

电感器 (线圈)



电子设备在变得高性能的同时,会通过降低其所使用的LSI电源电压来实现低耗电量以及高速化。电源电压下降时,电压变动的要求值将会变得更为严格,为满足此要求特性,高性能DC-DC转换器的需求不断增加,而功率电感器则是左右其性能的重要元件。TDK拥有多种多样的产品,本报告就符合DC-DC转换器所要求特性的功率电感器的高效使用方法以及选择方法的重点来进行说明。

目录

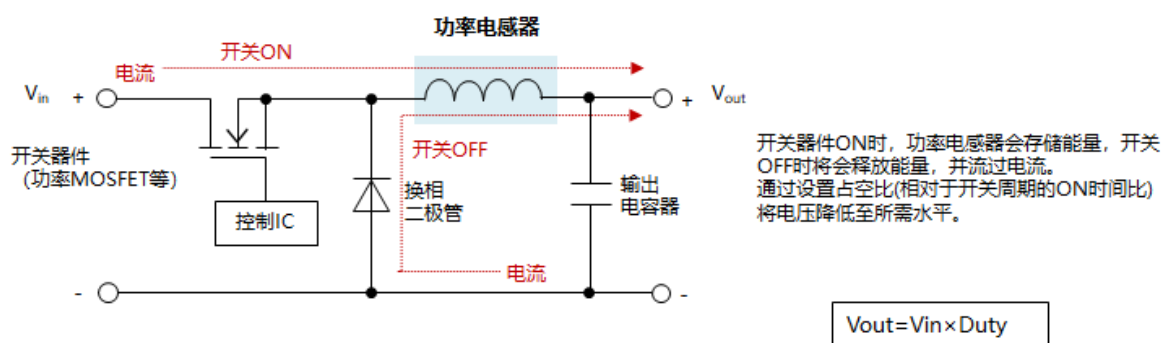
- 功率电感器是左右DC-DC转换器性能的重要元件
- 功率电感器特性相关的参数相互间存在复杂的权衡关系
- 根据负荷大小或频率不同损耗也会发生变化
- 兼顾波纹电流的合理电感值的规定方式十分重要
- 同时注意漏磁或啸叫
- DC-DC转换器的要求特性与功率电感器
- 咨询
- 相关链接

功率电感器是左右DC-DC转换器性能的重要元件

电感器(线圈)可使直流电流顺利流过,而对于发生变化的电流,则会产生妨碍其变化的电动势。这称为自感应,针对交流电流,其拥有频率越高越难通过的性质。为此,当电流流过电感器时会将其储存为能量,屏蔽电流时会释放能量。功率电感器正是利用了此性质,并且主要用于DC-DC转换器等电源电路中。

图1为降压型DC-DC转换器(二极管整流型)的基本电路,功率电感器是左右其性能的重要元件。

图1 降压型DC-DC转换器(二极管整流型)的基本电路



功率电感器特性相关的参数相互间存在复杂的权衡关系

功率电感器的设计难度在于其特性会随电流大小或温度等而发生变化。例如,电感(L)拥有随电流增大而降低的性质(**直流重叠特性**),同时,随着电流增大,温度会随之上升,由此磁芯**导磁率**(μ)及**饱和磁通密度**(Bs)会发生变化。即使电感值相同,**直流电阻**(Rdc)值也会随绕组的粗细及匝数变化,并且发热的程度也会有所不同。此外,磁屏蔽结构的差异也会对噪音特性造成影响。

此类参数相互之间存在复杂的权衡关系,从DC-DC转换器的效率、尺寸以及成本等综合角度出发选择最佳的功率电感器十分重要。

重点 功率电感器的磁性体磁芯分为铁氧体类与金属类两大类

功率电感器根据不同工艺可大致分为**绕组型**、**积层型**、**薄膜型**。同时,磁芯材料使用有铁氧体类与金属类磁性体。铁氧体类磁芯中 μ 较高,由于高电感、金属磁性材料磁芯的饱和磁通密度优异,因此适合大电流化。

重点 功率电感器的额定电流分为直流重叠允许电流与温度上升允许电流两种。

磁芯变为**磁饱和**后电感值将会下降。可在非磁饱和状态下流过的最大电流为**直流重叠允许电流**(例:相比初始电感值降低40%)。同时,绕组电阻引起的发热中所规定的为**温度上升允许电流**(例:因自发热导致温度上升40°C)。一般情况下,该两种允许电流中,较小的一方为**额定电流**。

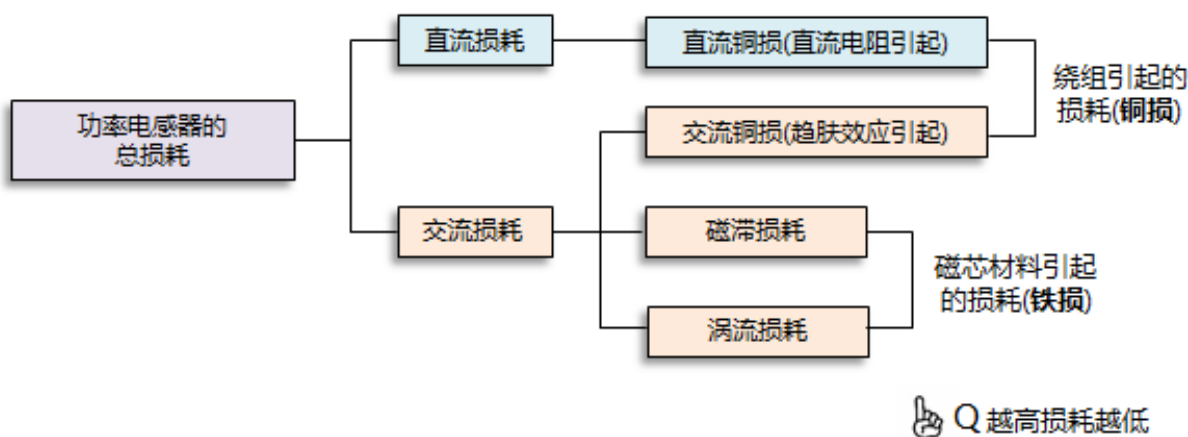
根据负荷大小或频率不同损耗也会发生变化

重点 因为温度上升导致的主要损失为绕组引起的铜损以及磁芯材料引起的铁损

绕组引起的损耗称为**铜损**,磁芯材料引起的损耗称为**铁损**。铜损主要为绕组直流电阻(Rdc)引起的损耗(直流铜损),其与电流2次方成比例增大。同时,其拥有频率越高,交流电流越会集中在导体表面附近流过,实际电阻值增加的性质(**趋肤效应**),在高频范围中还加上交流电流引起的铜损(交流铜损)。

铁损主要包括磁滞损耗与涡流损耗。涡流损耗与频率的2次方成正比,因此在高频率范围内涡流损耗引起的磁芯损失会增加。实现高效化的重点在于即使在高频范围内也选择使用磁芯损失较少的磁芯材料。

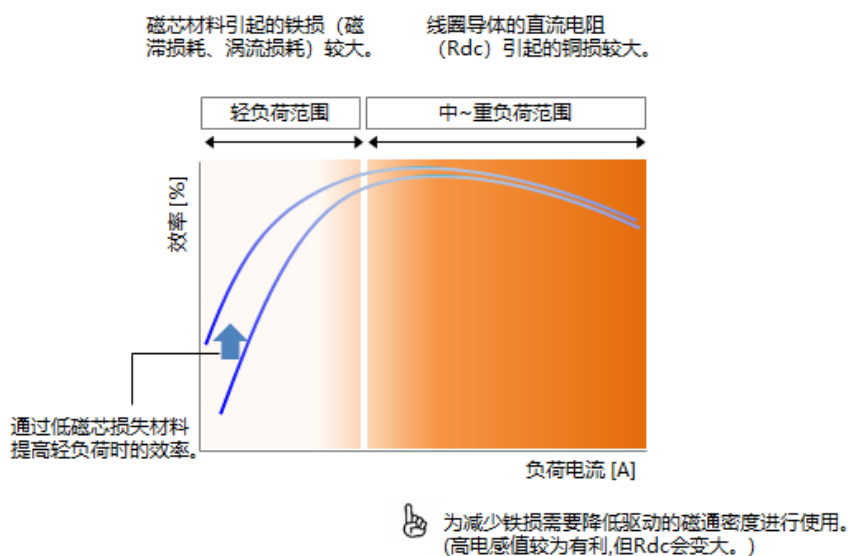
图2 功率电感器损耗原因



重点 中~重负荷时主要为铜损,而轻负荷时则主要为铁损

功率电感器的损耗会因负荷大小而发生变化。中~重负荷时流过电感器的电流中直流偏置电流较大,因此主要为绕组的直流电阻(R_{dc})引起的铜损。而在轻负荷时,由于几乎不会流过直流偏置电流,因此铜损会下降,但在待机状态下也会有一定频率的开关工作,因此主要为磁芯材料的铁损,从而效率会大幅下降(图3)。

图3 DC-DC转换器负荷大小与功率电感器损耗的不同

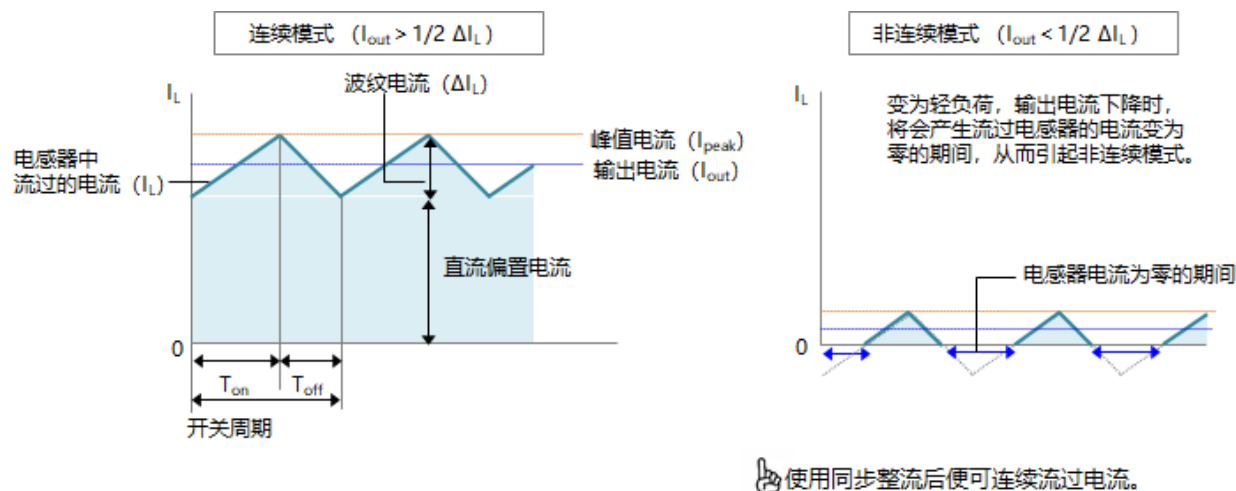


兼顾波纹电流的合理电感值的规定方式十分重要

重点 非连续模式中的使用会对电源稳定性造成影响

降压型DC-DC转换器的功率电感器中,随着开关器件的ON/OFF,会流过三角波相连的波形的波纹电流(ΔI_L)(图4)。中~重负荷时,直流偏置电流会与波纹电流重叠,因此电感器电流不会中断。这称为连续模式($I_{out} > 1/2 \Delta I_L$)。但二极管整流型的DC-DC转换器在 $I_{out} < 1/2 \Delta I_L$ 的轻负荷中会产生电感器电流变为零的期间。这称为非连续模式,电感器电流会发生中断,从而会对电源稳定性造成影响。同时,变为非连续模式时会发生啸叫,或在因开关引起的脉冲状电压波形中产生振荡,从而会产生噪音。

图4 二极管整流型DC-DC转换器的连续模式与非连续模式



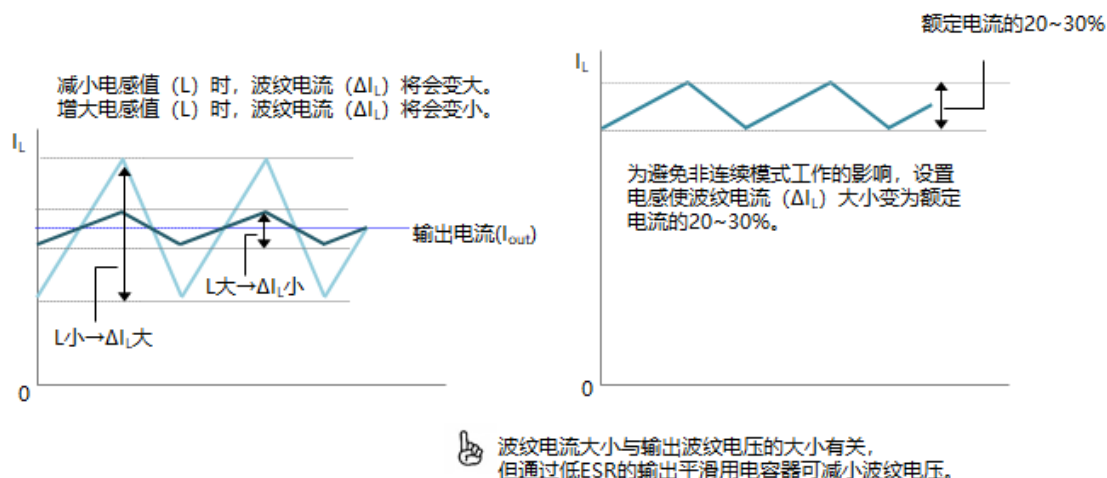
重点 设置电感值来使波纹电流变为额定电流的20 ~ 30%

波纹电流的大小与功率电感器的电感值有关。因此在二极管整流型DC-DC转换器的设计中,会通过限制波纹电流来避免因非连续模式导致的问题。功率电感器所需电感值 L 通过如下公式计算。

$$\text{电感值 } L = (\text{施加于电感器的电压} / \text{波纹电流}) \times T_{on}$$

通过该公式可明确电感大小与波纹电流大小存在权衡关系。从尺寸与成本方面考虑而使用电感较小的功率电感器时,波纹电流会增大。相反,想要减小波纹电流时则需要较大的电感,其不仅会对尺寸及成本方面造成不利,同时在后述负荷急剧变化时的过渡响应特性也会变差。因此在通常情况下,应设置电感值来使波纹电流变为额定电流的20 ~ 30%(额定电流的10%左右时不连续)(图5)。

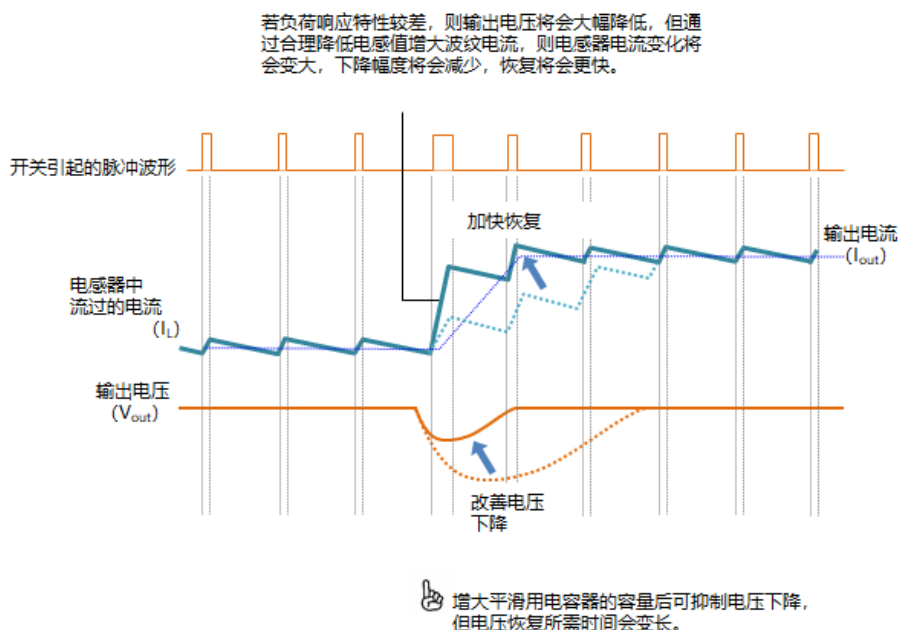
图5 波纹电流与电感值的关系



重点 通过合理降低电感值可改善负荷响应特性

在负荷剧增等情况下, 输出电压会下降, 为进行恢复, 功率电感器中会短时间流过过大的峰值电流, 用以对负荷电流与输出电容器进行充电。在波纹电流较小的设置下, 可能会无法得到为了立即从输出电压大幅下降状态下恢复所需的过渡响应特性。因此需要采取降低电感值来增大波纹电流的方法。如图6所示, 若负荷响应特性较差, 则输出电压将会大幅降低, 但通过合理降低电感值增大波纹电流, 则电感器电流变化将会变大, 电压下降幅度将会减少, 恢复将会更快。但降低电感值时, 在综合考虑平衡的情况下进行设置十分重要。

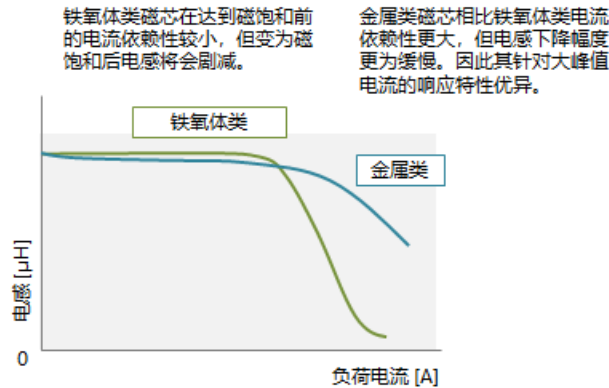
图6 降低电感值时的过渡响应特性改善效果



重点 为应对负荷急剧变化时发生的峰值电流,将电流峰值设置为过电流设置值的110~130%

在开关器件及控制电流等模块化的电源IC中内置有**过电流保护电路**。过电流设置值及检测方法等有多种,在选择外接的功率电感器时需要同时考虑过电流保护电路。相对于峰值电流,若功率电感器的允许电流无充分冗余,则可能会因过电流保护电路工作而引起输出停止。一般情况下,流过功率电感器的电流峰值设置为过电流设置值的110~130%左右。同时,如图7的直流重叠特性图标所示,当流过过大的峰值电流时,磁芯的磁饱和和拥有较柔和的特性(**软饱和**),适用于不会发生电感值急剧下降的金属类电感器。

图7 铁氧体类与金属类的直流重叠特性比较



由于金属材料的 μ 较小,因此要获取高电感需要较多卷数。

同时注意漏磁或啸叫

重点 功率电感器产生的漏磁会对周围造成影响,是引起噪音的原因

功率电感器产生的漏磁较大时会对周围元件造成影响,并会产生噪音。为降低漏磁可使用拥有磁屏蔽结构的功率电感器,因此选择合理类型的产品十分重要。详情请参照以下报道。

[相关页面] [应用注释“考虑了漏磁通的功率电感器选型指南”](#)

重点 在轻负荷下采用PFM方式时会发生功率电感器的“啸叫”问题

为改善DC-DC转换器效率,在轻负荷状态下还会采用从在一定频率下进行开关来控制脉宽的PWM模式替换为固定脉宽来控制频率的PFM(脉冲频率调制)模式的方法。但开关频率在20kHz及以下时,由磁芯的磁致伸缩作用及磁性吸引引起的振动会引发“啸叫”的问题,因此需要注意。负荷电流的过渡变动也会产生啸叫。

[相关页面] [解决方案指南“功率电感器的啸叫对策”](#)

DC-DC转换器的要求特性与功率电感器

表1总结了DC-DC转换器的要求特性及其相关的功率电感器特性,表2总结了TDK的主要功率电感器种类。详细特性及规格请使用TDK产品中心的产品信息、选型指南以及特性值搜索等来查看。

表1 DC-DC转换器的要求特性与功率电感器

DC-DC转换器的要求特性	功率电感器的处理技术及对策
高效率化	低损耗电感器(降低铜损、铁损)
小型、低背化	运用积层技术、薄膜技术、采用金属复合材料型等
大电流化	采用金属类磁芯、平角线等
提高输出稳定性	提高直流重叠特性、提高温度特性、电路对策等
提高过渡响应特性	优化电感值、优化波纹电流等
应对峰值电流	设置合理的峰值电流、与过电流保护电路配合、采用金属类电感器软饱和等
低噪音化	降低漏磁、非连续模式对策等
啸叫对策	采用难以振动的结构、积层、薄膜金属复合材料型

表2 TDK的主要功率电感器种类

种类	绕组电感器							积层电感器		电源系统薄膜电感器
	铁氧体类					金属类		铁氧体类	金属类	金属类
产品										
系列名称	NLCV	VLS-CX	VLS-EX	CLF SLF LTF	VLB VLBU VLBS	VLS-HBX	SPM	MLP MLD	MLS (开发中)	TFM
屏蔽	非屏蔽	树脂屏蔽	树脂屏蔽	屏蔽	屏蔽	树脂屏蔽	屏蔽	屏蔽	屏蔽	屏蔽
尺寸	小型	小型	中型	中型 大型	中型	小型	中型~大型	薄型 小型	小型	小型
特点	树脂模压	低Rdc	大电感范围	大电感范围 150°C	低L大电流	大电流	大电流	High Q	大电流 高效率	大电流 高效率 150°C

咨询

产品、销售、技术问题咨询

相关链接

产品信息



电感器(线圈) 产品信息
综合介绍TDK电感器(线圈)的各类信息。

选型指南



选型指南
电源电路用电感器(一般等级)



选型指南
电源电路用电感器(车载等级)

产品和技术



产品概要
铁氧体屏蔽型车载用功率电感器



产品概要
功率电感器 SPM系列



产品概要
功率电感器 TFM系列



产品概要
功率电感器 VLS系列

应用和实例



应用注释
"考虑了漏磁通的功率电感器选型指南"

解决指南



DC-DC转换器静音化解决方案
功率电感器的啸叫对策