

SaberEXP 仿真实例：单相电压源逆变器的设计

概述

本实例展示了正弦脉宽调制电压源逆变器（SPWM VSI）的开环控制的实现。

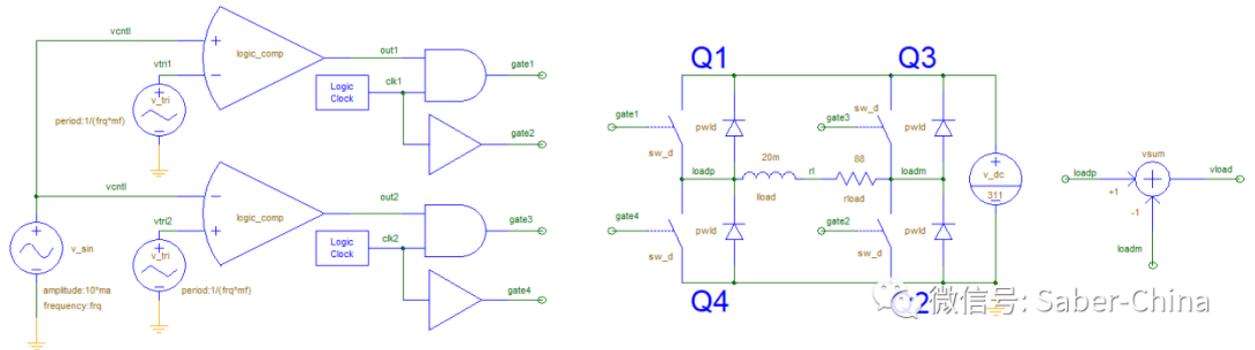


图 1 正弦脉宽调制电压源逆变器电路

介绍

单相电压源逆变器（VSI）是一种非常常见的 DC-AC 转换器，其中输入电压源是直流信号，而输出电压是一个正弦信号，其 RMS 值是 DC 输入电压的 $1/\sqrt{2}$ 倍。这里介绍的单相 VSI 使用具有四个理想开关（两个分支）的全桥拓扑来生成输出交流波形。通过保持输入直流电压恒定并改变逆变器的增益，可以获得可变的输出。它是使用脉宽调制（PWM）控制技术完成的。在不同的 PWM 技术中，实现正弦脉宽调制（SPWM）可以改变逆变器的增益。

在图 1 所示的全桥拓扑中，开关 Q1 和 Q2 同时导通以获得输出交流波形的正半周，同时保持开关 Q3 和 Q4 截止。并且将开关 Q3 和 Q4 接通，同时保持 1 和 2 断开以获得负周期。

设计

设计规范见下表 1:

Specification	Rating
Input DC voltage (V_{IN})	311 V
Switching frequency (F_{sw})	9 kHz
Output voltage (V_{OUT})	220 V
Output current (I_{OUT})	2 A
Output frequency (F_{out})	60 Hz

表 1 设计规范

细节描述

在图 1 所示的全桥拓扑中，外部单相控制参考信号 $vcnt1$ 是与三角载波信号 $vtri1$ 和 $vtri2$ 比较的调制信号。相对电平（幅度）和频率用于生成 PWM 信号，该 PWM 信号进一步用于控制逆变器每个相位分支的开关设备。外部控制参考信号 Amp 的幅度与三角载波信号 Amc 之间的关系称为幅度调制指数， $ma = Amp / Amc$ 。在此设计中， ma 设置为 0.8。三角载波信号的所需频率 frc 与外部 AC 控制参考信号的频率 frq 之比称为调频指数（ $mf = frc / frq$ ）。MF 的规格有助于消除大范围的谐波。例如，如果 mf 是一个奇数整数，它将消除偶数谐波。增加 mf 的值会增加三角载波的频率。在足够高的载波频率下，由于存在感应元件，高频分量不会在 ac 网络（或负载）中显着传播。但是，较高的载波频率会导致每个周期的开关次数增加，从而增加功率损耗。但是，它减少了负载机械中的总谐波损耗。在此示例中， mf 设置为 150。

消隐或死区时间， bt 是关闭一个高侧功率器件和打开互补的低侧功率器件之间通常需要的一个小延迟。死区时间是需要，以确保被关闭的设备有足够的时间在另一个设备被打开之前恢复其阻塞能力。否则可能导致直流电压短路，消隐时间会根据输出电流的方向轻微地增加或减少输出。

该设计中的常用参数（例如 ma ， mf ， bt 和 frq ）使用“设计变量”功能定义为全局变量，如下所示。设计变量允许用户定义的变量将其值传递到逻辑示意图层次结构的较低级别。



图 2 设计变量

仿真

为了检查 SPWM VSI 的瞬态行为，可以执行以下步骤:

1. 运行一个瞬态分析，结束时间设置为 150 米。
2. 绘制波形 $vload$, $r.rload.i$ 和 $r.rload.v$ 。
3. X 轴为持续时间 8.333 ms ~ 141.667 ms。
4. 在 $vload$ 和 $r.rload.i$ 上应用 RMS 测量。使用应用测量工具波形。
5. 结果如图 3 所示。

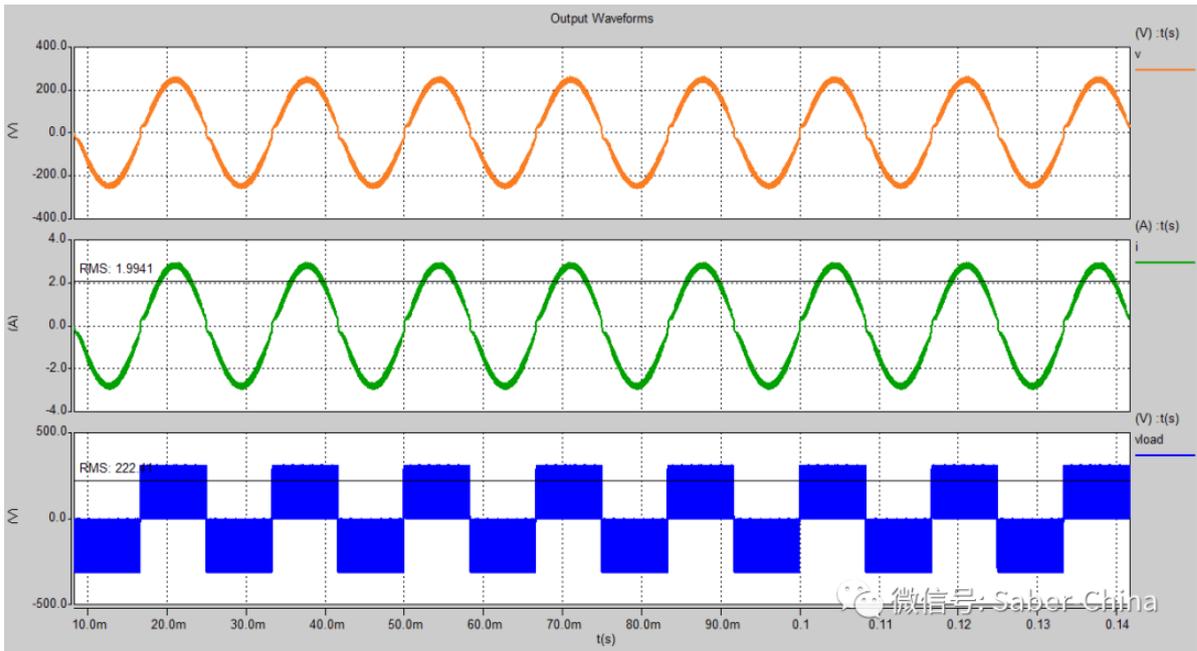


图 3 SPWM VSL 输出波形

6. 放大 x 轴以查看负载的电压脉冲。
7. 重叠波形 r.load.v 在 vload 上。结果如图 4 所示

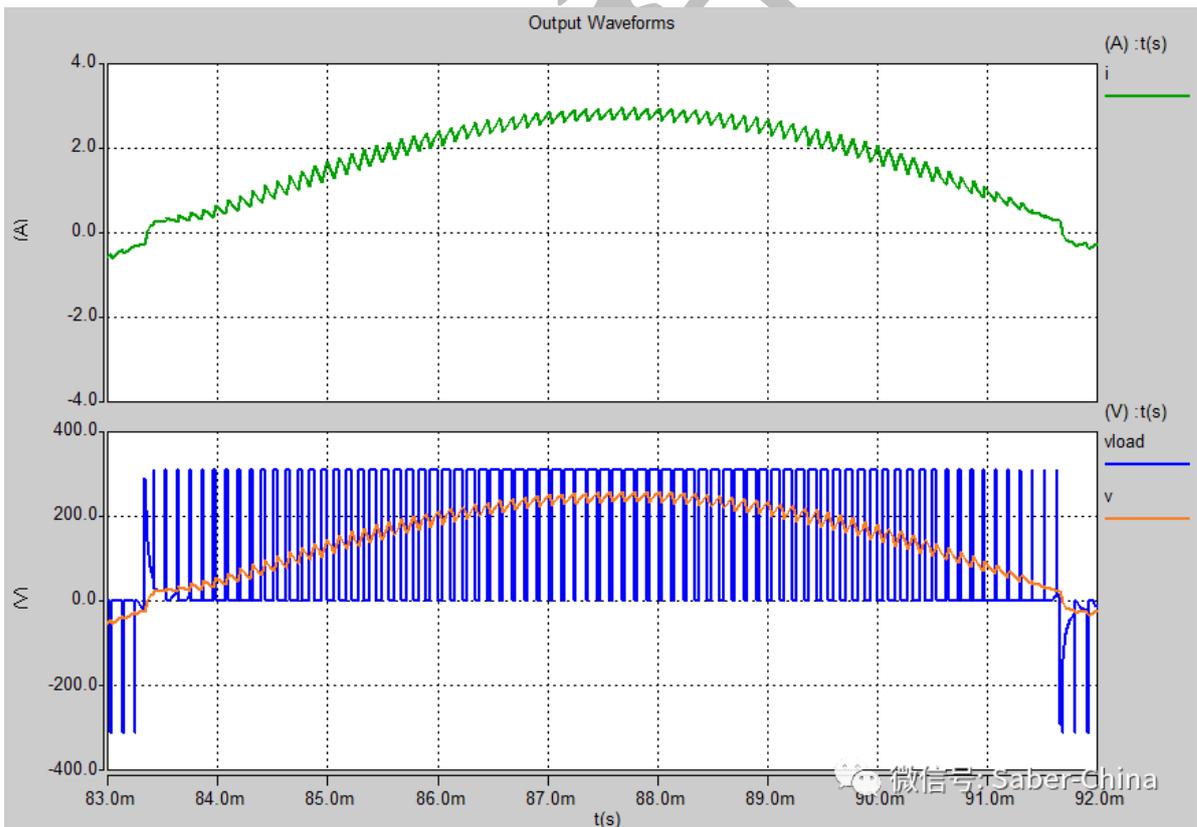


图 4 输出波形叠加

总结

使用 SaberEXP 软件对 SPWM VSI 设计进行了仿真，验证了设计结果。输出交流电压有效

值为 222 V，输出电流有效值为 1.994 A。

该设计可以从 SaberEXP 导出到 SaberRD，以进行进一步的详细实现、特征部件验证、可靠性和功能安全性分析等工作。

为略科技