11. 起动的失败保护

根据现场机组实际测定的投励时间,可以通过 PLC 设定投励不成功保护,即过早投励或起动时间太长不投励,发出保护信号自动跳闸停机。

12. 开关量信息的采集与传送

PLC 通过多路 I/O 接口,获取外部故障和状态信息等开关量信号,传送给智能操作显示屏予以现地显示;通过信号输出板(A04)转换后,送往监控系统或中控室;部分信号用于内部逻辑控制和处理。

13. 模拟量采集

PLC 配备了一个扩展模拟量单元,包括两个模拟量输入

通道和一个模拟量输出通道。利用电子切换开关,PLC 采集相关模拟量。励磁装置采集电机电压、A 相交流电流、B 相交流电流、C 相交流电流、有功功率、无功功率、主通道控制信号、备用通道控制信号等八个模拟量。

(四)智能操作屏(GT)

智能操作屏(GT 是使用日本 N[^]IS.AIGT100B)是一种带触摸键功能的液晶显示装置。它通过串行通讯口以固定的通讯规约跟 PLC 进行数据交换。在串行通讯过程中,GT 作为上位机,PLC 作为下位机。PLC 的内部继电器和数据寄存器的一部分作为数据交换区,GT 通过修改 PLC 内部继电器的状态向 PLC 发出指令,PLC 通过修改数据寄存器的数值决定 IOP 显示内容。

1. 状态信息:自动调节模式或手动调节模式、强励指示、同步电动机断路器状态、低频逆变指示、欠励限制指示、过励限制指示、通讯状态指示、PLC 输入输出状态、内部数据寄存器的数据。

2. 显示故障信息并记忆:厂用电消失、直流电消失、逆变失败、PT 故障、起励失败、+5V 电源故障、脉冲故障、功率柜故障、过励保护。

3. 数据:同步电动机电压、有功功率、无功功率、励磁电流、主通道控制信号备用通道控制信号。

4. 实现相关操作:远方通讯控制投/退、零起升压/正常升压设置、恒功率因数调节投/退、系统电压跟踪投/退、故障查找(追忆)等。

(五)励磁调节板(K90)

1. 励磁调节板的用途

励磁调节板用于励磁装置实现 PID 调节、辅助控制、接口转换、故障检测、操作等功能。板内有按同步电动机电压偏差调节的自动通道(AVR)和按励磁电流偏差调节的手动通道(AER);几乎所有的信号都通过励磁调节板转接、分流。

2. 自动通道

自动通道以同步电动机电压作为反馈量,以 PLC 输出的直流信号作为同步电动机电压的给定值,用线性集成的 PID 调节电路进行调节,输出控制信号给触发板进行移相触发。

3. 手动通道

手动通道以励磁电流作为反馈量,其给定由一块单片机控制一个 12 位精度的串行数模转换器得以实现。用线性集成的 PID 调节电路进行调节,输出控制信号给触发板进行移相触发。

4. 移相触发模块

移相触发模块接收由励磁调节板传送的移相控制信号、同步信号及其它辅助控制信号,实现脉冲输出。

移相触发模块是一个独立封装的集成单元,它安装在脉冲触发板上,通过引出的 20 脚插头与脉冲触发板连接。

移相触发模块型号为 MU004,它是一种模拟量控制的六相触发器,适用于晶闸管三相全控桥整流与逆变控制。与一般的触发器不同,它是 IC 数字电路和 IC 模拟电路的结合体,充分发挥了二种电路各自的优越性。具有硬件简单,无需调试,功能多,可靠性高的优点。

(六)转子参量检测板(A09)

转子参量检测板专门采用一块单片机来检测有关转子

参量,主要完成电机滑差检测、电机失步检测、启动(过压保护)可控硅导通检测以及启动(过压保护)可控硅的触发任务。它在与 PLC 间信号传递时使用了高耐压光电耦合器,保证了强弱电间的电气隔离。

1. 滑差检测

在电机异步起动过程中,会在转子里产生一个频率和幅值均在变化的感应交变电压,通过外加电阻分压后送往 A09 板整形滤波处理,再送往单片机进行测频,当检测转子转速达到额定转速 95%且为顺极性时,则发出亚同步信号给 PLC,由 PLC 控制投励。

2. 电机失步检测

当电机运行中发生失步时,利用转子直流回路中的分流器检测因失步引起的交流分量,经信号放大滤波等处理后再送往单片机,当符合失步条件时,单片机发出信号给 PLC,由 PLC 控制相应的逻辑处理(定子断路器保护跳闸)。

3. 保护可控硅导通检测

保护可控硅主要是用于限制电机运行中出现的过电压,根据标准要求,将过电压峰值限制在额定励磁电压的 3~4 倍;吸收过电压后能迅速关断并在正常运行中保持阻断状态。为防止正常运行中可控硅导通时间太长,引起灭磁电阻过流发热,设有导通检测继电器,即在可控硅导通后,励磁电压施加在继电器上面,继电器动作发出信号给调节板,采取关脉冲的方法,利用励磁电流的过零点来关断可控硅。

4. 过压保护可控硅 A1 触发电路

当电机转子中出现的过电压经分压后正向幅值达到设定值时,触发可控硅 A1,过压保护动作。

(七)测量变送单元

测量变送单元主要包括中间变压器、组合变送器、整流桥交流侧电流互感器、同步变压器等单元部件。其主要目的是将外围模拟信号经恰当变换后,以总线的方式送给励磁调节器。

(八)与监控系统的接口

1. 接口方式

与监控系统的接口方式采用常规继电器接点方式和串行通讯方式。平常以串行通讯方式控制为主。

2. 通讯协议

采用 MODBUS 通讯协议与上位机连接。应用 7188 智能控制器作为励磁装置与监控系统连接的协议转换器。上位机能够方便地同运行通道进行信息的读写交换。另 7188 与上位机间加有 7510 隔离模块。通过串行通讯方式,可在远方对励磁装置发出恒功率因数调节和恒励磁电流调节命令,输出相应的给定值,励磁装置接受命令后,执行相应操作。

3. 常规接口方式

PLC 通过继电器接口板 A81 实现励磁装置与监控系统(中控室)之间的信息传递,提供反映励磁装置的状态及故障信息。

四、同步电动机励磁装置系统软件设计

(一)励磁装置系统软件主要组成

励磁装置系统软件设置上位机调试软件,PLC 程序及单片机监控程序。调试软件运行于 PC 系列微机中,将 PLC 的 RS232 口与微机连接,可以监控 PLC 及调节器的工作状态。

PLC 程序采用梯形图编程,非计算机专业人员也可以编制。

1. PLC 程序的功能表图如图所示。

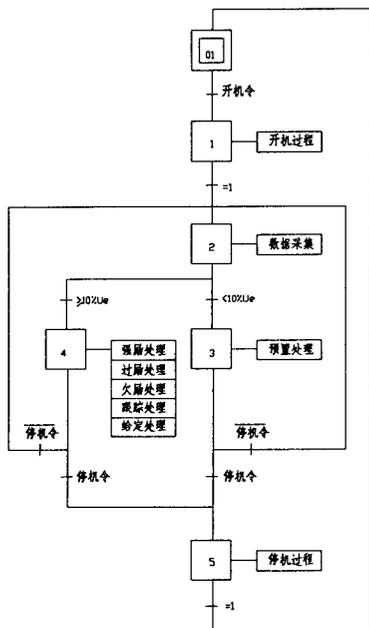


图3 PLC 程序功能表

2. 系统单片机监控程序,采用“看门狗”原理,完成对 PLC 的故障检测,触发模块故障检测。另外还负责丢脉冲检测,电源故障检测及综合 PT 断相等系统故障信号,发出故障切换或其它处理信号。

3. 调试软件可运行于 WIN95/98、NT 等操作系统中。它可以监测 PLC 的输入、输出及内部继电器、寄存器、计数器等单元的内容,具有绘图、波形存储、通讯仿真等功能。图 3 PLC 程序功能表图人机界面优良、操作简便。中文显示方式,调节器运行状态一目了然。

4. 同步电动机励磁系统软件主要由主控程序、显示及设置程序、实时处理程序。

(二)主程序

主要完成 PLC 的各种参数的初始化,子程序的调用、及系统的主要监控环节。

(三)显示及设置程序

依据系统程序调用汉显内容的使能位,显示有关内容;将设置的内容存放在指定的存储器,以便调用。

(四)实时处理程序

1. 投励模块

(1)是正常投励:智能监测转子滑差,在主机起动后,通过计算转子滑差的变化来开放相应的功能,即转子频率为 5Hz 时,发出投全压指令;当转子频率为 2.5Hz 时,选择在“感应电压顺极性尾端过零点”的时刻投励,此时,转子感应电压及电流接近于零,转子感应电流方向与励磁装置输出电流方向一致,投励最为容易,有利于将电机迅速牵入同步,完成正常投励。

(2)是后备投励:若正常投励不成功,在主机起车后,开始记时,若记时到后备投励设定时间,同样选择在“感应电压顺极性尾端过零点”的时刻投励,完成后备投励。

2. 励磁调节模块

(1)是恒定励磁调节模式,将励磁给定信号和励磁电流反馈信号经模拟量输入模块送入 PLC 进行数字 PID 运算,通过模拟量输出端控制晶闸管移相触发电路。

(2)是恒定无功功率调节模式,将励磁给定信号和无功电流反馈信号经模拟量输入模块送入 PLC 进行数字 PID 运算,通过模拟量输出端控制晶闸管移相触发电路。

3. 晶闸管故障检测模块

如果励磁整流波头相互比较,宽度误差大于 10%,报警;如果波头相互比较误差大于 20%,或周期内缺一个波头,而且时间超过 1min,停机并报警。总之,正常情况下,三相全控桥的整流波形在一个周期,有六个波头,而且,每个波头几乎相同。不符合此标准者,被认为故障,会引起带励失步,若不及时处理必将事故扩大。

4. 失步检测模块

将失步信号整形后送入 PLC,测量矩形的宽度和频率,与设定值比较,达到者被认为失步。当电机失步后,PLC 立即封锁投励控制信号,同时灭磁继电器复位,使电机进入异步驱动阶段,然后电机转速自动上升,待进入临界滑差后,励磁装置自动投励,按准确强励对电机实施整步,使电机恢复到同步状态。如整步失败,PLC 发出跳闸信号动作于跳闸回路。液晶显示屏显示“失步”或“整步失败”,按复位键复位。

5. 故障连锁模块

同步机的负载是大型水泵,把水泵的保护检测信号,如上导轴承温度、下导轴承温度、油温度、冷却水压等等报警信号送入 PLC,依据水泵的具体要求实现连锁。

五、结束语

上述同步电动机励磁装置已通过广西贵港瓦塘江泵站同步电动机励磁装置实验验证,各项指标达到预期目标,同时推广了其它泵组同步电动机励磁装置的技术改造,还体现了如下优点:

(一)同步机励磁装置 PLC 控制器,与单片机控制器相比较,研制周期短,整个系统成本小、功能强大,配置汉显的人机界面、适合于恶劣的工业环境。

(二)便于将机械设备的控制柜与励磁装置融为一体,减小体积、增强控制功能、技术改造容易、投资少等,提高原来系统的自动化水平,达到集中控制的目的。

[参考文献]

- [1] N Δ IS. FPO-C32CT 可编程序控制器系统手册 [S]. 上海:松下电工自动化控制有限公司,2003.
- [2] N Δ IS. 可编程序控制器 FPO 系统 PLC 编程手册 [S]. 上海:松下电工自动化控制有限公司,2003.
- [3] N Δ IS. GT01 可编程智能操作面板技术手册 [S]. 上海:松下电工自动化控制有限公司,2003.
- [4] 可编程序控制器原理及系统设计 [M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [5] 计算机控制技术 [M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [6] 工业自整定 PID 调节器关键设计技术综述 [J]. 化工自动化及仪表,2000.

[作者简介]何树光,男,广西桂平人,助理工程师,从事大型变电站、泵站电气安装调试,水力发电厂发电机组以及大型泵组电气的维修等工作,广西西江航运建设发展有限责任公司贵港航运枢纽分公司副经理。