

国际电工委员会 (IEC)

变压器类产品标准译文

(第一辑)

沈阳变压器研究所

一九七七年七月

出 版 说 明

我国自一九五七年起正式参加国际电工委员会(IEC)，成为其会员国。据一机系统国际电工标准归口的分工，我所负责 IEC 的 TC (技术委员会) 14: 电力变压器，TC14B: 有载分接开关，TC14C: 电抗器，TC38 : 仪用互感器等有关标准的归口管理工作。遵循“独立自主，自力更生”和“洋为中用”的方针，为了切实做好国内 IEC 有关工作，加强和促进变压器、互感器类产品标准化工作的发展，现将我所归口的 IEC 有关推荐标准陆续组织翻译出版，以利参考和交流。

由于我们水平所限，译文中缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

一九七七年七月

目 录

电力变压器(76—1967).....	(1~31)
电流互感器(185—1966).....	(32~43)
电压互感器(186—1969).....	(44~56)
油浸变压器负载导则(354—1972).....	(57~78)
有载分接开关(214—1966).....	(78~82)
电抗器(289—1968).....	(82~91)

国际电工委员会 (IEC) 推荐标准

电 力 变 压 器

(1967年)

一、范围和使用条件

1. 范 围

本推荐标准适用于电力变压器 (包括自耦变压器), 但不适用于下列某些小型和特殊的变压器:

容量小于 1 千伏安的单相变压器和容量小于 5 千伏安的多相变压器;

仪用互感器 (属于第 185 号推荐标准的范围);

静止变流器用变压器 (属于第 84、119 和 146 号推荐标准的范围);

启动变压器;

试验变压器;

装在车上的牵引变压器;

焊接变压器。

上述各种变压器或其他特殊变压器, 如果没有相应的国际电工委员会推荐标准, 可采用本标准的全部或一部分。

2. 使用条件

本推荐标准提出的详细要求, 适用于在下列使用条件下的变压器:

(a) 海拔高度——离海平面的高度不超过 1000 米 (3300 呎), 或定货方所提出的超过这一高度的海拔高度。

注: 高海拔见第 3 条。

(b) 冷却介质的温度——对水冷的, 冷却水的入口温度不超过 25°C ; 对气冷的, 空气的温度绝不超过 40°C , 或不低于 -25°C ,

否则由定货方提出特殊要求。

此外, 对气冷的, 空气温度绝不超过下列数值:

任何一天的日平均温度—— 30°C ;

任何一年的年平均温度—— 20°C 。

注: 冷却介质的温度较高时, 见第 3 条。

(c) 电源电压的波形——应为近似的正弦波形。

(d) 多相电源电压的对称性——对多相变压器, 电源电压应近似对称。

3. 非一般使用条件的说明

当干式和油浸式变压器的冷却空气温度高出第 2 条 (2) 款规定数值时, 对其定额和试验提出了补充推荐。对于海拔高度超过 1000 米 (3300 呎) 的所有变压器也提出了补充推荐 (见第 18、19 和 22 条)。

当气冷式变压器的冷却空气温度高出第 2 条 (2) 款规定值 10°C 以上, 或水冷式变压器所用冷却水温度超过 25°C 时, 对其温升未作规定。此类特殊要求, 须由定货方与制造厂协议确定。

二、定 义

4. 定 义

下述定义适合于本推荐标准之用。其他术语均按国际电工词汇所规定的含义。

(1) 总 称

A. 变压器——一种静止的电器, 借电磁感应, 以相同频率在两个或更多的线圈之间变

更交流电压和电流，通常各线圈的电压与电流值是不同的。

B. 自耦变压器——一种变压器，其中至少有两个线圈具有公有的部分。

C. 增压变压器——一种变压器，其中一个线圈与线路串联，借以改变线路电压，另一个线圈是激磁线圈。

D. 油浸式变压器——一种变压器，其铁心和线圈是浸在一种油中的。

注：本推荐标准中，将合成绝缘液体也作为一种油。

E. 干式变压器——一种变压器，其铁心和线圈不浸在任何绝缘液体中。

(2) 端子和中性点

A. 端子——供外部导体与线圈连接用的导电元件。

B. 线路端——供连接到系统线路导体的端子。

C. 中性端

(a) 对于多相变压器——星接法或曲折接法中连接中性点的端子。

(b) 对于单相变压器——连接系统中性点的端子。

D. 中性点

(a) 多相系统中星形的公共点。

(b) 对称系统中正常处于零电位的点。

E. 相应端子——不同线圈上以相同字母或相应符号表示的端子。

(3) 线圈

A. 线圈——线匝的组合，用以构成变压器一种额定电压所需的电气回路。

注 1. 对于多相变压器，“线圈”是相线圈的组合〔见第 4 条(3)款 B 项之定义〕；

2. 对于自耦变压器，线圈的公有部分称作“公共线圈”，其余部分称作“串联线圈”；

3. 对于增压变压器，与线路串联的线圈称为串联线圈，另一个称为激磁线圈。

B. 相线圈——线匝的组合，形成多相线圈的一相。

注：相线圈一词不应与某一铁心柱上一组线段的装配相混。

C. 高压线圈*——最高一个额定电压的

线圈。

D. 低压线圈*——最低一个额定电压的线圈。

注：对于增压变压器，具有较低额定电压的一个线圈可能具有较高的绝缘水平。

E. 中压线圈*——多线圈变压器中，额定电压介于最高与最低额定电压之间的一个线圈。

F. 辅助线圈——仅为承担变压器额定功率中一个小负载的线圈。

G. 平衡线圈——专为在星——星或星——曲折接法的变压器中减少星连接线圈中零序阻抗电压的一种角形连接线圈〔见第 4 条(7)款之 E〕。

注 1. 减少这种阻抗，对降低三次谐波电压幅值或稳定中性点电压来说，可能是必须的；

2. 如果端子没有为连接外部线路而引出，即使线圈的一点或三角形同一个角的两点都引出（例如为接地之用），该线圈仍作为平衡线圈。如果在三相变压器中，其他一些点也被引出，则该线圈应按第 4 条(3)款 C、D、E 之义，作为正常的线圈。

(4) 定 额

A. 定额——给定变压器的某些数据，用以限定其在本推荐标准规定条件下的运行；同时，它们也是制造厂保证和试验的基础。

B. 定额数据——变压器额定电压、电流等等，这些数据均已包括在“定额”定义之内。

注 1. 除非另有规定，定额数据均以主分接为准〔见第 4 条(5)款 A 项〕。至于其他分接数据，见第 4 条(5)款和第四章；

2. 除非另有规定，电压和电流均以有效值表示。

C. 定额牌——固定在变压器上的标有定额与其他主要数据的牌。

注：定额牌上应给出的定额及其他数据，在第九章里说明。

D. 线圈额定电压——指定施加的，或当无载时产生于多相变压器线路端子之间或产生

* 使用状态下从供电系统接受有功功率的线圈称为“一次线圈”，而输送有功功率给线路的线圈称为“二次线圈”。

于单相变压器端子之间的电压。

注 1. 所有线圈的额定电压都是在无载时同时产生的电压;

2. 对于组成三相组的单相变压器, 如果其线圈系供星形连接, 则其线圈电压应用分数表示, 分子为线对线的电压, 分母为 $\sqrt{3}$, 例如 $380/\sqrt{3}$ 伏。增压变压器的串联线圈电压亦同。

E. 额定电压比——一个线圈的额定电压对另一个线圈的额定电压之比, 后一个线圈的额定电压取二者之中较低的一个。

F. 额定频率——变压器所设计的运行频率。

G. 额定功率——一个视在功率的惯用数值 (以千伏安或兆伏安表示), 作为设计、制造厂保证和试验的基础。它决定了额定电流的确切数值; 额定电流指按本推荐标准规定的使用条件和在施加的额定电压下所允许流过的电流。

注 1. 双线圈变压器, 两个线圈都具有相同的额定功率, 按定义, 此功率即为变压器的额定功率;

2. 多线圈变压器, 每个线圈的额定功率均应指明。各线圈额定功率的算术和的一半, 可以粗略表明多线圈变压器对应于双线圈变压器的大小尺寸;

3. 以恒定的额定电压加于一个线圈上, 带额定电流负载的另一个 (或另外几个中的一个) 线圈所能输出的视在功率, 将与额定功率有所不同, 相差的大小随电压降落 (或升高) 而异 [见第 4 条 (7) 款 D 项之定义]。这个视在功率等于后一线圈在负载下的实际电压, 与其相应的额定电流 [见第 4 条 (4) 款 H 项之定义] 和相应的相系数 (见表 1) 三者的乘积。

H. 额定电流——流经线圈的线路端子, 由线圈的额定功率除以线圈额定电压与一个相应的相系数 (见表 1) 推算而得的电流。

注 1. 当角形或其他多边形接法系由外部两个不同相的端子所连成时, 额定电流为此两端子连接起来所获得的值;

2. 对于组成三相组的单相变压器, 连成角形接法的线圈电流应以分数表示, 分子为额定三相组的电流, 分母为 $\sqrt{3}$ (例如 $500/\sqrt{3}$)。

(5) 分 接

A. 主分接——带分接的线圈中, 以它为准额定基准的那一个分接。

注: 这个分接的选择见第 10 条。

B. 分接数据——属于主分接以外各个分接的那些数据。

C. 分接功率——视在功率的惯用数值, 当带分接的线圈是接在某一分接位置上, 并施以相应的电压 (或空载时所产生的相应电压) 时, 由它确定所能通过线圈线路端子的电流。

注: 相应电压取决于调节的类型 (Category, 见第 11 条, 和第 14 条 (2) 款)。

D. 分接电压——当以额定电压加于一个线圈 (如该线圈是带分接的, 则接在主分接位置上), 产生于另一个有分接的多相线圈线路端子间, 或产生于另一个有分接的单相线圈端子间的空载电压数值, 这些线圈均分别接在相应分接位置上。

E. 级电压——两个相邻分接间分接电压之差。

注: 级电压可以用额定电压的百分数表示。

F. 正分接——带分接的线圈中, 能使该线圈较在主分接下具有更多有效匝数的分接。

G. 负分接——带分接的线圈中, 能使该线圈较在主分接下具有更少有效匝数的分接。

H. 分接范围——带分接线圈的总分接范围 (包括正的和负的分接范围), 它一方面指最高与最低分接电压之差, 另一方面还指其额定电压, 并以此额定电压的正负百分数来表示。

I. 分接电流——在指定分接位置下, 允许流过该分接线圈线路端子的电流。

J. 电压变动范围——在带分接或不带分接线圈线路端子上的可变动电压 (空载) 范围。

(6) 损耗和空载电流

A. 空载损耗——当以额定频率的额定电压加于一个线圈端子上, 其余线圈处于开路时, 所汲取的有功功率。

B. 空载电流——当以额定频率的额定电流加于线圈的线路端子上, 其余线圈处于开路时, 流经此线路端子的电流。

注 1. 线圈的空载电流通常以该线圈额定电流的百分数表示。对于多线圈变压器, 此百分数应以其最大功率的一个线圈为准;

2. 对于多相变压器, 不同相的相线圈中会有不同的空载电流。此时, 勿须将不同的空载电流值——列出, 而取其算术平均值。

C. 负载损耗

(a) 双线圈变压器——当额定电流流经一个线圈线路端子, 另一个线圈端子短接时, 在额定频率下所汲取的有功功率。此值应折算到一个参考温度(见表15)。

(b) 多线圈变压器, 以某一对线圈组合为准——当电流流经其中一个线圈线路端子, 且电流为相当于该组合的两个线圈额定功率中较小的一个, 另一个线圈端子为短接, 其余线圈处于开路, 在额定频率下所汲取的有功功率。各对线圈组合的负载损耗均应折算到一个参考温度(见表15)。

D. 总损耗——空载损耗和负载损耗之和。

- 注 1. 对于多线圈变压器, 总损耗应以指定的负载组合为准;
2. 附属装置的损耗不包括在总损耗之内, 这些损耗应另外列出。

(7) 阻抗电压和电压降落

A. 额定阻抗电压

(a) 双线圈变压器——额定频率下, 为使额定电流流经这些端子, 所需施加于多相变压器线圈线路端子上, 或施加于单相变压器线圈端子上的电压。此时, 另一线圈端子为短接。此电压应折算到一个参考温度(见表15)。

(b) 多线圈变压器, 以某一对线圈组合为准——额定频率下, 为使相当于某组合中两个额定功率较小一个的电流流经这些端子, 所需施加于多相变压器中该组合的一个线圈的线路端子上, 或施加于单相变压器中上述线圈端子上的电压。此时, 该组合中另一个线圈的端子为短接, 其余线圈处于开路。这些在不同组合下的电压均应折算到一个参考温度(见表15)。

- 注 1. 对于双线圈和多线圈变压器, 额定阻抗电压通常以施加电压那个线圈的额定电压百分数来表示;
2. 对于多线圈变压器, 为了简化计算, 各个组合下的阻抗电压可以折算到同一功率下;
3. 在本推荐标准中, 阻抗电压是一个通用术语, 它与额定阻抗电压一样表示一个数值, 但可以其他电流值为准, 并且或者不是以主分接而是以其他分接为准。

B. 电阻电压——阻抗电压中与电流同相

的分量。

注: 见〔第4条(7)款4项之注3〕。

C. 电抗电压——阻抗电压中与电流成 90° 相角的分量。

注: 见〔第4条(7)款4项之注3〕。

D. 指定负载条件下的电压降落(或升高)(电压调整率)——线圈额定电压与在某一指定负载和功率因数下所呈现的电压之差。此时, 在另一个(或其余中的一个)线圈上加以额定电压。其值应以前一个线圈额定电压的百分数表示。

注: 对于多线圈变压器, 电压降落(或升高)不仅与线圈本身的负载和功率因数有关, 且与其他线圈的负载和功率因数有关。

E. 零序阻抗——额定频率下, 在多相星或曲折接法中, 连在一起的线路端子与中性点端子之间以每相欧姆数表示的阻抗。

- 注 1. 零序阻抗不仅取决于加压线圈的接法, 还取决于其他线圈及其中性点的接法;
2. 零序阻抗往往与电流值有关。

(8) 温升

温升——所考虑的部件的温度与下列温度的差别:

对于气冷变压器, 冷却空气的温度;

对于水冷变压器, 进入冷却装置的冷却水的温度。

(9) 绝缘

A. 绝缘水平——按其所能承受的介质应力来表达变压器绝缘性能的一组电压值(工频和冲击)。

注: 绝缘水平通常以工频试验电压值和全波冲击试验电压值来表示, 但对预定不作冲击试验的线圈, 则仅以工频试验电压值表示。

B. 均匀绝缘的线圈——各点到地的绝缘设计可与线端一样承受外施工频试验电压的线圈。

C. 分级绝缘的线圈——绝缘从线端到中性点分级递减的线圈。

注: 因此, 此类线圈仅能按其中性点绝缘水平承受外施工频试验电压。

D. 暴露安装——变压器遭受大气过电压

的安装方式。

注：此类安装方式总是与架空输电线直接（或经过短电缆）连接的。

E. 非暴露安装——变压器不遭受大气过电压的安装方式。

注：此类安装方式总是与电缆网络相连接的。

F. 系统标称电压——标志系统的线对线的有效值电压。

注：这个电压不必与连接系统的变压器线圈额定电压数值相同。

G. 系统最高电压——正常运行条件下，在任何时间与系统的任一点上，线对线间可以持续出现的最高有效值电压。

注 1. 故障或突然切断大负载引起的临时性电压波动除外；

2. 某些分接的开路电压可能超过正常的系统最高电压。见附录 I。

(10) 接 法

A. 星接法——线圈连接是这样的：多相变压器中各个相线圈的一端，或组成多相组的单相变压器中相同额定电压线圈的一端，连成一个公共点，即中性点，而另一端接至相应的线路端子。

B. 角接法——线圈连接是这样的：三相变压器的三个相线圈，或组成三相组的单相变压器中相同额定电压的三个线圈，互相串联，形成一个闭合回路。

C. 开口角接法——三相变压器的三个相线圈或组成三相组的单相变压器中相同额定电压的三个线圈互相串联，但三角形的一个角不闭合。

D. 曲折或内接星接法——多相变压器的相线圈接成星形，星形的每相由感应电压相位不同的两个以上部分组成。

E. 开启线圈——多相变压器中不在内部互相连接的那些相线圈。

F. 相位移——以正序电压系统加于高压端子上，各端子依次用字母顺序或数字顺序标出，两个线圈中各相应端子与中性点（真实的或虚设的）间的电压以向量代表，些向量之间的角度差异即为相位移。向量均为逆时针方向旋转。

相位移和钟表一样以钟时序来表示，其长针（分针）定在12点并和高压线端与中性点（真实的或虚设的）间的电压向量相重合，短针（时针）和相应低压（或中压）端子与中性点（真实的或虚设的）间的电压向量相重合。

G. 向量组标号——指出高压、中压和低压线圈各自接法及以钟时序表示的相对相位移的通用标号。

(11) 试验种类

A. 验收试验——验证变压器按规范书是否满足定货方要求的试验。

B. 例行试验——每台变压器都应经受的试验。

C. 型式试验——在例行试验之外，为验证设计性能，具有代表性的试验。

注：如果一台变压器在其定额和结构上与其他台完全一致，则认为可以代表它们。如果被试变压器的定额或某些性能只有次要的差异，这一型式试验仍作为是有效的。如果这个试验是作为验收试验用的，这些差异须由制造厂与定货方进行协商。

D. 特殊试验——不同于型式试验与例行试验的一种试验，由制造厂与定货方协商，仅适用于有特殊合同的一台或多台变压器。

三、定 额

5. 总 则

制造厂应对变压器给以定额，并标注在定额牌上（见第九章）。这些定额须使变压器在稳定负载情况下，假设施加电压等于额定电压，且为额定频率时，能输出额定电流而不超出第六章所规定的温升限值。

6. 额 定 功 率

所指定的额定功率应以第一章中所规定的使用条件为准，并取额定电压与额定电流的乘积乘以相应的相系数。相系数列于表 1：

表 1 相 系 数

相 数	相 系 数
1	1
3	$\frac{1}{\sqrt{3}}$

注 1. 此处的额定功率指连续负载而言，其它负载条件应由定货方与制造厂共同协议；
2. 输入电压高于额定电压的 5% 时，变压器应能输出额定电流。

7. 额定功率的优先数

对于三相变压器额定功率的优先数列于表2, 不过按本推荐标准的要求并不一定限于只取表中所列的数值。但只要可能, 就应该采用它们。这些数据也就是ISO的R3标准中的R10系列。

表2 三相变压器额定功率的优先数

千 伏 安	千 伏 安	千 伏 安
5	31.5	200
6.3	40	250
8	50	315
10	63	400
12.5	80	500
16	100	630
20	125	800
25	160	1000等

四、分 接

注1. 在规范书及定牌中应只规定空载电压。当定货方在草拟他的规范书时, 可以借对电压降落(升高)的粗略估计由负载电压推出空载电压, 在知道了电压降落(或升高)的准确值之后再加以校核;

2. 当本章及附录Ⅴ中的“电压”上带有星号“★”时, 即指不是“施加于”端子上的电压, 而是指端子上“感应”出来的电压, 带有空载的含意;

3. 在本章第11~14条中只涉及仅有一侧线圈带有分接的变压器(实际上最常用)。

8. 总 则

除非指明有此需要, 变压器将不供给分接。当要求带有分接时, 应指明是无载变换的, 还是有载变换的。

9. 无 载 变 换

如果规定为无载变换, 但未指明分接范围和级电压, 则作为是采取标准数值, 即分接范围为 $\pm 5\%$, 级电压为2.5%。

10. 主 分 接

除非另有规定, 对奇数分接均以中间一个分接位置为“主分接”〔见第4条(5)款A项〕; 当为偶数分接时, 则取两个中间分接位置中有效匝数较多的一个位置为主分接。

11. 调 整 类 型

对仅有一侧线圈带有分接的变压器, 当涉

及其电压变动对于变压器几种特性的影响时, 应区分下列三种调整类型:

(a) 定磁通调整(C. F. R.)——无分接线圈上的电压★基本是恒定的, 而有分接线圈上的是可变的。这种调整型式的每匝电压★是常数, 磁通也是常数(在空载时)。

(b) 变磁通调整(V. F. R.)——有分接线圈上电压★基本不变, 而无分接线圈上电压则为可变。这种调整型式的每匝电压★是变动的, 磁通也是变动的(空载时)。

(c) 混合调整(M. R.)——电压★在有分接线圈与无分接线圈均为可变。对于无分接线圈的某一恒定值下的电压★调整, 磁通(空载时)不变, 但当从此值变到其它值时, 磁通(空载时)是变动的。

注1. 定货方应规定所需要的调整类型。如无规定, 则由制造厂选定一种。对所用的调整类型应清楚地指明, 并利用上述的符号 C. F. R., V. F. R. 或 M. R. 表示。如未予指明, 则认为是采用了 C. F. R.;

2. 如果磁通(空载时)变动不超过 $\pm 5\%$, 则调整应作为是定磁通调整类型;

3. 如果一台变压器设计为一种调整类型, 而需要在其它类型时, 则需指明其运行的极限。如果变压器是指定用于多种类型的工作情况, 则设计中应按磁通及负载电流的最坏情况考虑;

4. 对不同调整类型的变压器规范示例见附录Ⅴ。

12. 对电压情况的规定

如果一个有分接或无分接的线圈须设计为可变的电压★, 则对其“电压变动范围”〔见第4条(5)款J项〕应予规定。

一个线圈的“电压变动范围”是指额定电压所加和所减的电压★变动极限, 以额定电压的百分数表示, 或在递减顺序下列出极限电压★值与它的额定电压值。

注1. 应该认识到定货方所需要的一些中间电压在设计上可能是达不到的。此时制造厂应将实际上能够达到的数值提供给定货方;

2. 百分数的标示方法如下:

如果范围的加减部分相等(例 $a\%$), 以 $\pm a\%$ 表示; 如两部分不相同(例 $+a\%$ 及 $-b\%$), 以 $+a\%$, $-b\%$ 表示; 如果只有加或减的部分(例: 仅 $+a\%$ 或仅 $-b\%$), 则分别表示为 $+a\%$ 或 $-b\%$ 。

在无分接的线圈上, 所有数值不论为百分数或电压值, 应加以括号, 但其额定电压值则不加括号。额定电压值的表示必须十分清楚(例如以黑体字表示)。

对于混合调整类型，最好是规定可变电压★的组合，即同时规定在有分接和无分接线圈中的电压，这就决定了变比的极限。

如果对这些组合未作规定，则须假定在任意一个线圈中的电压变动到极限时，要求同时与其他任意一个线圈在相反方向下达到极限。

13. 分 接 范 围

有分接的线圈所能供给的“分接范围”（见第4条（5）款H项）取决于所规定的“电压变动范围”（有必要时由可变电压★组合的极限所决定，如第12条中所述）。

“分接范围”经常由若干个级电压（见第4条（5）款E项）所构成。

所需分接位置数应在规范书中说明。

对于不同调整类型，其所供给的“分接范围”与所需的“电压变动范围”之间的关系如下：

定磁通调整：“分接范围”与“电压变动范围”一致，因为二者都由分接线圈决定。

变磁通调整：“分接范围（分接线圈的）”与“电压变动范围（无分接线圈的）”不完全一致，但能从后者直接推导出来（见附录Ⅳ第2条）。

混合调整：“分接范围（有分接线圈的）”与“电压变动范围（有分接及无分接线圈的）”不完全一致，但能从所需的按第12条决定的变比极限推导出来（见附录Ⅴ第3条）。

注1. 为使“分接范围”与一个相当的设计相适合，对“电压变动范围”作某种修改有时是需要的。这样的一些修改是制造厂与定货方之间应予协议的部分（见附录Ⅴ第2条例1）；

2. 对变磁通调整和混合调整类型，“分接范围”与“电压变动范围”不一致，建议在规范书中或在定额牌上只注明“电压变动范围”。加注分接电压（通常与实际电压不相当）或“分接范围”可能引起混淆。然而，对于混合调整作较明确的说明，如附录Ⅴ所述是必要的。

14. 分 接 数 据

（1）温 升

当变压器连接在其主分接以外的某一分接时，可能不完全符合在满额定功率时的温升限

值。除非另有规定，通常假定“电压变动的范围”不超过 $\pm 5\%$ 时是可以满足要求的，但如其范围超出此值，就应该规定变压器在连接在主分接以外的某一分接时的“分接功率”。

（2）分接功率

连接在有分接线圈的某一分接下的“分接功率”（对有分接及无分接的线圈均适用）的值对于下列相应的电压生效（见第4条（5）款C项）。

定磁通调整：无分接线圈上为额定电压，带分接线圈上为所在分接的分接电压。

变磁通调整：带分接线圈上为额定电压，在无分接线圈上为可变电压★，由指定的分接接法而定。

混合调整：在各线圈中按可变电压★的组合，由指定的分接接法而定。

注：对于同一分接接法的不同电压★组合，可以规定以不同的分接功率值（见附录Ⅴ）。

（3）电 流

在某一分接接法下通过有分接与无分接线圈的线端电流值总是由变压器相应的“分接功率”除以线圈的相当电压★（见本条（2）款）和相应的相系数（见表1）而得。

（4）负载损耗和阻抗电压

如果“电压变动范围”超过 $\pm 5\%$ ，对主分接以外的哪些其它分接连接下的负载损耗和阻抗电压应由制造厂提出，以及哪些偏差容许度可以适用，须由制造厂与定货方协商决定。

对于这样定出的数据对哪一电流值有效并作为是阻抗电压百分数的基准均应清楚地说明。

（5）空载损耗

对于变磁通调整与混合调整类型，在主分接以外的哪些其它分接接法下和相应电压下的空载损耗应由制造厂提出，以及适用哪些偏差容许度，须经制造厂与定货方协商决定。

（6）自耦变压器和增压变压器

对于具有分接线圈的自耦变压器和增压变压器，对其负载损耗和阻抗电压，以及空载损

耗（对变磁通调整与混合调整类型而言）和偏差容许度等的规定，是终归要由制造厂与定货方协商的，它与“电压变动范围”无关。

五、冷却方法的标志

15. 标志代号

变压器须按其冷却方法给以标志。对于各种冷却方法所采用的字母代号列于表3。

表3 字母代号

冷却介质种类	代 号
矿物油	O
合成油	L
气体	G
水	W
空气	A
固体绝缘	S
循环方式	
自然	N
强迫	F

16. 字母的排列

除用外壳保护的干式变压器采用AN或AF的代号外，对于各种冷却方法的变压器均用四个代号标志，各种冷却方法的定额由制造厂规定。每个代号组用斜线分开。

所用代号的次序列于表4。

表4 代号次序

第1位字母	第2位字母	第3位字母	第4位字母
指与线圈接触的冷却介质		指与外冷系统接触的冷却介质	
介质种类	循环种类	介质种类	循环种类

例如，一台强油循环和吹风冷却的油浸变压器标志为OFAF，而一台吹风冷却的干式变压器标志为AF。对于一台油浸式变压器，在自冷或强冷交替使用情况下典型标志为：

ONAN/ONAF,ONAN/OFAF。

六、温升限值

17. 温升限值

对设计为海拔高度不超过第2条1款的规定，冷却介质温度如第2条(2)款中的规定条件下运行的变压器，在按照第41条试验时，其线圈、铁心和油的温升应不超过表5和表6的规定。

对于多线圈变压器，油顶层温升须以最高总损耗的一个负载组合为准。各个线圈的温升是以各该线圈在规定负载组合下最严重的情况来考虑的。

表5 干式变压器的温升限值

部 位	冷却方法	温度等级	温 升 °C
线 圈 (电阻法测量)	空气自冷或 吹风冷却	A	60
		E	75
		B	80
		F	100
		H	125
			150*
铁心及其它部分			
1. 靠近线圈的	全 部	—	1. 与线圈相同 2. 对与线圈有 接触的绝缘部分 无不利影响的一个 数值
2. 不靠近线圈的			

注：各种绝缘材料可以分开使用或组合使用，只要在额定条件下运行时每种绝缘材料的温度都不超过其许可限度即可。

表6 油浸式变压器的温升限值

部 位	冷却方法	油循环	温 升 °C
线 圈 温度等级A (电阻法测量)	空气自冷 吹风	自然	65
	水(内部冷却器) 吹风 水(外部冷却器)	强迫	65
油 顶 层 (温度计测量)	—	—	60 当变压器为全密封 或有储油柜时 55 当变压器为非密封 或不带储油柜时
铁心及其它 部分	—	—	不可能损坏铁心本 身或邻近部分的温度

* 对于某些绝缘材料，当制造厂与定货方协商一致时，可采用超过150°C的温升。

18. 为高冷却介质温度而设计的变压器温升的降低

当冷却介质温度超过第 2 条(2)款中所给定的任何一个温度不大于 10℃，则变压器线圈、铁心和油的温升应降低：

5℃，当超过温度小于或等于5℃时；

10℃，当超过温度大于 5℃ 并小于或等于10℃ 时。

19. 为高海拔设计的变压器温升的降低

对于运行在海拔高度超出1000米(3300呎)的空气冷却的变压器，但试验是在正常海拔高度进行的，则表 5 及表 6 的温升极限，在海拔 1000米(3300呎)以上按每 500 米(1650呎)为一级减少如下：

- 油浸自冷变压器 2.0%
- 干式自冷变压器 2.5%
- 油浸吹风冷却变压器 3.0%
- 干式吹风冷却变压器 5.0%

注：温升限值的减少不适用于水冷却的变压器。

七、绝 缘 水 平

20. 总 则

干式变压器* 及不受冲击电压试验的油浸式变压器绝缘水平列于表 7，其它油浸式变压器的绝缘水平列于表 8（见附录 I）。

表 7 不受冲击电压试验的变压器线圈和
联接部分的绝缘水平

系统最高电压千伏 (有效值)	绝缘水平工频试验电压千伏 (有效值)
小于1.1	2.5
1.1	3
3.6	8
7.2	15
12	25
17.5	36
24**	50

表 8 受冲击电压试验的油浸式变压器线圈
及联接部分的绝缘水平

I 组（根据除北美以外的惯用数值）

系统最高 电压 千伏 (有效值)	绝 缘		水 平	
	冲击试验电压千伏 (峰值)		工频试验电压千伏 (有效值)	
	标准 1	标准 2	标准 1	标准 2
3.6	45		16	
7.2	60		22	
12	75		28	
17.5	95		38	
24	125		50	
36	170		70	
52	250		95	
72.5	325		140	
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550	275	230
170	750	650	325	275
245	1050	900	460	395
300	—	1050	—	460
420	—	1425	—	630

组 II（根据北美的惯用数值）

系统最高 电压 千伏 (有效值)	绝 缘		水 平	
	冲击试验电压千伏 (峰值)			工频试验电压千伏 (有效值)
	500千伏安 及以下	500千伏安 以 上		
2.75	45	60	15	
5.5	60	75	19	
9.52	75	95	26	
15.5	95	110	34	
25.8		150	50	
38.0		200	70	
48.3		250	95	
72.5		350	140	

72.5 千伏以上可用组 I（上表）的数值

- 对组 II 的注 1. 这些值仅适用于油浸式变压器的内部绝缘；
2. 在端子间系统最高电压为9.52 千伏及以下的单相变压器，是按星接与角接两用而设计的，其绝缘试验电压则按星接的要求。因此当变压器为角接运行时，试验电压比系统最高电压所要求的会高出一级。

* 对干式变压器不规定冲击电压试验，因为这些变压器不是为了暴露安装用的；

** 仅干式变压器用。

21. 分级绝缘的线圈

当定货方规定线圈为分级绝缘时，绝缘分级应符合于表 9 中的类型之一，相应的外施试验电压按表10所列。

表 9 分级绝缘的类型

类型	所 取 接 地 条 件
1	线圈中性点直接接地，接地线中无另加的阻抗。 注：接地线中串有电流互感器的情况，是认为符合本条件的。
2	线圈中性点与中性点接地或不接地的调压变压器联接，并且调压变压器中性点有适当的限压装置。
3	线圈中性点不接地或经由阻抗或电阻接地，在线圈的中性点与地之间接有适当的限压装置。
4	线圈中性点经由消弧线圈接地，在线圈的中性点与地之间接有适当的限压装置。

表10 分级绝缘的变压器线圈中性点绝缘水平
(系统最高电压72.5 千伏及以上)

对地绝缘	外施工频试验电压千伏 (有效值)
类 型 1	38
类 型 2	$ENR + (ELT - ENR) \times \frac{\text{由于调压变压器增加的电压}}{\text{变压器线圈的额定电压}}$ 最小为38千伏 ENR: 调压变压器中性点的试验电压 ELT: 变压器线圈的线端试验电压
类 型 3	36%到61%的线端试验电压，取决于电器及系统的特性。
类 型 4	58%到81%的线端试验电压。

注：当选择中性点绝缘类型时，必须考虑到中性点接地方式在以后有可能变更或变压器有可能调换。

22. 用于高海拔的变压器

对于运行在海拔高度为1000米（3300呎）及3000米（10000 呎）之间特殊订货的干式变压器，但试验是在正常海拔高度进行时，则其工频试验电压，在1000米（3300呎）以上每增加500米（1650呎），应增加6.25%

注：对于油浸式变压器的套管，采用比线圈绝缘水平较高的设计是有必要的。

八、承受短路的能力

23. 总 则

变压器的设计与结构应能承受按第24条到第29条规定情况下的外部短路作用而无损坏。

24. 过电流情况

在短路情况下，线圈中能够流过的各种过电流为：

(a) 双线圈的变压器，除定货方有特殊规定外，不超过表11中的数值。

表11 双线圈变压器过电流限值

额定功率 (千伏安)	过电流 (对称有效值) 上限以额定电流的倍数表示	等值阻抗 (%)
630以下	25	4.0
631~1250	20	5.0
1251~3150	16	6.25
3151~6300	14	7.15
6301~12500	12	8.35
12501~25000	10	10.0
25001~100000	8	12.5

注 1. 额定功率大于100000千伏安时，过电流的上限由制造厂与定货方协商；

2. 以单相接成三相组时，额定功率按三相组的值；

3. 等值阻抗为变压器阻抗及系统阻抗的和；

4. 如果变压器阻抗大于等值阻抗（表中第三栏），过电流将以变压器本身阻抗为限。

(b) 对于两个线圈的变压器，对每个线圈的过电流是分别考虑的，并设想其它线圈中的一个或以上会受外电源的作用。计算中应考虑旋转电机或其他变压器可能有反馈的作用。对于辅助线圈见第30条。

(c) 对于自耦变压器及增压器，其过电流是由系统在运行中可能出现的各种系统故障来确定的，例如线对地，线对线等故障，与系统的原有接地条件有关。

注：自耦变压器或增压器可能遭受极其严重的过电流。

(d) 对于平衡线圈，其流经的最大电流是由系统在运行中可能出现的各种系统故障来确定的，与系统的原有接地条件有关。

接成三相组的单相变压器，其平衡线圈须能承受在其端子上的短路。

对于上述(b)，(c)及(d)所包括的产品，

如有必要，制造厂得考虑现有系统的阻抗，如果适当，还可包括由定货方规定的所接旋转电机的次瞬变电抗，这些均与变压器、自耦变压器或增压器的阻抗组合起来。

当系统的和变压器、自耦变压器或增压器的组合阻抗会使过电流过大时，制造厂应向订货方说明变压器能承受的最大过电流。当存在这种情况时，须由定货方采取措施将短路过电流限制在制造厂所提供的数值之内。

25. 机械要求

变压器在运行条件下，任一分接位置应能承受由于短路而产生的电动力而无损伤，由线圈中电流的不对称峰值决定。此不对称电流的峰值将作为是不大于第24条相应条件下所导出的过电流有效值的 $2.55(1.8 \times \sqrt{2})$ 倍。

注：倘若变压器的电阻值相对于电抗值来讲是很大的话，则取小2.55于的值可能更确切一些。

26. 热要求

变压器在运行条件下，任一分接位置应能承受任何线圈在端子上的短路，并经历下列时间中所产生的热作用而无损伤：

(a) 当短路电流的对称均方根值大于额定电流的20倍时，2秒；

(b) 当短路电流的对称均方根值为额定电流的20倍或以下时，3秒。

对多于两个线圈的变压器，其允许的短路持续时间与任一线圈的最大过电流相当。

线圈所达到的最高平均温度按下式计算：

$$T_1 = T_0 + aj^2S \cdot 10^{-3} (^{\circ}\text{C})$$

式中 T_0 —起始温度， $(^{\circ}\text{C})$ ；
 i —短路电流密度， A/mm^2 ；
 S —持续时间， se ；
 a —是 $1/2(T_2 + T_0)$ 的函数按表13；
 T_2 —最大允许的线圈平均温度 $(^{\circ}\text{C})$ ，按表12。

线圈起始温度 T_0 是冷却介质的最高温度〔见第2条(2)款〕与第六章所规定的由电阻法测量的线圈温升之和。例如，对油浸自冷式

变压器， $T_0 = (40 + 65)^{\circ}\text{C} = 105^{\circ}\text{C}$ ，

照上式计算的最高平均温度 T_1 应不超过相应的最大允许值 T_2 (见表12)。

表12 最大允许的线圈平均温度(T_2)

温 度 等 级	T_2 的 值 $(^{\circ}\text{C})$	
	铜 线 圈	铝 线 圈
干 式 变 压 器		
A	180	180
E	250	200
B	350	200
F及H	350	—
油 浸 式 变 压 器		
A	250	200

表13 系数“a” 的 值

$1/2(T_2 + T_0)^{\circ}\text{C}$	$a = 1/2(T_2 + T_0)$ 的函数	
	铜 线 圈	铝 线 圈
140	7.41	16.5
160	7.80	17.4
180	8.20	18.3
200	8.59	—
220	8.99	—
240	9.38	—

27. 直接与其它电器相连接的变压器

直接与其它电器相连接的变压器，如果所连接的电器的阻抗能限制短路电流，则经制造厂与定货方协商，可以将其阻抗与变压器的阻抗相组合(如有必要还可加上系统的)。在此情况下，第25条及第26条的要求应按由组合阻抗导出的过电流考虑。

28. 特殊变压器

由于运行方法或特殊用途而经常在端子上遭受短路的变压器，如电炉变压器，承受短路的能力问题将由制造厂与定货方特殊协议。

29. 短 路 试 验

短路试验不包括在本推荐标准中。变压器是否能承受短路机械应力的任何实验须由制造厂与定货方作特殊的协议。

30. 辅 助 线 圈

辅助线圈可能承受不了在其端子处的短路，对于这样的线圈是假定有外加的串联阻抗

或适当的外加熔断器等来保护短路的。

九、定 额 牌

31. 定 额 牌

每台变压器应装有定额牌，其材料应能防气候腐蚀，并装在易见的位置。定额牌上应标明下列应有的项目。定额牌上的记载应不致脱掉（如用蚀刻、雕刻或打印等方法）。

(a) 变压器种类（如变压器，自耦变压器，增压器，调压变压器等）。

(b) 规范号和年代（如IEC76:1987）。

(c) 制造厂名。

(d) 制造序号。

(e) 制造年代。

(f) 相数。

(g) 额定功率。

(h) 额定频率。

(i) 额定电压。

(j) 额定电流。

(k) 向量组标号。

(l) 额定阻抗电压（测量值），必要时须指出参考功率。

(m) 冷却方法。

如因冷却布置或线圈联接的关系（在设计中所允许的），使变压器有一个以上的定额时，所有这些定额均应在定额牌上给出。

此外，对某些变压器，还须给出以下的说明：

(n) 干式变压器应给出温度等级，如果温升不是标准值，也须标明。

(o) 连接图（在向量组标号不能完全说明内部连接的情况时）。

(p) 绝缘水平（对额定电压为3千伏及以上的线圈和所有分级绝缘线圈的中性点）。

(q) 总重（超过5吨时）。

(r) 运输重（总重超过5吨的变压器）。

(s) 器身吊重（总重超过5吨的变压器）。

(t) 绝缘油重（总重超过5吨的变压器）。

(u) 绝缘液体（如果不是矿物油）。

(v) 除主分接外其它分接的详细说明：

i. 分接功率（仅在与额定功率不同和分接范围超过 $\pm 5\%$ 时，并指出其相应的分接）；

ii. 两边的电压（空载）极限值（这些电压是在第14条(2)款中指出的适当电压的极限值。在变磁通或混合调整的情况下（见第11条和第12条及附录Ⅶ）与额定值不同的无分接线圈的其它电压值上均加以括号）；

iii. 相当的电流；

iv. 相当的阻抗电压（仅在分接范围超过 $\pm 5\%$ 额定功率超过1000千伏安时。其值按相当的电流测得，并以其相当的适当电压百分数表示之。所谓适当的电压见第14条(2)款）。

注：在复杂的情况下，由制造厂与定货方协商，可以将较详细的说明制在专用的牌上，如有需要，全部特性的整个情况可以做成表格形式刻在专用牌上。

十、向 量 图

32. 相线圈的连接

三相变压器同一电压的各个相线圈连成星形、角形或曲折星形，或三相组中单相变压器的同电压线圈接成星形，角形或曲折星形时，对高压线圈以 Y 、 D 或 Z 表示，对中压及低压线圈 y 、 d 或 z 表示。如星接或曲折星接的中性点是引出的，则分别以 YN 或 ZN 及 yn 或 zn 表示。

33. 成组线圈间的相位移

以高压线圈的向量作为原始向量，采用钟时序〔见第4条(10)款 F 项的定义〕表示的一些向量图如图1示例。

对多线圈变压器，其最高额定电压线圈的向量仍为参考向量，将这个线圈的代号排为第一，其它代号则按线圈额定电压大小的顺序依次排列。

注1. 附录Ⅳ给出了常用的一些连接法，但并不是全部的。

2. 附录Ⅴ是关于变压器并联运行的说明。

例 1：在一台变压器中有三组线圈，电压分别为150000伏（角接），60000 伏（星接）及10000伏（星接），当两个星接的电压为彼此同相，并滞后于角接的电压30°时，可表示为：

D, y_1, y_1

例 2：在另一台变压器中有三组线圈，电压分别为 6000 伏（星接），380伏（星接）及 220伏（曲折星接），当两星接电压彼此同相，曲折星接电压滞后30°时，可表示为：

Y, y_0, Z_1

十一、偏差容许度

34. 偏差容许度

表14给出了按本推荐标准制造厂应予保证的一些定额数据及其他数据的偏差容许度。当一个方向上的偏差未列时，则表示该方向的偏差容许度是不受限制的。

表14 偏差容许度

项 目	偏 差
1. a. 总损耗 b. 部分损耗	总损耗的+1/10 每个部分损耗的+1/7, 但总损耗偏差不得超出
2. 在主分接上的空载电压比（额定电压比） 注：在其它分接上的偏差由制造厂与定货方协商	保证变压比的 $\pm 1/200$ ，或以保证变压比的百分数表示时等于变压器在额定负载下实际阻抗电压百分数的1/10，取较小的一个
3. 阻抗电压 a. 对于主分接（额定阻抗电压） I. 双线圈变压器 II. 多线圈变压器 b. 主分接以外的其它分接时	为该分接的保证阻抗电压的 $\pm 1/10$ 。 为所指定的一对线圈的保证阻抗电压的 $\pm 1/10$ 。 为第二对线圈保证阻抗的 $\pm 1/7$ 。 其他线圈，其偏差须协议制定。 在主分接的 $\pm 1\%$ 以内的每个分接，为所述值的 $\pm 1/7$ 。 对于其他分接，其偏差须由制造厂与定货方协商
4. 空载电流	为保证值的+3/10

十二、试 验

35. 型式，例行和特殊试验的一般条件

在本章中，各条标题内已指出哪些试验是型式试验、例行试验或特殊试验。

试验应在制造厂，在 10~40°C 之间的任何室温，并且冷却水（假使需要时）不超过 25°C 的任何温度下进行。

所有会影响变压器性能的外部部件和附件，都应安装在原定的位置。

带有分接的线圈，除有关试验条款另有规定或者制造厂和定货方另有协议外，均应连接在主分接上。

除非试验条款另有说明，对绝缘以外的所有其他特性，试验均以其额定条件为准。

当试验结果需要校正到参考温度时，其参考温度应按下表

表15 参 考 温 度

温 度 等 级	参 考 温 度
A E B	75°C
F H	115°C

36. 线圈电阻测量（例行）

对每一线圈的电阻，其被测线端和线圈温度均须记录，测量时应采用直流电流。

在所有电阻测量中，须注意使自感影响降到最小程度。在冷电阻测量过程中，应注意测量电流的稳定时间，并用以指导温升（型式）试验时热电阻的测量。

（1）干式变压器

所记录的温度应为几个（至少 3 个）放在线圈表面的温度计的平均读数。

线圈电阻和温度应当同时测量，而且由温度计测得的线圈温度应近似地等于周围介质的温度。

（2）油浸式变压器

当变压器浸入油中，不带激磁，经历至少三小时以后，可测量油平均温度，同时线圈温度应视为与油的平均温度相同。

37. 电压比测量与单相变压器极性和三相变压器向量组标号的校验（例行）

电压比测量应在每一个分接上进行。单相变压器的极性和三相变压器的向量组标号应予校验。

38. 阻抗电压测量（例行）

阻抗电压应在额定频率下测量，采用近似于正弦波形的电源，线圈连接在主分接上。测量应在额定电流到25%的额定电流之间任一电流值下进行，并对测量值加以校正，即按额定电流与试验电流之比增大。

这样测得的阻抗电压，还应校正到表15中所列的相应参考温度。

对于除主分接以外其他某一分接的阻抗电压测量〔见第14条（4）款〕应相当于电流的适当值而不是额定电流。

三线圈变压器的阻抗电压应在成对的线圈之间测量：

在线圈1与线圈2之间
在线圈2与线圈3之间
在线圈3与线圈1之间

其余的线圈处于开路状态

对多于三个线圈的变压器，亦应在成对的线圈之间测量，与三线圈变压器规定的方法原则上一致。

39. 负载损耗测量（例行）

测量应在额定频率和额定电流到25%额定电流之间任一电流值下进行，线圈连接在主分接上。对测量值加以校正，即按（额定电流）²与（试验电流）²之比增大。

这样测得的负载损耗还应校正到表15中所列的相应参考温度，把 I^2R （ R —直流电阻）损耗当作是直接随电阻变化的，而所有其余的损耗是与电阻成反比变化的。电阻应按第36条规定测定。

对于除主分接以外其他某一分接的负载损

耗测量〔见第14条（4）款〕应相当于电流的适当值而不是额定电流。

对三线圈变压器，负载损耗应在成对的线圈之间进行测量：

在线圈1与线圈2之间
在线圈2与线圈3之间
在线圈3与线圈1之间

其余的线圈处于开路状态

对多于三个线圈的变压器，应在成对的线圈之间进行测量，与三线圈变压器规定的方法原则上一致。

注：试验用的连接线电阻应足够的低，使不致影响测量结果。假使实际上不可能使用这样的连接线，即其损耗与变压器负载损耗相比不能忽略不计，则须对这个损耗给出裕度。（意为须进行校正。——译者）

40. 空载损耗和空载电流测量（例行）

测量应在额定电压和额定频率下进行，所加电压的波形近似于正弦。

电压应加到各线圈中一个线圈的线端上，其余线圈须为开路。开口角接的线圈在测量时应闭合。

如果需要连接到主分接之外的分接，则所加电压应为相应的分接电压。

对不带角接线圈的三相变压器，所加电压应由一个测量电压波形均方根值的电压表来测量，并应确知所加线电压波形中含有总数不超过所加电压均方根值5%的五次和七次谐波。

对不带角接线圈的三相变压器之外的所有变压器，所加电压应该用测量电压平均值，但刻度为具有同一平均值的正弦波均方根值的电压表来测量。

当所加电压为非正弦波时，为确定在电压 U 时的空载损耗，须用平均值电压表在电压 U 下测量空载损耗 P_m ，在同一试验中，同一电压的均方根值 U_m 也应给以测量。

然后，正弦电压下的空载损耗即可由下式确定：

$$P = \frac{P_m}{P_1 + KP_2}$$

式中 P_1 ——磁滞损耗与总的铁耗之比；