

LLC共振电源用变压器

插针端子型

SRX/SRV 系列

SRX43EM (穿孔型)

SRX25EM (穿孔型)

SRX30ER-I (穿孔型)

SRX30ER-II (穿孔型)

SRX35ER (穿孔型)

SRX48EM (穿孔型)

SRX40ER (穿孔型)

SRV3914EE (穿孔型)

SRV4214EE (穿孔型)

SRV4215ES (穿孔型)

SRV4715ER (穿孔型)

使用注意事项

在使用本产品前，请务必阅读该规格书。

安全注意事项

在使用本产品时，请充分留意到注意事项，进行安全的设计。

⚠ 设计注意事项

- 在设计基板时，请使用本公司推荐的孔径或焊径。
- 由于会产生漏磁，因此请事先确认磁通量的影响。否则可能会造成设备误动作。
- 在设计基板时，请根据适用的安全标准，确保与变压器的距离。
- 由于非耐震构造，因此请勿在有振动或冲击的地方使用。否则可能会损坏功能。

⚠ 使用注意事项

- 使本产品落下时请勿使用。否则可能会损坏功能。
- 端子的端头由于进行了锡焊，很尖锐，请注意不要受伤。
- 保管时请避开垃圾、尘埃、雾气、水滴和直射日光。
否则可能会造成设备误动作。
- 请勿在伴有气体腐蚀等环境（盐、酸、碱等）下使用和保管。
否则可能会损坏功能。
- 在实装时，请勿使用金属工具等对产品施以强力。
否则可能会损坏功能。

⚠ 注意

- 由于是考虑了安全标准以及电源电压、回路驱动条件（驱动频率和最大 ON 时间）等，才决定的构造和匝数（磁铁实装），因此请勿在设计条件以外使用。否则可能会造成回路元件的损坏或烧损。
- 由于是考虑了构成元件的特性以及本身温度上升，才决定的使用温度和湿度范围，因此请勿在超过该范围条件下使用。否则可能会造成烧损或起火。
- 请勿在易于附着垃圾或尘埃等环境下使用。否则可能会导致火灾。
- 本规格书列出的产品是在一般电子设备以及运输设备（AV 设备、通信设备、家电设备、游乐设备、电脑设备、个人装备、办公设备、测量设备、工业机器人）
- 上作为通用的标准用途所使用，并且以在通常的操作、使用方法下使用该一般电子设备为前提。
- 对要求有高度的安全性和可靠性，或设备故障、误动作、状态不佳可能会对人的生命、身体和财产等带来损害，以及可能造成重大社会影响的如下用途（以下特定用途），则不保证兼容性、性能发挥、质量。
- 对超越本规格书的范围、条件，或用于特定用途而产生 的损害等，恕不承担责任，敬请谅解。
- 超越本规格书的范围、条件，或计划用于特定用途时，请事前与本公司窗口咨询。
- 根据客户的用途，对与本规格书记载的规格不同的要求 我们将另行协商。

- (1) 航空，航天设备
- (2) 运输设备（汽车，电车，船舶等）
- (3) 医疗设备
- (4) 发电控制设备
- (5) 核动力相关设备
- (6) 海底设备

- (7) 交通工具控制设备
- (8) 公共性的高度信息处理设备
- (9) 军用设备
- (10) 电热用品，燃烧设备
- (11) 防灾防盗设备
- (12) 各种安全装置
- (13) 其他被认定为特定用途的用途

此外，对使用本产品目录中所记载产品的设备进行设计时，请确保符合该设备的使用用途及状态的保护回路和装置，并设置备用回路等。

LLC共振电源用变压器

SRX/SRV系列

| 目录 | Page |
|---|------|
| 开发理念 | 4 |
| 概要 | 5 |
| 产品阵容 | 7 |
| SRX43EM (基板上高: 15mm品) | 8 |
| SRX25EM (基板上高: 20mm品) | 9 |
| SRX30ER-I、SRX30ER-II (基板上高: 25mm、27mm品) | 10 |
| SRX35ER (基板上高: 25mm品) | 11 |
| SRX48EM (基板上高: 25mm品) | 12 |
| SRX40ER (基板上高: 31.5mm品) | 13 |
| SRV3914EE (基板上高: 15mm品) | 14 |
| SRV4214EE (基板上高: 15mm品) | 15 |
| SRV4215ES (基板上高: 16mm品) | 16 |
| SRV4715ER (基板上高: 16mm品) | 17 |
| LLC共振电源用变压器的设计资料[参考] | 18 |

• 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

插针端子型

SRX/SRV系列的开发理念

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指令的产品。



LLC共振电源用变压器

插针端子型

RoHS指令对应产品
无铅焊接对应

SRX/SRV系列的概要

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。

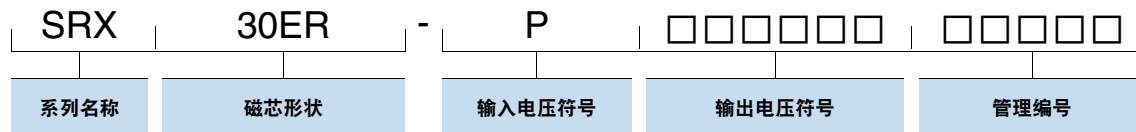
■ 特点

- 实现了低背化（高15~31.5mm）。
- 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

■ 型号的命名方法



○ RoHS指令对应产品：详细内容查看这里。<https://product.tdk.com/info/zh/environment/rohs/index.html>

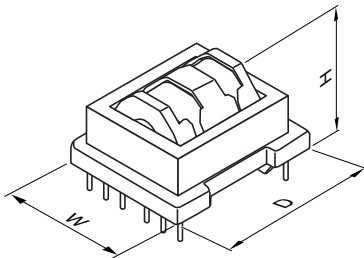
⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

SRX/SRV系列的概要

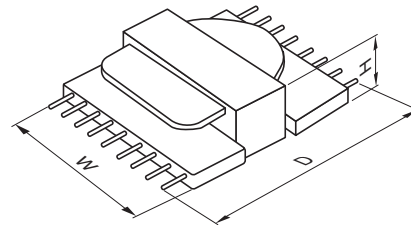
■电气特点

| 类型 | 安装方法 | 高度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) | 插针数(根) | |
|------------|------|-------------|-----------------|-----------------|-----|------------|------------|-------------------|--------|-----|
| | | | | | | | | | 1次侧 | 2次侧 |
| 横型 | | | | | | | | | | |
| SRX43EM | 穿孔型 | 15 | 100 | 180 | 2 | 55 | 46 | 37.5 | 5 | 7 |
| SRX25EM | 穿孔型 | 20 | 100 | 100 | 2 | 47.6 | 36.1 | 32 | 5 | 6 |
| SRX30ER-I | 穿孔型 | 27 | 100 | 180 | 2 | 57 | 41.5 | 40 | 6 | 6 |
| SRX30ER-II | 穿孔型 | 25 | 100 | 180 | 3 | 52 | 45.5 | 35 | 8 | 8 |
| SRX35ER | 穿孔型 | 25 | 80 | 250 | 3 | 55 | 53 | 35 | 6 | 9 |
| SRX48EM | 穿孔型 | 25 | 60 | 300 | 3 | 58 | 51 | 35 | 6 | 8 |
| SRX40ER | 穿孔型 | 31.5 | 60 | 300 | 3 | 54 | 43 | 35 | 8 | 8 |
| 纵型 | | | | | | | | | | |
| SRV3914EE | 穿孔型 | 15 | 100 | 160 | 2 | 64 | 43.5 | 64 | 4 | 8 |
| SRV4214EE | 穿孔型 | 15 | 100 | 200 | 2 | 64 | 43.5 | 64 | 4 | 8 |
| SRV4215ES | 穿孔型 | 16 | 100 | 200 | 2 | 64 | 49 | 44 | 6 | 9 |
| SRV4715ER | 穿孔型 | 16 | 100 | 250 | 2 | 64 | 52 | 44 | 6 | 9 |

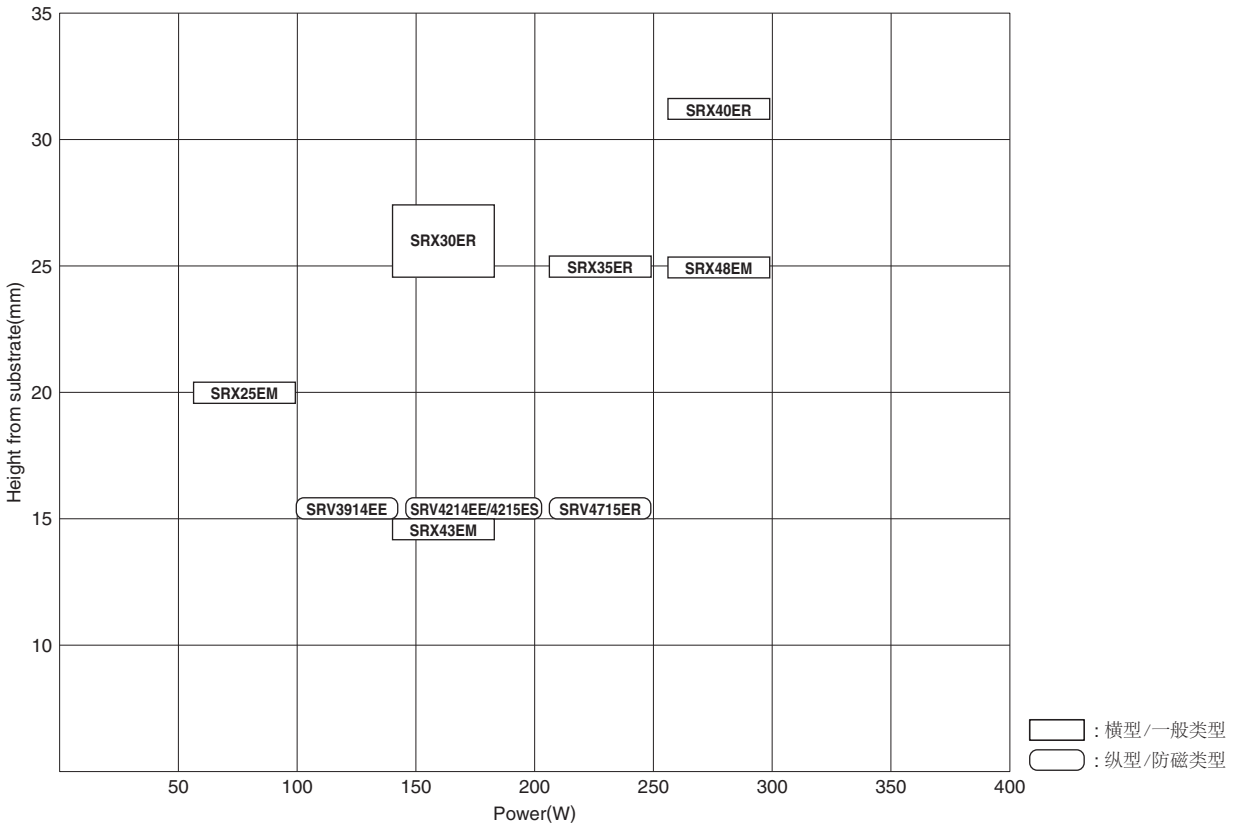
横型/一般类型



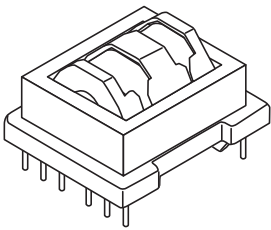
纵型/防磁类型



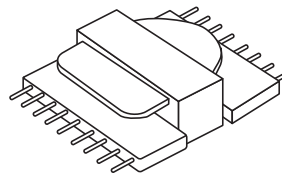
产品阵容



横型 / 一般类型



纵型 / 防磁类型

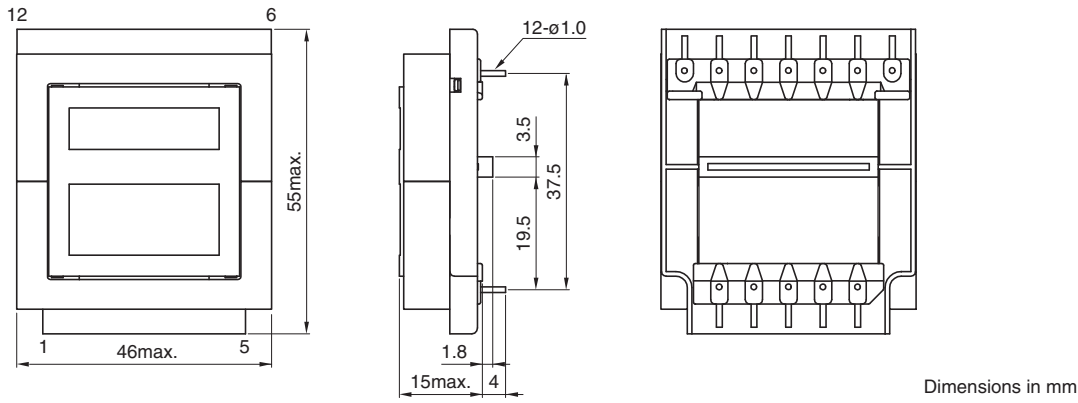


⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

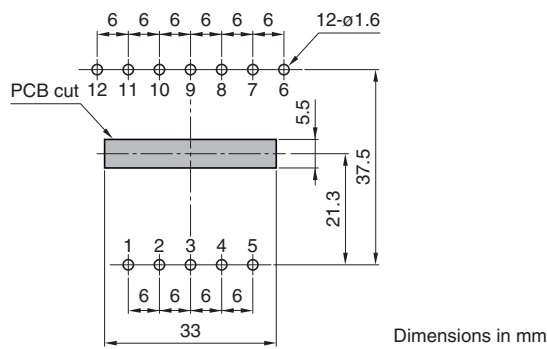
SRX系列

SRX43EM型

■形状与尺寸



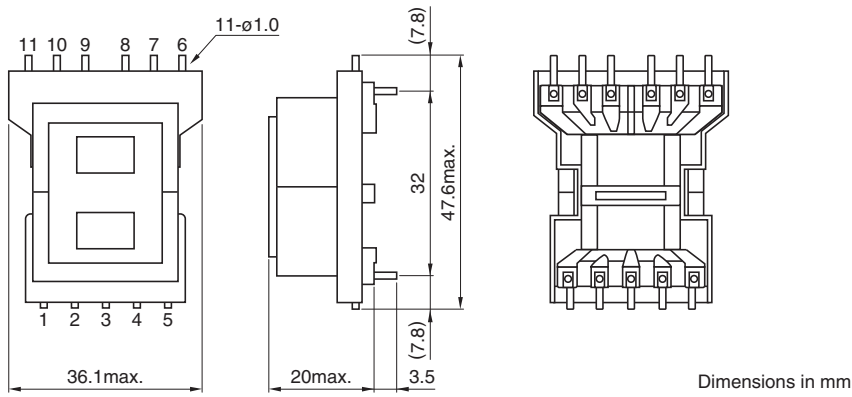
■推荐基板孔尺寸



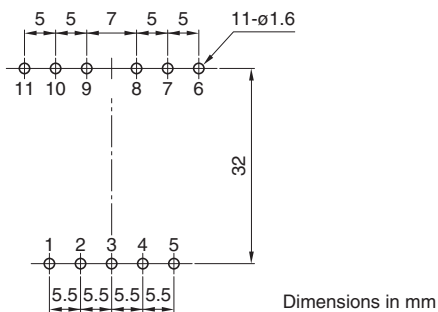
SRX系列

SRX25EM型

■形状与尺寸



■推荐基板孔尺寸

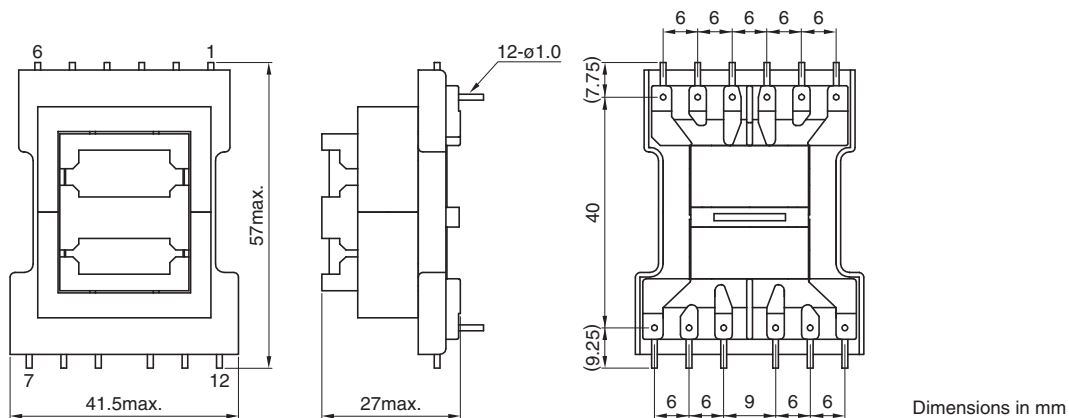


SRX系列

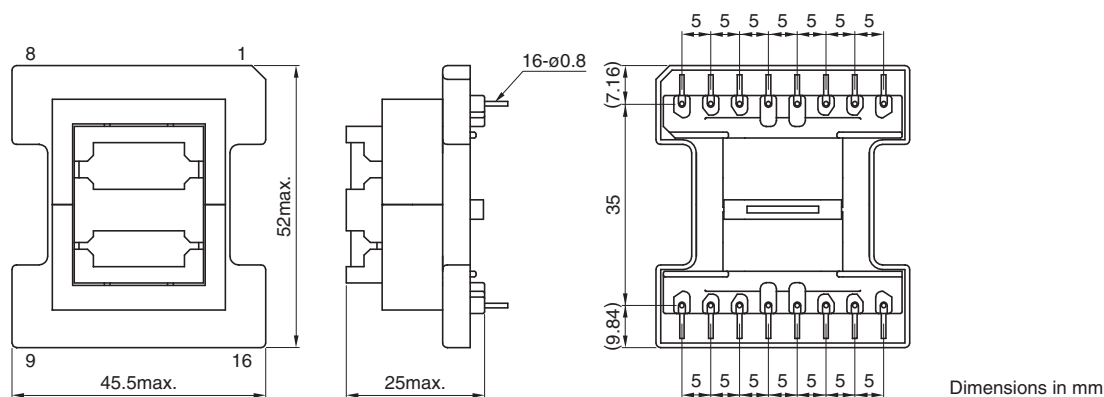
SRX30ER-I、SRX30ER-II型

形状与尺寸

SRX30ER-I

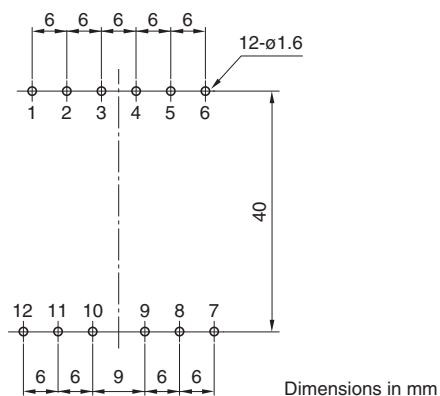


SRX30ER-II

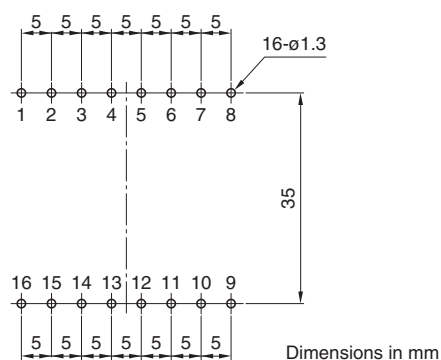


推荐基板孔尺寸

SRX30ER-I



SRX30ER-II

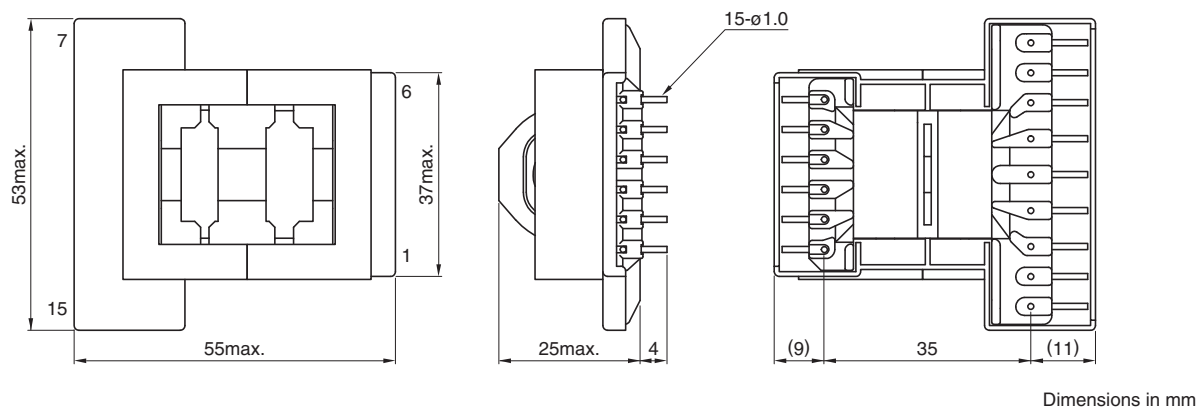


⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
 记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

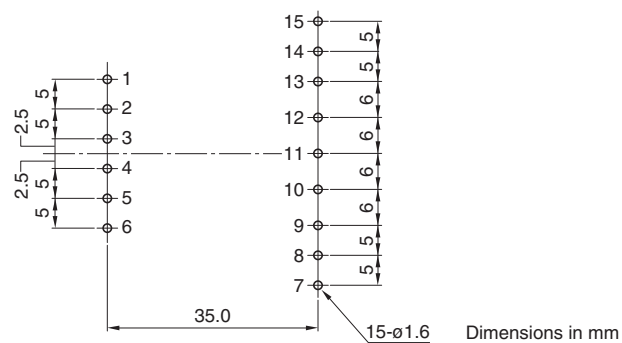
SRX系列

SRX35ER型

形状与尺寸



推荐基板孔尺寸

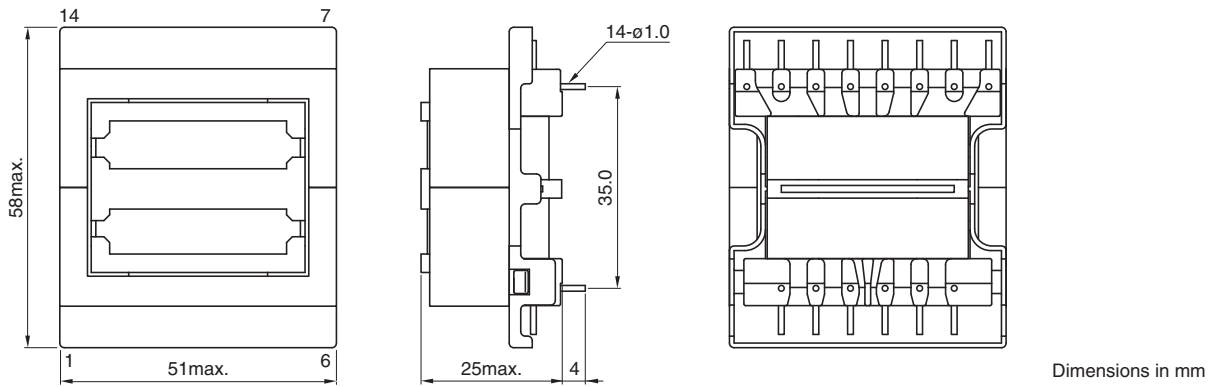


⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
 记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

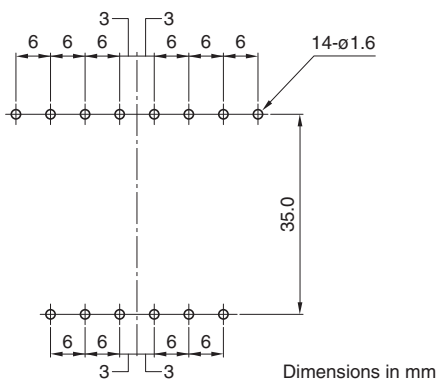
SRX系列

SRX48EM型

■形状与尺寸



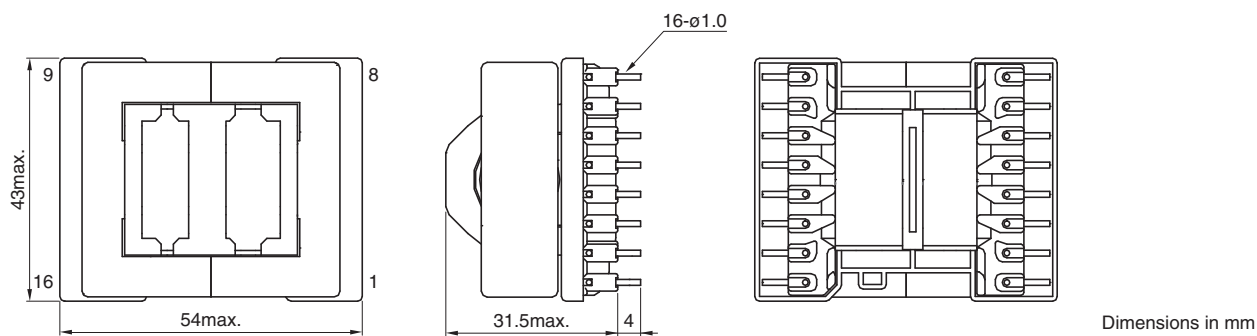
■推荐基板孔尺寸



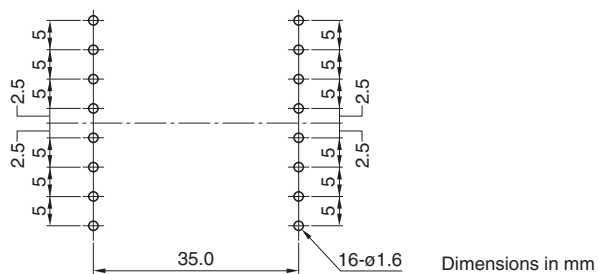
SRX系列

SRX40ER型

形状与尺寸



推荐基板孔尺寸

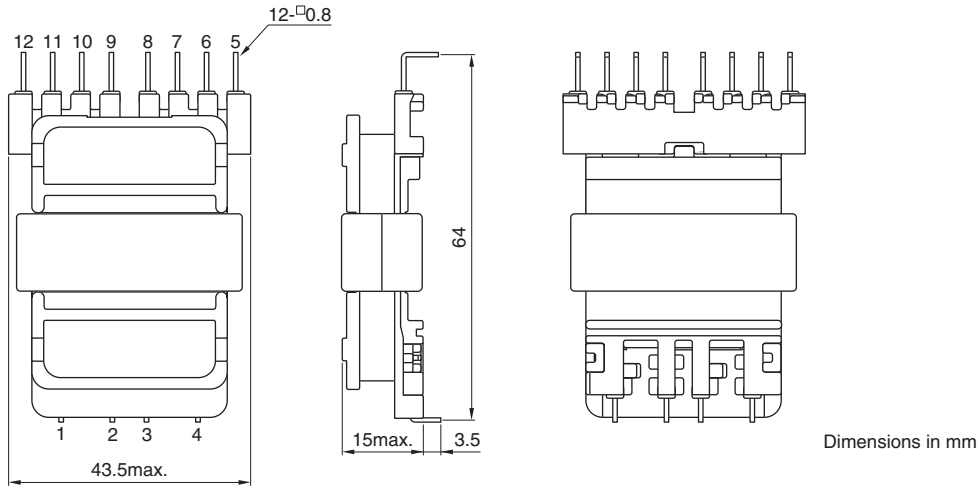


⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
 记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

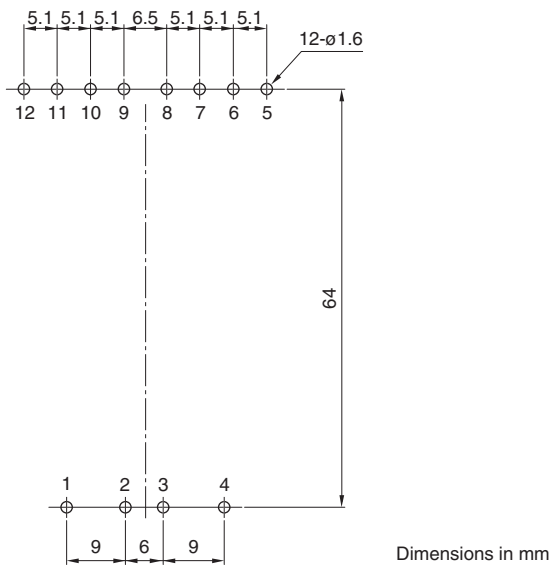
SRV系列

SRV3914EE型

形状与尺寸



推荐基板孔尺寸

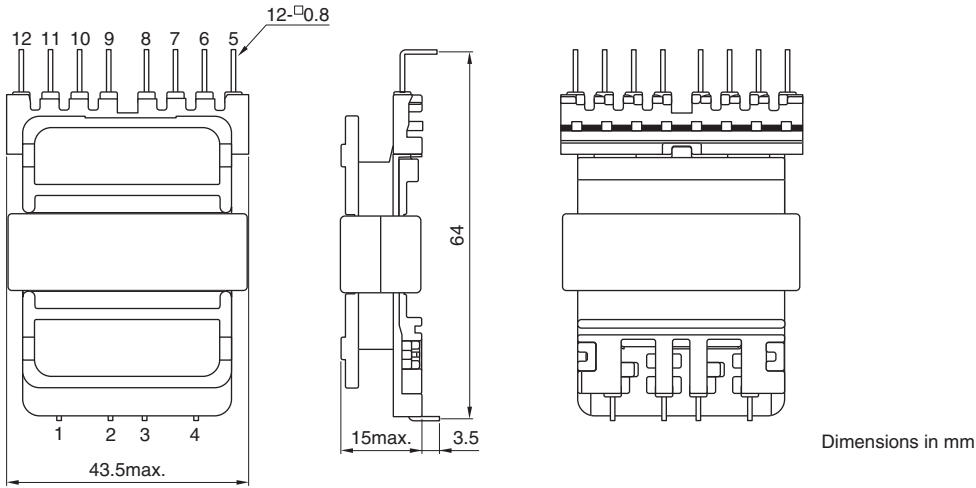


⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
 记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

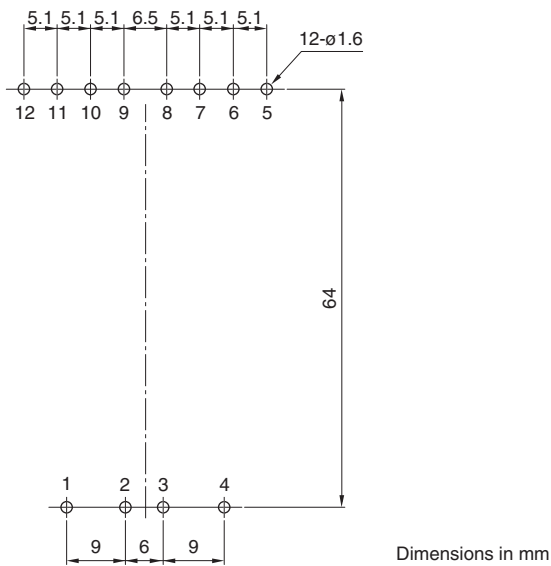
SRV系列

SRV4214EE型

形状与尺寸



推荐基板孔尺寸

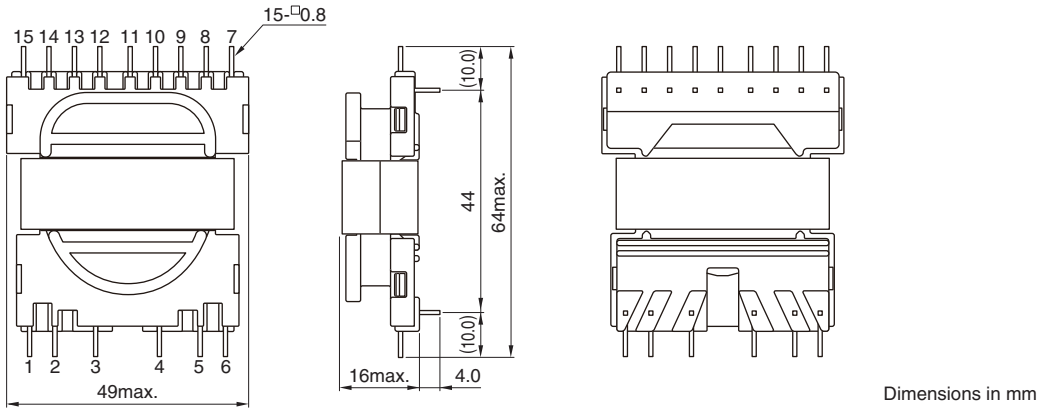


⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
 记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

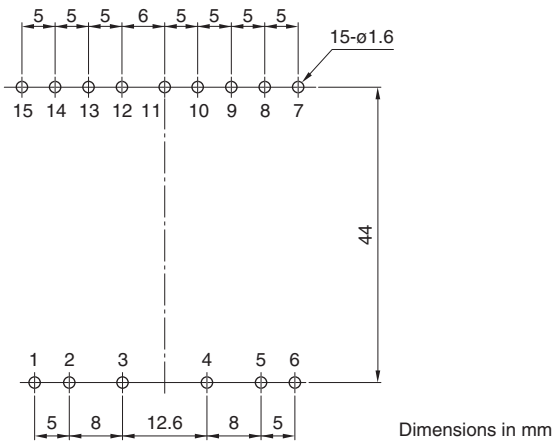
SRV系列


SRV4215ES型

形状与尺寸



推荐基板孔尺寸

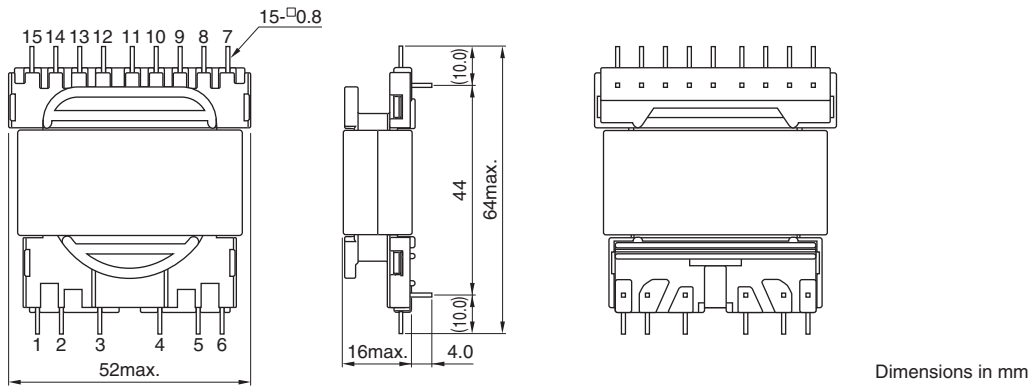


 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
 记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

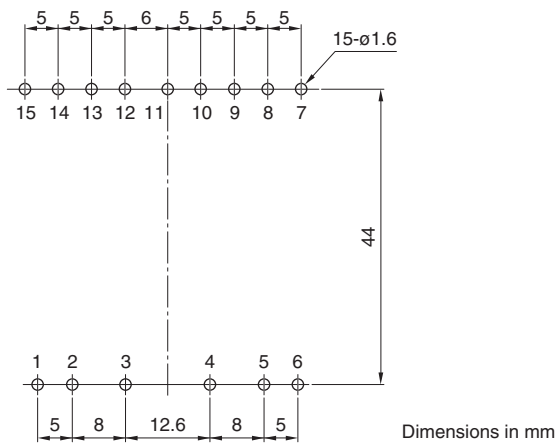
SRV系列

SRV4715ER型

■形状与尺寸



■推荐基板孔尺寸



LLC共振电源用变压器的设计资料[参考]

●LLC谐振转换器

LLC谐振转换器拥有低噪声、高效率的特点，是对于较大电力用途的有效电路方式，同时是串联谐振转换器(SRC)的其中一种。控制方面使用频率调制控制(SFM)。

由于主要为半桥驱动，且磁芯使用率较高，因此建议使用小型化的低损耗磁芯材质。

LLC谐振转换器相比PWM方式，输入电压范围较小，因此建议在前端安装PFC，稳定输入电压。但近年来也提倡支持AC平滑输入的控制IC。此时，关键在于支持大范围输入电压的变压器设计。

本电源用变压器构成有谐振电感器+密结合变压器构成方法以及使用漏磁通变压器的方法。普通情况下，无需外加谐振转换器的后者使用更为频繁。

图1 基本电路① (谐振电感器分离型)

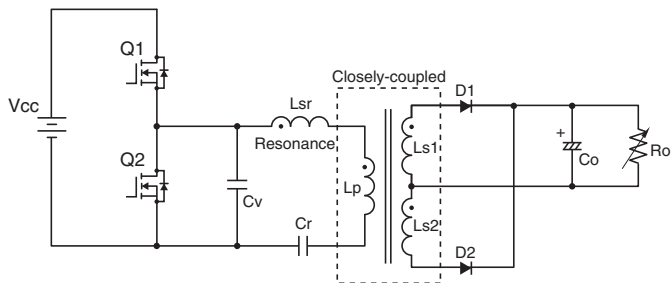
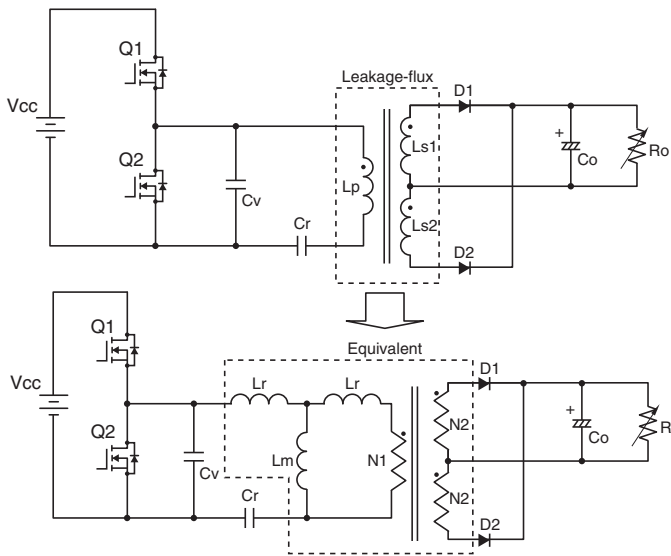


图2 基本电路② (使用漏磁通变压器)



其中

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

- Lp:初级电感
- Lm:励磁电感
- Lr:漏电感
- k:耦合系数

●LLC谐振转换器用漏磁通变压器

通过使用有计划地扩大漏电感，并使数值标准化的变压器，将Np与Ns进行物理性分离，实现该特性。首先，以次级侧全部短路时的初级侧电感作为谐振电感LLK。

绕组结构为，初级侧与次级侧之间设置隔断，分段卷绕。如此便能削弱结合。谐振电感以LLK、初级电感以Lp、耦合系数以k表示，则下列公式成立。

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

AL为1Ts的电感。

●LLC谐振电路的输出电压

使用LC谐振，通过频率的变化对输出电压进行控制。输出电压可通过基波近似法(FHA)进行近似计算。近似式的展开方法在此处不作详细解说。请参考专业书籍。

结果如下述公式所示。

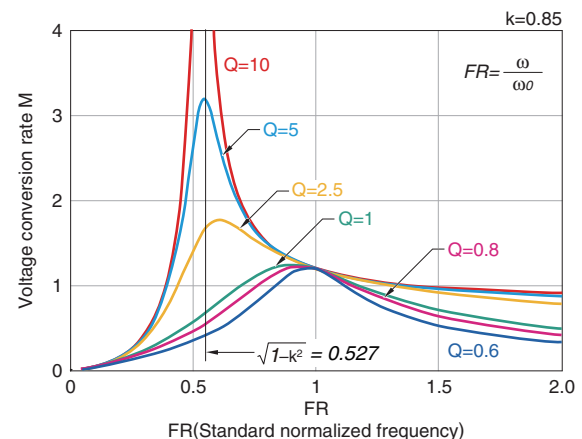
$$M = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{k} \left(1 - \frac{1-k^2}{FR^2}\right)\right)^2 + \left(\frac{1}{k \cdot Q} \left(FR - \frac{1}{FR}\right)\right)^2}} \quad \dots(1)$$
$$FR = \frac{\omega}{\omega_0} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LLK \cdot Cr}} \quad \omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_p \cdot Cr}}$$
$$Z_0 = \sqrt{\frac{LLK}{Cr}} \quad Q = \frac{R_{ac}}{Z_0} = \frac{8n^2}{\pi^2} \cdot \frac{R_o}{Z_0}$$

ω0为漏电感LLK与谐振电容Cr之间的谐振角频率。将上述公式制成图表，能够看出以ω0为标准运行。

Q是负载阻抗与LC谐振电路的特性阻抗Z0之间的比。可认为是两者之间的匹配度。

负载变小时Q值变大，增益峰值在低范围变化，但最终将变为初级绕组自身电感Lp与Cr的谐振频率fs。

图3 LLC谐振电路的归一化频率特性



为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

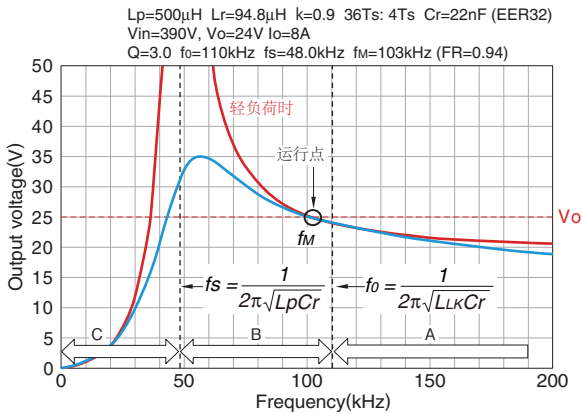
●运行点与波形

若考虑变压器的卷数比n，则输入输出电压以M表示，表示为如下公式。

$$V_o = \frac{M V_{in}}{2n} \quad FR = \frac{2\pi f \sqrt{L_{LK} \cdot C_r}}{f_0} = \frac{f}{f_0}$$

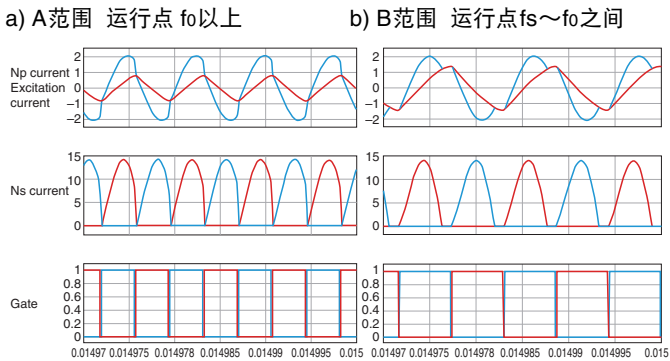
这样，图3能够转换为实际运行的频率-输出电压的图表。图4为计算示例。于图表的“运行点”运行。

图4 频率-输出电压特性



如图4所示，LLC谐振转换器根据频率可分为三个运行范围。其中，C范围不可使用。因此，将运行点设计在A或B范围内。此外，A范围中电压很难发生变化，在该范围设置运行点时需要特别注意。图5所示为各范围中的代表波形。

图5 各模式中的运行波形



A范围中，除零交叉之外，负载电流会连续流过。另一方面，B范围有时不会流过负载电流。该边界点为f=fo，此时输入电流基本为正弦波。

一般设计为B范围或A-B边界附近。但若设置过于接近fs时，负载电流不流过的时间将会增加，从而功率因数变差，峰值电流将会增加。由于有效电流会增加，因此在稳定条件下应尽量于fo侧设置为宜。希望输入电流接近正弦波时，可将运行点靠近fo附近。

最后，在确认图表的同时对运行点进行调整，确保及时在最大或最小时也能够运行。

●变压器的磁芯磁通密度与磁芯损耗

LLC谐振转换器为桥接电路、磁芯将跨两个象限进行励磁。因此使用抑制磁芯损耗的低损耗材料对于小型化较为有利。以下所示为LLC谐振转换器中Bm的概略计算公式。同时，B的变化范围将变为2倍。磁芯损耗需要通过ΔB进行评估。

$$I_{P_{MAX}} = \frac{V_o \times n}{4 \times k \times L_p \times f_o}$$

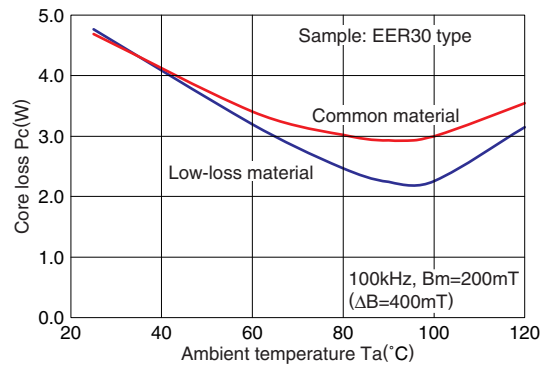
$$\Delta B = 2 \times B_m \quad B_m = \frac{L_p \times I_{P_{MAX}}}{N_p \times A_e} \dots\dots(2)$$

- Vo: 输出电压
- n: 卷数比
- k: 耦合系数
- Lp: 初级电感
- Np: 初级卷数
- Ae: 有效截面积クダンス
- fo: 谐振频率

图6为以普通电源铁氧体与以PC47为代表的TDK低损耗材料中的磁芯损耗温度特性。

在磁芯温度为80°C以上的环境下，相比普通材料，低损耗材料能够降低20%以上的损耗，从而有助于降低安装时的温度以及实现小型化。

图6 磁芯损耗的温度特性示例



●变压器的设计示例

以下所示为谐振变压器的设计示例。首先电源规格应为Vin=350V~405V 390Vtyp Vo=24V Io=8A，SW频率100kHz附近FR=1（临界模式）。

其他参数为VF=0.65V k=0.9 Q=3 以EER32形状 (Ae=86.5mm²) 进行设计。

VF: 次级侧整流二极管的下降电压

- 1、设置运行点 计算运行点的电压转换率M。此次以FR=1为例，公式如下所示。改变运行点时，通过（1）公式计算值。

$$M_{(FR=1)} = \frac{1}{k}$$

- 2、通过输入电压Vin与输出电压Vo决定卷数比n。

$$n = \frac{V_{in} \cdot M}{2 \cdot (V_o + V_F)} = \frac{390}{2 \times 0.9 \times 24.65} = 8.79$$

⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

3、通过最大负载条件计算交流等效电阻Rac。

$$R_{ac} = \frac{8 \cdot n^2}{\pi^2} \cdot R_L = \frac{8 \times 8.79^2}{3.1414^2} \times \frac{24}{8} = 187.9 [\Omega]$$

4、Rac为特性阻抗Zo的Q倍，决定Zo的值。
(Q值的标准参考图7进行设置。取决于耦合系数k。) 2以上为宜。此次以3为例Q会影响卷数。

$$Z_0 = \frac{R_{ac}}{Q} = \frac{187.9}{3} = 62.63 [\Omega]$$

5、Cr (谐振电容容量) 与LLK (谐振电感) 的计算
通过上述Zo与谐振频率决定LLK与Cr的值。

$$Z_0 = \sqrt{\frac{LLK}{C_r}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LLK \cdot C_r}} \text{ 开始}$$

$$C_r = \frac{1}{2\pi Z_0 f} = \frac{1}{2\pi \times 62.63 \times 100\text{kHz}} = 25.41 [\text{nF}]$$

$$LLK = \frac{Z_0}{2\pi f} = \frac{62.63}{2\pi \times 100\text{kHz}} = 99.7 [\mu\text{H}]$$

6、初级电感Lp与变压器卷数的计算

EER32中, k=0.9时AL=386nH/n² (这是由变压器形状决定的参数)

$$L_p = \frac{LLK}{(1-k^2)} = \frac{99.7}{(1-0.9^2)} = 524.7 [\mu\text{H}]$$

$$N_p = \sqrt{\frac{L_p}{AL}} = \sqrt{\frac{524.7}{0.386}} = 36.87$$

$$N_s = \frac{N_p}{n} = \frac{37}{8.79} = 4.21$$

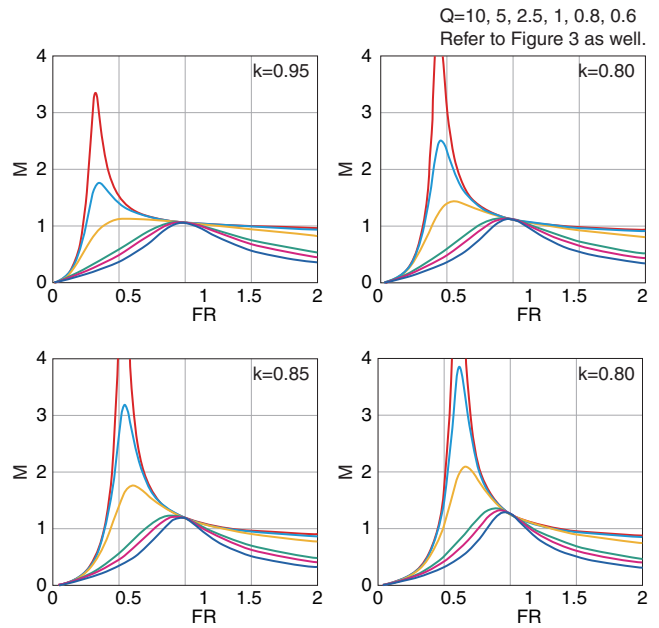
至此，第一次计算完成。此后进行调整。小数点以下无法卷绕，因此需要取简洁的数值。使卷数较少的Ns接近整数为宜。
制作用于确认特性的图4图表 (频率-输出电压特性)，并通过(2)公式对磁芯磁通密度进行概算。重点如下。

- 是否以最大最小电压、最大最小负载条件输出。
- 磁通密度是否超过200mT。低损耗材料上限为250mT。
- 运行点的确认

图表的计算可直接使用电压转换率M的公式进行计算，或使用电路模拟器的AC解析进行计算。无论使用哪种方法，都建议确认AC解析的图表。

若观察图表发现问题时，需要需改设计条件并重新计算。具体调整Q与k (=Gap)。特别在电压范围或负载条件较广时，需要多次重复该步骤，不断筛选最佳条件。

图7 各k值时的归一化频率特性



最终变压器常数的决定

由于在初次计算得出的结果中卷数出现零数，因此对其进行修正。具体方式为进位或舍去，此次Ns侧为4.21Ts，因此为4Ts。
根据该变更进行反向计算。

$$N_p = N_s \cdot n = 4 \times 8.79 = 35.2 \approx 35$$

$$L_p = AL \cdot N_p^2 = 0.386 \times 35^2 = 473 [\mu\text{H}]$$

$$LLK = (1-k^2)L_p = (1-0.9^2) \times 473 = 89.9 [\mu\text{H}]$$

$$C_r = \frac{1}{(2\pi f)^2 LLK} = \frac{1}{(2\pi \times 100\text{kHz})^2 89.9\mu\text{H}} = 28.2 \approx 27 [\text{nF}]$$

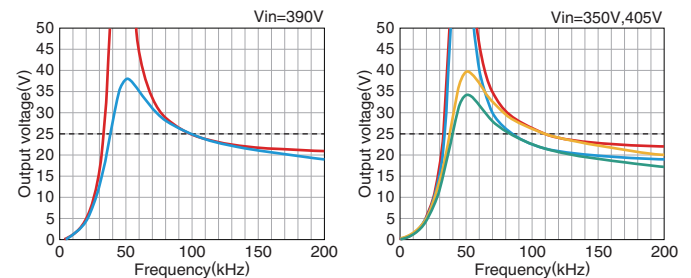
$$Z_0 = \sqrt{\frac{LLK}{C_r}} = \sqrt{\frac{89.9\mu}{27\text{n}}} = 57.7 [\Omega]$$

$$Q = \frac{R_{ac}}{Z_0} = \frac{187.9}{57.7} = 3.26$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LLK \cdot C_r}} = 102 [\text{kHz}]$$

以上修正后的参数进行AC解析。结合输入电压或负载条件进行确认。

图8 AC解析结果



⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。
记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

在最大及最少输入的情况下，输出曲线也未出现问题，因此至此没有问题。此外，希望进行变更时重复该步骤。对磁通密度进行概算。

$$I_{PMAX} = \frac{V_o \cdot n}{4 \cdot k \cdot L_p \cdot f_b} = \frac{24 \times 8.75}{4 \times 0.9 \times 473 \mu \times 102k} = 1.21 \text{ [A]}$$

$$B_m = \frac{L_p \cdot I_{PMAX}}{N_p \cdot A_e} = \frac{473 \times 1.21}{35 \times 86.5} = 0.189 \text{ [T]}$$

以上为大致的变压器设计参考步骤。

本公司将这些设计步骤汇总到原创设计工具中进行设计。也可根据末页中记录的LLC谐振电源用变压器规格咨询书的内容，提供认为最佳的变压器规格。

●谐振变压器的性质

谐振变压器一般使用分段绕线管，为初级绕组与次级绕组分离结构。(图9)通过这样有计划地削弱结合，增加漏电感。自身电感会随磁芯GAP数值发生大幅变化。但是，即使磁芯GAP变化，漏电感几乎不会发生变化。(参考图10)因此，通过GAP调整电感时，即使能够调整自身电感，漏电感仅会发生些许改变。

以耦合系数来看，相对GAP，k几乎为反比例变化。

图10所示为SRX35型的特性示例。

图9 分段卷绕结构

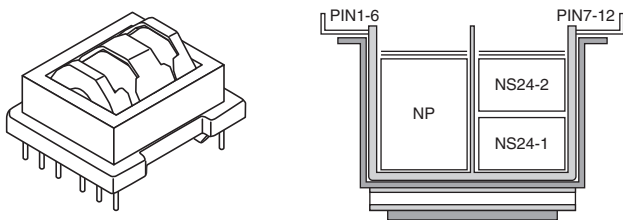
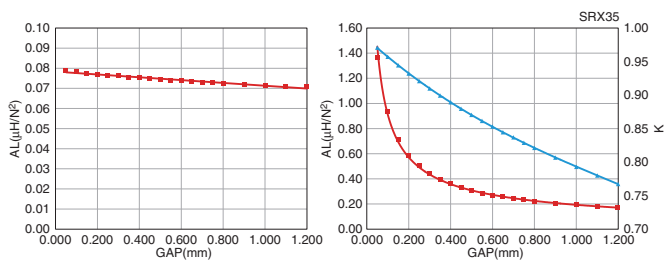


图10 分段绕组的磁芯 GAP-AL/k 特性示例 (计算值)

a) GAP vs. 1Ts的LLk

b) GAP vs. AL/k



通过磁通密度及输出电压比等的限制，在某种程度上能够决定卷数。决定卷数后，漏电感将会基本固定，因此不能大幅度变化。(例如，SRX35时约75nH/n²)

这一点与外接谐振电感器时形成较大差异。

此外，因为设计的原因无论如何希望更改时，可采取不使用分段绕线的绕组方法。但对于制造及成本方面不利，因此不推荐。

●绕组

AC成分较多，且漏磁通中进行卷绕，因此为了降低因集肤效应产生的损耗及涡流损耗，需要使用捻线。一般为ø0.1mm以下的素线。除了普通搓捻而成的线材外，使用丝线卷绕住捻线的USTC线也使用较多。使用这个便不会发生松卷，因此能够防止在卷绕时发生松垮所导致的不良影响。

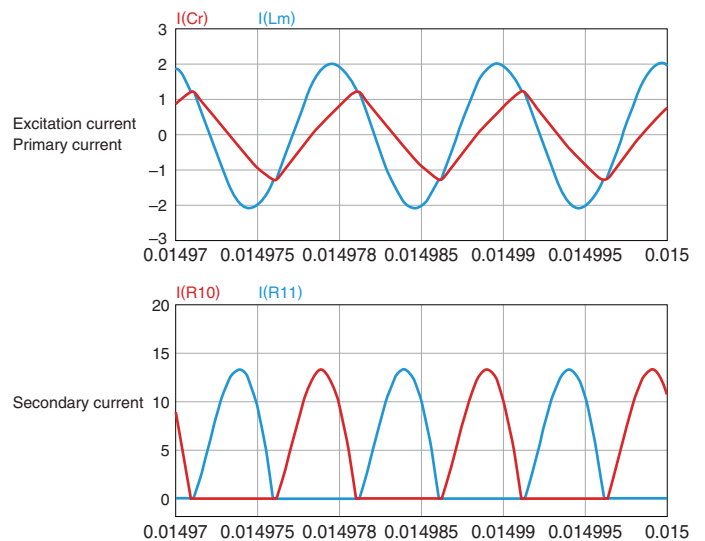
●使用电路模拟器进行过渡解析

决定参数后，使用电路模拟器进行过渡解析，在准确计算变压器电压电流的前提下，能够确认设计是否有问题。

加入输出电压控制后将会更为便利。

以下为此次设计示例的计算结果。

图11 模拟结果



Vin=390V Vo=24V Io=8A

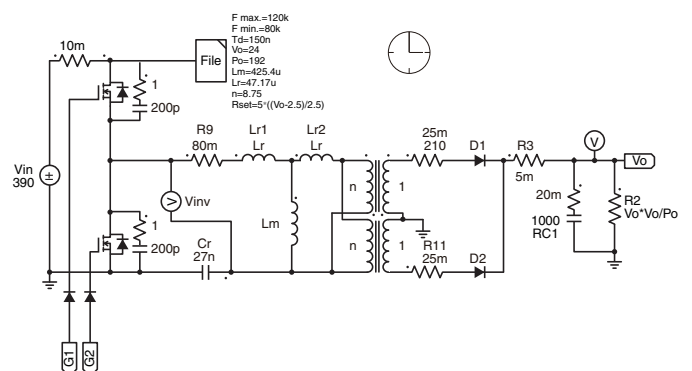
励磁电流：1.27Ap '(199mT)

SW频率：100.5kHz

初级电流：1.45A

次级电流：6.48A

图12 模拟模型



频率几乎与设计相同。

同时，运行波形也接近正弦波，运行点也与FR=1的设计相同。

通过电流值能够估计需要的电线截面积。

⚠ 为了能够更加正确、安全地使用产品，请务必索取能进一步确认详细特性、规格的采购规格书。记载内容可能因为产品改良等原因不经预告而更改，恕不另行通知。

●注意事项

○多输出变压器

设计方面，次级侧的卷数可能达到数卷。此时也能够实现多输出，但难以给出不同于次级侧的卷数比的电压。

例如， $V_o=24V$ 时，该绕组在4Ts中为最佳设计时，第二次输出为只能获得 $24/4=6V$ 步骤的电压，请特别注意。

○多变压器结构

因形状限制等无法通过一个变压器获得需要的电力时，可通过组合使用多个同一形状的变压器获取目标电力。本公司可设计支持各连线方法的变压器，敬请咨询。

○漏磁通的影响

特别在薄型谐振变压器中问题尤为突出，如果在运行时，上下铁板等较为接近，则变压器产生的漏磁通会与金属交错，产生涡流损耗，从而可能导致金属板及变压器发热。

此时，需要修改结构或对磁屏蔽等进行处理。

1. 贵公司名称 _____
 地址 _____
 2. 部门、委托人姓名
 姓名: _____
 TEL/FAX: _____
 E-mail: _____

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)
 频率: _____ (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)
 _____ (V) ± _____ (V) _____ (A) ~ _____ (A) ~ _____ (A)
 _____ (V) ± _____ (V) _____ (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 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 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. 安全标准应对 电器用安全法 附表8 UL _____ 其他 _____
 IEC _____ CSA _____
 有无单品取得申请 有※ 装置申请 无 (※申请费用可能需要贵方负担, 望周知。)
 绝缘种类 基础绝缘 强化绝缘 双重绝缘 其他 ()
 污染度 1 2 3 (未指定时, 按污染度2进行设计。)

8. 安全距离 (请填写公司内部规定距离。)
 1次 - 2次间: _____ mm以上 1次 - 1次间: _____ mm以上 1次 - 磁心间: _____ mm以上
 2次 - 2次间: _____ mm以上 2次 - 磁心间: _____ mm以上

9. 绝缘耐电压 (请填写公司内部规定电压。)
 1次 - 2次间: AC _____ (V) _____ (分) _____ (mA) 1次 - 磁心间: AC _____ (V) _____ (分) _____ (mA)
 1次 - 1次间: AC _____ (V) _____ (分) _____ (mA) 2次 - 磁心间: AC _____ (V) _____ (分) _____ (mA)
 2次 - 2次间: AC _____ (V) _____ (分) _____ (mA)

10. 贵方预定使用的IC
 厂家名: _____ 品号: _____

11. 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) _____

12. 样品信息
 需要数量: _____ pcs. 希望交货期: _____

13. 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。)

TDK营业推进部责任人: _____ 记载日期 _____
 营业责任人: _____ 记载日期 _____
 试制编号: _____ 记载日期 _____