

LLC 共振电源用变压器

插针端子型

SRX 系列

Type:	SRX45EM (嵌入型)
	SRX38EM (嵌入型)
	SRX43EM (嵌入型/穿孔型)
	SRX30ER (穿孔型)
	SRX35ER (穿孔型)
	SRX38ER (穿孔型)
	SRX48EM (穿孔型)
	SRX40ER (穿孔型)

Issue date: September 2010

●记载内容，在没有予告的情况下有可能改进和变更，请予以谅解。

●RoHS 指令的对应：表示除了依据 EU Directive 2002/95/EC 免除的用途之外，未使用铅，镉，汞，六价铬及特定溴系难燃剂 PBB, PBDE 等。

LLC共振电源用变压器

SRX系列

目录	页
开发理念	1
产品阵容	2
SRX45EM (基板以上高度: 8mm品)	4
SRX38EM (基板以上高度: 10mm品)	5
SRX43EM (基板以上高度: 10mm, 15mm品)	6
SRX30ER (基板以上高度: 25mm, 27mm品)	10
SRX35ER (基板以上高度: 25mm品)	11
SRX38ER (基板以上高度: 27mm品)	12
SRX48EM (基板以上高度: 25mm品)	13
SRX40ER (基板以上高度: 31.5mm品)	14
LLC共振电源用变压器的设计资料[参考].....	15
规格请示书	16

LLC共振电源用变压器

SRX系列

RoHS指令对应产品

开发理念

符合全球通用安全标准，发挥了低损耗铁氧体材料特长的小型，薄型变压器。

■材料

开发最佳的材料，芯状。能用较少的卷数实现所用的电力传输。

在优化材料的同时，开发进一步改良了TDK原创芯状的新型铁芯。

在控制温度上升的同时，大幅缩小了体积。

■工法

支持自动卷线，实现了高质量的稳定生产。

通过采用支持自动卷线的设计，与手动卷线相比，可大幅度降低达到稳定生产的练习损耗。此外，还可大幅度减轻卷线，卷带的特性差异，使变压器特性更加稳定。

■最佳化设计

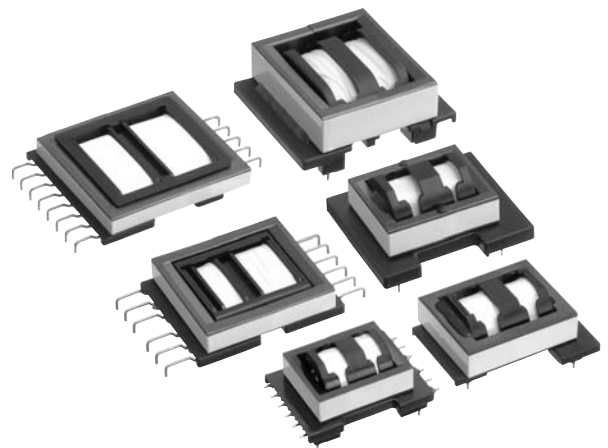
采用网罗TDK专有技术开发而成的设计工具，可在短时间内实现高精度的设计。

1) 为了进行最佳化设计和高质量的稳定生产，备有规格询问书。通过请客户填写必要事项，可在短时间内做出最佳设计。

2) 推荐采用标准磁芯研磨 (AL-value) 和骨架的设计。最佳化设计，可缩短试制和量产的生产周期。可以事先对各种形状设定Gap, AL-value, K参数，使设计变得简单易行。

■环境

是符合RoHS指令化要求的产品。



●不单独销售铁氧体磁芯，线轴，外壳等商品。

● RoHS 指令的对应：表示除了依据 EU Directive 2002/95/EC 免除的用途之外，未使用铅，镉，汞，六价铬及特定溴系难燃剂 PBB，PBDE 等。

· 记载内容，在没有予告的情况下有可能改进和变更，请予以谅解。

LLC共振电源用变压器

SRX系列

RoHS指令对应产品

充分发挥PC47系列的特点Low Loss性能，将磁心和线轴的结构最佳化，并通过采用独有的自动卷线工法，准备了以薄型为特点的LLC共振电源用变压器。

特点

- 实现了低背化（高8~31.5mm）。
- 以小型尺寸实现了大功率。
- 采用了自动卷线工法。
- 为RoHS指令对应产品。

用途

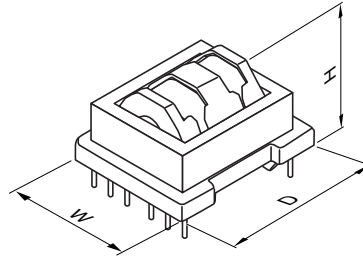
AV设备，数字家电

产品名称的识别法

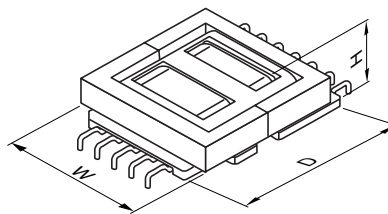
SRX 30ER - P □□□□□ □□□□□
 (1) (2) (3) (4) (5)

- (1) 系列名称
 (2) 磁心形状
 (3) 输入电压符号
 (4) 输出电压符号
 (5) 内部产品管理编码

穿孔型



嵌入型



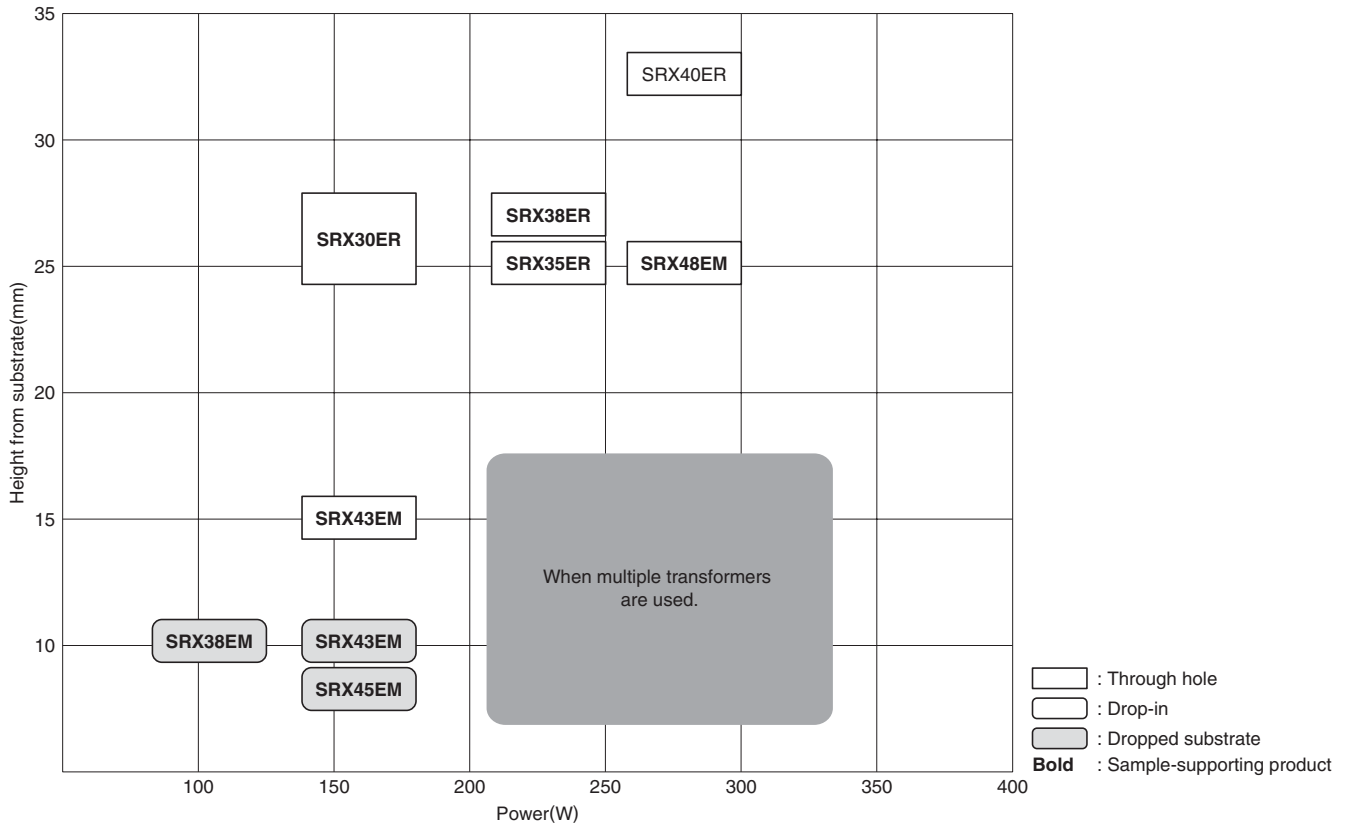
电气特性

品名	安装方法*1	高H (mm)	频率 (kHz)min.	最大输出 (W)max.	输出数	纵D (mm)	横W (mm)	引线 间隔F (mm)	端子数(个)	
									1次侧	2次侧
SRX45EM	Drop-in	7.7*2	120	180	2	57	46.5	69.6	5	7
SRX38EM	Drop-in	10	120	125	2	50	40	65.5	6	6
SRX43EM	Drop-in	10	100	180	2	53	52	60	5	7
	Through hole	15	100	180	2 3	55 58	46	37.5	6 6	7 8
SRX30ER	Through hole	27	100	180	2	57	41.5	40	6	6
	Through hole	25			3	52	45.5	35	8	8
	Through hole	27			2	45	37.5	35	6	6
SRX35ER	Through hole	25	80	250	3	55	53	35	6	9
SRX38ER	Through hole	27	60	250	3	58	53	40	6	9
SRX48EM	Through hole	25	60	300	3	58	51	35	6	8
SRX40ER	Through hole	31.5	60	300	3	54	43	35	8	8

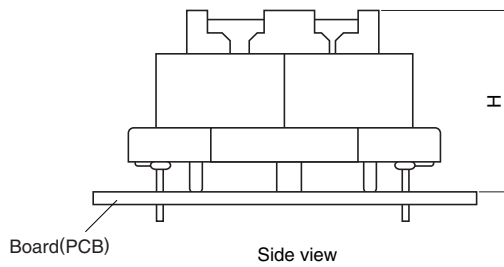
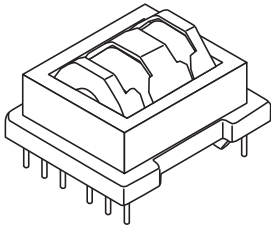
*1 在进行嵌入形状的波峰焊时，请采取措施，使除端子以外的部分不会接触到焊锡。

*2 标准尺寸（关于最大尺寸，因规格而异。）

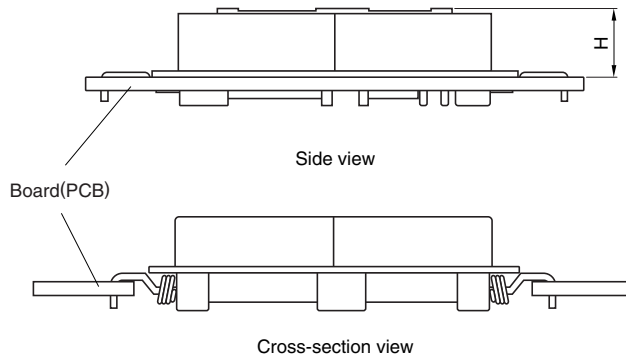
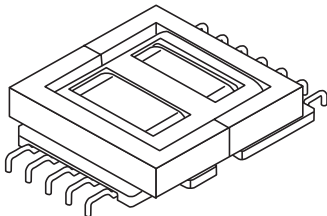
LLC共振电源用变压器 产品阵容



关于穿孔和嵌入 穿孔型



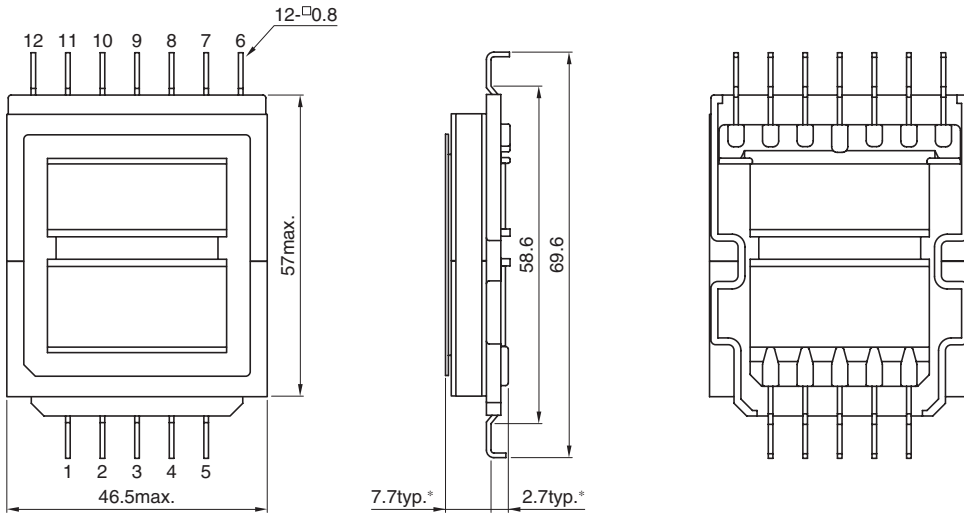
嵌入型



需要降低基板以上的高度H时,我们将在基板(PCB)上开孔安装。

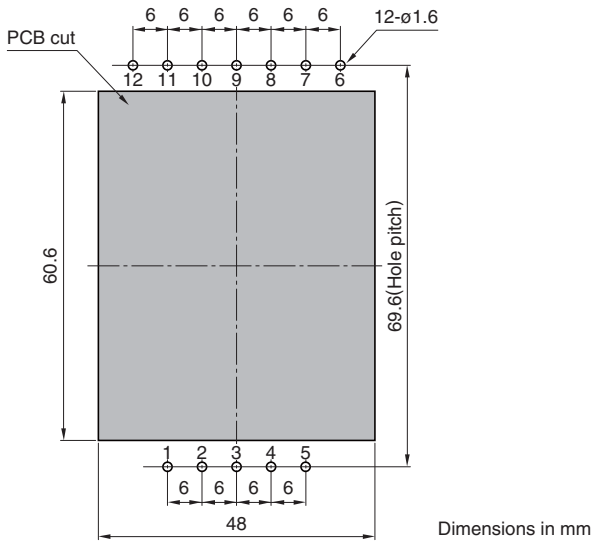
SRX45EM系列

形状・尺寸



*关于最大尺寸，因规格而异。

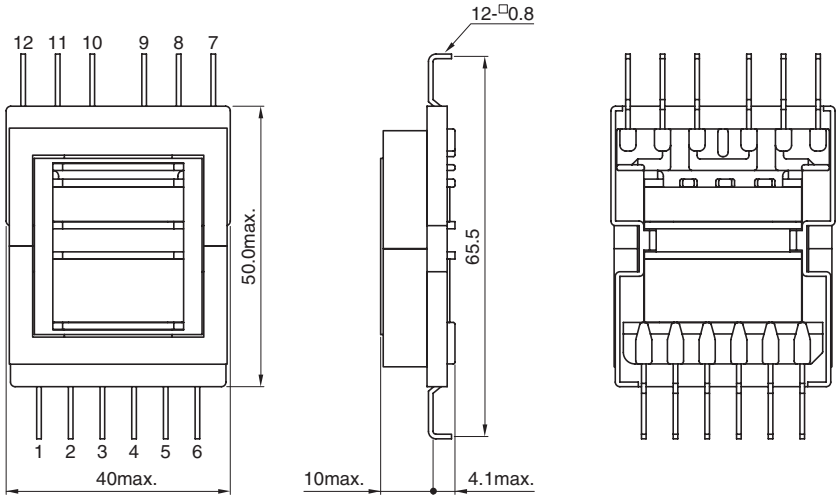
推荐基板孔尺寸



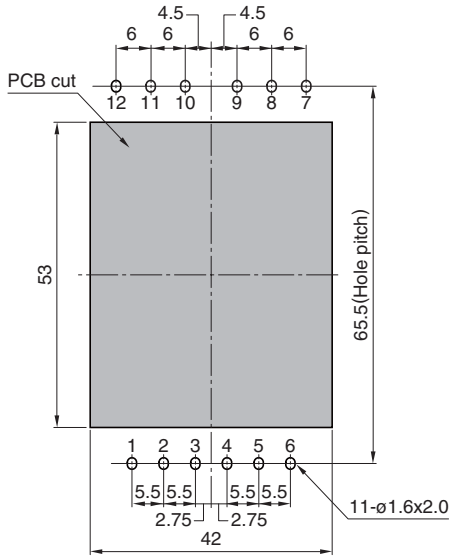
Dimensions in mm

SRX38EM系列

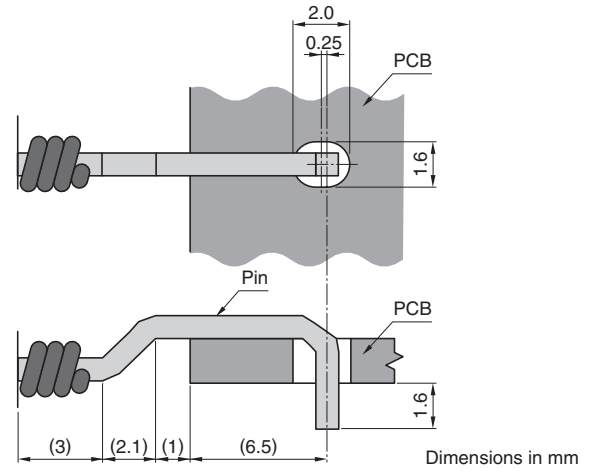
形状・尺寸



推荐基板孔尺寸

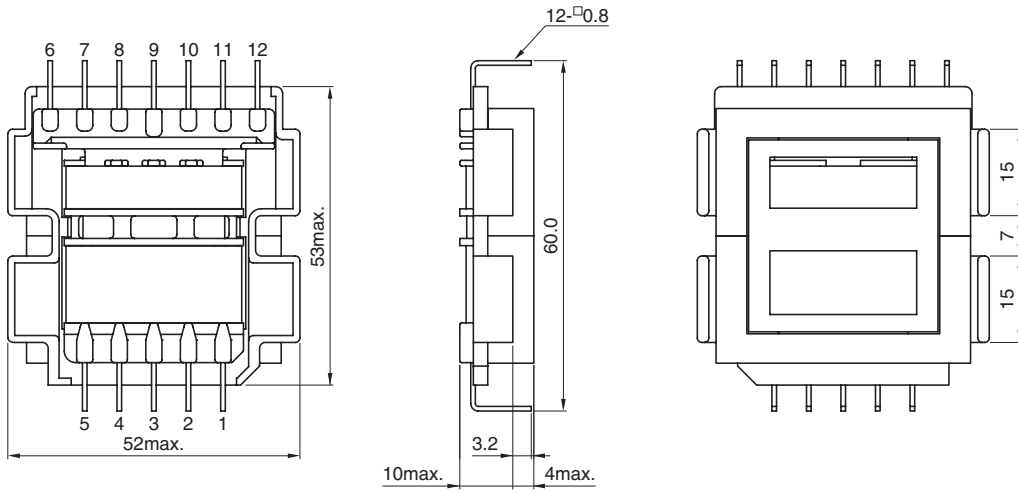


端子详情

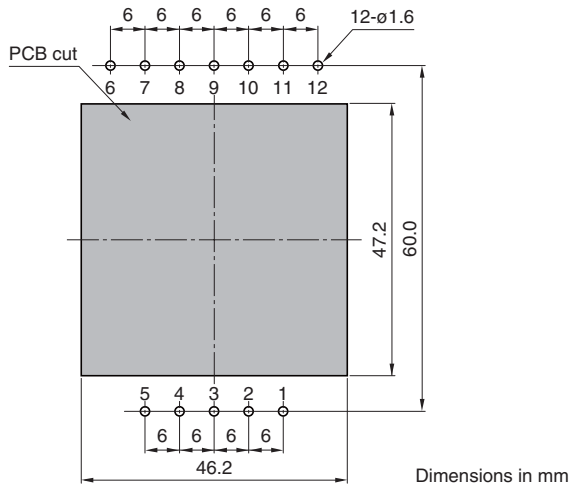


SRX43EM系列

形状・尺寸

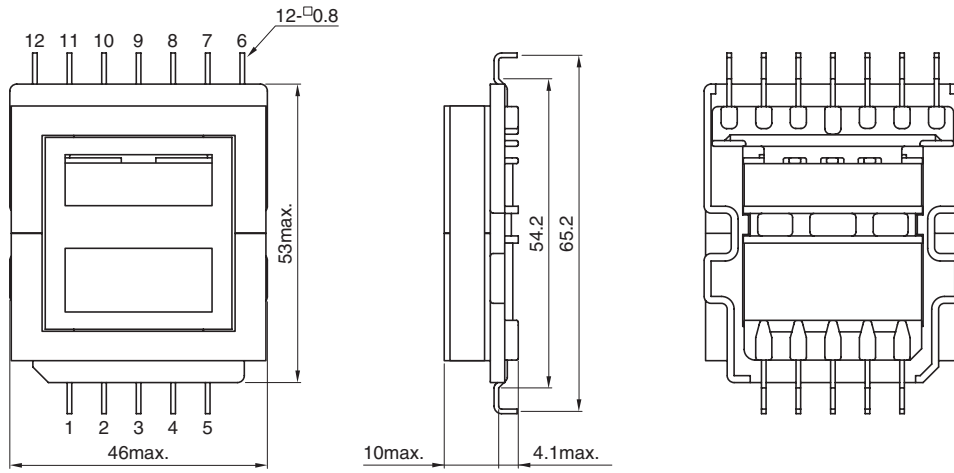


推荐基板孔尺寸

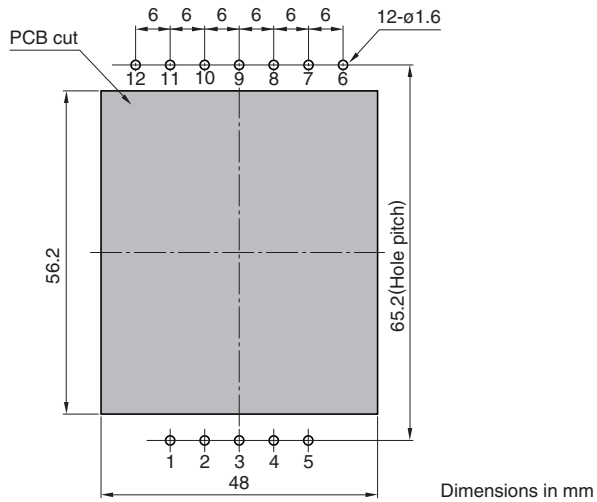


SRX43EM系列

形状・尺寸

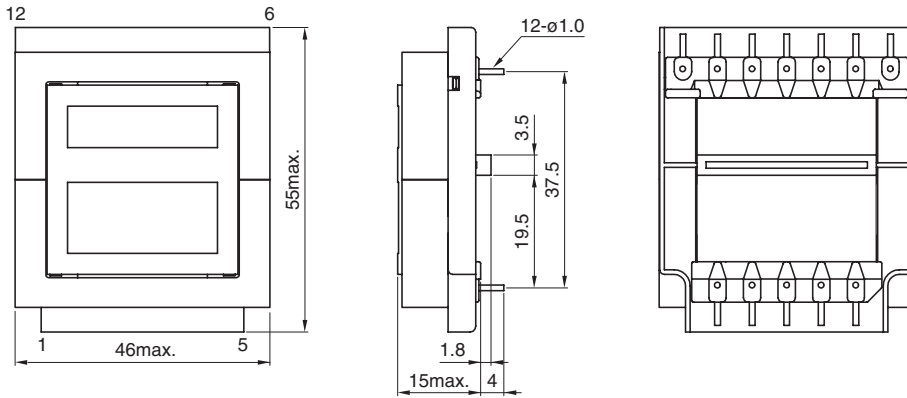


推荐基板孔尺寸

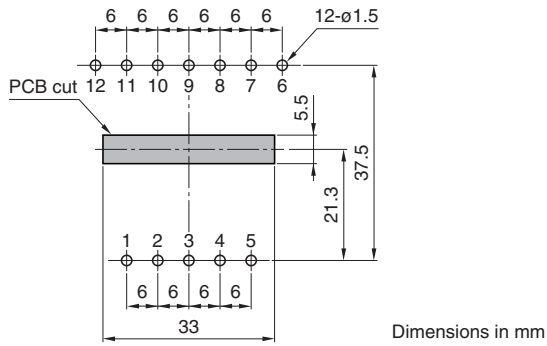


SRX43EM 系列

形状・尺寸

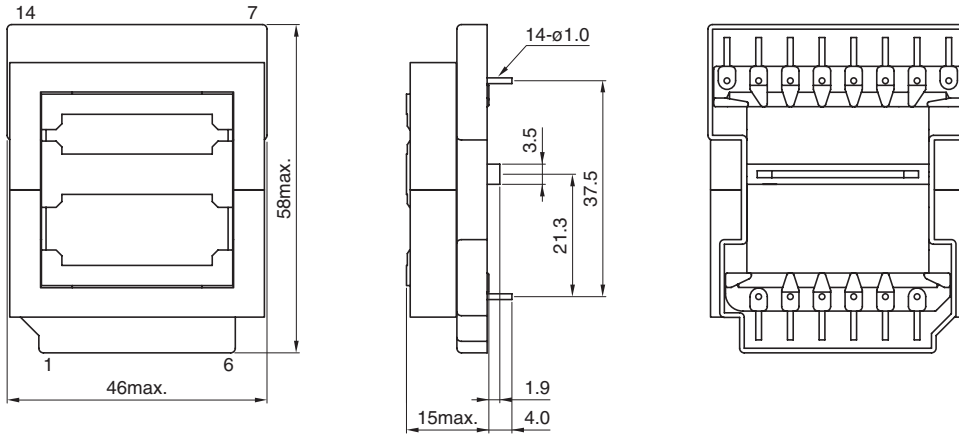


推荐基板孔尺寸

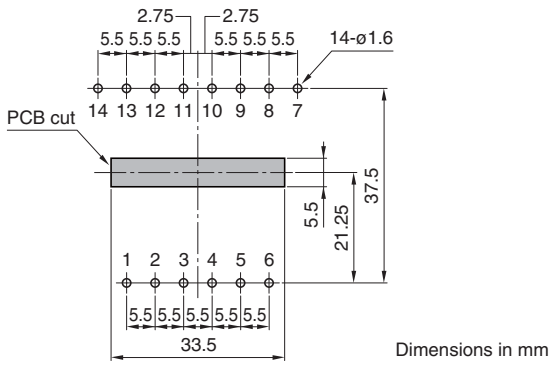


SRX43EM系列

形状・尺寸



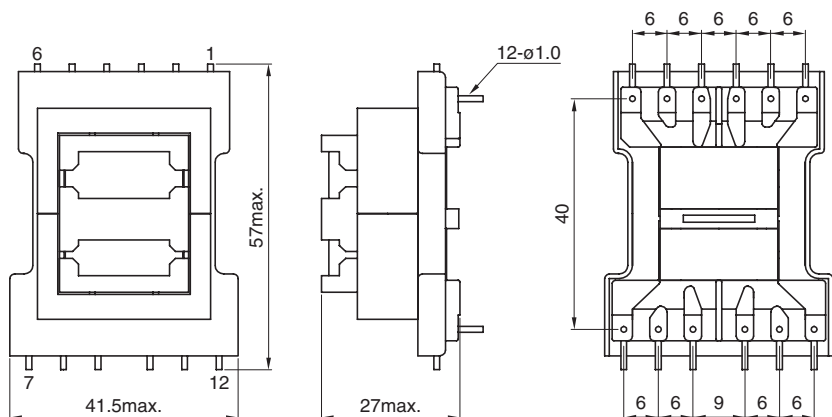
推荐基板孔尺寸



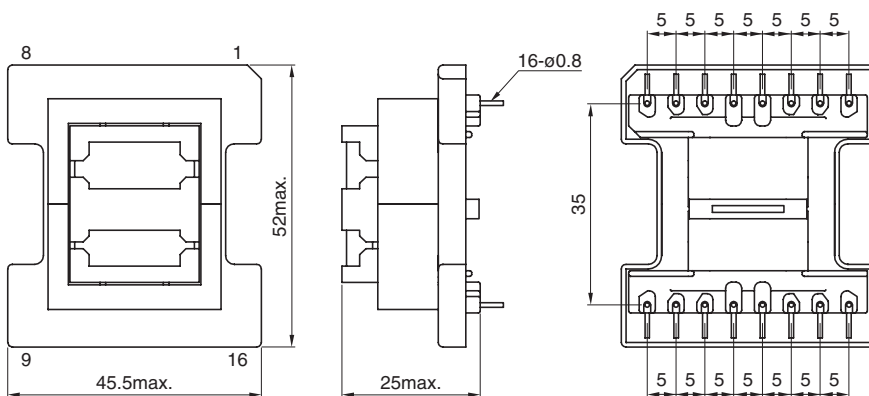
SRX30ER系列

形状・尺寸

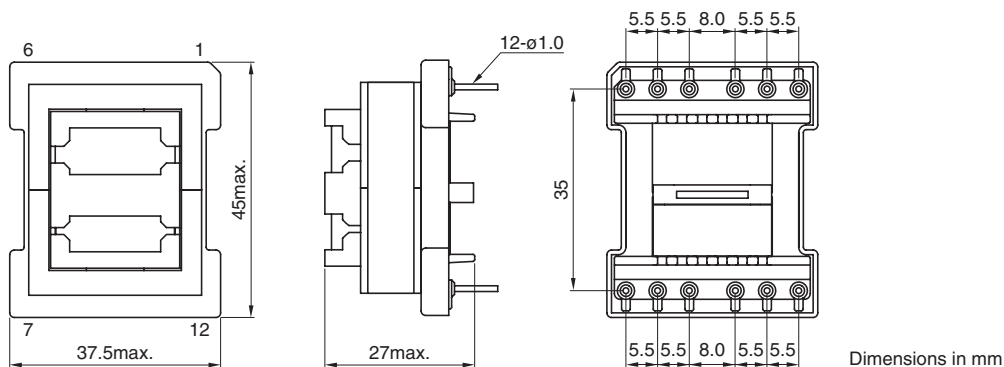
TYPE A



TYPE B

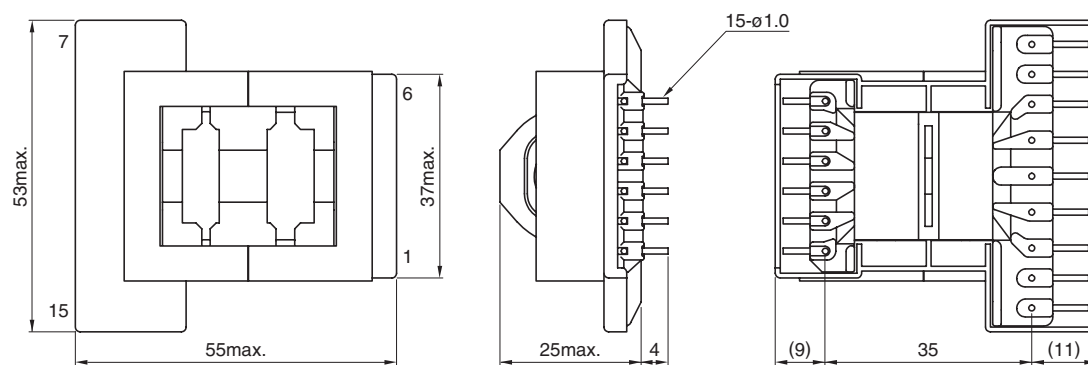


TYPE C

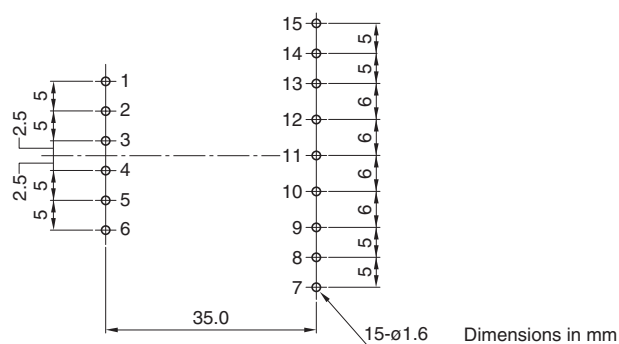


SRX35ER系列

形状・尺寸

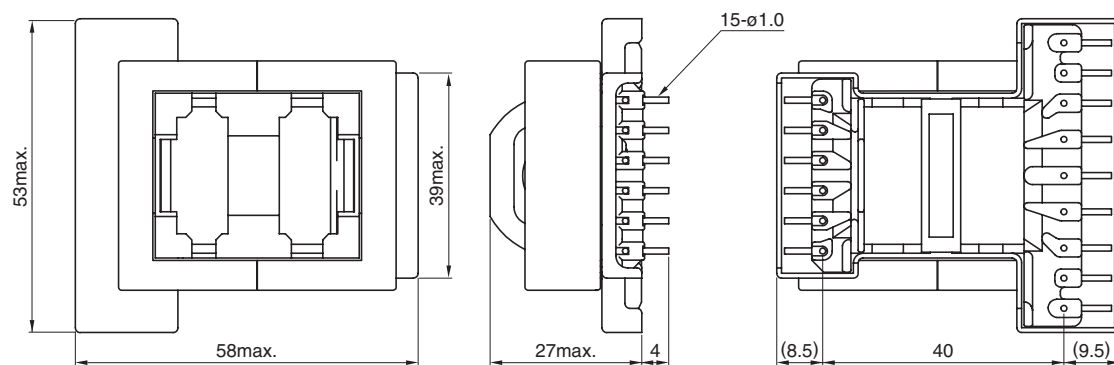


推荐基板孔尺寸

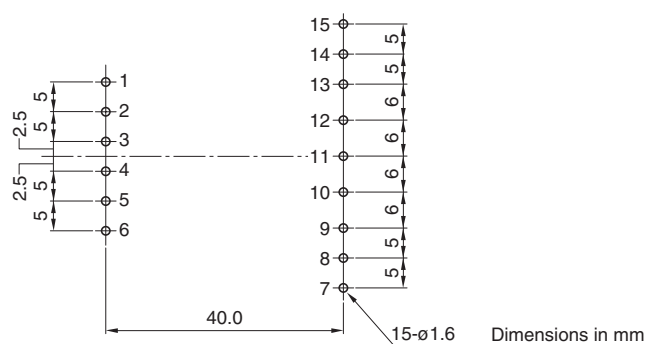


SRX38ER系列

形状・尺寸

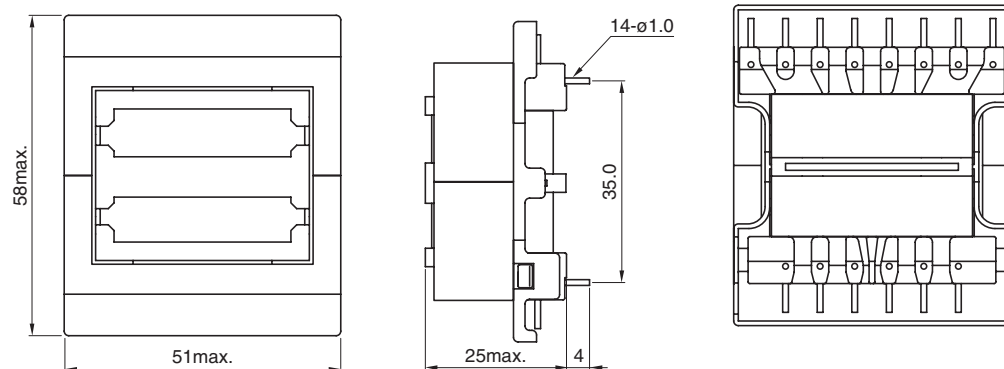


推荐基板孔尺寸

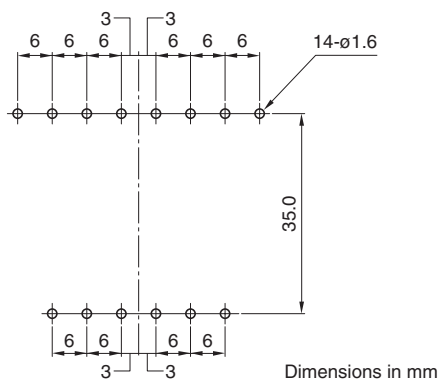


SRX48EM系列

形状・尺寸

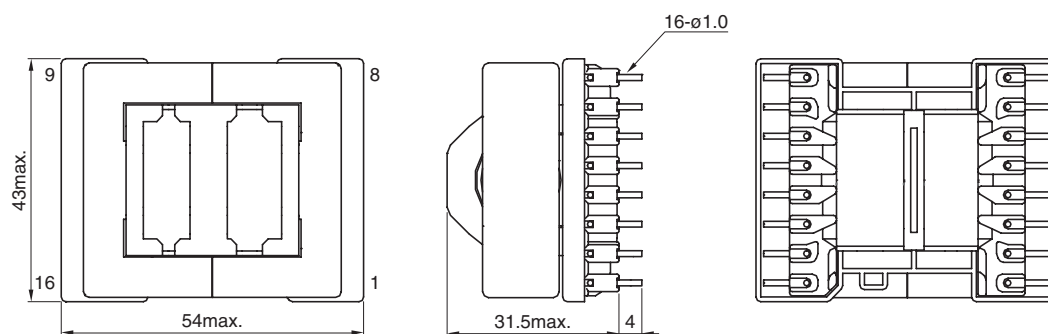


推荐基板孔尺寸

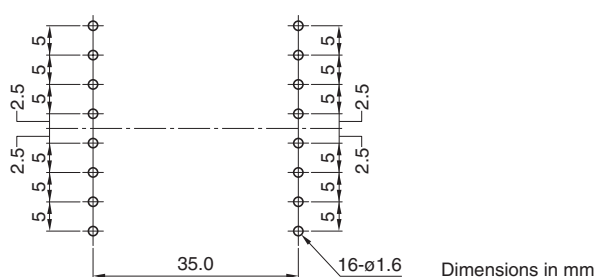


SRX40ER系列

形状・尺寸



推荐基板孔尺寸



LLC共振电源用变压器的设计资料[参考]

●LLC共振换流器

LLC共振换流器，为低噪音，高效率，是用于较大电力的有效电路方式，是串联共振换流器(SRC)的一种。

控制一般使用频率调制控制(SFM)。

以半桥驱动，磁芯的利用率较高，因此，我们推荐小型化使用低损耗的磁芯材质。

此外，与PWM方式的电源相比，输入电压范围较窄，因此我们建议在前段设置PFC使输入电压稳定。不使用PFC的情况下，也能通过提高针对励磁电感的共振电感的比例，在一定程度上做出应对，但效率等的最佳设计较难。

因此，本方式下难以设计轻松的通用型。

变压器包括使用共振电感器+紧耦合变压器构成的方法，和使用漏磁通变压器的方法。不需要共振电感器的后者经常被应用。

图1 基本电路① (共振电感器分离型)

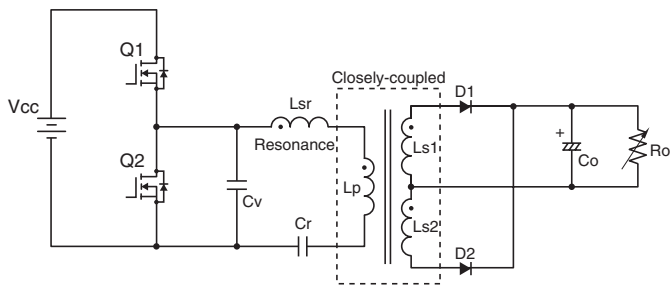
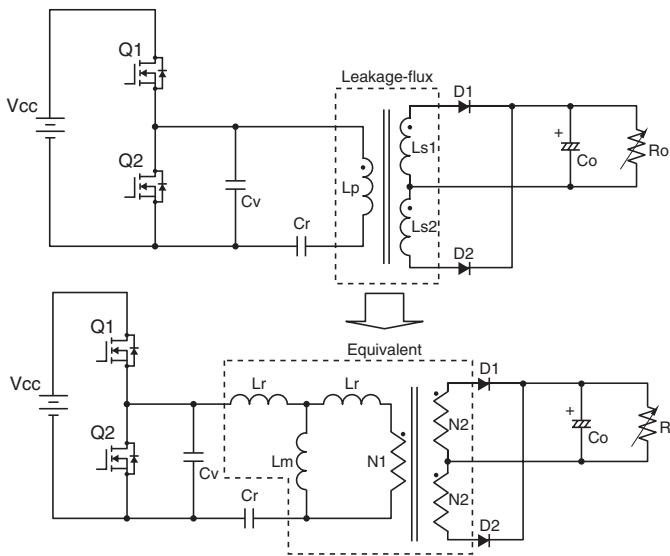


图2 基本电路② (共振电感器一体型)



$$L_p = L_r + L_m \quad L_r = (1 - k) \times L_p$$
$$L_m = k \times L_p$$

- Lp: 1次电感
- Lm: 励磁电感
- Lr: 漏电感
- k: 耦合系数

●LLC电源用漏磁通变压器

把漏电感有意识的扩大并把值规格化的变压器。这里把2次侧全部短路时的1次侧电感称为共振电感LLK。

结构上，1次侧和2次侧之间在卷框内设有分隔层进行分离，减弱耦合。如果把共振电感作为LLK，1次电感为Lp，耦合系数k，则成为下式。LLK作为共振电感器而运转。

$$LLK = L_p \times (1 - k^2)$$

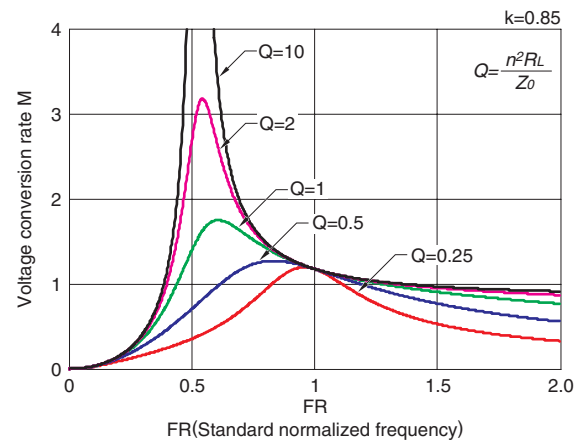
Lp为AL-value×Np²。AL-value根据磁芯GAP决定，k是根据磁芯GAP和绕线管结构决定的参数。

●变压器设计

正常运转条件下，设定为CRM（临界模式）附近，但输入电压范围和输出电压的关系可能多少有偏差。

图3是根据理论公式计算k=0.85时的漏磁变压器型LLC电路的电压转换率。最初将FR（基准频率）设定为约1。

图3 LLC共振电路的正规化频率特性



这里Q表示负荷电阻和特性阻抗之比，多数情况下正常负荷时设定于0.5~1.5左右的范围内。

K较高时，励磁电流将减少。通常为0.8~0.95左右，输入电压范围较广的情况下较低，范围较窄的情况下较高。

下图是按照Vin=390V，Vo=24V，Io=8A正常频率100kHz设计的示例。

以下将叙述工作点在Fs附近的设计例子。

条件：AL=410nH/n² k=0.906
Vin=390V, Vo=24V, Vf=0.65V, Io=8A, Fs=100kHz, Q=0.80

1. 根据输入电压Vin和输出电压Vo决定卷数比n

$$n = \frac{Vm}{2 \times k \times (Vo + Vf)} = \frac{390}{2 \times 0.906 \times 24.65} = 8.732$$

2. 特性阻抗Zo的计算

$$RL = \frac{Vo}{Io} = \frac{24}{8} = 3.0 \quad Zo = \frac{n^2 \times RL}{Q} = \frac{8.732^2 \times 3.0}{0.80} = 285.9 [\Omega]$$

3. Cr (共振容量) 和LLK (共振电感) 的计算

$$Zo = \frac{k}{1 - k^2} \sqrt{\frac{LLK}{Cr}}$$

$$Cr = \frac{1}{2 \times \pi \times \frac{1 - k^2}{k} \times Fs \times Zo} = \frac{1}{2 \times \pi \times 0.1978 \times 100000 \times 285.9} = 28.14 [nF]$$

$$LLK = \left(\frac{1 - k^2}{k}\right)^2 \times Zo^2 \times Cr = 0.1978^2 \times 285.9^2 \times 28.14 \times 10^{-9} = 90.0 [\mu H]$$

4. 变压器参数的计算

$$Lp = \frac{LLK}{(1 - k^2)} = \frac{90.0}{(1 - 0.906^2)} = 502.3 [\mu H]$$

$$Np = \sqrt{\frac{Lp}{AL}} = \sqrt{\frac{502.3}{0.410}} = 35.0 [Ts]$$

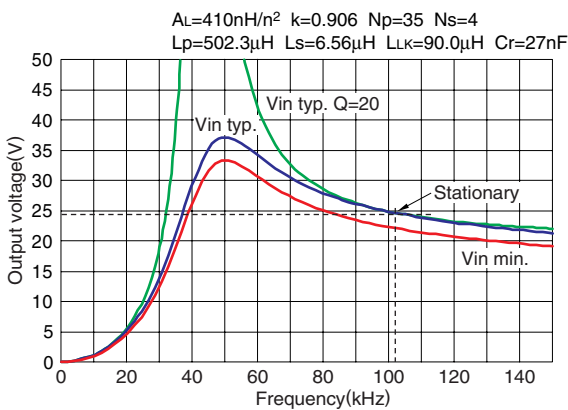
$$Ns = \frac{Np}{n} = \frac{35.0}{8.732} = 4.0 [Ts]$$

通过重复几次以上的计算，将各参数调整为最佳的条件。卷数较少的Ns越接近整数越好。

按照该卷数计算磁通和电流，如果是容许值，则结束。过多的情况下则修正频率，Q及变压器参数 (AL-value和k)。

以把以上计算结果进一步进行最佳化而设定条件的结果为基础，频率特性加以图表化的结果如图4所示。也记录了最终参数。

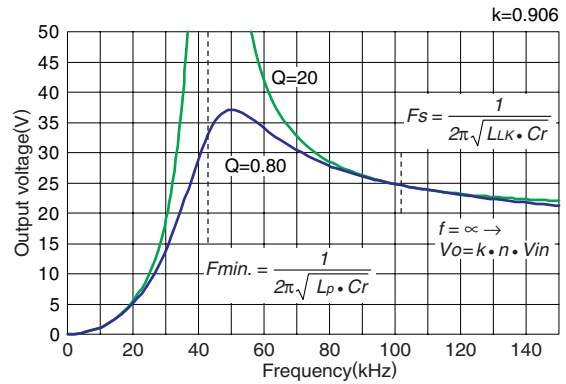
图4 LLC共振电路的频率特性示例



●工作点和工作波形

下面将简单说明工作点和工作波形。在前图4的条件下频率特性如图5。此外，Q=0.80为额定负荷时，Q=20为轻负荷时的特性。此外，按照Fs=102.1kHz Fmin=43.2kHz进行计算。

图5 LLC共振电路的工作点



如果把工作点频率作为Fm，有4种模式。在通常共振断路模式之外的领域运转。如果没有特殊要求，变压器设计正常位于临界模式附近。Fm > Fs为轻负荷时，达到控制界限电压后，电压将下降。这是通过电路模拟进行的各模式下的工作波形示例。CRM时，变压器电流接近正弦波。

图6a 各模式下的工作波形

Fm > Fs: 连续模式 (CCM) Fm = Fs: 临界模式 (CRM)
Fmin < Fm < Fs: 断续模式 (DCM) Fm < Fmin: 共振断路模式

CRM

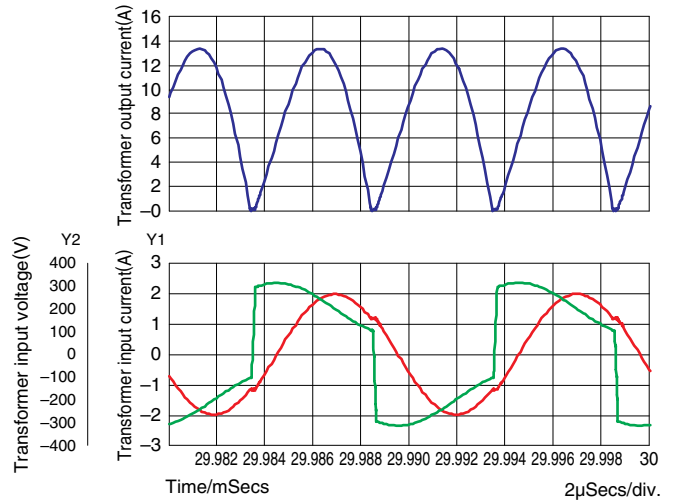
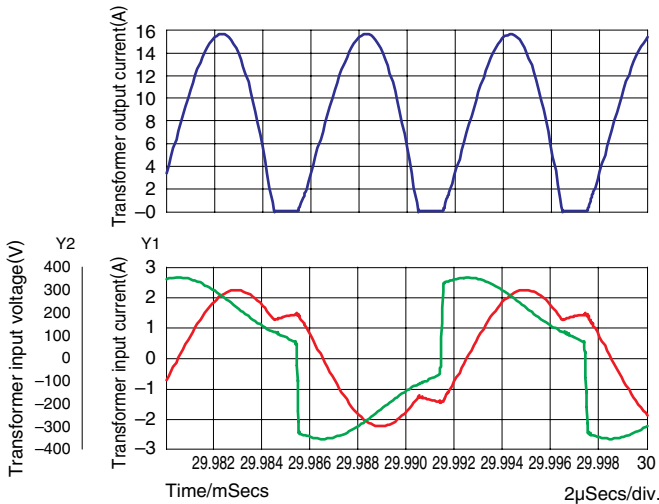
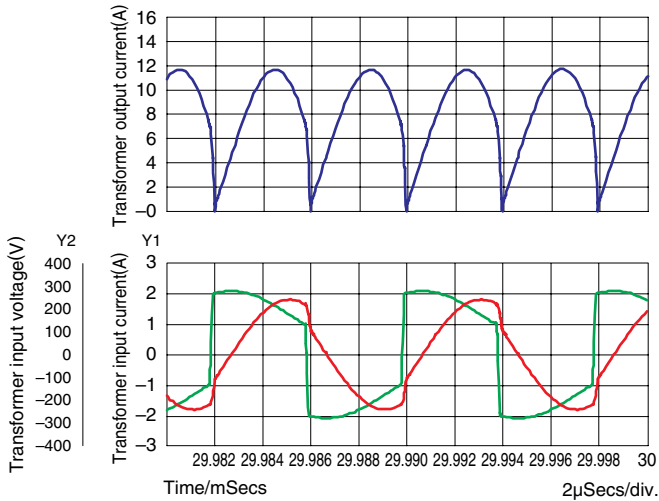


图6b 各模式下的工作波形

DCM



CCM



●磁通密度和磁芯损耗

这是桥系电路，所以磁芯励磁涉及2象限。因此，控制磁芯损耗的低损耗材料的使用，有利于实现小型化。

以下是 LLC 共振换流器中 Bm 的概略计算式。此外，B 的变化幅度为其 2 倍。磁芯损耗需要通过 ΔB 进行评价。

$$I_{PMAX} = \frac{V_o \times n}{4 \times k \times L_p \times F_s} \quad B_m = \frac{L_p \times I_{PMAX}}{N_p \times A_e}$$

$$\Delta B = 2 \times B_m$$

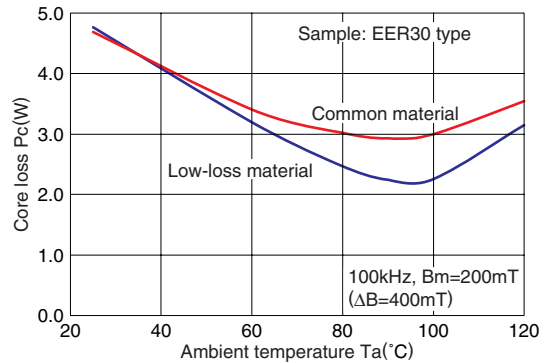
Vo: 输出电压
 k: 耦合系数
 Np: 1次卷数
 Fs: 共振频率

n: 卷数比
 Lp: 1次电感
 Ae: 实效截面积

图7是以一般的动力铁素体和PC47代表的TDK低损耗材料下的磁芯损耗温度特性。

磁芯温度超过80°C的环境下，与普通材料相比，低损耗材料实现20%以上的低损失，因此，可贡献于组件的温度降低及小型化。

图7 磁芯损耗的温度特性示例



●注意事项

多输出变压器

设计方面，2次侧的卷数可能会达到数匝。这种情况下也可进行多输出化，但难以产生不符合2次侧卷数比的电压。

例如，Vo=24V下该卷线按照4Ts进行最佳设计，2号输出只能得到24/4=6V级的电压，请注意这一点。

与PWM方式相比，输入电压范围较小

最初也曾记载，可运转的输入电压范围原理上较窄，因此LLC共振换流器的前段，我们推荐PFC等改善输入范围的电路的设置。

多变压器的构成

受形状限制等，1个变压器无法得到必要的电力时，可以把多个同一形状的变压器进行组合，得到目标电力。

可设计应对各接线方法的变压器，请您咨询我们。

漏磁通的影响

关于薄型共振变压器，易于导致问题的因素特别多，因此，运转时如果是上下有铁板等接近配置的结构，变压器产生的漏磁通会与金属交错，可能产生涡电流，使金属板和变压器发热。

这种情况下有时候必须进行结构修正或磁密封等措施

