

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

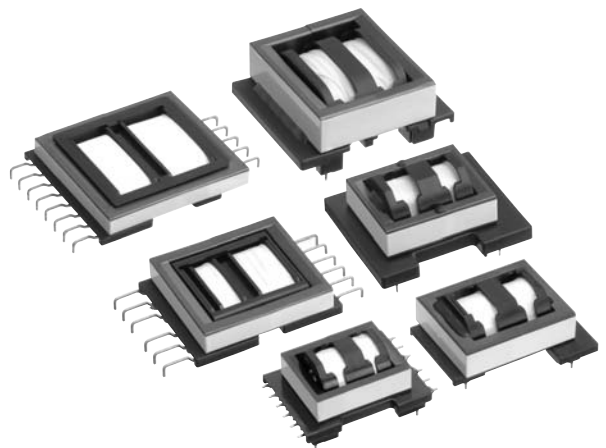
采用网罗TDK专有技术开发而成的设计工具，可在短时间内实现高精度的设计。

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

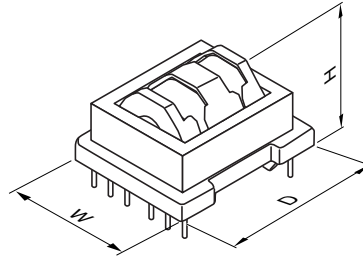
AV设备，数字家电

产品名称的识别法

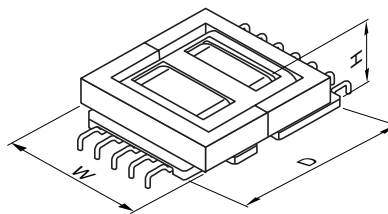
SRX 30ER - P □□□□□ □□□□□
 (1) (2) (3) (4) (5)

- (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



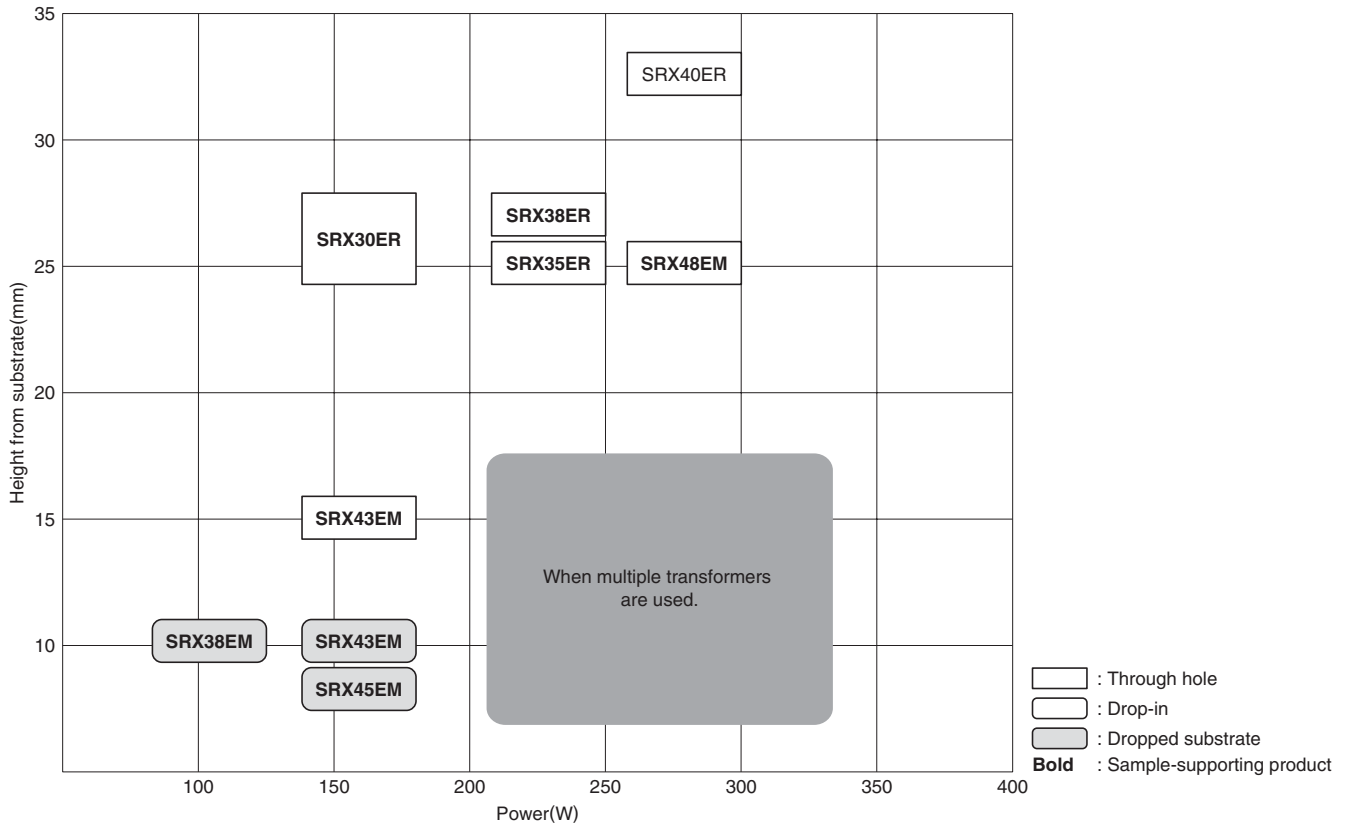
电气特性

| 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 |

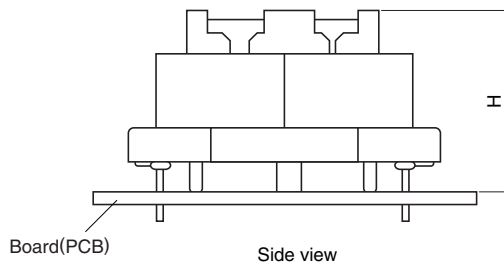
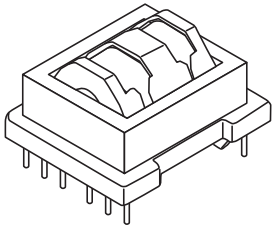
*1 在进行嵌入形状的波峰焊时，请采取措施，使除端子以外的部分不会接触到焊锡。

*2 标准尺寸（关于最大尺寸，因规格而异。）

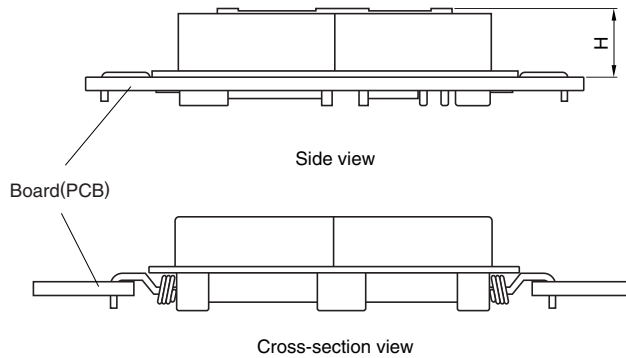
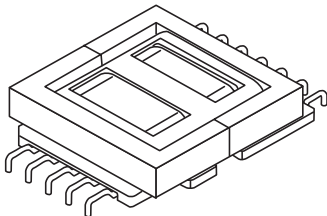
LLC共振电源用变压器 产品阵容



关于穿孔和嵌入 穿孔型



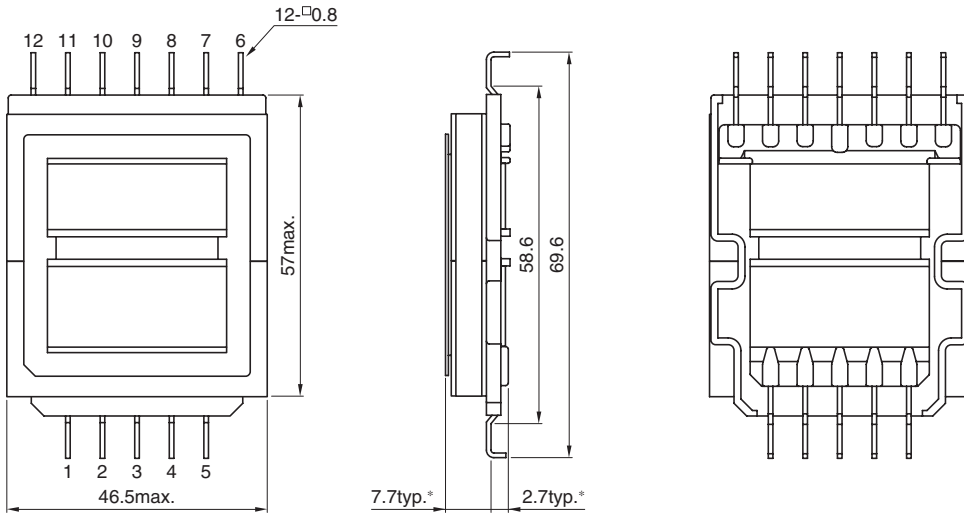
嵌入型



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。

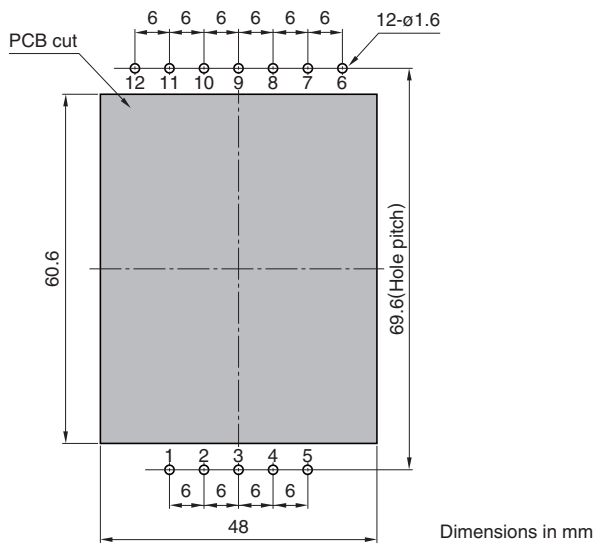
SRX45EM系列

形状・尺寸



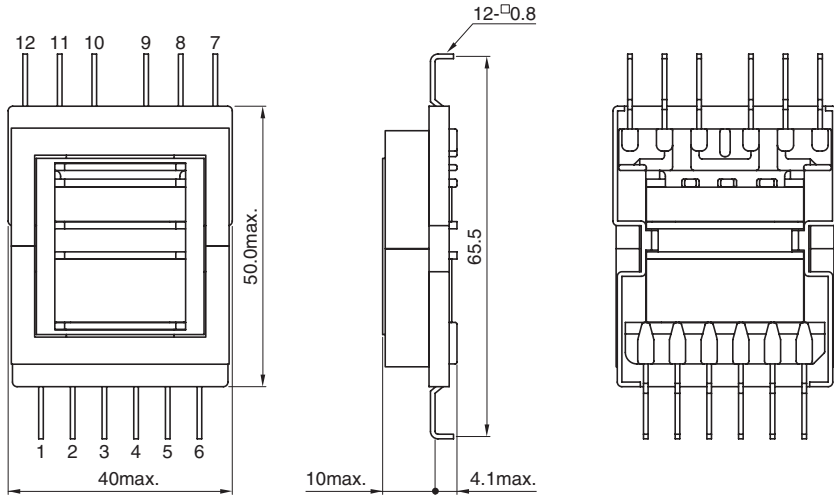
*关于最大尺寸，因规格而异。

推荐基板孔尺寸

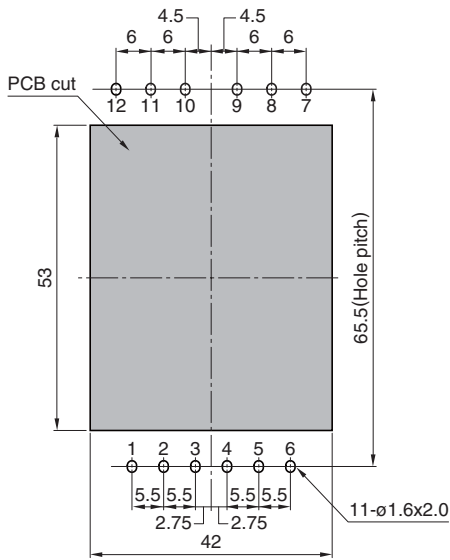


SRX38EM系列

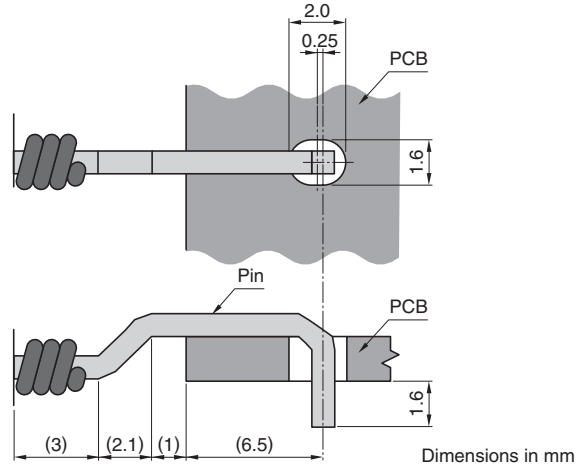
形状・尺寸



推荐基板孔尺寸

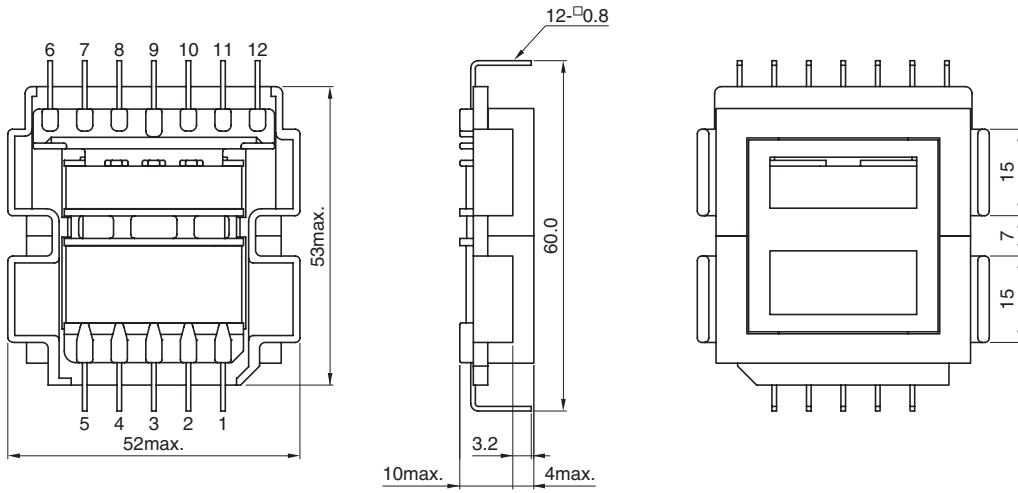


端子详情

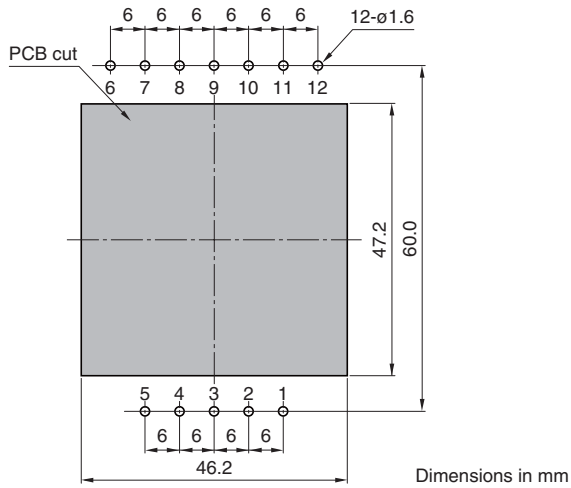


SRX43EM系列

形状・尺寸

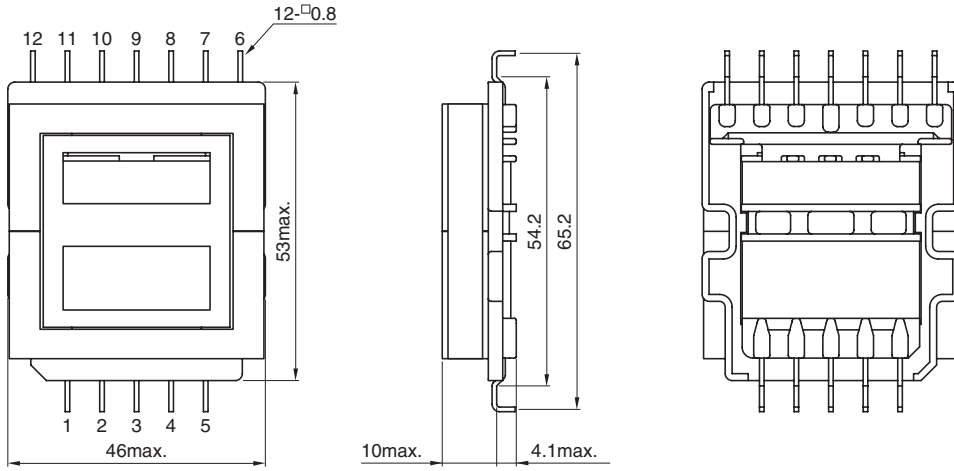


推荐基板孔尺寸

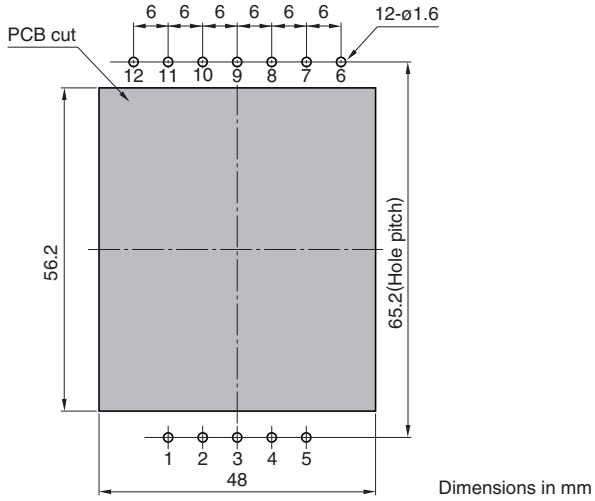


SRX43EM系列

形状・尺寸

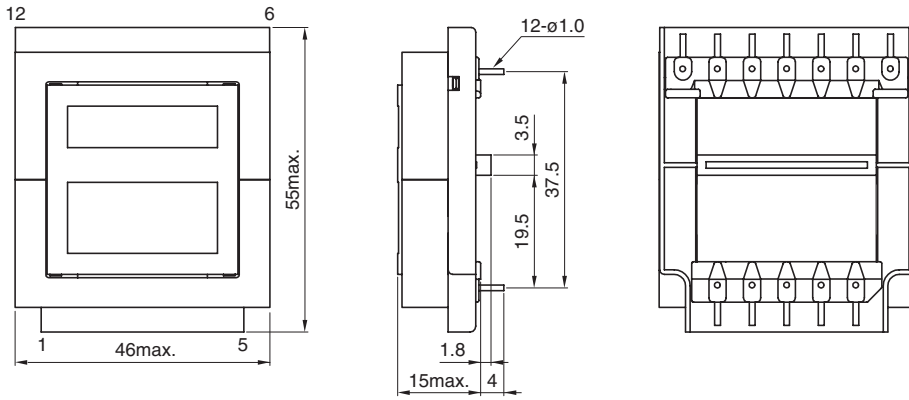


推荐基板孔尺寸

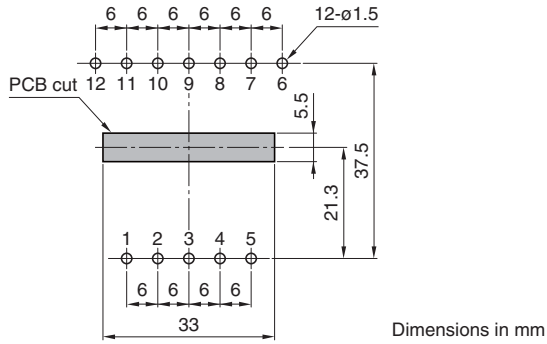


SRX43EM 系列

形状・尺寸

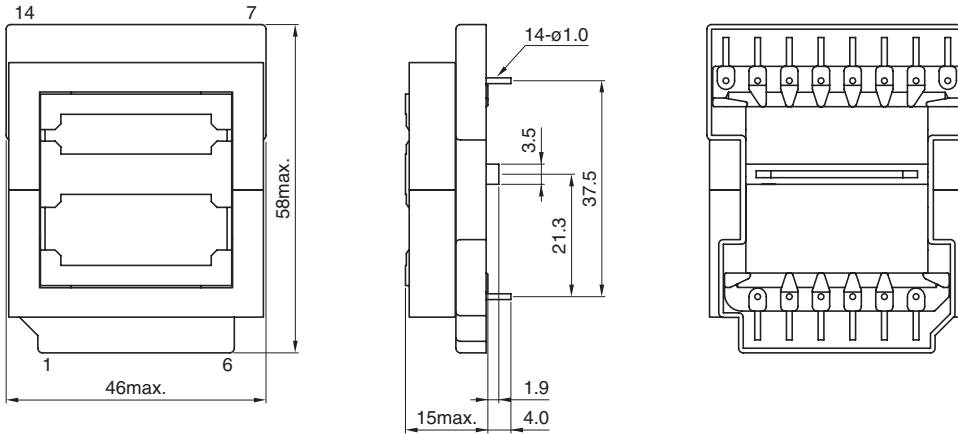


推荐基板孔尺寸

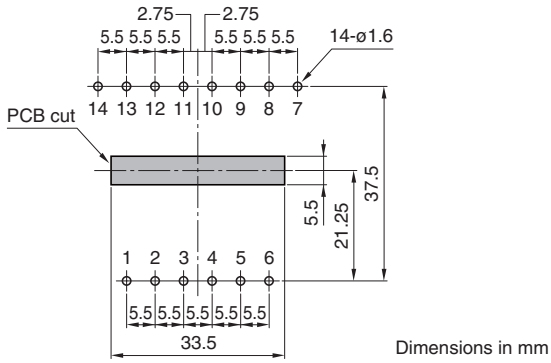


SRX43EM系列

形状・尺寸



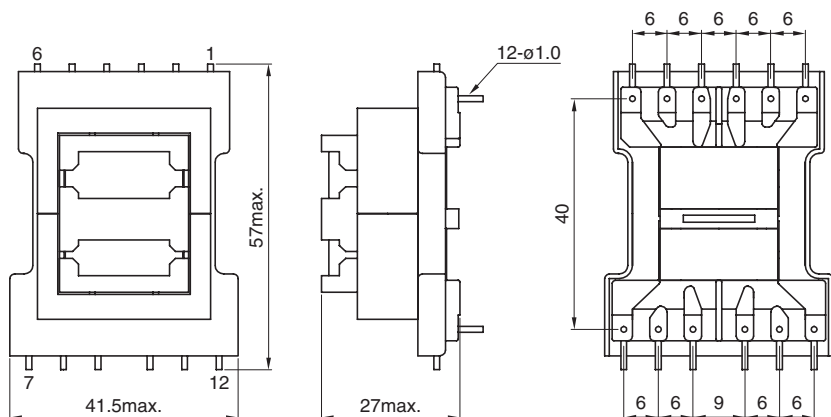
推荐基板孔尺寸



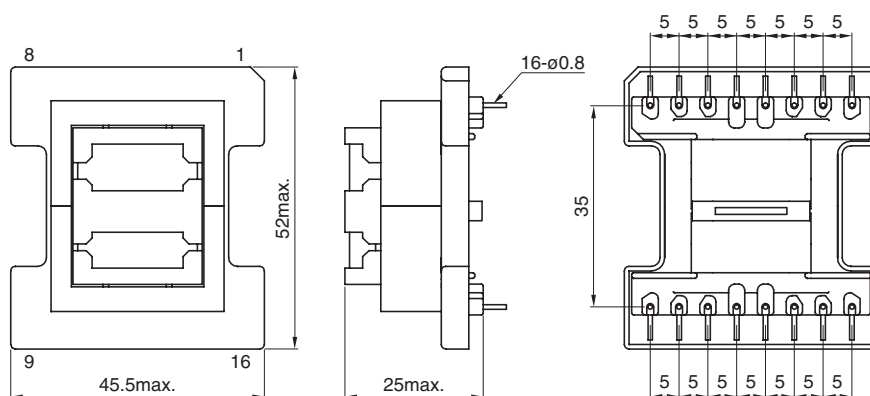
SRX30ER系列

形状・尺寸

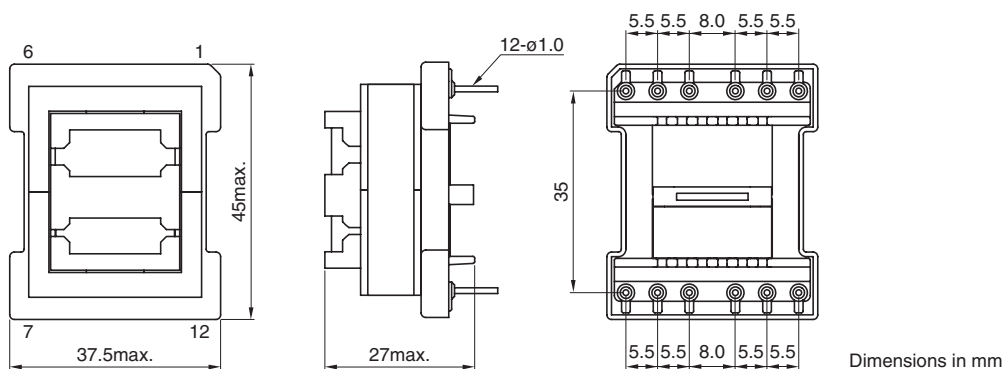
TYPE A



TYPE B



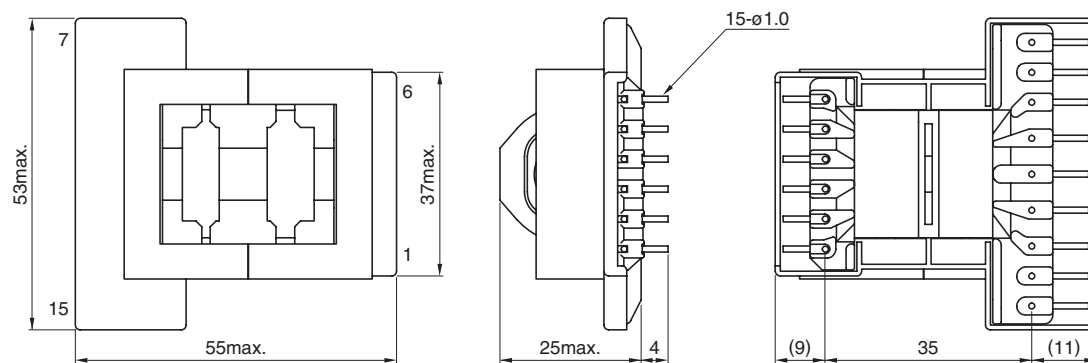
TYPE C



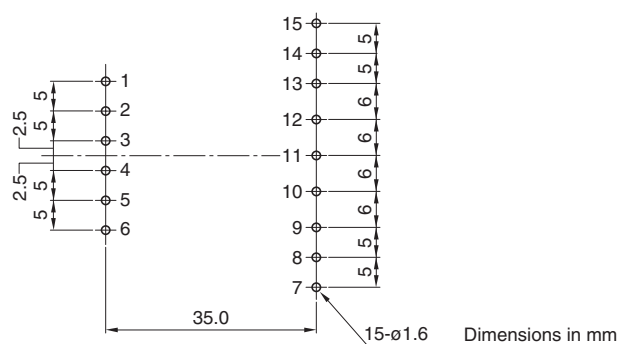
Dimensions in mm

SRX35ER系列

形状・尺寸

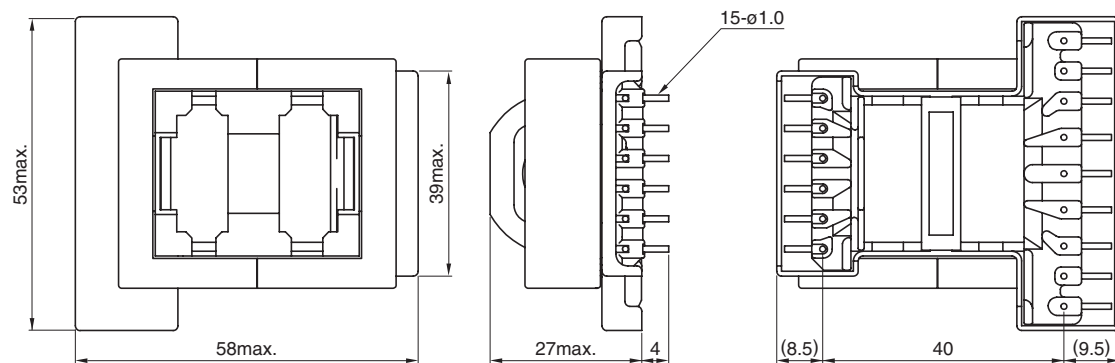


推荐基板孔尺寸

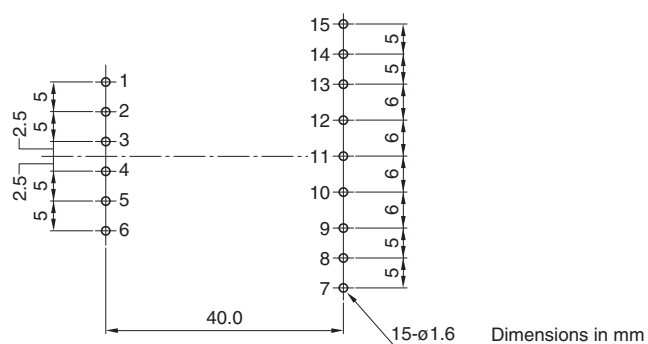


SRX38ER系列

形状・尺寸

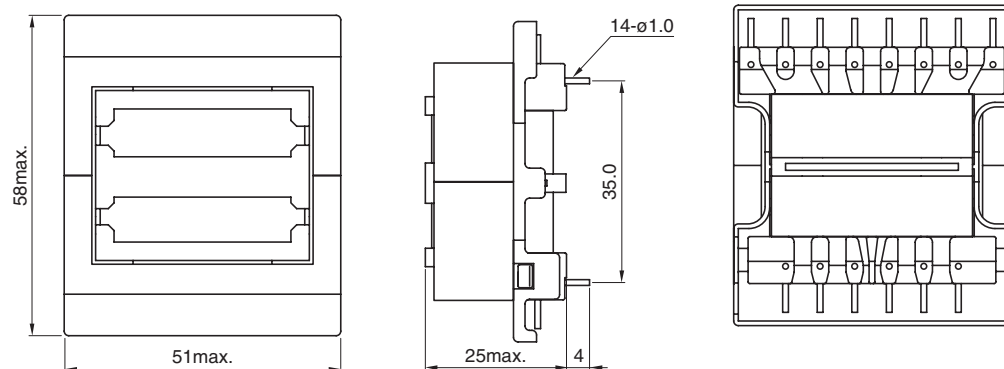


推荐基板孔尺寸

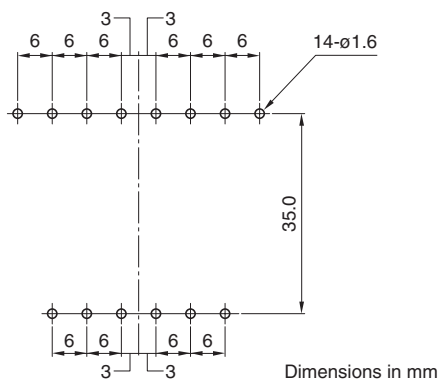


SRX48EM系列

形状・尺寸

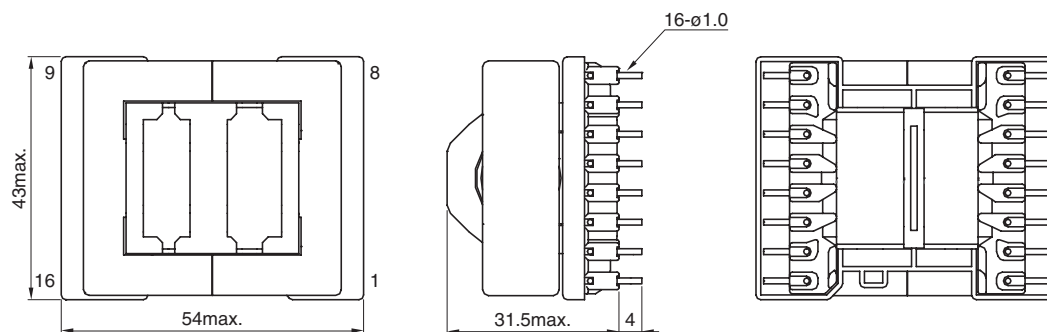


推荐基板孔尺寸

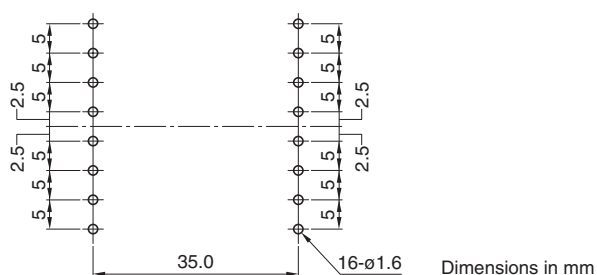


SRX40ER系列

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)

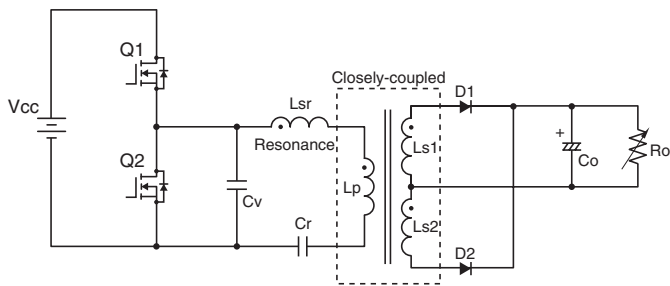
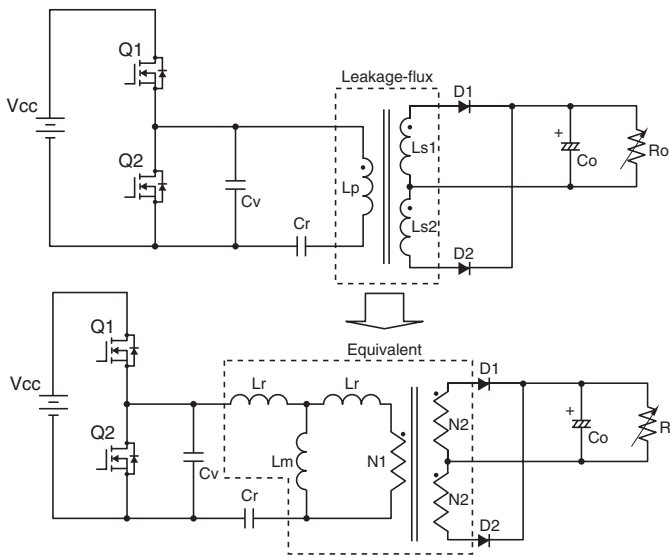


图2 基本电路② (共振电感器一体型)



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

- 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。

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

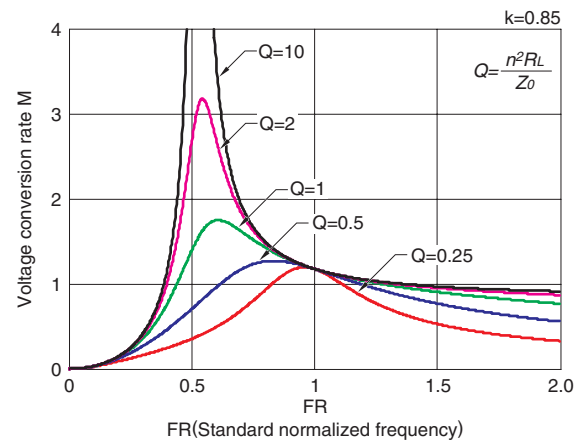
Lp为AL-value×Np²。AL-value根据磁芯GAP决定，k是根据磁芯GAP和绕线管结构决定的参数。

●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

$$R_L = \frac{V_o}{I_o} = \frac{24}{8} = 3.0 \quad Z_o = \frac{n^2 \times R_L}{Q} = \frac{8.732^2 \times 3.0}{0.80} = 285.9 [\Omega]$$

3. Cr (共振容量) 和LLK (共振电感) 的计算

$$Z_o = \frac{k}{1 - k^2} \sqrt{\frac{L_{LK}}{C_r}}$$
$$C_r = \frac{1}{2 \times \pi \times \frac{1 - k^2}{k} \times F_s \times Z_o} = \frac{1}{2 \times \pi \times 0.1978 \times 100000 \times 285.9} = 28.14 [nF]$$

$$L_{LK} = \left(\frac{1 - k^2}{k}\right)^2 \times Z_o^2 \times C_r = 0.1978^2 \times 285.9^2 \times 28.14 \times 10^{-9} = 90.0 [\mu H]$$

4. 变压器参数的计算

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

$$N_p = \sqrt{\frac{L_p}{A_L}} = \sqrt{\frac{502.3}{0.410}} = 35.0 [Ts]$$

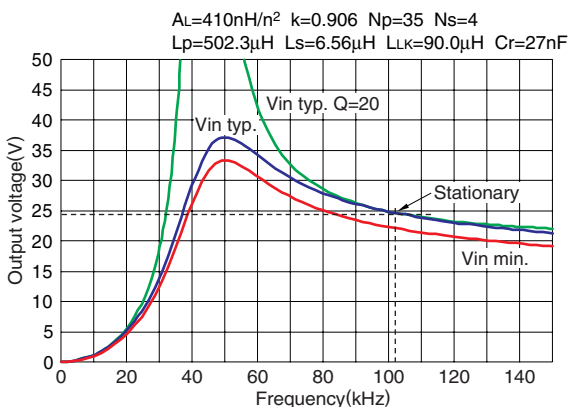
$$N_s = \frac{N_p}{n} = \frac{35.0}{8.732} = 4.0 [Ts]$$

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。

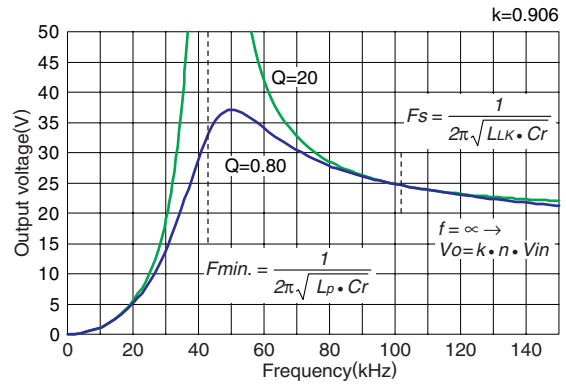
图4 LLC共振电路的频率特性示例



●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

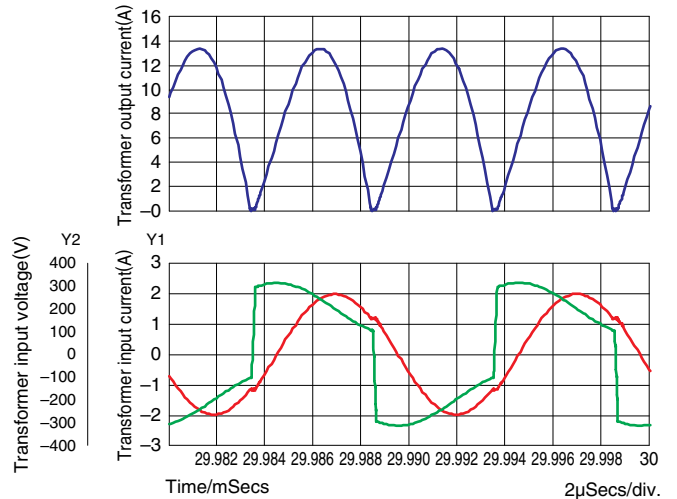
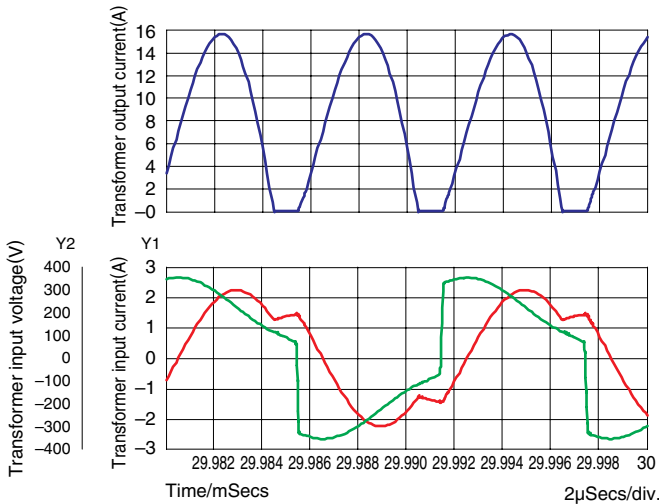
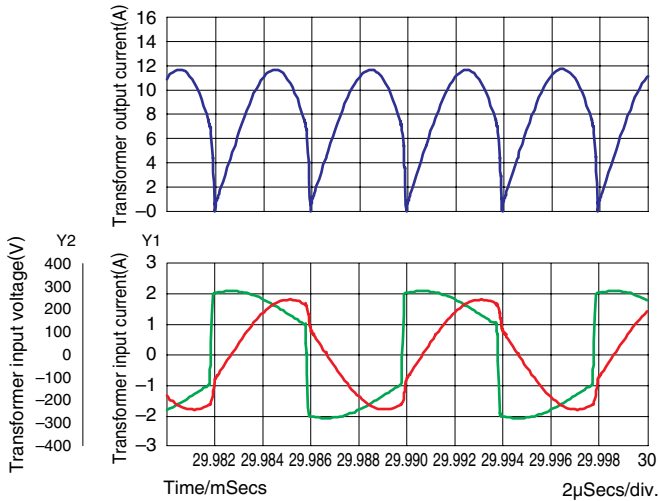


图6b 各模式下的工作波形

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谐振换流器中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。

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

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

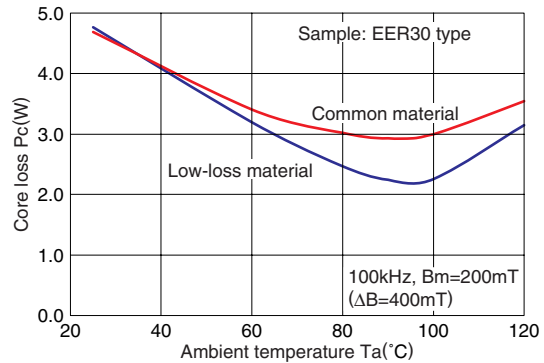
Vo: 输出电压
 k: 耦合系数
 Np: 1次卷数
 Fs: 共振频率

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

LLC共振电源用变压器 规格请示书

发行年月日 _____ 年 _____ 月 _____ 日

1. 贵公司名称 _____
地址 _____

2. 部门、委托人姓名

姓名： _____
TEL/FAX： _____
E-mail： _____

| | |
|--------------------|------------------------------|
| TDK营业推进部责任人： _____ | 记载日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 |
| 营业责任人： _____ | 记载日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 |
| 试制编号： _____ | 记载日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 |

3. 输入规格

AC输入电压： 额定 _____ (V) ~ _____ (V) 工作范围： _____ (V) ~ _____ (V)
 DC输入电压： 额定 _____ (V) ~ _____ (V) 工作范围： _____ (V) ~ _____ (V)
 工作范围： _____ (Hz) 最低工作输入电压： _____ (Hz)

4. 设计条件

①工作频率 最低频率~最大频率： _____ ~ _____ (kHz)

| | Min. | Typ. | Max. |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| ②二次侧输出电压 _____ (V) ± _____ (V) | _____ (A) ~ _____ (A) | _____ (A) ~ _____ (A) | _____ (A) |
| _____ (V) ± _____ (V) | _____ (A) ~ _____ (A) | _____ (A) ~ _____ (A) | _____ (A) |
| _____ (V) ± _____ (V) | _____ (A) ~ _____ (A) | _____ (A) ~ _____ (A) | _____ (A) |

③额定输出功率 / 最大峰值功率 _____ (W) / _____ (W)
 ④过电流点的条件 (例：上述③额定输出功率的130%) _____ (%)
 ⑤用温度范围 _____ (°C) ~ _____ (°C)
 ⑥最大温度上升 ΔT _____ (°C)
 温度评估时的条件 (例：最低输入, 额定负荷) _____
 ⑦辅助卷线 (例：适用项目标示方法□→■) 有 无
 卷线数 _____ (卷线)
 贵方要求的电压值·电流 _____ (V) ~ _____ (mA)
 绝缘的必要性 (例：适用项目标示方法□→■) 功能绝缘 强化绝缘
 ⑧电路图 (如果有贵方要求的插脚号码, 请附上电路图。) 有 无

5. 参考电感值

一次侧自电感 _____ μ(H) 漏电感 _____ μ(H)

6. 贵方要求的磁心尺寸和外形尺寸

磁心尺寸： _____ 外形尺寸纵： _____ 横： _____ 高(基板以上)： _____ mm max.

7. 贵方预定使用的IC

厂家名： _____ 品号： _____

8. 量产信息

装置名： _____ 希望价格/通货： _____
 上述价格的交易条件, 交货地区 (FOB CHN, CIF LA., DDP Paris等) _____
 生产数量： _____ k/M 生产开始时期： _____ 生产地点： _____
 试制时期： (ES1) _____ (ES2) _____ (PP1) _____ (PP2) _____ (MP1) _____

9. 样品信息

需要数量： _____ pcs. 希望交货期： _____

10. 如果有安全距离、绝缘耐压等的公司内部规定, 请填写。

11. 其他要求事项 (贵公司的优先条件/尺寸或价格/等。此外, 如果有具有变更自由度的项目等, 请填写并指示。)