



中华人民共和国国家标准

GB/T 10230.2—2007
代替 GB/T 10584—1989

分接开关 第2部分：应用导则

Tap-changers—Part 2: Application guide

(IEC 60214-2:2004, MOD)

2007-07-02 发布

2008-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 符号与缩写 1

5 分接开关的型式 1

5.1 概述 1

5.2 有载分接开关 1

5.3 无励磁分接开关 7

5.4 油浸式分接开关 7

5.5 干式分接开关 7

5.6 其他类型的分接开关 8

5.7 保护装置 9

6 分接开关的选用 11

6.1 概述 11

6.2 有载分接开关 11

6.3 无励磁分接开关 15

7 油浸式分接开关的安装位置 16

7.1 分接选择器 16

7.2 切换开关与选择开关 16

8 附件 16

8.1 阀门、放气活门和取油样装置 16

8.2 油位计 17

8.3 低油位报警 17

8.4 铭牌和其他的标牌 17

8.5 辅助检修的装置 17

8.6 吸湿器 17

9 现场服务(运行、检修和监视) 17

9.1 运行 17

9.2 检修 18

9.3 运行监视 19

10 变压器制造单位应提供的信息 20

10.1 有载分接开关询价或订货阶段所需的信息 20

10.2 无励磁分接开关询价或订货阶段所需资料 21

10.3 文件 22

11 保护和安全 22

11.1 保护 22

11.2 安全方面 22

11.3 浸渍介质	23
图 1 外置型有独立分接选择器油室和切换开关油室的分接开关	2
图 2 外置型选择开关	3
图 3 外置带隔板的埋入型分接开关	4
图 4 埋入型独立的分接选择器和切换开关	5
图 5 埋入型选择开关	5

前 言

GB/T 10230 在总标题《分接开关》下,目前包括下列两部分:

- 第 1 部分:性能要求和试验方法;
- 第 2 部分:应用导则。

本部分为第 2 部分。本部分的前版标准编号为 GB/T 10584,对应的 IEC 标准编号为 IEC 60542。由于 IEC 有关分接开关的标准编号现已调整为 IEC 60214 系列,共分为 1、2 两部分,为了与 IEC 的标准编号相协调且使用方便,本次修订也将标准编号按新的 IEC 标准系列进行了调整。

本部分修改采用 IEC 60214-2:2004(第 1 版)《分接开关 第 2 部分:应用导则》(英文版)。

本部分根据 IEC 60214-2:2004 按修改采用的原则重新起草。

考虑到我国国情,在采用 IEC 60214-2:2004 时,本部分做了一些修改。有关技术性差异已编入正文中,并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。本标准与 IEC 60214-2:2004 的主要技术性差异如下:

- a) 引用了采用国际标准的我国标准,而非全部直接引用国际标准;
- b) 考虑到实际运行情况,6.2.1 中增加了“注 3:调压范围增加,分接间也会引起较高过电压。”;
- c) 考虑到实际运行情况,6.3.1 中增加了“注 2:调压范围增加,分接间也会引起较高过电压。”;
- d) 考虑到我国国情,6.2.8 中增加了“分接开关并联运行的控制有同步操作失步监视法、最小环流法和逆电抗法三种。注意这三种应用场合的共性和特殊性”;
- e) 为完善标准,增加了“9.2.3 关于触头动作程序测量”的内容;
- f) 考虑到我国国情,10.2.1g)中增加了“正反调”的分接连接方式。

为便于使用,本部分对 IEC 60214-2:2004 还做了下列编辑性修改:

- 删除 IEC 60214-2:2004 的前言;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”。

本部分代替 GB/T 10584—1989《有载分接开关应用导则》。

本部分与 GB/T 10584—1989 相比主要变化如下:

- a) 编写格式按 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写规则》和 GB/T 20000.2—2001《标准化工作指南 第 2 部分:采用国际标准的规则》的规定进行了修改;
- b) 标准名称由《有载分接开关应用导则》改为《分接开关 第 2 部分:应用导则》;
- c) 增加了无励磁分接开关的内容;
- d) 增加了分接开关并联运行控制方法的内容;
- e) 增加了关于触头动作程序测量的内容。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国变压器标准化技术委员会(SAC/TC 44)归口。

本部分起草单位:沈阳变压器研究所、上海华明电力设备制造有限公司、西安鹏远开关有限公司、武汉泰普变压器开关有限公司、贵州长征电器股份有限公司、镇江实达电力科技有限公司。

本部分主要起草人:张德明、孙军、李献伟、冀兰平、刘苏林、刘刚、吴选霞、葛鹰、赵育文。

本部分所代替的 GB/T 10584 于 1989 年首次发布,本次为第一次修订。

分接开关 第2部分:应用导则

1 范围

本部分的目的是帮助选择按 GB 10230.1 设计的分接开关,以便与变压器或电抗器的分接绕组装在一起,它也有助于了解各种型式分接开关及其附属装置。本应用导则包括有载分接开关(电阻式和电抗式)及无励磁分接开关。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB 1094.1—1996 电力变压器 第1部分:总则(eqv IEC 60076-1:1993)

GB 1094.3—2003 电力变压器 第3部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空间间隙(eqv IEC 60076-3:2000)

GB 1094.5—2003 电力变压器 第5部分:承受短路的能力(eqv IEC 60076-5:2000)

GB 1094.11—2007 电力变压器 第11部分:干式变压器(IEC 60076-11:2004,MOD)

GB/T 7252 变压器油中溶解气体分析和判断导则(GB/T 7252—2001,neq IEC 60599:1999)

GB 10230.1—2007 分接开关 第1部分:性能要求和试验方法(IEC 60214-1:2003,MOD)

GB/T 15164 油浸式电力变压器负载导则(GB/T 15164—1994,eqv IEC 60354:1991)

IEC 60296:2003 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油

3 术语与定义

GB 10230.1—2007 中的术语与定义适用于本部分。

4 符号与缩写

DGA 溶解气体分析

HVDC 高压直流

PST 移相变压器

5 分接开关的型式

5.1 概述

分接开关是用来改变变压器的匝数比从而调节变压器电压的一种装置。能够完成这种操作的分接开关,一般可分为两种基本类型:

- 有载分接开关;
- 无励磁分接开关。

5.2 有载分接开关

5.2.1 概述

有载分接开关是设计成在变压器励磁和带负载的情况下能够改变变压器的分接位置,从而改变其匝数比。在完成这种变换中不需要中断电源,它是利用机械操作装置来选择各个分接位置和切换负载电流及级电压的。

有载分接开关可以采用多种不同的切换原理。

其中最常用的切换原理是：

- 快速过渡电阻式切换；
- 过渡电抗(限流自耦变压器)式切换。

5.2.2 电阻式有载分接开关

5.2.2.1 概述

电阻式有载分接开关可分为两种不同的类型：

- 外置型分接开关(空气环境),见 5.2.2.2；
- 埋入型分接开关(油¹⁾环境),见 5.2.2.3。

各种类型的电阻式分接开关的操作顺序见 GB 10230.1—2007 表 C.1。

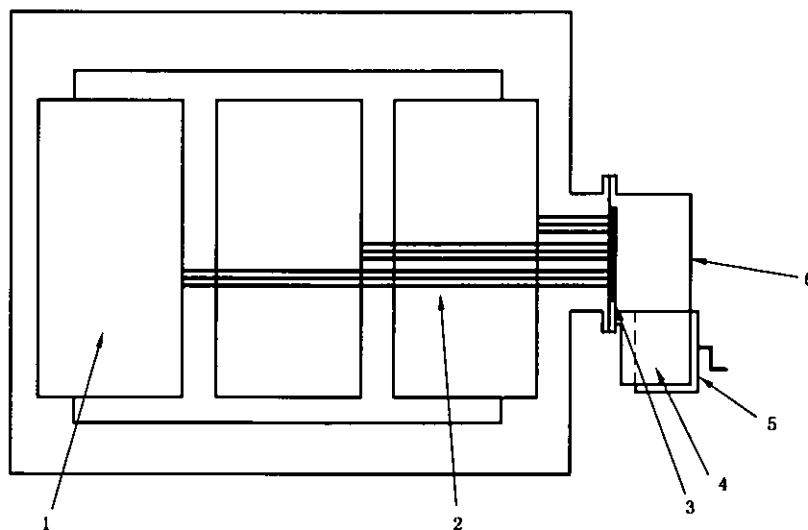
5.2.2.2 外置型电阻式有载分接开关

5.2.2.2.1 概述

这种分接开关置于独立的箱体中(干式分接开关除外),安装在变压器一侧或一端。现列举四种方式,它们均采用快速过渡电阻式切换原理。

5.2.2.2.2 外置型有独立分接选择器油室和切换开关油室的分接开关

这类分接开关有两个独立的油室：一个用于变压器分接头的预选,称为分接选择器油室,另一个用于有载切换,称为切换开关油室。分接选择器油室和切换开关油室是独立的,它们都与变压器主油箱的油隔离。变压器的分接头通过一个不漏油的隔板与分接选择器触头相连。分接选择器油室与变压器主油箱可以共用一个储油柜,分接选择器油室中的油是干净的,应能承受触头间所要求的较高电压,而切换开关油室则能将碳化的油和气体隔离。从图 1 可见,分接开关是用螺栓固定在变压器的一侧或一端,这种布置方式一般适用于容量较大的变压器。



- 1——变压器绕组；
- 2——分接引线；
- 3——不漏油、不漏气隔板；
- 4——切换开关油室；
- 5——驱动机构；
- 6——分接选择器油室。

图 1 外置型有独立分接选择器油室和切换开关油室的分接开关
(安装在变压器一端或一侧箱壁上)

1) 本文中所指的油,如未特殊指明,在适用的情况下,也包含其他液体介质。

这种布置的切换可在油中熄弧,也可在真空断流器或电力电子开关内进行。

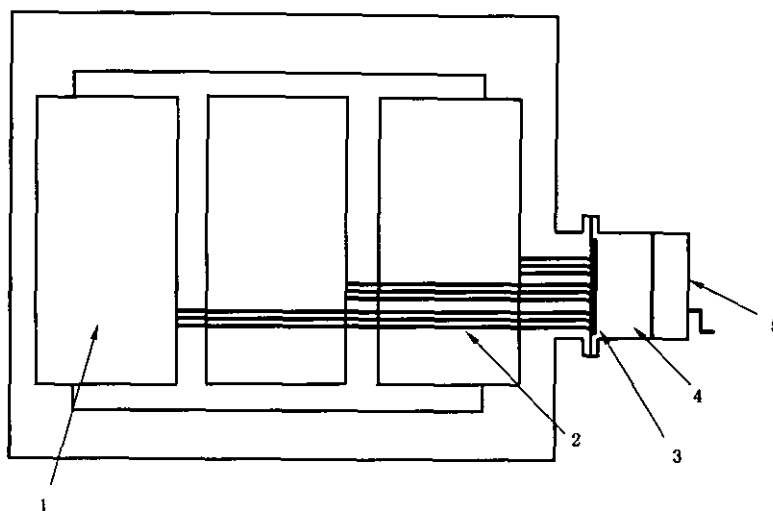
5.2.2.2.3 外置型装在同一油室中的独立分接选择器和切换开关

这类分接开关采用独立的分接选择器和切换开关触头系统,且其布置与 5.2.2.2.2 中的双油室布置相似,只不过它们都装在一个油室里。

这种布置的切换可在油中熄弧,也可在真空断流器或电力电子开关内进行。

5.2.2.2.4 外置型选择开关

选择开关装在一个独立的油室内,通常用螺栓固定在变压器的一端或一侧箱壁上,见图 2。此外,变压器的分接头是通过一个不漏油的隔板与分接开关的触头连接。选择和切换共用一组触头,在相同的油和油室内进行。这种分接开关仅适用于容量较小、电压等级较低的变压器。



- 1——变压器绕组;
- 2——分接引线;
- 3——不漏油、不漏气隔板;
- 4——选择开关油室;
- 5——驱动机构。

图 2 外置型选择开关
(安装在变压器一端或一侧箱壁上)

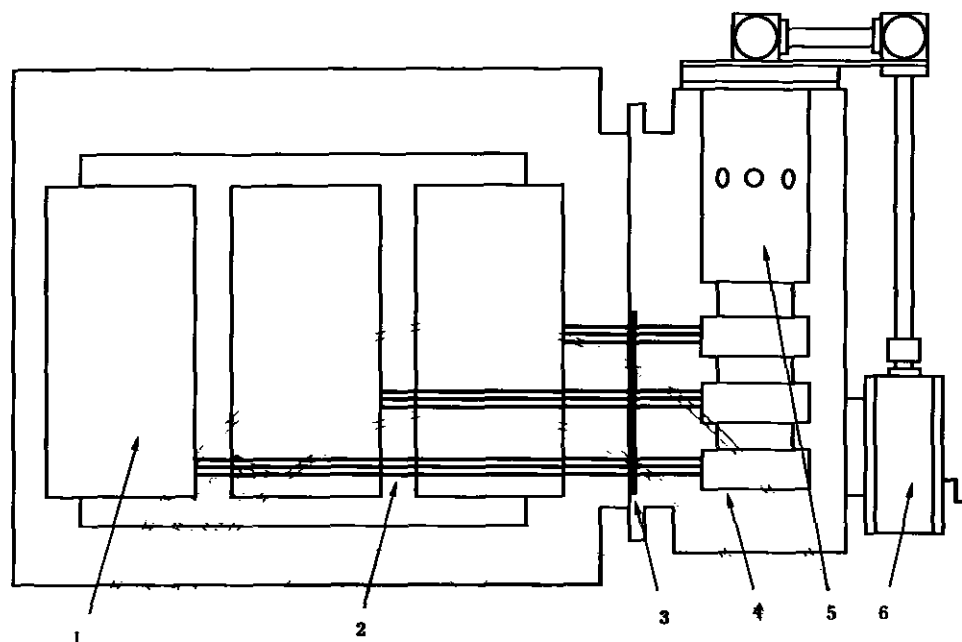
5.2.2.2.5 外置带隔板的埋入型分接开关

由于在埋入型分接开关独立的油箱与变压器油箱之间装有不漏油的隔板,它实际上成为一个独立的用螺栓固定的分接开关。虽然分接选择器油室和主油箱可以共用一个储油柜,但是分接选择器中的油与变压器中的油是完全隔开的。

图 3 是这种布置的示意图,它表明了用于较高电压等级的独立的分接开关油箱的各种优点。

5.2.2.2.6 外置型有载分接开关的优缺点

一般地说,外置型有载分接开关具有易检修的优点。拆去检查盖板,就能接触整个分接开关及其触头。由于分接选择器始终处于一个分隔的油箱里,所以分接选择器及分接选择器触头转换的容性放电不影响变压器的溶解气体分析(DGA)。由于可单独地对独立的分接选择器油室进行监测,便于分接选择器故障的早期诊断,并能鉴别故障在于分接选择器还是变压器。但是从电压间隙上考虑,在 145 kV 以上线端调压的分接开关不适合采用外置型,这是它的缺点。



- 1 变压器绕组;
- 2 分接引线;
- 3— 不漏油、不漏气隔板;
- 4 分接选择器;
- 5— 切换开关;
- 6 驱动机构。

图 3 外置带隔板的埋入型分接开关

5.2.2.3 埋入型电阻式有载分接开关

5.2.2.3.1 概述

这类分接开关是安装在变压器内部。它一般是悬挂在变压器箱盖上。当作成三相单柱结构时,置于变压器一端;当作成三个单相柱时,可沿变压器侧壁排列。一个柱可以包含一相、两相或三相,有些 D 接调压也可以采用两个柱的分接开关。本导则只讨论三种型式,它们都是快速电阻式切换。

5.2.2.3.2 埋入型独立的分接选择器和切换开关

这类分接开关单独的分接选择器安装在切换开关下部,并在变压器的油里操作。每相分接选择器环路包含两个回路,一个回路由单数分接头组成,另一个回路由双数分接头组成。当动触桥沿径向预选一个分接位置时,在切换开关未切换到该分接位置前没有电流流过。

切换开关装在一个不漏油和不漏气的绝缘油室里,该油室将电弧产生的气体和碳化的油与变压器的油隔开。切换开关油室通常都装有与大气相通的储油柜。

这类分接开关适用于较大的容量和较高的电压等级的变压器。图 4 示出了这种布置。

这种布置的切换可在油中熄弧,也可在真空断流器或电力电子开关内进行。

5.2.2.3.3 埋入型选择开关

埋入型选择开关的分接选择和切换是使用同一组触头在同一油室中进行。定触头沿油室圆周径向分布,三相的定触头则沿油室垂直方向一相摺一相的分布。由于油室是密封的,故碳化的油和气体与变压器主油箱中油被隔开。动触头则固定在中心的绝缘转动轴上。

这类分接开关倾向用于容量较小、电压等级较低的变压器(见图5)。

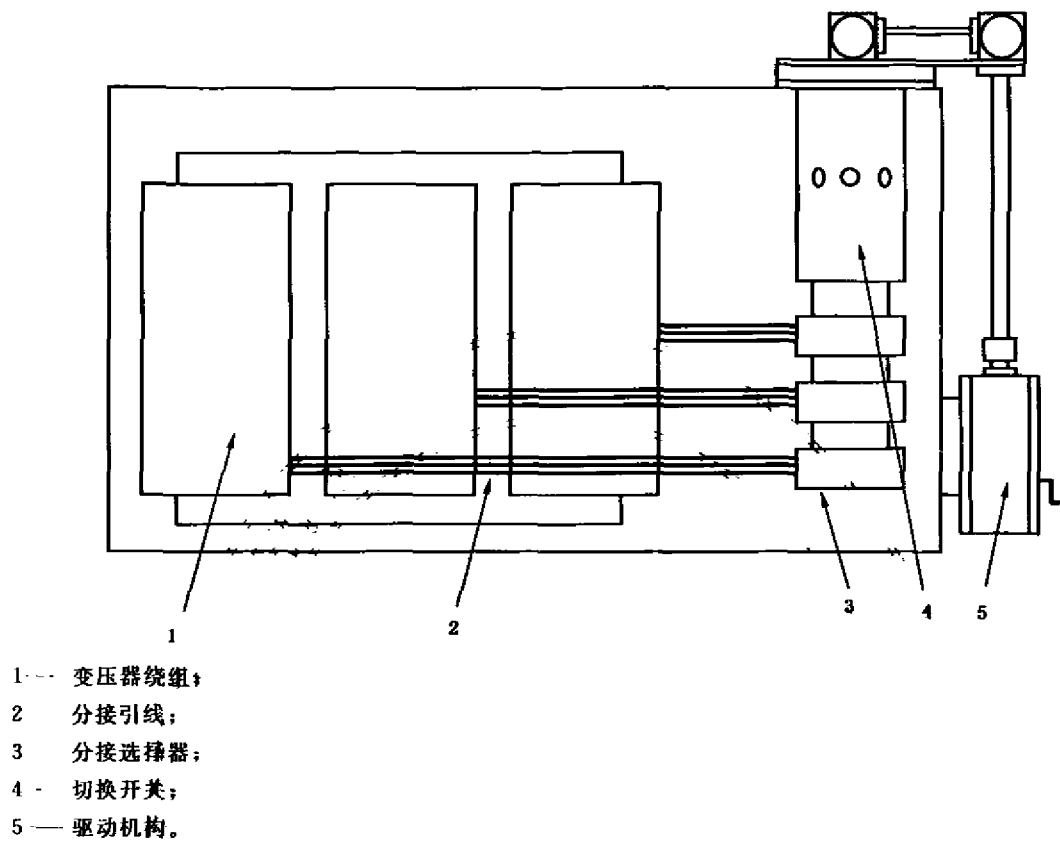


图 4 埋入型独立的分接选择器和切换开关

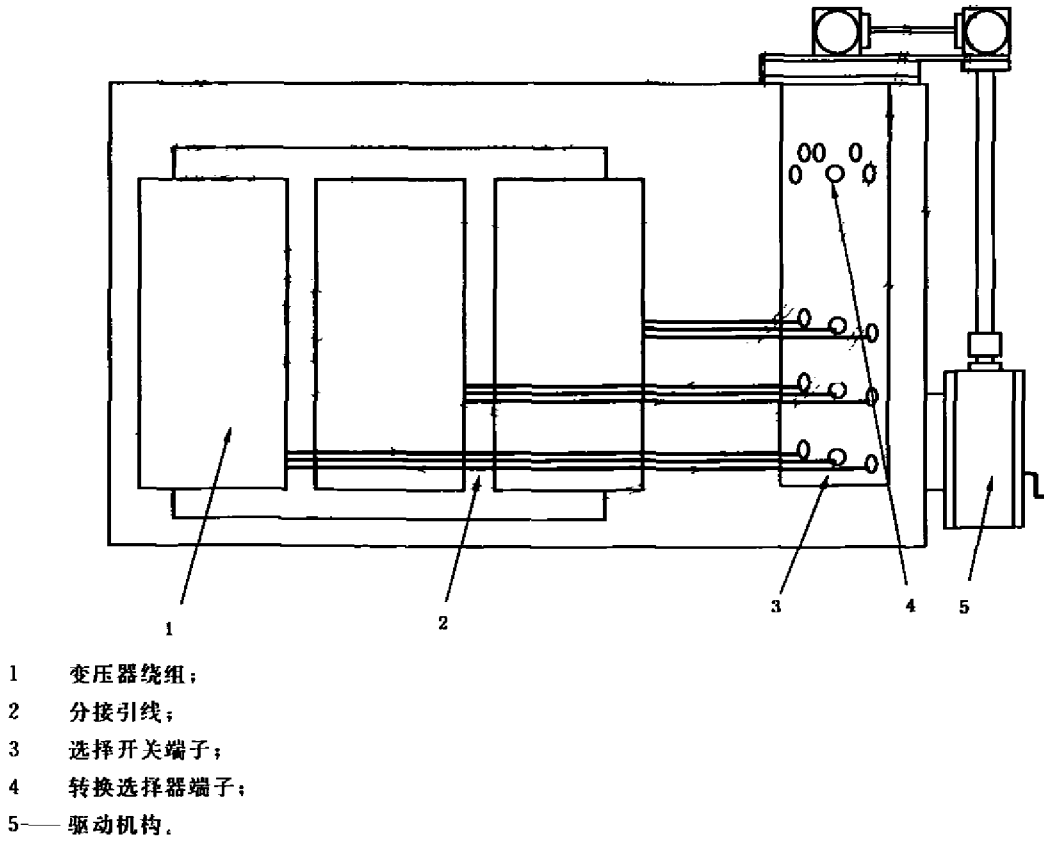


图 5 埋入型选择开关

5.2.2.3.4 埋入型安装在同一油室中的独立的分接选择器和切换开关

这类分接开关采用一组触头进行分接选择,而用另外一组触头进行切换。通常,分接选择器所有动触头在预选一个分接后,切换开关才切换到该分接上,其操作顺序与 5.2.2.3.2 所述的分接开关相似,只是这两组触头都装在一个油室内。这种布置的切换可在油中熄弧,也可在真空断流器或电力电子开关内进行。

5.2.2.3.5 埋入型有载分接开关的优缺点

埋入型有载分接开关的优点是更适合于电压等级较高的变压器的线端调压。这种安装方式对变压器制造单位有利,它可以在变压器工艺处理前将分接开关与变压器联结。对于给定的额定容量,埋入型分接开关所需的油量通常较少,其优点是在检修时需处理的油量也少,但缺点是可能需要频繁检修。特别是由于埋入型分接开关的分接选择器和转换选择器是在与变压器相同的油中操作,因此触头产生的容性放电能够影响变压器的溶解气体分析(DGA)。

5.2.3 电抗式有载分接开关

5.2.3.1 概述

电抗式有载分接开关通常用于变压器的低压绕组。它们分为两种不同的类型:

——外置型分接开关(空气环境),见 5.2.3.2;

——埋入型分接开关(油环境),见 5.2.3.3。

5.2.3.2 外置型电抗式有载分接开关

5.2.3.2.1 概述

这类分接开关有自己的油箱,安装在变压器的一侧或一端。变压器调压绕组的分接头通过一个不漏油的隔板与分接选择器触头连接。分接开关中的油与变压器主油箱的油完全隔离,所以能单独取油样进行检验。本导则只考虑三种型号的分接开关。

5.2.3.2.2 切换开关和分接选择器

这种类型的分接开关由转换选择器、分接选择器和转换开关(切换开关或真空断流器)三部分组成,前两者用于选择分接头,后者用于接通和断开电流,因而也执行分接变换操作的熄弧任务。这些单独的装置通常放在一个共用油室里,与图 1 所示相类似。这种分接开关的设计适用于容量较大的变压器。

带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关的操作顺序,见 GB 10230.1—2007 中的图 D.5。

5.2.3.2.3 选择开关(电弧分接开关)

这类分接开关将分接选择器和切换开关的功能结合在一起成为选择开关,执行通断电流和选择分接头的功能。选择开关和转换选择器(如果有)共装在一个油室里。这种设计的分接开关倾向于用在容量较小的变压器上。

带选择开关的电抗式分接开关的操作顺序,见 GB 10230.1—2007 中的图 D.1。

5.2.3.2.4 真空断流器(带旁路开关)和分接选择器

这类分接开关也是装在一个单独的油室内,它由用于选择分接的转换选择器和分接选择器以及每相装设一个用于通断电流的真空断流器组成。此外,还可安装旁路开关,主要用于当分接开关即将完成一次分接变换操作时将真空断流器短路。由于采用真空断流器执行分接变换操作的开断任务,故绝缘油的碳化减到最低,从而确保分接开关能耐受较高的电压。这种布置一般用于容量较大的变压器。

带真空断流器和分接选择器的电抗式分接开关的操作顺序,见 GB 10230.1—2007 中的图 D.7。

5.2.3.3 埋入型电抗式有载分接开关

这种设计专门用于调压器。分接开关安装在变压器油箱内,通常位于变压器上部靠近限流自耦变压器(电抗器)处。

这类分接开关装有转移负载的选择开关(电弧分接开关),选择开关执行通断电流和分接选择的功能。由于分接变换是在与主变压器绕组相同的油箱内进行,为了确保变压器绝缘的可靠性,必须经常对绝缘油进行检验。变压器的分接头接到位于绝缘隔板上的分接开关触头上。选择和切换采用同一组触

头进行。

变压器制造单位需要对变压器主油箱中的油可能大量碳化的现象予以重视。

5.3 无励磁分接开关

无励磁分接开关用于在变压器无励磁的状态下来变换分接位置,从而改变变压器的匝数比。

这种变换是利用机械操作装置来选择不同分接头。定触头可以是圆周布置(旋转式)或直线布置(导轨型和滑动型),驱动机构多数是手动操作,但是也可采用电动机构。

这类分接开关通常安装在变压器油箱内,但其驱动机构安装在变压器顶盖上或变压器箱壁上。

5.4 油浸式分接开关

5.4.1 概述

油浸式分接开关包括 5.2 和 5.3 所述的各种类型的分接开关。这些类型的分接开关在变换操作期间需要用一种油作为绝缘和熄灭电弧。一种典型又广泛应用的油是符合 IEC 60296 的矿物油(变压器油)。从绝缘和切换效果考虑也可以采用其他种类的油,但必须确保它与所考虑的分接开关的兼容性。

5.4.2 油浸式有载分接开关

用于有载分接开关的油不仅要具有电气绝缘和熄弧功能,还要起润滑剂和冷却剂的作用。分接开关使用最广泛的油是符合 IEC 60296 的矿物油。虽然这种油的润滑性能相对较差,但对分接开关的机械操作还是足够的。因此,在未浸油(不充油)条件下进行无励磁的机械操作之前,应向分接开关制造单位进行咨询。

为了阻燃和环保的目的,有时候变压器也可以使用其他油,但可能不适用于有载分接开关。硅油的润滑性能很差且无熄弧的能力,因而不能用于有载分接开关。合成酯类和高分子量(HMW)的石蜡基油有良好的润滑和熄弧性能,可以用于某些有载分接开关。但由于这些油在低温时的粘度比变压器油要高,因此应限定其使用的温度范围。

除 IEC 60296 规定的矿物油以外,在考虑使用其他油时,应向分接开关制造单位咨询,以确定它的适应性。

按 GB 10230.1—2007 试验的油浸式有载分接开关,只有在符合 IEC 60296 的变压器油中才能在一25℃温度下操作。当温度低于-25℃时,分接开关制造单位可以推荐用一种低粘度的油,或者在切换油室和机构油室内安装加热器,或者采取禁止在低于这一温度限值时进行分接变换的其他防范措施。

如果预计温度将低于-25℃时,应向分接开关制造单位咨询。

5.4.3 油浸式无励磁分接开关

油浸式无励磁分接开关是在符合 IEC 60296 的矿物油里进行操作试验的。然而在运行中,它们可能需在一个位置上长时间运行,如果运行的油温度较高,可能会在触头上形成热解碳。基于这个原因,在 GB 10230.1—2007 的 7.2.2 中规定的温升值较低。这种触头所用材料种类应该适合预期的用途。在一个位置上长时间运行可能促进热解碳的形成。因此,应优先采用镀银/镀银、镀银/铜、铜/铜、铜/黄铜等作触头材料。

在变压器检修期间,建议对无励磁分接开关进行操作以使触头清洁(见 9.1.3)。

与油浸式有载分接开关不同,无励磁分接开关的油不要求有熄弧和良好的润滑特性,同样,低温时的粘度对其操作也不那样重要。因此,许多类型的阻燃油都可以使用。

除 IEC 60296 规定的矿物油外,在考虑使用其他油时,应向分接开关制造单位咨询以确定其适用性。

5.5 干式分接开关

干式分接开关通常与干式变压器一起使用。这类分接开关与常规的油浸式分接开关相比有一些优点,例如减少火灾危险和防止水污染。

一般的分接开关都是置于充有绝缘油的单独箱体或变压器主油箱内,而干式分接开关可以承受由环境影响引起的运行条件的变化。它们可作成带外壳或不带外壳的形式,用于户内或户外。

在油浸式有载分接开关中,绝缘油是用作绝缘、切换和冷却介质,也用作润滑介质,而干式分接开关通常采用真空断流器作为切换元件,而气体(SF₆或空气)是作为绝缘及冷却介质。在运动机械部件上使用润滑脂来实现润滑。通常,在检修工作中,必须反复进行润滑,为了减少必需的频繁润滑次数,特别是对 SF₆ 气体环境中的干式分接开关,触头、轴承和齿轮机构都是经过专门设计,以便能充分降低机械疲劳和必需的机械转矩。

干式分接开关可以按干式变压器的不同类型作如下分类:

- a) 充气干式变压器用的干式分接开关
分接开关和变压器共同装在一个加压和充气(主要是 SF₆)的外壳里;
- b) 全封闭干式变压器用的干式分接开关
分接开关和变压器共同装在一个无压力的外壳里,靠内部空气循环冷却;
- c) 封闭干式变压器用的干式分接开关
分接开关和变压器共同装在一个通风外壳里,靠外部空气循环冷却;
- d) 非封闭干式变压器用的干式分接开关
分接开关与不带保护外壳的变压器一起使用(主要用于户内),而干式分接开关可以带有自己的外壳(一般是通风外壳)。

干式分接开关的正常使用条件,如海拔、冷却空气的温度和湿度等应符合 GB 1094.11 的规定(如果适用)。

此外,当为某一用途选择一台合适的干式分接开关时,用户应检查所选用的分接开关和干式变压器组合之后,该变压器是否仍能满足 GB 1094.11 所规定的气候、环境及燃烧性能等级的要求。对于干式有载分接开关,尽管通用设计中采用真空断流器作为切换元件,但也必须考虑在下述部位可能出现电弧和过热点,例如:

- 转换选择器(如果有);
- 在无外壳的机械切换元件(如果有)上出现换向火花放电;
- 过渡电阻器温升。

非全封闭的干式有载分接开关不适用于有爆炸危险的场所。

如果干式有载分接开关应用于 SF₆ 的气体环境中,因为 SF₆ 气体可能分解,因此必须考虑上述火花或热点的影响。

可以假定 SF₆ 气体在 150℃ 以下时不发生分解,在温度高于 200℃ 时,某些金属可能对 SF₆ 气体分解有影响,而在温度高达 500℃ 及以上时, SF₆ 气体开始分解为它的各种组成元素,其分解状况与转换能量成正比。

SF₆ 气体分解成气态和固态的生成物,其中有些生成物可能是有毒的,因此使用 SF₆ 气体,例如在检修时,须仔细处理,应采取适当的预防措施以确保人身安全。

5.6 其他类型的分接开关

5.6.1 概述

还有少数不常用的其他型式分接开关未完全包括在上述的型式中,其所采用的标准、型式试验和例行试验与设计结构有关,也可在分接开关上进行某些其他的试验,以满足标准的要求和为分接开关制造单位的产品技术数据提供依据。

以下将对一些其他型式的分接开关予以叙述。

5.6.2 电子式分接开关

在电子式有载分接开关里,负载从一个分接转换到另一分接时是用电力电子器件(例如:晶闸管)来完成的,因而无电弧产生。电子式分接开关通常只是替代切换开关的功能,但也能承担分接选择器的功能。电子式分接开关可以是完全干式或者采用充油的电子器件,它也可以是干式而用别的介质进行冷却。

5.7 保护装置

5.7.1 概述

按 GB 10230.1—2007 中 5.1.4 的规定,有载分接开关应采用保护装置,以便将切换开关和选择开关油室内故障引起的火灾和爆炸的风险降到最小。

切换开关和选择开关的保护装置设计成在下述紧急状态下动作:

- 在切换开关和选择开关的油室内出现了不容许的压力增大;
- 在变压器极度过载下进行有载分接开关操作;
- 有载分接开关在油温度低于 GB 10230.1 规定的 -25°C 限值下操作,或有时候在协议的最高限值以上操作。

如果分接选择器装在它自己独立的油室内,则可以采用保护装置以防止分接选择器油室内压力上升到不容许程度。

在某些应用中,为了避免有载分接开关可能发生的因位置不同步而产生过大的环流,可能需要对有载分接开关不同柱或不同相的同步操作进行监视。

5.7.2 切换开关或选择开关油室压力增大的保护

5.7.2.1 概述

有载分接开关内发生的故障常常有因电弧引发的电能转换为热能的效应。热能使绝缘油蒸发,导致油室压力增大。故障中释放能量的大小决定于多种因素,如变压器额定容量、工作电压、有载分接开关通过电流、电网的短路容量、星形中性点的连接方式和故障电弧的持续时间等。

监视切换开关和选择开关油室内压力上升的保护装置,对每种故障形式,从长时间的低能量事件到爆炸性的能量释放,必须都能响应。但是,对正常操作期间的能量释放,保护装置则不应动作。这种监控可通过直接的压力传感或通过压力增大而冲击独立储油柜所产生的油涌流速度来实现。每台有载分接开关都应安装这种保护装置。如果一台有载分接开关由多柱组成,则每柱都应安装这种保护装置。

5.7.2.2 油流控制继电器

油流控制继电器最常用的方法是安装在有载分接开关切换油室与储油柜之间的管路中。这种继电器是靠从切换开关和选择开关油室流向储油柜的油流增加而动作的。这种继电器对切换开关油室内短时间的从能量较低到能量较高的故障作出响应,使变压器断路器跳闸,从而避免或者限制了有载分接开关和变压器的损坏。

油流控制继电器在变压器工程上应用多年,已经证明它工作可靠、很少或没有误动作,缺点是这种继电器实质上是一种油压传动装置,它的响应时间比其他型式继电器的响应时间长。至于双浮子继电器,它里面增加了靠气体积聚而动作的接点,并不适用于切换开关和选择开关,因为切换开关和选择开关在正常操作中本来就会产生气体。

油流控制继电器应安装在从有载分接开关切换油室通向储油柜的管路上,并尽可能靠近有载分接开关的切换油室。连结储油柜的管路安装时应向上倾斜,以确保切换气体逸出自由,更详细的说明见制造单位的安装说明书。

油流控制继电器通常是按使变压器跳闸而设定的,以降低人身危险和限制损坏范围。只具有报警系统的油流控制继电器不推荐使用。

5.7.2.3 过压力继电器

压力传感装置常常单独使用,或者与油流控制继电器一起使用。它通常装在有载分接开关切换油室的外部,对油室内的静态和动态压力作出响应。然而,这种过压力继电器对弱故障不作响应,因为弱故障达不到需要的动作压力。

过压力继电器的优点是,对急剧压力波的响应时间比相应的油流控制继电器响应时间短得多。虽然这类继电器已经过技术验证,但是在变压器上应用还不普遍。所以,证明它可靠性的证据和不会误动作的证据都不象油流控制继电器那样全面。

若过压力继电器作为单一的保护装置时,通常是按使变压器跳闸而设定的,以降低人身危险和限制后续发生的损坏。

5.7.2.4 压力释放装置

压力释放装置常常单独使用,或者与油流控制继电器并列使用。它可以安装在切换开关和选择开关的油室上,当压力超过预定压力时即被打开。切换开关油室中释放高能量的故障可能产生强压力波,压力峰值异常高,从而使切换开关或选择开关油室受损。为了防止这种损坏,通常将压力释放装置安装在有载分接开关的切换油室上。如果压力释放装置作为单一保护,它通常配有接点以便能使变压器的断路器跳闸,更可取的是不用拆去防护导管便可进行电气接点的试验和复位。

为达到这一目的,经常采用压力释放膜(爆破盖)。当有响应时,该压力释放膜即破碎,并在切换油室盖上留下足够大的孔,从而使压力迅速下降。

另一种压力释放装置是压力释放阀,它是一种自密封的释放阀。当动作时,弹簧压力顶住的阀盖将被打开,快速升高的压力立即被释放掉。压力释放后,压力释放阀将被闭合,从而尽量减少在释放过程中的油流失。

这两种压力释放装置都能确保切换开关油室的压力迅速下降,避免发生进一步的损坏。不论用哪一种,在确定释放装置的动作设定值时,必须充分估计正常运行时释放阀上油的静压值。

分接开关切换油室的故障将引起油外溢或流到变压器油箱里。前者将引起火灾的危险和/或对环境造成污染,而后者将造成变压器中油的严重污染和/或使变压器出现重大事故。

有载分接开关要防止所有可能出现的故障是不现实的,特别是预防最严峻的高能故障,例如有载分接开关线端对地的故障。对于这种情况,常用的消防系统不可能控制由此产生的火灾。因此,监测压力上升的保护装置只能尽量减少油外溢和减少火灾的危险。

5.7.3 在严重过载或短路情况下的切换

为了尽量减少在严重过载或短路情况下进行切换,建议在电动控制上加装一个保护装置,使变压器在负载超过协议规定值时,电动机构不启动,或者在电动机构已启动后能中断其操作。必须注意,如果是快速机构(弹簧储能机构),一旦启动了,储能器的释放运动便不可能停止。

许多供电部门习惯采用一种过流闭锁装置,当变压器负载电流超过过载预设限值时,便停止有载分接开关电动机构的操作。

当采用手动控制时,可以认为不需要保护装置,因为在严重过载期间通常不会进行手动操作。

有载分接开关在短路条件下操作的可能性可以不考虑。

5.7.4 油的极端温度

当环境温度特别低以及油温度相当低(对于符合 IEC 60296 的矿物油,为低于 -25°C)时,可能需要配备专用装置以获得可靠的运行性能,其他油(见 5.4.2)可能有不同的温度限制。这种装置采用热传感器测量有载分接开关油的温度,再由安装在电动机构内的中继放大器来闭锁电气操作。

在某些情况下,空气环境的有载分接开关可能需要加装能探测油过高温度(或许会超过 90°C)的装置。这种装置通常用来发出报警信号或使变压器跳闸。

5.7.5 独立分接选择器油室压力增大的保护

5.7.5.1 概述

在分接选择器装在独立油室的分接开关设计中,可以使用类似于 5.7.2 所述的保护装置。

5.7.5.2 双浮子气体和油动作继电器(气体继电器)

独立的分接选择器油室通常是用连接管经过主变压器的气体 and 油动作继电器(气体继电器)与主变压器储油柜相连通。这种继电器是一个双浮子的继电器,它通常对气体积聚提供报警和对油的涌流提供变压器跳闸的保护,也有的继电器是对气体积聚提供报警信号和对气体的进一步积聚和油的涌流提供变压器跳闸的保护。变压器制造单位通常会提供这种继电器。

也可以考虑配置附加的气体 and 油动作继电器(气体继电器),该继电器应靠近各个分接选择器油室,

安装在分接选择器通向变压器主储油柜的管路中。这种作法的优点是改进了故障诊断,能更好地分辨故障源是在分接选择器还是在变压器主油箱。这种继电器也是双浮子型式的。

它们都是通过分辨故障起因是气体的积聚还是油的涌流来帮助故障诊断。在配置时,应考虑采用气体积聚浮子和油的涌流挡板两者都可以令变压器跳闸。这种作法的理由是分接选择器中的任何自由气体都是缺陷或故障条件的征兆,应该在故障引起内部闪络前,先使变压器跳闸。重要的是应确保在油室注油时必须排除分接选择器的所有残留的空气,否则这些空气会引起误跳闸。转换选择器动作产生的气体对这种应用不会引起任何问题。变压器制造单位通常会提供这种类型的继电器。

5.7.5.3 过压力继电器

过压力继电器可以装在分接选择器油室的外边,它在分接选择器油室内部的静态和动态压力升高时动作。然而,这种继电器对于弱的压力扰动不会动作,原因是它们仍未达到所需的响应压力。如果采用这种装置,应确保断路器能使变压器跳闸。

5.7.2.3 中所述的有关动作速度、可靠性和误动作方面的内容也适用。

5.7.5.4 压力释放装置

安装在分接选择器油室上的压力释放装置设计成当压力超过预定压力时能被打开,从而避免分接选择器油室因内部故障引起过压力的损坏或向油室注油时某种偶然的超压所引起的损坏。

5.7.2.4 中所述的有关自密封、导管结构、报警和跳闸要求方面的内容也适用。

5.7.6 分接变换监视线路和相位不平衡保护

如果有载分接开关不同柱之间在同步操作上出现故障(例如传动轴断裂)时,不同相相互独立的有载分接开关便到达不同的分接位置。任何进一步操作都会引起相间电压差的增大,可能在变压器乃至有载分接开关上产生极大的循环电流。在这种情况下,监控线路(如果有)可能响应,以确保阻止电动机进一步电气操作。只要变压器已经励磁,就不应进行进一步的手动或电动分接变换操作。

不同相的分接位置差异会引起电压的不平衡,所以也可以由相电压不平衡保护来检测,相电压不平衡保护通常可以令变压器跳闸。在某些应用上,失步状态经常发生(见 6.2.8)。

6 分接开关的选用

6.1 概述

由于分接开关在安装它的设备总价中只占一小部分,因此可自由选择以便适合设备的需要。但是,也要考虑使用现有的标准型的分接开关。

对于一台给定的变压器,正确地选择和使用一台装配完好的分接开关是变压器制造单位的责任。

6.2 有载分接开关

6.2.1 绝缘水平

在变压器所有分接位置上出现的如下电压,要按 GB 10230.1—2007 的 5.2.6.4 对分接开关制造单位的标称值进行检查:

- a) 分接开关在使用中出现的正常工频运行电压;
- b) 变压器试验中出现在分接开关上的外施交流电压;
- c) 变压器试验中出现在分接开关上的冲击电压。

注 1:在有些绕组布置中,在变压器上出现的电压可能异常地高,例如:

- 自耦变压器的中性点分接头;
- 线端的分接头,以及
- 增压变压器的布置。

选用线性、粗/细调或正反调分接等布置方式会对上述这些电压值有明显的影响,一些改变电压的方法(包括改变变压器铁心磁通)也会对分接开关各部位处出现的电压值有影响(见 GB 1094.3)。

注 2:电网中的开关操作可能会产生瞬变过电压,从而使分接开关出现非常快速的振荡过电压。选择分接开关的雷电冲击水平时,必须考虑此过电压应力。按 GB 1094.3—2003 第 15 章进行的变压器操作冲击试验并未考虑此点。

注 3: 调压范围增加, 分接间也会引起较高过电压。

6.2.2 电流和级电压

6.2.2.1 概述

分接开关应满足 6.2.2.2~6.2.2.5 所述的条件。

6.2.2.2 额定通过电流

分接开关额定通过电流(按 GB 10230.1—2007 中 3.26 的定义)应不小于变压器额定容量(按 GB 1094.1 中 4.1 规定)下分接绕组中的分接电流最大值, 此额定电流是指连续负载下的。若变压器在不同工作条件(例如不同冷却方式)下的标称容量值不同时, 则应取其最大值作为额定容量, 因此, 分接开关的额定通过电流也是以此为基准的。

6.2.2.3 过载电流

符合 GB 10230.1—2007 中 5.2.1 规定的分接开关满足 GB/T 15164 的过载要求。

分接开关在一次过载中的操作次数不得超过从分接范围的一个终端到另一个终端所需要的操作次数。

如果在某种应用上变压器承受的负载条件超过了 GB/T 15164 所规定的限值, 则应要求分接开关制造单位推荐一个额定值合适的分接开关。

6.2.2.4 额定级电压

分接开关的额定级电压(见 GB 10230.1—2007 中 3.28)应不低于分接绕组的最高级电压。只要施加在变压器上的电压不超过 GB 1094.1—1996 中 4.4 规定的限值, 分接开关就应能进行变换操作。

若在变压器施加更高的电压下要求频繁地操作分接开关, 则应相应地提高分接开关的额定级电压。

6.2.3 开断容量

若变压器的最大分接电流和每级的电压在分接开关标称的额定通过电流和相应的额定级电压值之内, 则该分接开关的开断容量即满足要求。

对于标称值以外的数值, 应向分接开关制造单位进行咨询。

当分接开关用于有几种不同的电流和级电压的变压器时, 过渡阻抗的设计应使分接开关的切换电流和恢复电压不超过型式试验中的那些数值。

注: 在某些应用上, 如用在电炉变压器和整流变压器上, 可能要求分接开关在两倍到三倍的变压器连续最大额定通过电流的短时过电流下, 或在畸变的级电压或电流下进行操作。这就要求有一个比额定值高的开断容量。

如果发生电流和电压畸变, 制造单位应按用户要求说明它们对开断容量的影响。

6.2.4 短路电流

分接开关的短路电流(按 GB 10230.1—2007 中 5.2.3 规定)应不小于所配套变压器的过电流限值(按 GB 1094.5—2003 中 3.2 规定)。

注: 对于低阻抗变压器、增压变压器和移相变压器, 应特别注意检查此电流。在某些实例中, 故障电流值对分接开关的选用起决定作用。

6.2.5 分接位置数

分接开关的固有分接位置数目, 各个制造单位的产品通常都已经标准化了。工作分接位置数应优先在标准化系列之内选择。

因为分接范围增加, 与之对应的电压也增加了, 因此要采取措施, 使在绕组匝数最少的位置上进行操作或试验时, 避免在分接范围内产生过高的电压。在电炉变压器和向电解厂供电的整流变压器中, 这种现象会非常明显, 因为这些变压器常需要很宽的分接范围, 并且分接开关是处于恒压绕组内, 因而变压器铁心中磁通的变化范围很大。

6.2.6 转换选择器的恢复电压

当粗细调或正反调的转换选择器操作时, 它们会瞬间地与分接绕组断开。由于分接绕组与邻近绕

组间存在耦合电容,在转换选择器触头分离时,跨越触头间能产生高的恢复电压。在这种情况下,当转换选择器操作时,会在打开触头和闭合触头之间产生火花放电。为了避免介质电气强度和气体形成等难题,可能需要采取特别的预防措施。

克服这个问题的方法很多,例如采用电位电阻,或在分接绕组上配置电容控制,或采用双路转换选择器等。

不论配置限制装置(如电位电阻)与否,变压器制造单位都应确保绕组设计时不超过分接开关制造单位标称的切换参数。

在变压器试验期间,分接开关转换选择器也应按 GB 1094.1—1996 中 10.8 进行试验,以验证切换是否符合要求。

注:在上述操作中要特别注意试验电压的频率,当它比额定频率高时,将会切换较高的容性电流,这就可能超过转换选择器的开断容量,也可能产生更多的气体。

6.2.7 粗细调漏电感切换(仅指电阻式分接开关)

电阻式分接开关当从细调分接绕组的末端变换到粗调绕组的末端时,在两个绕组反向串接时会出现一个高的漏电感,使切换开关或选择开关的切换电流与恢复电压之间产生相位移,延长切换电弧的燃弧时间。

变压器制造单位应确保绕组设计时不超过分接开关制造单位标称的最大漏电感值或切换参数。

应注意,与分接绕组径向布置的设计相比,轴向布置的设计可能有更高的漏电感值。

6.2.8 变压器和相间失步状态

当两台(或多台)调压变压器并联时,可能由于不同分接开关的动作不同步而发生持续时间暂短的失步状态。它将导致变压器和有载分接开关的负载不相等。除阻抗电压不同将引起负载不相等的影响外,电压的不同将在变压器之间产生环流,该环流被线路内的阻抗所限制。这些环流叠加在变压器负载电流上,影响最后操作的有载分接开关的开断强度。当评估开断条件时,不仅要考虑切换电流的绝对值,也要考虑产生在切换开关触头断口上的相位移。

如果在 D 接或 Y 接的接线中采用单个的单柱有载分接开关,即可能发生失步情况。不论有载分接开关的各个单柱是采用一台电动机构操动,还是由一个控制信号操动三台电动机构,都不可能保证切换开关或选择开关同步动作。如果分接绕组是 D 接,不平衡电压即产生一个环流。在变压器绕组设计和采用合适的分接开关电流额定值时,应考虑此附加电流。

分接开关并联运行的控制有同步操作失步监视法、最小环流法和逆电抗法三种。注意这三种应用场合的共性和特殊性。

6.2.9 强迫分流(同相并联分接选择器/切换开关)

假如有载分接开关特殊型式或特殊应用上需要强制分流,则变压器设计必须充分考虑两路或多路并联的绕组支路。并联绕组间的阻抗必须比切换开关的实际过渡电阻器至少高 2~3 倍,以确保即使是在切换开关操作中也能保证强制分流,限制循环电流。在并联绕组支路之间的任何附加循环电流都不应使最后操作的切换开关在标称的切换参数之外进行切换。

当出现这种情况时,应向分接开关制造单位咨询。

6.2.10 用于具有非正弦电流的特种变压器(例如 HVDC 换流变压器)的有载分接开关

当有载分接开关用于通过电流中含有高次谐波的特种变压器时,变压器制造单位应规定出此通过电流的非正弦波波形。此非正弦通过电流对开断强度有很大的影响,必须通过切换开关进行控制。按旗循环或多电阻循环法工作的电阻式分接开关,主通断触头上的恢复电压升高等于通过电流在过渡电阻器两端上产生的电压降。因此,恢复电压也是一个非正弦的波形。

变压器制造单位应向分接开关制造单位提供波形和过载状况的详细说明。同样,分接开关制造单位应检查有载分接开关在此通过电流下的通断能力,因为,除恢复电压振幅之外,恢复电压的波形对通断能力也有决定性的影响。

6.2.11 用于移相变压器(PST)的有载分接开关

与标准变压器不同,移相变压器的过载影响变压器的额定值。

移相变压器的额定相位移是按空载条件定义的。然而,由于内部阻抗引起的内部电压降的影响,移相变压器不可能在超前的相角下运行。此内部电压降与负载电流(通过容量)有关,并且可能影响有载分接开关的级电压。因此,应考虑过载条件的标准要求。

有载分接开关开断容量应按 GB 10230.1—2007 中 5.2.2.2 的规定,在电流等于两倍最大额定通过电流和相关额定级电压下进行验证。此要求是在假定额定级电压不随通过电流变化的基础上提出的,但是,这个假定在移相变压器的所有应用情况下都不能成立。因此,分接开关制造单位应该对移相变压器情况下的开断容量进行单独地研究。对于此计算,变压器制造单位必须提供在任一位置出现的最大级电压和最大通过电流。

注:此计算所需要的数值(最大级电压、最大通过电流)不会在同一分接位置上同时出现。

在运行意义上,移相变压器的过负载是随着电流超过铭牌额定值的增大而增大了内部相位角,从而增大了滞后位置上的负载相位移角度。它可能导致负载相角超过额定空载的最大相角。调压绕组两端电压,也就是单心结构移相变压器的级电压和双心结构串联绕组两端的电压,都将超过额定电压。电压额定值是在空载下按匝数比确定的。

其次,在双心结构中,主变压器也将经受一定程度的过励磁,其结果和调压绕组相同。过励磁程度取决于串联变压器绕组与主变压器绕组的阻抗比。

上述条件下的电压值、电流值和开断容量应在有载分接开关所标称的参数之内。

应注意在某些运行位置,负载电流不会流过调压绕组。在这些位置时,移相变压器的负载与电源侧之间没有短路阻抗(单心结构)或只有一个较小的短路阻抗(双心结构)。

6.2.12 触头寿命

GB 10230.1—2007 中 5.2.5.1 的试验规定,分接开关必须进行不低于 500 000 次的机械操作。但是,这并不意味着这是分接开关在最大额定通过电流下未经检修和更换触头时的操作次数。

GB 10230.1 的有载分接开关工作负载试验,为制造单位保证的最大额定通过电流和相关级电压下的基本操作次数确立了一个底线。由制造单位提供的触头寿命数据是在相同的基础上确定的,例如电流水平、电压水平、功率因数和分接变换范围等。在确定触头寿命时,也应考虑过载条件或其持续时间(如果已知),因为它们能减少触头的预期寿命。

制造单位的触头寿命图表给出了在不同负载电流下的触头寿命。然而,当要求某台分接开关每年进行分接变换的操作次数异常高时,例如在轧钢厂、电解厂和电炉变压器上,如果不更换触头,这些数值就应慎重对待了。如果为了达到所要求的触头寿命而选用额定值较高的分接开关,应注意由于环流的存在,分接开关过渡触头的烧损可能不均衡。

6.2.13 分接开关机械寿命

当选用异常运行操作次数的分接开关时,应向分接开关制造单位咨询。对这种要求下如何减少运行维护应予充分考虑。

6.2.14 电动机构

如果电动机构不是向分接开关制造单位而是向另一个制造单位购买的,则由购买者负责确保该电动机构适于所有必要的工作任务。

6.2.15 压力与真空试验

如适用,装配完整的分接开关必须承受它所配套的变压器的所有压力及真空试验。在这种情况下,应在向分接开关制造单位订货时提出所有相关的信息。

6.2.16 低温条件

如果分接选择器、切换开关或选择开关安装在变压器油箱外的空气中的单独容器里,且环境温度可能低于 -25°C ,则应规定绝缘油和/或润滑油的品种。

如果分接选择器、切换开关或选择开关安装在变压器油箱内,而在运行时油的温度可能低于 -25°C ,则应就变压器油的品种向分接开关制造单位咨询。

注: -25°C 的下限值适用于符合 IEC 60296 要求的矿物油。当采用其他油时,下限值也不同,应向分接开关制造单位咨询。

如有必要,应配置自动控制的加热装置,或者,可另行考虑在异常低温下能避免分接开关操作的措施。

6.2.17 连续操作

如果要求分接开关连续操作,则需要对温度情况进行检查并向分接开关制造单位咨询。

6.2.18 限流自耦变压器电路(仅指电抗式分接开关)

与电抗式分接开关一起使用的限流自耦变压器是作为过渡阻抗,用于在桥接位置(两相邻分接被桥接的工作位置)或相邻位置间变换分接头时限制循环电流。限流自耦变压器也可以在非桥接位置(两个动触头均在相同定触头上的工作位置)上励磁,如果在调压器设计中接入了补偿绕组,则将产生一个循环电流。限流自耦变压器不是有载分接开关的组件,它必须由变压器制造单位设计和提供,并且安装在变压器油箱里。

在设计调节环流大小用的电抗器时,必须注意两个相互对立的要求。首先,限流自耦变压器的电抗必须取得高一些,以减少环流(避免分接段过载并尽量减少从线路中汲取的无功功率);其次,电抗必须取得低一些,以尽量减少电抗压降(消除分接变换操作的脉动)。此外,循环电流也影响分接开关的切换任务。

调压器有时也配置补偿绕组。不加补偿绕组时,最高温升将出现在桥接位置。如果有补偿绕组,最高温升可能出现在桥接位置也可能出现在非桥接位置,决定于施加在电抗器上的网侧分接电压是在哪个分接位置上。在这些位置上,电流由通过电流、循环电流和通过电流的功率因数来确定。

有时候在降压回路中也采用补偿绕组,该回路必须将电压降到较低水平以便可以在该回路里能使用电压较低的分接开关。在电抗器回路里采用了补偿绕组,在桥接位置上转换时可以降低恢复电压,在非桥接位置上转换时可以提高恢复电压。桥接位置和非桥接位置上的网侧循环电流方向相反,所以动触头的任务均等。

6.3 无励磁分接开关

6.3.1 绝缘水平

在变压器所有分接位置上出现的如下数值,要按 GB 10230.1—2007 的 7.2.5.3 对分接开关制造单位的标称值进行检查:

- a) 运行时出现在分接开关上的正常工频工作电压;
- b) 变压器试验中出现在分接开关上的外施交流电压;
- c) 变压器试验中出现在分接开关上的冲击电压。

注1: 在某些绕组布置中,变压器上出现的电压可能异常地高,例如:

- 自耦变压器的中性点分接头;
- 线端的分接头,以及
- 增压变压器的布置。

一些改变电压的方法(包括改变变压器铁心磁通)也会对分接开关各部位处出现的电压值有影响(见 GB 1094.3)。

注2: 调压范围增加,分接间也会引起较高过电压。

6.3.2 额定通过电流

分接开关额定通过电流(按 GB 10230.1—2007 中 3.26 的定义)应不小于变压器额定容量(按 GB 1094.1—1996 中 4.1 规定)下分接绕组中的最大分接电流值,此额定电流是指连续负载下的。若变压器在不同工作条件(例如不同冷却方式)下的标称容量值不同时,则应取其最大值作为额定容量,因此,分接开关的额定通过电流也是以此为基准的。

6.3.3 过载电流

符合 GB 10230.1—2007 中 7.2.2 规定的分接开关即满足 GB/T 15164 的过载要求。

当某一特殊用途的变压器承受的负载条件超过了 GB/T 15164 所规定的限值时,则应要求分接开关制造单位推荐一个额定值合适的分接开关。

6.3.4 额定级电压

分接开关的额定级电压(见 GB 10230.1—2007 中 3.28)应不小于分接绕组的最高级电压。

6.3.5 短路电流

分接开关的短路电流(按 GB 10230.1—2007 中 7.2.3 规定)应不小于所配套变压器的过电流限值(按 GB 1094.5—2003 中 3.2 规定)。

注:对于低阻抗变压器、增压变压器和移相变压器,应特别注意检查此电流。在某些实例中,故障电流值对分接开关的选用起决定作用。

6.3.6 并联的无励磁分接开关

最好采用并联绕组支路来使电流均匀分配,不需要像有载分接开关那样要求绕组之间有高阻抗,因为不需要在负载下切断循环电流。

如果无励磁分接开关并联在一个公共的导体上,则必须了解由于接触电阻的变化,在两支路间电流不可能均匀分配。因此,假定电流分配比率大约是 60/40,那么就必需考虑采用较高电流额定值的无励磁分接开关。

6.3.7 分接位置数

分接开关的分接位置数在各个制造单位通常都已标准化了。分接位置数应优先在标准化系列范围内进行选择。

6.3.8 机械寿命

若采用电动机构操动,建议在操作 10 000 次后应对其机械部件进行检查,特别是电气触头。

6.3.9 电动机构

如果电动机构不是向分接开关制造单位而是向另一个制造单位购买的,则由购买者负责确保该电动机构适于所有必要的工作任务。

7 油浸式分接开关的安装位置

7.1 分接选择器

除非变压器制造单位与用户另有协议,分接选择器可以装在主变压器的油里。

注:若转换选择器与分接选择器设计为一体时,转换选择器的触头出现的气体(见 6.2.6),可能影响变压器油中的溶解气体分析。

7.2 切换开关与选择开关

为了避免污染变压器主油箱的油,切换开关和选择开关,不论是置于变压器内部还是外部,均安装在一个独立的、防渗漏的油室内。

8 附件

8.1 阀门、放气活门和取油样装置

所有的阀门都应能承受分接开关及安装该分接开关的变压器上的压力和真空要求。

切换开关油室应装有放油阀、滤油阀和放气活门。对于某些分接开关,每个油室都要有隔离阀,安装在切换油室与储油柜之间,它是由变压器制造单位提供的。

空气环境的分接选择器油室应装有放油阀、顶部滤油阀、底部滤油阀、从地面能够操作的取油样装置和放气活门。底部滤油阀可以和放油阀合并在一起。每个分接选择器油室都要有一个隔离阀,安装在分接选择器油室与储油柜之间,它是由变压器制造单位提供的。如果需要,变压器制造单位应提供一

个补偿阀,安装在分接选择器油室与变压器主油箱之间。

建议每台分接开关都安装一个表示所有阀门、放气活门和取油样装置功能的标牌,该标牌通常由变压器制造单位提供。

8.2 油位计

按 GB 10230.1—2007 中 5.1.3 的要求,带有整体膨胀容积储油柜或独立储油柜的切换开关或选择开关的油室,均应装有油位计。油位计在变压器运行时应明显可见。在某些情况下,此油位计是由变压器制造单位而不是由分接开关制造单位提供的。

在大多数情况下,分接选择器与主油箱的储油柜相联通,主储油柜上的油位计能指示分接选择器油系统的油位。当分接选择器与整体膨胀容积储油柜或独立储油柜相联通时,应装有独立的油位计。这些油位计通常是由变压器制造单位而不是由分接开关制造单位提供的。

8.3 低油位报警

对于带有整体膨胀容积储油柜或独立储油柜的切换开关或选择开关的油室,应考虑提供一种监测油室中低油位的装置。它是用作早期报警,以避免因低油位可能引起的灾难性事故,此装置可与油流控制继电器分开也可组成一体。在某些情况下,此装置可由变压器制造单位提供,而不是由分接开关制造单位提供。

同样地,对于带有独立储油柜或与主油箱储油柜相联通的分接选择器,应安装一种监测油室中低油位的装置。通常,此装置可由变压器制造单位提供,而不是由分接开关制造单位提供。

8.4 铭牌和其他的标牌

除了 GB 10230.1—2007 第 9 章所要求的分接开关和电动机构的铭牌外,如合适,还应加装标出分接开关各油室真空中力的标牌。

8.5 辅助检修的装置

分接开关和变压器的设计应同时考虑到安全检修的要求。需要定期检修的元件应易于拆卸。应准备能够起吊诸如切换开关或分接选择器油室盖板等较重零件的起吊设备。

8.6 吸湿器

如果分接开关与大气相通,则应在带有整体膨胀容积储油柜或独立储油柜的切换开关或选择开关油室安装吸湿器或其他合适的装置。在某些情况下,吸湿器由变压器制造单位提供,而不是由分接开关制造单位提供。

同样,分接选择器油室应安装吸湿器,不管它是有独立的储油柜还是与主油箱的储油柜相联通。通常,吸湿器可由变压器制造单位提供,而不是由分接开关制造单位提供。

当确定吸湿器的容积时,必须考虑到分接开关油室的油容积比变压器的小,尽管其呼吸较为频繁。

9 现场服务(运行、检修和监视)

9.1 运行

9.1.1 并联运行

当带分接绕组的变压器并联运行时,变压器制造单位及用户要注意,一定要将变压器之间的环流限制到可接受的数值。

注:见 6.2.8。

9.1.2 触头烧损及油的污染

因为分接开关的结构中有消耗性零件,因此制造单位应提供按时间计算或按操作次数计算的检修周期数据。一台有载分接开关的切换开关或选择开关的触头预期寿命,通常是按最大额定通过电流规定的。如果变压器的负载电流小于最大额定通过电流,触头的寿命即可延长。对于电抗式分接开关,恢复电压可能影响到触头寿命,因为电弧不一定能在电流第一次过零时熄灭。

切换开关或选择开关必须换油前的操作次数,与油原来状态是否良好和是否一直保持干燥状态

有关。

可以考虑给切换开关和选择开关安装一个固定的油过滤器(或油过滤器和干燥器的组合),以便在运行中对其中的油进行过滤(或过滤加干燥),从而延长必须换油前的工作期限,也可以及时去除颗粒,减少机械磨损。对于操作次数很高的分接开关,通常只需考虑油过滤器,而对在高电压或在极端的温度和/或湿度下运行的分接开关,则有必要考虑使用组合式的油过滤器和干燥器。

9.1.3 当分接选择器在固定分接位置上运行时的触头过热

分接选择器发生触头过热的原因有:

- 分接选择器触头弹簧压力小;
- 长时间(数月)在一个位置上运行;
- 周围油的温度高。

如果触头弹簧压力变小,使触头接触电阻高于正常值,则有可能使触头表面过热,碳生成物增加,从而使运行现状进一步恶化,最终可能导致自由气体的产生和诱发闪络,使变压器发生灾难性故障。在极端情况下,触头之间和触头周围的碳生成物(有时也称为高温分解的碳生成物)可能将触头粘住,阻碍其活动,如果试图接着操作分接开关,还可能引起机械损坏。

当分接开关长时间(数月)停留在某个分接位置时,分接选择器触头操作过程中正常的擦抹动作没有了,触头表面得不到清洗,这可能是无励磁分接开关和有载分接开关转换选择器的潜在性问题,与设计有关。应注意,即使有载分接开关操作频繁,转换选择器也可能会长时间停留在同一个位置上,故转换触头也可能产生类似的问题。

在极端情况下,周围油温高再加上正常的触头温升,有可能导致热解碳的生成。

定期的油中溶解气体分析(DGA)可以较早地检测出上述问题。氢可能是早期的指证,尽管在这个阶段很难作出确切的判断,但随着过热形势的恶化,则有甲烷、乙烷和乙烯产生。如果DGA结果表明有过热现象,则可假定认为热解碳和触头包粘已经出现。这种情况下产生的甲烷,特别是乙烯含量较高(百万分之几十或几百),达到了GB/T 7252规定的T3特征级。如果证据显示热解碳和触头包粘已经发生,则建议在操作前,先打开分接选择器进行检查,否则可能引起机械损坏。

如果已知分接选择器(主要是转换选择器和无励磁分接选择器)长时间停留在一个位置上,则建议在定期检修时进行分接选择器整个分接范围的操作,以清洁触头表面。

9.1.4 在转换选择器操作期间的放电

转换选择器断开触头和闭合触头之间放电所产生的气体,特别是乙炔和氢,尽管它们本身不特别重要,但在用溶解气体分析(DGA)监测分接开关上述问题时,它们可能掩盖其他缺陷。严重时,这些气体可能会引起绝缘击穿,但是这种情况很少见。通过转换位置频繁操作的分接开关可能在油中产生大量乙炔和氢气,采取某些控制措施,例如接入电阻器能减少气体的产生,但不能全部消除。

9.2 检修

9.2.1 油更换

未向分接开关制造单位咨询,矿物油不得用不同等级的油或不同的液体替代,这是因为不同的油或液体,其粘度或介电特性可能不同,它们可能会影响分接开关的操作速度和绝缘可靠性。

9.2.2 接触电阻测量

接触电阻测量可作为诊断性检查或作为检修制度的一部分,以识别或防止因触头弹簧老化和触头过热引起的问题。

接触电阻的允许值取决于分接开关的设计和电流额定值。若接触电阻明显增加,就可能引起过热。只作为指导性判断,如果接触损耗(接触电阻与电流平方的乘积)大于100 W(或当电流额定值很高时,此值可能小些),则可能出现过热。当有疑问时,可将此电阻值与新触头的测量值进行比较(如果可能的话),也可以与制造单位的推荐值或类似触头的测量值进行比较。

9.2.3 触头动作程序测量(电阻式有载分接开关)

电阻式有载分接开关的切换机构通常动作速度较快,只能采用示波图法测量其动作程序。

测量仪器通常采用光线示波器或数字记录仪。推荐采用具有波形放大与存储功能的数字记录仪,其采样频率不低于 5 000 Hz,分辨率不低于 10 位。

示波图法按其在触头上施加的电压又分为直流和交流两种。

采用直流法时通常在触头上施加 12 V 或 24 V 的信号电压,采用交流法时所加信号电压通常为 220 V。

对于切换开关(包括选择开关)触头闭合不同步时间和触头闭合振动时间应符合有关标准的要求,且不影响动作程序。

触头动作程序检示的时程与介质、介质环境温度有关。特别注意低温油中石蜡结晶对检示时程变长的重要影响。

对于组合式有载分接开关,切换开关本体检修后可直接进行触头动作程序的检示,但某些复合式选择开关本体检修后不能单独进行触头动作程序的检示,只有选择开关本体复装在油室后,与变压器绕组连接在一起方可进行触头动作程序的检示。在检示中,应注意绕组电抗对检示结果的影响。

注:油浸式切换开关本体若在空气介质中进行示波检示时,需注意不同介质阻尼与缓冲对检示时间与波形的影响。

9.3 运行监视

9.3.1 矿物油的溶解气体分析(DGA)

对分接选择器油室中的油或安装无励磁分接开关的油箱中的油进行常规的溶解气体分析(DGA),对识别进行性或发展缓慢的缺陷是强有力的监测方法。经验表明,在故障发生前查出缓慢发展的缺陷的能力与成本之间确定年检次数是一种合理的解决办法。

常规的溶解气体分析(DGA)是下述情况的辅助手段:

- 触头或连接处过热,包括碳的增长状态,可用增长水平,特别是甲烷和乙烯气体的增长水平来表征;
- 电容性放电,例如:屏蔽层松动、各零件具有不同的电位或电位悬浮,或转换选择器的操作,这可用乙炔和氢气的增长水平来表征,但是因过热产生的气体很少或不产生气体;
- 由线路断开或由分接选择器切断电流产生的强电弧,但在其他诊断性气体中,增加最明显的是乙炔和乙烯。

也可以采用连续的溶解气体分析(DGA)进行监测,通常用于监测已知缺陷的分接开关的连续运行状况,直到该缺陷消除为止。

有关溶解气体分析(DGA)结果的判断见 GB/T 7252。

对切换开关或选择开关油的溶解气体分析(DGA),有助于确定触头是否过热。

如果使用了真空断流器,则在切换操作时没有电弧气体产生。

注:溶解气体分析(DGA)也可以用于重大故障的诊断。

9.3.2 油的其他试验

对切换开关、选择开关和分接选择器油室中的油应进行定期(至少每年一次)试验,以确保油中含水量和击穿电压在推荐标准值之内。

9.3.3 非侵犯性监视技术

这种监视可以是连续性的,或者是针对某个可疑的缺陷状态作出反应来安装,它可包括:

- 监视电动机电流或传动轴扭矩,以检查在分接开关操作中无刚度降低的现象;
- 监视分接开关周围的放电水平,通常对溶解气体分析(DGA)结果异常或其他故障指示器有反应;
- 监视分接开关周围的噪声水平,通常对噪声特性异常的报告、溶解气体分析(DGA)结果异常或其他故障指示器有反应;

- 油室中触头温度计或红外线监视,以确认无任何温度异常状况;
- 监视分接开关和变压器油箱的温度,检查温度发展趋势和温差,以确定分接开关是否有温度升高的趋势;
- 监视触头的磨损。

9.3.4 侵犯性监视技术

这种监视可以是连续性的,或者是针对某个可疑的缺陷状态作出反应来安装,它可包括:

- 监视切换开关的操作。可在切换开关接线中装入电流互感器,此电流互感器布置成能监视切换开关的变换程序,并检查过渡电阻器接入线路时间是否过长,也可以用作监视或作为保护系统;
- 监视分接选择器的角度位置,以保证分接选择器传动轴位于正确位置,从而保证触头接触充分。

注:这类监视装置仅在向分接开关制造单位和变压器制造单位咨询后才能配置。

9.3.5 工业用的监视系统

分接开关可能存在各种各样的缺陷,发生各种形式的故障,不是一种监视技术所能控制的。使用工业监视系统可能是合适的,因为它将多种现有的监视技术结合在一起,但使用者需要对该系统的成本和效益进行对比。

10 变压器制造单位应提供的信息

10.1 有载分接开关询价或订货阶段所需的信息

- a) 相关的技术规范(GB 10230.1)。
- b) 需要的分接开关台数。
- c) 单相或多相。
- d) 系统的相数。
- e) 频率。
- f) 分接开关所接设备的额定容量。
- g) 分接开关所连接绕组的额定电压。
- h) 绕组联结组。
- i) 需要的分接范围,按高于或低于绕组额定电压的百分数给出。
- j) 需要使用的分接位置数,根据变压器各分接头列出这些位置的编号和标志。
- k) 分接布置(例如:线性调、正反调或粗/细调)。
- l) 分接头在绕组中的位置(例如:线端、中部、中性点)。
- m) 分接开关所接绕组的最大分接电流(见 GB 1094.1—1996 中 3.5.10)。
- n) 通过分接开关的短路电流最大值及其持续时间。
- o) 每级相电压(如级电压在分接范围内是变化的,则要详尽列出各级电压及其相关的电流)。
- p) 在中性点处的分接开关,需指明是要一个中性点端子还是要三个单独的中性点端子(在所有分接开关设计上是不适用的)。
- q) 在转换选择器断开触头与闭合触头之间出现的工频电压(见 6.2.6)。
- r) 按 6.2.1 要求的绝缘水平:
 - 1) 首末端分接头间的最高电压和粗调分接绕组段与细调分接段两端之间的最高电压(如果合适);
 - 2) 作用电压最严重的分接与地之间的最高电压;
 - 3) 邻相分接头间的最高电压;
 - 4) 切换开关与地之间的最高电压;

- 5) 切换开关相间的最高电压;
 - 6) 切换开关断开触头间的最高电压。
 - s) 特殊设计选项(例如:叉形支架、热带环境)。
 - t) 喷漆的技术要求。
 - u) 传动部件装配的技术规范,包括中间轴承和防护板的信息。
 - v) 压力、真空和温度要求:
 - 1) 充油时最大工作压力;
 - 2) 变压器油压试验时的最大压力;
 - 3) 施加的最大真空度;
 - 4) 假设分接开关是在此处理前安装的,要说明工艺过程~~的~~类型、最高温度、真空度和持续时间;
 - 5) 特殊环境下(例如:噪声隔离室等)的温度;
 - 6) 如果低于 -25°C ,最低操作温度以及特殊低温下的详细要求。
 - w) 特殊要求:
 - 1) 非正常过负载的周期、数值及持续时间(超过 GB/T 15164)的细节;
 - 2) 额外的操作次数;
 - 3) 繁重任务使用详情。例如用于电弧炉、轧钢厂、HVDC(见 6.2.10)、发电机变压器、移相变压器(见 6.2.2.4)和相位正交增压变压器;
 - 4) 变压器运输布置的细节;
 - 5) 其他特殊要求。
 - x) 配件的数量、类型和位置。
 - y) 限压元件(例如:火花保护间隙,ZnO 避雷器)的位置和技术要求。
 - z) 粗调绕组和细调分接绕组间的漏电感(仅指粗/细调绕组的接法)(见 6.2.7)。
 - aa) 保护装置的数量、类型和位置,包括就地和远方指示的数量、类型和位置。
 - bb) 驱动机构。
 - cc) 为了使正确的控制装置都包括在传动机构内,用户必须将控制方案尽可能详细地提出来,其中包括(如果有)下列基本控制功能及连同这个功能所必须的装置类型:
 - 1) 就地电气控制及指示;
 - 2) 远方电气控制及指示;
 - 3) 就地电气控制及指示,带或不带线路压降补偿装置;
 - 4) 远方电气控制及指示,带或不带线路压降补偿装置;
 - 5) 两台或多台变压器的并联控制;
 - 6) 监视控制及指示;
 - 7) 如果是远方和监视控制及指示,应说明负载和分接开关与控制点之间的大约距离;
 - 8) 电动机和控制装置用辅助电源的说明,即标称电压、最高电压和最低电压限值(如果其限值不在 GB 10230.1—2007 中 11.2 规定的标准限值内时)、交流或直流。如果是交流,要指出其频率、相数和中性点的配置情况。
 - dd) 包括的特殊要求(例如挂锁条件、铰链位置)在内的驱动机构外壳的安装规范。
 - ee) 文件和标牌的种类和数量。
 - ff) 附件的规范(例如:起吊装置、油过滤装置、备件)。
- 10.2 无励磁分接开关询价或订货阶段所需资料
- 10.2.1 总则
- a) 需要的分接开关台数。

- b) 分接开关所连接绕组的额定电压。
- c) 分接开关所连接绕组的联结组和连接点的电位。
- d) 分接开关所连接绕组的额定电流。
- e) 位置(分接头)数目。
- f) 调压范围:即要求的分接范围,按高于或低于绕组额定电压的百分数给出,如无规定时,则以2.5%作为标准值。
- g) 分接连接方式:单桥接或双桥接(棘爪调节)、单线性或双线性(固定点)、Y—D、串—并联、正反调或它们的组合。
- h) 对于固定点分接开关,需说明是要一个中性点端子还是要三个独立的中性点端子。
- i) 结构:单相或三相。
- j) 若传动机构不是直接安装在变压器油箱的顶部时,则
 - 1) 水平轴的长度;
 - 2) 垂直轴的长度。
- k) 驱动机构类型:手动操作(手柄或手轮)或电动操作。
- l) 电动机和控制装置用辅助电源的说明,即标称电压、最高电压和最低电压限值(如果其限值不在GB 10230.1—2007中11.2规定的标准限值内时)、交流或直流。如果是交流,要指出其频率、相数和中性点的配置情况。

10.2.2 仅指导轨式或滑动式设计的无励磁分接开关

- a) 位置:水平或垂直;
- b) 控制轴出口:在箱盖上、油箱壁上或油箱壁下部。

10.2.3 小型无励磁分接开关

用于低压配电和类似系统中的小型无励磁分接开关,仅提供10.2.1中a)到i)项的资料。

10.3 文件

订货前,应从分接开关制造单位得到有关分接开关的技术和尺寸方面的资料。

分接开关制造单位应在交货前向用户提供有关安装要求、运输、起吊、检修和使用的说明书,以便用户能够检查在安装上和运输与贮存中所采取的措施是否正确。

变压器设计人员在进行相关的机械或电气设计之前,应仔细阅读分接开关的有关资料。

分接开关使用人员应熟悉有关规程,以便胜任其工作。

11 保护和安全

11.1 保护

有载分接开关至少应配置GB 10230.1—2007中5.1.4所述的一种过压保护装置。除非制造单位另有建议,这种保护装置将接到会产电弧的油室。有载分接开关制造单位应提供保护装置设定值的建议,保护装置应有一个适于接通变压器跳闸系统的输出。

11.2 安全方面

11.2.1 气体

有载分接开关内由电弧产生的气体,无论从着火或健康方面来看,都可能会引起危险。在户外安装时,气体扩散不成问题,然而在户内安装时,则应具备足够的通风能力。

11.2.2 有载分接开关的操作

如果怀疑分接开关有问题,当变压器励磁时就不应进行操作,但是,如果操作不可避免,则应:

- 避免手动进行分接变换,或者
- 如果近旁有人,则应避免电动操作。

注意:如果电动操作时转动凝滞或者手动操作时转矩过大,都表示有问题存在。

11.2.3 无励磁分接开关的人工操作

应特别指出,无励磁分接开关绝对不准在变压器励磁下操作。无励磁分接开关在无载下操作是不确切的表述,因为,在这种条件下,无励磁分接开关在大多数情况下都要试图切断变压器的相电压,后果可能是灾难性的。无励磁分接开关的触头设计不是用来开断电流或电压的,正是由于这个原因,在本导则和 GB 10230.1—2007 都使用“无励磁分接开关”术语,而不使用“无载分接开关”一词。

要注意 GB 10230.1—2007 中图 4 的警告标志,并注意是要求制造单位供应还是要求制造单位安装。如果是供应时,由用户负责安装此标志,此标志应安装于操作手柄旁。还要注意 GB 10230.1—2007 中 7.1.5 所述的安全联锁装置的使用。

11.2.4 压力释放装置

对于压力释放装置,应考虑安装一个泄油出口,例如从压力释放装置出来的导管或通路,以保护油排出时的人员安全。

11.3 浸渍介质

分接开关制造单位应对适合分接开关使用的浸渍介质提出建议。如果用户所用介质不是所推荐的油,则有风险,这是因为介质性能不同可能影响有载分接开关的功能。使用分接开关制造单位建议以外的浸渍介质,可能会使分接开关发生故障。
