



# 安规对变压器的绝缘系统要求

---

产品技术中心 安规技术组

—— 2008.10.27

# 内容提要

---

- 什么是绝缘系统
- 绝缘系统认证介绍
- 安规对变压器的绝缘系统要求
- 变压器规格书的绝缘等级勾选
- 如何判断变压器是否符合绝缘系统
- 电感相关说明

# 一、什么是绝缘系统

---

## ○ 概念

绝缘系统是用于电气设备的、由两种或两种以上的绝缘材料组成的紧密组合体，在经过广泛的测试之后，证明这些绝缘材料组合在一起，在长期承受不超过该绝缘系统等级所限定的温度时，都不会发生绝缘性能的明显减弱。

## ○ 适用范围

变压器、马达（电机）、电感、水泵、Relay、镇流器等线圈类零件



---

## ○ 绝缘材料

漆包线、骨架或芯管、绝缘胶带、挡墙、引线、套管、凡立水、扎带...（注：磁芯是导体，不属于绝缘材料）

## ○ 温度等级

- 绝缘系统有明确的温度等级区分，目前最广泛使用的就是UL的绝缘系统，因此我们通常所说的绝缘系统都是指依据标准UL1446来划分温度等级的绝缘系统。
- 其实IEC也有绝缘材料温度等级评定的类似标准IEC 60085（等效国标GB11021），只是不常使用；其中并无“绝缘系统温度等级”，而是称作“电气绝缘的耐热等级”。
- 此外在信息技术类设备通用标准IEC/UL60950-1以及UPS专用标准UL1778与IEC62040-1-1中定义温升限值时也曾列出类似的绝缘温度等级，但都大同小异。

- UL1446的绝缘系统温度等级

| System class |
|--------------|
| 120(E)       |
| 130(B)       |
| 155(F)       |
| 180(H)       |
| 200(N)       |
| 220(R)       |
| 240(S)       |
| Over 240(C)  |

- IEC60085/GB11021的电气绝缘耐热等级

| 耐热等级 | 温度 ℃ |
|------|------|
| Y    | 90   |
| A    | 105  |
| E    | 120  |
| B    | 130  |
| F    | 155  |
| H    | 180  |
| 200  | 200  |
| 220  | 220  |
| 250  | 250  |

## ○ IEC60950-1 <sup>g1</sup>

| Part                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Insulation, including winding insulation: <ul style="list-style-type: none"><li>– of Class 105 material (A)</li><li>– of Class 120 material (E)</li><li>– of Class 130 material (B)</li><li>– of Class 155 material (F)</li><li>– of Class 180 material (H)</li><li>– of Class 200 material</li><li>– of Class 220 material</li><li>– of Class 250 material</li></ul> |

## ○ UL60950-1 <sup>g3</sup>

| Part                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Insulation, including winding insulation: <ul style="list-style-type: none"><li>– of Class 105 material (A)</li><li>– of Class 120 material (E)</li><li>– of Class 130 material (B)</li><li>– of Class 155 material (F)</li><li>– of Class 180 material (H)</li><li>– of Class 200 material</li><li>– of Class 220 material</li><li>– of Class 250 material</li></ul> |

g1 依据IEC60085  
gaott, 2008-11-20

g3 等同IEC60950-1  
gaott, 2008-11-20

## ○ UL1778

| Part                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Insulation, including winding insulation: <ul style="list-style-type: none"><li>– of Class A material 105</li><li>– of Class E material 120</li><li>– of Class B material 130</li><li>– of Class F material 155</li><li>– of Class H material 180</li><li>– of Class C material 200</li><li>– of Class N material 220</li><li>– of Class R material 240</li></ul> |

## ○ IEC62040-1-1

| Parts                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Insulation, including winding insulation, of <ul style="list-style-type: none"><li>– Class A material 105</li><li>– Class E material 120</li><li>– Class B material 130</li><li>– Class F material 155</li><li>– Class H material 180</li><li>– Class C material 200</li><li>– Class N material 220</li><li>– Class P material 240</li></ul> |

## ○ 绝缘系统温度等级划分比较

| 温度<br>(°C) | 等级代码 (CLASS) |          |               |        |              |
|------------|--------------|----------|---------------|--------|--------------|
|            | UL1446       | IEC60085 | IEC/UL60950-1 | UL1778 | IEC62040-1-1 |
| 90         | -            | Y        | -             | -      | -            |
| 105        | -            | A        | A             | A      | A            |
| 120        | E            | E        | E             | E      | E            |
| 130        | B            | B        | B             | B      | B            |
| 155        | F            | F        | F             | F      | F            |
| 180        | H            | H        | H             | H      | H            |
| 200        | N            | 200      | 200           | C      | C            |
| 220        | R            | 220      | 220           | N      | N            |
| 240        | S            | -        | -             | R      | P            |
| Over 240   | C            | -        | -             | -      | -            |
| 250        | -            | 250      | 250           | -      | -            |

## 二、绝缘系统认证介绍

---

### ○ 什么是绝缘系统认证

绝缘系统的每个温度等级都需通过标准所要求的各项严格测试来进行评定和确认，确认完成后给出符合性证明，并对此评定过的绝缘系统材料进行管控及定期检查，此过程一般是由认证机构（一般均指UL）来执行，称为绝缘系统认证。

### ○ 认证标准

UL 1446: Systems of Insulating Materials – General

IEC 60085: Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation

GB 11021-89: 电气绝缘的耐热性评定和分级



---

## ○ 绝缘系统认证所考虑的因素

- 单项材料的性能
- 整个系统材料的兼容性或相匹配性
- 特定温度环境下的化学反应
- 某些条件下可能释放破坏性气体
- 不同生产商不同材料的差异性
- 排除可能性或将其限制在某个可接受的范围

## ○ 特点

- 逐项添加，非一次完成
- 作用因素复杂，测试周期长，费用昂贵



---

## ○ 认证类别

### ● 真正的绝缘系统认证——OBJJS2

- 真正逐项进行绝缘材料的绝缘系统测试和验证
- 项目庞大，费用昂贵，周期漫长
- 通常为大型的绝缘材料生产商，如3M、杜邦等

### ● 常见的绝缘系统认证——OBJJY2

- 由OBJJS2企业授权使用其绝缘系统中的材料
- 由UL对所用材料是否符合某个OBJJS2进行鉴定
- 建立UL档案，并进行定期工厂审查
- 通常为应用绝缘材料的中小企业，如变压器生产商

## ○ 变压器的绝缘系统认证

- 所属类型 - OBJY2

- 实际意义

确保变压器中所用各项绝缘材料的组合在长期工作在该变压器正常工作所能达到的温度环境中时，其绝缘性能不会发生明显减弱从而导致危险发生。

- 认证包含内容

- UL档案号: [OBJY2\\_E199817](#)
- 绝缘系统材料清单: [CLiCK\\_SBI4.2](#)
- 定期工厂审查: 每年4次

g4

确切地讲，应该这样解释：申请了OBJY2类型绝缘系统认证的企业，使用其绝缘系统材料清单中的材料生产变压器，即认为该变压器符合了绝缘系统要求。

gaott, 2008-11-20



## 三、安规对变压器的绝缘系统要求

---

- 安规为何要求变压器有绝缘系统认证？
- 变压器应符合什么样的绝缘系统要求？

# 安规为何要求变压器有绝缘系统认证

## ○ 温升要求

在UPS安规标准UL1778/IEC62040-1-1中，对不同绝缘系统等级的材料都规定了相应的最大温度限值，如下：

| Part                                      | Maximum temperature by resistance method (by thermocouple method), °C (°F) |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Insulation, including winding insulation: |                                                                            |
| – of Class A material 105                 | 100 (90)                                                                   |
| – of Class E material 120                 | 115 (105)                                                                  |
| – of Class B material 130                 | 120 (110)                                                                  |
| – of Class F material 155                 | 140 (130)                                                                  |
| – of Class H material 180                 | 165 (155)                                                                  |
| – of Class C material 200                 | 175 (165)                                                                  |
| – of Class N material 220                 | 190 (180)                                                                  |
| – of Class R material 240                 | 210 (200)                                                                  |
|                                           | (see conditions 1, 2, and 5 of RD, Table 4A)                               |

注：如果绕组温升是用热电偶测量，则最大温度限值还须减去10℃；而我们公司测量温升基本都使用热电偶法，因此应以上表括号中的温升限值为准。

$$T_{\max} : (T - T_{\text{amb}}) \leq (T_{\max} - T_{\text{mrs}})$$

$$\Delta T_{\max} : (T - T_{\text{amb}}) \leq (\Delta T_{\max} + 25 - T_{\text{mrs}})$$

#### 1.4.12.2 Temperature dependent equipment

For equipment where the amount of heating or cooling is designed to be dependent on temperature (for example, the equipment contains a fan that has a higher speed at a higher temperature), the temperature measurement is made at the least favourable ambient temperature within the manufacturer's specified operating range. In this case:

$T$  shall not exceed  $T_{\max}$ .

NOTE 1 In order to find the highest value of  $T$  for each component, it may be necessary to conduct several tests at different values of  $T_{\text{amb}}$ .

NOTE 2 The least favourable value of  $T_{\text{amb}}$  may be different for different components.

#### 1.4.12.3 Non-temperature dependent equipment

For equipment where the amount of heating or cooling is not designed to be dependent on ambient temperature, it is permitted to use the method in 1.4.12.2. Alternatively, the test is performed at any value of  $T_{\text{amb}}$  within the manufacturer's specified operating range. In this case:

$T$  shall not exceed  $(T_{\max} + T_{\text{amb}} - T_{\text{ma}})$ .

During the test,  $T_{\text{amb}}$  should not exceed  $T_{\text{ma}}$  unless agreed by all parties involved.

## 补充：温升的判定

---

### ✓ 散热量随温度进行调整的产品

- 若产品设计为根据温度来调整散热量，例如风扇转速随温度升高而增大，以便控制温度不会上升到太高，那么可以在产品规格所定义的环境范围内的最不利条件下（见注1&注2）进行温升测试，此时最大温度限值即为Tmax，即实测温度不应超出Tmax：

$$T \leq T_{\max}$$

注1：为找到每个元件的最大温度T，可能需在不同Tamb下做多个测试。

注2：对不同元件的最不利温度条件Tamb可能也不相同。

## ✓ 散热量不随温度进行调整的产品

- 若产品未设计为以上散热随温度而变的类型，则也允许使用以上T<sub>max</sub>直接判定，但须注意以上的温升测量需在最不利环温条件下进行，根据1.4.12.2的注释1和注释2，不同元件的最不利环温可能不同，因此可能需要在许多不同的环温T<sub>amb</sub>条件下进行多次测试。
- 此外，也可以仅在厂商定义范围内的一种温度(例如常温)下测量温升，此时只须按下式换算最大温度限值：

$$T \leq T_{\max} + T_{\text{amb}} - T_{\text{ma}}$$

(其中T为实测温度，T<sub>max</sub>为标准规定的温度限值，T<sub>amb</sub>为实测环温，T<sub>ma</sub>为产品规格定义的最大环温与25℃两者取最大)。



---

## ○ 认证风险

如果变压器材料的组合未获得任何绝缘系统认证，则无论其采用何种温度的材料，在整机安规认证（尤其是UL认证）时对其温升限值将一律按最低级别即**Class A 105℃**来考虑，这样容易造成温升不过。

## ○ 安规设计

当变压器的温升或过载超过了某个温度等级的要求时，还可以通过只更改变压器的绝缘系统来达到更高温度要求，而无需更改变压器设计，同时也为产品顺利通过认证提供了益处。

# 变压器应符合什么样的绝缘系统要求

---

- 变压器应根据其实际工作所能达到的最大温升来选用正确的温度等级及符合其相应等级绝缘系统的材料，这包括：
  - ✓ 正确勾选规格书中的绝缘等级
  - ✓ 所用各项绝缘材料必须具UL认证
  - ✓ 所用绝缘材料的组合须符合UL绝缘系统认证

## 四、变压器规格书的绝缘等级勾选

### ○ 变压器规格书中的“绝缘等级”选项：

|    |                                    |                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | 環境需求<br>Environmental<br>Condition | 1、 Operating temperature range : ____℃ – ____℃<br>2、 Storage temperature range : ____℃ – ____℃<br>3、 Operating humidity range : ____% – ____%R.H                                                                         |
| 11 | 安規標準<br>Safety Standard            | UL                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | 絕緣等級<br>Insulation Class           | <input type="checkbox"/> CLASS A(105℃), <input checked="" type="checkbox"/> CLASS B(130℃), <input type="checkbox"/> CLASS F(155℃),<br><input type="checkbox"/> CLASS H (180℃) , <input type="checkbox"/> CLASS H+ (200℃) |

注：勾选“绝缘等级”的意义在于定义变压器所需耐受的温度等级，一旦勾选为某个等级，则表示该变压器在正常工作中可能达到的温度最大不可超出此“绝缘等级”所对应的温度限值。

## ○ 如何确定变压器所需的“绝缘等级”

### ● 第一步：测量最大温升

模拟能使变压器达到最大温升的正常工作条件，并实时监测变压器温升和环境温度直达温度稳定，记录此最大变压器温度**T**和最大环境温度**Tamb**.

- 注：
- 1) 测试条件为变压器正常工作条件，不含异常条件；
  - 2) 变压器温升测量点包括磁芯、线圈、内部、外部等所有可能产生最高温度的点；
  - 3) 温度稳定状态一般至少需维持半小时以上。

g5

以散热不随温度进行调整的产品为例  
gaott, 2008-11-20

$$T_{\max} : (T - T_{\text{amb}}) \leq (T_{\max} - T_{\text{ma}})$$

$$\Delta T_{\max} : (T - T_{\text{amb}}) \leq (\Delta T_{\max} + 25 - T_{\text{ma}})$$

## ● 第二步：计算最大温升限值条件

根据下式计算所需绝缘等级最大温度限值应满足的条件：

$$T \leq T_{\max} + T_{\text{amb}} - T_{\text{ma}}$$

$$T_{\max} \geq T + T_{\text{ma}} - T_{\text{amb}}$$

其中：

$T$  — 第一步中实际测得的最大变压器温度；

$T_{\text{amb}}$  — 第一步中实际测得的最大环境温度；

$T_{\max}$  — 标准中对不同绝缘等级材料所规定的最高温度；

$T_{\text{ma}}$  — 变压器所处的整机产品制造商技术规范允许的最高环境温度或25℃，两者取较大者。



---

- 第三步：确定绝缘等级

根据计算所得的 $T_{max}$ 范围及下表判断所需的绝缘等级：

| 绝缘等级             | $T_{max}$ (°C)<br>(标准中所规定的最大温度) |
|------------------|---------------------------------|
| CLASS A (105°C)  | 90                              |
| CLASS B (130°C)  | 110                             |
| CLASS F (155°C)  | 130                             |
| CLASS H (180°C)  | 155                             |
| CLASS H+ (200°C) | 165                             |

注：上表依据UL1778(2005)，且假设采用热电偶法测量温升。

# 举例

---

- 假设：

实际测得的环温 $T_{amb}=22^{\circ}\text{C}$

整机规定的最大环温 $T_{ma}=40^{\circ}\text{C}$

变压器实际测得的最大温度 $T=93^{\circ}\text{C}$

试问，该变压器应选的绝缘等级为何？

- 解答：

根据式子 $T_{max} \geq T + T_{ma} - T_{amb}$ 有

$$T_{max} \geq 93 + 40 - 22 = 111 (^{\circ}\text{C})$$

因此，根据上表，该变压器应选CLASS F（155 °C）等级的绝缘系统，其对应 $T_{max}$ 为130 °C，可满足实际需求。

- 
- 举例：按照实际测试环温 $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ 、整机规定的最大环温 $T_{ma}=40^{\circ}\text{C}$ 计算所得的最大温度限值：

| 绝缘等级                               | $T_{max}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )<br>(基于环境温度 $25^{\circ}\text{C}$ ) | $T_{max} + T_{amb} - T_{ma}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )<br>(当 $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{ma}=40^{\circ}\text{C}$ ) |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLASS A ( $105^{\circ}\text{C}$ )  | 90                                                                 | 75                                                                                                                     |
| CLASS B ( $130^{\circ}\text{C}$ )  | 110                                                                | 95                                                                                                                     |
| CLASS F ( $155^{\circ}\text{C}$ )  | 130                                                                | 115                                                                                                                    |
| CLASS H ( $180^{\circ}\text{C}$ )  | 155                                                                | 140                                                                                                                    |
| CLASS H+ ( $200^{\circ}\text{C}$ ) | 165                                                                | 150                                                                                                                    |

## 五、如何判断变压器是否符合绝缘系统

---

- 第一步：根据实际使用所需温度选择相应的绝缘系统温度等级；
- 第二步：根据以上选择进行判断：
  - 若勾选为**CLASS B (130℃)**或以上，则除要求变压器各项材料具**UL**认证外，还必须要求供应商提供相应温度等级的“绝缘系统”认证证书；
  - 若勾选为**CLASS A (105℃)**，则只要求变压器各项材料具**UL**认证，不要求符合绝缘系统。

g6

当然，该变压器各项材料的耐温必须在105℃以上  
gaott, 2008-11-20

[E174837](#)

[E59481](#)

[E41429](#)

[安规证书查询  
路径指南](#)

- 第三步：检查各项绝缘材料是否符合UL认证（磁芯除外）及其UL认证号是否正确真实，需核对的项目包括：绝缘材料生产厂商、型号、耐温等；

| NO. | ITEM | SUPPLIER                                                      | MANUFACTURER<br>PART NO                                     | MATERIAL                                                                       | UL NO.                       |   |
|-----|------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---|
| 1   | CORE | LI-JYH TECHNOLOGY ENTERPRISE<br>CO.,LTD.                      | FERRITE CORE<br>T9*5*3C<br>MZ4                              | IRON POWER                                                                     |                              | ✓ |
| 2   | WIRE | JUNG SHING WIRE CO., LTD                                      | 130℃ UEW-4#                                                 | POLYURETHANE ENAMELLED<br>COPPER WIRE                                          | E174837                      | ✓ |
| 3   | BASE | CHANG CHUN PLASTICS CO.,LTD.<br><br>SUMITOMO BAKELITE CO.,LTD | 150℃ 94V-0<br>T375J<br>T355J<br>T3571<br>PM-9820<br>PM-9630 | PHENOLIC<br>0.75mm MIN<br>0.62mm MIN<br>0.75mm MIN<br>0.16mm MIN<br>0.32mm MIN | E59481<br><br><br><br>E41429 | ✓ |

- 第四步：要求变压器供应商提供相应等级的绝缘系统UL证书及材料清单，并核对该变压器所用材料是否都在该材料清单中包含，若发现有不包含项，则可判定材料组合不符合绝缘系统认证，必须立即要求供应商更换正确的材料！

| NO | Items       | Materials                                                          | Suppliers/Manufacturer                                |
|----|-------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|    | BASE        | PHENOLIC PM-9820 150°C<br>UL Rating:94V-0 File NO.:E41429          | SUMITOMO BAKELITE CO LTD                              |
| 2  | Core        | T9*5*3C P4                                                         | ACME                                                  |
| 3  | Copper Wire | Polyurethane enameled 130°C<br>Copper Wire:MW-75C File NO.:E201757 | PACIFIC ELECTRIC WIRE &CABLE CO.,LTD                  |
| 4  | Epoxy       | 3300A/B E218090                                                    | DONGGUAN CITY HUMEN EATTO INSULATION MATERIAL FACTORY |
| 5  | Varnish     | TYPE NO.:BC-346 FILE NO.:E317427                                   | JOHN C DOLPHS CO.,LTD                                 |
| 6  | TAPE        | Polyester tape TYPE:CT E165111                                     | JINGJIANG YAHUA PRESSURE SENSITIVE GLUE CO LTD        |



---

## ○ 特别注意事项：

1. RD在制作变压器规格书时务必要注意材料清单的正确性，切勿随意复制旧版规格书或者类似元件的材料清单，更不可将此未经审核的材料清单直接提供给供应商，否则会使供应商误以为必须按我们所指定的材料清单进行生产，从而导致未按绝缘系统的要求选用正确的材料！正确做法是：若有特殊需求，应自行选择正确的绝缘系统材料；若无特殊需求，则可要求供应商按其自身所有的绝缘系统选择正确的材料以符合需求。
2. RD在制作变压器规格书的材料清单时，应特别注意各项材料的生产厂商和所用型号以及其UL证书号等信息的正确性，因为这些是审核材料选用是否符合要求的最基本信息，如果填写错误，会导致材料来源无从查起，更无法保证其正确使用！值得一提的是，即使是供应商提供的信息也不一定正确，所以必须要严格审查并与供应商进行核对，避免错误的延续。

- 
- 
3. UL绝缘系统证书号有别于各项绝缘材料的UL证书号，它是另外一个单独的UL证书号码，每项材料都有UL证书号并不代表它们组合在一起使用就能符合绝缘系统的要求，必须要有绝缘系统的UL证书号码、也就是符合相应绝缘系统的材料清单才行！
  4. 此外，建议要求RD在制作规格书时将各项材料的安规证书及整个材料组合所符合的绝缘系统证书附在后面，这样有利于对变压器各项安规的符合性进行把关，同时也可以起到监督作用，防止用错料或供应商随意换料而导致安规要求不符合！
  5. 建议在对变压器作承认时，按规格书要求将相应的材料UL证书及绝缘系统UL证书作为附件附在承认书中，将此作为物料承认通过的必要条件，并交DCC存档，以便做到最后的把关，避免前面环节出现的任何疏漏被放过！

g7

第5点为新增加的内容

gaott, 2008-11-20

## 六、电感相关说明

---

### ○ 对电感的绝缘系统要求

严格来讲，对电感的绝缘系统要求应与变压器完全相同，也应根据实际温升选取正确的绝缘系统温度等级，并依此选取符合相应温度等级绝缘系统要求的材料。

### ○ 现行做法

由于目前我们公司的电感供应商大多都比较小，基本没有自己的绝缘系统，若按变压器一样严格要求则不太现实，因此，目前我们内部对电感绝缘系统要求的折衷做法是：

## 变压器/电感规格书绝缘等级勾选说明

---

- 第一步：按照与变压器完全相同的方法选取正确的绝缘系统温度等级；
- 第二步：结合与该电感有关的整机安规需求进行判断：
  - 若是属于以下两种情况的任意一种，则仅要求电感各项材料具UL认证，不要求必须符合绝缘系统；
    - 1) 整机不申请UL认证（无论勾选哪个等级），或
    - 2) 勾选为**CLASS A (105℃)**（无论整机安规需求为何）
  - 若整机需申请UL认证，且勾选为**CLASS B (130℃)**或以上，则除要求电感各项材料具UL认证外，还要求其整体必须符合绝缘系统，因此必须要求供应商提供相应温度等级的“绝缘系统”认证证书。



---

**Q & A**



**THANKS!**