



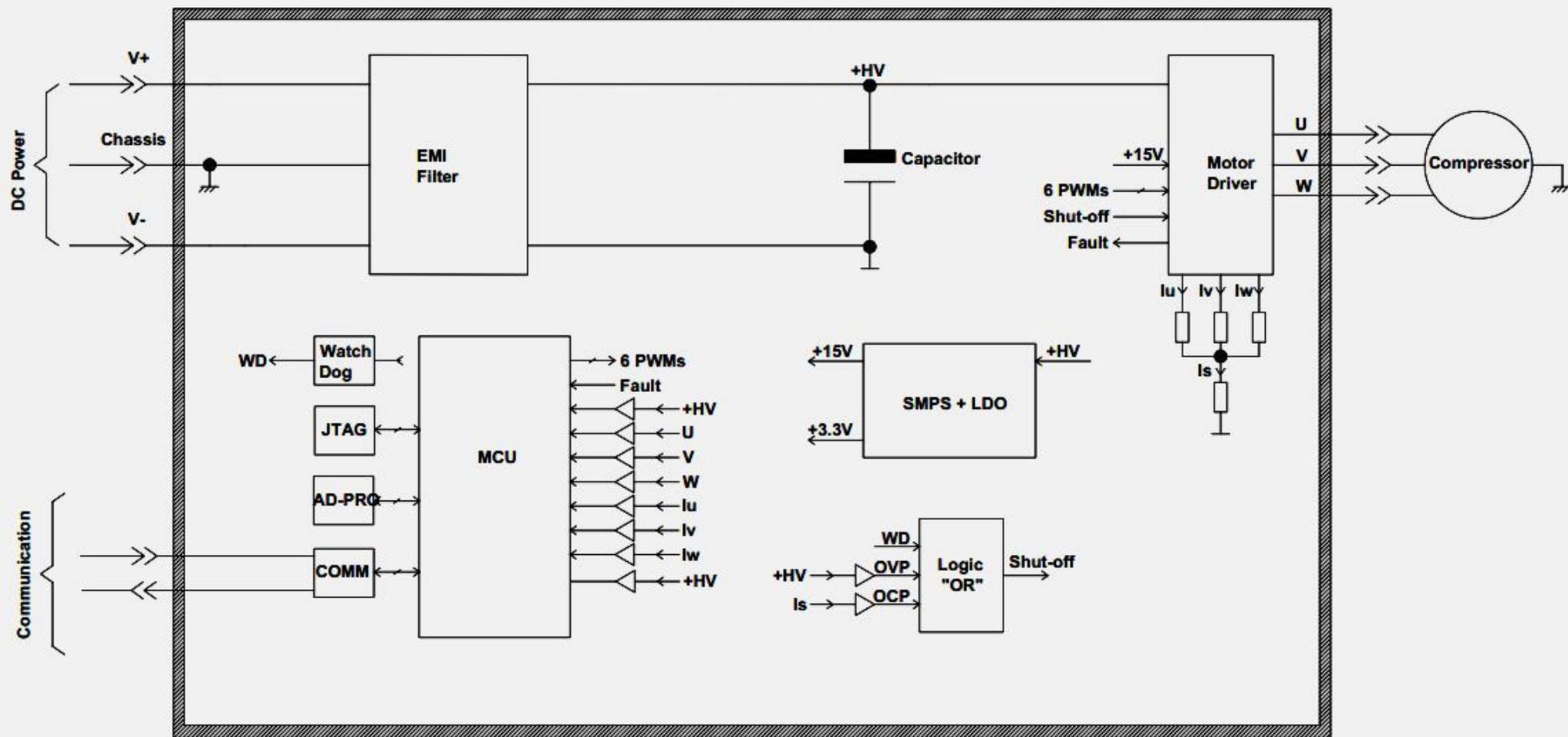
车载电动空调压缩机驱动方案

Leili Controls

无锡雷利电子控制技术有限公司

Micro-motor Professional Solutions

方案框图

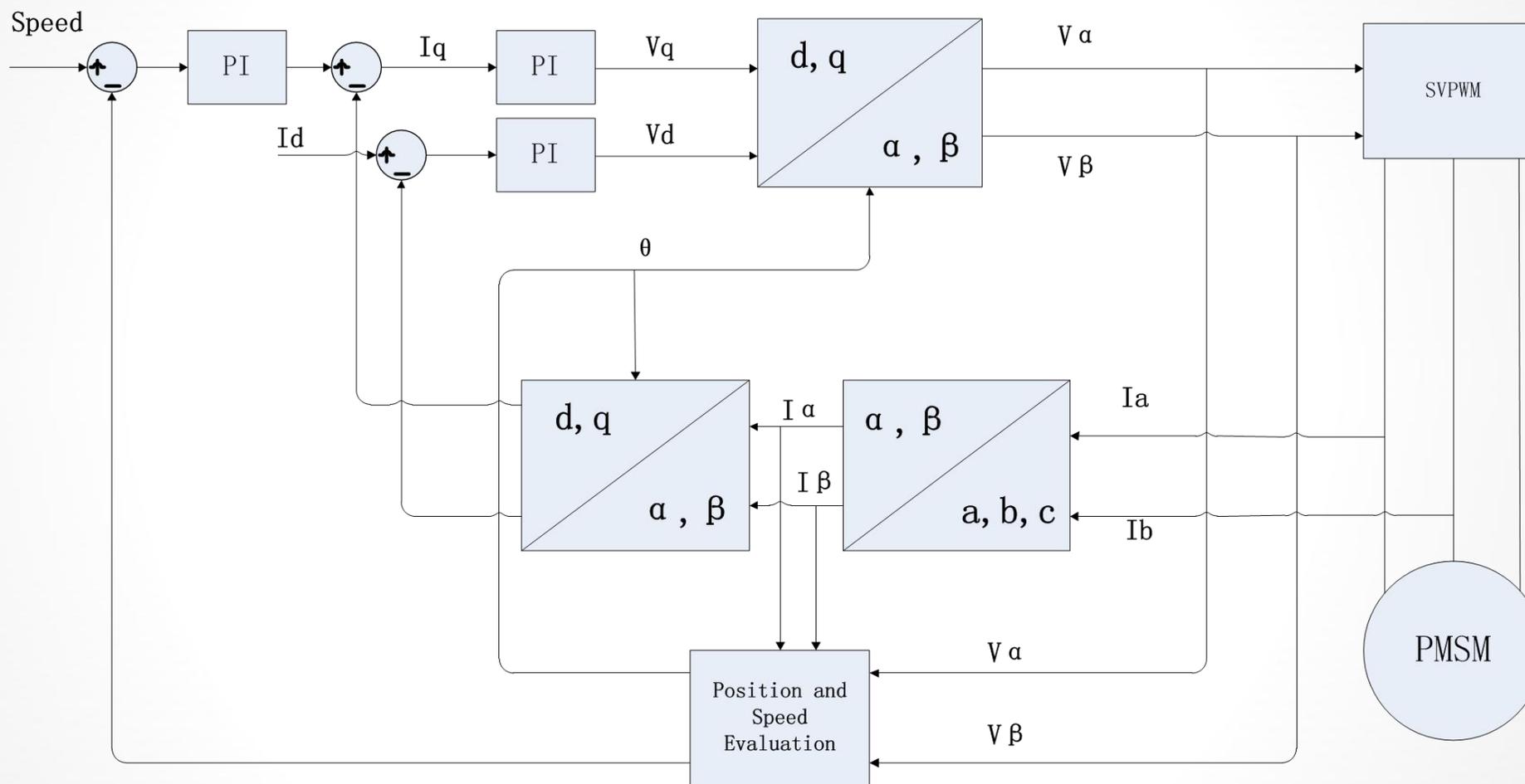


控制方案



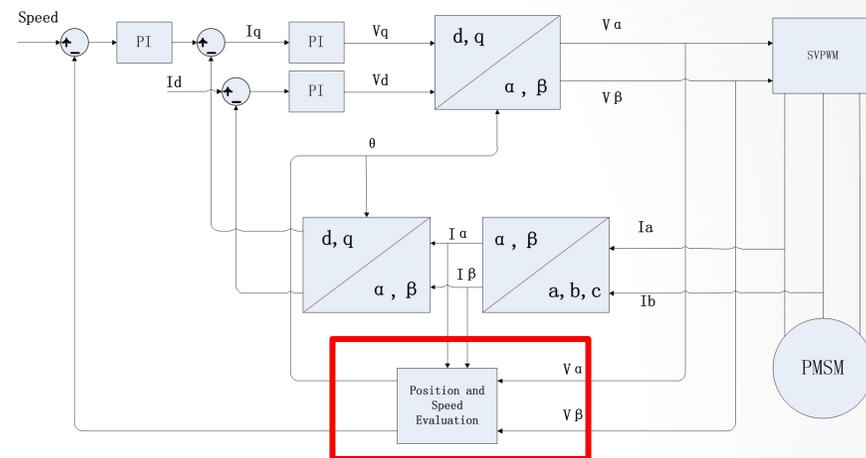
方案 (Solution)	描述 (Spec)
电源 (Power Supply)	DC375V
功率 (Power)	3500W
输出电流波形 (Output Current Wave)	正弦波
PWM类型 (The type of PWM)	SVPWM
算法 (Algorithm)	FOC
载波频率 (Carrier Frequency)	16kHz
速度位置检测 (Speed and Position Detection)	无传感器 (Sensorless)
电流检测方式 (Current Detection Mode)	单电阻 或 三电阻 (1-shunt or 3-shunt)
弱磁控制 (flux weakening control)	有
上位机通讯 (Communication)	CAN、LIN、PWM or AD

算法框图



控制关键点1——启动

1. 启动可靠性；
无传感器方案（位置估算）
负载范围大；电压范围宽；温度范围广。
2. 启动噪音（气体冲击声）；
压缩机的压缩原理和机械结构决定



1. 观测器算法（电感、磁链、反电势）
 - 收敛速度快；
 - 低速观测位置准确；
2. 启动控制算法（可靠性&噪音）
 - 定位准，抖动小；
 - 定位缓，加速慢（冲击小）
 - 开环不失步

控制关键点2——轻载&重载启动

1. 轻载启动
负载轻，电流小
2. 重载启动（高温制冷/低温制热/液态冷媒）
负载重，电流大

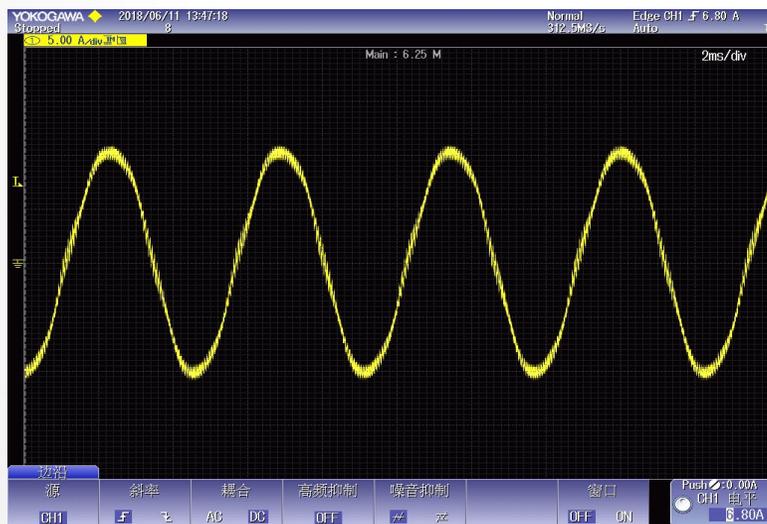
解决方案

- 驱动电流台阶式渐变

控制关键点3——噪声

影响因素：

1. 转矩脉动
2. 载波频率
3. 电流采样
4. 转速波动
5. 电压和电流畸变



1. **正弦波电流**驱动，最大限度降低驱动造成的转矩脉动。
2. 电机驱动PWM载波频率采用**16KHz**，使可能产生的电磁噪音调整到人耳听觉感知范围之外。
3. 三电阻采样
4. 采用速度和电流**双闭环控制**，对负载变化有更快的反应速度，使电机运行速度更平稳，减小噪音。
5. **PWM死区补偿技术**减小因死区造成的输出电压畸变，降低噪音。

控制关键点4——带载能力

1. 位置观测精度
2. 母线电压利用率
3. 弱磁控制深度

2.2MPa



2.8MPa

解决方案

- 优化电流采样方案
- 提高母线电压利用率

控制关键点5——转速范围

1. 与电机的输出能力有关（高速）
2. 转子位置观测精度（低速）
3. 低速力矩补偿性能（低速）
4. 弱磁控制的稳定性（高速）

解决方案

- 观测器算法
- 力矩补偿算法
- 稳定的弱磁控制方案

最低转速
600RPM



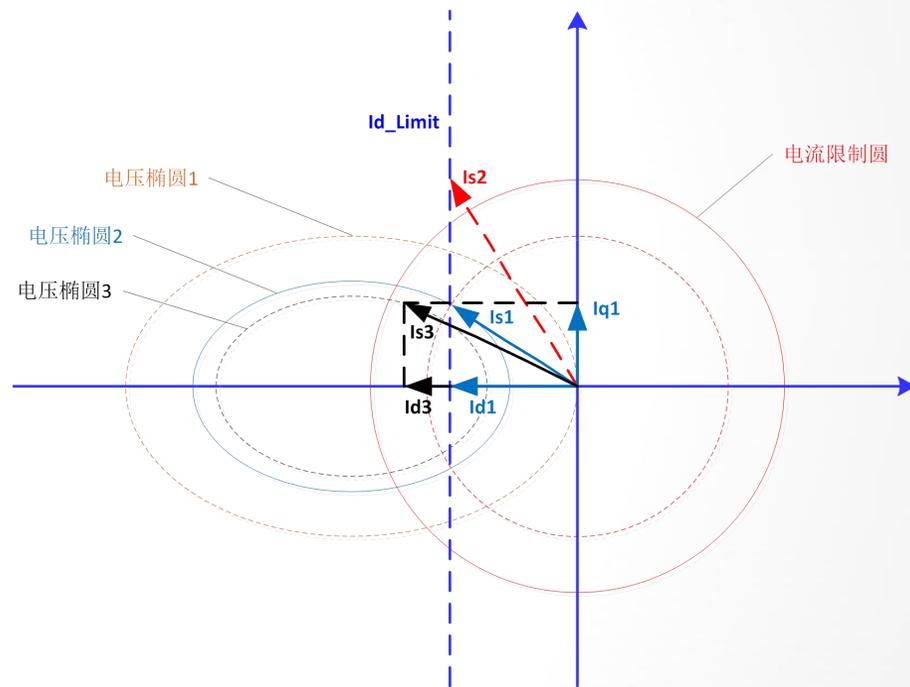
最高转速
9000RPM

控制关键点6——弱磁控制

1. 弱磁控制算法
2. 快速加减速

解决方案

- 自动弱磁（与手动查表相比，减小工作量）
- 速度环、DQ轴电流环的防饱和控制



控制关键点7——死区补偿

1. 影响输出电压
2. 影响位置观测精度（低速区）
3. 影响运行稳定性（三菱IPM死区3.0us）

解决方案

- 增加死区补偿功能

控制关键点8——力矩补偿

1. 轻载启动
负载轻，电流小
2. 重载启动（高温制冷/低温制热/液态冷媒）
负载重，电流大

解决方案

- 驱动电流台阶式渐变

控制关键点9——MTPA控制

1. 轻载启动
负载轻，电流小
2. 重载启动（高温制冷/低温制热/液态冷媒）
负载重，电流大

解决方案

- 增加该功能，预留

控制关键点10——低温加热



可以实现上位机（ECU）低温加热指令

解决方案

- 速度开环
- 电流闭环

保护：

- 过流保护——由硬件检测，防止瞬态大电流对功率器件和电机造成冲击损伤，检测到过流立即关断UVW输出。
- 过/欠压保护——软件检测到DC Bus电压高于或低于设定阈值，将停止电机驱动并报出相对应的故障。
- 堵转保护——软件对观测器观测到的速度进行监测，发现电机堵转将停止驱动电机，延迟一定时间故障自行恢复，重新尝试启动。
- 缺相保护——每次启动电机阶段，软件检测UVW是否缺相，发现缺相故障将停止驱动电机，延迟一定时间故障自行恢复，重新检测。
- 过载保护——过功率运行超过一定时间阈值，软件将停止驱动电机，报出过载故障。
- 过温保护——控制器温度超过155度（根据硬件的耐受温度调整）将自动执行过温预警保护功能，温度超过175度（根据硬件的耐受温度调整）报出过温故障。
- 超速保护——软件估算到的电机转速长时间超过目标转速，软件将执行超速保护功能。

释放文档



1. 变频器软件调试说明_V1.09
2. LeiLi_电机控制参数确认_HL_H7516R3_V1.05
3. 无锡雷利_电机控制库_版本记录_V2.05
4. 无锡雷利_文档更新_ReleaseNote_V2.05
5. 释放需确认事项_V1.02
6. 电流采样信号确认说明_V1.00

主要开发仪器设备1



Item	Manufacturer	Type	Qty
Oscilloscope	Teledyne Lecroy	HDO8508	1
	YOKOGAWA	DLM2024	3
	Tektronix	TPS2024B	3
Power Analyzer	YOKOGAWA	WT1806	1
Programmable power	California instruments	5001IX	1
Data Recorder	YOKAGAWA	GP10	3
Thermal Imager	Fotric	226-1	1

主要开发仪器设备2



Tektronix AFG3012
Function Generator



YOKOGAWA
Digital Power Meter



Data Recorder MV2012



Tektronix DPO7054



HD08058



FLIR T200 IR Temperature Sensor



California 5001 ix
Programmable Power Source



EM TEST UCS500-M



ROHDE&SCHWARZ
ESCI.EMI Test Receiver

可靠性测试设备



Salt Mist Tester



100% Humidity Test Chamber



Hi-Low Temperature Chamber

环境试验设备



Climatic Chamber 1



Climatic Chamber 2



Climatic Chamber 3

气候试验设备



Vibration Tester



Vibration Tester



Vibration Tester

机械试验设备

THANKS *for your attention*
www.czleili.com