

# 船舶操舵仪模拟器中罗经复示仪的驱动方案

刘晓晨 吴庚申

**摘 要:** 针对基于西门子 S7 200 PLC 为核心控制单元开发的船舶操舵仪模拟器中罗经复示仪, 提出了采用永磁式直流电机进行驱动及控制的解决方案, 并讲述了电机的速度和转向的具体控制方法。

**关键词:** 船舶操舵仪模拟器 罗经复示仪 PWM

**中图分类号:** U666.153

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-7973 (2006) 11-0058-02

## 一、引言

船舶操舵仪模拟器是为满足国家海事局有关船舶驾驶员和水手的训练、评估要求, 基于西门子 S7 200 PLC 为核心控制单元开发的专门应用于航海院校学生训练和评估使用的模拟训练设备。该系统不仅具备当今船舶广泛使用的操舵仪的全部功能即随动操舵、自动舵和应急舵, 还必须建立不同的船舶和舵机模型以满足在不同的船况、海况下的操舵训练要求。

船舶操舵仪模拟器的罗经复示仪显示船舶的实际方向。在操舵过程中罗经复示仪转动的快慢取决于由当前舵角的大小、船型、装载大小、水深以及海况等综合判断后船舶的实际转向速度, 因此驱动罗经复示仪的电机转速不是固定值, 而是变化的。罗经复示仪的转动驱动系统一般由控制器、功率变换器及电动机三个主要部分组成。使用的电机可以为直流电机, 交流伺服电机及步进电机三种。该船舶操舵仪模拟器罗经复示仪的转动采用了永磁式直流电机的驱动及控制, 其电机规格: DC12V, 最大转速: 15 转/每分钟。

## 二、电机速度控制

直流电机转速的控制采用了 PWM 脉宽调制调速的方法, PWM 由西门子 S7 224 PLC 输出。S7 224PLC 有两个可以配置用于输出脉冲输出的内置脉冲宽度调制 (PWM) 发生器, 支持的最大脉冲速率为 20kHz。具体方法是: 在 S7 200 编程软件 STEP 7 Micro/WIN 中, 选择菜单命令工具 (T) > 位置控制向导, 打开此向导, 设置其输出点 Q0.0, Q0.1 为 PWM (用于和下文直流电机转向控制电路硬件配合, Q0.0 用于电机正转 PWM 控制, Q0.1 用于反转 PWM 控制), 下载至 S7-200。配置后, 在程序中就建立了 PWM0\_RUN 和 PWM1\_RUN 两个子程序, 子程序的 3 个形式参数如下表:

	符号	变量类型	数据类型	注释
LQ0	Run	IN	BOOL	Run/Stop (启动/停止)
LW1	Cycle	IN	WORD	周期时间 (245535 毫秒)
LW3	Pulse	IN	WORD	脉冲时间宽度 (0-65535)
		IN		
		IN_OUT		

在主程序中, 通电第一次扫描时, 对 PWM 控制初始化, 将脉冲周期设为 100ms, 然后根据系统工作状态的舵角、船型等, 判断出船舶的转向 (即罗经复示仪的转向, 电机的转向), 转速 (即电机转速控制所需要的 PWM 脉宽值), 然后使用实际参数调用相应的 PWM0\_RUN 或 PWM1\_RUN 子程序。例如:

```
LD    SM0.0
MOVW  10, width
LD    I0.0
=      direct
LD    direct
TON    D_delay, 2
CALL   PWM0_RUN, D_delay, cycle, width, MB10
```

上述程序语句的含义为将 10ms 送入脉宽控制字节, 当 I0.0 为 “1” 时, 延时 200ms 后, Q0.0 输出周期为 100ms, 脉宽为 10ms 的高速脉冲, 可用于下面一段硬件电路需要的直流电机转速控制。

## 三、电机转向控制

为了控制直流电机的转向, 系统中又设计了转向控制硬件电路, 它的基本原理图如图 1 所示。

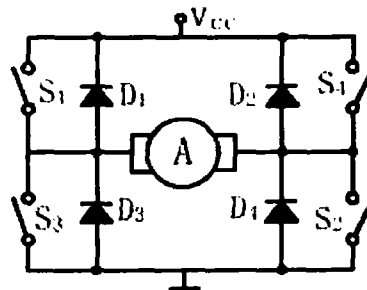


图 1 转向控制电路

全桥式驱动电路的 4 只开关管都工作在斩波状态, S1、S2 为一组, S3、S4 为另一组, 两组的状态互补, 一组导通则另一组必须关断。当 S1、S2 导通时, S3、S4 关断, 电机两端加正向电压, 可以实现电机的正转或反转制动; 当 S3、S4 导通时, S1、S2 关断, 电机两端为反向电压, 电机反转或正转

收稿日期: 2006-9-18

作者简介: 刘晓晨 男 (1976—) 青岛船员学院 机电系 硕士 讲师 (266071)

制动。

在罗经复示仪的动作过程中，我们要不断地使电机在正转和反转之间切换，也就是在 S1、S2 导通且 S3、S4 关断，到 S1、S2 关断且 S3、S4 导通，这两种状态之间转换。在这种情况下，理论上要求两组控制信号完全互补。但是，由于实际的开关器件都存在开通和关断时间，绝对的互补控制逻辑必然导致上下桥臂直通短路，比如在上桥臂关断的过程中，下桥臂导通了。这个过程可用图 2 说明。

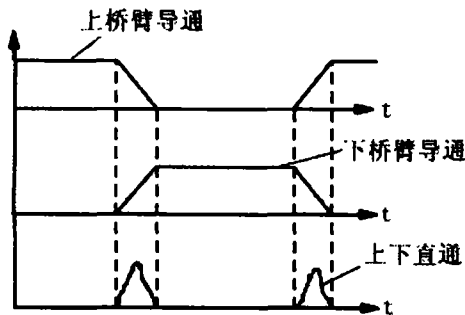


图 2 转向控制过程

因此，为了避免直通短路且保证各个开关管动作之间的协同性和同步性，两组控制信号在理论上要求互为倒相的逻辑关系，而实际上却必须相差一个足够的死区时间，这个矫正过程是通过软件实现的，如上面 PLC 控制程序中使用了延时接通定时器 D\_delay，延时 20ms 来避免电路短路。

驱动电流不仅可以通过主开关管流通，而且还可以通过续流二极管流通。当电机处于制动状态时，电机便工作在发

电状态，转子电流必须通过续流二极管流通，否则电机就会发热，严重时烧毁。

开关管的选择对驱动电路的影响很大，开关管的选择宜遵循以下原则：

- (1) 由于驱动电路是功率输出，要求开关管输出功率较大；
- (2) 开关管的开通和关断时间应尽可能小；
- (3) 电机使用的电源电压不高，因此开关管的饱和压降应该尽量低。

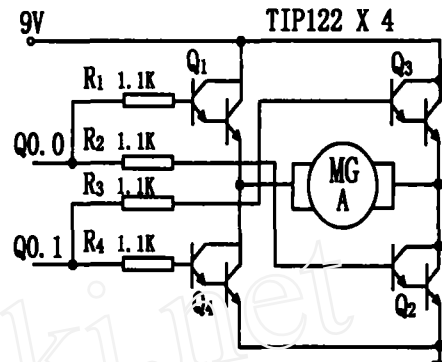


图 3 TIP122 驱动电机

在实际制作中，我们选用 1e 大功率达林顿管 TIP122。如图 3 所示为采用 TIP122 的驱动电机电路。PLC 的输出点 Q0.0 为“0”，Q0.1 输出 PWM 波时，电机正转，通过改变 PWM 的占空比可以调节电机的速度。而当 PLC 的输出点 Q0.1 为“0”，Q0.0 输出 PWM 波时，电机反转，同样通过改变 PWM 的占空比来调节电机的速度。

## The driving design scheme of compass display in the simulator of ship pilot

Liu Xiaochen    Wu Gengshen

**Abstract:** For the compass display in the ship pilot simulator based on the core control unit of Simens S7 200 PLC, this article proposes the solution of permanent - magnet direct current motor as the driving devices and describes how to control the speed of converting direction of the motor

**key words:** ship pilot simulator    compass display    PWM