

# 基于 PLC 的船舶电站监控系统的设计

王闯 吴志良

(大连海事大学轮机工程学院, 辽宁大连 116026)

**摘 要:** 监控系统以西门子可编程控制器 S7-300 为核心, 实现发电机组与电能分配的管理功能, 上位机以 MCGS 组态监控软件为平台, 通过相对容易的组态编程工作, 较好地实现可编程控制器系统的工作状态监控的功能。通过船舶电站监控系统, 可以直接控制发电机组的起停、加减速, 并能为发电机提供常规保护和故障报警。系统以两套机组为例, 可以完成发电机组的自动并联运行、有功功率的自动分配、自动启动、自动解列等一系列功能。

**关键词:** 船舶电站 可编程控制器 自动并车 组态软件 监控系统

**中图分类号:** TP271 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4862 (2009) 02-0031-04

## Design of Monitoring and Controlling System of Ship Power Station Based on PLC

Wang Chuang, Wu Zhiliang

(Marine Engineer College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, Liaoning, China)

**Abstract:** Taking the Siemens PLC S7-300 as the core, the monitoring system completes the management of the generator sets and power distribution. Through the relatively easy programming configuration, the PC, which used the configuration software as the platform, could achieve the monitoring function for the condition of the programming controller system better. Through the system you can directly control the unit's start and stop, acceleration and deceleration. Besides, it can provide the general protection and fault alarm for the generators. Taking two generator sets as an example, this system can complete the unit's automatically parallel operation, the automatic distribution of active power, automatic start and stop.

**Key words:** marine power station; programmable logic controller; automatic paralleling; configuration software; monitoring and controlling system

### 1 引言

随着船舶的大型化和自动化以及电子信息技术和自动控制技术的不断发展, 船舶自动化程度越来越高, 对船舶电站自动化程度的要求也越来越高。船舶电站自动化近二十年来发展十分迅速, 自动监控水平得到了极大的提高。船舶电站监控系统集成了船舶电站的能量管理和状态监控显

示, 使用 PLC 与组态软件相配合来实现船舶电站的监控是一种即方便有可靠的方法。本系统以西门子 S7-300 系列 PLC 为控制核心, 配合组态软件 MCGS 来完成系统的设计。由于 MCGS 内部集成西门子 S7-300 的设备驱动, 可以方便地实现 PLC 与 MCGS 的通讯, 不必另外搭建具体电路和编写通讯协议, 因此不需有使用高级语言编程开发的经验, 大大提高了系统可靠性, 减少了开发

收稿日期: 2008-07-17

作者简介: 王闯 (1984—), 男, 吉林农安人, 硕士研究生。

吴志良 (1963—), 男, 辽宁大连人, 教授, 硕士研究生导师。

周期。

## 2 船舶电站监控系统的组成

监控系统的主要结构如图 1 所示, 其中选择合适的中央处理单元至关重要, 涉及到功能的完成及成本问题。本系统涉及的模拟量输入信号比较多, 在综合考虑各方面的因素后确定了以下的硬件选择方案: 电源模块 PS307、中央处理器 CPU313、32 通道数字量输入模块 SM321、16 通道数字量输出模块 SM322、4 入/2 出模拟量输入/输出模块 SM334、8 通道模拟量输入模块 SM331。

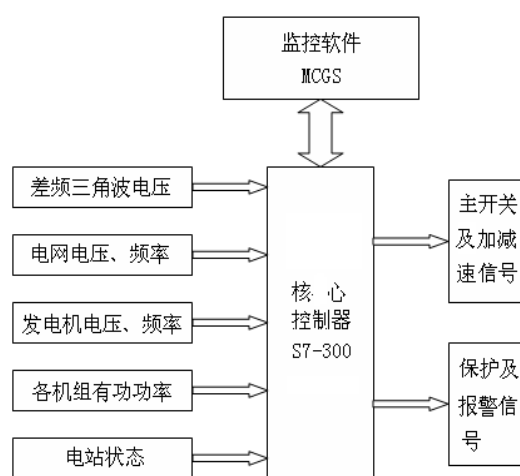


图 1 船舶电站监控系统结构图

其他主要硬件有发电机组(自带调压器)、变频器、频率变送器、有功功率变送器等。通过西门子 SIMATIC Manager 管理软件实现对 S7-300 的配置, 采用结构化程序设计, 有自动起动和解列、自动并车、自动调频调载、保护与报警等主要的程序模块。

## 3 并车控制环节的设计

自动并车是自动化船舶电站功能实现的难点与关键所在。要将一台机组并入电网, 保证该机组的电压、频率相近, 相位一致时, 才可以将该机组并入电网。如果电压、频率相差太大, 或者相位相差太大时并网, 很可能会烧毁机组。因此主开关合闸信号的发出尤其重要。微机控制的并车系统, 大多采用恒定超前时间法来获得合闸提前时间, 即先把待并机和电网的正弦波电压变换成同频的方波, 在对此方波进行检测和计算, 分别读取  $U_f$ 、 $U_w$  上升沿对应的时间值  $t_z$ , 不断将

实测值  $t_z$  和唯一理想合闸点的  $t_z$  相比较, 当差值非常小时发出合闸脉冲。由于 PLC 是按扫描方式工作的, 程序执行的周期为毫秒级, 计时精度难以满足。因此, 必须增加高速计数器、环形计数器、与发电机同轴相连的光电编码器等硬件装置, 这样会增加成本并且降低系统可靠性。

本系统采用了一种新的获取合闸提前时间的控制方法, 此方法通过比较待并机与电网的电压形成二者的差频三角波电压, 过零点即为同相点时刻, 再通过相似三角形的性质计算出合闸提前时间, 从而发出合闸脉冲。

### 3.1 差频三角波电压的形成

待并机与电网电压经变压器变压后分别通过电压比较器形成与之同频率的方波信号。两组方波信号送入异或门进行异或, 得到一组宽窄不等的脉冲信号。再经过滤波电路, 得到与输入信号相位差成比例的直流电压信号。此电压信号呈三角形, 故称差频三角波电压。图 2 为获得差频三角波电压的电路原理图, 图 3 是实测波形图, 可见, 此信号比较理想。

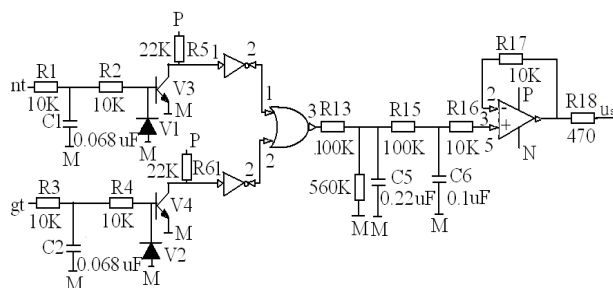


图 2 电路原理图

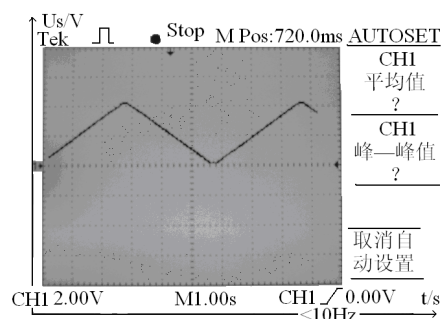


图 3 差频三角波电压波形

### 3.2 恒定超前时间的获取

系统进入并车程序后, PLC 实时采样差频三角波电压值, 并运用相似三角形性质计算到达点的时间, 从而获得恒定超前时间。原理如图 4 所

示。

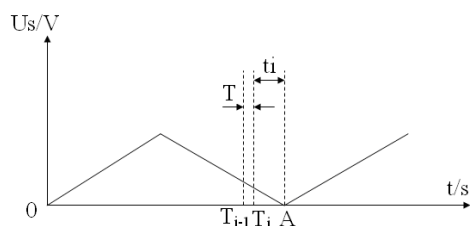


图 4 恒定超前时间获得原理图

图中, A 点是同相点时刻,  $T_i$  为当前采样时刻,  $T_{i-1}$  为前一次采样时刻,  $T$  为两次采样的时间间隔,  $t_i$  为从当前采样时刻  $T_i$  到同相点时刻所需的时间。根据相似三角形的性质有:

$$t_i = \frac{u_i}{u_{i-1} - u_i} T$$

式中:  $u_i$  为本次采样所得差频电压值;  $u_{i-1}$  为上次采样所得差频电压值。

由上述关系可知, 当满足  $t_i$  等于主开关动作时间  $T_{ACB}$  (本系统取值为 150 ms) 时发出合闸脉冲是最佳时刻。

### 3.3 合闸信号的发出

实际中, 待并机与电网频率的波动加上信号变换电路的干扰, 差频三角波并非完全光滑的折线, 实际电压如图 5 所示。O 点为同相点时刻, 若采样 A、B 两点, 则经计算得到的同相点是  $O_1$ , 合闸时间误差为  $\Delta t_1 = O_1O$ ; 若采样 A、C 两点值, 则误差为  $\Delta t_2 = O_2O$ 。因此, 当采样周期很小时, 可能出现的合闸误差会增大, 而采样周期太长, 又不能精确反映频差的变化。自动并车程序运行期间测得的 PLC 扫描周期约为 6 ms, 在程序设计中, 采用 30 ms 中断进行差频三角波电压的采样, 相当于每五个 PLC 扫描周期采样一次, 此时可能出现的最大合闸误差约为 30 ms, 即使频差达到允许的最大值 0.5 Hz, 对应的最大合闸相位误差仅为  $5.4^\circ$ , 能达到足够的合闸精度。

只有差频三角波到达同相点前  $30^\circ$  的范围内才进行恒定超前时间的运算, 此条件是通过 PLC 读取实际差频电压值并与  $\delta=30^\circ$  所对应的差频电压值相比较来判定的。 $t_i - T_{ACB} = 0$  是最佳的合闸时刻, 但是此条件很难恰好满足。本系统采样周期为 30 ms, 主开关的固有动作时间是 150 ms, 因

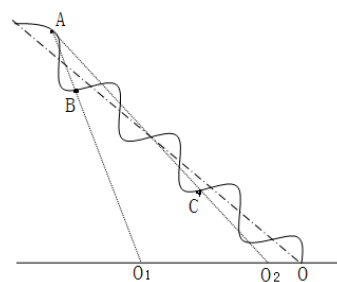


图 5 采样对合闸精度的影响

此在进入并车程序后第一次出现  $t_i/T \leq 5$  标志时发合闸脉冲。如果恰好接近同相点时进入合闸程序  $t - T_{ACB} \leq 0$  的条件也能满足, 此时发合闸指令会导致较大的合闸误差。为避免出现这种情况, 在程序中, 发合闸指令时还必须同时满足  $t_i/T > 3$  的条件, 即在满足  $3 < t_i/T \leq 5$  条件时发合闸指令, 并且, 此条件也保证了合闸脉冲是在相位差逐渐减小的直线段上发出的。附并车环节程序代码如下:

<pre> A( A( A( A( L    "本次采样" L    2200 &lt;=I ) JNB  _002 L    "上次采样" L    "本次采样" -I T    "Ui-1 -Ui" AN   OV SAVE CLR _002: A    BR ) JNB  _003 L    "本次采样" L    "Ui-1 -Ui" /I T    "ti/T" AN   OV SAVE </pre>	<pre> CLR _003: A    BR ) JNB  _004 L    "ti/T" L    2 *I T    "ti 计算值" AN   OV SAVE CLR _004: A    BR ) A( L    "ti 计算值" L    5 &lt;=I ) A( L    "ti 计算值" L    3 &gt;I ) =    Q    8.6 </pre>
---	--

## 4 监控界面的设计

MCGS ( Monitor and Control Generated

System, 通用监控系统) 组态软件是北京昆仑通态自动化软件科技有限公司开发的, 用于快速构造和生成计算机监控系统, 它能够在基于 Microsoft 的各种 32 位 Windows 平台上运行。

船舶电站监控系统界面主要由三部分组成: 主监控界面, 该界面主要用来监控两台发电机与汇流排的关系, 主开关是否闭合、汇流排是否有电等, 以及电网当前的状态, 可以直观地显示电压、频率等参数, 并且可以通过界面方便地实现

主开关合分闸和机组的起停控制; 发电机状态监视界面, 用来监视发电机当前的电压、电流、频率、功率等参数, 实现发电机手动自动切换以及手动加减速的控制, 显示系统当前的报警状态并加以确认; 报警记录显示界面, 此界面可以记录并显示系统运行中出现的报警信息, 便于查询, 并可以设置相应的报警限值。图 6 为系统的主监控界面。

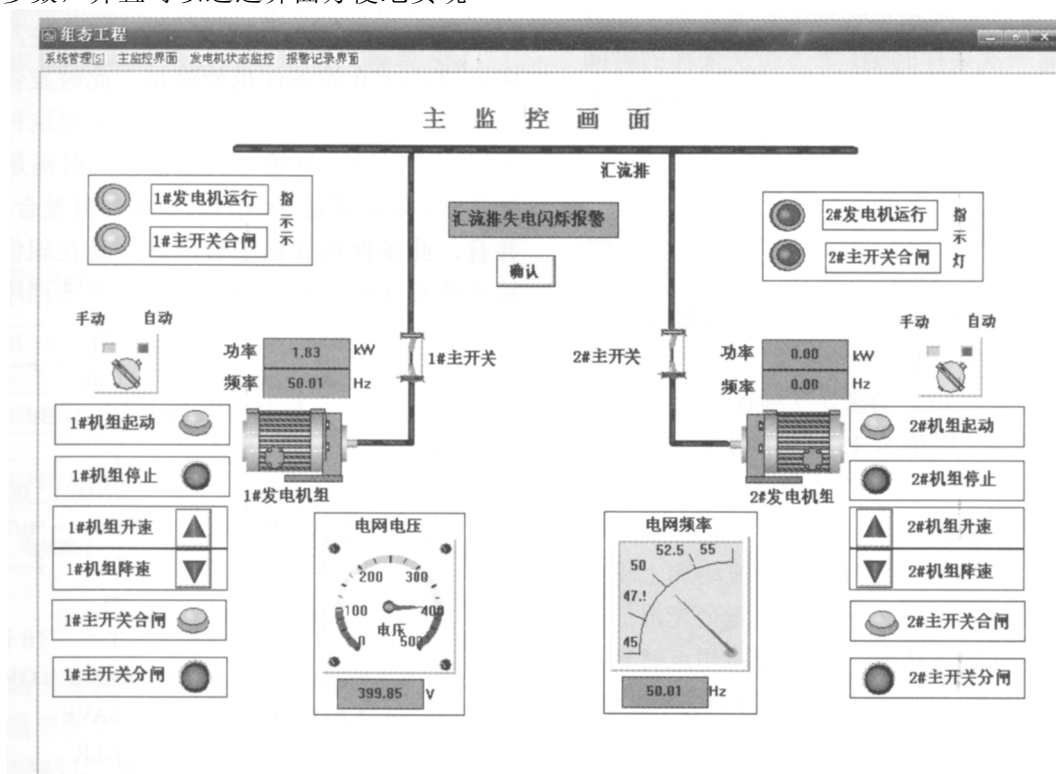


图 6 系统主监控界面

## 5 结束语

本文采用西门子 PLC S7-300 为控制核心, 其控制功能强大, 完全可以实现船舶电站的基本功能, 并且能充分发挥 PLC 高可靠性的优点。并车中所使用的方法, 经过反复调试后, 已经在实验室取得成功, 并且稳定可靠, 合闸精度高。MCGS 是一套比较成熟的组态监控软件, 其界面设计比较直观、灵活, 而且能提供多种设备的驱动, 通用性强, 因此广泛应用于工业控制领域。本套船舶电站监控系统的设计方法与思想可以为船舶电站自动化系统提供一定的借鉴功能。

## 参考文献:

- [1] 于风卫等. PLC 控制的船舶电站准同期并网合闸控制. 电气应用. 2007, 26(4).
- [2] 胡健. 西门子 S7-300 PLC 应用教程. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 袁秀英. 组态控制技术. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [4] 黄伦坤等. 船舶电站及其自动装置. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [5] 郑万章. 基于 PLC 的船舶电站网络式监控系统的研究. 大连海事大学硕士学位论文, 2007.
- [6] 杨国豪. 可编程控制器在船舶电站并车装置中的应用. 中国修船, 1999(1).