

PSIM 应用教程之

采用 EMI 设计套件开展 EMI 分析与滤波器设计

文档名称:	采用 EMI 设计套件开展 EMI 分析与滤波器设计		
文档编号:		文档版本:	v1.0
文档类别:	详细技术资料	密 级:	公开



二零二叁年陆月

未经许可 请勿复制全部或者部分文档
©新驱科技 版权所有

目 录

1. 概述.....	1
2. 使用步骤.....	3
2.1. 定义系统寄生参数	4
2.2. 在禁用 EMI 滤波器的情况下运行仿真	6
2.3. 在启用 EMI 滤波器的情况下运行仿真	8
3. EMI 预认证的电源转换器设计模板	8
3.1. 升压变换器	8
3.2. 功率因数校正 (PFC) 变换器模板.....	9
3.3. 移相全桥 (PSFB) DC-DC 变换器模板.....	10
3.4. 永磁同步电机驱动器模板.....	11
3.5. 通用 EMI 设计模块	11
4. 与我们联系.....	12

1. 概述

EMI 设计套件是 PSIM 软件从 2021a 版本新增的模块，该设计套件提供了电力电子变换器系统传导 EMI 分析和 EMI 滤波器设计的整体解决方案。EMI 设计套件帮助用户完成典型电力电子转换器产品开发周期的典型传导 EMI 预认证迭代步骤。基于选定的 EMI 标准，设计套件自动设计了对差模（DM）和共模（CM）传导发射噪声具有适当衰减的 EMI 滤波器，并生成了一个完整的系统，该系统可以运行并随时进行仿真。

如果用户能够提供硬件实验测得的 DM 和 CM EMI 数据，该设计套件还可以用于快速设计 EMI 滤波器。

EMI 设计套件能够快速组合 EMI 预认证测试系统，包括电路模型、寄生组件和 EMI 分析所必需的电路块，如 EMI 滤波器、线路阻抗稳定网络（LISN）和 DM/CM EMI 噪声信号分析仪，为工程师在以下方面提供帮助：

- 它可以帮助系统工程师评估 EMI 要求，并了解主要子系统（如母线（或电路板迹线）、半导体、散热器等）之间寄生电感和电容的影响。它还可以帮助工程师在硬件开发开始前推导出详细的硬件/机械布局规范，并获得从 EMI 的角度更好地了解子系统操作。
- 它可以帮助硬件工程师在实际电路板布局开始之前，进行硬件元件的选择和 EMI 滤波器的设计，以满足 EMI 的要求。
- 它可以帮助 EMI 工程师快速集成和执行系统的 EMI 预认证测试。

EMI 设计套件为 EMI 滤波器开发提供了非常快速的设计，并有助于大大加快 EMI 预认证过程。

EMI 设计套件中提供了五个电源转换器设计模板和一个通用 EMI 设计模板，用于开展 EMI 预认证：

降压转换器	buck 转换器的 CISPR-22 B 类 EMI 预认证设置。
升压变换器	boost 转换器的 Mil-461 440V EMI 预认证设置。
功率因数校正（PFC）变换器	PFC 转换器的 FCC B 类电磁干扰预认证设置。
移相全桥（PSFB）DC-DC 变换器	PSFB dc-dc 转换器的 CISPR-25 4 级 EMI 预认证设置。
永磁同步电机驱动	PMSM 驱动器的 CISPR-25 3 级 EMI 预认证设置。

通用 EMI 设计

通用电磁干扰设计模板，允许用户插入自己的电源转换器和控制电路。

PSIM 中电力电子变换器系统的典型 EMI 预认证设备包括 EMI 滤波器、LISN、DM/CM EMI 噪声信号分析仪、CM 寄生电容模块和电源变换器系统。通用 EMI 模板的总体结构如下所示：

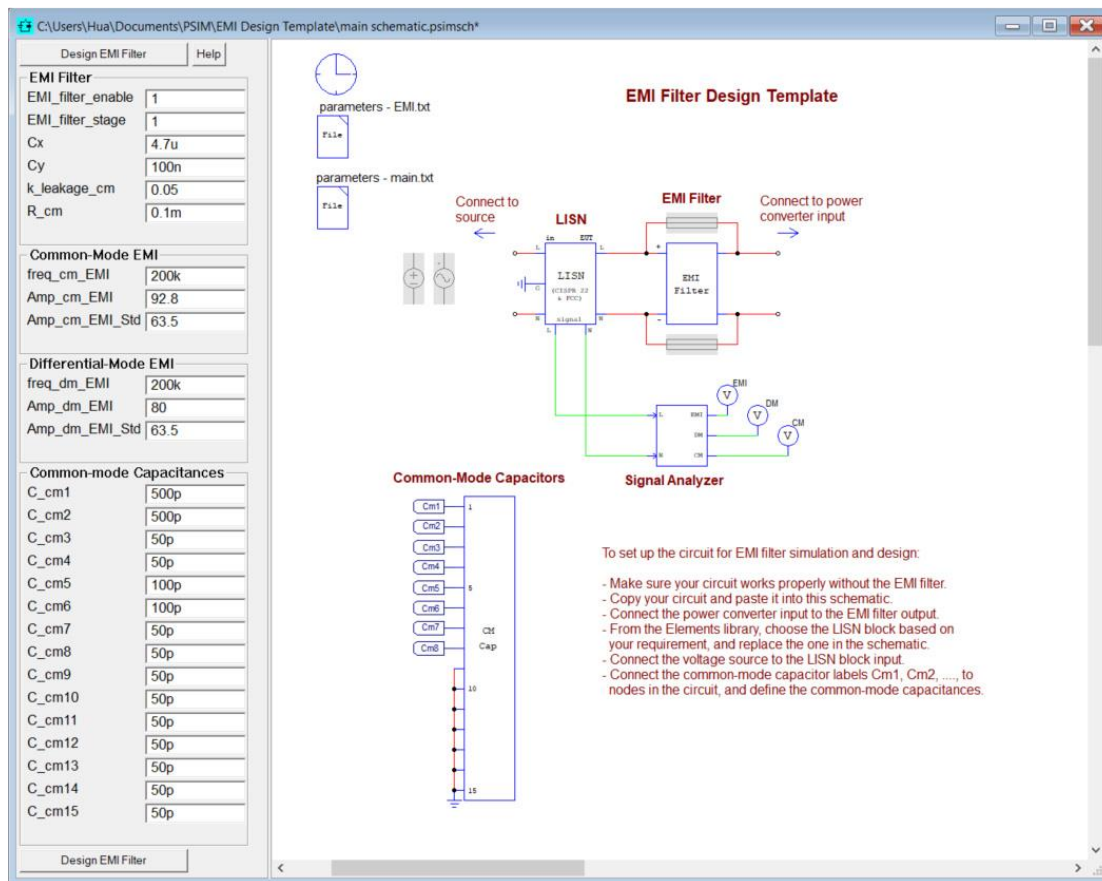


图 1、EMI 模板结构

在指定了 EMI 寄生参数和预期的 X-cap、Y-cap 值之后，整个电路就可以进行仿真并研究 EMI 性能。

本教程介绍如何在 EMI 设计套件中使用 EMI 模板。下面以 buck 变换器模板为例说明这个过程。

2. 应用步骤

下面以 buck 变换器模板为例说明 EMI 设计套件的使用过程。

buck 变换器要求如下：

$V_{in}=120V_{ac}$, $V_o=12V_{dc}$, $P=250W$

$C_{link}=500\mu F$, $L_o=53\mu H$, $C_o=6.5mF$

EMI 认证标准：CISPR 22 B 级

buck 变换器寄生参数定义如下：

- 直流环节电容 $ESR=20m\Omega$
- 输出电容 $ESR=10m\Omega$
- 功率开关 $ESL=5nH$
- 功率母线（或板迹线） $ESL=20nH$

CM 寄生电容定义如下：

- $C_{cm1}=500pF$ （输出正极和接地之间）
- $C_{cm2}=500pF$ （输出负极和接地之间）
- $C_{cm3}=50pF$ （二极管 D1 的阴极和接地之间）
- $C_{cm4}=50pF$ （二极管 D1 的阳极和接地之间）
- $C_{cm5}=100pF$ （MOSFET Q1 的漏极和接地之间）
- $C_{cm6}=100pF$ （直流连接电容器 C_{link} 负极和接地之间）
- $C_{cm7}=50pF$ （输入线和接地之间）
- $C_{cm8}=50pF$ （输入中性点和接地之间）

请注意，为仿真输入的 CM 寄生电容值应反映实际电路测量值（如果电路已建成）或基于估计和以往经验的实际目标值（如果电路尚未建成），因此 EMI 预认证测试仿真和研究是有意义的。

MOSFET Q1 采用 2 级 MOSFET 模型，以考虑开关瞬态。

根据功率要求，buck 变换器的开关频率为 100kHz。采用带斜坡补偿的峰值电流内环。

外部电压 PI 控制环路为峰值电流内环提供电流参考。

需要注意的是，在 EMI 设计过程开始之前，功率变换器电路（具有 2 级 MOSFET 或 IGBT

模型) 必须是完全功能的, 以便使开关功率器件的 di/dt 和 dv/dt 特性真正反映实际电路的特性。

EMI 设计套件的 EMI 性能评估可通过以下三个步骤实现:

- 定义系统寄生参数和一些 EMI 滤波器参数。
- 在禁用 EMI 滤波器的情况下运行仿真。记录并输入 CM 和 DM 的频率和振幅, 以及 CM 和 CM 超过 EMI 标准的最差点 EMI 标准等级。
- 执行 EMI 滤波器设计, 并在启用 EMI 滤波器的情况下再次运行仿真。

2.1. 定义系统寄生参数

要运行 EMI 模板, 请执行以下步骤:

- 在 PSIM 中, 转到 Design Suites>>EMI Design Suite, 然后选择一个示例 EMI 电路, 例如 Buck Converter (CISPR-22 Class-B)。将出现如下所示的对话框窗口。单击 Unpack 将文件解压缩到默认文件夹。要解压缩到其他文件夹, 请单击“更改文件夹”浏览文件夹, 或输入文件夹名称。在本例中, 文件将放在“c:\temp”中。

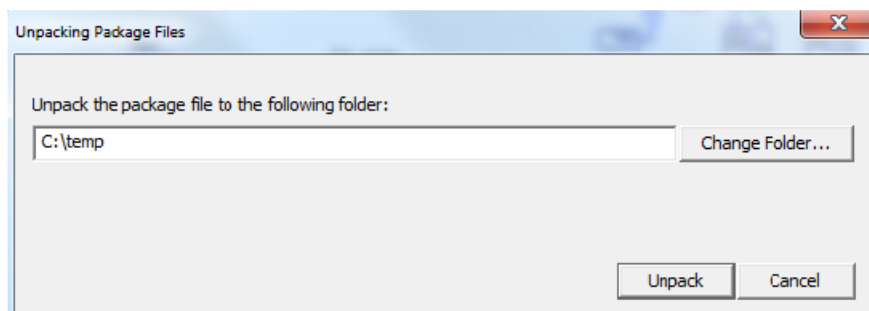


图 2、打开 EMI 模板

- 文件解压后, 将在 PSIM 中显示模板回路, 如下所示。从左侧的“参数”面板中输入或修改设计参数。

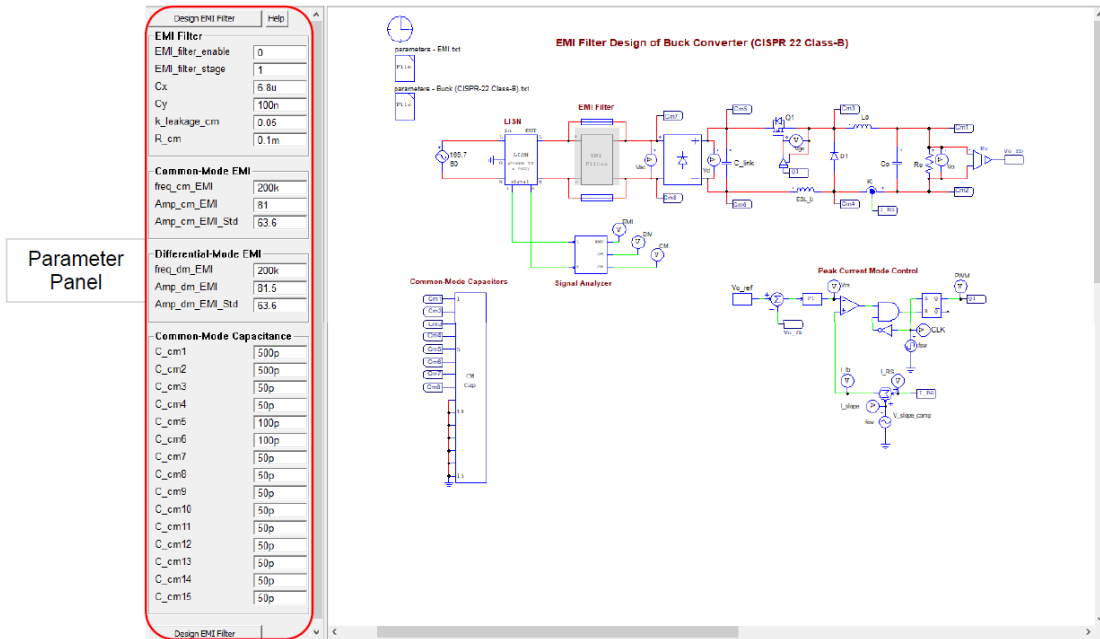


图 3、EMI 设计模板

示意图左侧是输入参数面板。面板定义了与 EMI 滤波器相关的参数（如启用/禁用 EMI 滤波器、X 电容和 Y 电容值、CM 电感参数）、CM 寄生电容和 EMI 滤波器衰减参数（如 CM 和 DM 的最差频率和振幅以及 EMI 标准等级）。

在此步骤中，忽略共模 EMI 和差模 EMI 这两部分下面的值，因为它们还不可用。它们将在第二步之后获得。

对于本例，请按如下所示输入值。

EMI 滤波器:

EMI_filter_enable:	0
EMI_filter_stage:	1
Cx:	6.8u
Cy:	100n
K_leakage_cm:	0.05
R_cm:	0.1m

共模电磁干扰:

Freq_cm_EMI:	200k
Amp_cm_EMI:	81
Amp_cm_EMI_Std:	63.6

差模电磁干扰:

Freq_dm_EMI:	200k
Amp_dm_EMI:	81.5
Amp_dm_EMI_Std:	63.6

共模电容:

C_cm1:	500P
C_cm2:	500p
C_cm3:	50p
C_cm4:	50p
C_cm5:	100p
C_cm6:	100p
C_cm7:	50p
C_cm8:	50p

联机帮助中通过单击“参数”面板中的“帮助”按钮来描述这些参数的定义。

2.2. 在禁用 EMI 滤波器的情况下运行仿真

在禁用 EMI 滤波器（EMI 滤波器启用=0）的情况下，在参数面板中输入参数后，单击“设计 EMI 滤波器”按钮以更新原理图中的参数文件“parameters-EMI.txt”。此参数文件包含用户输入的 EMI 参数和 EMI 设计套件计算的参数。

如果参数面板中的任何 EMI 参数发生更改，则需要使用“设计 EMI 滤波器”按钮更新原理图中的 EMI 参数文件。

仿真完成后，在三个单独的窗口中显示 CM、DM 和 EMI 信号，然后在分析菜单下执行 FFT。将 X 轴范围更改为 100 kHz，并将 Y 轴比例设置为 dB μ V（或在 SIMVIEW 中，转到选项>>默认显示设置，然后选择“FFT 分析后 Y 采用 dB μ V 显示”选项）。从“添加/删除曲线”对话框中的“EMI 标准”选项卡将相应的 EMI 标准添加到显示中。本例中，将添加 CISPR 22 B 级，如下所示：

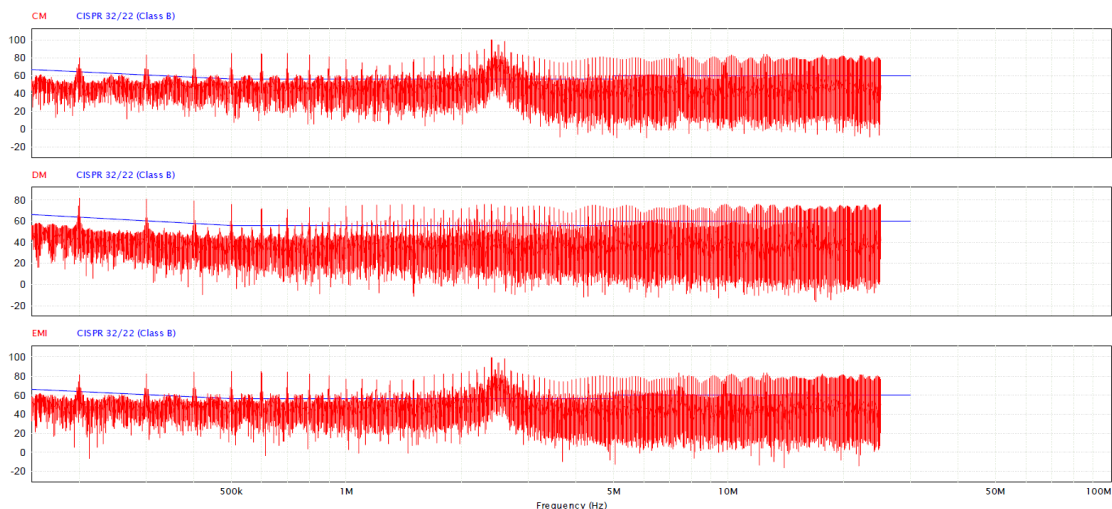


图 4、噪声波形情况

展开的结果显示如下：

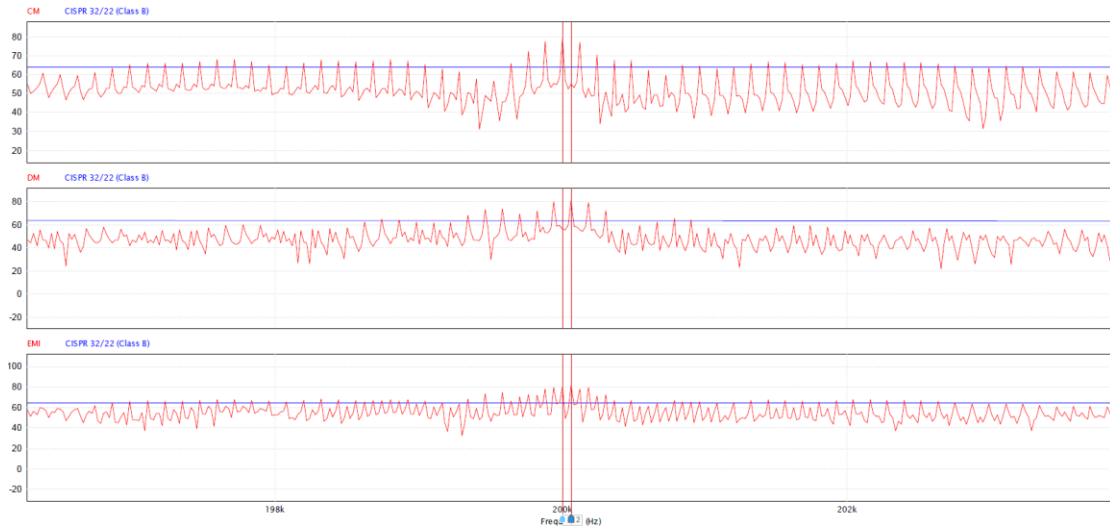


图 5、噪声波形细节

测量 CM 和 DM 信号的频率和振幅值，以及相关点处相应的 EMI 标准电平，即在最低频率处，最高噪声电平高于 EMI 标准。然后将它们输入参数面板中的 CommonMode EMI 和 Differential-Mode EMI 部分。在此示例中，最高 CM 噪声电平为 81 dBuV，最高 DM 噪声电平为 81.5 dBuV。它们都发生在 200kHz 频率。EMI 标准振幅为 63.6dbuv。

另外，在参数面板中，通过将 EMI_filter_enable 设置为 1 来启用 EMI 滤波器。选择一级或两级 EMI 滤波器类型，并选择初始 X - Cap 和 Y - Cap 电容值。X-Cap 值的选择主要取决于从 CM 电感器获得的漏感的实际值。Y-Cap 值的选择主要取决于接地泄漏电流的安全要求和 CM 电感的实际值。

输入这些值后，单击 Design EMI Filter（设计 EMI 滤波器）选项卡以更新参数文件参数 EMI.txt 文件。打开参数 - EMI.txt 文件，然后选择“编辑>>显示值”来检查 CM 和 DM EMI 滤波器的电感值，以确保它们是合理和实用的。如果它们不合理或不实用，请调整 X-Cap 和 Y-Cap 值。

在本例中，Y - Cap 被选择为 $C_y=100\text{nF}$ ，这将影响共模电感设计，共模电感 $L_{cm}=49\mu\text{H}$ ，漏感 $L_{leakage}=2.4\mu\text{H}$ ，以提供足够的 CM 噪声衰减，使得 CM 噪声（81dBuV）在 200kHz 频率下低于 EMI 标准（63.6 dBuV）。

如果 X - Cap 被选择为 $C_x=6.8\mu\text{F}$ ，则 CM 电感器的漏感 $L_{leakage}=2.4\mu\text{H}$ 足以提供足够的 DM 噪声衰减，使得 DM 噪声（81.5 dBuV）在 200 kHz 的频率下低于 EMI 标准（63.6 dBuV）。例如，如果 X-Cap 被选择为 $C_x=1.0\mu\text{F}$ ，则必须插入 $L_{DM}=2.5\mu\text{H}$ 的外部 DM 电感器，以充分衰减 DM 噪声，从而导致不太理想的设计。

该设计套件的一大优点是可以根据给定的 EMI 标准自动计算出 EMI 滤波器的参数，为用户节省了设计 EMI 滤波器的工作量和麻烦。

2.3. 在启用 EMI 滤波器的情况下运行仿真

在启用设计的 EMI 滤波器的情况下运行仿真。仿真完成后，检查 CM/DM EMI 信号，确保其低于 EMI 标准水平。如果不是，则使用不同的参数重复步骤二，直到获得令人满意的结果，如下所示：

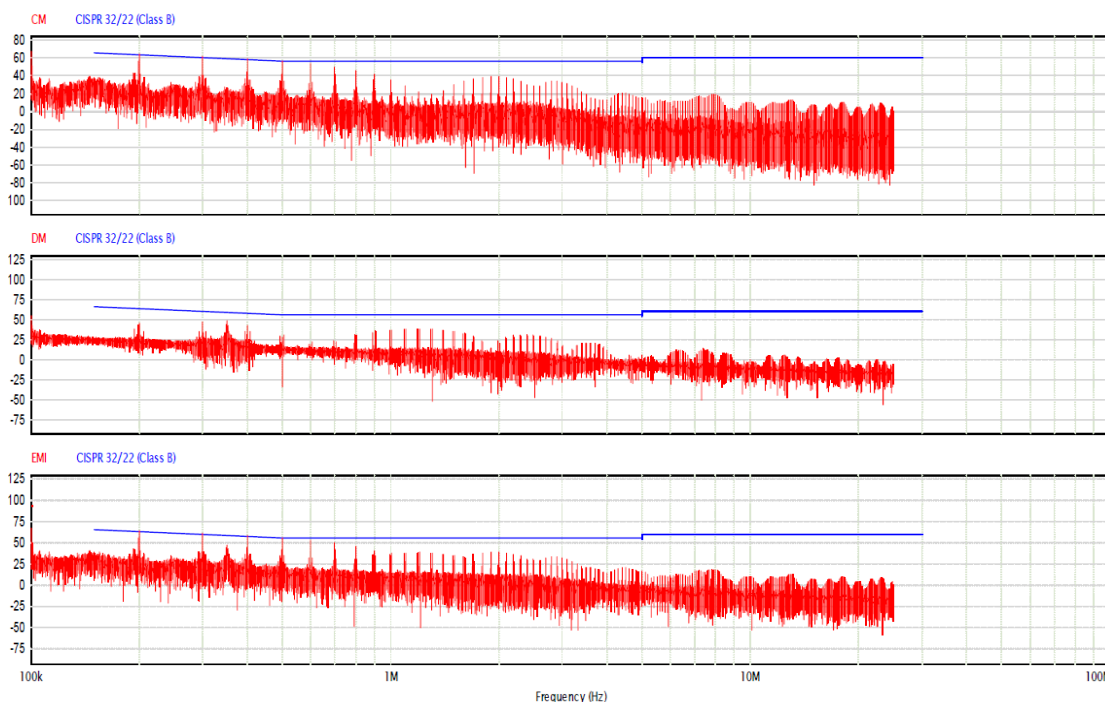


图 6、启用滤波器后的噪声波形

3. EMI 预认证的电源转换器设计模板

用于 EMI 预认证的其他电源转换器设计模板包括了升压变换器、PFC、移相全桥、永磁同步电机驱动器及通用 EMI 设计模板。

3.1. 升压变换器

下图显示了 Boost 转换器设计模板。在此模板中，非隔离升压转换器将 160Vdc 输入转换为 320Vdc 输出，负载功率为 500W。开关频率为 200kHz。EMI 标准 MIL - 461 440V 用于 EMI 认证。注意，MIL-461 EMI 标准中的最低频率为 10 kHz。

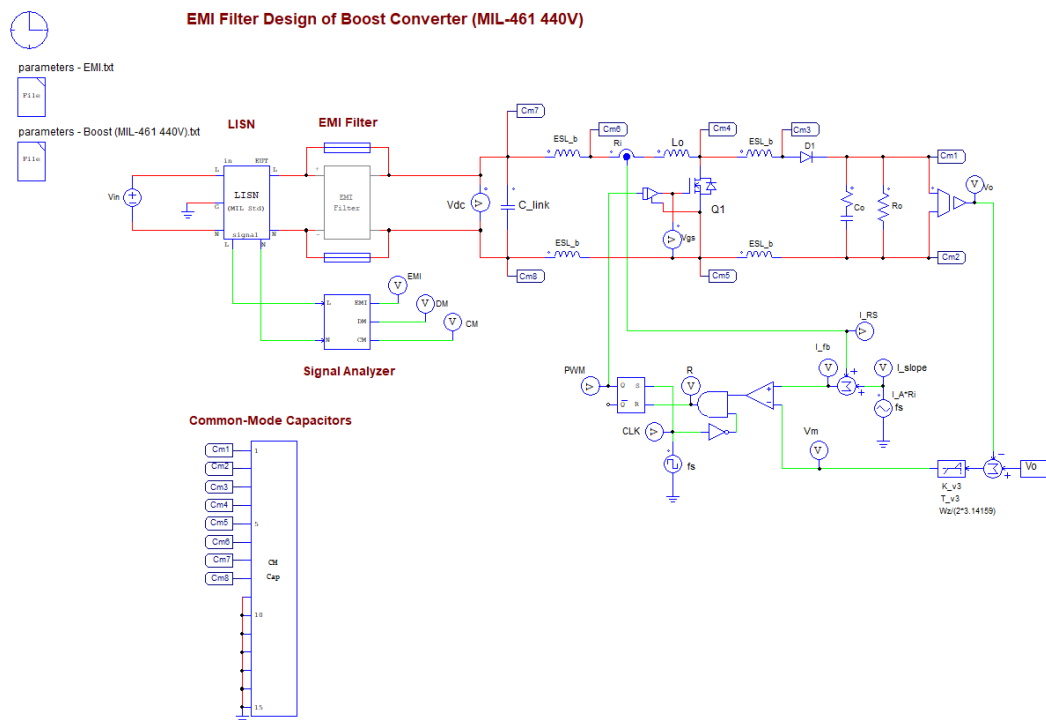


图 7、升压变换器模板

3.2. 功率因数校正（PFC）变换器模板

下图显示了 PFC 转换器模板。在此模板中，PFC 升压转换器将 200Vac 输入转换为 288Vdc 输出，负载功率为 576W。开关频率为 200 千赫。电磁干扰标准 FCC Class-B 用于 EMI 认证。

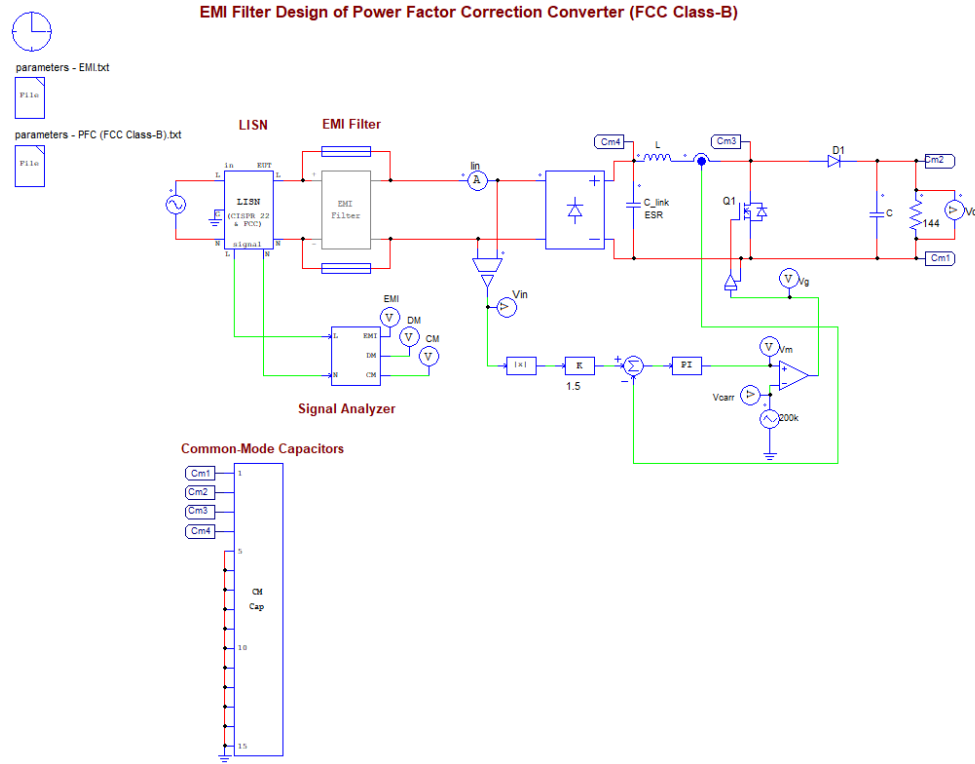


图 8、功率因数校正（PFC）变换器模板

3.3. 移相全桥（PSFB）DC-DC 变换器模板

下图显示了 PSFB 转换器模板。在此模板中，PSFB 转换器将 720Vdc 输入转换为 400Vdc 输出，负载功率为 30 kW。开关频率为 140 千赫。EMI 标准 CISPR 25 4 级用于 EMI 认证。

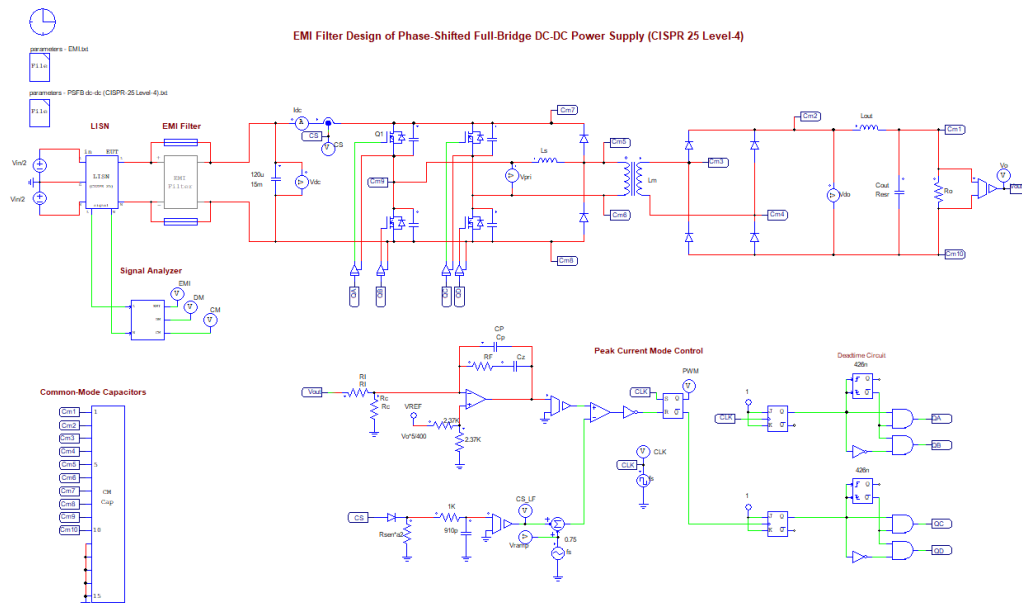


图 9、移相全桥变换器模板

3.4. 永磁同步电机驱动器模板

下图显示了永磁同步电机驱动器模板。在此模板中，永磁同步电机逆变器将 500Vdc 输入进行转换，驱动永磁同步电机，速度为 170rad/s，负载扭矩为 5Nm，开关频率为 10kHz。EMI 标准 CISPR 25 4 级用于 EMI 认证。

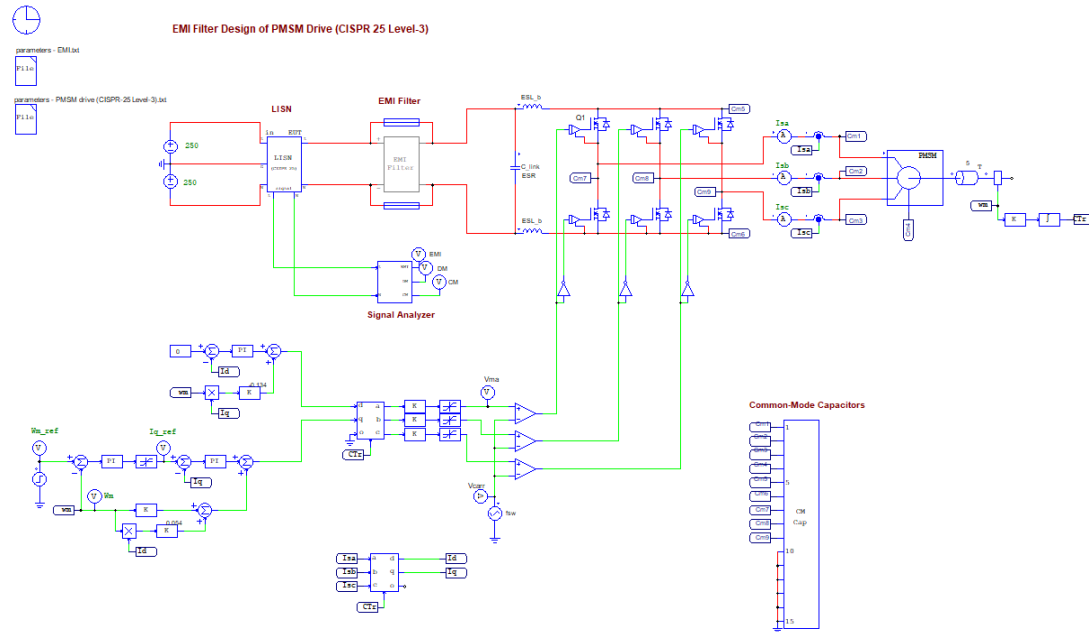


图 10、永磁同步电机驱动器模板

3.5. 通用 EMI 设计模块

EMI 设计套件还提供了一个通用的 EMI 设计模板，允许用户插入自己的电力电子转换器电路进行 EMI 预认证仿真。下图显示了通用 EMI 设计模板。在此模板中，为用户的电力电子转换器电路提供了必要的 EMI 测试设备模型，用于 EMI 预认证仿真。

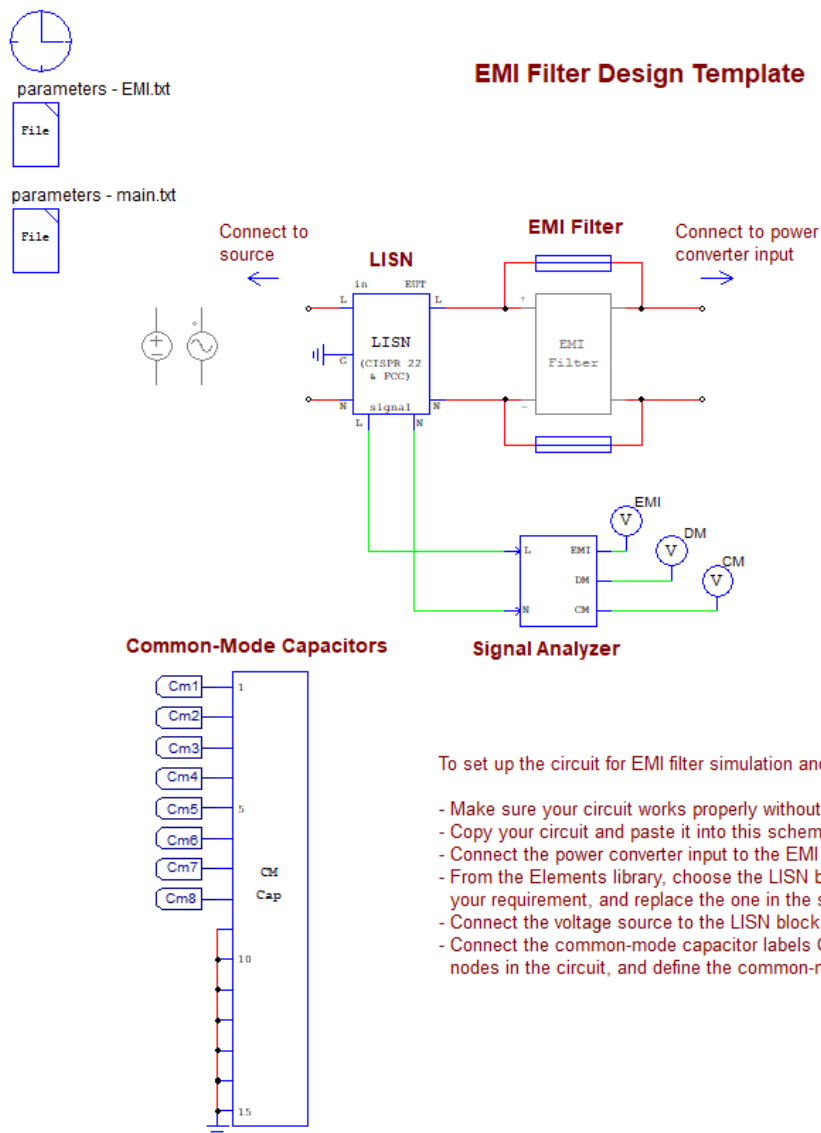


图 11、通用 EMI 设计模板

4. 与我们联系

如果您需要了解本教程更多信息，可以联系我们索取仿真报告或者现场讲解，联系方式如下：

邮箱: infor@innodrivetech.com

网址: <http://www.innodrivetech.com>

官方微信公众号: Power_Simulation

更多资讯，敬请关注。

