

如何正确选择电感电流纹波

Frederik Dostal, 现场应用工程师

简介

开关稳压器将输入电压转换为更高或更低的输出电压。为此，需要使用电感来暂时储存电能。电感的尺寸取决于开关稳压器的开关频率和流经电路的预期电流。究竟应如何正确选择电感值？可以使用包含电感电流纹波的常用公式来确定电感值。在大部分开关稳压器的数据手册，以及大部分应用笔记和其他说明文本中，电感电流纹波建议在标称负载工作的30%。这意味着在标称负载电流下，电感电流波峰和电感电流波谷分别比平均电流高15%和低15%。为何选择30%的电感电流纹波或电流纹波比(CR)可以说是不错的折衷方案？

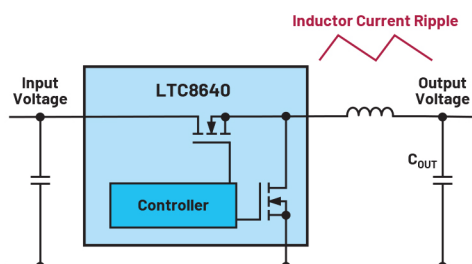


图1. 使用降压转换器时相应的电感电流纹波。

对于降压转换器，例如图1所示的转换器，公式1适用：

$$L = \frac{V_{OUT} \times (1 - D) \times T}{CR \times I_{OUT}} \quad (1)$$

此公式基于电流纹波比CR计算降压转换器所需的电感值L。该比值一般指定为0.3，或30%峰峰纹波。在该公式中，D表示占空比，T表示周期时间，取决于各自的开关频率。

使用不同的电感电流纹波会怎么样？

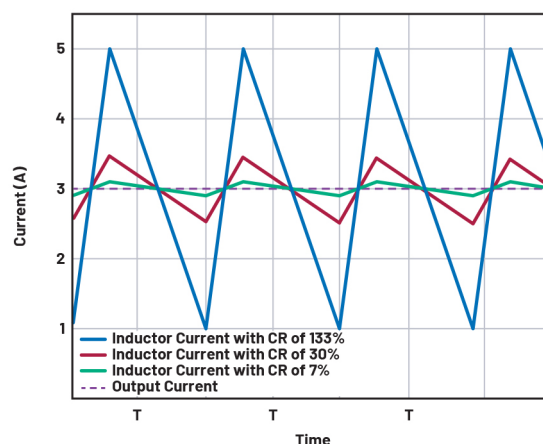


图2. 标称负载下，纹波电流比为30%的电感电流纹波（红色）、小电感电流纹波（蓝色）和大电感电流纹波（绿色）。

图2中，红色线条表示电路的电感电流纹波（电流纹波比(CR)为30%，输出电流为3A。这是开关稳压器电路设计中常见的折衷选择。蓝色波形对应的电感电流纹波为133%，绿色波形对应的电感电流纹波为7%。

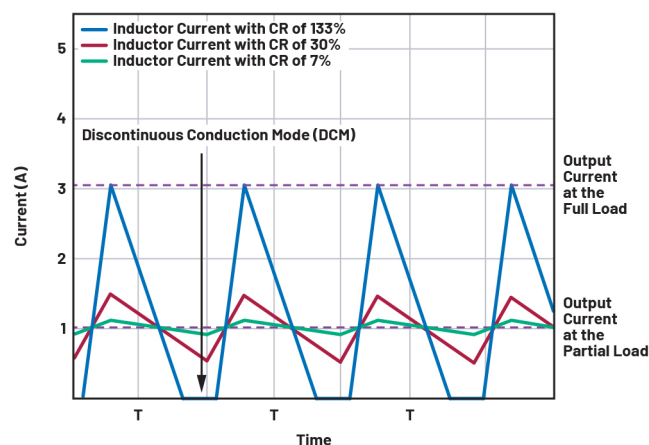


图3. 部分负载下，纹波电流比为30%的电感电流纹波（红色）、小电感电流纹波（蓝色）和大电感电流纹波（绿色）。

图3显示相同的电路以部分标称负载作为输出电流（例如1A）运行时的情况。在高电感电流纹波下，如图3中的蓝色波形所示，电感会在每个周期完全放电。这个模式称之为断续导通模式(DCM)。在这种模式下，控制环路的稳定性发生变化，可能产生更高的输出电压纹波。

所以需要采用一定的纹波电流比，以避免出现DCM。在纹波电流比为30%时，能得到不错的折衷结果。如果纹波电流比较低，即使在部分负载下，系统大部分时间也会在连续电流导通模式下运行。所以，通过对电路进行优化，便可在该模式下运行。

选择的纹波电流比过高会怎么样？

纹波电流比高于30%时，电感尺寸更小，成本更低。但是，峰值电流大幅增高，会产生大量电磁干扰(EMI)，远高于典型电路能够接受的水平。此外，要使用连续导通模式(CCM)，负载电流要达到更高。这还不是问题，但是在这个模式下，其工作特性会发生改变，在设计电路时，这一点必须考虑在内。

此外，相较于较低的电感电流纹波，还会导致更高的输出电压。

选择的纹波电流比过低会怎么样？

纹波电流比低于30%时，电感尺寸更大，成本更高。因为储能设备的尺寸很大，负载瞬态响应会更低一些。例如，在快速断开高负载电流时，电感中存储的电感必须传输到某些地方。这会导致输出电容(C_{OUT})两端的电压升高。电感中的电能越多，输出电压就越高。过压可能会损坏供电电路。

在权衡不同的电感电流纹波比的优缺点之后，我们发现，对于大部分应用，约30%左右的电流纹波比更为合用。但是，在有些情况下，也可以有所偏离，只要结果可以接受。

作者简介

Frederik Dostal是一名拥有20多年行业经验的电源管理专家。他曾就读于德国埃尔兰根大学微电子学专业并于2001年加入National Semiconductor公司，担任现场应用工程师，帮助客户在项目中实施电源管理解决方案，积累了丰富的经验。在此期间，他还在美国亚利桑那州凤凰城工作了4年，担任应用工程师，负责开关模式电源产品。他于2009年加入ADI公司，先后担任多个产品线 and 欧洲技术支持职位，具备广泛的设计和应用知识，目前担任电源管理专家。Frederik在ADI的德国慕尼黑分公司工作。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛
与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

