

FX3U 在船舶电站准同步并车控制系统中的应用

杨勇 杨际峰

(黄淮学院电子工程系, 河南 驻马店 463000)

摘 要: 为提高船舶电站工作的可靠性, 设计了基于微型 PLC 的船舶电站准同步并车系统。该系统充分利用 FX3U 微型 PLC 的功能, 自动完成电站并车条件的检测, 准确合闸, 具有很高的可靠性。

关键词: PLC 船舶电站 准同步并车

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1003-4862 (2008) 03-0167-03

Application of FX3U of Quasi-synchronizer Control System in Ship Power Station

Yang Yong, Yang Jifeng

(Department of Electron Engineering, Huanghuai College, zhumadian 463000, China)

Abstract: *Quasi-synchronizer control system based on minitype programable controller in ship power station is designed in order to improve reliabilities. Making full use of the Function of FX3U minitype PLC, the system realizes detecting synchronous conditions automatically and closure accurately, and it has high reliability.*

Key words: *PLC; ship power station; quasi-synchronizer*

1 引言

船舶电站在船舶的营运中提供全船所需电能, 是整个船舶的核心。

在船舶电站中, 将备用发电机组和已在电网上运行的发电机组进行并联运行的操作称为并车操作^[1]。实现自动准同步并车控制的途径很多, 通常采用模拟控制、数字控制或微机控制方式, 但由于机舱恶劣的工作环境抗干扰问题不能得到很好的解决, 可靠性不高。而基于可编程控制器 (PLC) 的控制系统具有结构简单、可靠性高、编程方便、控制灵活等特点^[2], 具有独特的优越性。例如三菱 FX3U 系列 PLC, 具有丰富的输入/输出设备和特殊扩展设备, 功能齐全, 结构紧凑, 抗干扰能力强, 运算速度极快, CPU 运算速度达 0.065μs/基本指令, 内置 6 点 100kHz 的高速计数

器^[3]。这给基于 PLC 的自动并车控制系统的设计提供了保障, 以 FX3U 为主体构成的自动并车系统可自动检测并车条件, 进行频率预调并准确捕捉合闸提前量, 能很好的实现准同步并车功能, 且具有调速快、合闸准确、工作可靠等优点, 经完善后可应用于实船。

2 准同步并车条件的检测

在满足船舶电站并车条件的情况下, 采用准同步并车方式将待并机组投入电网运行, 可以使并车冲击电流很小, 对电网及发电机本身不产生大的扰动。把待并机组准确地并入电网, 进行自动准同步并车必须满足以下三个条件^[1]:

(1) 待并机组电压 U_F 和在网机组电压 U_w 应接近相等, 误差不超过 5%~10%;

(2) 待并机组频率 f_F 和在网机组频率 f_w 应

收稿日期: 2008-01-26

作者简介: 杨勇 (1979-), 男, 河南驻马店人, 助理工程师, 主要从事机电设备自动控制的研究。

接近相等, 误差不超过 0.2%~0.5%;

(3) 待并机组电压相位 δ_F 和在网机组相位 δ_W 一致, $\delta = \delta_F - \delta_W = 0$ 。

只有这样, 才能保证并车时无大的冲击电流。并且并联后保持稳定的同步进行。否则, 将产生较大的冲击电流, 严重时将造成整个船舶电力系统崩溃, 中断全船供电。

本控制系统利用 FX3U PLC 及其扩展模块实现并车三条件的自动检测、比较和调节。

(1) 电压条件

电压条件的检测是利用 FX3U 的扩展模拟量模块来实现的。把待并机组电压 U_F 和电网电压 U_W 经过降压和信号处理后, 送入 FX3U 模拟量输入接口, 经 A/D 转换后相比较, 设置使之满足 $U_F > 90\% U_W$ 即可。一般来说, 待并机组起动完成转速正常后该条件可由 AVR 调压器自动调节满足, 当电压出现异常时, 系统可给出声光报警。

(2) 频率条件

频率条件的检测可由 FX3U 的高速计数器和与各发电机组同轴转动的旋转编码器完成。旋转编码器随着发电机轴的转动输出个数正比于转速的脉冲信号, 把该脉冲信号送入 FX3U 高速计数器进行计数, 即可换算出在网机和待并机的转速和频率。如采用欧姆龙 E6H-CWZ6C 2500p/r 型旋转编码器, 每转可发出 2500 个脉冲, 保证频率检测与调节的快速性和精确度。对 1500r/min 50Hz 的同步发电机组, 在 200ms 内对转速脉冲采样计数, 可推导出频率 f 与计数值 N 关系为: $f = N / 250$ 。并车时为使得待并机组并上网后即能承担一定的有功功率而不至造成逆功率, 一般使 $f_F > f_W$, Δf 取 0.1~0.3Hz。

(3) 相位条件

相位条件的检测与实现是自动并车控制的难点和关键环节。为实现待并机与在网机在同相点准确合闸, 须考虑发电机主空气开关的固有合闸时间 t_{ACB} 并以此来计算合闸提前量 t_q 。控制系统可采用测量相位差法获取合闸提前量 t_q , 先把发电机组和在网机正弦电压通过波形变换变为同频方波, 然后对待并机和在网机的电压方波 U_F 和 U_W 进行检测计算, 以获得发出合闸指令的提前时间 t_q 。原理如图 1 所示:

设电网电压周期为 T_W , 待并机电压周期为 T_F , 某一时刻待并机电压滞后于电网电压的时间

为 Δt , 发电机主开关固有动作时间为 t_{ACB} 。由图可见 $\Delta t = t_q$ 为理想合闸点, Δt 所对应的相位角 φ_w 等于 U_F 和 U_W 间的相位差 δ 。

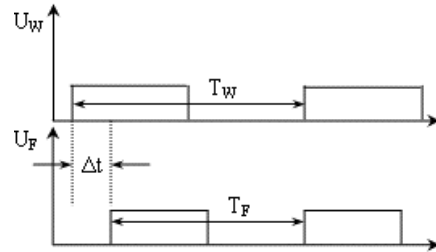


图 1 合闸提前时间获取

$$\varphi_w = \omega_w \Delta t = 2\pi f_w \Delta t = 2\pi \Delta t / T_W = 2\pi t_q / T_W$$

由于 $\delta = \omega_s t$, ω_s 为滑差角速度, 而 t_{ACB} 应等于消除相位差 δ 所需时间, 所以

$$\delta = \omega_s t_{ACB}, \text{ 即}$$

$$2\pi t_q / T_W = \omega_s t_{ACB} = (\omega_F - \omega_W) t_{ACB} = 2\pi(f_F - f_W) t_{ACB}$$

$$t_{ACB} = 2\pi t_{ACB} (T_W - T_F) / T_W T_F$$

$$t_q = t_{ACB} (T_W - T_F) / T_F$$

在上式中代入主开关固有动作时间 t_{ACB} 和 T_W 、 T_F 即可计算出 t_q 的值。由于 $f_F > f_W$, Δt 的值是不断减小的, 在程序中, 不断把实时检测到的 Δt 值与 t_q 值相比较, 直至 Δt 值等于 t_q 值或第一次小于 t_q 值时发出合闸脉冲, 实现准确合闸。上式中 T_W 、 T_F 可由前检测出的频率值换算出; 而 Δt 则可利用三菱 FX3U PLC 的 10kHz 的高速环形计数器 D8099 进行测量^[4], 当 U_W 上升沿到来时, 由中断服务将 D8099 清零, U_F 上升沿到达时读出 D8099 的数值, 利用此时的计数值即可换算出 Δt 。

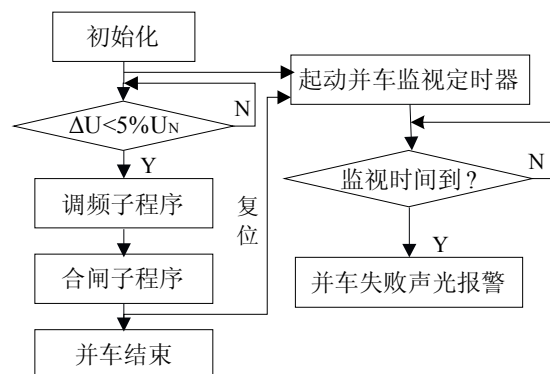


图 2 并车主程序流程图

3 控制系统的硬件组成和软件设计

3.1 硬件组成

(1) 系统以三菱公司的 FX3U 系列第三代微型可编程控制器为核心, 该型 PLC 功能模块齐全, 指令丰富, 系统的构成和扩展非常方便, 而

且处理速度极快, 能保证系统的控制精度;

(2) 系统中主要检测部件包括:

① 互感器和信号处理板; 互感器采集待并机和在网机交流电压信号, 信号处理板将此正弦交流信号一路变换为计算合闸提前量用的方波信号, 另一路经整流滤波变换为 $0\sim 10\text{V}$ 直流电压信号供 A/D 转换模块用;

② 旋转编码器, 用于检测各机组频率;

③ 各类继电器, 用于检测各机组工况。

(3) 输出部分包括:

① 各类控制继电器, 用于控制机组调速马达和主开关等;

② 指示设备, 用于各机组电压、频率、主开关位置工况指示。

3.2 软件设计

系统软件可采用模块化设计, 设置并车主程序、并车调频子程序和并车合闸子程序。对于满足船级社要求的船用发电机, 发动机转速正常时待并机电压通常能满足并车条件, 故电压条件的判别可设置在并车主程序中。并车主程序如图 2 所示。系统工作过程如下:

(1) 系统初始化后启动并车监视定时器, 并首先检测电压条件, 如电压条件满足, 进入下一步调频程序; 如电压条件不满足, 则循环检测直至满足;

(2) 检测待并机和在网机的频差是否在允许范围内, 如频差小于 0.1Hz 则对待并机加速, 如频差大于 0.3Hz 则对待并机减速, 为避免出现逆功率, 提高并联运行的稳定性, 设定限定额差范围为 $+0.1\text{Hz}\sim +0.3\text{Hz}$, 流程如图 3 所示;

(3) 电压和频率条件满足后, 进入同相点合闸控制。由所测得的 f_F 和 f_W 换算出 T_F 和 T_W , 结合主开关固有合闸时间 t_{ACB} , 计算理论合闸提前量 $t_q = t_{ACB}(T_W - T_F)/T_F$; 根据前述方法检测 Δt , 当 Δt 等于或第一次小于 t_q 时发出合闸指令, 主开关合闸, 并复位并车监视定时器。流程如图 4 所示。

并车监视定时器用于监视并车过程是否正常, 设定时间通常在 $30\sim 60\text{s}$, 正常情况下并车过程耗时小于设定时间, 若超过设定时间未完成并车, 则认为并车过程出现故障, 进行声光报警。

4 结语

FX3U 微型 PLC 是三菱电机公司开发的第三代微型 PLC, 性能比以往产品有极大的提升, 将其用于船舶电站自动准同步并车, 能显著提高船舶电站自动准同步并车控制系统的可靠性, 而可靠性是自动并车控制必须首先解决的最重要的一个问题。船舶电站特殊的工作环境和船舶电力系統对电站供电品质和供电连续性愈来愈高的要求, 使得电站系统的可靠性就显得更加突出, 本系统的应用前景将十分广阔。

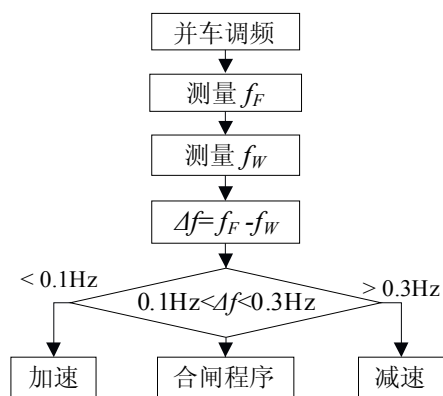


图 3 并车调频子程序流程图

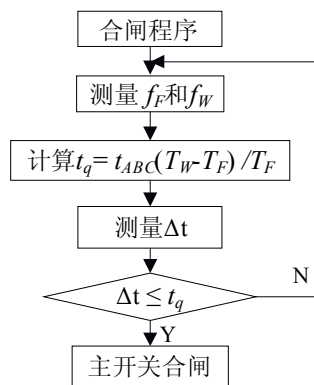


图 4 合闸子程序流程图

参考文献:

- [1]. 姜锦范. 船舶电站及自动化[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2005.
- [2]. 吴建强. 可编程控制器原理及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3]. MITSUBISHI FX3U 系列微型可编程控制器使用手册.
- [4]. 杨国豪等. PLC 船舶电站自动准同步并车装置[J]. 航海技术, 2000, 05:49-51.