

有 载 分 接 开 关

On-load tap-changers

本标准等效采用国际电工标准 IEC 214《有载分接开关》(1987 年版)。

第一篇 总 则

1 范围

本标准适用于电力变压器用的有载分接开关及其电动机构。它主要适用于浸在符合 GB 2536《变压器油》中的分接开关,但在条件很合适的情况下,也可用于气体绝缘的分接开关。

注:本标准认为合成的绝缘液体也是一种油。只有在分接开关的设计与合成绝缘液体相容时,分接开关才能使用合成绝缘液体。

本标准不包括铁路牵引车辆用变压器所装用的分接开关。

2 使用条件

a. 分接开关的环境温度

除订购者有更严格的要求外,分接开关应能在表 1 中所规定的温度范围内运行。

表 1 分接开关的环境温度 ℃

分接开关的环境	温 度	
	最低	最高
空 气	-25	40
油	-25	100

注:① 分接开关的环境是指紧紧包围整个分接开关的介质,即如果分接开关是装在一个分开的外部容器中,安装在变压器油箱的外部,则它的环境是“空气”;如果整个分接开关安装在变压器主油箱内,而不是装在一个分开的外部容器中,则它的环境是油(即变压器油箱中的油)。

② 上面所引用的 100℃的值是以 GB 1094.1~1094.5《电力变压器》中所规定的最高大气温度 40℃为基础的。

③ 在低于-25℃下使用的有载分接开关,应由订购者与制造者协商。

b. 电动机构的环境温度

除订购者有更严格的要求外,电动机构应适合于在-25℃到 55℃的任何大气温度下运行。

注:在低于-25℃下使用的电动机构,应由订购者与制造者协商。

c. 过载条件

符合本标准的分接开关是适合于变压器在《油浸变压器的负载导则》标准中规定的各种油温下所能承受的负载。

3 招标单与订货单要求的数据

对于招标单与订货单需要的数据按双方协议的规定。

第二篇 定 义

4 关于有载分接开关(不包括电动机构)的定义

4.1 有载分接开关

能在变压器励磁或负载状态下进行操作,用以调换线圈的分接连接位置的一种装置。通常它由一个带过渡阻抗(见本标准第4.6条)的切换开关(见本标准第4.3条)和一个能带或不带转换选择器(见本标准第4.5条)的分接选择器(见本标准第4.2条)所组成,整个开关是通过驱动机构(见本标准第4.7条)来操作的。在有些型式的分接开关中,切换开关和分接选择器的功能被结合成为一个选择开关(见本标准第4.4条)。

注:本标准只涉及到有载分接开关,以下有载分接开关简称为分接开关。

4.2 分接选择器

能承载但不能接通或断开电流的一种装置,与切换开关配合使用,以选择分接连接位置。

4.3 切换开关

与分接选择器配合使用,以承载、接通和断开已选电路中的电流的一种装置。

注:弹簧操作型的切换开关,包括用来操动开关的一个独立的储能装置。

4.4 选择开关

具有分接选择器和切换开关的功能,能承载、接通和断开电流的一种装置(即复合开关)。

4.5 转换选择器

这种装置是按能载流、但不能接通或断开电流设计的。它与分接选择器或选择开关配合使用,当从一个极限位置移到另一个极限位置时,能使分接选择器或选择开关的触头和联到触头上的分接头使用一次以上。

4.5.1 粗级选择器

将分接绕组接到粗调绕组上或者接到主绕组上的一种转换选择器。

4.5.2 极性选择器

将分接绕组的一端或另一端接到主绕组上的一种转换选择器。

4.6 过渡阻抗

由一个或几个单元组成的电阻器或电抗器,桥接于正在使用的分接头和将要使用的分接头上,以达到将负载电流无间断地或无显著变化地从一个分接转到另一个分接的目的。与此同时,在两个分接头被跨接的期间限制其循环电流。

4.7 驱动机构

驱动分接开关的一种装置。

注:该机构可以包括储能控制机构。

4.8 触头组

实质上是同时起作用的动、静触头对或动、静触头对的组合。

4.9 切换开关和选择开关的触头

4.9.1 主触头

承载通过电流、不经过过渡阻抗而与变压器绕组相连接的,并且也不能接通和断开任何电流的触头组。

4.9.2 主通断触头

不经过过渡阻抗而与变压器绕组相连接的,并能接通和断开电流的触头组。

4.9.3 过渡触头

经过串联的过渡阻抗而与变压器绕组连接的,并能接通和断开电流的触头组。

注：如果是电抗过渡的分接开关，这个触头组大都用以在正常分接位置中承载通过电流。

4.10 循环电流

在分接变换中，当两分接头“桥联”时，由于分接头之间的电压差所产生并流过过渡阻抗的那部分电流。

4.11 开断电流

当分接变换时，在切换开关或选择开关中所包含的每个主通断触头组或过渡触头组所预计断开的电流。

4.12 恢复电压

在切换开关或选择开关的每个主通断触头组或过渡触头组上的开断电流被切断之后，其动、静触头之间出现的工频电压。

4.13 分接变换(操作)

通过电流从绕组的一个分接开始并完全转移到相邻一个分接的全部过程。

4.14 操作循环

分接开关从一个极限位置变换到另一个极限位置，再回到开始位置的動作。

4.15 绝缘水平

对地的、多相相间的和其它需要绝缘的那些部分之间的冲击和工频试验的耐受电压值。

4.16 额定通过电流 I_n

通过分接开关流到外部电路的电流，这个电流在相关级电压下，能被分接开关从一个分接转移到另一个分接，并能被分接开关连续承载而符合本标准的要求。

注：关于额定通过电流与相关级电压之间的关系见本标准第 6.2 条。

4.17 最大额定通过电流 I_{\max}

用来进行触头温升试验(本标准第 8.1 条)和工作负载切换试验(本标准第 8.2.1 条)的额定通过电流。

4.18 额定级电压 U_i

对于每个额定通过电流，接到变压器相邻分接上的分接开关端子间的最大允许电压。

注：对于某个额定通过电流所给出的额定级电压称为“相关额定级电压”。

4.19 最大额定级电压 U_{im}

分接开关设计的额定级电压的最大值。

4.20 额定频率

分接开关设计的交流频率。

4.21 分接开关的分接位置数

4.21.1 固有分接位置数

在设计上，一个分接开关在半个操作循环中所能使用的最多分接位置数。

4.21.2 工作分接位置数

变压器中的分接开关在半个操作循环中的分接位置数。

注：① 本标准第 4.21.1 及 4.21.2 条在说明上一般都以相关数目的正和负值表示，如 ±11 位置；但在产品上的指示用连续数更方便，如把 ±11 位置标为 23 位置。对于电动机的位置指示也同样如此。

② 变压器用“分接位置数”一词，常指分接开关的工作分接位置数。

4.22 型式试验

在一个分接开关上或者在一个分接开关的一些组成部分上，或者在一系列全部基于同一设计的分接开关或组成部分上进行的一种试验，以证明其是否符合标准。

注：分接开关系列是基于同一设计，并具有同样性能(对地绝缘水平、多相的相间绝缘水平、级数和过渡阻抗值除外)的一些分接开关。

4.23 出厂试验

为了确定分接开关无制造缺陷,在型式试验合格的分接开关的每个制成品上所进行的试验。

5 关于电动机构的定义

5.1 电动机构

由本标准第 4.7 条所规定的驱动机构与电动机和控制线路结合而成的一种驱动机构。

5.2 逐级控制

不管指令的发出方式如何,在一个分接变换完成之后,能使电动机构停止的电气和机械装置。

5.3 分接位置指示器

能指示分接开关的分接位置的一种电气和(或)机械的装置。

5.4 分接变换在进行的指示

指示电动机构正在运转的一种装置。

5.5 极限装置

5.5.1 极限开关

能防止分接开关的操作超越任一极限位置,但允许处于极限位置的分接开关反向转动的由电气开关和操作机构组成的一种装置。

5.5.2 机械的极限止动装置

机械地防止分接开关的操作超越任一极限位置,但允许处于极限位置的分接开关反向转动的一种机械装置。

5.6 并联控制装置

能把并联运行的几台有载调压变压器的所有分接开关移到指定的位置上,而避免各个电动机构操作不协调的电气控制装置。

注:对组成三相组的单相变压器来说,当每个单相分接开关有自己的电动机构时也需要这样的装置。

5.7 紧急脱扣装置

能在紧急情况下使电动机构停止的一种电气的和(或)机械的装置。无论何时遇到不能再操作分接开关的情况,就用它来使电动机构停止,以便进行特殊处理。

5.8 过电流闭锁装置

在流过变压器绕组的过电流超过预定值的期间,能阻止或中断电动机构运转的一种电气装置。

注:对于由弹簧储能系统操动的切换开关,只要释放机构已经动作,即使中断电动机构的运转也不能阻止切换开关的操作。

5.9 重启动装置

在中断的操作电源恢复后,能使电动机构重启动,并使一度开始了的一个分接变换操作得以完成的一种机械和(或)电气的装置。

5.10 计数器

指示分接变换完成次数的一种装置。

5.11 电动机构的手动操作

使用一种机械装置由手转动进行分接开关的操作,同时能将电动机的操作予以闭锁。

5.12 电动机构箱

电动机构的机座箱。

第三篇 有载分接开关(不包括电动机构)的技术要求

6 定额

6.1 额定特性

分接开关的额定特性是:

- 额定通过电流；
- 最大额定通过电流；
- 额定级电压；
- 最大额定级电压；
- 额定频率；
- 额定绝缘水平。

6.2 额定通过电流和额定级电压的相互关系

在分接开关的最大额定通过电流范围内,分接开关的额定通过电流和相应的额定级电压值可有几种给定的组合。与额定通过电流的一个规定值对应的一个额定级电压值称为相关额定级电压。

7 设计和结构

7.1 切换开关和选择开关的油室

有单独油室的切换开关和选择开关,其油室应为密封的。

注:如果对变压器油采用色谱分析进行监视,则在变压器结构设计时,对切换开关或选择开关的油室应供给一个储油柜。这个储油柜与变压器储油柜既不通油,也不通气。

7.2 油位计

有固定膨胀容积的切换开关和选择开关油室,或切换开关和选择开关油室的专用储油柜应装油位计。

注:切换开关或选择开关的、与其本身分开的专用储油柜由变压器制造者供给。

7.3 过压力的保护装置

为了防止过压力,可以采用下列保护装置中的一种或一种以上。有气体继电器的变压器用的分接开关,至少要有本标准第 7.3.1 及 7.3.2 条中规定的一种继电保护装置。

7.3.1 油流控制继电器

它安装在分接开关顶部和储油柜间的联管中,在预定的油流速下动作,并能使变压器被切除。

7.3.2 过压力继电器

它在切换开关或选择开关油室中的压力超过预定值时动作,并能使变压器被切除。

7.3.3 压力释放装置

它在超过预定的压力时打开,以保护切换开关或选择开关的油室。

7.4 分接开关的过电压保护

对于装有过电压限制装置的分接开关,其保护特性应由分接开关的制造者予以充分说明。

当采用火花间隙时,必须保证在放电后火花能自动熄灭。

8 型式试验

在相关的分接开关的最终试制样品上或在一些等效的组成部分上应进行下列型式试验。所谓等效的组成部分是指用来进行试验的组成部分,在其相关的试验条件及试验结果方面,证明能代替用整个分接开关所进行的试验。

- 触头温升试验(本标准第 8.1 条);
- 切换试验(本标准第 8.2 条);
- 短路电流试验(本标准第 8.3 条);
- 过渡阻抗试验(本标准第 8.4 条);
- 机械试验(本标准第 8.5 条);
- 绝缘试验(本标准第 8.6 条);
- 压力及真空试验(本标准第 8.7 条)。

8.1 触头温升试验

在运行中连续承载电流的各式触头,应通以 1.2 倍最大额定通过电流进行试验,当触头温度达到稳定时,其对周围介质的温升应不超过表 2 中的规定值。

满足这个条件就证明分接开关具有如在本标准第 2 章 c 项中所说的过载容量。

表 2 触头温升限值 K

触头材料	温升限值	
	在空气中	在油中
裸铜	35	20
表面镀银的铜	65	20
其他材料	协商	20

当周围介质为油时,试验应在室温下进行,周围介质的温度应在触头下面不小于 25mm 处进行测量。

用热电偶或其他适当的手段,放在触头的表面上并尽量靠近实际的接触点,以进行温度的测量。

当触头与周围介质间的温差变化在连续 2h 内每小时不超过 1K 时,则认为温度达到了稳定。

注:在试验时,接到分接开关上或一些组成部分上去的载流引线的截面和绝缘应予说明。

8.2 切换试验

切换试验包括工作负载切换试验和开断容量试验。试验应模拟分接开关在设计定额下所产生的最严重的条件。当涉及到电抗器过渡切换时,最严重的条件由制造与订购双方协商。

如为非对称尖旗循环[见本标准附录 A(补充件)中表 A1],假定在运行中无反向的功率流动。

在附录 A(补充件)中,指出了电阻式分接开关的大多数的触头线路的最严重的条件。

切换试验可以用切换开关或选择开关独立进行,但必须证明独立试验不影响触头的操作条件。

如果切换开关或选择开关有几个触头组,它们按确定的程序动作,则不允许每个触头组与其他触头组分开来试验。除非能够证明任一组触头的切换操作条件不受其他触头组的切换操作的影响。

对于电阻式分接开关,如果由于分接开关结构上的需要或试验线路的需要,则电阻器可以放在设备的外边,并且还可以比用在产品上的电阻器有较大的热容量。另有规定的除外。

过渡阻抗的数值及型式应予说明。

油浸分接开关中的油和触头,在每个试验中不应更换。如为三相开关,只试验一相的触头。

如果某台分接开关有几种额定通过电流和额定级电压的组合,则至少要在最大额定通过电流 I_m 及其相关级电压 U_i 和最大额定级电压 U_m 及其相关额定通过电流 I_u 的两种组合下进行开断容量试验。用内插法可以简便地求得曲线两端点之间的平均电流的曲线点 X 如下:

$$\frac{I_u + I_m}{2}(U_x) = \sqrt{U_i I_m \times U_m I_u}$$

试验线路应使被试分接开关触头的开断电流、恢复电压以及这些数的乘积,与该分接开关在相当的通过电流和相关额定级电压下按相应的切换循环(见表 A1)所计算出来的数值相比,其变化的范围在 -5%~+10% 以内。

8.2.1 工作负载切换试验

本试验应按下列规定之一进行。

试验后,应检查触头的烧损,其结果应确认该分接开关是适宜于使用的。

注:制造者所宣布的接通和开断电流的触头,在额定通过电流和相关级电压下进行分接变换,不更换触头所能达到的操作次数,可用这个试验结果来证明。

8.2.1.1 在额定级电压下的工作负载切换试验

切换开关和选择开关的触头应在不小于最大额定通过电流和相关级电压下进行相当于 50 000 次的正常工作负载切换试验。

选择开关应在不多于 8 个分接变换位置(不包括尽头位置)上进行试验,以使之近乎使用状态。如果分接开关的设计带有转换选择器,则这些位置应以转换选择器为中心进行配置。

在试验进行时,按一定的间隔次数摄取示波图,将它们进行比较,应不出现有危及分接开关操作特性的重大变化。在试验开始时,应摄取 20 张示波图,并在每操作 12 500 次之后各摄取 20 张示波图,总计为 100 张。

注:通常,将在试验开始和结束时所摄取的示波图组进行比较就足够了。

8.2.1.2 在降低额定级电压下的工作负载切换试验

可以在降低额定级电压下进行工作负载切换试验,但必须符合下列条件:

a. 应将带新触头的分接开关浸在干净的变压器油中,在最大额定通过电流和相关额定级电压下进行 100 次的操作,每次操作应进行示波记录。

b. 在 a 项摄取的所有示波图中,如果燃弧时间没有超过 $\frac{1.2}{2f}$ s 的情况,则按 d 项进行的工作负载切换试验的操作次数应为 50 000 次。

c. 在 a 项摄取的所有示波图中,如果燃弧时间有超过 $\frac{1.2}{2f}$ s 的情况,则按 d 项进行的工作负载切换试验的操作数应予增加,其增量如下:

$$\frac{2S}{100} \times 50\,000$$

此处 S 等于在 a 项的 100 次操作中,出现超过 $\frac{1.1}{2f}$ s 的电弧电流的半周数的总数目。

d. 50 000 次加上由本条 c 项可能得出的应增操作次数的工作负载切换试验应用不少于最大额定通过电流,在降低了的级电压下进行。这个降低了的电压,应使切换的电流不小于在额定级电压下操作所出现的电流,而且不出现截流现象。为了得到所规定的试验条件,过渡阻抗应适当改变。

e. 按本条 d 项试验后,在不更换触头和油的情况下,应在最大额定通过电流和相关额定级电压下进行 100 次操作,每次都要示波记录。这些示波图与在本条 a 项试验中所取的一系列示波图比较,在分接开关的特性方面应无可能危及设备操作的变化。

上述规定的试验程序,其目的在于使触头的烧损与在最大额定通过电流和相关额定级电压下进行 50 000 次操作时的触头烧损在本质上是相同的。

8.2.1.3 选择开关的工作负载切换试验

试验可按本标准第 8.2.1.1 或 8.2.1.2 条的规定进行。

当选择开关按非对称小旗循环切换设计时,由于负载电流同循环电流以及它们的合成恢复电压是向量相减,主通断触头的最严重的切换任务发生在满载和空载(见附录 A(补充件)的表 A1)。

在使用中,大多数的变压器不常满载运行,因此触头的电弧烧损总是减少的。所以,试验应在满载和空载下各进行 25 000 次操作,以使之与使用情况最接近。

8.2.2 开断容量试验

应在两倍最大额定通过电流和相关额定级电压下进行 40 次操作。

应每次操作摄取的示波图中,燃弧时间应不出现有危及设备操作的现象。

开断容量试验用的过渡阻抗,其热容量和欧姆值应与在运行中使用的相同。如不可能的话,在运行中使用的阻抗应按本标准第 8.4.1 条单独进行试验,但只用 2 倍最大额定通过电流进行一个变换操作。

8.2.3 模拟试验线路

属于本标准第 8.2.1.1、8.2.1.2 及 8.2.2 条的试验,可以用经过证明其试验条件与实际是等效的模拟试验线路来完成。在附录 C(补充件)中列出了两种可用的试验线路。

8.3 短路电流试验

所有不同设计的连续载流触头应做短路电流试验,每次持续时间为 $2(\pm 10\%)s$ 。对于油浸式分接开关,应在变压器油中进行试验。

除另有规定者外,凡三相分接开关,只试一相的触头。

三次试验的初始峰值电流应达到短路试验电流的方均根值的 $2.5(\pm 5\%)$ 倍。在几次试验之间,不许将触头移动。

当无同期合闸设备、不可能达到上述要求时,可按如下方法试验:增加短路试验电流方均根值,使三次试验能达到峰值电流并减少试验的持续时间。当使用这个方法时,每次试验的持续时间如下:

$$t \geq \frac{2}{n^2} s$$

式中: n ——试验电流增加的倍数。

施加的短路试验电流值应符合图 1 中的规定:

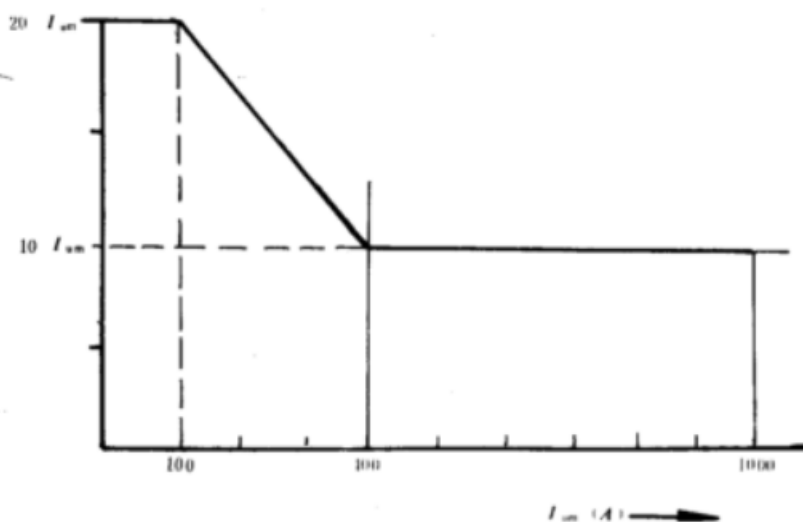


图 1 用最大额定通过电流倍数形式表示的短路电流

试验回路的开路电压至少应为 50V。

试验后,触头不应有妨碍其在额定电流下连续正确工作的损坏。承载电流的其他一些零件不应有永久机械变形痕迹。

8.4 过渡阻抗试验

8.4.1 过渡电阻器

用 1.5 倍最大额定通过电流在相关额定级电压下对过渡电阻器进行试验,以确定它是否满足本标准第 2 章 c 项的过载要求。

应按产品上使用的情况将电阻器安装在分接开关中。

应通过分接开关的操作使电阻器带负载。分接变换操作的次数应相当于一个操作循环(见本标准第 4.14 条)的一半。用电动机构在正常速度下作不间断的操作来试验。

在最末的分接变换操作时记录并确定电阻器的温度。

在 1.5 倍最大额定通过电流下,电阻器对周围介质的温升,对于空气环境的分接开关,不应超过 400°C ;对于油环境的分接开关,不应超过 350°C 。

但是,电阻器和邻近它们的一些零部件的温度应限制到不影响组装件性能的数值。

如果在实用上不能按上述办法来确定过渡电阻器的温度,则可采用附录 B(补充件)中的方法。

注:如果额定通过电流或相关额定级电压与最大额定通过电流和相关额定级电压不相同,允许由型式试验结果来计算电阻器的热定额。

8.4.2 过渡电抗器

过渡电抗器的试验通常应按预定使用该分接开关的变压器的规范进行。

注：在过渡电抗器的设计中应采取措施，避免在切换时出现高的涌流。

8.5 机械试验

8.5.1 机械寿命试验

油浸式分接开关在进行试验时，其安装、充油或浸在充油的试验油箱中和操作等方面，均应象正常使用情况一样。在触头不带电和利用全范围的分接的情况下进行 500 000 个分接变换操作的试验。在转换选择器上至少应试 50 000 个分接变换操作。

对于环境是空气的分接开关，本试验可在室温下进行。对于环境是油的分接开关，试验的一半应在不低于 75℃ 的温度下进行；另一半在较低温度下进行，例如，在加热或冷却过程中，每日的温度循环的变化是允许的。

在机械寿命试验开始和完结时，应摄取切换开关和分接选择器或选择开关以及装上了的转换选择器的无载示波图，前后各 10 张。将这些示波图进行比较，应无明显的差别。

不管分接开关的环境是空气还是油，其切换开关或选择开关应在 -25℃ 时进行 100 个操作，每个操作示波器记录。这些示波图与前段中所得到的那些示波图进行比较，应表明分接开关适宜于低温使用。

在试验期间，机械零件应无故障或过分的磨损。

在试验期间，允许按照制造者的手册规定对分接开关进行正常维修。

机械寿命试验允许在切换开关、分接选择器或分接开关的其他组成部分上分别地进行，但每一种情况在操作上应与它的正常使用操作完全相同。

8.5.2 顺序试验

顺序试验应在整个操作循环内进行。试验时，分接开关应按使用情况装好，油浸式的还应将它放在干净的变压器油中。试验应在触头加上记录设备工作电压的情况下，记录分接选择器、转换选择器和切换开关或选择开关动作的准确时间顺序。

8.5.3 压力和真空试验

在机械寿命试验后，分接开关的油室和套管应进行适当试验，以检验其密封性。

压力和真空的耐受值由制造者予以说明。

8.6 绝缘试验

8.6.1 总则

分接开关的绝缘要求取决于与它连接的变压器绕组。

变压器制造者不仅应负责选择一个具有适当绝缘水平的分接开关，而且应对分接开关与变压器绕组间的联线的绝缘水平负责。

油浸式分接开关应充以干净的变压器油或浸在充干净变压器油的试验油箱中才能进行在本标准第

8.6.3 条中所规定的一些试验。

8.6.2 分类

为了能选择适当的电压试验，分接开关应按表 3 进行分类。

表 3 分接开关的分类

类 别	I	II
用 途	用于绕组的中性点	用于除绕组中性点以外的位置

8.6.3 试验的性质

分接开关的绝缘水平应通过在下列绝缘距离上所进行的绝缘试验来验证：

a. 对地；

- b. 多相的相间；
- c. 分接选择器或选择开关以及装上的转换选择器，它们的首、末触头之间；
- d. 分接选择器或选择开关，或与分接开关触头线路接法有关的任何其他触头，它们的任何两个相邻触头之间；
- e. 切换开关在最终打开位置上的触头之间。

8.6.4 试验电压

第Ⅰ类

对于试验 a，其试验电压应完全符合表 4 中的规定。对于试验 b、c、d 及 e，其相应的雷电冲击耐受值和短时的工频电压耐受值应由分接开关的制造者予以说明。

第Ⅱ类

对于试验 a 及 b，其试验电压应完全符合表 4 中的规定。对于试验 c、d 及 e，其相应的雷电冲击电压耐受值和短时的工频电压耐受值应由分接开关的制造者予以说明。

表 4 绝缘水平 kV

最高工作电压	额定雷电冲击耐受电压(峰值)		1min 工频耐受电压	额定操作冲击耐受电压 (峰值)
	全 波	截 波		
11.5	75	85	35	
17.5	105	115	45	
23	125	140	55	
40.5	200	220	85	
69	325	360	140	
126	550(480)	620(530)	230(200)	
145	650	720	275	
252	950	1050	395	
300	1 050	1 175	460	850
363	1 175	1 300	510	950
550	1 550	1 675	680	1 175

注：括号内的数值仅适用于老产品。

8.6.5 施加试验电压的一般要求

对于电压试验，分接开关应按使用情况一样进行组装、布置和干燥处理，但不必包括引线。只要能表明是在同样的绝缘条件下施压，则试验可在单独的组成部分上进行。

对于第Ⅰ类分接开关的第 1 及第 2 项试验，每相的带电部分应短接起来，并在合适的情况下，把它们接电源或者接地。

具有对地外绝缘的分接开关，它的外绝缘部分应按 GB 4109《高压套管技术条件》中的相关试验项目进行试验。

8.6.6 工频电压试验

用单相交流电压，按 GB 311.3《高电压试验技术 第二部分 试验程序》第 3 章中的有关规定，在要求的耐受电压值下进行试验。每次试验的持续时间为 1min。

8.6.7 雷电冲击电压试验

雷电冲击电压试验的全波和截波的标准波，应符合 GB 311.3《高电压试验技术》第 4 章中的有关规定，但截波波形的电压过零系数允许小于 0.25。每个试验应按规定的耐受电压值。在正极性电压和

负极性电压下各试三次。

8.6.8 操作冲击试验

本试验适用于处在 300kV 及以上变压器的任何线端上第Ⅱ类分接开关,在分接开关的带电部分与接地部分之间进行试验。试验线路接法应由分接开关制造者予以说明。冲击波形及试验顺序应符合 GB 1094.3 中第 14.1 及 14.2 条中的规定。冲击电压应从表 4 中选取。

8.6.9 局部放电测量

a. 安装在 $U_m = 252\text{kV}$ 及以上的自耦变压器上,在最高工作电压 $U_m^{(1)} 126\text{kV}$ 及以上电压下工作的第Ⅱ类分接开关,在它的带电部分与接地部分之间应进行局部放电测量。

注:1) U_m 见 GB 1094.1 中第 3.9.1 条的定义。

试验接线方法应由分接开关制造者予以说明。

施加试验电压的时间顺序应如图 2 所示。试验时,在电压不高于 $\frac{1}{3}U_2$ 的水平下合闸,升高电压至 U_2 ,持续 5min,升高电压至 U_1 ,持续 5s,立即连续地降低电压至 U_2 ,持续 30min,然后把电压降到 $\frac{1}{3}U_2$ 以下拉闸。

试验持续时间与试验频率无关。

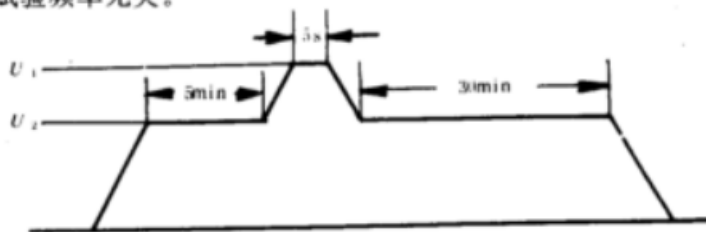


图 2 施加试验电压的时间顺序

在施加试验电压的全过程中应监测局部放电量。“视在电荷” q 不得高于规定值。

U_1 应为 $\sqrt{3}U_m/\sqrt{3} = U_m$

U_2 应为 $1.5U_m/\sqrt{3}$, 此时 q 不大于 50pC。

注: q 为暂定值,还要根据经验进行修订。

局部放电的观察与评定应如下(详细资料见 GB 1094.3 的附录 A):

- 在施加试验电压的前后应记录背景噪声水平。
- 背景噪声水平应低于视在电荷量 q 的规定限值的一半。
- 在电压升到 U_2 水平和从 U_2 再下降时,要记下放电的起始电压和熄灭电压。
- 在电压 U_2 的第一阶段应取一个读数并记录下来。
- 在短时施加电压 U_1 时,局部放电量的值必须记录,但不作判断之用。
- 在电压 U_2 的第二阶段的全过程中,局部放电的水平应连续观察并每隔一定间隔记下或录下其读数。

在上述观察过程中,如果试验电压不产生突然下降,并在施加 U_2 电压的 30min 的最后 29min 内,视在电荷的连续水平一直保持低于规定的限值,并且没有明显而稳步地升高的趋势,则认为试验合格。

如果出现视在电荷的读数超过规定限值,经过一段明显的时间后再回到这个水平以下的情况,则试验可连续下去而无须中断,直到在 30min 的期间内取得可以接受读数为止。偶然性的高脉冲应忽略不计。

注:上述试验过程相当于 GB 1094.3 第 11.4 条所规定的局部放电测量。

b. 第Ⅰ类分接开关不需要做局部放电测量。

8.7 压力及真空试验

除订购者另有规定外,切换开关和选择开关的油室应能承受住 $6 \times 10^4 \text{Pa}$ 的压力及真空试验。

试验在机械寿命试验前进行。在真空干燥处理前后均应进行试验。经过真空干燥的油室,应在

80~85℃的油中进行试验,至少持续 24h 而无渗漏。

8.8 型式试验证书

证书应包括如下内容:

- a. 试验准备工作(如组装、试验布置及干燥)的充分说明,并附必要的说明性略图;
- b. 按本标准第 8.1~8.7 条规定所做的全部试验的充分说明;
- c. 有过电压限制装置的话,对它要充分说明(见本标准第 7.4 条)。

9 出厂试验

分接开关的每个成品应完成下列出厂试验:

- a. 机械试验(本标准第 9.1 条);
- b. 顺序试验(本标准第 9.2 条);
- c. 辅助线路绝缘试验(本标准第 9.3 条);
- d. 压力及真空试验(本标准第 9.4 条);
- e. 绝缘试验(本标准第 9.5 条)。

注:要注意的还有在 GB 1094.1 第 8.8 条中列举对在变压器上安装好了的分接开关所要进行的一些试验。

9.1 机械试验

将分接开关完全装好,在触头不带电的情况下进行 10 个以上完整的操作循环,分接开关不应出现故障。

9.2 顺序试验

在进行本标准第 9.1 条的出厂机械试验时,应记录分接开关的动作顺序,切换开关或选择开关的动作顺序用示波器记录。

这些记录的结果与本标准第 8.5.2 条型式试验的结果应基本一致。

9.3 辅助线路的绝缘试验

对于分接开关的辅助线路,在所有带电端子与机座之间应能耐受住 2kV 工频电压持续 1min。

9.4 压力及真空试验

切换开关或选择开关的油室应能耐受住 $6 \times 10^4 \text{Pa}$ 的压力或真空试验,试验在油室不经干燥处理和室温下进行。试验方法由分接开关制造厂确定。

9.5 绝缘试验

分接开关应进行工频耐受电压的绝缘试验。

如果订购与制造双方同意,也可以不试。

10 铭牌

每台分接开关应有一块铭牌。它用能抗大气腐蚀的材料制成,文字符号应持久、牢固(例如用蚀刻、雕刻或打印),并安装在明显的位置上。铭牌上应标出下列各项。

- a. 国家标准代号;
- b. 制造厂名;
- c. 产品序号;
- d. 制造厂的产品型号标记;

注:在型号标记中应包括分接开关的额定电流、主纵绝缘水平和工作分接位置数等。

- e. 过渡阻抗值(Ω);
- f. 制造年份。

第四篇 有载分接开关的电动机构技术条件

11 设计及结构

11.1 附件

除另有规定者外,电动机构的一些附属的器件应符合有关的国家标准。

11.2 辅助电源的允许变动范围

电动机构的驱动电动机和控制电器,当其为交流时,应保证在85%~110%的额定电压和90%~105%的额定频率的范围内都能操作;当其为直流时,则应保证在80%~110%的额定电压范围内都能操作。

11.3 逐级控制

逐级控制线路的设计应做到在一个分接变换操作之内,即使指令不撤消或立即重复发出指令以及同时有别处发来的指令,都只能完成一个分接变换操作。在一个指令发出之后,即使传送指令的一根控制线接地或断线,也要求能完成一个分接变换操作。

11.4 分接位置指示器

11.4.1 在电动机构中,应装一个指示分接开关位置的机械位置指示器。当电动机构箱关闭时,应能通过一个观察窗看到这个分接位置的指示数码。

11.4.2 如果订购者提出,在电动机构中可以安装一个电气的远方位置讯号发送器,供在控制室中指示分接开关的位置用。

11.5 分接变换在进行的指示

如果订购者提出,在电动机构中可以装一个合适的装置,使指示电动机构正在进行分接变换的远方指示器动作。

11.6 极限装置

所有电动机构应供给电气和(或)机械的限制超越极限位置的装置,对于电气的极限装置,其接点应接入控制和电动机的回路中。

11.7 并联控制装置

经协商同意可供给必需的装置,订购者应负责提出正确的技术条件。

11.8 旋转方向的保护

在电动机构中应安装防止三相电动机旋转方向错误的装置。

11.9 过电流闭锁装置

如果根据变压器的运行条件提出了要求,并经制造与订购双方同意,可以安装这种装置。

11.10 重启动装置

如果订购者提出要求,可以安装一种电气和(或)机械的装置,在可能中断的操作电源恢复时,使一度在进行的一个分接变换操作得以全部完成。

11.11 变换操作计数器

应供给一个至少5位的计数器。

11.12 电动机构的手摇操作

应供给一个可取去的摇把,用于分接开关的手摇操作,并做到在摇把与手摇操作轴啮合前把电动闭锁。

在靠近摇把的啮合点的地方做上转向标志,并给出一个分接变换所需的转数。

注① 机械设计应使手摇操作轻便,因此,作用于摇把的最大转矩以不超过50Nm为限。

② 对于非单独的电动机构,可不设手摇操作。

11.13 电动机构箱

电动机构箱应符合GB 4942.2《低压电器 外壳防护等级》中TP 44所规定的保护要求,并应有适

当的防凝措施。

如果订购者提出并经制造与订购双方协商同意,可采用其他等级的保护水平。

12 型式试验

12.1 机械寿命试验

电动机构应在其输出轴与它所应该带动的最大分接开关连上,或与一个以使用条件为基础的等值模拟负载连上的情况下,进行跨越全分接范围的 500 000 次变换操作试验。

注:在试验时,允许驱动电动机有外加的冷却。

在进行本试验时,各有 10 000 次操作试验应分别在本标准第 11.2 条所规定的最小电压和最大电压下完成。还有 100 次操作试验应在 -25°C 的温度下完成。

在试验时,包括在本标准第 11.4.1、11.6、11.10、11.11 及 11.12 条中的所有装置,其功能的正确性应予验证。

在试验期间,机械零件不应出现故障或过分的磨损。

在试验时,允许按照制造者的手册规定进行正常的维修。

在进行本试验时,电动机构的加热系统应拉闸。

12.2 超越试验

当在极限开关发生故障、由机械的极限止动装置来防止超越极限位置的情况下进行电动分接变换操作时,电动机构不应遭到电气的或机械的损坏。

12.3 电动机构箱的保护等级试验

电动机构箱应按 GB 4942.2 标准的规定进行试验。

13 出厂试验

13.1 机械试验

13.1.1 电动机构应在使用条件下或带等值模拟负载的情况下,进行 10 个以上的操作循环的电动试验而不出现故障。在试验时,对电动机构中已使用了的有关本标准第 11 章的任何要求,应检查是否符合标准。

13.1.2 在本标准第 13.1.1 条的试验做完后,再在操作电源的电压偏离额定电压到规定的最小和最大限度下各试 1 个循环,不应出现故障。

注:机械试验可在电动机构上单独进行,或在本标准第 9.1 条情况下进行。

13.2 辅助线路绝缘试验

除电动机和一些按国家标准规定为较低试验电压的器件之外,对于辅助线路,在其带电端子与机座之间应能耐受住 2kV 工频电压持续 1min。

14 铭牌

每台电动机应供给一块铭牌。它用能抗大气腐蚀的材料制成,文字符号应耐久、牢固(例如:用腐蚀、雕刻或打印),并安装在明显的位置上,铭牌上应标出下列各项内容:

- a. 国家标准代号;
- b. 制造厂名;
- c. 产品序号以及型号标记;
- d. 电动机的额定电压和额定频率;
- e. 控制设备的额定电压和额定频率;
- f. 工作分接位置数;
- g. 制造年份。

注:在 d 和 e 项中如为直流电源,把额定频率的标注改为符号 --- 。

附录 A

关于电阻式分接开关切换任务的规定(见本标准第 8.2 条)

(补充件)

A1 补充定义

A1.1 旗循环¹⁾

实现一个分接变换操作的一种方法,在这种方法中,在循环电流开始流动之前,通过电流就从主(通断)触头上转移出去了。

注:本循环要求当传递循环电流时,通过电流的接线处在过渡阻抗的中点上。

A1.2 对称尖旗循环¹⁾

实现分接变换操作的一种方法,在这种方法中,在通过电流从主(通断)触头转移出去之前,循环电流就开始流动了。

注:本循环要求当传递循环电流时,通过电流的接线处在过渡阻抗的中点上。

A1.3 非对称尖旗循环¹⁾

实现分接变换操作的一种方法,在这种方法中,分接开关在一个方向切换时,在通过电流从主(通断)触头转移出去之前,循环电流就开始流动了,当它在另一个方向切换时,在循环电流开始流动之前,通过电流就从主(通断)触头上转移出去了。

注:① 本循环要求当传递循环电流时,通过电流的接线处在过渡阻抗的一端上。

② 非对称循环的分接开关,通常只使用在负载向一个方向流动的情况。

1) 旗循环和尖旗循环的名称是根据当从一个分接到另一个相邻的分接时,变压器输出电压的向量变化的情况而作出的。旗循环的电压变化为 4 步,而尖旗循环的电压变化只有两步(见图 A1~A3)。

A2 主(通断)触头和过渡触头的任务

A2.1 表 A1 所示为旗循环和尖旗循环的切换开关和选择开关的典型触头电路,每一个功能只用一对触头来表示,而实际上这可能代表一组触头。

A2.2 表 A1 也列出了相当于 N 个分接变换操作的若干次操作循环中,对每一对触头在每一组开断电流和恢复电压下所完的线路转换操作次数。

A2.3 在表 A1 中的电流和电压表达式中,“+”及“-”号是指向量的加和减而不是代数的加和减。对通过电流 I 及级电压间的相角起决定作用的变压器负荷功率因数影响着触头的任务。负荷功率因数对各种触头的任务的影响示于表 A2。

A2.4 如果过渡阻抗分成两组的话,则假定它们的值相等,每组等于 R 。

A2.5 所示电路不是全部的,还有其它可能的电路并且也在用,如多电阻循环,它可以是旗循环或尖旗循环原理的一个引伸。

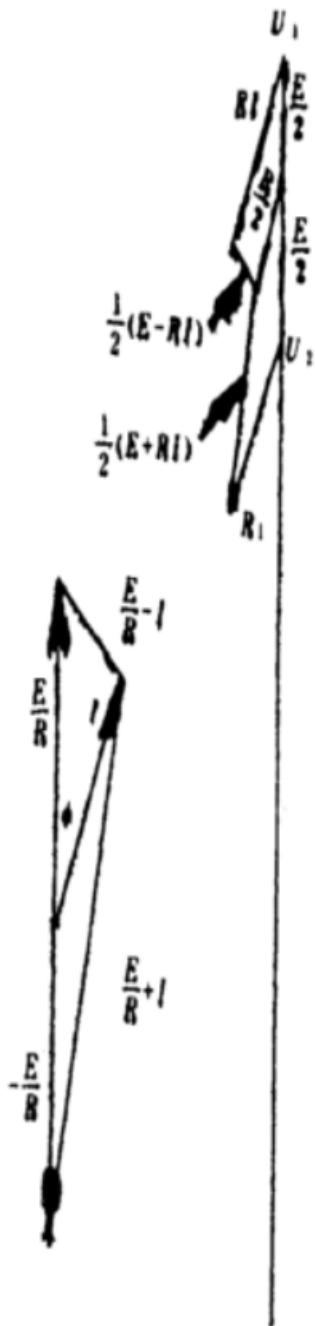


图 A1 旗循环

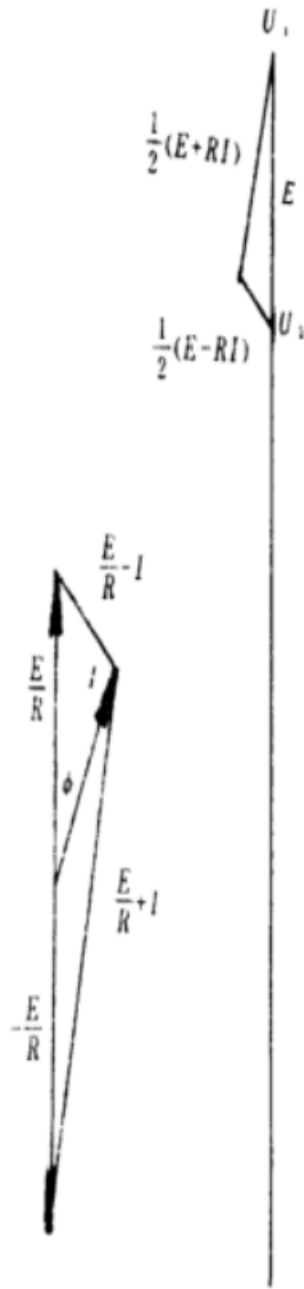


图 A2 对称尖旗循环

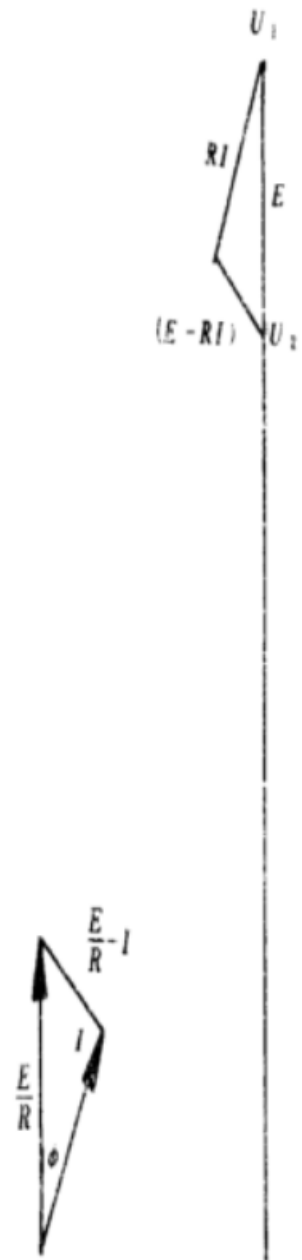


图 A3 非对称尖旗循环

表 A1 主(通断)触头和过渡触头的任务

开关 型式	变换操 作循环	电路图	触头变 换次序	主(通断)触头任务				过渡触头任务					
				触头	开断 电流	恢复 电压	操作 次数	触头	开断 电流	恢复 电压	操作 次数		
切换 开关	旗循环		W 开断 Y 接通 X 开断 Z 接通	W	I	RI	$N/2$	X	$\frac{1}{2}(E/R+I)$	$E+RI$	$N/4$		
									$\frac{1}{2}(E/R-I)$	$E-RI$	$N/4$		
			Z	I	RI	$N/2$	Y	$\frac{1}{2}(E/R+I)$	$E+RI$	$N/4$			
								$\frac{1}{2}(E/R-I)$	$E-RI$	$N/4$			
	对称 尖旗 循环		L 接通 J 开断 M 接通 K 开断	J	$E/R+I$	$\frac{1}{2}(E+RI)$	$N/4$	K	E/R	E	$N/2$		
					$E/R-I$	$\frac{1}{2}(E-RI)$	$N/4$						
			M	$E/R+I$	$\frac{1}{2}(E+RI)$	$N/4$	L	E/R	E	$N/2$			
											$E/R-I$	$\frac{1}{2}(E-RI)$	$N/4$
选择 开关	旗循环		C 开断 B 开断 C 接通 A 开断 B 接通 A 接通	B	I	RI	N	A	$\frac{1}{2}(E/R+I)$	$E+RI$	$N/2$		
								C	$\frac{1}{2}(E/R-I)$	$E-RI$	$N/2$		
	非对称 尖旗循环		T 开断 T 接通 S 开断 S 接通	T	I	RI	$N/2$	S	E/R	E	$N/2$		
					$(E/R-I)$	$(E-RI)$	$N/2$		0	0	$N/2$		

注：① 反向负载只影响触头 T，此处通过电流和循环电流应相加。
② 不包括有多电阻器的其他一些电路，因为它们是上述基本电路的引伸。
③ 为明了起见，只给出向一个方向切换时的接线图和触头变换次序。但触头任务的公式和变换操作次数，则对两个方向的切换都考虑了。

表 A2 负载功率因数对开断任务的影响

开关型式	操作循环	主(通断)触头		过渡触头	
		触头	负载功率因数的影响	触头	负载功率因数的影响
切换开关	旗循环	W 及 Z	无	X 及 Y	在功率因数=1.0 时,任务最重
	对称尖旗循环	J 及 M	在功率因数=1.0 时,任务最重	K 及 L	无
选择开关	旗循环	B	无	A 及 C	在功率因数=1.0 时,任务最重
	非对称尖旗循环	T	有 N/2 操作无影响	S	无
			有 N/2 操作在功率因数=0 时,任务最重		

注:非对称循环的分接开关,正常的使用只适宜于负载朝一个方向流动的情况。

附 录 B

用功率脉冲电流决定过渡电阻器等值温度的方法(见本标准 8.4.1 条)
(补充件)

- B1 把电阻器安放在分接开关中,或安放在一个便于安排对电阻材料温度进行测量的热等效的位置上。测量冷介质温度的热电偶或温度计应位于电阻材料的最低点以下至少 25mm。
- B2 在试验开始时,测量并记录电阻材料和冷介质的温度。
- B3 用电流 I_p 进行试验, I_p 的方均根值按式(B1)求得:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{K}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i^2 t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i}}$$

.....(B1)

式中: I_i ——电流值;
 t_i ——电流 I_i 的通流时间。
 I_i 和 t_i 这两个量都是从按本标准第 8.2.1.1 条或 8.2.1.2 条进行负载切换试验的 100 张示波图记录取出来的平均值。
 K ——系数,要选得与电阻器的试验条件相适应。考虑到应保持绝热现象,在 5~10 之间取值。
电阻器承受上述电流的次数应相当于一个操作循环的一半。电流作用的时间由式(B2)决定:

$$t_p = K \sum_{i=1}^n t_i$$

.....(B2)

- B4 电阻器不通电流的休息时间应等于分接开关在两次连续操作之间能出现的最小间隔时间。
- B5 峰值温度的决定,可能需要用记录值进行外推。

附录 C

负载切换试验及开断能力试验的模拟试验线路(见本标准第 8.2.1 及 8.2.2 条)

(补充件)

C1 图 C1 及图 C2 所示,为两个已经证明过了的模拟试验线路,图 C1 是变压器法,图 C2 是电阻法(见本标准第 8.2.3 条)。

这些图仅供参考,并不排除使用其他线路。

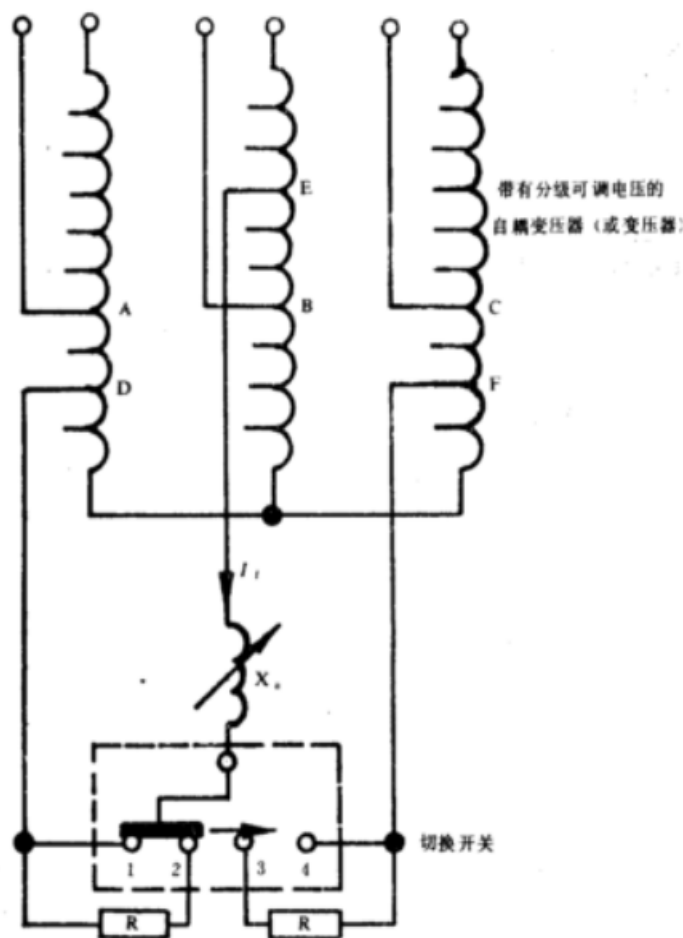


图 C1 模拟试验线路(变压器方法)

1 及 4—主(通断)触头; $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}$ —三相电源电压;2 及 3—过渡触头;

I_t —试验电流,用 U_{ED} 和 X_s 来调节; R —过渡电阻器; V_{DF} —电流 I_t 的相关

级电压; X_s —可调电抗器

注:为符合本标准第 8.2.1 及 8.2.2 条规定的技术要求并考虑到线路和电源阻抗的影响,在 4 个触头上出现的电流和电压应预校对,必要时予以适当调节,例如改变 U_{ED} 、 X_s 及 R 的值和(或)改变电压矢量的相互相位。

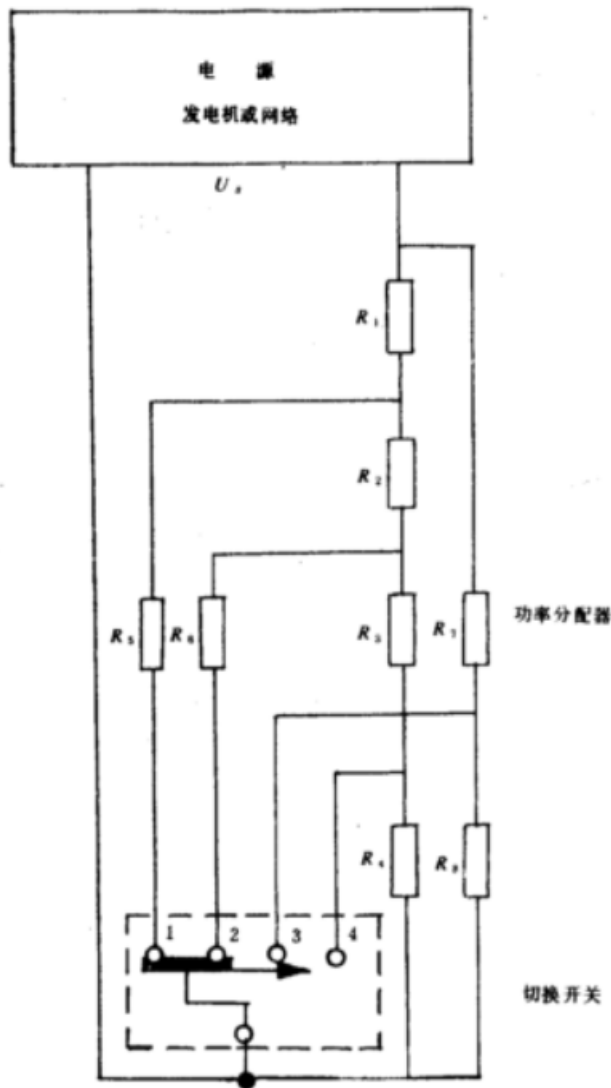


图 C2 模拟试验线路(电阻法)

1 及 4—主(通断)触头; 2 及 3—过渡触头; U_s —单相电源电压; $R_1 \cdots R_5$ —构成功率分配器的电阻器

图中: I_1 及 I_2 ——触头 1 及 2 的开断电流的方均根值;

U_1 及 U_2 ——触头 1 及 2 的断口恢复电压的方均根值;

U_3 及 U_4 ——触头 3 及 4 的作用电压的方均根值;

I_3 及 I_4 ——触头 3 及 4 的接通电流的方均根值。

注: 应使用在变换的全过程中出现在 4 个触头上的计算电流和电压来计算功率分配器。旗循环的四触头切换开关, 最严重情况的计算公式如下:

$$R_1 = \frac{U_s(U_s - U_1)}{I_4(U_s - U_4) + U_2 I_2}$$

$$R_2 = \frac{U_s(U_1 - U_2)}{I_4(U_s - U_4) + U_2 I_2} + \frac{U_s}{I_4(U_s - U_4)} \cdot \frac{U_2 I_2 (U_3 - U_2)}{I_4(U_3 - U_4) + U_2 I_2}$$

$$R_3 = \frac{U_s}{I_4} \cdot \frac{U_2 - U_4}{U_s - U_4}$$

$$R_4 = \frac{U_s}{I_4} \cdot \frac{U_4}{U_s - U_4}$$

$$R_5 = \frac{U_1}{I_1} - \frac{U_1(U_5 - U_1)}{I_4(U_5 - U_4) + U_2 I_2}$$

$$R_6 = \frac{U_2}{I_2} - \frac{U_2(U_5 - U_2)}{I_4(U_5 - U_4)}$$

$$R_7 = \frac{U_5}{I_3}$$

$$R_8 = \frac{U_5}{I_3} \cdot \frac{U_5}{U_5 - U_3}$$

为了符合本标准第 8.2.1 及 8.2.2 条规定的条件并考虑到电源的阻抗的影响,出现在触头上的电流和电压应予校对,必要时将 R_1 的欧姆值减少以便进行调节。

附 录 D

出厂技术文件

(补充件)

D1 每台分接开关应附有全套的安装使用说明书、产品合格证明书、产品外型尺寸图、分接开关的接线图、电动机构的电气线路图、产品装箱单等。

出厂资料的包装应满足防潮要求。

D2 如果订购者要求,制造者应提供按本标准第 8 章及第 12 章规定的各项试验的型式试验证书。型式试验证书的内容应符合本标准第 8.8 条的规定。

附加说明:

本标准由全国变压器标准化技术委员会提出并归口。

本标准由沈阳变压器研究所负责起草。

本标准主要起草人沈祖俊。

