

浅谈安全规格在电子变压器重要作用和解析

聂应发

田村(中国)企业管理有限公司, 惠州 516003

摘要: 电子变压器设计包括电气设计、构造设计及安全规格设计, 每个环节都很重要, 本文重点介绍安全规格在电子变压器使用方法说明介绍和分析, 它对进入一个国家或地区市场门票, 也是标识产品的可靠性, 是产品设计的重要组成部分。所以如何更好提高产品性价比和准入市场, 安规设计是十分必要的。本文拟重点分享安规各个内容及注意地方, 希望能给大家提供更好的帮助。

关键词: 电子变压器, 安全规格设计, 安全距离

Discussion on the important role and analysis of Safety regulations in electronic transformers

Nie ying fa

Tamura corporation of china Ltd., Huizhou 516003

Abstract: Electronic transformer design includes electrical design, structural design and safety specification design, each link is very important, this article focuses on the safety specifications in the electronic transformer use method description introduction and analysis, it is to enter a country or region market ticket, but also to identify the reliability of the product, is an important part of product design. Therefore, how to better improve the cost performance of products and access to the market, safety design is very necessary. This article intends to focus on sharing the various contents and points of attention to safety regulations, hoping to provide better help to you.

Keywords: Electronic transformer, safety regulations design, safety distance

引言

安规定义: 安全标准规格(安规)对制造的装置与电组件有明确的陈述与指导, 以提供具有安全与高品质的产品给终端使用者; 其目的主要是用来防止触电、能量危害、火灾、机械和热危害、辐射危害、化学危害等对人体造成的伤害。一般地, 每一个国家都可以建立自己本国的电气安全标准, 但是大多数的电源及电气设备供给器制造厂商都是使用 IEC、VDE、UL、CSA、CQC 等安全标准作为解决安全之需求。UL 与 VDE 的安全标准有本质上的差异, UL 规格比较集中在防止失火的危险, 而 VDE 规格则比较关于操作人员的安全, 对于电源供给器而言, VDE 乃是最严厉的电气安全标准。安规政策: 高压测试和接地测

试零缺点。

1 安全规格主要专业名字说明及介绍:

1.1 基础绝缘(Basic Insulation):

为防电击提供基本防护而对危险带电零部件所加的绝缘。

备注: 基础绝缘不一定包含专用于实现功能目的所加的绝缘, 例如: 两漆包线绕组之间没有加任何绝缘材料, 就不算基础绝缘的。

1.2 附加绝缘(Supplementary Insulation):

为了在基础绝缘一旦失效时提供电击防护而在基础绝缘之外另加的单独绝缘。

1.3 双重绝缘 (Double Insulation):

就是基础绝缘加上附加绝缘的绝缘。

1.4 加强绝缘 (Reinforced Insulation):

就是对危险带电的零部件所加的单一的绝缘结构, 其提供电击防护的程度和双重绝缘相当。

1.5 I类变压器 Class I Transformer

其防电击不仅依靠基础绝缘, 而且还包含有附加安全措施的一种变压器, 其附加安全措施采取配备诸如接地端子的装置, 使可触及的导电金属零部件能与设备中固定布线的保护接地导线相连, 以便一旦基础绝缘失效, 可触及导电零部件不会成为带电零部件。

备注: 我们常规的高频变压器外面屏蔽接地的不是属于 CLASS I 变压器, 这类变压器通常是低频类, 或特种类变压器的。

1.6 II类变压器 Class II Transformer

其防电击不仅依靠基础绝缘, 而且还采用诸如双重绝缘或加强绝缘的附加安全措施的一种变压器, 这类变压器没有保护接地措施或依靠安装条件的措施。

注: 通常我们所设计的高频变压器如果有安规要求的基本算此范围的。

1.7 防火等级 Degrees of Fireproof

可燃性 UL94 等级是应用最广泛的塑料材料可燃性能标准。它用来评价材料在被点燃后熄灭的能力。根据燃烧速度、燃烧时间、抗滴能力以及滴珠是否燃烧可有多种评判方法。每种被测材料根据颜色或厚度都可以得到许多值。当选定某个产品的材料时, 其 UL 等级应满足塑料零件壁部分的厚度要求。UL 等级应与厚度值一起报告, 只报告 UL 等级而没有厚度是不够的。主要分为以下等级:

防火等级如下表:

防火等级	燃烧时间 (秒)	说明	
94V-0	10	应于规定时间内熄灭火焰无加烈现象	Good
94V-1	30	垂流于本体並於规定时间内自熄	↓
94V-2	30	垂流尚有自燃性, 本体於规定时间内自熄	↓
94HB	--	会燃烧无自熄性	Bad

1.8 污染等级 Degrees of Pollution

为评定电气间隙和爬点距离而规定出下列几个微环境的污染等级。

污染等级 1(P1) Pollution Degrees 1 (P1)

不存在污染或仅有干燥的非导电性污染, 这种污染没有影响。

污染等级 2(P2) Pollution Degrees 2 (P2)

仅存在非导电性污染, 但要预计到偶然出现的因凝露引起的短暂的导电性。

污染等级 3(P3) Pollution Degrees 3 (P3)

存在导电性污染或存在由于可预计到的凝露而变成导电性的干燥非导电性污染。

1.9 相比耐漏电起痕指数 Comparative Tracking Index (CTI)

材料表面能经受住 50 滴电解液(0.1% 氯化铵水溶液)而没有形成漏电痕迹的最高电压值, 单位为 V。其分类主要如下:

CTI(比较碳迹指数) 试验:

受测试材片置于电极棒下, 以每 30 秒滴下 0.1% 之氯化氨 (NH₄CL) 电解液一滴, 能忍受 50 滴电解液后才产生电化痕迹 (燃烧或电流突然增大) 时之电压数。

TrackingDahex(V)	UL 分类	EC 分类	Assigned PLC	
600 ≥ TI	CTI 0	CTI I	0	Good
400 ≥ TI < 600	CTI 1	CTI II	1	↓
250 ≥ TI < 400	CTI 2	CTI III a	2	↓
175 ≥ TI < 250	CTI 3	CTI III a	3	↓
100 ≥ TI < 175	CTI 4	CTI III b	4	↓
0 ≥ TI < 100	CTI 5	-	5	↓ Bad

备注: 数字越大表示材料的漏电性越高。

1.10 绝缘系统 insulation system

它是一套独特的物料组合。它在指定限制温度以下使用时, 不会因热力降解而导致过早失效。

广泛应用国际通用绝缘系统, 如 UL1446 绝缘系统

共有 5 个温度等级:

ClassB, ClassF, ClassH, ClassN, ClassR.

130°C, 155°C, 180°C, 200°C, 220°C

2 我们国家用于电子变压器设计采用 GB/T19212.1-2016 安全规格标准 (变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全)

如下 3 个图所示, 列出安规要求各种测试技术参数 (150V ≤ CTI < 400V 及污染度及贯通是否有关), 通过以下表格, 我们可以设计最符合安规的安全距离, 既满足了安规, 又节省材料。

表 13 爬电距离(cr)、电气间隙(cI)和贯通绝缘距离(dII)
材料组别 IIIa (175 < CTI < 400) 单位为毫米

绝缘类型	测量		工作电压/V												
	贯通绝缘 爬电距离	非贯通绝缘 爬电距离	≥25 <50		100	150	300	600	1 000						
	IP2	IP3	cI	cr	cI	cr	cI	cr	cI						
1) 输入与输出电路之间的绝缘(基本绝缘)	a) 输入电路带电零部件与输出电路零部件之间的爬电距离和电气间隙减小值, 见 26.2 (PI)	×	×	0.2	1.2	0.5	1.4	1.5	1.6	3.0	3.0	5.5	6.0	8.0	10.0
	b) 输入或输出电路与接地金属屏蔽层之间的贯通绝缘距离	×	×	×	×	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII
	c) 输入与输出电路之间的贯通绝缘距离	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2) 输入与输出电路之间的绝缘(双重绝缘或加强绝缘)	a) 输入电路带电零部件与输出电路零部件之间的爬电距离和电气间隙减小值, 见 26.2 (PI)	×	×	0.5	1.4	1.5	2.0	3.0	3.0	5.5	6.0	8.0	12.0	14.0	20.0
	b) 输入或输出电路与接地金属屏蔽层之间的贯通绝缘距离-见 26.3	×	×	×	×	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII	dII
	c) 输入与输出电路之间的贯通绝缘距离-见 26.3	×	×	×	×	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*
3) 相邻输入电路之间的绝缘或相邻输出电路之间的绝缘*	a) 爬电距离和电气间隙减小值, 见 26.2 (PI)	×	×	0.2	1.2	0.2	1.4	0.2	1.6	0.2	1.9	0.2	2.0	0.2	2.2
	b) 爬电距离和电气间隙减小值, 见 26.2 (PI)	×	×	0.8	1.9	0.8	2.2	0.8	2.5	0.8	2.7	0.8	3.0	0.8	3.3
	c) 爬电距离和电气间隙减小值, 见 26.2 (PI)	×	×	×	×	0.18	0.25	0.3	0.3	0.7	0.7	1.7	1.7	3.2	

材料	材质	UL号	UL CTI	CE CTI	厂商
骨架	FR370	E48285	CTI=0	CTI ≥ 600V	旭化成
骨架	FR530	E41938	CTI=2	400 > CTI ≥ 250	杜邦
骨架	PM9630	E41429	CTI=3	250 > CTI ≥ 175	住友
骨架	PM9820	E41429	CTI=3	250 > CTI ≥ 175	住友
胶带(除透明外)	631S#25	E56086	CTI=0	CTI ≥ 600V	寺岗
胶带	CT黄	E65111	CTI=0	CTI ≥ 600V	亚华
胶带(除透明及黑色外)	JL-P208	E326305	CTI=0	CTI ≥ 600V	杰力

通过上面示意图, 我们可以通过输入电压值, 是基础绝缘还是加强绝缘, 所用材料 CTI3 值以上, 就可, 初、次级及铁心安全距离, 当我们电压不是所示电压, 必须采用斜率法来计算距离及耐压值。其原理是, 若 A(i1,b1), B(i2,b2) 为两点, 则点 P (i, b) 在上述两点确定的直线上。

公式 (b-b1)/(i-i1) = (b2-b1)/(i2-i1) = 直线斜率, 变换即得所求, 电压及安全距离方法同。

例: 表 8a 所示, 初级与次级间采用双重绝缘或加强绝缘时, 150V 工作电压要求打耐压 2800V, 300V 工作电压要求打耐压 4200V, 请计算 220V 工作电压时打耐压多少 V?

$$(220V - 150V) / (i - 2800V) = (300V - 150V) / (4200V - 2800V)$$

变换计算求得: 3453.3V, 取整数 3454V。

表 8a 介电强度试验电压值表

介电强度试验电压的施加部位*	工作电压/V ^b				
	<50	150	300	600	1 000
1) 输入电路的带电零部件和输出电路的带电零部件之间(基本绝缘)	250	1 400	2 100	2 500	2 750
2) 输入电路的带电零部件和输出电路的带电零部件之间(双重绝缘或加强绝缘)	500	2 800	4 200	5 000	5 500
3) 下列零部件之间的基本绝缘或附加绝缘: a) 不同极性的带电零部件; —— 在同一个绕组内, 无需试验(仅功能绝缘) —— 除绕组外, 试验适用 b) 带电零部件与壳体, 如果壳体预定要与保护接地相连 c) 可触及的导电零部件与插入进线护套、软线护套, 固定装置和类似装置内的, 其直径和软电缆或软线的直径相同的金属棒(或缠绕在软线上的金属箔) d) 带电零部件与中间导电零部件 e) 中间导电零部件与壳体 f) 每一个输入电路与连接在一起的所有其他输入电路	250	1 400	2 100	2 500	2 750
4) 壳体与带电零部件之间的加强绝缘	500	2 800	4 200	5 000	5 500

* 对符合 19.12.3b) 和 26.2.4.1 试验 B) 的结构, 试验电压要乘以系数 1.25。对符合 26.2.4.2 的结构, 试验电压要乘以系数 1.35。
b 当工作电压处于中间值时, 要在两个相应表列值之间用插法求出介电强度试验电压值。

试验期间, 绝缘材料(和)系统不得出现闪络或击穿, 电晕效应和类似现象不予考虑。试验电压施加部位的图例见附录 N。

所使用的试验方法的细节见 IEC 61180-1 和 IEC 61180-2。

试验所用的高压变压器在输出端子短路时, 应当能提供至少 200 mA 的电流。

3 例如对于 IEC60335-1, 我们可以对安全距离进行计算 (已知: 定格输入电压、CTI 值、污损度及基础/强化绝缘基础上)

可以看出当各参数不同时, 可得不同安全距离。

★IEC60335-1 ed.4(= IEC61558-1)

最大動作電圧実効値 (最大动作电压有效值)	220	Vrms
CTI值	175V≤CTI < 400	
汚損度 (汚損度)	汚損度P2	
基礎絶縁? 強化絶縁? (基础绝缘? 强化绝缘?)	基礎絶縁	
1次-2次間の最小沿面空間距離 (1次-2次間 最小沿面空間距離)	2.251	mm Min.

★IEC60335-1 ed.4(= IEC61558-1)

最大動作電圧実効値 (最大动作电压有效值)	220	Vrms
CTI值	175V≤CTI < 400	
汚損度 (汚損度)	汚損度P2	
基礎絶縁? 強化絶縁? (基础绝缘? 强化绝缘?)	強化絶縁	
1次-2次間の最小沿面空間距離 (1次-2次間 最小沿面空間距離)	4.4	mm Min.

★IEC60335-1 ed.4(= IEC61558-1)

最大動作電圧実効値 (最大动作电压有效值)	276	Vrms
CTI值	175V≤CTI < 400	
汚損度 (汚損度)	汚損度P2	
基礎絶縁? 強化絶縁? (基础绝缘? 强化绝缘?)	強化絶縁	
1次-2次間の最小沿面空間距離 (1次-2次間 最小沿面空間距離)	5.52	mm Min.

4 例如对于高频变压器申请 CQC 例子，我们可以对安全距离进行计算（已知：定格输入电压、CTI 值、污损度及基础 / 强化绝缘基础上）

可以看出当各参数不同时，可得不同安全距离。

变压器规格：输入 2-4 为 85~265V,6-7 为反馈绕组，9-16 为输出绕组，在国内出售，申请 CQC 认证。

CQC 对资料审核，以下主要内容必须满足。

(1) CQC 认证采用 GB19212.1-2008、GB/19212.17-2013

(2) 高频变压器工作电压 85~265V, 属于加强绝缘，耐压 P-S:3880V,P-C:1940V,S-C:1940V

(3) 安全距离:P-S 空间距离:2.6mmmin 爬电距离:2.6mmmin

P-C 空间距离:1.3mmmin 爬电距离:1.3mmmin

S-C 空间距离:1.3mmmin 爬电距离:1.3mmmin

(4) 输入与输出穿过绝缘距离 0.1mmmin, 磁芯与输出穿过绝缘距离 0.3mmmin

申请 CQC 对策:

1) 所用电线全部采用 IEC60317-34 认证过的标准, (厂商原则都可通过) 就认为可用贯通标准来申请。

2) 同时所有绝缘胶带采用 CTI>=600V 胶带, 即可用 300V 为 3.0mm 标准来做, 但实际为 265V, 则实际可用 2.6mm 标准来做。

3) 耐压折算为初、次级间电压为 3880V。

4) 输入与输出穿过绝缘距离, 实测 3 层胶带为 0.07*3=0.21mm, 大于 0.1mmmin, 实测为 1.0mm 磁芯与输出穿过绝缘距离 0.3mmmin。

下记 CQC 测试数据, 满足要求:

GB 19212.1-2008、GB/T 19212.17-2013

条款	试验要求	试验结果	结论		
18.2/18.3 附表: 绝缘电阻和介电强度					
部位	绝缘类别	工作电压(V)	介电强度 (V, 1min)	绝缘电阻(MΩ)	飞弧或击穿(V/N)
输入绕组到输出绕组	加强绝缘	265	3880	>50	N
输入绕组到磁芯	基本绝缘	265	1940	-	N
输出绕组到磁芯	附加绝缘	265	1940	-	N
三层绝缘胶带任意两层组合	加强绝缘	265	5000	-	N
拟串联或并联连接的输入绕组之间	功能绝缘	265	765	>50	N
拟串联或并联连接的输出绕组之间	功能绝缘	265	765	>50	N

26.2 附表: 爬电距离和电气间隙

位置	绝缘等级	污染等级	工作电压 Urms(V)	工作电压 Up(V)	电气间隙 (mm)	爬电距离 (mm)
输入绕组到输出绕组	加强绝缘	P2	265	420	≥2.6	4.0
输入绕组到磁芯	基本绝缘	P2	265	420	≥1.3	2.0
输出绕组到磁芯	附加绝缘	P2	265	420	≥1.3	2.3

附加信息:
1、变压器其绕组采用符合 IEC60317 中的 II 级绕组线绕制, 故采用贯通绕组线漆膜的测量;
2、变压器中的挡墙和绝缘胶带均能达到材料组别 I 的要求, 故按照附录 D 的规定值来考核本变压器。

耐压值参考以下, 再进行折算就可 (方法如前), 漆包线满足 IEC60317-34 测试标准, 就可认为贯通方法来计算:

表 8a 介电强度试验电压值表

介电强度试验电压的施加部位*	工作电压/V				
	<50	110	300	600	1 000
1) 输入电路的带电零件和输出电路的带电零件之间 (基本绝缘)	250	1 400	2 100	2 500	2 750
2) 输入电路的带电零件和输出电路的带电零件之间 (加强绝缘或附加绝缘)	500	2 800	4 200	5 000	5 500

漆包圆绕组线
第 7 部分: 130L 级聚酯漆包铜圆线
Enamelled round winding wire—
Part 7: Polyester enamelled round copper wire, class 130L
(IEC 60317-34:1997, Specifications for particular types of winding wires—Part 34: Polyester enamelled round copper wire, class 130L, IDT)

采用 CTI ≥ 600V 可通过折算选出初、次级间距离只要 2.6mm 以上就可满足要求, 但考虑制作时差, 可选用 4mm 足可满足安全距离。

表 D.1 爬电距离 (cr)、电气间隙 (cl) 和贯通绝缘距离 (cti) 单位为毫米
材料组别 I (CTI>=600)

绝缘类型	测量	工作电压/V									
		爬电距离/贯通绝缘距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离
1) 输入与输出电路之间的绝缘 (基本绝缘)	a) 输入电路带电零件与输出电路带电零件之间的爬电距离和电气间隙	≥2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	减小值, 见 26.2 (PI)	—	0.34	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65
b) 输入或输出电路与接金属屏蔽层之间的贯通绝缘距离	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c) 输入与输出电路之间的贯通绝缘距离	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2) 输入与输出电路之间的绝缘 (加强绝缘或附加绝缘)	a) 输入电路带电零件与输出电路带电零件之间的爬电距离和电气间隙	≥2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	减小值, 见 26.2 (PI)	—	0.34	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65
b) 输入或输出电路与接金属屏蔽层之间的贯通绝缘距离	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c) 输入与输出电路之间的贯通绝缘距离	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3) 初级输入电路之间的绝缘或初级输入电路与输出电路之间的绝缘	a) 爬电距离和电气间隙	≥2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	减小值, 见 26.2 (PI)	—	0.34	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65

表 D.1 (续)

绝缘类型	测量	工作电压/V									
		爬电距离/贯通绝缘距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离	爬电距离
1) 连接外部电路或绕组线的绕组端子之间的爬电距离和电气间隙, 不包括输入电路与输出电路之间的爬电距离和电气间隙	a) ≥10 A	≥2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	b) ≥5 A ~ <10 A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c) ≥0.5 A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2) 基本绝缘或附加绝缘	下列“a)”至“c)”之间的绝缘	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	a) 不同种的带电零件	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b) 带电零件与壳体, 加强绝缘固定型与保护绝缘型	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
c) 可触及的导电零件与输入进线护套, 固定型绝缘屏蔽层型内部的一相应型和电气间隙或绝缘层同的金属物 (或绝缘层固定上的金属物)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
d) 带电零件与带电零件	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
e) 不同种带电零件与壳体	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
减小值, 见 26.2 (PI)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3) 加强绝缘或附加绝缘	绝缘与带电零件之间或和所要求的部位, 不包括输入与输出端子之间的绝缘	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—