ICS 29.180
K 41

中华人民共和国国家标准

GB 1094.1—1996

电力变压器
第1部分 总则

Power transformers
Part 1: General

1996-03-31发布 1996-12-01实施

国家技术监督局 发布

目　　次

1　适用范围和使用条件 …… 1
2　引用标准 …… 2
3　术语 …… 2
4　额定值 …… 8
5　对有一个带分接绕组的变压器的技术要求 …… 9
6　三相变压器的联结和联结组标号 …… 11
7　铭牌 …… 13
8　其他要求 …… 14
9　允许偏差 …… 14
10　试验 …… 15
附录 A　询价和定货时需提出的技术要求(补充件) …… 19
附录 B　带分接绕组变压器的技术规范举例(参考件) …… 20
附录 C　用界限法表示的短路阻抗规范(参考件) …… 22
附录 D　三相变压器常用的联结组(参考件) …… 22
附录 E　负载损耗的温度校正(补充件) …… 25

中华人民共和国国家标准

电力变压器 第1部分 总则

GB 1094.1—1996

代替 GB 1094.1—85
GB 1094.4—85

Power transformers
Part 1: General

本标准等效采用 IEC 76-1—1993《电力变压器 第一部分 总则》。

1 适用范围和使用条件

1.1 适用范围

本标准适用于三相和单相电力变压器(包括自耦变压器)。

小型和专用变压器(如:额定容量小于 1 kVA 的单相变压器和额定容量小于 5 kVA 的三相变压器;互感器;变流变压器;电机车牵引变压器;起动变压器;试验变压器;电焊变压器)没有相应的标准时,可参照本标准。

1.2 使用条件

1.2.1 正常使用条件

本标准对变压器的技术要求,是在下述的使用条件下规定的。

a. 海拔

海拔不超过 1 000 m。

b. 环境温度和冷却介质温度

最高气温 +40℃;

最热月平均温度 +30℃;

最高年平均温度 +20℃;

最低气温 −25℃(适用于户外式变压器);

最低气温 −5℃(适用于户内式变压器);

水冷却器入水口处的冷却水最高温度 +25℃。

c. 电源电压的波形

电源电压的波形近似于正弦波。

注:对于公用供电系统来说,此要求并不苛刻。但当有强大的换流器负载设备时,却应按传统的规则进行考虑:畸变波形中的总谐波含量不大于 5%,偶次谐波含量不大于 1%。同时,还应考虑谐波电流对负载损耗及温升的影响。

d. 三相电源电压对称

对于三相变压器,其三相电源电压应大致对称。

e. 安装环境

安装环境无明显污秽(变压器套管或变压器的外绝缘不需作特殊的考虑)。

地震引发的地面加速度 a_g:水平方向低于 3 m/s²;垂直方向低于 1.5 m/s²(设计中不需特殊考虑此

国家技术监督局1996-03-31批准 1996-12-01实施

限度内的地震问题)[1]。

1.2.2 特殊使用条件的规定

凡是需要满足 1.2.1 条规定的正常使用条件之外的特殊使用条件,应在询价和订货时说明(见附录A)。

特殊使用条件下,变压器的额定值和试验规则另有规定:

a. 在较高环境温度或高海拔环境下的温升和冷却:油浸式变压器按 GB 1094.2 的规定;干式变压器按 GB 6450 的规定。

b. 在高海拔环境下外绝缘:油浸式变压器按 GB 1094.3 和 GB 10237 的规定;干式变压器按 GB 6450 的规定。

2 引用标准

GB 321—80 优先数和优先数系

GB 1094.2—1996 电力变压器 第 2 部分 温升

GB 1094.3—85 电力变压器 第 3 部分 绝缘水平和绝缘试验

GB 1094.5—85 电力变压器 第 5 部分 承受短路的能力

GB 2900.15—82 电工术语 变压器 互感器 电抗器 调压器

GB 4208—93 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4109—88 高压套管技术条件

GB 5582/T—93 高压电力设备外绝缘污秽等级

GB 6450—86 干式电力变压器

GB/T 6451—1995 三相油浸式电力变压器技术参数和要求

GB 7328—87 变压器和电抗器的声级测定

GB 10237—88 电力变压器 绝缘水平和绝缘试验 外绝缘的空气间隙

GB/T 13499—92 电力变压器应用导则

GB/T 19001—94 质量体系 设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式

GB/T 15164—94 油浸式电力变压器负载导则

3 术语

以下术语适用于本标准,其他术语按 GB 2900.15。

3.1 一般术语

3.1.1 电力变压器

具有两个或多个绕组的静止设备,为了传输电能,在同一频率下,通过电磁感应将一个系统的交流电压和电流转换为另一系统的电压和电流,通常这些电流和电压的值是不同的。

3.1.2 自耦变压器

至少有两个绕组具有公共部分的变压器。

3.1.3 增压变压器

具有一个与线路串联以改变线路电压值和(或)相位的串联绕组及一个励磁绕组的变压器。

3.1.4 油浸式变压器

铁心和绕组都浸入油中的变压器。

注:任何绝缘液体(矿物油或其它制品)都看作为油。

采用说明:

1) 我国处于地震多发地带,因而对地面加速度的要求与 IEC 不一致,IEC 规定为地面加速度 a_g 低于 2 m/s²。

3.1.5 干式变压器

铁心和绕组都不浸入绝缘液体中的变压器。

3.1.6 油保护系统

在油浸式变压器中，为适应油的热膨胀而设置的油保护系统，以减少或防止油与外部空气相接触。

3.2 端子和中性点

3.2.1 端子

用于将绕组与外部导线相连接的导电部件。

3.2.2 线路端子

用于连结电网络导线的一种端子。

3.2.3 中性点

对称电压系统中，通常处于零电位的一点。

3.2.4 中性点端子

a. 对三相变压器或由单相变压器组成的三相组

指连接星形联结或曲折形联结公共点(中性点)的端子。

b. 对单相变压器

指连接网络中性点的端子。

3.2.5 对应端子

变压器不同绕组标有相同字母或对应符号的端子。

3.3 绕组

3.3.1 绕组

构成与变压器标注的某一电压值相对应的电气线路的一组线匝。

注：对于三相变压器，指三个相绕组的组合。

3.3.2 带分接绕组

有效匝数可以逐级改变的绕组。

3.3.3 相绕组

构成三相绕组的一个相的线匝组合。

注："相绕组"一词不应与某一心柱上所有线圈的组装体混同。

3.3.4 高压绕组

具有最高额定电压的绕组。

3.3.5 低压绕组

具有最低额定电压的绕组。

注：对于增压变压器，较低额定电压的绕组可能具有较高的绝缘水平。

3.3.6 中压绕组

多绕组变压器中的一个绕组，其额定电压在最高额定电压和最低额定电压之间。

3.3.7 辅助绕组

只承担比变压器额定容量小得多的负载绕组。

3.3.8 稳定绕组

在星形-星形联结或星形-曲折形联结的变压器中，为减小星形联结绕组的零序阻抗而专门设计的一种辅助的三角形联结的绕组。

注：此绕组只有在三相不连接到外部电路时，才称稳定绕组。

3.3.9 公共绕组

自耦变压器有关绕组的公共部分。

3.3.10 串联绕组

对于自耦变压器，是指与线路串联部分的绕组；对于增压变压器，则指串联于线路中的绕组。

3.3.11 励磁绕组

增压变压器中，向串联绕组供给电能的绕组。

3.4 额定值

3.4.1 额定值

对某些参数的指定的值，用于限定变压器在本标准规定条件下的运行，并作为试验的基准和制造厂的保证值。

3.4.2 额定参数

其数值用于确定额定值的某些参数(电流、电压等)。

注：① 对有分接的变压器，额定参数均指主分接，另有规定除外。与其他具体分接有类似意义的相应参数叫分接参数。

② 除非另有规定，电压和电流用其方均根值表示。

3.4.3 绕组的额定电压(U_r)

在处于主分接的带分接绕组的端子间或不带分接的绕组端子间，指定施加的电压或空载时感应出的电压。对于三相绕组，是指线路端子间的电压。

注：① 当施加在其中一个绕组上的电压为额定值时，在空载的情况下，所有绕组同时出现各自的额定电压值。

② 对要连接成星形三相组的单相变压器，用相-相电压除以 $\sqrt{3}$ 来表示额定电压。

例如：$U_r=500/\sqrt{3}$ kV。

③ 三相增压变压器的串联绕组设计成开路绕组时，其额定电压可按星形联结来表示。

3.4.4 额定电压比

一个绕组的额定电压与另一个具有较低或相等额定电压的绕组的额定电压之比。

3.4.5 额定频率

变压器设计所依据的运行频率。

3.4.6 额定容量(S_r)

是某一个绕组的视在功率的指定值，和该绕组的额定电压一起决定其额定电流。

注：① 双绕组变压器的两个绕组有相同的额定容量，即是这台变压器的额定容量。

② 对于多绕组变压器，用其所有绕组(非自耦联结的独立绕组)额定容量算术和的一半来粗略估算其实际尺寸，以便与双绕组变压器作比较。

3.4.7 额定电流(I_r)

由变压器额定容量(S_r)和额定电压(U_r)推导出的流经绕组线路端子的电流。

注：① 对于三相变压器绕组，其额定电流表示为：$I_r=S_r/\sqrt{3}U_r$(A)。

② 对于要连成三角形接法以形成三相组的单相变压器绕组，其额定电流表示为线电流除以 $\sqrt{3}$ (如：$I_r=500/\sqrt{3}$ A)。

3.5 分接

3.5.1 分接

在带分接绕组的变压器中，该绕组的每一个分接连接均表示该分接的绕组有一确定值的有效匝数，也表示该分接绕组与任何其他匝数不变的绕组间有一确定值的匝数比。

注：在所有分接中，有一个是主分接，其他分接用各自相对主分接的分接因数来表示其与主分接的关系。

3.5.2 主分接

与额定参数相对应的分接。

3.5.3 分接因数(与指定的分接相对应的)

指 U_d/U_r(分接因数)或 $100\,U_d/U_r$(用百分数表示分接因数)。

其中：U_r——该绕组的额定电压；

U_d——在不带分接绕组施加额定电压时，处于指定分接位置的绕组端子间在空载下所感应出的电压。

注：本定义不适用增压变压器的串联绕组。

3.5.4 正分接

分接因数大于1的分接。

3.5.5 负分接

分接因数小于1的分接。

3.5.6 分接级

两相邻分接间以百分数表示的分接因数之差。

3.5.7 分接范围

用百分数表示的分接因数与100相比的变化范围。

注：如果分接范围从$100+a$变到$100-b$，则此分接范围为：$+a\%$、$-b\%$；若$a=b$，则为：$\pm a\%$。

3.5.8 分接电压比(一对绕组的)

当带分接绕组是高压线组时，其分接电压比等于额定电压比乘上该绕组的分接因数。

当带分接绕组是低压绕组时，其分接电压比等于额定电压比除以该绕组的分接因数。

注：按定义，虽然额定电压比至少等于1，但当额定电压比接近1时，某些分接的分接电压比有可能小于1。

3.5.9 分接工作能力

除主分接以外其他分接某些参数的指定值，与额定参数相类似。

3.5.10 分接参数

表示某一分接(除主分接以外)的分接工作能力的参数。

注：变压器内任何一个绕组(不只是带分接的绕组)都有分接参数。

其分接参数是：

a. 分接电压(与额定电压类似)；

b. 分接容量(与额定容量类似)；

c. 分接电流(与额定电流类似)。

3.5.11 满容量分接

分接容量等于额定容量的分接。

3.5.12 降低容量分接

分接容量低于额定容量的分接。

3.5.13 有载分接开关

适合在变压器励磁或负载下，改变绕组分接连接位置的一种装置。

3.5.14 分接电压调节[1]

3.5.14.1 恒磁通调压(CFVV)

从一个分接变到另一个分接时，不带分接的绕组的分接电压恒定。带分接绕组的各分接电压与其分接因数成正比。

3.5.14.2 变磁通调压(VFVV)

从一个分接变到另一个分接时，带分接绕组的各分接电压恒定。不带分接绕组的分接电压与分接因数成反比。

3.5.14.3 混合调压(CbVV)

在实际应用中，特别是变压器分接范围较大时，在整个分接范围的不同部分中，分别采用了恒磁通

采用说明：

1) 第3.5.14条的3个术语，是IEC 76.1第5.2条里的定义。因正文中不宜累述定义，而移至此条。

调压和变磁通调压，形成一种组合式调压（即混合调压）。

混合调压中，处于转折点的分接叫最大电压分接。

3.6 损耗及空载电流

损耗及空载电流值均是指主分接上的（但另指定其他分接时除外）。

3.6.1 空载损耗

当额定频率的额定电压（分接电压），施加到一个绕组的端子，其他绕组开路时，所吸取的有功功率。

3.6.2 空载电流

当额定频率下的额定电压（分接电压），施加到一个绕组的端子，其他绕组开路时，流经该绕组线路端子的电流的方均根值。

注：① 对于三相变压器，是流经三相端子电流的算术平均值。

② 通常用占该绕组额定电流百分数来表示。对于多绕组变压器，是以具有最大额定容量的那个绕组为基准的。

3.6.3 负载损耗

在一对绕组中，当额定电流（分接电流）流经一个绕组的线路端子，且另一绕组短路时，在额定频率及参考温度下（见10.1条）所吸取的有功功率。此时，其他绕组（如果有）应开路。

注：① 对于双绕组变压器，只有一对绕组组合和一个负载损耗值。

对于多绕组变压器，具有与多对绕组组合相应的多个负载损耗值。整台变压器的总负载损耗值与某一指定的绕组负载组合相对应。通常它不能在试验中直接测出。

② 当绕组组合对中，两个绕组的额定容量不同时，其负载损耗以额定容量小的那个绕组中的额定电流为基准，而且应指出参考容量。

3.6.4 总损耗

空载损耗与负载损耗之和。

注：辅助装置损耗，不包括在总损耗中，并应单独说明。

3.7 短路阻抗和电压降

3.7.1 短路阻抗（一对绕组的）

在额定频率和参考温度下，一对绕组中某一绕组端子之间的等效串联阻抗 $Z=R+jX(\Omega)$。确定此值时，另一绕组的端子短路，而其他绕组（如果有）开路。

对于三相变压器，表示为每相的阻抗（等值星形联结）。

对于带分接绕组的变压器，是指指定分接位置上的。如无另外规定，是指主分接。

注：此参数可用无量纲的相对值来表示，即表示为该对绕组中同一绕组的参考阻抗 Z_{ref} 的分数值 z，若用百分数表示，则有：$z=100\ Z/Z_{ref}$

$$Z_{ref}=U^2/S_r$$

式中：U　Z 和 Z_{ref} 所属的绕组的电压（额定电压或分接电压）；

S_r　额定容量基准值。

（上述公式对三相变压器和单相变压器都适用）

此相对值也等于短路试验中为产生相应额定电流（或分接电流）时所施加的电压与额定电压（或分接电压）之比。此电压称为该对绕组的短路电压。通常用百分数表示。

3.7.2 规定负载条件下的电压降或电压升

绕组的空载电压与同一绕组在规定负载和功率因数下产生的电压之间的算术差，此时，另一绕组施加的电压应为额定电压（主分接）或分接电压（其他分接）。

此差值通常表示为该绕组空载电压的百分数。

注：对于多绕组变压器，此电压降或电压升不仅与该绕组的负载和功率因数有关，也与其他绕组的负载和功率因数有关。

3.7.3 零序阻抗（三相绕组的）

额定频率下，三相星形或曲折形联结绕组中，连接在一起的线路端子与其中性点端子之间的以每相

欧姆数表示的阻抗。

注：① 由于零序阻抗还取决于其他绕组的连接方法和负载，因而零序阻抗可有几个值。

② 零序阻抗可随电流和温度变化，特别是在没有任何三角形联结绕组的变压器中。

③ 零序阻抗也可用与(正序)短路阻抗同样的方法表示为相对值。

3.8 温升

所考虑部位的温度与外部冷却介质温度之差。

3.9 绝缘

变压器绝缘的有关术语，按 GB 1094.3 的规定。

3.10 联结

3.10.1 星形联结(Y-联结)

三相变压器每个相绕组的一端或组成三相组的单相变压器的三个具有相同额定电压绕组的一端连接到一个公共点(中性点)，而另一端连接到相应的线路端子。

3.10.2 三角形联结(D-联结)

三相变压器的三个相绕组或组成三相组的单相变压器的三个具有相同额定电压绕组相互串联连接成一个闭合回路。

3.10.3 开口三角形联结

三相变压器的三个相绕组或组成三相组的单相变压器的三个绕组相互串联连接，但三角形的一个角不闭合。

3.10.4 曲折形联结(Z-联结)

三相变压器每个相绕组的一端连接到一个公共点(中性点)，每个相绕组包括两部分，每一部分感应电压的相位各不相同。

注：通常这两部分的匝数相同。

3.10.5 开路绕组

不在三相变压器内部相互连接的各相绕组。

3.10.6 三相绕组的相位移

当正序电压施加于按字母或数字顺序标志的高压端子时，低压(中压)绕组和高压绕组中性点(真实的或假设的)与相应线路端子间的电压相量的角度差。这些相量均假定按逆时针方向旋转。

注：以高压绕组相量为基准，任何其他绕组的相位移均用传统的时钟序数表示。即当高压绕组相量位于“12”，其他绕组相量用时钟序数表示(时钟序数越大，表示相位越滞后)。

3.10.7 联结组标号

用一组字母和时钟序数指示高压、中压(如果有)及低压绕组的联结方式，且表示中压、低压绕组对高压绕组相位移关系的通用标号。

3.11 试验分类

3.11.1 例行试验

每台变压器都要承受的试验。

3.11.2 型式试验

在一台有代表性的变压器上所进行的试验，以证明被代表的变压器也符合规定要求(但例行试验除外)。

注：如果变压器在额定值和结构方面完全相同，则认为其中一台可以代表。若一台变压器在额定值或其他特性与其余变压器的差异不大时，对其所做的型式试验也可认为有效，其差异应由制造厂和用户协议进行规定。

3.11.3 特殊试验

除型式试验和例行试验外，按制造厂和用户协议所进行的试验。

3.12 与冷却有关的气象数据

3.12.1 月平均温度

某一月份中，日最高温度的平均数与日最低温度的平均数之和的一半的多年统计值。

3.12.2 年平均温度

全年中，各月平均温度之和的 1/12。

4 额定值

4.1 额定容

变压器每一绕组应规定其额定容量，并标志在铭牌上。额定容量指的是连续负载。是负载损耗及温升的基础，也是制造厂的保证。

如果对不同的条件(例如：对不同的冷却方式)规定了不同的视在功率，则取其最高值为额定容量。

双绕组变压器只有一个额定容量值，两个绕组的额定容量值相同。

将额定电压施加到变压器的一次绕组上，且只在一个二次绕组的端子上流过额定电流时，此变压器承受了与该对绕组相应的额定容量。

变压器在正常使用条件下(见第 1.2 条)，应能连续地输送额定容量(对于多绕组变压器，则是指定绕组额定容量的组合)，且其温升不超过 GB 1094.2 所规定的温升限值。

注：按本条所阐述的额定容量，是指输入到变压器的视在功率值(包括变压器本身所吸取的有功功率和无功功率)。变压器输出给与二次绕组端子相连的电路的视在功率与额定容量不等。因为，变压器内部的电压降(或电压升)，二次端子之间的电压与额定电压不等。电压降的许可值(与负载功率因数有关)在载定电压和分接范围的技术规范中给出。

4.2 负载周期

在询价和合同中，除规定连续负载额定容量外，还可以指定暂时负载周期，在这种负载状态下，变压器应能按 GB 1094.2 所规定的条件正常运行。

注：暂时负载周期，特别用来作为大型电力变压器的暂时急救负载的设计和保证的基础。

当没有上述规定时，变压器负载能力应按 GB/T 15164 及有关标准的规定。

变压器所用的套管、分接开关和其他辅助设备，均不应限制变压器的负载能力。

注：这些说明不适用于特殊用途的变压器，有的变压器不需要超过额定值的负载能力。对其他类型的变压器，应规定特殊要求。

4.3 额定容量的优先数

额定容量值应优先从 GB 321 中 *R*10 序列(……100，125，160，200，250，315，400，500，630，800，1 000，……)中选取。

4.4 在高于额定电压和(或)频率不稳定的情况下运行

在负载状况(负载容量、功率因数以及相应的线间运行电压)下，确定额定电压和分接范围的方法，按 GB/T13499的规定。

在设备最高电压(U_m)规定值内，电压与频率之比超过额定电压与额定频率之比，但不超过 5%的“过励磁”时，变压器应能连续运行而无损坏。

对于特殊的使用情况(例如变压器的有功功率可以在任何方向流通)，在额定频率下，用户可规定变压器在高于 105%的额定电压下运行，但不得超过 110%的额定电压。对电流与电压的相互关系如果无特殊的要求，当电流为额定电流的 $K(0\leqslant K\leqslant 1)$倍时，按下面公式对电压 U 加以限制[1]。

$$U(\%)=110-5K^2$$

采用说明：

1] IEC 76.1 中没有此段(4.4 条第 3 段)内容，按我国的运行条件而增加的。

5 对有一个带分接绕组的变压器的技术要求

本章适用于只有一个带分接绕组的变压器。

对于多绕组变压器，只适用于一对绕组间只有一个是带分接绕组的组合。

对于自耦变压器，分接位于接地中性点处时，两个绕组的有效匝数同时在变。对于这样的变压器，有关分接的细节方面的要求，应按协议，但尽可能按本章的有关规定。

5.1 分接范围的标志

主分接应位于分接范围的中点（另有规定除外），其他分接用分接因数标志。分接位置数和电压比的变化范围用分接因数百分值与100之间的偏差作为简化标志。

例：一台变压器，带分接绕组的额定电压为220 kV，有17个分接，对称布置，其标志为：

$$(220\pm8)\times1.25\%/35\ \text{kV}$$

若规定的分接范围不与额定电压对称布置时，其标志为：

$$(220^{+10}_{-6})\times1.25\%/35\ \text{kV}$$

注：此简化标志，只表示带分接绕组的分接布置，不体现该绕组在运行中施加电压的实际变化。详见5.2条和5.3条。

每个分接参数的数据，应标志在铭牌上（见第7章）。

受分接电压和分接电流的限制，某些分接可为“降低容量分接”。出现这些限制的边界分接，被称为“最大电压分接”或“最大电流分接”（见图1）。

5.2 分接参数变化的标准类型及最大电压分接

分接范围和分接位置数的简化标志，表示着变压器的变压比的变化范围，但不能充分表示分接参数的指定值。还必须补充一些数据，如：可以用表格列出每个分接的分接容量、分接电压和分接电流，或用文字说明其调压种类和“满容量分接”的限制范围。

分接电压调节应选择恒磁通调压（CFVV）、变磁通调压（VFVV）和混合调压（CbVV）。

分接电压调节见图1。

图1a：恒磁通调压（CFVV）指出了最大电流分接的选择点。

图1b：变磁通调压（VFVV）指出了最大电流分接的选择点。

图1c：混合调压（CbVV）指出了转折点的分接的位置（位于正分接范围），与最大电压分接U_A和最大电流分接I_B相对应（I_B为常数，在超过转折点后，不再上升）。图中也指出最大电流分接的选择点（在CFVV区域内）。

分接电压调节应符合下述规定：

a. 恒磁通调压适用于分接因数低于最大电压分接因数的各分接；

b. 变磁通调压适用于分接因数高于最大电压分接因数的各分接。

5.3 分接容量

除以下规定外，所有分接均应为满容量分接。

额定容量在2 500 kVA及以下，且分接范围在±5%之内的独立绕组变压器中，所有负分接绕组中的分接电流等于额定电流，这表明其主分接是“最大电流分接”。

在分接范围超过±5%的变压器中，可能要对其分接电压或分接电流规定限值，否则会明显超过额定值。当规定这些限制时，某些分接即为“降低容量分接”。

当分接因数不等于1时，对于满容量分接，其分接电流有可能会超过额定电流。在恒磁通调压下的负分接（见图1a），带分接的绕组会出现这种情况；在变磁通下的正分接（见图1b），不带分接的绕组会出现这种情况。为避免出现上述情况，有可能要规定最大电流分接，由最大电流分接起，该绕组的分接电流应定为常数。这也表示直到极限分接的其余分接是降低容量分接（见图1a、图1b、图1c）。

在混合调压下，“最大电压分接”（即恒磁通调压与变磁通调压之间的转折点）同时是“最大电流分

接"(但另有规定除外),不带分接绕组的电流,直到极限正分接处,保持为一常数(见图 1c)。

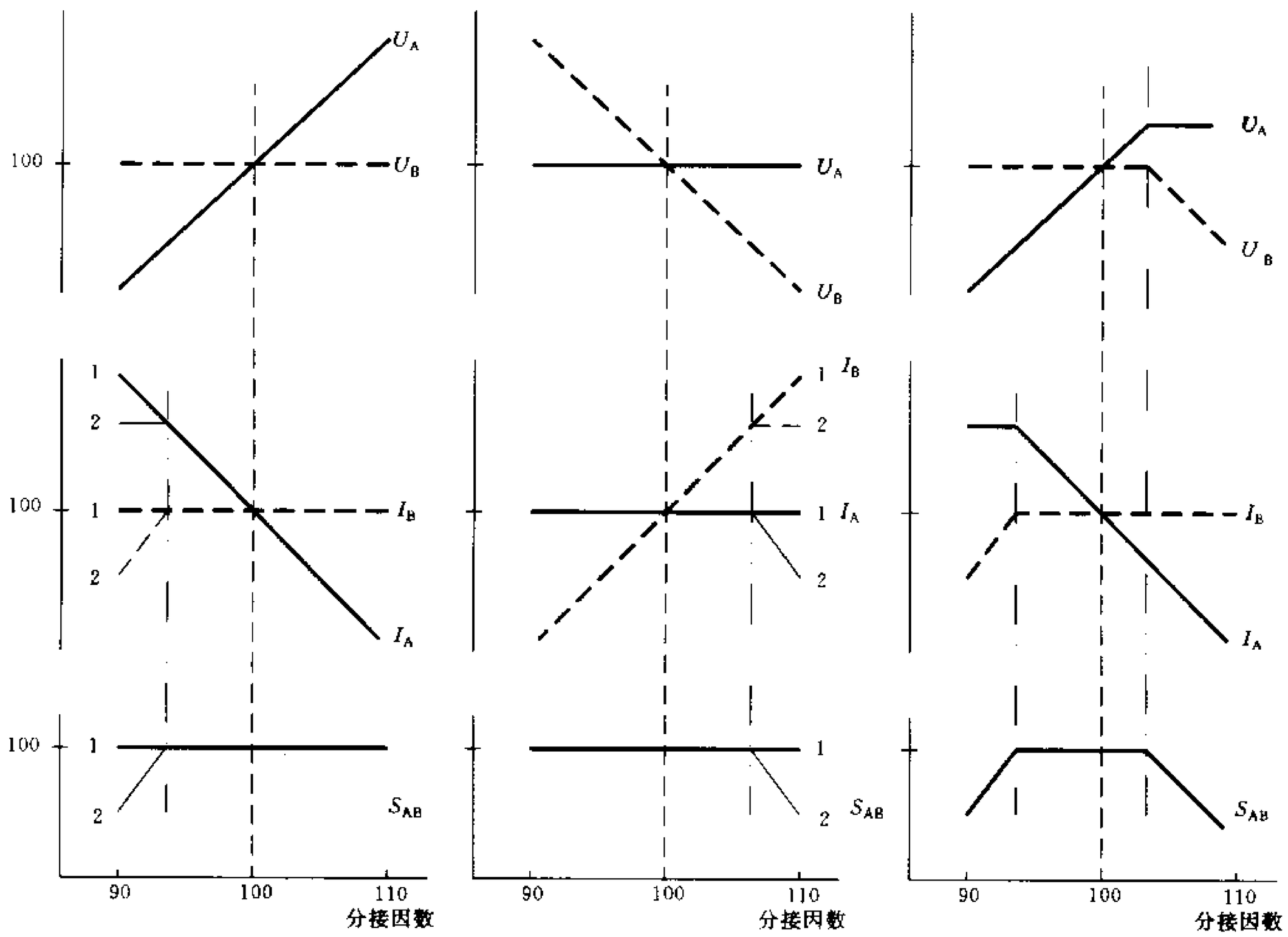


图 1a 恒磁通调压　　图 1b 变磁通调压　　图 1c 混合调压

图 1 分接电压调节

图中:U_A、I_A——带分接绕组中的分接电压和分接电流;

U_B、I_B——不带分接绕组中的分接电压和分接电流;

S_{AB}——分接容量;

1——在整个分接范围内的满容量分接;

2——最大电压分接、最大电流分接和降低容量分接的范围。

5.4 询价和定货时对分接的要求

下列各项要求对变压器设计是必要的:

a. 哪个绕组是带分接绕组;

b. 分接位置数和分接级(或分接范围和分接位置数),分接范围应按主分接对称地分布,且分接级数都相等。若另有规定,应在合同或投标书中明确特殊规定;

c. 调压种类,如果指定用混合调压,应指出其转折点(最大电压分接);

d. 是否需要规定最大电流限值(降低容量分接),如果需要,应指出分接位置。

注:可以在铭牌上列出表格形式代替 c 项和 d 项的文字说明(参见附录 B)。

对以上规定,用户可以在询价中就明确提出所有的要求。或者,提出有功功率和无功功率的负载情况(明确地表明功率流向)以及相应的负载电压。

应指明在满容量和降低容量下电压比的极限值(参见 GB/T 13499 的"六参数法")。制造厂应按合同或标书的要求,选择带分接绕组以及规定各额定参数和分接参数。

5.5 短路阻抗

一对绕组的短路阻抗是按主分接规定的(另有规定除外)。

对于分接范围超过±5%时,还应给出两个极限分接的短路阻抗值。在短路阻抗试验时(见10.4条),主分接和两个极限分接三个阻抗值均应进行测量。

对于几个分接均给出阻抗值时,特别是当一对绕组有不同的额定容量时,推荐用每相欧姆数表示其阻抗值(以该对绕组的任一绕组为基准),而不用百分数表示,由于采用基准值不同,用百分数表示可能会引起混乱。当以百分数表示时,应明确地指出其相应的基准容量和基准电压值。

注:用户选择阻抗值时,会遇到彼此相矛盾的要求:电压降的限制与系统故障时的过电流限制;损耗的最佳经济设计又要求短路阻抗在一定的范围内。若与现有变压器并联运行,还须考虑匹配阻抗(参见GB/T 13499)。

若询价不仅对主分接的短路阻抗值进行规定,还包括对其他分接范围内的短路阻抗变化,这表示对设计有重大的限制(各绕组之间的相互配置),因此,要提出这些详细的规定。

在询价中,对短路阻抗提要求时,给设计留有适当的自由度,即给出整个分接范围内可接受的上、下限值,且可通过作图和制表来表示。

两个限值之间,应有足够的差值,至少允许他们的中间值加上第9章规定的正负偏差。(见附录C给出的实例)。制造厂应选择主分接及极限分接的短路阻抗值,并保证在上、下限之间。根据第9章实测的值,允许与设计值不等,但不应落在上、下限(无允许偏差)之外。

5.6 负载损耗和温升

负载损耗和温升应符合以下规定:

a. 对分接范围在±5%以内,且额定容量不超过2 500 kVA的变压器,负载损耗和温升的保证仅指主分接。温升试验选在主分接上进行。

b. 对分接范围超过±5%,或额定容量大于2 500 kVA的变压器,除主分接外,还应指明需由制造厂保证的其他分接的负载损耗。负载损耗是以相应的分接电流为基准。温升限值对所有分接都应适用(在相应的分接容量、分接电压和分接电流下)。

温升作为型式试验时,仅在一个分接上进行,且应选在"最大电流分接"(通常是具有最大的负载损耗分接)上进行(除非另有协议)。确定油温升的试验容量应是选定分接的总损耗,该分接的分接电流是确定绕组对油温升的参考电流。有关温升试验和规定见GB 1094.2。

温升试验的目的,是验证变压器冷却系统能否将由最大总损耗所产生的热散发出去,且在所有分接下,任何绕组高出环境温度的温升应不超过温升限值的规定。

按第二个目的,则要求选择"最大电流分接",但为确定最大油温升,要施加的总损耗应是具有最大总损耗分接的损耗(即使这个分接不是试验选择的分接),详见GB 1094.2第5.2条。

6 三相变压器的联结和联结组标号

三相变压器的三个相绕组或组成三相组的三台单相变压器同一电压的绕组联结成星形、三角形或曲折形时,对高压绕组应用大写字母Y、D或Z表示;对中压或低压绕组用同一字母的小写形式y、d或z表示;对有中性点引出的星形或曲折形联结应用YN(yn)或ZN(zn)表示。

不在三相变压器内部联结的开口绕组,并每个相绕组的两端均引出时,应分别表示为Ⅲ(高压绕组)或iii(中压或低压绕组)。

注:单相变压器各绕组亦按此标号表示。

对于自耦联结的一对绕组,其低压绕组用auto或a表示(如:YNauto或YNa或YNa0,ZNa11)。

变压器高压、中压、低压绕组联结字母标志应按额定电压递减的次序标注,在中压及低压绕组联结字母后,紧接着标出其相位移钟时序数(见图2)。

当有稳定绕组(不与外部负载相连的三角形联接绕组)时,应在负载绕组字母后用"+d"表示。

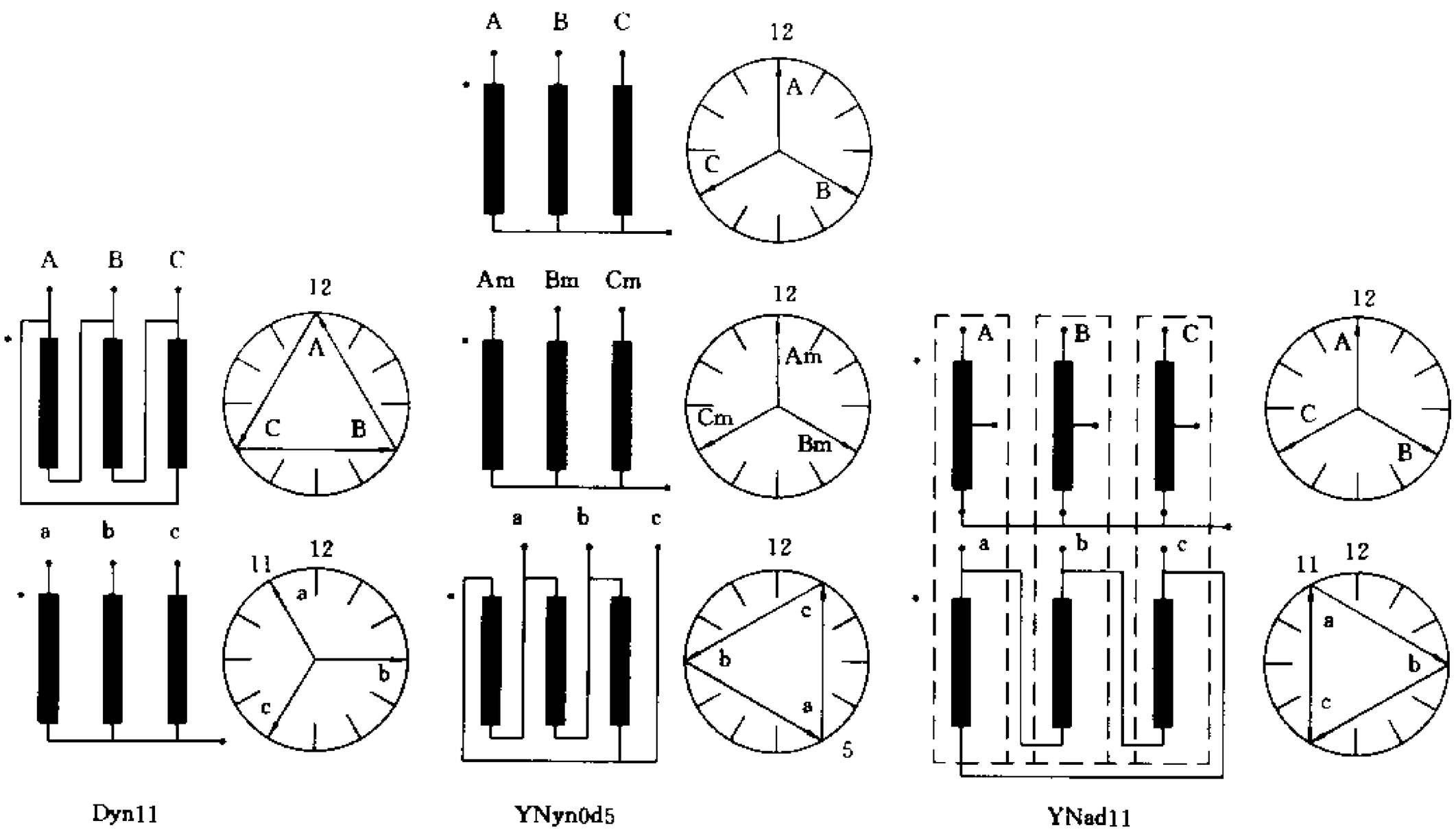


图 2 钟时序数表示法(三个例子)

绕组联结可变时(如:串-并联或 Y-D),两种联结连同相应的额定电压均应给予标志。

例:

220(110)/10.5 kV　　YN(YN)d11

110/11(6.35) kV　　YNy0(d11)

在铭牌上应有完整的说明(见 7.2 条 e 项)。

一般用联结组及联结图见附录 D。

带有端子标志和带有内装电流互感器时,端子标志和接线图,可以与第 7 章规定的文字说明一起标注在铭牌上。

变压器绕组联结图按传统的标志方法,高压绕组位于上面,低压绕组位于下面,图中应表示出感应电压的方向。

高压绕组相量图应以 A 相指向 12 点钟为基准,低压绕组 a 相的相量按感应电压关系确定。

相量图的旋转方向按逆时针方向旋转,相序为 A—B—C。

例 1:

配电变压器,高压绕组 10 kV,三角形联结;低压绕组 400 V,星形联结,并有中性点引出;低压绕组滞后高压绕组 330°。

其标号为:Dyn11。

例 2:

三绕组变压器,高压绕组 121 kV,星形联接,并有中性点引出;中压绕组 38.5 kV,星形联结,有中性点引出,并与高压绕组同相位;低压绕组 6.6 kV,三角形联结,滞后 150°。

其标号为:YNyn0d5。

例 3:

由三台单相自耦变压器组成三相组$\frac{500}{\sqrt{3}}\Big/\frac{220}{\sqrt{3}}$ kV,自耦联结的绕组联成星形联结;并带第三绕组,三角形联接,且滞后高压绕组 330°。

其标号为:YNautod11 或 YNad11。

相同联结的三相自耦变压器，其标号与例 3 相同。

若三角形绕组不外接到三相线路端子，只作为稳定绕组。

其标号为：YNauto+d 或 YNa+d。

稳定绕组没有相位移标志。

7 铭牌

变压器应设有铭牌，铭牌的材料应不受气候的影响，并应固定在明显可见位置。铭牌上所标志的项目内容应清晰且牢固。出厂前需填写的项目内容，应是去不掉的刻印。

下述项目应标注在铭牌上。

7.1 必须标志的项目（在任何情况下）

a. 变压器的种类（如：变压器、自耦变压器、增压变压器等）；

b. 本标准代号；

c. 制造厂名；

d. 出厂序号；

e. 制造年月；

f. 相数；

g. 额定容量（kVA 或 MVA。对于多绕组变压器，应给出每个绕组的额定容量，如果一个绕组的额定容量并不是其他绕组额定容量的总和时，则应给出负载组合）；

h. 额定频率（Hz）；

i. 各绕组额定电压（V 或 kV）和分接范围；

j. 各绕组额定电流（A 或 kA）；

k. 联结组标号；

l. 以百分数表示的短路阻抗实测值（对于多绕组变压器，应给出不同的两绕组组合下的短路阻抗以及列出各自的参考容量；对于有带分接绕组的变压器，按 5.5 条及 7.2 条 b 项）；

m. 冷却方式（若变压器有多种冷却方式时，各自的容量值可用额定容量的百分数表示。如：ONAN/ONAF 70/100%）；

n. 总重；

o. 绝缘油重。

如果在设计中，已特别指明绕组有几种不同的联结，因而变压器有不止一组额定值时，则其补充的额定值应在铭牌上给出，或对每一组额定值分别用各自的铭牌单独给出。

7.2 附加项目（在适用的情况下）

a. 对具有一个或多个绕组的变压器，绕组的设备最高电压 U_m 不低于 3.6 kV，绝缘水平（耐压）的简要标志，按 GB 1094.3 第 3 章的规定。

b. 对有一个带分接绕组的变压器：

分接范围不超过±5%的变压器，所有分接位置上的分接电压值（特别适用于配电变压器）。

分接范围超过±5%的变压器，以表格列出所有分接位置上的分接电压、分接电流和分接容量。此外，还要给出主分接以及至少是极限分接上的短路阻抗值，最好用每个绕组的每相欧姆数表示。

c. 顶层油温升和绕组温升（若不是标准值时），对规定安装在高海拔地区的变压器，还应给出降低的温升值（与正常环境条件相比），或给出高海拔地区条件下仍维持标准温升（降低负载后）时的负载值（具有正常冷却能力的变压器）。

d. 绝缘液体（如果不是矿物油）。

e. 联结图（当联结组标号不能完全表示内部连接时），若连接可在变压器内部改变时，则应以单独的接线标志牌，或两块铭牌表示，并应明确变压器出厂时的联结状况。

f. 运输重量(对总重超过 5 t 的变压器)。

g. 器身重(对总重超过 5 t 的变压器),或上节油箱重(对于钟罩式变压器)。

h. 油箱及储油柜的真空耐受能力。

变压器除装设标有以上项目的主铭牌外,还应装设标有关于附件性能的铭牌,需分别按所用附件(套管、分接开关、电流互感器、冷却装置)的相应标准列出。

8 其他要求

8.1 中性点引线和中性点端子的尺寸选择

变压器的相与中性点之间须承担负载时(例如:配电变压器),中性点引出线和中性点端子应按相应的负载电流和接地故障电流选择尺寸(见 GB/T 13499)。

变压器的相与中性点之间不承担负载时,中性点引出线和中性点端子应按接地故障电流选择其尺寸。

8.2 油保护系统

对油浸式变压器,油保护系统的类型应在询价和定货时规定。并需区分以下几种类型。

a. 自由呼吸系统或储油柜系统

环境空气与油面(油箱内或储油柜内)上方膨胀空间里的空气进行自由交换。通常在与大气相连通的位置需设置吸湿器。

b. 隔膜式油保护系统

在油面上方形成一个具有大气压力的空气膨胀空间,需用一软膜或胶囊将空气与油隔开,以避免油与空气直接接触。

c. 惰性气体压力系统

油面上方的膨胀空间里充满干燥的惰性气体(略有过压力),惰性气体须连通到一压力控制源或连通到一个有弹性的胶囊。

d. 有气垫的密封油箱系统

在刚性油箱内,油面上方的气体容积通过压力变化与油膨胀相适应。

e. 全部充油的密封系统

永久性密封的油箱(通常做成波纹油箱)壳体以自身弹性适应油的膨胀。

注:也可通过冷却装置壳体的弹性适应油的膨胀。

8.3 发电机变压器的甩负载

直接接到发电机的变压器,在发电机甩负载时,变压器与发电机相连的端子上,应承受 1.4 倍额定电压,历时 5 s。

9 允许偏差

要使一对绕组的匝数比绝对等于规定的额定电压比,有时是不可能的,特别是对多绕组、额定电压较低的大型变压器来说,更是不易达到。也有其他因素,如某些参数在投标时不能很准确地确定,或者受制造和测量上的不确定性的影响。

变压器参数的实测值与规定值之差,不得超过表 1 的规定。

表 1 偏差

	项目			偏差
1	a 总损耗[1)] b 空载损耗或负载损耗[1)]			+10% +15%但总损耗不得超过+10%
2	空载电压比	规定的第一对绕组	主分接	a. 规定电压比的±0.5% b. 实际阻抗百分数的±1/10 取其中低者
			其他分接	按协议,但不低于 a 和 b 中较小者
		其他绕组对		按协议,但不低于 a 和 b 中较小者
3	短路阻抗	·有两个独立绕组的变压器,或 ·多绕组变压器中规定的第一对独立绕组	主分接	当阻抗值≥10%时,±7.5% 当阻抗值<10%时,±10%
			其他分接	当阻抗值≥10%时,±10% 当阻抗值<10%时,±15%
		·自耦联结的一对绕组,或 ·多绕组变压器中规定的第二对绕组	主分接	±10%
			其他分接	±15%
		其他绕组对		±15%按协议正偏差可加大
4	空载电流			+30%

注:① 对某些自耦变压器和增压变压器,因其阻抗很小,则应有更大的偏差。对分接范围大的变压器,特别是分接范围不对称时,也会要求作特别考虑。另一方面,例如当变压器要和已有的变压器并联时,按协议,可规定更小的阻抗偏差,但应在投标阶段提出,经制造厂和用户协商规定。

② 规定值,是指制造厂规定的(设计值或标准值)。

③ 高压绕组与其相近的绕组称为第一对绕组。

1) 多绕组变压器的损耗偏差适用于每一对绕组,但对某一负载条件给定时除外。

10 试验

10.1 例行试验、型式试验和特殊试验的一般要求

试验应在 10℃～40℃环境温度,冷却水(如果有)温度不超过 25℃下进行。

试验均应在制造厂进行(除非制造厂与用户商议另有规定)。

试验时,变压器的外部组件和装置(指可能影响变压器运行的)均应安装在规定的位置上。

试验应在主分接上进行(除非有关试验条文另有规定或制造厂与用户另有协议)。

除绝缘试验外,所有性能试验,均应以额定条件为基准(除非试验条文另有规定)。

试验测量系统应按 GB/T 19001 第 4.11 条的要求来保证准确度。

注:关于测量系统的准确度检验的要求,按 GB 13499 的规定。

当试验测量的数据需校正到参考温度时:对于油浸式变压器,其参考温度取 75℃;对于干式变压器,其参考温度按 GB 6450 的规定。

10.1.1 例行试验

a. 绕组电阻测量(10.2 条);

b. 电压比测量和联结组标号检定(10.3 条);

c. 短路阻抗和负载损耗测量(10.4 条);

d. 空载电流和空载损耗测量(10.5 条);

e. 绕组对地绝缘电阻和(或)绝缘系统电容的介质损耗因数($\tan\delta$)的测量(GB 6451)[1];

注:此测量值用来与安装现场测量作比较,故不给出限值。

f. 绝缘例行试验(GB 1094.3);

g. 有载分接开关试验(10.8 条);

h. 绝缘油试验(10.9 条)[2]。

10.1.2 型式试验

a. 温升试验(GB 1094.2);

b. 绝缘型式试验(GB 1094.3)。

10.1.3 特殊试验

a. 绝缘特殊试验(GB 1094.3);

b. 绕组对地和绕组间的电容测定;

c. 暂态电压传输特性测定;

d. 三相变压器零序阻抗测量(10.7 条);

e. 短路承受能力试验(GB 1094.5);

f. 声级测定(GB 7328);

g. 空载电流谐波测量(10.6 条);

h. 风扇和油泵电机所吸取功率测量。

如果试验方法不按本标准的规定,或合同中规定了其他试验项目,则应按协议规定。

10.2 绕组电阻测量

10.2.1 概述

应记录被试绕组温度及绕组端子间的电阻,且应使用直流进行测量。

在测量中,应注意将自感效应的影响降到最小程度。

10.2.2 干式变压器

测量前,变压器在恒定的环境温度下静止的时间,不应少于 3 h。

绕组的温度应与绕组电阻同时测量,绕组温度由置于有代表性位置(最好置于绕组内,如高压绕组与低压绕组间的通道内)的传感器测量。

10.2.3 油浸式变压器

变压器注油后,至少 3 h 不励磁,才可测量油平均温度(绕组温度被认为与油平均温度相同)。顶层油温与底部油温的平均值,作为油平均温度。

在为温升试验测量冷电阻时,应尽量准确地测定绕组的平均温度。可以用泵强迫油循环,以使顶层油与底部油温差尽量小。

10.3 电压比测量和联结组标号检定

每个分接都应进行电压比测量。

应检定单相变压器的极性及三相变压器联结组标号是否正确。

10.4 短路阻抗和负载损耗测量

一对绕组的短路阻抗和负载损耗测量,应在额定频率下,将近似正弦波的电压施加在一个绕组上,

采用说明:

1) 此试验项目,IEC 76.1 中规定为特殊试验项目,但我国变压器行业将此项目列为例行试验已有多年,故仍将其列为例行试验项目。

2) 此试验项目,IEC 76.1 中并没有规定,但我国变压器行业多年以来就注重绝缘油试验,故将其增补为例行试验项目。

另一个绕组短路，其他绕组（如果有）开路（试验分接的选择，按第5.5条和5.6条的规定）。应施加相应的额定电流（或分接电流）。在受到试验设备限制时，可以施加不小于相应额定电流（或分接电流）的50%，测得的负载损耗值应乘以额定电流（或分接电流）对试验电流之比的平方。试验应尽量快速进行，以减少绕组温升所引起的误差。顶层油与底部油温差亦应尽量小，以使平均温度测量准确。若冷却方式为OF或OD时，可用泵搅拌油。

负载损耗值，还应校正到参考温度（见10.1条）。I^2R 损耗（R 为绕组直流电阻）随绕组电阻呈正比变化，而所有其他损耗与电阻成反比变化。绕组电阻测量按10.2条的规定，温度校正程序，详见附录E。

短路阻抗用电抗和交流电阻串联表示。短路阻抗应校正到参考温度，此时，假定电抗是常数，而由负载损耗求出的交流电阻，其变化如上所述。

在分接范围超过±5%时，短路阻抗应分别在主分接和两个极限分接进行测量。

在三绕组变压器中，应在三对不同的绕组对中进行测量。并计算出各绕组的短路阻抗和负载损耗（见GB/T 13499）。所有绕组在规定负载下的总损耗按此法来确定。

注：① 对具有相同额定容量及额定电压，且各自对一次绕组的阻抗也相同的两个二次绕组的变压器（也称为“双二次绕组变压器”），通过协商，可将两个二次绕组同时短路的附加试验来研究负载情况。

② 对大型变压器，由于其功率因数低而试验电流又往往很大，因而要求特别细心，并有良好的测量系统，对所用互感器的误差和试验连接线的电阻应进行校正，除非是小到可以忽略（见GB/T 13499）。

10.5 空载损耗和空载电流测量

将额定频率下的额定电压（主分接）或相应分接电压（其他分接）施加于选定的绕组，其余绕组开路，但开口三角形联结的绕组（如果有）应闭合。

测量时，变压器的温度应接近于试验时的环境空气温度。

选择接到试验电源的绕组和联结方式时，应尽可能使三个心柱上出现对称的正弦波电压。

试验电压应以平均值电压表读数为准（但该表的刻度具有同一平均值的正弦波形方均根值），令平均值电压表的读数记为 U'。

方均根值电压表与平均值电压表并联。令方均根值电压表读数记为 U。

对三相变压器试验时：

若D（或Y）[1]联结绕组励磁，则电压应在各相端子间测量；

若YN或ZN联结绕组励磁，则电压应在相和中性点端子间测量。

如果 U' 与 U 之差在3%以内，则此试验电压波形满足要求。

设测得的空载损耗为 P_m，则校正后的空载损耗 P_0 为：

$$P_0 = P_m(1 + d)$$

式中：$d=(U'-U)/U'$　　（d 通常为负值）

如果读数 U 与 U' 之差大于3%，应按协议确认试验的有效性。

空载电流与空载损耗在同一绕组同时测量，对于三相变压器，应取各相空载电流的平均值。

10.6 空载电流谐波测量

空载电流谐波应在三个相上测量，其幅值表示为基波分量的百分数。

10.7 三相变压器零序阻抗测量

零序阻抗应在额定频率下，在短接的三个线路端子（星形或曲折形联结绕组的线路端子）与中性点端子间进行测量。以每相欧姆数表示，其值等于 $3U/I$（其中：U 是试验电压，I 是试验电流）。

每相的试验电流为 $I/3$。

中性点引线中的电流应与引线载流能力相符合。

采用说明：

1）“（或Y）”是增加的，在此，对D联结和Y联结的要求相同。IEC 76.1中没有提到Y联结绕组。

当变压器带有辅助的三角形联结绕组时，试验电流应不使三角形联结绕组内的电流过大，应注意施加电流的时间。

在零序系统中，若出现安匝不平衡(如：在无三角形联接绕组的星形-星形联结的变压器中)时，施加的电压应不超过正常运行时相对中性点的电压，施加电流的时间及流经中性点电流应予以限制，以避免金属结构件的温度过高。

在变压器中，带中性点端子的星形联结的绕组不止一个时，零序阻抗与连接方法有关，应按制造厂与用户协商的要求进行试验。

带有一个直接接地的中性点端子的自耦变压器，应看成是具有两个星形联结绕组的常规变压器。因而，串联绕组与公共绕组一起构成一个测量电路，并且，公共绕组又单独地构成另一个测量电路，试验电流应不超过低压侧与高压侧额定电流之差。

注：① 失去安匝平衡时，电压和电流之间的关系不是线性的。此时，应用几个不同的电流值进行测量，可得到有用的数据。

② 零序阻抗取决于各绕组和导磁结构件的相对位置，因而，不同绕组上的测量值可能有差异。

10.8 有载分接开关试验

10.8.1 操作试验

在变压器完成装配后，有载分接开关应承受如下顺序的操作试验，且不应发生故障：

a. 变压器不励磁，完成 8 个操作循环(一个操作循环是从分接范围的一端到另一端，并返回到原始位置)；

b. 变压器不励磁，且操作电压降到其额定值 85%时，完成一个操作循环；

c. 变压器在额定频率和额定电压下，空载励磁时，完成一个操作循环；

d. 将一个绕组短路，并尽可能使分接绕组中的电流达到额定值，在粗调选择器或极性选择器操作位置处或在中间分接每一侧的两个分接范围内，完成 10 次分接变换操作。

10.8.2 辅助线路绝缘试验

变压器完成装配后，按 GB 1094.3 的规定，对分接开关辅助线路进行工频耐压试验。

10.9 绝缘油试验

从油箱下部取油样，试验按相应标准进行。

附 录 A
询价和定货时需提出的技术要求
（补充件）

A1 额定值和一般数据

A1.1 正常项目（在所有情况下都应给出的项目）

a. 变压器应符合技术规范的详细说明。

b. 变压器的类型（例如：独立绕组变压器、自耦变压器或增压变压器）。

c. 单相还是三相。

d. 系统中的相数。

e. 频率。

f. 干式或油浸式（若为油浸式，是矿物油还是合成绝缘液体；若为干式，其外壳防护等级按GB 4208）。

g. 户内式还是户外式。

h. 冷却方式。

i. 每一绕组的额定容量，当分接范围超过±5%时，还应规定出最大电流的分接（如采用）。若规定了变压器有几种冷却方式时，则各自的降低容量应与额定容量值（指在最佳的冷却方式下的）一起给出。

j. 每个绕组的额定电压。

k. 对带分接的变压器的有关说明：

哪一个绕组带有分接，其分接位置数和分接范围或分接级；

是无励磁分接开关还是有载分接开关；

若分接范围超过±5%，其调压种类和最大电流分接位置（如采用）（参见5.4条）。

l. 每一绕组的设备最高电压（U_m）（系关绝缘方面，参见GB 1094.3）。

m. 系统接地方式（对每一绕组）。

n. 每个绕组的绝缘水平（参见GB 1094.3标准）。

o. 联结组标号和中性点端子（如对某一绕组有要求时）。

p. 有关安装、装配、运输等特点的说明，以及尺寸和重量的限制。

q. 有关辅助电源电压细节（用于风扇和泵，分接开关，以及报警系统等）。

r. 附件、仪表、铭牌、油位指示计的安装位置。

s. 油保护系统的类型。

t. 对多绕组变压器，要求的容量负载组合，如有必要，分别说明各自的有功和无功输出（特别是在多绕组自耦变压器的情况下）。

u. 套管及套管电流互感器的要求[1]。

A1.2 特殊项目

a. 是否要求有稳定绕组，如有要求，其接地方式如何。

b. 短路阻抗或阻抗范围（参见附录C）。对多绕组变压器，要给出规定的各对绕组的短路阻抗（若给出百分数，还应将相关的参考容量一并给出）。

c. 电压比允许偏差和短路阻抗允许偏差，当按表1需双方协议时，或要求值与表1规定值不一致

采用说明：

1）此项是增补项目，IEC 76.1中没有此项要求。

时，应明确列出。

d. 发电机变压器是否要直接或通过开关装置与发电机相接，是否承受甩负载的工作条件。

e. 变压器是否直接或通过短距离架空线接到气体绝缘开关装置(GIS)。

f. 海拔(如超过 1 000 m)。

g. 特殊的环境温度条件(参见 1.2.1b)，或冷却空气循环的限制。

h. 安装场地要求特殊考虑预期地震活动情况。

i. 安装场地环境污秽等级[1]。

j. 影响变压器空气绝缘间隙和端子位置的特殊的安装空间限制。

k. 负载电流波形是否严重畸变，三相负载是否不平衡，这两种情况的细节要给出。

l. 变压器是否经常承受过负载电流(例如，电炉变压器和牵引变压器)。

m. 除 4.2 条包括之外的有关周期性过负载的细节(以确定变压器辅助设备的额定值)。

n. 其他特殊的使用条件。

o. 变压器绕组联结是否要有变换，联结变换是怎样进行的，出厂时要求用哪种联结。

p. 所连接系统的短路特性(示为短路容量或电流，或系统阻抗数据)及可能影响变压器设计的限值(参见 GB 1094.5 标准)。

q. 是否要进行声级测量。

r. 变压器油箱耐受真空的能力(如有规定时，还可能包括储油柜的)。

s. 需要的其他特殊试验项目。

A2 并联运行

若要求与现有的变压器并联运行，应予以说明，并对现有变压器应给出下列数据：

a. 额定容量；

b. 额定电压比；

c. 除主分接外的其他分接的电压比；

d. 在额定电流下主分接上的负载损耗，校正到相应的参考温度；

e. 如果带分接绕组的分接范围超过±5%时，主分接和至少两个极限分接上的短路阻抗；

f. 联结图或联结组标号，或两者都给出。

注：对多绕组变压器，一般还要补列其他项目。

附 录 B
带分接绕组变压器的技术规范举例
(参考件)

例 1：恒磁通调压

三相变压器额定容量 40 MVA，额定电压为 66 kV/20 kV，66 kV 绕组分接范围±10%，共有 11 个分接位置，其简化标注为：(66±5×2%)/20 kV

调压种类：CFVV

额定容量：40 MVA

额定电压：66 kV/20 kV

带分接绕组：66 kV(分接范围±10%)

采用说明：

1) 此项是增补项目，IEC 76.1 中没有此项要求。

分接位置数：11

若变压器要有降低容量分接，假定从－6%起，则增加：

最大电流分接：－6%分接

其高压绕组的分接电流，从－6%到极限分接－10%，被限制到 372 A，在极限分接位置处的分接容量降到 38.3 MVA。

例 2：变磁通调压

三相变压器额定容量 20 MVA，额定电压 66 kV/6 kV，高压绕组分接范围为＋15%，－5%，但高压绕组的分接电压不变，而低压绕组的分接电压可变，变化范围在：

6/0.95＝6.32 kV 与 6/1.15＝5.22 kV 之间

调压种类：VFVV

额定容量：20 MVA

额定电压：66 kV/6 kV

带分接绕组：66 kV（分接范围＋15%，－5%）

分接位置数：13

6 kV 绕组的分接电压：6.32 kV，6 kV，5.22 kV。

若此变压器有降低容量的分接，应增加（举例）：

最大电流分接：＋5%分接

那么，从＋5%分接到极限分接＋15%，其不带分接绕组（低压）的分接电流被限制到 2 020 A，在极限分接位置处的分接容量降到 18.3 MVA。

例 3：混合调压[1]

三相变压器额定容量 90 MVA，额定电压 345 kV/35 kV，345 kV 绕组的分接范围为±10%。其转折点（最大电压分接）在＋5%分接处，在恒磁通调压 CFVV 范围内也有一个最大电流分接，在－6.25%分接处。

带分接绕组：345 kV，分接范围±8%×1.25%

分　接	电压比	分接电压		分接电流		分接容量 MVA
		U_{HV} kV	U_{LV} kV	I_{HV} A	I_{LV} A	
1（＋10%）	10.85	362.5	33.4	136.9	1 485	86
5（＋5%）	10.35	362.5	35	143.3	1 485	90
9（0%）	9.86	345	35	150.6	1 485	90
14（－6.25%）	9.24	323.5	35	160.7	1 485	90
17（－10%）	8.87	310.5	35	160.7	1 426	86.4

注：① 分接参数数值填完后，上表可写在铭牌上。

② 将本技术规范与恒磁通调压下的规范（额定容量 90 MVA）

345±8×1.25%/35 kV

进行对比，二者之差别在于：本例中的高压分接电压不超过“系统最高电压”363 kV。而表示绕组绝缘特性的设备最高电压也是363 kV（见 GB 1094.3）。

采用说明：

1）此例按我国的电压等级编制，IEC 76.1 中举例电压为 160 kV。

附 录 C
用界限法表示的短路阻抗规范
（参考件）

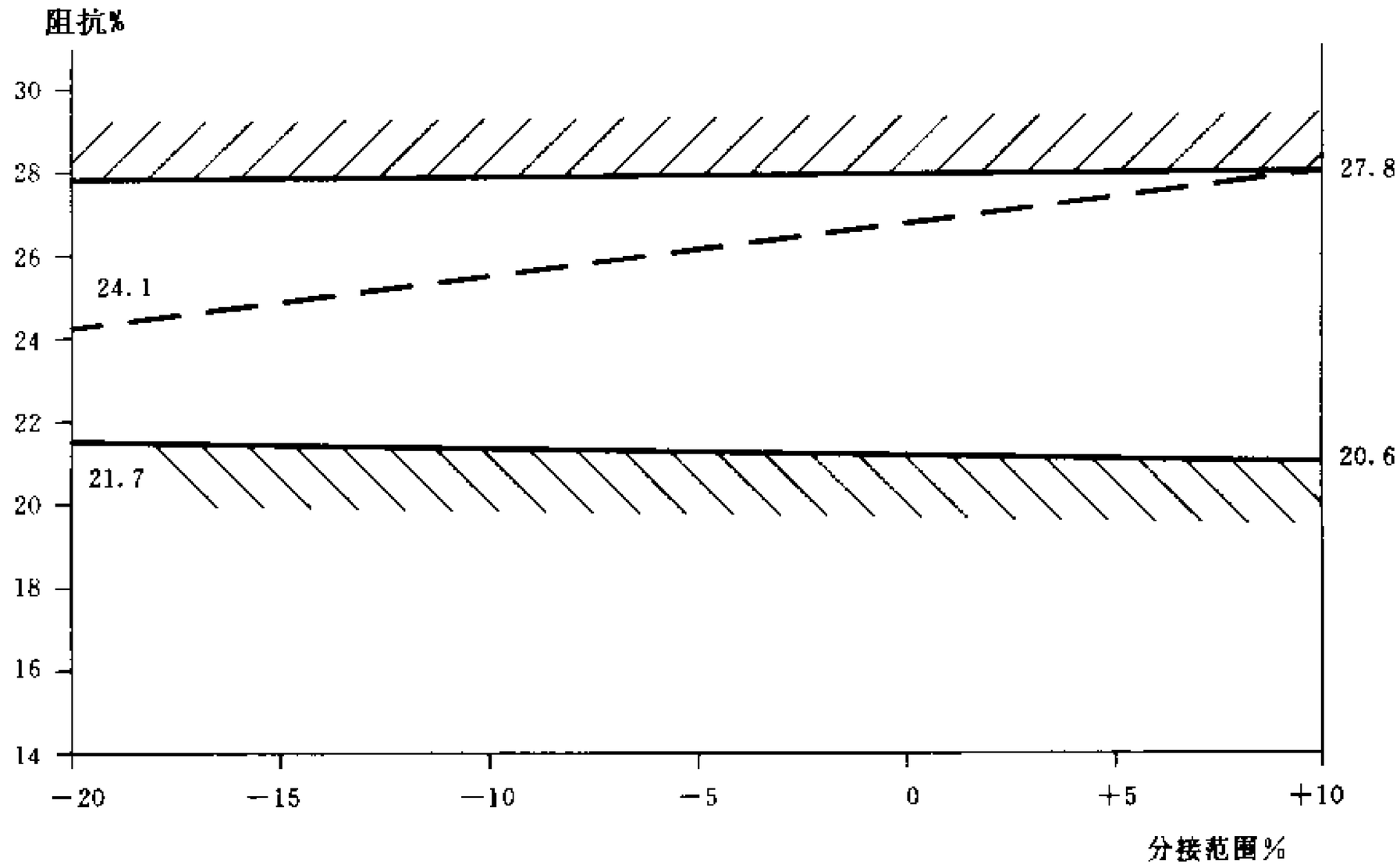


图 C1 用界限法表示短路阻抗规范的举例

图 C1 中：

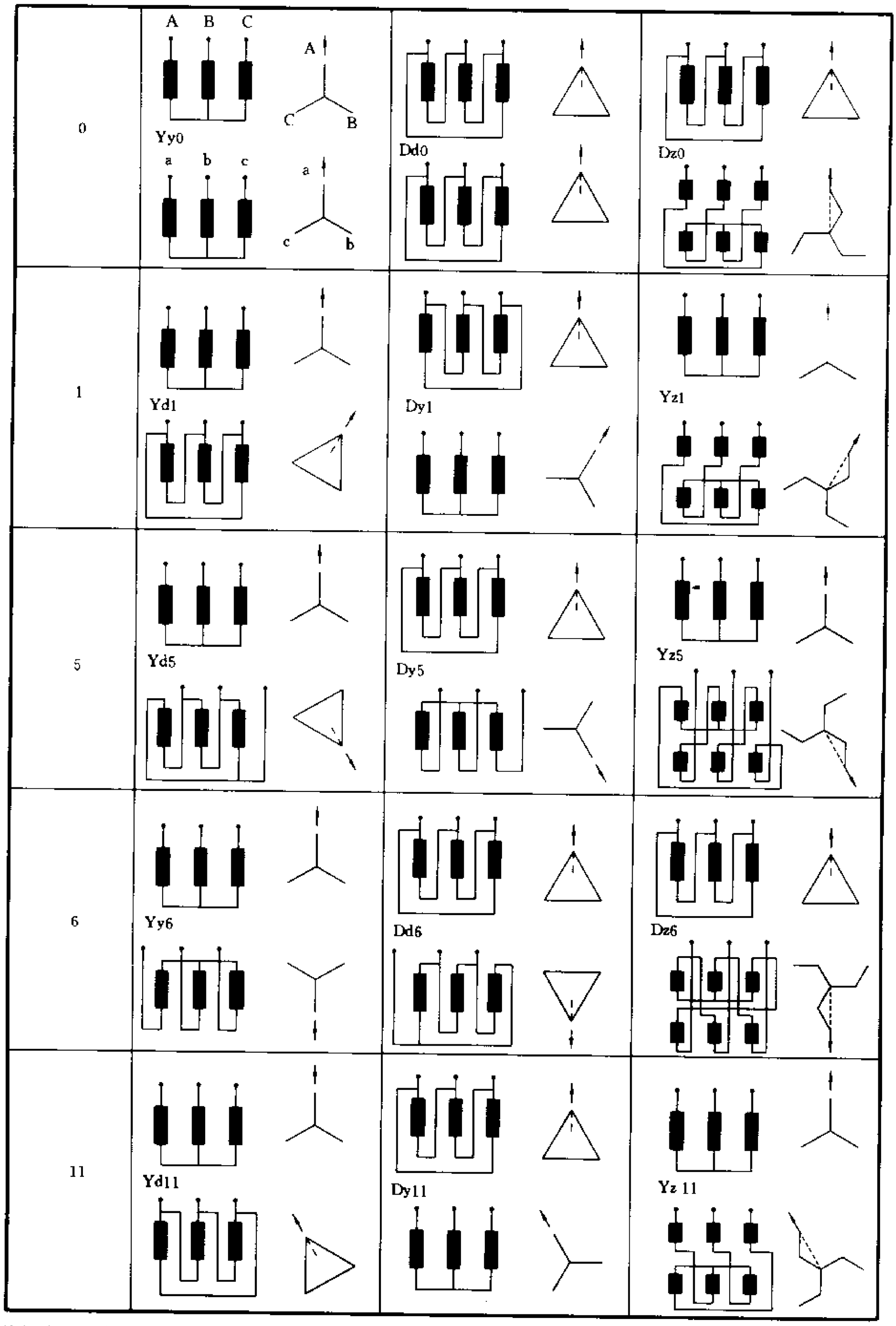
其上限是用百分数表示的短路阻抗的常数值，它是由在规定的负载和规定的功率因数下所允许的电压降决定的。

其下限是由短路故障时二次侧允许的过电流来决定。

虚线是变压器短路阻抗曲线的表示实例，该曲线满足本规范。

附 录 D
三相变压器常用的联结组
（参考件）

三相变压器联结组见图 D1 及图 D2，图 D3 及图 D4 给出了联结组表示实例。



其传统表示图与正文图 2(第 6 章)同。

图 D1　常用的联结组

补充的联结组

2		Dd2	Dz2
4		Dd4	Dz4
7	Yd7	Dy7	Yz7
8		Dd8	Dz8
10		Dd10	Dz10

其传统表示图与正文图示(第 6 章)同。

图 D2　补充的联结组

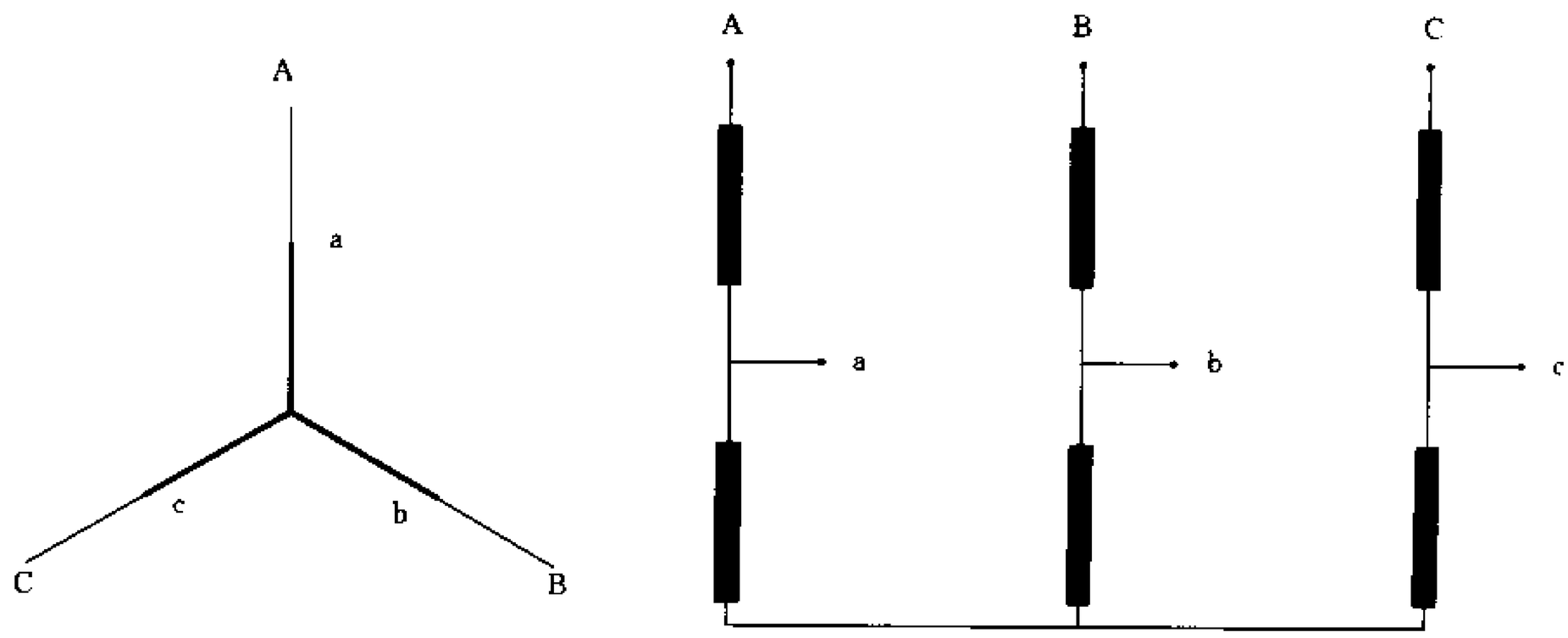


图 D3　三相自耦变压器联结组举例
（联结组标号 Ya0）

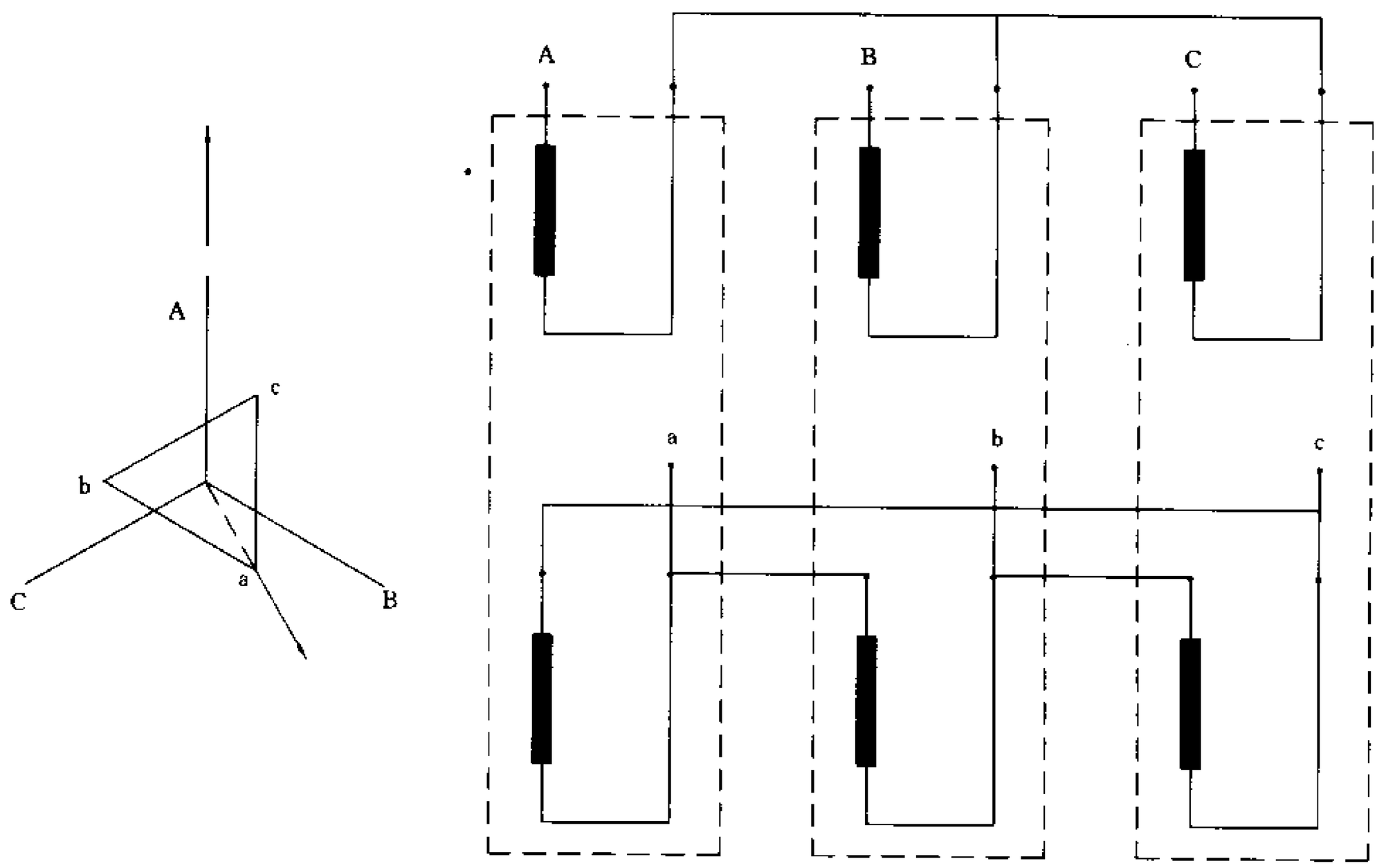


图 D4　三个单相变压器组成三相变压器组的联结组举例
（联结组标号 Yd5）

附　录 E
负载损耗的温度校正
（补充件）

符号表：

下标号1 指绕组冷电阻测量时的状态（10.2 条）

2 指负载测量时的状态（10.4 条）

r 指参考温度时的状态（10.1 条）

R 电阻

θ 绕组温度，℃

P 负载损耗

I 为确定损耗而规定的负载电流(额定电流、分接电流、其他某一特定负载下的规定值)

P_a "附加损耗"

在温度为 θ_1 时测量绕组的电阻，其测量值是 R_1。

在平均温度为 θ_2 时，测量绕组的负载损耗。在规定电流下测得的损耗为 P_2，此损耗由电阻损耗 I^2R_2 和"附加损耗"P_{a2}构成。

$$R_2 = R_1 \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1} \quad (铜)$$

$$R_2 = R_1 \frac{225 + \theta_2}{225 + \theta_1} \quad (铝)$$

$$P_{a2} = P_2 - I^2R_2$$

在参考温度 θ_r 时，其绕组电阻是 R_r，其附加损耗是 P_{ar}，其总负载损耗是 P_r。

$$R_r = R_1 \frac{235 + \theta_r}{235 + \theta_1} \quad (铜)$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta}$$

$$R_r = R_1 \frac{225 + \theta_r}{225 + \theta_{1r}} \quad (铝)$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{225 + \theta_2}{225 + \theta_r}$$

对油浸式变压器，其参考温度为 75℃，则上述公式变为如下所示：

$$R_r = R_1 \frac{310}{235 + \theta_1} \quad (铜)$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{235 + \theta_2}{310}$$

$$R_r = R_1 \frac{300}{225 + \theta_1} \quad (铝)$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{225 + \theta_2}{300}$$

最后有：

$$P_r = I^2R_r + P_{ar}$$

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国变压器标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：沈阳变压器研究所、电力部电力科学研究院。

本标准参加起草单位：沈阳变压器厂、西安变压器厂、保定变压器厂。

本标准主要起草人：彭桂先、王乃庆。

本标准参加起草人：潘炳宇、李惠、胡振忠、王秀春。

本标准 1971 年首次发布；1979 年第一次修订；1985 年第二次修订；1996 年第三次修订。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电力变压器
第1部分 总则
GB 1094.1—1996
*
中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印
*
开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字
1996年12月第一版 1996年12月第一次印刷
印数 1—3 000
*
书号:155066·1-13257 定价 12.00 元
*
标 目 300—08