

步进电机的高性能驱动^{*}

陈 培 民

(华侨大学电气技术系, 泉州 362011)

摘要 提出一种步进电机的高性能驱动技术, 该技术将 PWM 细分控制与 PWM 调频调压驱动结合起来, 显著改善低频稳定性和高频矩频特性.
关键词 步进电机, 脉宽调制, 高性能驱动
分类号 TM 383. 601. 2

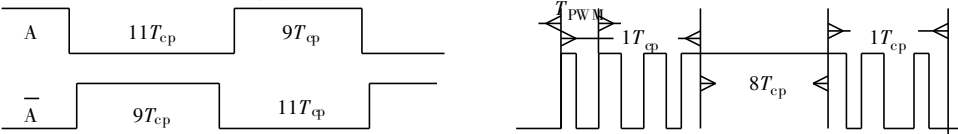
步进驱动系统在现代数控技术中起着重要作用, 其运行时低频振荡、高频出力不够是设计驱动系统必须考虑的两个重要问题. 本文所分析的系统在低频运行时, 采用 PWM 细分技术 (又称微步驱动技术) 使电机绕组电流变化呈逐级递增 (减) ; 而在高频运行时, 采用 PWM 调频调压技术, 使加于功放级的电压随步进脉冲频率变化而变化. 系统运行时不仅平稳, 而且宽硬的矩频特性.

1 PWM 细分原理与电路

步进电机由于短路制动转矩较大, 影响低频稳定性^[1], 其原因在于电流变化大而产生能量过冲或续流过大. 若能使低频运行时电流变化呈阶梯状变化, 则可抑制低频振荡.

1. 1 PWM 细分原理

以五相混合式步进电机 90BYG501 为例, 图 1(a) 为步进电机不细分时的 A 相绕组通电逻辑 (以 20 拍为例). 若对应于一个外部控制脉冲 (周期为 T_{Φ}), 电机分 4 个细步运动, 则相绕组某向激励的控制逻辑如图 1(b) 所示.



(a) 90BYG501 4-5 通电 A 相逻辑 (b) 某相某向 4 细分 PWM 逻辑
图 1 双向激励电机绕组通电逻辑

为分析清楚起见, 图 1(b) 中为 $T_{cp} = 4T_{PWM}$ 的时刻. 在 4 细分 PWM 控制逻辑作用下, 绕组电流呈阶梯状变化如图 2(a) 所示.

1. 2 恒频变脉宽细分控制

为使电机绕组未级驱动管工作于开关状态且便于调试, 电机绕组电流的阶梯变化采用恒

频变脉宽技术, 以及只有磁耦合而无电联结的 H 桥驱动电路, 如图 2(b) 所示. 为降低电机运行的噪声, 取 $f_{\text{PWM}} = 10 \text{ kHz}$, 变脉宽持续时间 $T_c > T_{\text{PWM}}$, 且依低频振荡频段而定, 即该频段各细分步持续时间相当. 脉宽宽度可在单步运行时细分步均匀由实验测定, 或采用精确但较复杂的

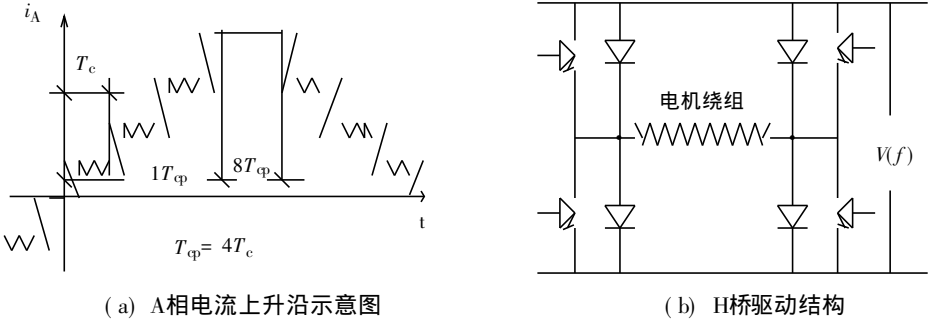


图2 恒频变脉宽绕组驱动及电流变化

计算^[1]. 实现上述控制要求必须产生图 1(b) 所示的控制逻辑. 为简化硬件电路设计, 引入高性价比的单片机 89C2051 来构成多处理器的智能装置, 如图 3 所示.

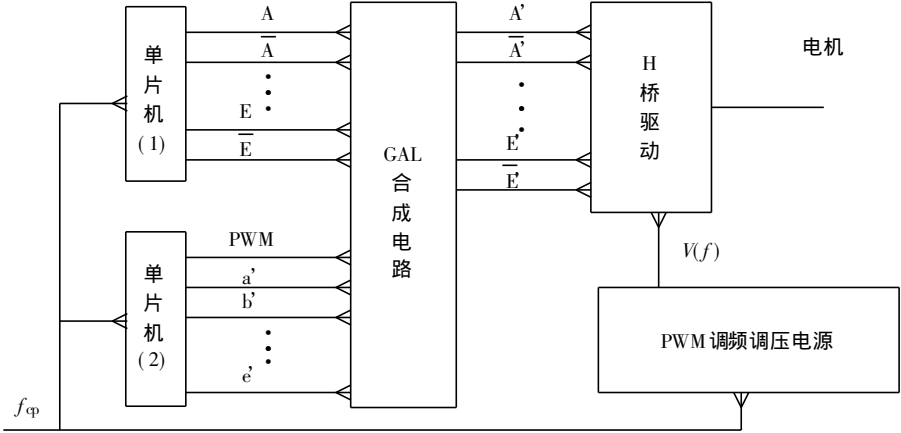


图3 高性能驱动系统框图

图 3 中单片机(1) 用于产生不细分的环分配 10 路信号, 如图 1(a) 所示. 单片机(2) 实现变脉宽和持续时间 T_c 的控制, 此外还产生用于分配细分 PWM 信号于变化沿的分配时序信号 a, \dots, e . 该信号脉冲宽度为 $2T_{\text{q}}$. 以 A 相为例, a 先与细分 PWM 信号进行逻辑与, 前一 T_{q} 脉宽与图 1(a) A 下降段; 后一 T_{q} 脉宽与 \bar{A} 上升段进行逻辑与, A 上升段, \bar{A} 下降段也是如此. 实现逻辑与由图 3 中 GAL 合成电路完成, 该电路输出共 10 路信号(图 1b) 通过 H 桥驱动电路控制电机绕组. 对单片机软件设计采用外部控制脉冲 f_{q} 作中断输入, 在中断服务程序通过查表、定时等完成.

2 PWM 调频调压电源

调频调压电源使加以绕组驱动电路的电压(V) 随步进脉冲(f_{q}) 变化而变化, 电机在较宽的频段内有稳定的力矩输出, 改善电机的高频出力. 为使电源调整管工作于开关状态, 同样应采用 PWM 技术.

3 结束语

90BYG501 步进电机额定电流为 3 A, 细分脉宽确定根据实验选取极低频下的电流阶梯值, 分别为 0.55 A, 1.10 A, 1.90 A, T_c 为 0.25 ms. 单片机晶振采用 24 MHz. 系统在 0~10 kHz 空载运行时无明显振荡, 且出力大于额定转矩 1.5 N·m. 本文所讨论的方法可移植到其它类型的步进电机.

(1) 细分针对低频平滑运行而非步距角精度, 故可避免较难的微步驱动电流计算而依实验测定.

(2) 变脉宽和持续时间 T_c 的选取、细分数的确定, 取决于所希望改善的低频共振区, 针对性强.

(3) 系统设计引入单片机构成多处理器系统, 参数改变只需更换软件表数据, 调试方便. 若系统经济指标允许, 可采用具有两路 PWM 输出的单片机 87C552 设计, 此将另文介绍.

参 考 文 献

- 1 王宗培, 孙旭东. 步进电动机运行转矩的分量及短路制动转矩. 微电机, 1993, (2): 3~7
- 2 王宗培, 陈培民. 步进电动机微步驱动电流波形的计算. 电工技术杂志, 1991, (3): 5~7
- 3 陈培民. 五相混合式步进电动机 PWM 调频调压驱动. 华侨大学学报(自然科学版), 1995, 16(2): 145~149
- 4 潘金火, 吴金灿. 步进电动机调频调压供电斩波型驱动电路. 华侨大学学报(自然科学版), 1994, 15(4): 385~388

Drive of High Performance for Stepping Motor

Chen Peimin

(Dept. of Elec. Tech., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract A drive technique is proposed for the use of stepping motor. The technique is the integration of fine control in pulse width modulation (PWM) with frequency and voltage modulation drive in PWM. It will significantly improve the stability in low frequency and the torque-speed characteristic in high frequency.

Keywords stepping motor, pulse width modulation, drive