



中华人民共和国国家标准

GB/T 10230.1—2019
代替 GB/T 10230.1—2007

分接开关 第 1 部分：性能要求和试验方法

Tap-changers—Part 1: Performance requirements and test methods

(IEC 60214-1:2014, MOD)

2019-12-31 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 使用条件 7

5 有载分接开关的技术要求 8

6 有载分接开关的电动机构技术要求 23

7 无励磁分接开关的技术要求 25

8 无励磁分接开关的电动机构技术要求 32

9 铭牌 34

10 无励磁分接开关警告标示 35

11 制造方使用说明书 35

附录 A (资料性附录) 本部分与 IEC 60214-1:2014 的技术性差异及其原因 36

附录 B (规范性附录) 关于电阻式分接开关切换任务的补充资料 38

附录 C (规范性附录) 关于电抗式分接开关切换任务的补充资料 43

附录 D (资料性附录) 真空型分接开关工作负载试验的合成试验线路的示例 53

附录 E (资料性附录) 工作负载和开断容量试验的 AC 模拟试验线路 55

附录 F (规范性附录) 用脉冲电流确定过渡电阻器等值温度的方法 59

附录 G (资料性附录) IEC 60214-1:2014 中有载分接开关和无励磁分接开关的试验电压水平 60

附录 H (资料性附录) 无弧有载分接开关工作原理 61

附录 I (资料性附录) 有载分接开关特殊试验 64

附录 J (资料性附录) 电子控制器(显示器)的性能要求和试验方法 66

参考文献 72

图 1 用最大额定通过电流倍数表示的短路试验电流(有载分接开关) 15

图 2 施加试验电压的时间顺序(有载分接开关) 21

图 3 用最大额定通过电流倍数表示的短路试验电流(无励磁分接开关) 27

图 4 施加试验电压的时间顺序(无励磁分接开关) 31

图 5 警告标示 35

图 B.1 电阻式分接开关的电流和电压矢量图示例 38

图 C.1 带选择开关的电抗式分接开关操作顺序 44

图 C.2 带选择开关的电抗式分接开关电流与电压向量图 45

图 C.3 带选择开关和平衡绕组的电抗式分接开关操作顺序 46

图 C.4 带选择开关和平衡绕组的电抗式分接开关电流与电压向量图 46

图 C.5	带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关的操作顺序	48
图 C.6	带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关电流与电压向量图	49
图 C.7	带真空断流器(真空管)和分接选择器电抗式分接开关的操作顺序	51
图 C.8	带真空断流器(真空管)和分接选择器电抗式分接开关的电流与电压向量图	52
图 D.1	真空型分接开关工作负载试验合成试验线路	53
图 D.2	合成试验线路的电流	54
图 D.3	带有相同电压的开断与接通任务的一个变换操作合成试验的示例	54
图 E.1	模拟试验线路:变压器法	55
图 E.2	模拟试验线路:电阻法	56
图 E.3	模拟试验线路:补偿法	57
图 E.4	模拟试验线路:谐振法	58
图 H.1	晶闸管串联调压装置	61
图 H.2	电子式有载分接开关工作原理图	61
图 H.3	晶闸管机械混合式有载分接开关工作原理图	62
图 H.4	晶闸管辅助触头基本回路	63
图 H.5	双电阻过渡晶闸管机械混合式有载分接开关工作原理图	63
表 1	分接开关的环境温度	7
表 2	有载分接开关触头温升限值	10
表 3	有载分接开关试验电压水平	19
表 4	无励磁分接开关触头温升限值	27
表 5	无励磁分接开关试验电压水平	29
表 A.1	本部分与 IEC 60214-1:2014 的技术性差异及其原因	36
表 B.1	电阻式分接开关(非真空型)主(通断)触头和过渡触头任务	39
表 B.2	电阻式分接开关(非真空型)负载功率因数对开断任务的影响	40
表 B.3	电阻式分接开关(真空型)主通断触头和过渡触头任务	40
表 C.1	带选择开关的电抗式分接开关转换触头任务——切换方向由 P1 到 P5	43
表 C.2	带选择开关和平衡绕组的电抗式分接开关转换触头任务——切换方向由 P1 到 P5	45
表 C.3	带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关转换触头任务——切换方向由 P1 到 P7	47
表 C.4	带真空断流器和分接选择器电抗式分接开关的转换触头任务——切换方向由 P1 到 P11	49
表 G.1	IEC 60214-1:2014 中有载分接开关和无励磁分接开关的试验电压水平	60
表 J.1	控制器(显示器)环境适应性要求	67
表 J.2	控制器电磁兼容性要求	67
表 J.3	耐电压暂降、短时中断和电压变化的要求	68
表 J.4	控制器(显示器)耐冲击电压要求	68
表 J.5	控制器(显示器)的电气绝缘间隙与爬电距离	69

前 言

GB/T 10230《分接开关》分为下列两部分：

- 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 GB/T 10230 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 10230.1—2007《分接开关 第 1 部分：性能要求和试验方法》，与 GB/T 10230.1—2007 相比，主要技术变化如下：

- 增加了真空有载分接开关和无弧有载分接开关的术语和定义(见第 3 章)；
- 增加了真空有载分接开关负载试验要求与试验方法(见第 5 章)；
- 修改了分接开关局部放电试验要求和试验方法(见第 5 章和第 7 章)；
- 对表 3 和表 5 的绝缘耐压试验值进行了调整(见第 5 章和第 7 章)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60214-1:2014《分接开关 第 1 部分：性能要求和试验方法》。

本部分与 IEC 60214-1:2014 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(⏏)进行了标示，附录 A 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本部分还做了下列编辑性修改：

- 将 IEC 原文的 3.5 调整为本部分的 3.6，并对注的内容进行了调整；
- 将 IEC 原文的 3.6 调整为本部分的 3.7，并对注的内容进行了调整；
- 删除了 IEC 原文表 1 中的注 3；
- 5.2.1 中增加了“注 2：没有独立油室或气室的分接开关不必进行密封试验”；
- 5.2.2 中增加了“注 3：试验导线选取可参照 GB/T 14048.1 及 GB/T 7251.1”；
- 5.2.4 中增加了“注：配电变压器用有载分接开关的短路电流倍数为配电变压器短路阻抗的倒数”；
- 将 IEC 原文 5.2.8.1 中的表 3 移到 5.2.8.3 中；
- 5.2.9 中增加了“注：无弧分接开关工作原理与特点见附录 H”；
- 6.1.12 中删除了 IEC 原文中注的内容；
- 6.2.1 中将 IEC 原文的第二段由正文改为注的内容；
- 7.2.3 中增加了“注：配电变压器用无励磁分接开关的短路电流倍数为配电变压器短路阻抗的倒数”；
- 将 IEC 原文 7.3.1 和 7.3.2 分别调整为本部分的 7.3.2 和 7.3.3；
- 8.2.1 中将 IEC 原文的第二段由正文改为注的内容；增加了“注：控制器(或显示器)技术要求见附录 J”；
- 将 IEC 原文的附录 A 调整为附录 B、附录 B 调整为附录 C、附录 C 调整为附录 F、附录 D 调整为附录 E(并增加了 E.4 补偿法和 E.5 谐振法)、附录 E 调整为附录 D；新增了附录 G～附录 J；
- 对参考文献进行了重新调整。

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：沈阳变压器研究院股份有限公司、遵义市产品质量检验检测院、上海华明电力设备制造有限公司、贵州长征电气有限公司、山东输变电设备有限公司、浙江腾龙电器有限公司、特变电工

GB/T 10230.1—2019

衡阳变压器有限公司、泰开电力设备有限公司、江苏华鹏变压器有限公司、浙江甬江电力科技有限公司、广东中鹏电气有限公司、浙江江山变压器股份有限公司。

本部分主要起草人：张显忠、张德明、刘杰、李献伟、吴选霞、张翊堂、韩克俊、章宏仁、严兆楠、丁本平、庄杰、史伟峰、吴卫华、姜振军。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 10230.1—1988、GB/T 10230.1—2007。

分接开关

第1部分：性能要求和试验方法

1 范围

GB/T 10230 的本部分规定了分接开关的术语和定义、使用条件、有载分接开关的技术要求、有载分接开关的电动机构技术要求、无励磁分接开关的技术要求、无励磁分接开关的电动机构技术要求、铭牌、无励磁分接开关警告标示和制造方使用说明书。

本部分适用于电阻式和电抗式有载分接开关、无励磁分接开关及它们的电动机构。

本部分适用于浸在符合 GB 2536 的矿物绝缘油中的分接开关。若条件合适，则也可以适用于气体绝缘或浸在其他绝缘液体中的分接开关。

本部分主要适用于带电弧触头的有载分接开关，若条件适用，则也可以适用于无弧的有载分接开关（例如：电子式转换）。

本部分适用于所有类型的电力变压器和配电变压器及电抗器用的分接开关。

本部分不适用于牵引变压器和牵引电抗器用分接开关、调容变压器用调容分接开关。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1094.7 电力变压器 第7部分：油浸式电力变压器负载导则（GB/T 1094.7—2008，IEC 60076-7:2005，MOD）

GB 2536 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油（GB 2536—2011，IEC 60296:2003，MOD）

GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器（GB/T 2900.95—2015，IEC 60050-421:1990，NEQ）

GB/T 4109 交流电压高于1 000 V的绝缘套管（GB/T 4109—2008，IEC 60137 Ed. 6.0，MOD）

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）（GB/T 4208—2017，IEC 60529:2013，IDT）

GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量（GB/T 7354—2018，IEC 60270:2000，MOD）

GB/T 10230.2 分接开关 第2部分：应用导则（GB/T 10230.2—2007，IEC 60214-2:2004，MOD）

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求（GB/T 16927.1—2011，IEC 60060-1:2010，MOD）

3 术语和定义

GB/T 2900.95 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

有载分接开关 on-load tap-changer; OLTC

适合在变压器励磁或负载下进行操作的用来改变绕组分接位置的一种装置。

注：有载分接开关有时也称作 LTC。

3.2

非真空型有载分接开关 non-vacuum type on-load tap-changer

触头通断负载与环流的电弧发生在液体或气体中的有载分接开关,且自身放置在液体或气体里。

注:本定义并不适用于无弧有载分接开关。

3.3

真空型有载分接开关 vacuum type on-load tap-changer

触头通断负载与环流的电弧发生在真空断流器(真空管)中的有载分接开关,且自身放置在如液体或气体的不同介质中。

3.4

无弧有载分接开关 no arcing on-load tap-changer

触头通断负载和环流时不产生燃弧的有载分接开关(例如电子式或晶闸管机械混合式),且自身放置在如液体或气体的不同介质中。

3.5

分接选择器 tap selector

能承载电流但不能接通或开断电流的一种装置,它与切换开关配合使用,以选择分接连接位置。

3.6

切换开关 diverter switch

与分接选择器配合使用,在已选电路中承载、接通和开断电路中电流的一种装置。

注:切换开关和分接选择器组成的分接开关也称为组合式有载分接开关。

3.7

选择开关 selector switch

把分接选择器和切换开关的功能结合在一起,能承载、接通和开断电流的一种开关装置。

注1:在非真空型选择开关中分接连接位置的选择(分接选择器任务)和通过电流的转换(切换开关任务)都是由相同的触头进行。

注2:在真空型选择开关中分接连接位置的选择(分接选择器任务)和通过电流的转换(切换开关任务)是由不同的触头进行。

注3:选择开关也称为复合式有载分接开关。

3.8

无励磁分接开关 de-energized tap-changer; DETC

只能在变压器无励磁下改变绕组分接位置的一种装置。

注1:DETC有时也称为OCTC。

注2:DETC有时缩写为DTC。

3.9

转换选择器 change-over selector

与分接选择器或选择开关配合使用,能承载电流但不能接通和开断电流的一种装置。当从一个终端位置转移到另一终端位置时,能使分接选择器或选择开关的触头和接于其上的分接头不止一次地被使用着。

3.10

粗调选择器 coarse change-over selector

把分接绕组接到粗调绕组或接到主绕组或其所属部分绕组上的一种转换选择器。

3.11

极性选择器 reversing change-over selector

把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。

3.12

过渡阻抗 transition impedance

由一个或几个元件组成的电阻器或电抗器,用以把使用中的分接头和与其相邻的将要使用的分接头桥接起来,使负载从一个分接转移到另一个分接而不切断负载电流或不使负载电流有明显的变化。同时,也在两个分接头均被使用的期间内限制其上的循环电流。

注:对于电抗式分接开关,过渡阻抗(电抗器)通称为限流自耦变压器。电抗式分接开关通常将桥接位置作为工作位置(中点或中心抽头的电抗式分接开关)用。因此,电抗器设计为连续工作。

3.13

限流自耦变压器 preventive auto transformer

一种自耦变压器(或中心抽头电抗器),用于有载分接变换和调压变压器或分级电压调节器。当其工作在两相邻分接被桥接的位置时或相邻位置分接变换期间时,用来限制循环电流。

3.14

平衡绕组 equalizer winding

与电抗式调压变压器的励磁绕组和分接绕组处在同一磁路上的绕组,其匝数约为每一分接段匝数的一半。

3.15

驱动机构 drive mechanism

用于驱动分接开关的一种装置。

注:机构可包括一个独立的能控制操作的储能机构。

3.16

触头组 set of contacts

单个定触头和动触头组成的触头对或几对实际上是同时动作的触头对的组合体。

3.17

切换开关和选择开关主触头(电阻式分接开关) diverter switch and selector switch main contacts (resistor type tap-changer)

承载通过电流,并通常与主通断触头并联仅起转换电流作用的触头组(断口间通常有火花发生)。

3.18

切换开关和选择开关主通断触头(电阻式分接开关) diverter switch and selector switch main switching contacts (resistor type tap-changer)

接通和开断电流的触头组,它与变压器绕组之间不接入过渡电阻(断口间将有电弧发生)。

注:在真空型分接开关中,主通断触头将被真空断流器(真空管)所替代。

3.19

切换开关和选择开关过渡触头(电阻式分接开关) diverter switch and selector switch transition contacts (resistor type tap-changer)

与过渡电阻串联的、能接通和开断电流的触头组(断口间将有电弧发生)。

注:在真空型分接开关中,过渡触头将被真空断流器(真空管)所替代。

3.20

转换触头(电抗式分接开关) transfer contacts (reactor type tap-changer)

能接通和开断电流的触头组。

注:在无旁路触头时,转换触头是连续载流的触头。

3.21

旁路触头(电抗式分接开关) by-pass contacts (reactor type tap-changer)

将电流转移到转换触头而不产生电弧(可能发生火花)的载流触头组。

3.22

桥接位置 bridging position

电抗式分接开关选择器与转换触头是位于两个相邻分接上的位置,且输出端子是电气连接在两个相邻的分接间的中间位置上。

3.23

非桥接位置 non-bridging position

电抗式分接开关选择器与转换触头是位于同一分接上的位置。

3.24

循环电流 circulating current

电阻式分接开关在分接变换中,当相邻两个分接头被暂时桥接时,或当电抗式分接开关在桥接的工作位置时,由分接头之间的电压降产生的,并流过过渡阻抗的电流。

注:这个循环电流是由分接间电压差所引起的。

3.25

开断电流 switched current

分接变换时,在切换开关或选择开关每个主通断触头组或过渡触头组(电阻式分接开关)或转换触头(电抗式分接开关)上所预计开断的电流。

3.26

恢复电压 recovery voltage

切换开关或选择开关的每个主通断触头组或过渡触头组(电阻式分接开关)或转换触头(电抗式分接开关),在开断电流被切断之后出现在断口的工频电压。

3.27

分接变换操作 tap-change operation

分接变换从一个工作分接位置转换到相邻一个分接位置的由开始到完成的全部过程。

3.28

操作循环 cycle of operation

分接开关从一个终端位置变换到另一个终端位置,再回到原始位置的動作。

3.29

额定绝缘水平 rated insulation level

对地、相间(如果适用)以及要求绝缘的那些零部件之间的冲击和工频耐受电压值。

3.30

额定通过电流 rated through-current

I_r

经分接开关流到外部电路的电流,此电流在相关的级电压下,能被分接开关从一个分接转移到另一个分接去。在满足本部分要求的情况下,分接开关能连续地承载此电流。

3.31

最大额定通过电流 maximum rated through-current

I_{rm}

分接开关设计的最大额定通过电流,它是作为有关试验的基准电流。

3.32

额定级电压 rated step voltage

U_{ir}

对于每个额定通过电流,接到变压器相邻两个分接头上的分接开关两个端子间的最大允许电压。

3.33

相关额定级电压 relevant rated step voltage

与给定的额定通过电流相关的允许最大级电压。

3.34

最大额定级电压 maximum rated step voltage

U_{irm}

分接开关设计的额定级电压的最大值。

3.35

额定频率 rated frequency

分接开关设计的交流频率。

3.36

固有分接位置数 number of inherent tap positions

按照设计,一台分接开关在半个操作循环内所能用上的分接位置数的最大值。

注:“分接位置”术语一般以相关数的“±”值表示,例如±11位置,它们原则上也适用于电动机构。当使用术语“分接位置数”是与变压器有关时,总是指变压器的工作分接位置数。

3.37

工作分接位置数 number of service tap positions

装在变压器里的一台分接开关在半个操作循环内所使用的分接位置数。

注:“分接位置”术语一般以相关数的“±”值表示,例如±11位置,它们原则上也适用于电动机构。当使用术语“分接位置数”是与变压器有关时,总是指变压器的工作分接位置数。

3.38

型式试验 type test

在能代表某一系列分接开关的一台分接开关上所进行的试验,以验证例行试验中未验证的规定要求。如果这些分接开关是基于采用相同技术或相同材料的相同图纸制造的,则该台分接开关可被认为具有代表性。

注1:分接开关型式试验通常可以在一台分接开关或一台分接开关组部件,或同一系列分接开关的组部件上进行。

注2:分接开关系列是指基于同一设计的,并且在特性方面除对地及相间(如果有)绝缘水平、分接位置数及过渡阻抗值外都相同的一些分接开关。

注3:与一个特定型式试验无关的设计派生,不需要重复那种型式试验。

注4:一个导致数值与强度降低的设计派生,如果购买方与制造方均接受,则不需要一个特定的型式试验。

3.39

例行试验 routine test

在其每台分接开关上所进行的试验。

注:例行试验可在分接开关或分接开关的组件上进行。

3.40

电动机构 motor drive mechanism

装有电动机及控制线路的驱动机构。

3.41

电动机构逐级控制 step-by-step control of a motor-drive mechanism

不管控制开关的操作顺序如何,在一个分接变换完成后,能使电动机构停止的装置。

3.42

分接位置指示器 tap position indicator

用以指示分接开关分接位置的装置。

3.43

分接变换指示器 **tap-change in progress indicator**

用以指示电动机构正在运行的装置。

3.44

极限开关 **limit switches**

能防止分接开关发生超越任一端位的操作,但允许向相反方向操作的装置。

3.45

机械端位止动装置 **mechanical end stop**

能防止分接开关超越任一端位的操作,但允许向相反方向操作的机械装置。

3.46

并联控制装置 **parallel control devices**

一种电气控制装置。在几台带分接的变压器并联运行情况下,用它使所有的分接开关同时调到需要的分接位置上,以避免各个电动机构操作不一致。

注:对于组成三相组的单相变压器,当每台单相分接开关均有自己的电动机构时,也需采用这样的控制装置。

3.47

紧急脱扣装置 **emergency tripping device**

一种能使电动机构在任何时候停止的装置,且当分接开关要开始下一个分接变换操作时,该装置需先完成一个特定的动作。

3.48

过电流闭锁装置 **overcurrent blocking device**

当通过变压器绕组中的过电流超过整定值时,能防止或中断电动机构操作的一种装置。

注:用弹簧储能系统带动的切换开关或选择开关,如果弹簧机构已释放动作,即使电动机构操作中断,则也不能阻止切换开关或选择开关操作。

3.49

重启动装置 **restarting device**

能在电源电压中断后,使电动机构再次启动,从而使原来已经开始了的一个分接变换操作得以完成的一种装置。

3.50

操作计数器 **operation counter**

一种用来指示分接变换完成次数的装置。

3.51

电动机构的手动操作 **manual operation of a motor-drive mechanism**

使用一种机械工具,以手动方式进行分接开关的操作,同时,电动机的操作被闭锁。

3.52

电动机构箱 **motor-drive cubicle**

装有电动机构的箱子。

3.53

防止越级的保护装置 **protective device against running-through**

当逐级控制线路发生故障时,能使电动机构停止的一种装置,以免出现电动机构跨越若干分接位置的情况。

3.54

I类分接开关 **class I tap-changer**

仅适用于绕组中性点处的分接开关。

3.55

Ⅱ类分接开关 class Ⅱ tap-changer

适用于绕组中性点以外的其他位置处的分接开关。

3.56

埋入式分接开关 in-tank tap-changer

分接开关安装在变压器主油箱内,且浸在其变压器绝缘液体内。

注: 进一步信息见 GB/T 10230.2。

3.57

外置式分接开关 compartment type tap-changer

分接开关安装在变压器主油箱外边,且浸在它自身的绝缘液体内。

注: 进一步信息见 GB/T 10230.2。

3.58

充气式分接开关 gas immersed tap-changer

分接开关安装在充气式变压器主气箱内或变压器主气箱外部的一容器内,且浸在它自身的绝缘气体里。

注: 绝缘气体通常是 SF₆。

3.59

空气绝缘分接开关 air insulated tap-changer

在大气压力下绝缘介质为空气的分接开关。

注: 这种型式分接开关通常安装在干式变压器上,不需要自身的容器,简称为干式分接开关。

3.60

设备最高电压 highest voltage for equipment

U_m

三相系统最高的相间电压方均根值,分接开关的绝缘是按此设计的。

4 使用条件

4.1 分接开关的环境温度

除用户规定更严酷的条件外,液浸式分接开关应适于在表 1 所规定的温度范围内工作。

表 1 分接开关的环境温度

分接开关	温 度	
	最 低	最 高
外置式分接开关	−25 ℃	与变压器环境温度相同
埋入式分接开关	−25 ℃	105 ℃
注 1: 对分接开关的定义,见 3.56 和 3.57。 注 2: 表中所列的 105 ℃值,是基于 GB/T 1094.7 规定的正常循环负载下最高顶层油温。		

4.2 电动机构的环境温度

除用户规定更严酷的条件外,电动机构应适于在 −25 ℃~40 ℃的环境温度下运行。

分接开关和电动机构更严酷的环境条件见 GB/T 10230.2。

4.3 过载条件

符合本部分并按 GB/T 10230.2 选用和安装好的分接开关,不应限制 GB/T 1094.7 中规定的变压器的急救负载能力,变压器的急救负载有可能导致其顶层油温达到 115 °C。

5 有载分接开关的技术要求

5.1 一般技术要求

5.1.1 额定值

5.1.1.1 额定特性

有载分接开关的额定特性为:

- 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。

5.1.1.2 额定通过电流与额定级电压间的相互关系

在不超过分接开关的最大额定通过电流下,可以有各种不同的额定通过电流值与相应的额定级电压值的组合。与额定通过电流某一个规定值相对应的某个额定级电压称为“相关额定级电压”。

5.1.2 切换开关和选择开关的油(气)室

注入液体的切换开关或选择开关油室应是密封的。注入气体的切换开关或选择开关的气室也应是气密的。如有需要,则压力和真空耐受值应由制造方给出。

如果采用油中溶解气体分析法(DGA)对变压器油进行监视,则切换开关或选择开关的油室应装设一个储油柜,此储油柜应有液体密封和气密的隔膜。对真空型有载分接开关则需要变压器制造方与用户就此问题进行协商。

5.1.3 油位计与气体监视装置

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(如果有),应装有油位计。

充气式分接开关的切换开关或选择开关的气室应装有气体监视装置。

注:气体监视装置可以是突发压力继电器或密度继电器。

5.1.4 防止内部故障的安全要求

5.1.4.1 概述

为了尽量减少切换开关或选择开关的油(气)室内部故障引起的后果,应装备一个保护装置。此保护装置应具有检测电弧故障或最终导致电弧故障的故障模式的功能。

所选的用于有载分接开关的一个保护装置应由制造方推荐。至少应安装一个保护装置。

用于液浸式有载分接开关最常见类型的保护装置如下所述。

外置式有载分接开关的分接选择器油室通常是与主变压器气体继电器相连通,也应考虑在分接选

择器油室与储油柜之间提供一个单独合适的气体继电器。

注：真空型、无弧型且安装在密封油室里的有载分接开关可以采用其他型式的保护装置。

5.1.4.2 油流控制继电器

安装在切换开关或选择开关顶部和储油柜之间连管上的油流控制继电器，当液体流动速度达到某一整定值时，它应动作并使变压器被切除。

5.1.4.3 过压力继电器

当切换开关或选择开关油室中的压力一旦超过某一整定值时，过压力继电器动作并使变压器被切除。

5.1.4.4 压力释放装置

当油室压力超过整定值时，压力释放装置将打开，从而使切换开关或选择开关的油室得到保护。

当压力释放装置是单一保护时，它也应装触点以使变压器被切除。

如果装有压力释放装置，则可以采用自密封隔膜式结构。此时应考虑装有压力释放装置的排出口，例如导管或管路，以保护人员免受液流的伤害。采用此装置应符合制造方与用户之间的协议。

5.1.5 防护瞬时过电压的限制装置

对于装有限制瞬时过电压保护装置的分接开关，分接开关制造方应对此过电压保护装置的保护特性以及在变压器试验时可能受到的任何限制均给出详细说明。

当采用火花间隙时，应注意在此间隙闪络后，保证放电能自动熄灭。

5.1.6 转换选择器恢复电压

当粗调选择器或极性选择器操作时，分接绕组将瞬间悬浮。在触头分离期间，由于分接绕组与邻近绕组间的耦合电容，可能使转换选择器触头间产生较高的恢复电压。分接开关制造方应阐明有载分接开关转换选择器的任何极限转换参数。

注：关于选择、控制线路和装置以及变压器试验的进一步说明见 GB/T 10230.2。

5.1.7 粗细调转换泄漏电感

对于电阻式分接开关，当从细调绕组的一端变换到粗调绕组一端时，在两个绕组反向串接下，能产生一个高的泄漏电感，从而使切换开关或选择开关的开断电流与恢复电压之间有一个相位移，这可能导致开关电弧的延长。

有载分接开关制造方应对转换选择器的各种转换限制予以阐明。

注：关于选择和有关漏电感的绕组布置图的进一步说明见 GB/T 10230.2。

5.2 型式试验

5.2.1 概述

下列型式试验是在相应的有载分接开关最终研制的样品上或等效的组成部件上进行的。所谓等效的组成部件是指制造方已证明只用这些组成部件替代完整的有载分接开关后，其试验条件及试验结果不受影响。

——触头温升试验(见 5.2.2)；

——切换试验(见 5.2.3)；

——短路电流试验(见 5.2.4)；

- 过渡阻抗试验(见 5.2.5);
- 机械试验(见 5.2.6);
- 密封试验(见 5.2.7);
- 绝缘试验(见 5.2.8)。

注 1: 如果在电源频率是 50 Hz 或 60 Hz 情况下进行试验是无差异的,则试验可在任一频率下进行。

注 2: 没有独立油室或气室的分接开关不必进行 5.2.7 的密封试验。

5.2.2 触头温升试验

对于在运行中承载连续电流的各种类型触头,应在 1.2 倍最大额定通过电流下进行温升试验,以验证当触头温度达到稳定时,对周围环境介质的温升不超过表 2 所列的规定值。被试触头在运行中是连续载流的,并在使用寿命期间或维修时可被开断和闭合,或在某瞬间可被移动(除螺栓连接外)。

注 1: 如果载流触头承载不低于 90% 的通过电流,则不需测量被旁路触头的温升。

注 2: 真空型工作触头及无弧型电子元件回路不作为长期载流时是不需要测量的。

对于不带平衡绕组的电抗式分接开关,当最高分接电压施加在桥接位置时,承受其最高温升。

对于带有平衡绕组的电抗式分接开关,在桥接和非桥接两者位置将承受其最高温升。此时限流自耦变压器(电抗器)在所有桥接或非桥接位置被接通。当全部分接最高电压施加在电抗器上时,在桥接或非桥接所有位置上将承受最高的温升。

这些位置的电流是由通过电流和循环电流以及所通过电流的功率因数所确定,型式试验应在最大总电流流经过分接开关的位置下进行,并基于下述基础来计算电流:

- 通过电流等于 1.2 倍最大额定通过电流;
- 循环电流等于 50% 的最大额定通过电流(或另由制造方规定,并在型式试验报告中说明);
- 功率因数等于 80% 。

对于电阻式和电抗式分接开关大多数触头布置相对应的最繁重条件见附录 B 和附录 C。

如果符合这些条件,则证明它们具有 4.3 所述的过载能力。

表 2 有载分接开关触头温升限值

触头材料	空气中 K	SF ₆ 气体中 K	液体中 K
裸铜	35	40	20
表面镀银的铜/合金	65	40	20
其他材料	协商	协商	20
在过载条件下 SF ₆ 的最大允许触头温度是 150 °C。当 SF ₆ 温度由一个特定方法控制时,制造方应规定一个容许触头温升,适当考虑降低分接开关周围的 SF ₆ 温度。当由制造方使用这种方法时,随后的试验应当验证最大允许触头温度不超过 150 °C。			

当周围介质为液体时,试验应在起始液体温度不超过 40 °C 和不低于 10 °C 下进行。

周围介质温度应在触头下方距离不小于 25 mm 处进行测量。

用热电偶或其他合适的测量方法测量触头温度时,应在触头表面上尽量靠近实际接触点处进行测量。这些测量装置应埋嵌在触头上或焊接在触头上,以便测量触头的本体温度,而不是触头与冷却介质间交界处温度。

当触头与周围介质的温差变化不大于 1 K/h 时,则认为触头温度已达到稳定。

试验期间,当电流通过有载分接开关或组件时,应规定载流导体截面和绝缘状况。

注 3: 试验导线选取可参照 GB/T 14048.1 及 GB/T 7251.1。

5.2.3 切换试验

5.2.3.1 概述

包括工作负载试验和开断容量试验在内的切换试验,应模拟分接开关在额定参数下所依据的最严酷的工作条件。对于电阻式与电抗式分接开关或非真空型与真空型及无弧型分接开关,附录 B 和附录 C 中列出大多数触头布置排列的最严酷条件。

对于真空型及无弧型有载分接开关的开断容量试验,应采用相同样品并在工作负载试验完成之后进行。

切换试验可只限于切换开关或选择开关,但应预先证明这样做对触头的操作条件无影响。

如果切换开关或选择开关具有按确定的程序动作的几个触头组,一般不准许每个触头组与其余触头组分开来单独试验。除非能够证明任一触头组的操作条件不受其他触头组的操作的影响。

在采用电阻器作为过渡阻抗的场合下,如果由于分接开关结构或试验线路的需要,则电阻器可以放在开关的外边,并且还可以使用比运行中所用的电阻器有较大的热容量,但另有规定除外。

应规定过渡阻抗的值及其型式。

在试验期间,不能更换液浸式分接开关中的触头和液体(带有滤油装置时,允许设置正常过滤)。

对于三相分接开关,通常只试验一相的触头。

如果某个分接开关有几种额定通过电流和额定级电压的组合,则至少应进行两种开断容量试验:一种是在最大额定通过电流 I_{rm} 和它的相关级电压 U_{ir} 下;另一种是在最大额定级电压 U_{irm} 和它的相关额定通过电流 I_r 下。

由上述两个试验结果可绘出切换曲线,用内插法可以按下式简便求得曲线两端点之间的平均电流曲线点 X 的电压值(U_x):

$$\frac{I_{rm} + I_r}{2}(U_x) = \sqrt{U_{ir} I_{rm} \times U_{irm} I_r}$$

除另有规定外,试验布置应使开断电流值、恢复电压值以及它们的乘积与计算值相比(在任何情况下)不少于 95%。这些计算值是根据实际的切换循环(见表 B.1、表 B.3、表 C.1、表 C.2、表 C.3 及表 C.4)在适合的通过电流和相关级电压下计算出来的。

5.2.3.2 工作负载试验

5.2.3.2.1 概述

本试验应根据 5.2.3.2.2~5.2.3.2.6 之一,由制造方选择适当的方法进行。试验完毕,应检查触头烧损情况,其结果应能证明分接开关是适于运行的。进行 N 次分接变换操作取决于分接开关型式,对于非真空型分接开关, N 为 50 000 次分接变换操作。对于真空型及无燃弧型分接开关, N 等于按分接开关制造方使用说明书中规定的在维修间隔内 1.2 倍的分接变换操作次数,但 N 的操作次数不少于 50 000 次。此操作次数由分接开关制造方规定。

注:制造方可用本试验结果来证明进行接通和开断电流的触头,在额定通过电流和相关级电压下,能达到制造方所规定的分接变换操作次数而无需中途更换该触头。

对于非真空型分接开关,本试验可与密封试验结合进行,见 5.2.7.2。

5.2.3.2.2 在额定级电压下的工作负载试验(非真空型、真空型、无弧型)

切换开关和选择开关的触头,在承载电流至少相当于在最大额定通过电流和相关额定级电压下承受相当于正常运行 N 次分接变换操作。

应对试验中定期摄取的示波图进行比较,表明分接开关特性应不出现危及操作的重大变化。在试验开始时,应摄取 20 张示波图,以后每完成 $N(N/4)$ 次时各摄取 20 张示波图,总计得到 100 张示波图。

注:通常对试验开始和试验结束时各摄取的一组示波图进行比较是足够的。

5.2.3.2.3 在降低级电压下的工作负载试验(非真空型有载分接开关)

降低级电压下的工作负载试验,可在下列条件下进行:

- 浸在干净的变压器绝缘液体中的新触头,应在最大额定通过电流和相关级电压下进行 100 次的操作试验,每次操作应做示波记录。
- 若在 a) 项摄取的所有示波图中,所示的燃弧时间均没有超过 $\frac{1.2}{2f}$ s (f 为额定频率,以 Hz 表示),则进行工作负载试验的操作次数为 d) 项所述的 N 次。
- 若在 a) 项摄取的所有示波图中,出现的燃弧时间超过 $\frac{1.2}{2f}$ s,则按下述 d) 项进行工作负载试验,但其操作次数应增加的数量为: $2S \times N/100$ 。其中 S 为在上述 a) 项的 100 次操作中,出现燃弧时间超过 $\frac{1.2}{2f}$ s 的电弧电流半波的总数。
- N 次加上根据 c) 项所得到的应增加的操作次数(如果适合)的工作负载试验,应在电流不小于最大额定通过电流和降低级电压下进行。此降低级电压应使切换的电流不小于在相关额定级电压下操作时所出现的电流值,且电流的截流应不明显地影响触头烧损。为了得到所规定的试验条件,过渡阻抗应进行适当修正。
- 在不更换触头和液体的情况下,应在最大额定通过电流和相关级电压下进行 100 次操作,每次操作都要示波记录。将这些示波图与在 a) 项试验中所摄取的一系列示波图进行比较,分接开关特性应不出现危及其操作的变化。

规定上述的试验顺序,目的是使发生的触头烧损与在最大额定通过电流和相关额定级电压下进行 N 次操作所出现的触头烧损是一样的。

5.2.3.2.4 在降低级电压下的工作负载试验(真空型有载分接开关)

降低级电压下的工作负载试验,可在下列条件下进行:

- 浸在干净的变压器绝缘液体中的新触头,应在最大额定通过电流和相关级电压下进行 1 000 次的操作试验,每次操作应做示波记录。燃弧时间不应超过 $\frac{1.2}{2f}$ s。
- 应在电流不少于最大额定通过电流和降低级电压下进行 N 次分接变换操作,此降低级电压应使切换电流和电弧时间不低于在操作期间所发生的数值。为了得到所规定的试验条件,过渡阻抗应进行适当修正。
- 在不更换触头或液体下,应在最大通过电流和相关额定级电压下进行 1 000 次操作,每次操作均需进行示波记录。燃弧时间不应超过 $\frac{1.2}{2f}$ s。将这些示波图与在 a) 项试验中所摄取的一系列示波图进行比较,分接开关特性应不出现危及其操作的变化。

规定上述的试验顺序,目的是使其发生的触头烧损与在最大额定通过电流和相关额定级电压下进行 N 次操作所出现的触头烧损是一样的。

5.2.3.2.5 在合成试验线路下的工作负载试验(真空型有载分接开关)

5.2.3.2.5.1 概述

如果满足下列要求,则工作负载试验允许在合成试验线路中进行:

- 在电弧中电荷的消失与在交流试验中获得的状况至少是相同的;
- 开断电弧通过电流应调整至大体上是正弦波,其负荷至少应是正弦半波的,且峰值应至少为相

- 应正弦半波的 95%；
- 在电弧中开断电流的极性应定期变换,且在每个极性下的操作次数几乎相同,直至结束；
- 开断电弧时间如同交流试验线路,大体上以相同方式变化；
- 统计确切的操作数应从电流范围等于相应的交流方均根值的 $\sqrt{2}$ 倍开始；
- 最终的报告中应提供电荷消失、显示电流波形和燃弧时间分布的示波图；
- 试验在有恢复电压或无恢复电压的情况下进行,见下述段落；
- 对于闭合前接有电压的闭合触头,在触头闭合之前适当施加接通电压于触头之间,以获得正确的闭合状况；
- 当预击穿电弧开始时,获得的电流(其值或衍生值)应与实际运行相似；
- 接通电压的极性应定期变换,且在每个极性下的操作次数几乎相同,直至结束；
- 接通电压如同交流试验线路,大体上以相同方式变化；
- 在最终的报告中应提供接通状态的示波图和显示的数据；
- 如果在一个序列里不止有一组触头操作,则这些触头可以在这个电路彼此分开之后进行试验。然而,所有的触头组均应通过操作来实现正确的机械性能(如速度、弹跳等)。

5.2.3.2.5.2 在无恢复电压下合成试验线路

在进行 $1.2 \times N$ 次操作后和开断容量试验之前,在一个交流试验线路上和在一个完全的级电压下按 5.2.3.2.4 完成 1 000 次操作,且允许燃弧时间不超过 $\frac{1.2}{2f}$ s。

5.2.3.2.5.3 在恢复电压下合成试验线路

电弧熄灭后的恢复电压允许施加一个直流电压或一个交流电压。

如果是一个交流恢复电压,则电压大体上应是正弦波,在电压上升阶段应具有至少是同样衍生出的相应正弦半波,且峰值应达到至少为相应正弦半波的 95%。

如果是一个直流恢复电压,则在电弧熄灭后,电压应施加时间不迟于 0.1 ms。施加直流电压水平与交流恢复电压真实的峰值应是相同的。

恢复电压的极性与前述电弧极性是相反的。

如果电弧重燃超过 $\frac{1.2}{2f}$ s,则下述内容是适用的:

- 在随后电弧重燃的电荷消失,至少应为交流试验线路的量,或
- 记录电弧重燃出现次数,并进行燃弧时间超过 $\frac{1.2}{2f}$ s 两倍次数的额外操作。

试验示例参见附录 D。

5.2.3.2.6 选择开关的工作负载试验

本试验可按 5.2.3.2.2~5.2.3.2.5 适用的规定进行。

为了与运行条件相接近,非真空型选择开关应在不多于 8 个分接变换位置上(中间位置加/减 4 位置,没有死点位置)进行试验。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来布置。

如果是真空型或无弧型选择开关,则开断功能将发生在真空断流器(真空管)或电子元件内,并不取决于分接开关位置。因此,上面所提及的与运行条件相似是不必要的。

当非真空型选择开关按操作循环 # 2 切换设计,且关于操作程序或负载方向不作出限制时,应按附录 B 采用最繁重的切换程序。

当非真空型选择开关按操作循环 # 2 切换设计,且关于操作程序或负载方向作出限制时,将会导致按附录 B 仅在最不繁重的方向操作,试验应在满载和空载参数下各进行 $N/2$ 次操作。

5.2.3.3 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最繁重条件(见附录 B 和附录 C)下进行 40 次操作试验。

为了与运行条件相接近,非真空型选择开关应在不多于 8 个分接变换位置上(中间位置加/减 4 位置,没有死点位置)进行试验。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来布置。

如果是真空型或无弧型选择开关,则开断功能将发生在真空断流器(真空管)或电子元件内,并不取决于分接开关位置。因此,上面所提及的与运行条件相似是不必要的。

在每次所摄取的示波图中,所显示的燃弧时间应不会危及设备操作。

如有可能,则电阻式分接开关的开断容量试验应在带有与运行中使用的热容量和欧姆值相同的过渡电阻器情况下进行。如不可能,则应按 5.2.5.1 单独进行试验,只用两倍最大额定通过电流进行一次分接变换操作。

对于真空型或无弧型有载分接开关,开断容量试验是在工作负载完成后的同一样品上进行。

5.2.3.4 特殊型式真空有载分接开关技术要求

对涉及减少电气强度[如真空断流器(真空管)是在已选与预选分接间仅有的绝缘距离时],试验应按下述顺序进行:

- a) 工作负载试验;
- b) 开断容量试验;
- c) 切换开关在最终打开位置触头之间的绝缘试验仅在 80% 额定全波冲击电压(LI)下进行[见 5.2.8.2e)]。

5.2.3.5 模拟试验电路

5.2.3.2.2、5.2.3.2.3、5.2.3.2.4 和 5.2.3.3 的试验可以用模拟试验线路来进行,但要证明试验条件实质上是等效的。

在附录 E 中,叙述了电阻式分接开关四种可以采用的模拟线路。

5.2.4 短路电流试验

所有承载连续电流的各种结构触头,均应承受每次持续时间为 2 s($\pm 10\%$)的短路电流试验。对于液浸式有载分接开关,本试验应在变压器绝缘液体中进行。

对于三相有载分接开关,如无其他规定,则只需对其一相的触头进行本试验。

本试验应进行三次,每次的起始峰值电流应为额定短路电流方均根值的 $2.5(\pm 5\%)$ 倍。在各次试验之间,不应将触头移动。

当无波形定点合闸装置,以致三次施加短路电流的起始峰值达不到额定短路电流方均根值的 2.5 倍时,可改用下述试验方法。

可以将短路试验电流的方均根值增大,以使三次试验均能得到规定的峰值电流,并使试验的持续时间相应地减少。当采用此方法时,应使此增大的电流方均根值的平方与缩短的试验持续时间的乘积不小于额定短路电流方均根值的平方与持续时间 2 s 的乘积。

施加的短路试验电流值应符合图 1 的规定。

注: 配电变压器用有载分接开关的短路电流倍数为配电变压器短路阻抗的倒数。

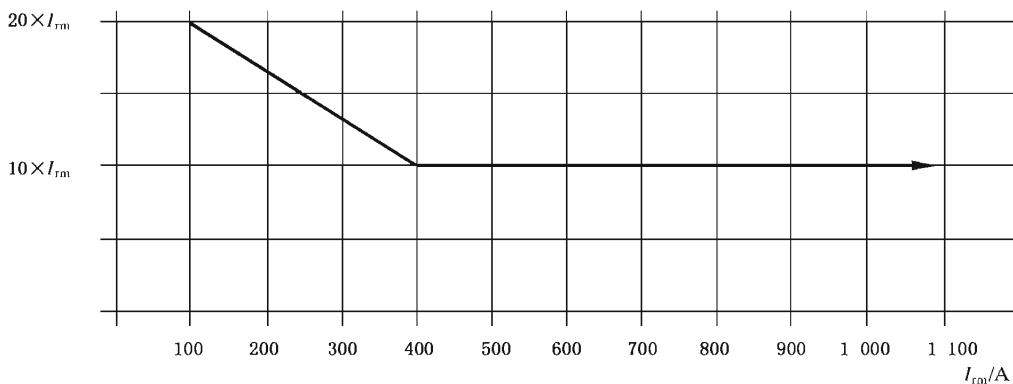


图 1 用最大额定通过电流倍数表示的短路试验电流(有载分接开关)

供试验用的开路电压至少应为 50 V。

试验后,触头不应有妨碍其在最大额定通过电流下连续正确操作的损坏。对于切换开关或选择开关,这个结果可由无载操作、示波记录、断开任何熔焊痕迹点来验证。这些示波图与试验前所摄的示波图相比较应是适于运行的。对于电动机传动的滑动式触头,例如分接选择器触头或转换选择器触头,试验前后所测量的初始转矩应是适于运行的。

其他承载电流的零部件不应出现有影响有载分接开关正常操作的永久机械变形痕迹。

对于电抗式分接开关,在分接选择器或选择开关触头和转换或分流触头上,短路电流被分为两个相同的部分。因此,每一个触头承载电流仅是全部试验电流的 50%。

5.2.5 过渡阻抗试验

5.2.5.1 过渡电阻器

为满足 4.3 规定的过载要求,应在 1.5 倍最大额定通过电流和相关额定级电压下进行试验。

电阻器应按使用情况装入有载分接开关内。

通过有载分接开关的操作使电阻器带负载,操作的次数应等于半个操作循环,用电动机构在正常速度下进行不间断的操作。

电阻器在操作终了时的温度应予记录并测定。

在 1.5 倍最大额定通过电流下电阻器对周围介质的温升,对于外部安装的有载分接开关(外置式有载分接开关),不应超过 400 K;对于在内部安装的有载分接开关(埋入式有载分接开关),不应超过 350 K。

如果是气体绝缘的有载分接开关,则其允许温升值取决于所使用气体绝缘的种类和触头所用的材质或过渡电阻器周围的材质。对于装在不密封的气体盒内的有载分接开关应不适用于危险环境中。

对于电阻器及其相邻的一些零部件的温度应被限制到某一个值,以便不影响整个组装件的特性。

如果实际上不可能按上述方法测定电阻器温度时,则可使用附录 F 中所规定的方法。

过渡电阻器也可以用至少等于在开断容量试验(即以两倍最大额定通过电流和相关额定级电压进行试验)时流过该电阻器的最大电流值进行试验。本试验可包括在开断容量试验(见 5.2.3.3)内进行或单独进行。如果电阻器在试验前后测量阻值是介于±10%内以及在所有状况下是允许连续运行,则认为此试验是合格的。

如果额定通过电流和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,则允许用型式试验结果来计算电阻器热额定参数值。

5.2.5.2 过渡电抗器

过渡电抗器的试验通常是按拟用该分接开关的变压器的规范进行。

在过渡电抗的设计中,应注意避免切换时的浪涌电流过大。

5.2.6 机械试验

5.2.6.1 模拟变压器干燥程序

为了模拟变压器干燥过程,在 5.2.6.2~5.2.6.5 机械试验之前,有载分接开关应经历一个干燥过程。干燥过程和干燥型式应由有载分接开关制造方声明。

例如最高温度、最大温度上升率、时间顺序和真空度取决于所考虑常规的干燥方法,为了避免超过有载分接开关设计特性的应力和引起异常的损坏,任何变化量限制应由有载分接开关制造方声明。

5.2.6.2 机械寿命试验

如果有载分接开关是作成液浸式,则应将其装配好并注以清洁的变压器绝缘液体或浸在充有清洁变压器绝缘液体的试验箱内,并按正常使用条件进行操作。在触头不带电且全部分接范围都用上的情况下进行 50 万次分接变换操作。转换选择器至少应进行 5 万次操作。

如果在工作负载试验期间的操作次数高于或等于在机械寿命试验时所要求的 50 万次操作,如果试验条件符合,则允许使用 50 万次的操作次数。

对于外置式的有载分接开关,本试验可在室温环境下进行。对于埋入式的有载分接开关,其中半数操作应在不低于 75 °C 的温度下进行,而另一半则在较低的温度下进行。例如,在加热和冷却期间内,每日温度循环变化是允许的。

在机械寿命试验开始和结束时,对切换开关和分接选择器或选择开关以及转换选择器(如果装有),均应分别摄取 10 张定时示波图。对这些示波图进行比较,应无明显的差异。

对于油浸埋入式有载分接开关,切换开关和选择开关在 115 °C 和分接选择器至少在 105 °C 操作 100 次,以验证在 4.3 所述紧急过载期间耐受矿物绝缘油温的能力。选择开关设计有转换选择器,且安装在选择开关油室下部,在这种情况下转换选择器允许在 105 °C 下试验。切换开关或选择开关的操作用示波记录,比较机械寿命试验前后所摄取的示波图应是适于运行的。

对于外置式和埋入式的两种有载分接开关,仅其切换开关或选择开关应在 -25 °C 下进行 100 次操作,并摄取它们的操作示波图。将这些示波图与按前段所得到的那些示波图进行比较,应表明它们是适宜于低温运行的。在这个试验中所用的 -25 °C 下液体的黏度应有阐明。

由于目前可替代的液体(例如天然酯、合成酯或硅油)的黏度较高,在 -25 °C 下试验是不适于这些液体的,所以分接开关制造方应咨询这些液体的最低允许温度。

在试验期间,触头和机械部件应无故障或无过分的磨损,以免连续操作时引起机械故障。

在试验过程中允许按制造方手册进行正常的维修。

允许对切换开关、选择开关、分接选择器或分接开关的其他部件分别进行机械寿命试验,只要每一种情况下的操作与其正常的运行操作完全相同。

注:声明适于操作的有代表性周围介质环境可以是矿物绝缘油、可替代的液体(例如天然酯、合成酯或硅油)、空气或其他气体。

5.2.6.3 顺序试验

将有载分接开关按实际使用情况装配好,如果是液浸式的结构,则还应将其置于清洁的变压器绝缘液体中,对它进行一个循环的操作。在对触头施加记录设备规定的记录电压值下,记录分接选择器、转换选择器、切换开关或选择开关动作的准确时间顺序。

5.2.6.4 在最大允许静态压力下操作

5.2.6.4.1 概述

对于外置式和埋入式真空型有载分接开关,应在按制造方声明的最高和最低的允许压力和周围环境温度下进行 100 次操作,这些试验仅在切换开关或选择开关上完成,且切换开关或选择开关的操作用示波图记录。将这些示波图与在周围环境温度和大气压力下所摄取的示波图进行比较,应显示是适于运行的。

5.2.6.4.2 液浸式分接开关

本试验应在周围液体温度不大于 40 °C 下完成,如果在无附加静态压力和最大静态压力下所得到的切换时间没有显著变化,则本试验对整个温度范围是有效的。

制造方应声明此耐受值。

5.2.6.4.3 充气式分接开关

本试验应在周围气体温度为 80 °C 下完成。如果在无附加静态压力和最大静态压力下所得到的切换时间没有显著变化,则本试验对整个温度范围是有效的。

制造单位应声明这个耐受值。

5.2.6.5 压力和真空试验

应对有载分接开关的油(气)室和套管进行适当的试验,以确认其承受压力和真空的耐受值并维持正确的操作。制造方应声明此耐受值。

在充气式分接开关上应进行内部压力试验和外部压力试验。外部压力应比在最大温度下变压器主箱或容器里的预计压力至少高出 125 kPa。

5.2.7 密封试验

5.2.7.1 概述

应在有载分接开关油(气)室和套管上进行适当的试验,以确认密封性。制造方应公布试验耐受值。

5.2.7.2 在工作负载试验期间的密封试验

切换开关或选择开关油(气)室的密封性能应由本试验来检验。本试验与工作负载试验同时进行或按 5.2.7.3 单独试验。

液浸式切换油室的密封性能采用油中溶解气体分析法(DGA)来检验。

切换开关或选择开关油室应如同装入变压器那样置入一个封闭的容器内,此容器的体积不超过开关油室容积的 10 倍。

切换开关或选择开关油室的矿物绝缘油压力至少比容器内压力大 20 kPa。

试验开始和结束时,从容器里提取矿物绝缘油样,油中气体分析结果应表明与有载分接开关操作期间产生的氢气(H_2)、甲烷(CH_4)、乙烯(C_2H_4)、乙炔(C_2H_2)、乙烷(C_2H_6)相比,其气体增量不大于 10×10^{-6} (按体积分数计)。

在试验开始之前,密闭在容器内的矿物绝缘油应是脱气的。

对于采用真空断流器(真空管)开断的切换开关和选择开关或采用在绝缘液体里不产生电弧的其他装置,如果制造方能声明切换开关或选择开关油室内无电弧产生,则不需要进行上述密封试验。

5.2.7.3 单独密封试验

可对切换开关或选择开关油室进行单独密封试验,以作为 5.2.7.2 所述试验的替代方案。

液浸式切换油室的密封性能采用油中溶解气体分析法(DGA)来进行检验。

切换开关或选择开关油室应如同装入变压器那样置入一个封闭的容器内,此容器的体积不超过开关油室容积的 10 倍。

切换开关或选择开关油室的矿物绝缘油应满足下列条件:

——油压至少比上述容器内压力大 20 kPa;

——乙炔渗入量不少于 1×10^{-1} (按体积分数计)。

完全装配好的切换开关或选择开关在触头不带电的情况下进行 5 万次操作,试验时间至少 2 周。

试验开始和结束时,从容器里提取矿物绝缘油样,油中溶解气体分析(DGA)结果不应出现大于 10×10^{-6} 的乙炔气体增量。

在试验开始之前,密闭在容器内的矿物绝缘油应是脱气的。

对于采用真空断流器(真空管)开断的切换开关和选择开关或采用在绝缘液体里不产生电弧的其他装置,如果制造方能声明切换开关或选择开关油室内无电弧产生,则不需要进行上述密封试验。

5.2.7.4 充气式有载分接开关密封试验

真空断流器(真空管)的切换操作受外部对真空断流器(真空管)压力增大的危害。因此,密封试验将表明不存在发生气体从变压器主气室渗透到切换开关气室的情况。采用在型式试验开始与结束的外部压力试验来进行验证。外部压力应比在 20 °C 下变压器主箱或容器里的预计压力至少高出 125 kPa。另外,它将验证渗透气体量对长期操作切换是没有影响的。

5.2.8 绝缘试验

5.2.8.1 概述

有载分接开关的绝缘要求与其所连接的变压器绕组有关。

变压器制造方不仅负责选择绝缘水平合适的有载分接开关,而且也应对有载分接开关与变压器绕组间的引线的绝缘水平负责。

液浸式有载分接开关在进行 5.2.8.2 中所述的各项试验前,应对有载分接开关注入清洁的变压器绝缘液体或将其浸在充有清洁变压器绝缘液体的试验箱内。

5.2.8.2 试验的性质

有载分接开关的绝缘水平应通过在下述绝缘距离上所进行的绝缘试验来验证:

- a) 对地;
- b) 相间(如果有);
- c) 分接选择器或选择开关以及转换选择器(如果装有)的首末触头之间;

注:在定触头布置为一直线的设计情况下,此试验是不必要的。

- d) 分接选择器或选择开关的相邻两个触头之间,或与有载分接开关触头布置有关的任何其他两个触头之间;
- e) 切换开关处于最终打开位置时触头间。

如果是真空型有载分接开关,一些真空断流器(真空管)在它们的最终打开位置时是断开的,并承担已选与预选分接之间的绝缘间距。上述 e) 项所列绝缘试验仅在工作负载试验后以 80% 全波冲击额定值进行复试(见 5.2.3.4)。

5.2.8.3 试验电压

试验电压如下：

——第Ⅰ类：

对于试验 5.2.8.2a)，试验电压应符合表 3 规定的相应值。对于试验 5.2.8.2b)、5.2.8.2c)、5.2.8.2d) 及 5.2.8.2e)，有载分接开关制造方应规定合适的全波和截波雷电冲击耐受电压值、外施耐受电压值和操作冲击耐受值(如果适用)。

——第Ⅱ类：

对于试验 5.2.8.2a)和 5.2.8.2b)，试验电压应符合表 3 规定的相应值。对于试验 5.2.8.2c)、5.2.8.2d)及 5.2.8.2e)，有载分接开关制造方应规定合适的全波和截波雷电冲击耐受电压值、外施耐受电压值和操作冲击耐受电压值(如果适用)。

表 3 用于 5.2.8.5～5.2.8.8 的试验电压选取。

表 3 有载分接开关试验电压水平

设备最高电压 U_m (方均根值) kV	额定雷电冲击耐受电压(峰值) kV		额定外施耐受电压 (方均根值) kV	额定操作冲击耐受电压 (峰值) kV
	全波(1.2/50 μ s)	截波(3 μ s~6 μ s)		
12	110/75	121/85	35	—
17.5	125/105	138/115	45	—
24	150/125	165/140	55	—
40.5	250/200	275/220	95	—
72.5	350	385	140	—
126	550	605	230	460
145	650	715	275	540
170	750	825	325	620
252	1 050	1 155	460	850
363	1 175	1 300	510	950
550	1 675	1 845	680	1 175
注 1：在设备最高电压 12 kV～40.5 kV 中，额定雷电冲击耐受电压斜线值的前、后分别为油浸式有载分接开关、干式有载分接开关的额定雷电冲击耐受电压值。				
注 2：如果用户另有要求，则试验电压也可参照附录 G 中表 G.1 的有关规定选取，但需要在订货合同中注明。				

5.2.8.4 试验电压的施加

为了进行绝缘试验，有载分接开关组装、布置和干燥处理应与运行时一样，但不必包括有载分接开关与变压器的连接引线。允许在单独的组件上分别进行试验，只要表明其绝缘条件不变。

对于适用于第Ⅰ类和第Ⅱ类有载分接开关的 5.2.8.2a)及第Ⅱ类有载分接开关的 5.2.8.2b)，每相带电部分应短接起来，并视情况，或接试验电源或接地。

对于含有对地的外部空气绝缘的有载分接开关，应按 GB/T 4109 中的有关试验项目与说明进行试验，以验证此外部绝缘是否符合要求。

试验顺序如下：

- a) 全波雷电冲击试验；
- b) 截波雷电冲击试验；
- c) 操作冲击试验(若要求时)；
- d) 外施耐压试验；
- e) 局部放电测量(若要求时)。

5.2.8.5 全波雷电冲击试验(LI)

试验冲击波形应采用一个完整的标准雷电冲击波形($1.2\ \mu\text{s} \pm 30\%$ / $50\ \mu\text{s} \pm 20\%$)，最大过冲为5%。试验电压值的允差为 $\pm 3\%$ 。试验应按规定的电压值，正负极性各冲击三次。

5.2.8.6 截波雷电冲击试验(LIC)

全波冲击波形在 5.2.8.5 中给出，截波雷电冲击有一个 $3\ \mu\text{s} \sim 6\ \mu\text{s}$ 截断时间，在瞬间截断后第一次电压过零点的时间应尽可能短些。试验应按规定的电压值，正负极性各冲击三次。

注：一个替代办法是用截波冲击电压试验值进行全波冲击电压试验来实现这一要求。

5.2.8.7 操作冲击试验(SI)

本试验适用于 U_m 为 100 kV 及以上的有载分接开关。试验应在有载分接开关带电部分与接地部分之间进行。有载分接开关制造方应规定其试验接线布置。操作冲击波形按 GB/T 16927.1 的规定，为 $250\ \mu\text{s}/2\ 500\ \mu\text{s}$ 。试验应按规定的电压值，正负极性各冲击三次。

5.2.8.8 外施耐压试验(AV)

应用符合 GB/T 16927.1 规定的单相交流电压，在规定的耐受电压值下进行试验，每次试验的持续时间为 60 s。

5.2.8.9 局部放电测量

对于 I 类有载分接开关，不需要进行本试验。

对于 II 类有载分接开关，应在分接开关的带电部分与接地部分之间进行本试验。

对于在一个装置里由多于一相(见 GB/T 10230.2 中的示例)构成的 II 类有载分接开关，本试验应在邻近的相间进行。相间局部放电测量的试验程序如下所述，但参考值 $U_m/\sqrt{3}$ 应用 U_m 来替换。

试验布置由有载分接开关制造方说明。分接引线连结的端子屏蔽是允许的。

试验应在符合 GB/T 16927.1 的单相交流电压下进行。

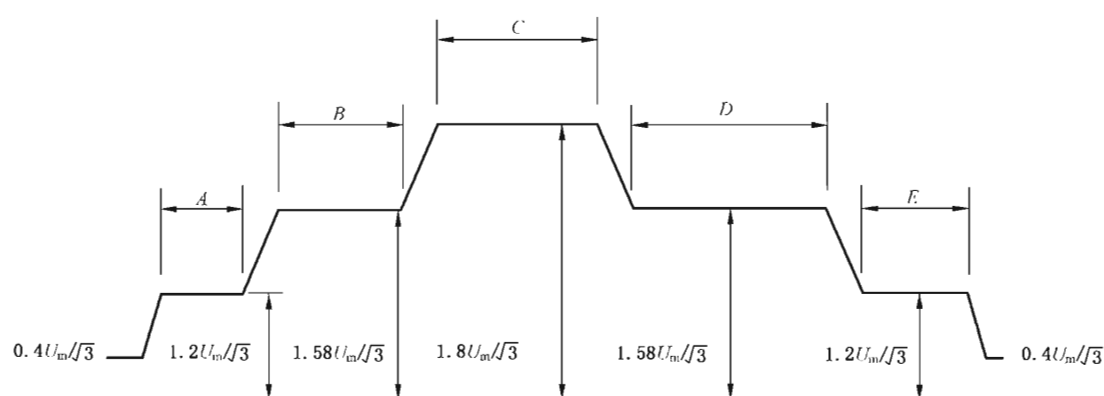
试验程序如下：

- 在不高于 $0.4U_m/\sqrt{3}$ 的电压下接通电源；
- 进行背景 PD 测量并记录；
- 试验电压升高至 $1.2U_m/\sqrt{3}$ ，保持至少 1 min；
- 测量和记录 PD 水平；
- 试验电压升高至 $1.58U_m/\sqrt{3}$ ，保持至少 5 min；
- 测量和记录 PD 水平；
- 试验电压升高至 $1.8U_m/\sqrt{3}$ 的增强电压，对于 $U_m \leq 800\ \text{kV}$ ，保持 60 s；对于 $U_m > 800\ \text{kV}$ ，保持 300 s；
- 之后，立刻不间断将电压降至 $1.58U_m/\sqrt{3}$ ；

- 测量和记录 PD 水平；
- 试验电压保持在 $1.58U_m/\sqrt{3}$ 下,保持至少 60 min；
- 在 60 min 期间内,每隔 5 min 测量和记录 PD 水平；
- 在 60 min 期间,最后一个 PD 测量完毕后,将电压降低至 $1.2U_m/\sqrt{3}$,保持至少 1 min；
- 测量和记录 PD 水平；
- 试验电压降低至 $0.4U_m/\sqrt{3}$ ；
- 进行背景 PD 测量并记录；
- 试验电压降低至 $0.4U_m/\sqrt{3}$ 以下；
- 切断电源电压。

在整个测量时间内至少应能在一个测量通道连续观测到局部放电水平。

试验的持续时间如图 2 所示。



说明：

A = 1 min；

B = 5 min；

C = 60 s ($U_m \leq 800$ kV) 或 C = 300 s ($U_m > 800$ kV)；

D = 60 min；

E = 5 min。

图 2 施加试验电压的时间顺序(有载分接开关)

局部放电测量方法按 GB/T 7354 的规定。

包含有关耦合电容的每个 PD 测量通道均按 GB/T 7354 所规定的视在负荷(pC)法来校准。

PD 测量以 pC 给出,应是仪器测定的最大可重复的稳态脉冲。

偶然出现的高 PD 可以不计入。

如果在试验开始与结束时测量的背景噪声 PD 水平不超过 10 pC,则试验被认为是有效的。

如果满足下列所有判据,则试验合格：

- a) 试验电压没有发生跌落；
- b) 在 D 段保持 60 min 期间,其局部放电的持续水平不超过 50 pC；
- c) 在 D 段保持 60 min 内的最后 20 min 期间,PD 状态显示没有连续上升的趋势和没有快速持续的增大；
- d) 在保持 60 min 期间后的 $1.2U_m/\sqrt{3}$ 电压下的 PD 不超过 30 pC。

如果判据 c) 不符合要求,则 60 min 保持时间可以延长,且此判据在所延长的 60 min 期间是满足的,可认为试验是符合要求的。

注：本试验程序是与 GB/T 1094.3—2017 中 11.3 局部放电试验的规定等同的。

5.2.9 型式试验证书

型式试验证书包括：

- 有关准备方面(如装配、布置及干燥)的充分详细说明,如有必要,则应附说明性的示意图;
- 按 5.2.2~5.2.8 的规定,所进行的全部试验的充分详细说明;
- 对瞬时过电压限制装置(如果有)所作的充分详细说明,见 5.1.5;
- 所有触头的开断和转换电流的照片。

应提供真空断路器(真空管)触头和任何电流转换触头的烧损量,且不超过制造方说明书规定的限值。设计时不应燃弧的触头上应无电弧痕迹。

无弧分接开关的触头虽允许有火花放电存在,但不能在触头上留有电弧痕迹。

注：无弧分接开关工作原理与特点参见附录 H。

5.3 例行试验

5.3.1 概述

应在每台装配完好的有载分接开关上进行下述例行试验：

- 机械试验(见 5.3.2);
- 顺序试验(见 5.3.3);
- 绝缘试验(见 5.3.4);
- 压力及真空试验(见 5.3.5)。

注：需注意 GB/T 1094.1—2013 中 11.7 中所列的有载分接开关在变压器上安装好后所需进行的试验项目。

5.3.2 机械试验

装配完好的有载分接开关,应在触头不带电的情况下,无故障地完成 10 个操作循环的试验。

5.3.3 顺序试验

在进行 5.3.2 的例行机械试验时,应记录有载分接开关的动作顺序,对切换开关或选择开关的动作进行示波记录。这些记录的结果与 5.2.6.3 的该项目型式试验所得到的示波图应基本一致。

5.3.4 绝缘试验

5.3.4.1 外施耐压试验

应用符合 GB/T 16927.1 规定的单相交流电压,在要求的耐受电压值下进行试验,每次试验的持续时间为 60 s。

根据用户要求,在分接开关的不同绝缘部位进行试验。

注 1：允许在分接开关的相应组件上进行试验。

注 2：如果制造方有严格的保证绝缘质量的措施,则可以不进行该试验。

5.3.4.2 辅助线路绝缘试验

有载分接开关辅助线路的所有带电端子与机座之间均应承受 2 kV 的外施耐受电压,持续 1 min,且无故障出现。

5.3.5 压力及真空试验

所有的充有液体或气体的油(气)室应按制造方规定的压力值进行压力及真空试验。

5.4 特殊试验

试验项目及要求参见附录 I。

6 有载分接开关的电动机构技术要求

6.1 一般技术要求

6.1.1 组件规范化

除另有规定外,电动机构的组件应符合有关的国家标准规定。

6.1.2 辅助电源电压的允许变化范围

电动机构中的驱动电动机和电气控制应设计为:能在 85%~110%的额定电压(交流或直流电压)和交流电压额定电源频率内正常操作。

6.1.3 逐级控制

逐级控制线路应作成有载分接开关在一个变换操作中,不论指令是连续发出,或是立即重复发出,或由另外指令同时发出,有载分接开关只完成一个级电压的变换。本要求也适用于当一条指令控制线出现接地故障或断开时的情况。

6.1.4 分接位置指示器

应提供清晰可靠地显示无励磁分接开关分接位置的指示器。当就地操作时,位置指示器的分接位置应尽可能便于检查。

如果需要,则可装设一个远程位置传送器,供在远程控制室指示分接位置用。

6.1.5 分接变换指示

如果需要,则可装设一台合适的装置,以远距离指示方式表示电动机构正在进行分接变换操作。

6.1.6 限位装置

限位装置用于防止有载分接开关超越允许的操作范围。

电动机构应装有限位装置,分别具有防止超出两终端位置的控制脉冲的功能及使电动机构在分接变换超越两终端位置时停止转动的功能。

另外,在有载分接开关或电动机构里应装有一个机械限位装置,当到达机械终端止动时,不引起任何部件的损害。

6.1.7 并联控制装置

应按协议供给必需的装置,用户应负责提出正确的技术条件。

6.1.8 旋转方向的保护

如果需要,则经制造方与用户协商,可以安装一种能防止三相电动机旋转方向错误的保护装置。

6.1.9 过电流闭锁装置

如果变压器运行条件有要求,则经制造方与用户协商,可以安装过电流闭锁装置。

6.1.10 重启动装置

如果需要,则可以装设重启动装置,以便在可能中断的电源电压恢复后将已经开始了的一个分接变换操作得以完成。

6.1.11 操作计数器

操作计数器应适于在环境条件下具有预期功能,且适于有载分接开关规定的操作次数,以一个电气信息(一个记忆存储)或六位及更多位但不可复零的计数器提供有载分接开关操作次数。

如果需要,则应提供一个显示操作次数的装置(如电气信息)。

6.1.12 电动机构的手动操作

应提供一个装置,在万一发生电动机构电源故障时,进行有载分接开关的一个分接变换操作。此装置应确保闭锁电动机构,以防止意外的操作(如远程控制、电压恢复等)。

在手动操作啮合处附近,应有旋转方向指示和进一步说明指示。

电动机构的设计可允许人工不需用过大的力就能操作。

6.1.13 电动机构箱

电动机构箱应符合 GB/T 4208 规定的 IP44 等级的防护要求,并应有合适的防冷凝措施。

如果需要,则经制造方与用户协商,也可以采用符合 GB/T 4208 规定的更高的防护等级。

6.1.14 防止越级的保护装置

电动机构应装有防止逐级控制线路发生故障时出现越级(跑挡)操作的装置。

6.1.15 防止接触危险部件的保护

装有门盖的电动机构箱,还应在该门盖打开时能提供至少为 IP1X 的防护等级(按 GB/T 4208)。

注:采取这种保护,宜使手背偶然触碰电动机构的可能性尽量减小。

外部传动轴也应提供防护装置。

6.2 型式试验

6.2.1 机械负载试验

电动机构的输出轴负载应是有载分接开关设计的最大转矩或是一个模拟运行条件的等值负载转矩。在此负载下,进行跨越整个分接范围的 50 万次操作试验。

注:在本试验中,允许对驱动电动机进行附加的冷却。

在本试验中,应在额定频率下进行如下试验项目:

——按 6.1.2 的规定,在最小电压下进行 10 000 次操作;

——按 6.1.2 的规定,在最大电压下进行 10 000 次操作;

——在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下进行 100 次操作。当开始试验时,电动机构箱体内部的温度应不高于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$,并在额定电压和额定频率下进行试验。在试验期间应测量箱体内部温度,并在报告中阐明。

试验过程中,对于 6.1.6、6.1.10、6.1.11、6.1.12 和 6.1.14 所包括的各种装置,应验证其功能正确性。试验期间,机械部件不应出现故障或过分的磨损。

在试验过程中,允许按制造方手册进行正常的维修。

试验时,电动机构的加热系统可允许被切除。

在电动机构机械负载试验中,控制器(或显示器)运行应正常,功能动作应正确,显示应清晰准确,不发生运行故障。

注:控制器(或显示器)技术要求参见附录J。

6.2.2 超越端位试验

本试验应证明:当电气限位开关一旦出故障时,有载分接开关和电动机构设置的机械端位止动装置应能阻止电动分接变换出现超越端位的操作,且电动机构不存在电气的或机械的损坏。

6.2.3 电动机构箱的防护等级

如果适用,则电动机构箱应按 GB/T 4208 的规定进行试验。

6.3 例行试验

6.3.1 机械试验

电动机构应在运行条件下或在带上等值模拟负载下,能无故障地进行 10 个操作循环的电动操作。试验时,应按 6.1.6、6.1.10、6.1.11、6.1.12 和 6.1.14 所规定的有关要求,对其功能正确性进行检查。

上述试验结束后,还应加试两个操作循环,即在辅助电源额定电压的最小值和最大值时各试一个操作循环,此时也不应出现故障。

注:机械试验可在电动机构上单独进行或按 5.3.2 进行。

6.3.2 辅助线路的绝缘试验

除了电动机和其他元件按有关的国家标准用较低的试验电压进行试验外,辅助线路的所有带电端子与机座之间均应承受外施耐受电压 2 kV(方均根值)、持续时间 1 min 的耐压试验。

7 无励磁分接开关的技术要求

7.1 一般技术要求

7.1.1 额定特性

无励磁分接开关的额定特性为:

- 额定通过电流;
- 额定级电压;
- 额定频率;
- 额定绝缘水平。

7.1.2 型式

无励磁分接开关包含手动或电动机驱动操作的机械转动式或直线移动式的装置。

7.1.3 摇柄和驱动

作驱动机构用的摇柄,通常是手轮形或曲柄形。对于装在变压器油箱上的无励磁分接开关,直接固定在无励磁分接开关头盖上,或固定安装在变压器油箱外边的密封箱体上。在后者情况下,是用驱动轴或软轴与无励磁分接开关连结。

对于手动操作的无励磁分接开关,摇柄是安装在外部的。

当无励磁分接开关完全到位时,能清晰显示出分接位置数。应能清晰显示出分接位置升降的旋转方向。此外,如需要,则还应给出一个分接变换操作的旋转圈数。

应提供一个无励磁分接开关操作到位后的闭锁装置,以承载额定电流。

7.1.4 密封

充满气体或液体的变压器或分接开关箱体与外界环境之间的所有无励磁分接开关密封件,应是密封不渗油或不透气的。

7.1.5 联锁

应提供一个安全装置,以防止无意动作或未授权人员的操作。此装置包括在手动机构处的闭锁装置上。这需要由操作者慎重动作,将此闭锁装置解除。

只有当无励磁分接开关处于解锁状态时,才能对开关进行再次操作与移动,也只有当无励磁分接开关处于正确位置时,才能重新锁定其定位装置。

如果用电动机来操作无励磁分接开关,则优先采用电气联锁电路给出自动闭锁。

7.1.6 机械终端止动装置

操作无励磁分接开关越过一个范围的终端到达一个未选定的位置是无法进行的。当选择位置可以变动时,应在选择器或手动机构中配置一个机械终端止动装置或其他合适的机械装置,以防止出现超越首末端位置的操作。

7.2 型式试验

7.2.1 概述

下述型式试验是在相应的无励磁分接开关最终研发的样品或等效的组件上进行的,如果制造方能证明不影响试验条件和试验结果,则可以用任一组件来替代一个完整无励磁分接开关的试验:

- 触头温升试验(见 7.2.2);
- 短路电流试验(见 7.2.3);
- 机械试验(见 7.2.4);
- 绝缘试验(见 7.2.5)。

注:如果在电源频率是 50 Hz 或 60 Hz 情况下进行试验是无差异的,则试验可在任一频率下进行。

7.2.2 触头温升试验

对于在运行中连续载流的各类触头,应通以 1.2 倍最大额定通过电流进行试验,以验证当触头温度达到稳定时,对周围环境介质的温升不超过表 4 中的规定值。

符合这些条件,就证明它们具有 4.3 所述的过载能力。

当周围介质为液体时,本试验应在起始温度不超过 40 °C 和不低于 10 °C 下进行。

周围介质温度应在触头下方距离不小于 25 mm 处进行测量。

用热电偶或其他合适的测量方法测量触头温度时,应在触头表面尽量靠近实际接触点处进行测量。这些测量装置应埋嵌在触头上或焊接在触头上,以便测量触头的本体温度,而不是触头与冷却介质间交界处温度。

当触头与周围介质的温差变化不大于 1 K/h 时,则认为触头温度已达到稳定。

当电流通过无励磁分接开关或组件时,应规定载流导体截面和绝缘状况。

表 4 无励磁分接开关触头温升限值 单位为开尔文

触头材料	空气中	SF ₆ 气体中	液体中
裸铜	25	35	15
表面镀银的铜/合金	40	35	15
其他材料	协商	协商	15

在过载条件下 SF₆ 的最大允许触头温度是 150 ℃。当 SF₆ 温度由一个特定方法控制时,制造方应规定一个容许触头温升,适当考虑降低分接开关周围的 SF₆ 温度。当制造方使用这种方法时,随后的试验应验证最大允许触头温度不超过 150 ℃。

7.2.3 短路电流试验

所有连续载流的各种结构触头,均应承受每次持续时间为 2 s (±10%)的短路电流试验。对于液浸式无励磁分接开关,应在变压器绝缘液体中进行试验。

对于三相无励磁分接开关,如无其他规定,则只需对其一相的触头进行本试验。

本试验应进行三次,每次初始峰值电流应为额定短路电流方均根值的 2.5(±5%)倍。在各次试验之间,不应将触头移动。

当无波形定点合闸装置,以致三次施加短路电流的起始峰值达不到额定短路电流方均根值的 2.5 倍时,可改用下述试验方法。

可以将短路试验电流方均根值增大,以使三次试验均能得到规定峰值电流,并使试验的持续时间相应地减少。当采用此方法时,应使此增大的电流方均根值的平方与缩短的试验持续时间的乘积不小于额定短路电流方均根值的平方与持续时间 2 s 的乘积。

施加的短路试验电流值应符合图 3 的规定。

注: 配电变压器用无励磁分接开关的短路电流倍数为配电变压器短路阻抗的倒数。

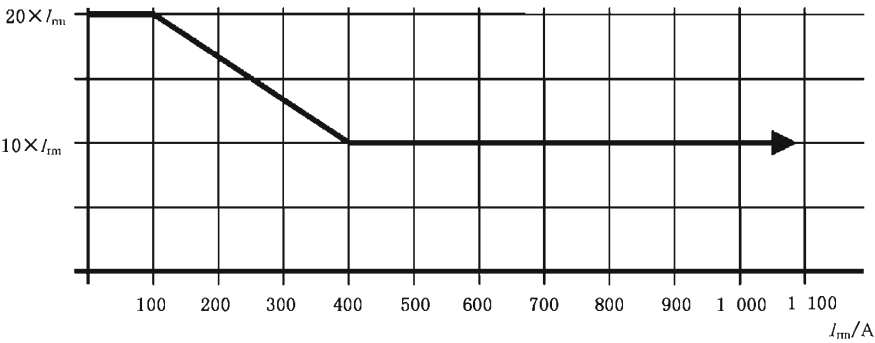


图 3 用最大额定通过电流倍数表示的短路试验电流(无励磁分接开关)

供试验用的开路电压至少应为 50 V。

试验后,触头不应有妨碍其在最大额定通过电流下连续正确操作的损坏,试验前后所测量的初始转矩应是适于运行的。

其他承载电流的零部件不应出现有影响无励磁分接开关正常操作的永久机械变形痕迹。

7.2.4 机械试验

7.2.4.1 机械寿命试验

如果无励磁分接开关是液浸式设计,则应将其装配好并注入清洁的变压器绝缘液体或浸在注有清洁变压器绝缘液体的试验箱内,并按正常使用条件进行操作。在触头不带电且分接全部范围都用上的情况下进行 2 000 次分接变换操作。

对于配置合适的电动机构的无励磁分接开关应进行 20 000 次操作。

对于外置式的无励磁分接开关,本试验可在环境温度下进行。对于埋入式的无励磁分接开关,操作的一半应在不低于 75 °C 的温度下进行;而另一半在较低的温度下进行。例如,在加热和冷却期间内,每日温度循环变化是允许的。

在试验期间,触头和机械部分应无故障或无过分磨损。以免连续操作时引起机械故障。

注:声明适于操作的有代表性周围介质环境可以是矿物绝缘油、可替代的液体(例如天然酯、合成酯或硅油)、空气或其他的气体。

7.2.4.2 压力和真空试验

应对所有密封部件和密封部位进行适当的试验,以确认其承受压力和真空的耐受值。制造方应声明此耐受值。

7.2.5 绝缘试验

7.2.5.1 概述

无励磁分接开关的绝缘要求与其所连接的变压器绕组有关。

变压器制造方不仅负责选择绝缘水平合适的无励磁分接开关,而且也应对无励磁分接开关与变压器绕组间的引线的绝缘水平负责。

液浸式无励磁分接开关在进行 7.2.5.2 中所述的各项试验前,应对无励磁分接开关注入清洁的变压器绝缘液体或将其浸在充有清洁变压器绝缘液体的试验箱内。

7.2.5.2 试验的性质

无励磁分接开关的绝缘水平应通过在下述绝缘距离上所进行的绝缘试验来验证:

- a) 对地;
- b) 相间(如果有);
- c) 无励磁分接开关的首末触头之间;

注:在定触头布置为一直线的设计情况下,此试验是不必要的。

- d) 无励磁分接开关的相邻两个触头之间;
- e) 其他绝缘距离(由于触头布置,在该距离上出现了比上述试验值更高的电压时)。

7.2.5.3 试验电压

试验电压如下:

——第 I 类:

对于试验 7.2.5.2a),试验电压应符合表 5 规定的相应值。对于试验 7.2.5.2b)、7.2.5.2c)、7.2.5.2d) 及 7.2.5.2e),无励磁分接开关制造方应规定合适的全波和截波雷电冲击耐受电压值、外施耐受电压值和操作冲击耐受电压值(如果适用)。

——第 II 类:

对于试验 7.2.5.2a)和 7.2.5.2b),试验电压应符合表 5 规定的相应值。对于试验 7.2.5.2c)、7.2.5.2d)及 7.2.5.2e),无励磁分接开关制造方应规定合适的全波和截波雷电冲击耐受电压值、外施耐受电压值和操作冲击耐受电压值(如果适用)。

表 5 用于 7.2.5.5~7.2.5.8 的试验电压选取。

表 5 无励磁分接开关试验电压水平

设备最高电压 U_m (方均根值) kV	额定雷电冲击耐受电压(峰值) kV		额定外施耐受电压 (方均根值) kV	额定操作冲击耐受电压 (峰值) kV
	全波(1.2/50 μ s)	截波(3 μ s~6 μ s)		
12	110/75	121/85	35	—
17.5	125/105	138/115	45	—
24	150/125	165/140	55	—
40.5	250/200	275/220	95	—
72.5	350	385	140	—
126	550	605	230	460
145	650	715	275	540
170	750	825	325	620
252	1 050	1 155	460	850
363	1 175	1 300	510	950
550	1 675	1 845	680	1 175
注 1: 在设备最高电压 12 kV~40.5 kV 中,额定雷电冲击耐受电压斜线值的前、后分别为油浸式有载分接开关、干式有载分接开关的额定雷电冲击耐受电压值。				
注 2: 如果用户另有要求,则试验电压也可参照附录 G 中表 G.1 的有关规定选取,但需要在订货合同中注明。				

7.2.5.4 试验电压的施加

为了进行绝缘试验,无励磁分接开关组装、布置和干燥处理应与运行时一样,但不必包括无励磁分接开关与变压器的连接引线。如果使用引线,宜为与运行时相接近。允许在单独的组件上分别进行试验,只要表明其绝缘条件不变。

对于适用于第Ⅰ类和第Ⅱ类无励磁分接开关的 7.2.5.2a)及第Ⅱ类无励磁分接开关的 7.2.5.2b),每相带电部分应短接起来,并视情况,或接试验电源或接地。

对于含有对地的外部空气绝缘的无励磁分接开关,应按 GB/T 4109 中的有关试验项目与说明进行试验,以验证此外部绝缘是否符合要求。

试验顺序如下:

- a) 全波雷电冲击试验;
- b) 截波雷电冲击试验;
- c) 操作冲击试验(若要求时);
- d) 外施耐压试验;
- e) 局部放电试验(若要求时)。

7.2.5.5 全波雷电冲击试验 (LI)

试验冲击波形应采用一个完整的标准雷电冲击波形 ($1.2\ \mu\text{s} \pm 30\% / 50\ \mu\text{s} \pm 20\%$), 最大过冲为 5%。试验电压值的允差为 $\pm 3\%$ 。试验应按规定的电压值, 正负极性各冲击三次。

7.2.5.6 截波雷电冲击试验 (LIC)

全波冲击波形在 7.2.5.5 中给出, 截波雷电冲击有一个 $3\ \mu\text{s} \sim 6\ \mu\text{s}$ 截断时间, 在瞬间截断后第一次电压过零点的时间应尽可能短些。试验应按规定的电压值, 正负极性各冲击三次。

注: 一个替代办法是用截波冲击电压试验值进行全波冲击电压试验来实现这一要求。

7.2.5.7 操作波冲击试验 (SI)

本试验适用于 U_m 为 100 kV 及以上的无励磁分接开关。试验应在无励磁分接开关带电部分与接地部分之间进行。无励磁分接开关制造方应规定其试验接线布置。操作冲击波形按 GB/T 16927.1 的规定, 为 $250/2\ 500\ \mu\text{s}$ 。试验应按规定的电压值, 正负极性各冲击三次。

7.2.5.8 外施耐压试验 (AV)

应用符合 GB/T 16927.1 规定的单相交流电压, 在规定的耐受电压值下进行试验, 每次试验的持续时间为 60 s。

7.2.5.9 局部放电测量

对于 I 类无励磁分接开关, 不需要进行本试验。

对于 II 类无励磁分接开关, 应在分接开关带电部分与接地部分之间进行本试验。

对于在一个装置里由多于一相 (见 GB/T 10230.2 中的示例) 构成的 II 类无励磁分接开关, 本试验应在邻近的相间进行。相间局部放电测量的试验程序如下所述, 但参考值 $U_m/\sqrt{3}$ 应用 U_m 来替换。

试验布置由无励磁分接开关制造方说明。分接引线连结的端子屏蔽是允许的。

试验应在符合 GB/T 16927.1 的单相交流电压下进行。

试验程序如下:

- 在不高于 $0.4U_m/\sqrt{3}$ 的电压下接通电源;
- 进行背景 PD 测量并记录;
- 试验电压升高至 $1.2U_m/\sqrt{3}$, 保持至少 1 min;
- 测量和记录 PD 水平;
- 试验电压升高至 $1.58U_m/\sqrt{3}$, 保持至少 5 min;
- 测量和记录 PD 水平;
- 试验电压升高至 $1.8U_m/\sqrt{3}$ 的增强电压, 对于 $U_m \leq 800\ \text{kV}$, 保持 60 s; 对于 $U_m > 800\ \text{kV}$, 保持 300 s;
- 之后, 立刻不间断将电压降至 $1.58U_m/\sqrt{3}$;
- 测量和记录 PD 水平;
- 试验电压保持在 $1.58U_m/\sqrt{3}$ 下, 保持至少 60 min;
- 在 60 min 期间内, 每隔 5 min 测量和记录 PD 水平;
- 在 60 min 期间, 最后一个 PD 测量完毕后, 将电压降低至 $1.2U_m/\sqrt{3}$, 保持至少 1 min;
- 测量和记录 PD 水平;

- 试验电压降低至 $0.4U_m/\sqrt{3}$ ；
- 进行背景 PD 测量并记录；
- 试验电压降低至 $0.4U_m/\sqrt{3}$ 以下；
- 切断电源电压。

在整个测量时间内至少应能在一个测量通道连续观测到局部放电水平。

试验的持续时间如图 4 所示。

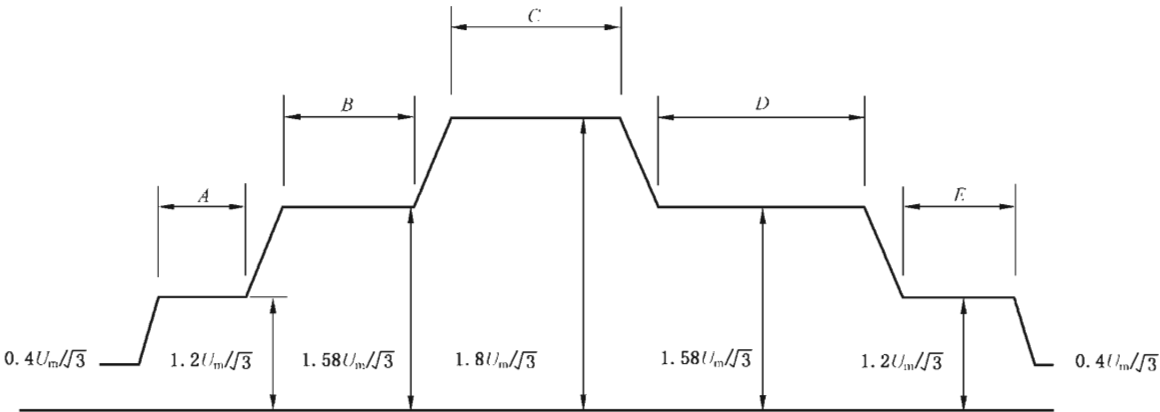
局部放电测量方法按 GB/T 7354 的规定。

包含有关耦合电容的每个 PD 测量通道均按 GB/T 7354 所规定的视在电荷(pC)法来校准。

PD 测量以 pC 给出,应是仪器测定的最大可重复的稳态脉冲。

偶尔出现高 PD 可以不计入。

如果在试验开始与结束时测量的背景噪声 PD 水平不超过 10 pC 时,则试验被认为是有效的。



说明:

A = 1 min;

B = 5 min;

C = 60 s ($U_m \leq 800$ kV) 或 C = 300 s ($U_m > 800$ kV);

D = 60 min;

E = 5 min。

图 4 施加试验电压的时间顺序(无励磁分接开关)

如果满足下列所有判据,则试验合格:

- a) 试验电压没有发生跌落;
- b) 在 D 段保持 60 min 期间,其局部放电的持续水平不超过 50 pC;
- c) 在 D 段保持 60 min 内的最后 20 min 期间,PD 状态显示没有连续上升的趋势和没有快速持续的增大;
- d) 在保持 60 min 期间后的 $1.2U_m/\sqrt{3}$ 电压下的 PD 不超过 30 pC。

如果判据 c) 不符合要求,则 60 min 保持时间可以延长,且此判据在所延长的 60 min 期间是满足的,可认为试验是符合要求的。

注:本试验程序是与 GB/T 1094.3—2017 中 11.3 局部放电试验的规定等同的。

7.2.6 型式试验证书

型式试验证书包括:

- 有关准备方面(如装配、布置及干燥)的充分详细说明,如有必要,则应附说明性的示意图;

——按 7.2.2~7.2.5 的规定,所进行的全部试验的充分详细说明。

7.3 例行试验

7.3.1 概述

应在每台装配完好的无励磁分接开关上进行下述例行试验:

- 机械试验(见 7.3.2);
- 压力及真空试验(见 7.3.3);
- 绝缘试验(见 7.3.4)。

7.3.2 机械试验

装配完好的无励磁分接开关,应在触头不带电的情况下,无故障地完成 2 个操作循环的试验。试验期间,为了正确操作和调整,应对 7.1.6 所述的任一终端止动装置进行检查。

7.3.3 压力及真空试验

试验应在所有密封部件和密封面上进行,且由制造方声明其试验值。如果声明值为零,则表示未进行本试验。

注:对于小型无励磁分接开关,通常不需要进行该试验。

7.3.4 绝缘试验

7.3.4.1 外施耐压试验

应用符合 GB/T 16927.1 规定的单相交流电压,在要求的耐受电压值下进行试验,每次试验的持续时间为 60 s。

根据用户要求,在分接开关的不同绝缘部位进行试验。

注 1:允许在分接开关的相应组件上进行试验。

注 2:如果制造方有严格的保证绝缘质量的措施,则可以不进行该试验。

7.3.4.2 辅助线路绝缘试验

无励磁分接开关辅助线路的所有带电端子与机座之间均应承受 2 kV 的外施耐受电压,持续 1 min,且无故障出现。

8 无励磁分接开关的电动机构技术要求

8.1 一般技术要求

8.1.1 概述

有载分接开关的电动机构也可以适用于无励磁分接开关。对于无励磁分接开关,8.1.2~8.1.9 的技术要求应尽量采用。

如果用电动机构操作无励磁分接开关,则应借助电气联锁电路优先给出自动闭锁的信号。

8.1.2 组件规范化

除另有规定外,电动机构的组件应符合有关的国家标准规定。

8.1.3 辅助电源的允许变化范围

电动机构中的驱动电动机和电气控制应设计为：在 85%~110% 的额定电压（交流或直流电压）和交流电压额定电源频率内正常操作。

额定交流电源频率的标准值为 50 Hz 或 60 Hz。

8.1.4 分接位置指示器

应提供清晰可靠地显示无励磁分接开关分接位置的指示器。当就地操作时，位置指示器的分接位置应尽可能便于检查。

如有需要，则可装设一个远程位置传送器，供在远程控制室指示分接位置用。

8.1.5 限位装置

应在无励磁分接开关或电动机构内装入一个机械限位装置。

8.1.6 操作计数器

操作计数器应适于在环境条件下具有预期功能，且适于无励磁分接开关规定的操作次数，以一个电气信息（一个记忆存储）或六位及更多位但不可复零的计数器提供无励磁分接开关操作次数。

如果需要，则应提供一个显示操作次数的装置（如电气信息）。

8.1.7 电动机构的手动操作

应提供一个装置，在万一发生电动机构电源故障时，进行无励磁分接开关的一个分接变换操作。此装置应确保闭锁电动机构，以防止意外的操作（如远程控制、电压恢复等）。

在手动操作啮合处附近，应有旋转方向指示和进一步说明指示。

电动机构的设计可允许人工不需用过大的力就能操作。

8.1.8 电动机构箱

电动机构箱应符合 GB/T 4208 规定的 IP44 等级的防护要求，并应有合适的防冷凝措施。

如果需要，则经制造方与用户协商，也可以采用符合 GB/T 4208 规定的更高的防护等级。

8.1.9 防止接触危险部件的保护

装有门盖的电动机构箱，还应在该门盖打开时能提供至少为 IP1X 的等级防护（按 GB/T 4208）。

注：采取这种保护，宜使手背偶然触碰电动机构的可能性尽量减小。

外部传动轴也应提供防护装置。

8.2 型式试验

8.2.1 机械负载试验

电动机构的输出轴负载应是无励磁分接开关设计的最大转矩或是一个模拟运行条件的等值负载转矩。在此负载下，进行跨越整个分接范围的 20 000 次操作试验。

注：在本试验中，允许对驱动电动机进行附加的冷却。

在本试验中，应在额定频率下进行如下试验项目：

——按 8.1.3 的规定，在最小电压下进行 1 000 次操作；

——按 8.1.3 的规定，在最大电压下进行 1 000 次操作；

——在 -25℃ 温度下进行 50 次操作。当开始试验时，电动机构箱体内部的温度应不高于 -25℃，

并在额定电压和额定频率下进行试验。在试验期间应测量箱体内部温度,并在报告中阐明。

试验过程中,对于 8.1.5、8.1.6 和 8.1.7 所包括的各种装置,应验证其功能正确性。试验期间,机械部位不应出现故障或过分的磨损。

在试验过程中,允许按制造方手册进行正常的维修。

在电动机构机械负载试验中,控制器(或显示器)运行应正常,功能动作应正确,显示应清晰准确,不发生运行故障。

注:控制器(或显示器)技术要求参见附录 J。

在本试验中,电动机构的加热系统应切除。

8.2.2 超越端位试验

本试验应证明:当电气限位开关一旦出了故障时,机械端位止动装置应能阻止电动分接变换出现超越端位的操作,且电动机构不存在电气或机械的损坏。

8.2.3 电动机构箱的防护等级

如果适用,则电动机构箱应按 GB/T 4208 的规定进行试验。

8.3 例行试验

8.3.1 机械试验

电动机构应在运行条件下或在带上等值模拟负载下,能无故障进行 2 个操作循环的电动操作。试验时,应按 8.1.5、8.1.6 和 8.1.7 所规定的有关要求,对其功能正确性进行检验。

上述试验结束后,还应加试两个操作循环,即在辅助电源额定电压的最小和最大值时各试一个操作循环,此时也应不出现故障。

注:机械试验可在电动机构上单独进行或按 7.3.2 进行。

8.3.2 辅助线路绝缘试验

除了电动机和其他元件按有关国家标准用较低的试验电压进行试验外,辅助线路的所有带电端子与机座之间均应承受外施耐受电压 2 kV(方均根值)、持续时间 1 min 的耐压试验。

9 铭牌

9.1 分接开关(有载和无励磁)

每台分接开关均应有一块由抗大气腐蚀的材料制成的铭牌,它应安装在容易看到的位置,并至少标志下述项目:

- 本部分的标准编号及年号;
- 制造方名称;
- 出厂序号;
- 产品型号;
- 制造年份(日期);
- 额定通过电流;
- 额定级电压(如适用);
- 过渡电阻值(如适用);
- 分接开关的静态真空和压力耐受能力。

所有项目均应牢固标志,如:用蚀刻、雕刻、打印或用光电化学加工方法等。

注:对于小型无励磁分接开关,如果因其尺寸太小,不能提供上述项目的铭牌时,则允许提供一个单独活动标牌或在制造方说明书上提供这些项目信息。

9.2 电动机构

每台电动机构均应提供一块由抗大气腐蚀的材料制成的铭牌,它应安装在容易看到的位置。铭牌标志按 9.1 列出的合适项目。如果合适,则铭牌还应标志下列数据:

- a) 电动机的额定电压和额定频率;
 - b) 控制设备的额定电压和额定频率;
- 注:如果为直流电源,则使用“—”替代额定频率的表示符号。
- c) 工作分接位置数。

所有项目均应牢固标志,如:用蚀刻、雕刻、打印或用光电化学加工方法等。

10 无励磁分接开关警告标示

对于无励磁分接开关,一个清晰可见的警告标示或说明应贴到分接开关上或提供一个单独警告标示放在操作摇柄处。图 5 是警告标示的示例。对操作无励磁分接开关的最低及最必需的警告是,只有在变压器无励磁时方可操作。

变压器制造方有责任提供一个警告标示,此标示应是清晰易见的,并粘贴在变压器无励磁分接开关的操作机构近处。

一个相似警告标示也应贴到电动机构处。

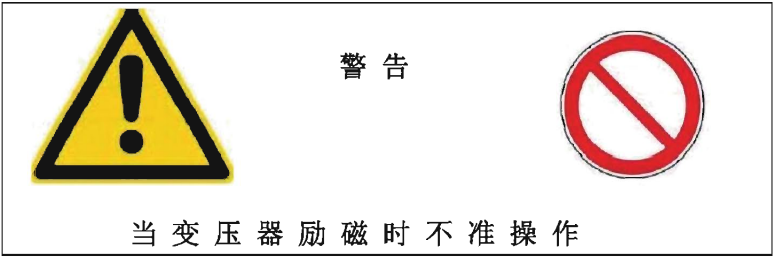


图 5 警告标示

11 制造方使用说明书

制造方应提供包括维修规范在内的手册,以确保分接开关的安全和正确操作。

本手册不仅包括安装、操作、维修规范,另外还要包括识别任何常见的危险或风险(如电冲击、储能装置、在电源中断之后机构意外起动等)。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 60214-1:2014 的技术性差异及其原因

表 A.1 给出了本部分与 IEC 60214-1:2014 的技术性差异及其原因。

表 A.1 本部分与 IEC 60214-1:2014 的技术性差异及其原因

本部分章条编号	技术性差异	原因
1	增加了本部分主要规定的技术性要素。 增加了本部分不适用于调容变压器用调容分接开关的说明	完善标准 适合我国国情
2	关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ——用修改采用国际标准的 GB/T 1094.7 代替 IEC 60076-7:2005; ——用修改采用国际标准的 GB 2536 代替 IEC 60296; ——用修改采用国际标准的 GB/T 4109 代替 IEC 60137:2008; ——用修改采用国际标准的 GB/T 7354 代替 IEC 60270; ——用修改采用国际标准的 GB/T 10230.2 代替 IEC 60214-2:2004; ——用修改采用国际标准的 GB/T 16927.1 代替 IEC 60060-1; ——用等同采用国际标准的 GB/T 4208 代替 IEC 60529; ——用与国际标准一致性程度为非等效的 GB/T 2900.95 代替 IEC 60050-421; ——删除了 IEC 60076-3:2013; ——删除了 IEC 60076-21:2011; ——删除了 IEC 60050(所有部分)	适合我国国情
3	增加了“3.4 无弧有载分接开关”的术语和定义; 删除了 IEC 原文中“3.59 维修”的术语和定义	适合我国国情
表 1	将外置式分接开关的最高温度由“40℃”改为“与变压器环境相同”	适合我国国情
5.1.3	增加了气体监视装置的附注内容	适合我国国情
5.2.3.1	增加了“无弧型”分接开关	适合我国国情
5.2.3.2.1	增加了“无燃弧型”分接开关	适合我国国情
5.2.3.2.6	增加了“无弧型”分接开关及“电子元件”	适合我国国情
5.2.3.3	增加了“电子元件”和“无弧型”分接开关	适合我国国情
5.2.8.3	删除了 IEC 原文最后一段内容中的第一句话	适合我国国情
表 3	用我国的试验电压水平代替 IEC 原文的试验电压水平	适合我国国情
5.2.9	增加了下列内容: 无弧分接开关的触头虽允许有火花放电存在,但不能在触头上留有电弧痕迹	适合我国国情
5.3.1	将“辅助线路绝缘试验”调整为“绝缘试验”	适合我国国情
5.3.4	增加了“5.3.4.1 外施耐压试验”,将 IEC 原文内容作为 5.3.4.2	适合我国国情

表 A.1 (续)

本部分章条编号	技术性差异	原因
5.4	增加了“5.4 特殊试验”的相关要求	适合我国国情
6.2.1 8.2.1	增加了下列内容： 在电动机构机械负载试验中，控制器(或显示器)运行应正常，功能动作应正确，显示应清晰准确，不发生运行故障	适合我国国情
表 5	用我国的试验电压水平代替 IEC 原文的试验电压水平	适合我国国情
7.2.5.3	删除了 IEC 原文最后一段内容中的第一句话	适合我国国情
7.3.1	增加了“7.3.1 概述”	完善标准
7.3.4	增加了“7.3.4 绝缘试验”	适合我国国情

附录 B
(规范性附录)

关于电阻式分接开关切换任务的补充资料

表 B.1 和表 B.3 表示切换开关和选择开关的典型触头电路布置。每一功能只用一对触头表示，尽管实际上这可能代表一组触头。

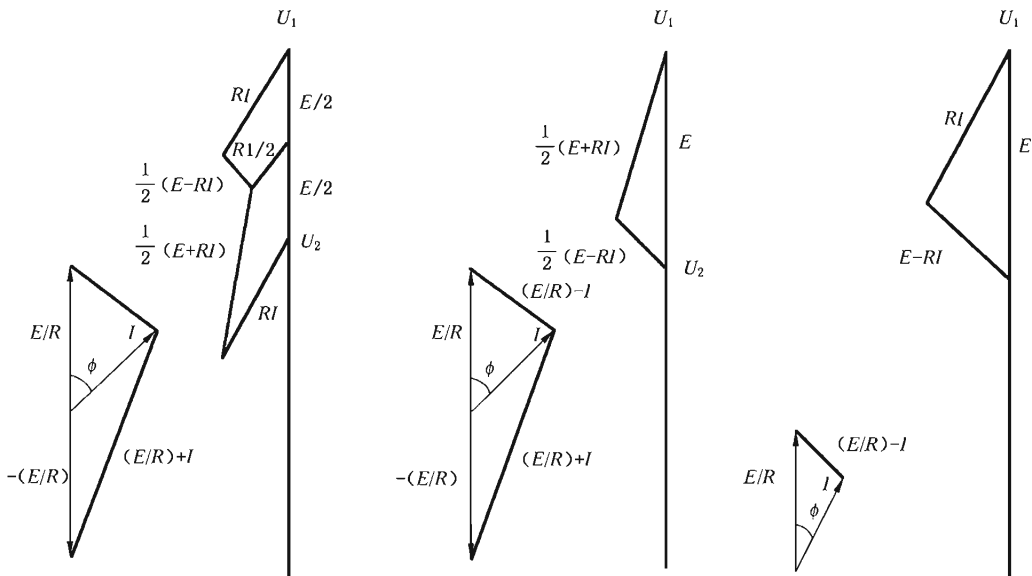
表 B.1 和表 B.3 也列出了在相当于 N 次分接变换操作的若干操作循环中，每对触头在每一组开断电流和恢复电压组合下所完成的线路转换操作次数。

在表 B.1 和表 B.3 的电流和电压表达式中，“+”和“-”符号是指矢量的加和减，而不是代数的加和减。变压器的负载功率因数影响着触头的任务，也决定了通过电流 I 与级电压 E 之间的相位角。负载功率因数对非真空型有载分接开关各式触头任务变化的影响见表 B.2 所示，而对真空型有载分接开关见表 B.3 中注 2 的说明。

此外，表 B.3 不仅表示真空型有载分接开关真空管(真空断路器)的开断强度，而且也表示对这种型式(真空)分接开关具有重要性的接通强度。负载功率因数对真空型有载分接开关各式触头任务变化的影响在表 B.3 的注 2 中叙述。

如果过渡阻抗分成两组单元，则设它们数值相等，且各等于 R 。

图 B.1 所示的布置是不详尽的，还可能有其他在使用的触头电路布置，例如多电阻循环，它可以是上面提及的基本原理的延伸。



a) 切换开关或选择开关的操作循环 1 b) 切换开关的操作循环 2 c) 选择开关的操作循环 2
注：操作循环编号仅参考表 B.1。

图 B.1 电阻式分接开关的电流和电压矢量图示例

表 B.1 电阻式分接开关(非真空型)主(通断)触头和过渡触头任务

开关型式	操作循环编号	电路图	触头变换顺序	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																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
非真空型切换开关	1		W 开断	W	I	RI	N/2	X	$(E/R+I)/2$	E+RI	N/4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			Y 接通						$(E/R-I)/2$	E-RI	N/4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			X 开断	Z	I	RI	N/2	Y	$(E/R+I)/2$	E+RI	N/4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			Z 接通						$(E/R-I)/2$	E-RI	N/4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	2		L 接通	J	E/R+I	$(E+RI)/2$	N/4	K	E/R	E	N/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			J 开断		E/R-I	$(E-RI)/2$	N/4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			M 接通	M	E/R+I	$(E+RI)/2$	N/4	L	E/R	E	N/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			K 开断		E/R-I	$(E-RI)/2$	N/4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
非真空型选择开关	1		C 开断	B				A	$(E/R+I)/2$	E+RI	N/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			B 开断																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			C 接通																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			A 开断																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	2		B 接通					C	$(E/R-I)/2$	E-RI	N/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			A 接通																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			T 开断	T	I	RI	N/2	S	E/R	E	N/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			T 接通																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

表 B.2 电阻式分接开关(非真空型)负载功率因数对开断任务的影响

开关型式	操作循环编号	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
非真空型切换开关	1	W 和 Z	无	X 和 Y	在功率因数等于 1.0 时,任务最重
	2	J 和 M	在功率因数等于 1.0 时,任务最重	K 和 L	无
非真空型选择开关	1	B	无	A 和 C	在功率因数为 1.0 时,任务最重
	2	T	有 N/2 次操作无影响 有 N/2 次操作,在功率因数等于 1.0 时,任务最重	S	无
注:采用操作循环编号 2 的非真空型选择开关通常只用于负载电流一个方向流动的情况。					

表 B.3 电阻式分接开关(真空型)主通断触头和过渡触头任务

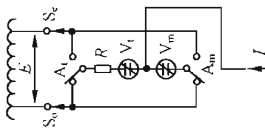
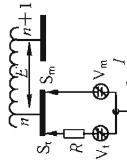
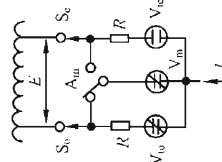
开关型式	操作循环	电路图	触头操作顺序		主通断触头 V_m 任务						过渡触头 V_t 、 V_{t0} 、 V_{te} 、 V_{t1} 、 V_{t2} 任务									
			$S_0 \rightarrow S_e$ 或 $n \rightarrow n+1$	$S_e \rightarrow S_0$ 或 $n+1 \rightarrow n$	开断 电流	恢复 电压	接通 电流	接通 电压	操作 次数	触头	开断 电流	恢复 电压	接通 电流	接通 电压	操作 次数					
切换开关 (一个过渡电阻)	# 1		V_m 断开	V_m 断开	I	RI	$E/R+I$	$E+RI$	$N/2$	V_t	E/R	E	0	N						
			A_m 转换	A_m 转换			$E/R-I$	$E-RI$	$N/2$											
			V_m 接通	V_m 接通																
			V_t 断开	V_t 断开																
			A_t 转换	A_t 转换																
	# 2		V_t 接通	V_t 接通	$E/R+I$	$E+RI$	I	RI	$N/2$	V_t	0	E/R	E	N						
			V_m 断开	V_m 断开																
			A_m 转换	A_m 转换																
			V_m 接通	V_m 接通																
			A_m 转换	A_m 转换																

表 B.3 (续)

开关型式	操作循环	电路图	主通断触头 V_m 任务						过渡触头 V_i 、 V_{i0} 、 V_{ie} 、 V_{i1} 、 V_{i2} 任务							
			触头操作顺序 $S_0 \rightarrow S_e$ 或 $n \rightarrow n+1$ 或 $n+1 \rightarrow n$		开断 电流	恢复 电压	接通 电流	接通 电压	操作 次数	触头	开断 电流	恢复 电压	接通 电流	接通 电压	操作 次数	
选择开关 (注 3)	# 1		V_m 断开	V_i 断开	I	RI	$E/R+I$ 或 $E/R-I$ (注 4)	$E+RI$ 或 $E-RI$ (注 4)	$N/2$ 或 $N/2$ (注 5)	V_i	E/R	E	0	0	$N/2$	
			S_m 转换	S_i 转换												
			V_m 接通	V_i 接通												
			V_i 断开	V_m 断开	$E/R+I$ 或 $E/R-I$ (注 4)	$E+RI$ 或 $E-RI$ (注 4)	I	RI	$N/2$ 或 $N/2$ (注 5)		0	0	E/R	E	$N/2$	
			S_i 转换	S_m 转换												
			V_i 接通	V_m 接通												
切换开关 (两个过渡电阻)	# 1		V_m 断开	V_m 断开	I	RI	I	RI	N	V_{i0}	$(E/R+I)/2$	$E+RI$	$(E/R+I)/2$	$E+RI$	$N/4$	
			V_{ie} 接通	V_{i0} 接通							$(E/R-I)/2$	$E-RI$	$(E/R-I)/2$	$E-RI$	$N/4$	
	# 2		A_m 转换	A_m 转换	$E/R+I$ 或 $E/R-I$ (注 4)	$E+RI$ 或 $E-RI$ (注 4)	I	RI	N	V_{ie}	$(E/R+I)/2$	$E+RI$	$(E/R+I)/2$	$E+RI$	$N/4$	
			V_{i0} 断开	V_{ie} 断开							$(E/R-I)/2$	$E-RI$	$(E/R-I)/2$	$E-RI$	$N/4$	
			V_m 接通	V_m 接通							$(E/R+I)/2$	$E+RI$	$(E/R+I)/2$	$E+RI$	$N/4$	
			V_{ie} 接通	V_{i0} 接通							$(E/R-I)/2$	$E-RI$	$(E/R-I)/2$	$E-RI$	$N/4$	
			V_m 断开	V_m 断开	$E/R+I$ 或 $E/R-I$ (注 4)	$E+RI$ 或 $E-RI$ (注 4)	I	RI	$N/2$	V_{i0}	$E/R+I$ 或 $E/R-I$ (注 4)	$E+RI$ 或 $E-RI$ (注 4)	E/R	E	$N/2$	
			A_m 转换	A_m 转换												
			V_m 接通	V_m 接通												
			V_{i0} 断开	V_{ie} 断开												
			V_{ie} 接通	V_{i0} 接通												

附录 C

(规范性附录)

关于电抗式分接开关切换任务的补充资料

C.1 补充的试验参数

C.1.1 工作负载试验

5.2.3.2 的技术要求适用于下述规定：

- a) 限流自耦变压器：在桥接位置的循环电流等于 50% 的额定通过电流或由制造方另外规定，且在试验报告中说明；
- b) 功率因数：80%。

C.1.2 开断容量试验

5.2.3.3 的技术要求适用于下述规定：

- a) 限流自耦变压器：在桥接位置的循环电流等于 50% 的额定通过电流或由制造方另外规定，且在试验报告中说明；
- b) 功率因数：0%；
- c) 操作次数：40。

C.2 转换触头任务

表 C.1～表 C.4 各自表示带有下列开断类型的电抗式分接开关的转换触头任务：

- 选择开关；
- 选择开关和平衡绕组；
- 切换开关和分接选择器；
- 真空断流器(真空管)和分接选择器。

同样，图 C.1～图 C.8 表示具有上述四种开断用器件类型的电抗式分接开关操作顺序和向量图。

表 C.1 带选择开关的电抗式分接开关转换触头任务——切换方向由 P1 到 P5

操作顺序(注 1)	触头操作	触头	开断电流	恢复电压
P1 在分接 1 上	N/A	G	—	—
		H	—	—
P2 转换到桥接(选择开关打开)	H 断开	G	—	—
		H	$(1/2)I$ (注 2)	$(1/2)IZ$
P3 分接 1 和分接 2 桥接	H 接通	G	—	—
		H	—	—
P4 转换到分接 2 上	G 断开	G	$(1/2)I + E_T/Z$ (注 3)	$E_T + (1/2)IZ$
		H	—	—

表 C.1 (续)

操作顺序(注 1)	触头操作	触头	开断电流	恢复电压
P5 在分接 2 上	G 接通	G	—	—
		H	—	—

注 1: P1、P3、P5 是工作分接位置。

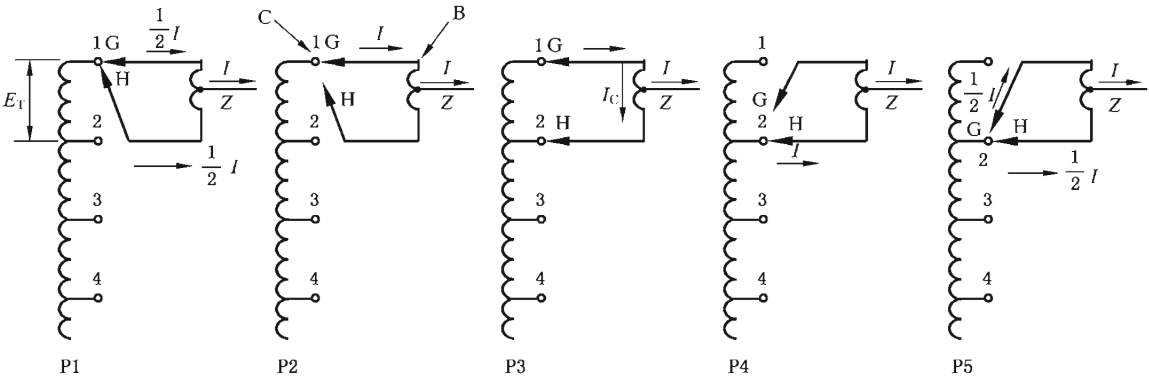
注 2: I 是负载电流。

注 3: E_T/Z 等于循环电流 I_C , Z 是限流自耦变压器阻抗, E_T 是分接间电压。

注 4: 当反向变换分接位置, 即由 P5 到 P1 时, 触头 G 的开断电流是 $(1/2)I$, 而相应的恢复电压是 $(1/2)IZ$ (P4)。在触头 H 上的开断电流是 $E_T/Z - (1/2)I$, 而相应的恢复电压是 $E_T - (1/2)IZ$ (P2)。

注 5: 操作程序见图 C.1, 向量图见图 C.2。

注 6: 表中所示的加法均为向量相加。

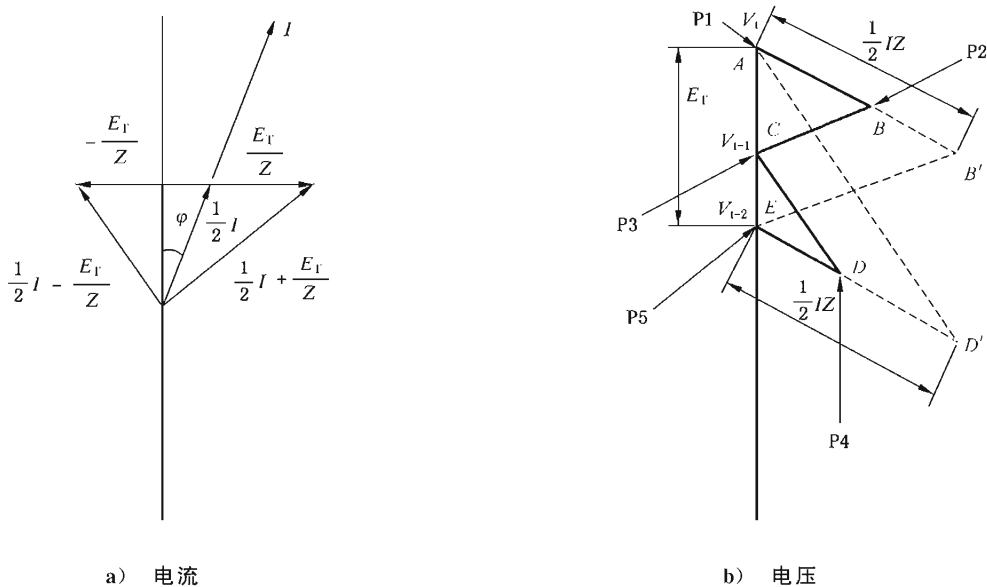


说明:

B——电抗器;

C——选择开关(总计 2 个)。

图 C.1 带选择开关的电抗式分接开关操作顺序



注 1：在两个分接位置的分接变换操作的级间切换期间，系统电压如图 b)所示，由点 A 变到点 E。点 A、C 和 E 表示静止操作，点 B 和 D 表示因电抗跌落的瞬间操作。

注 2：向量(A－B')和(E－D')表示因变压器工作而产生电抗电压。

注 3：| E_T/Z | ≅ 0.5 | I |。

图 C.2 带选择开关的电抗式分接开关电流与电压向量图

表 C.2 带选择开关和平衡绕组的电抗式分接开关转换触头任务——切换方向由 P1 到 P5

操作顺序(注 1)	触头操作	触头	开断电流	恢复电压
P1 在分接 1 上	不适用	G	—	—
		H	—	—
P2 转换到桥接 (选择开关打开)	H 断开	G	—	—
		H	(1/2)I + (1/2)E _T /Z(注 2)	(1/2)IZ + (1/2)E _T
P3 分接 1 和分接 2 桥接	H 接通	G	—	—
		H	—	—
P4 转换到分接 2 上	G 断开	G	(1/2)I + (1/2)E _T /Z(注 3)	(1/2)E _T + (1/2)IZ
		H	—	—
P5 在分接 2 上	G 接通	G	—	—
		H	—	—

注 1：P1、P3 和 P5 是工作分接位置。

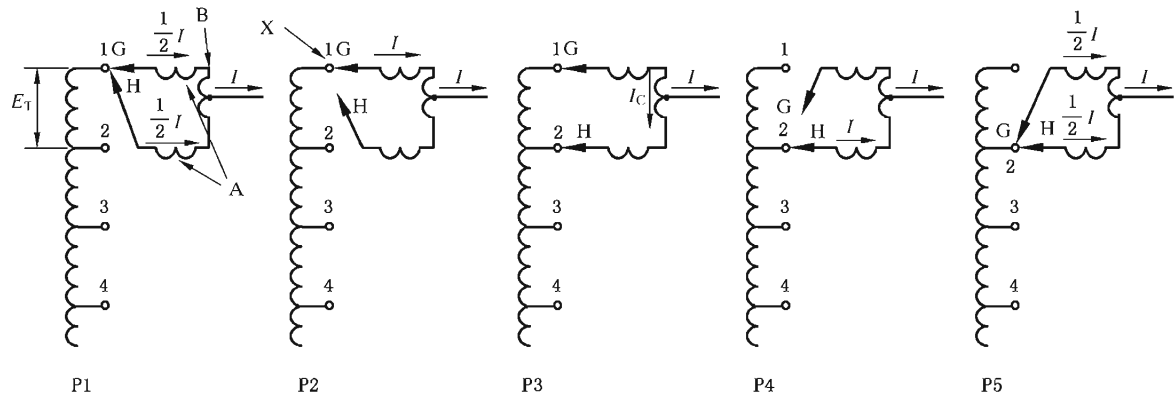
注 2：I 是负载电流。

注 3：(1/2)E_T/Z 等于循环电流 I_C，Z 是限流自耦变压器阻抗，E_T 为分接间电压，(1/2)E_T 是平衡绕组电压。

注 4：当反向变换分接位置，即由 P5 到 P1 时，在 G 触头上的开断电流是(1/2)E_T/Z－(1/2)I，相应的恢复电压是(1/2)E_T－(1/2)IZ(P4)；在 H 触头上开断电流是(1/2)E_T/Z－(1/2)I，相应的恢复电压是(1/2)E_T－(1/2)IZ(P2)。

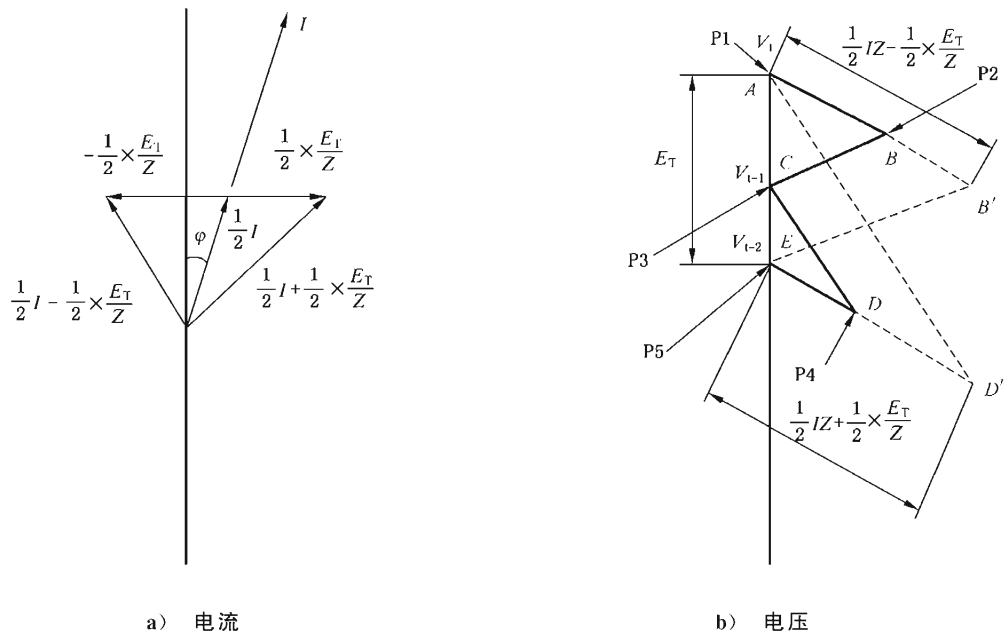
注 5：操作顺序见图 C.3，向量图见图 C.4。

注 6：表里所示的加法均为向量相加。



说明：
A——电抗器(总计 2 个)；
B——平衡绕组；
X——选择开关(总计 2 个)。

图 C.3 带选择开关和平衡绕组的电抗式分接开关操作顺序



注 1：在两个分接位置的分接变换操作的级间转换期间，系统电压如图 b) 所示，从点 A 变到点 E。点 A、点 C 和点 E 表示静止操作，点 B 和点 D 表示因电抗跌落的瞬间操作。

注 2：向量(A—B')和(E—D')表示因变压器工作而产生电抗电压。

注 3： $|1/2 E_T / Z| \leq 0.5 |I|$ 。

图 C.4 带选择开关和平衡绕组的电抗式分接开关电流与电压向量图

表 C.3 带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关转换触头任务——切换方向由 P1 到 P7

操作顺序（注 1）	触头操作	触头	开断电流	恢复电压
P1 在分接 1 上	N/A	G	—	—
		H	—	—
P2 转换到桥接 （选择开关打开）	H 断开	G	—	—
		H	$(1/2)I$ （注 2）	$(1/2)Z$
P3 转换到桥接 （选择器运动到桥接）	选择器运动至分接 1 和分接 2 桥接	G	—	—
		H	—	—
P4 分接 1 和分接 2 桥接	H 接通	G	—	—
		H	—	—
P5 转换到分接 2 上 （切换开关打开）	G 断开	G	$(1/2)I + E_{\text{T}}/Z$ （注 3）	$E_{\text{T}} + (1/2)IZ$
		H	—	—
P6 转换到分接 2 上	选择器运动至分接 2 上	G	—	—
		H	—	—
P7 在分接 2 上	G 接通	G	—	—
		H	—	—

注 1：P1、P4 和 P7 是工作分接位置。

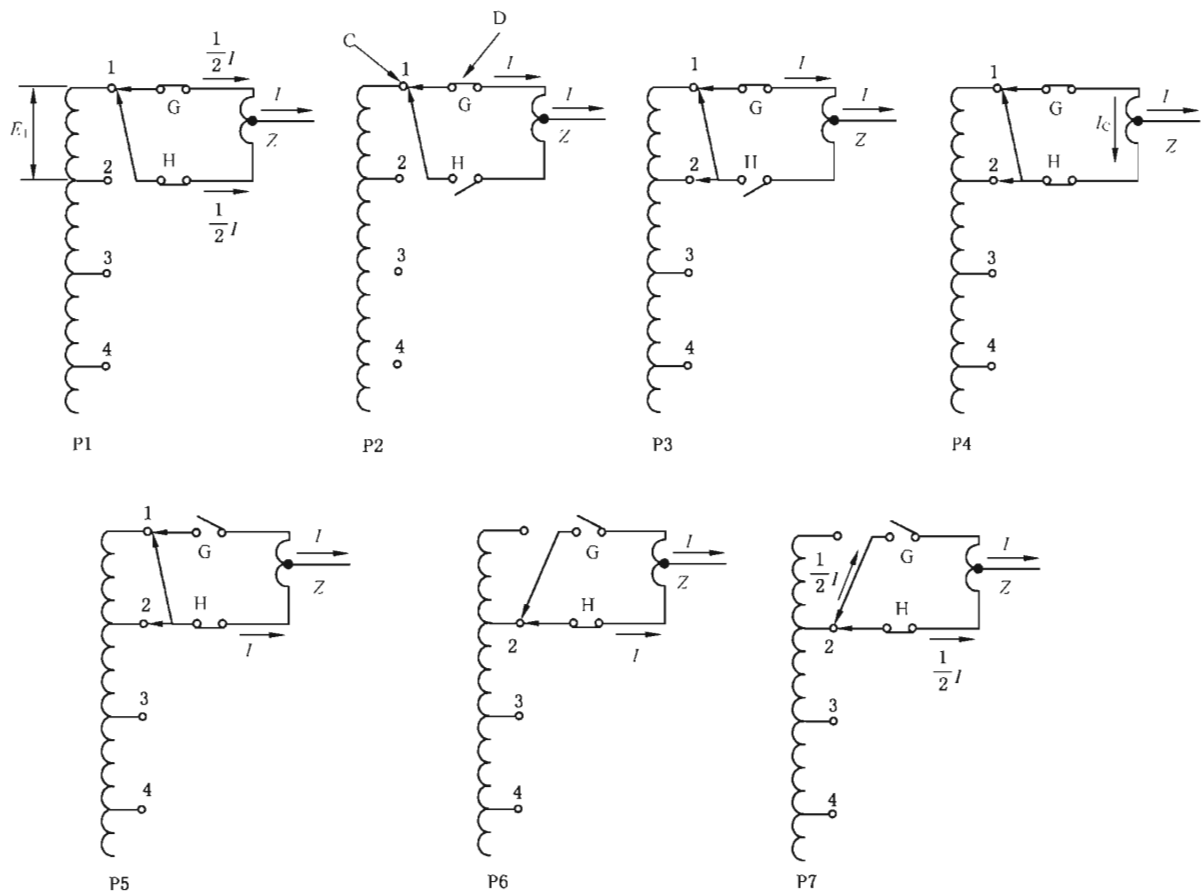
注 2： I 是负载电流。

注 3： E_{T}/Z 等于循环电流 I_{C} ， Z 是限流自耦变压器阻抗， E_{T} 为一个分接间电压。

注 4：当反向变换分接位置，即由 P7 到 P1 时，在 G 触头的上开断电流是 $(1/2)I$ ，相应的恢复电压是 $(1/2)IZ$ （P6）；在 H 触头上的开断电流是 $(1/2)I - E_{\text{T}}/Z$ ，相应的恢复电压是 $E_{\text{T}} - (1/2)IZ$ （P3）。

注 5：操作顺序见图 C.5，向量图见图 C.6。

注 6：表里所示的加法均为向量相加。



说明:

C ——分接选择器(总计 2 个);

D ——切换开关(总计 2 个);

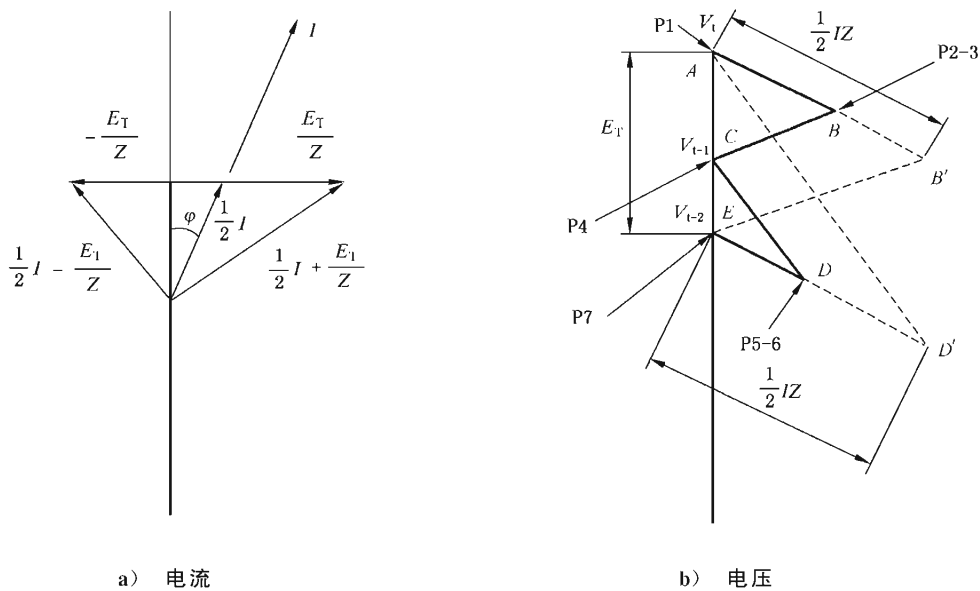
G 和 H——切换开关;

P1 ——此位置表示在分接 1 上工作;

P4 ——此位置表示分接 1 和分接 2 桥接;

P7 ——此位置表示在分接 2 上工作。

图 C.5 带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关的操作顺序



注 1：在两个分接位置的分接变换操作的级间切换期间，系统电压如图 b) 所示，从点 A 变到点 E。点 A、C 和 E 表示静止操作，点 B 和 D 表示因电抗跌落的瞬间操作。

注 2：向量(A-B')和(E-D')表示因变压器工作而产生电抗电压。

注 3：| E_T/Z | ≤ 0.5 | I |。

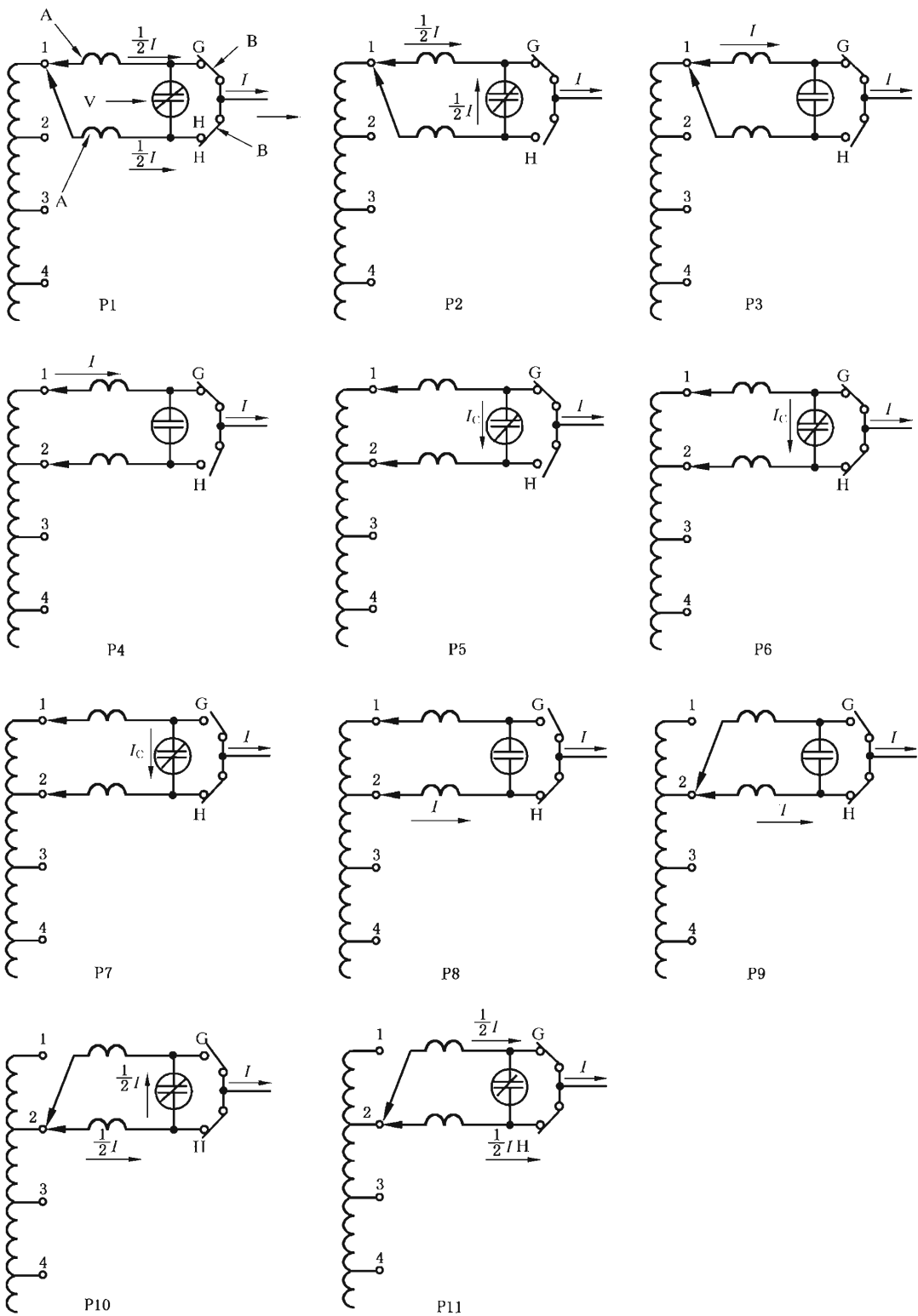
图 C.6 带切换开关和分接选择器的电抗式分接开关电流与电压向量图

表 C.4 带真空断路器和分接选择器电抗式分接开关的转换触头任务——切换方向由 P1 到 P11

操作顺序 (注 1)	触头	触头操作	开断电流	恢复电压
P1 在分接 1 上	G	闭合	—	—
	V	闭合	—	—
	H	闭合	—	—
P2 转换到桥接(并联开关打开)	G	闭合	—	—
	V	闭合	—	—
	H	打开	—	—
P3 转换到桥接(真空开关打开)	G	闭合	—	—
	V	断开	(1/2)I (注 2)	(1/2)IZ
	H	打开	—	—
P4 转换到桥接 (选择器移动到分接 2)	G	闭合	—	—
	V	打开	—	—
	H	打开	—	—
P5 转换到桥接 (真空开关闭合)	G	闭合	—	—
	V	接通	—	—
	H	打开	—	—

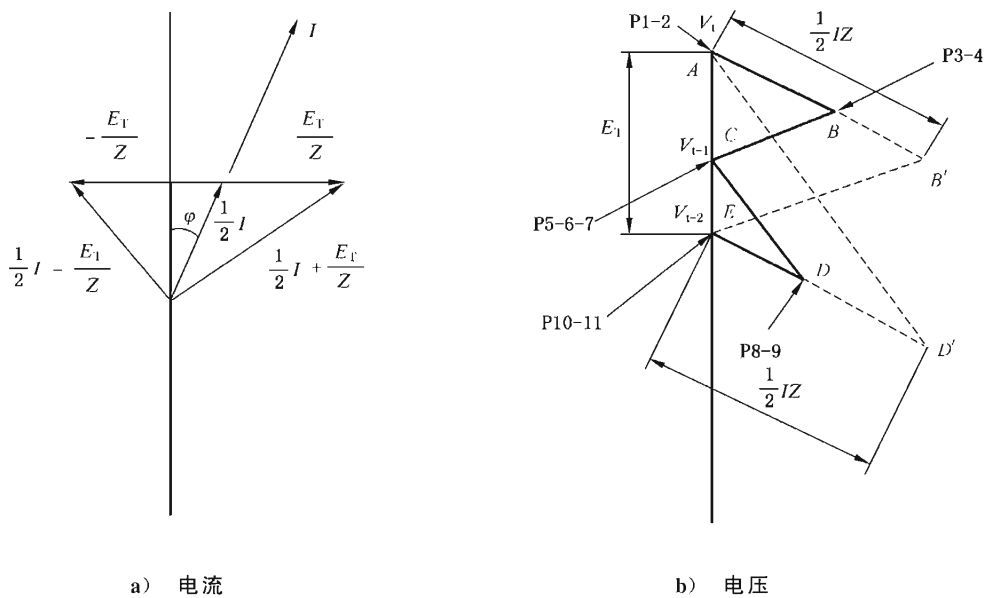
表 C.4 (续)

操作顺序 (注 1)	触头	触头操作	开断电流	恢复电压
P6 分接 1 和分接 2 桥接 (并联开关闭合)	G	闭合	—	—
	V	闭合	—	—
	H	闭合	—	—
P7 转换到分接 2 上 (并联开关打开)	G	打开	—	—
	V	闭合	—	—
	H	闭合	—	—
P8 转换到分接 2 上 (真空开关打开)	G	打开	—	—
	V	断开	$(1/2)I + E_T/Z$ (注 3)	$E_T + (1/2)IZ$
	H	闭合	—	—
P9 转换到分接 2 上 (选择器移动到分接 2)	G	打开	—	—
	V	打开	—	—
	H	闭合	—	—
P10 转换到分接 2 上 (真空开关闭合)	G	打开	—	—
	V	接通	—	—
	H	闭合	—	—
P11 在分接 2 上	G	闭合	—	—
	V	闭合	—	—
	H	闭合	—	—
注 1: P1、P6 和 P11 是工作分接位置。 注 2: I 是负载电流。 注 3: E_T/Z 等于循环电流 I_c, Z 是限流自耦变压器阻抗, E_T 为一个分接间电压。 注 4: 当反向变换分接位置, 即由 P11 到 P1 时, 在 V 触头上的开断电流是 $(1/2)I$, 相应的恢复电压是 $(1/2)IZ$ (P9); 在 V 触头上的开断电流是 $E_T/Z - (1/2)I$, 相应的恢复电压是 $E_T - (1/2)IZ$ (P4)。 注 5: 操作顺序见图 C.7, 向量图见图 C.8。 注 6: 表里所示的加法均为向量相加。				



说明：
A——电抗器(共 2 个)；
B——并联开关(共 2 个)；
V——真空断流器(真空管)。

图 C.7 带真空断流器(真空管)和分接选择器电抗式分接开关的操作顺序



注 1: 在两个分接位置的分接变换操作的级间转换期间,系统电压如图 b)所示,从点 A 变到点 E。点 A、C 和 E 表示静止操作,点 B 和 D 表示因电抗跌落的一瞬间操作。

注 2: 向量 $(A-B')$ 和 $(E-D')$ 表示因变压器工作而产生电抗电压。

注 3: $|E_T/Z| \leq 0.5 |I|$ 。

图 C.8 带真空断路器(真空管)和分接选择器电抗式分接开关的电流与电压向量图

附 录 D
(资料性附录)

真空型分接开关工作负载试验的合成试验线路的示例

D.1 关于合成试验线路的定义

D.1.1 合成试验线路

采用一个与交流发电机或变压器不同的供电试验线路。

D.1.2 模拟交流试验线路

参照附录 E 的试验线路。

D.1.3 预击穿电弧

当闭合触头间距变得很小时,引起触头间闪络而出现的电弧。

D.1.4 接通电压

在闭合触头间施加的电压。

D.2 合成试验线路的试验装置示例

适合的合成试验线路示例见图 D.1 所示。

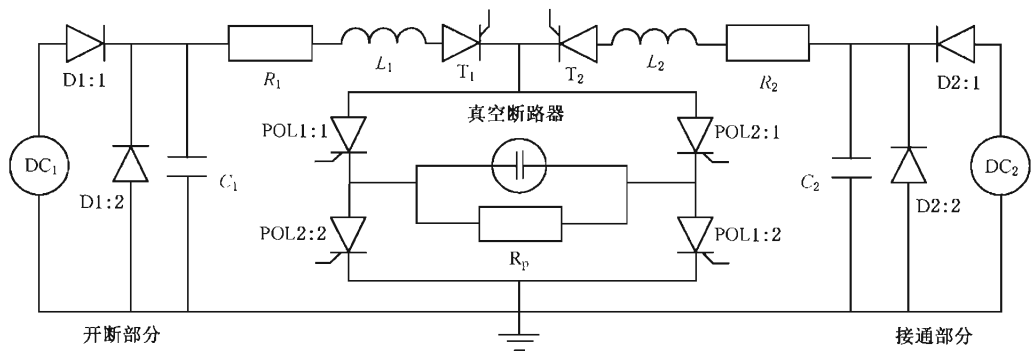


图 D.1 真空型分接开关工作负载试验合成试验线路

此工作原理是采用从充电的电容器得到的直流电压和直流电流来替代交流电压和交流电流。这些电容器每次操作都充电,且放电受电抗器和电阻器控制。

在开断部分,DC₁是充电电容 C₁的直流发生器。晶闸管 T₂是阻止和启动 C₁的放电。调节电感 L₂和电阻 R₂,以得到一个大体上是与在这一期间恰巧闭合的 50 Hz 或 60 Hz 正弦波的放电电流。

在接通部分,DC₂是充电电容 C₂的直流发生器。晶闸管 T₁是阻止和启动 C₂的放电。调节电感 L₁和电阻 R₁,如同闭合一个真正的变压器那样尽可能得到所需的衍生电流。

晶闸管 POL1:1、POL1:2、POL2:1 和 POL2:2 是用作变换被试样品的极性。电阻器 R_p 维持接通部分晶闸管导通,直至一个重触发或真空断路器(真空管)出现闭合为止。

开断电流的调节如图 D.2a) 所示。在这种情况下,大概是 50 Hz、1 300 A 方均根值。

接通电流的调节如图 D.2b) 所示。在此示例中,给出电流上升至 3 200 A,大约 0.05 ms,从而得到衍生电流约 70 kA/ms 和一个 10 μ s 恒定的时间。此示例模拟一个带有额定电流 1 300 A 的真空型分接开关的接通闭合状况(操作循环,此时接通电压是 $E + RI$,接通电流是 $E/R + I$,见表 B.3)。

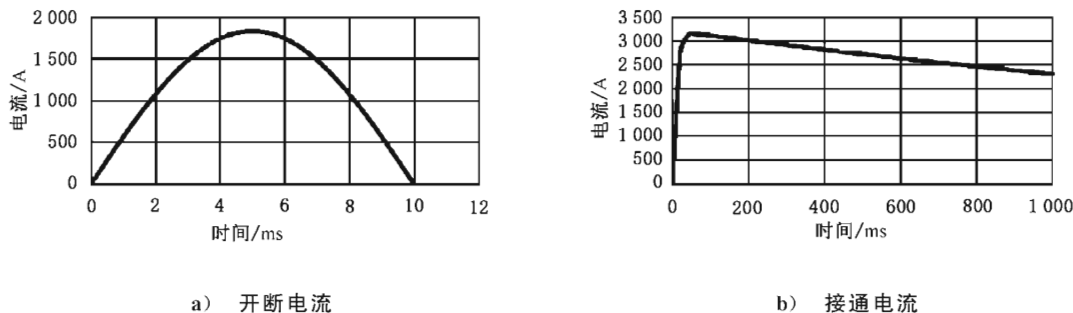


图 D.2 合成试验线路的电流

D.3 在一个变换操作期间开断与接通状况示例

在下面示例(见图 D.3)中,恢复电压与接通电压是相同的。这两者电压可能是不同的,在这种情况下,产生不同的恢复电压与接通电压的两个不同线路是可以被采用的。

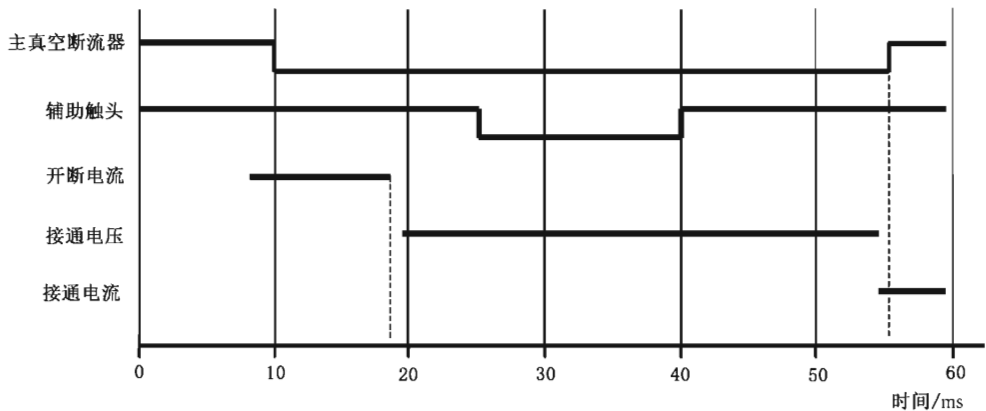


图 D.3 带有相同电压的开断与接通任务的一个变换操作合成试验的示例

在约 9 ms 时,开断电流被接通,在 10 ms 时,主真空管断开,产生一个 9 ms 的电弧(由改变真空管打开时间能在 0 ms~10 ms 内变化的)。在 20 ms 之前,电弧被熄灭了。当电弧熄灭时,可通过测量电弧电压给出一个清晰的显示。

在电弧熄灭后的小于或等于 0.1 ms 期间内,恢复电压被接通了,在电弧不重燃时,电压将维持到触头闭合之前,且起着接通电压的职责。当真空管开始闭合时,触头间的间距变小(零点几毫米),呈现出预击穿电弧,且接通线路在合适的接通状态下将产生放电。

附录 E

(资料性附录)

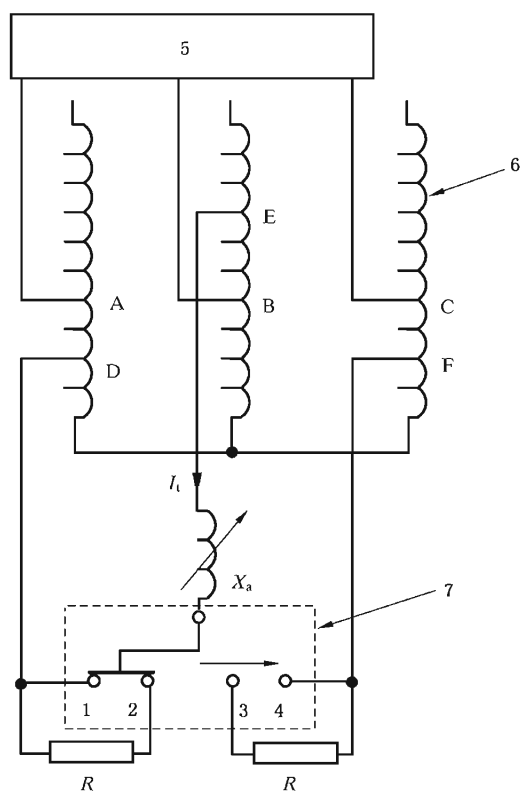
工作负载和开断容量试验的 AC 模拟试验线路

E.1 概述

图 E.1~图 E.4 示出 4 个已证实的模拟试验线路。图 E.1 是变压器法,图 E.2 是电阻法,图 E.3 是补偿法,图 E.4 是谐振法,见 5.2.3.5。这些图仅作参考,并不排除使用其他的线路。

E.2 变压器法

为了满足 5.2.3.2 和 5.2.3.3 的技术要求,并考虑线路和电源电抗的影响,在 4 个触头(见图 E.1)上出现的电流和电压应予以控制,必要时进行适当的调节,例如改变 U_{ED} 、 X_a 及 R 的值和(或)各电压的相位角。



说明：

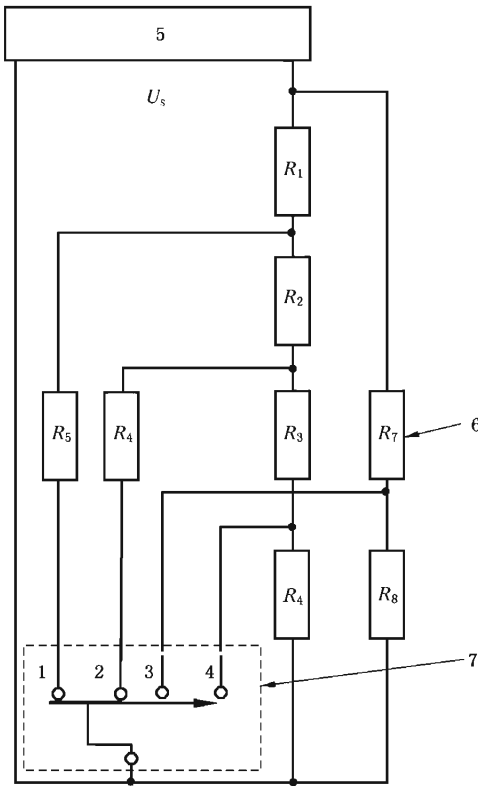
- | | | | |
|-------|----------------|------------------------|-------------------------------|
| 1 和 4 | ——主通断触头； | $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}$ | ——三相电源电压； |
| R | ——过渡电阻器； | 6 | ——自耦变压器或逐级可调变压器； |
| 2 和 3 | ——过渡触头； | U_{DF} | ——与电流 I_1 相关的级电压； |
| X_n | ——可调电抗器； | 7 | ——切换开关； |
| 5 | ——发电机或电网供电的电源； | I_1 | ——用 U_{ED} 和 X_n 调节的试验电流。 |

图 E.1 模拟试验线路:变压器法

E.3 电阻法

为了满足 5.2.3.2 和 5.2.3.3 的技术要求,并考虑线路和电源电抗的影响,在 4 个触头(见图 E.2)上出现的电流和电压应予以控制,必要时将 R_1 电阻作少量的变动,以便进行调节。

用在整个分接变换操作中出现于 4 个触头上的计算电流和电压来计算功率分配器(见图 E.2)。



说明:

- 1 和 4 —— 主通断触头;
- 2 和 3 —— 过渡触头;
- 5 —— 发电机或电网供电的电源;
- 6 —— 功率分配器;
- 7 —— 切换开关;
- U_s —— 单相电源电压;
- $R_1 \sim R_8$ —— 构成功率分配器的电阻器;
- I_1 和 I_2 —— 触头 1 和触头 2 的开断电流方均根值;
- U_1 和 U_2 —— 触头 1 和触头 2 的断口恢复电压方均根值;
- U_3 和 U_4 —— 触头 3 和触头 4 上施加电压方均根值;
- I_3 和 I_4 —— 触头 3 和触头 4 的接通电流方均根值。

图 E.2 模拟试验线路:电阻法

对于表 B.1 操作循环编号 1 的 4 个触头切换开关,其最严重情况的计算公式见式(E.1)~式(E.8)。

$$R_1 = \frac{U_s(U_s - U_1)}{I_4(U_s - U_4) + U_2 I_2} \dots\dots\dots (E.1)$$

$$R_2 = \frac{U_s(U_1 - U_2)}{I_4(U_s - U_4) + U_2 I_2} + \frac{U_s}{I_4(U_s - U_4)} + \frac{U_2 I_2(U_s - U_2)}{I_4(U_s - U_4) + U_2 I_2} \dots\dots\dots (E.2)$$

$$R_3 = \frac{U_s}{I_4} \times \frac{U_2 - U_4}{U_s - U_4} \dots\dots\dots (E.3)$$

$$R_4 = \frac{U_s}{I_4} \times \frac{U_4}{U_s - U_4} \dots\dots\dots (E.4)$$

$$R_5 = \frac{U_1}{I_1} - \frac{U_1(U_s - U_1)}{I_4(U_s - U_4) + U_2 I_2} \dots\dots\dots (E.5)$$

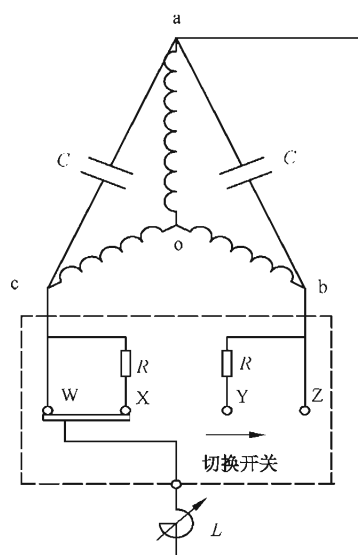
$$R_6 = \frac{U_2}{I_2} - \frac{U_2(U_s - U_2)}{I_4(U_s - U_4)} \dots\dots\dots (E.6)$$

$$R_7 = \frac{U_s}{I_3} \dots\dots\dots (E.7)$$

$$R_8 = \frac{U_s}{I_3} \times \frac{U_s}{U_s - U_3} \dots\dots\dots (E.8)$$

E.4 补偿法

补偿法(见图 E.3)模拟试验线路是利用电容电流和电抗电流相位相反的原理,以抵消流经绕组中的电流,这就是电容补偿法。一般每一边电容器组可以补一半电流。因此,支撑边电流的瞬时值可达到零。而横臂(boc)边仍有一半试验电流通过,开断触头却得到所要求的电流值。采用这种方法可使试验变压器试验能力提高一倍。



说明:

W、Z —— 主通断触头;

X、Y —— 过渡触头;

R —— 过渡电阻;

C —— 补偿电容器;

L —— 可调电抗器。

图 E.3 模拟试验线路:补偿法

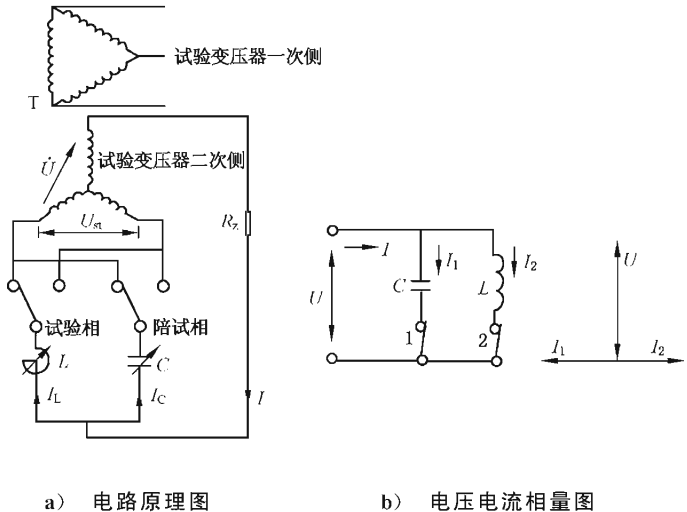
E.5 谐振法

谐振法(见图 E.4)模拟试验线路是利用电容电流和电抗电流谐振的原理。

谐振法试验时需同时对分接开关两相(单相开关需两台)进行试验,一相作为试验相,另一相作为陪试相,切换试验时两相需同步并联切换[试验等值电路如图 E.4a)所示]。流过电抗器 L 的电流 I_L 应为试验负载电流 I_N ,在负载电压 U 确定后,则 $L = U/\omega I_N$,变压器负载电流即总电流 $I = \frac{(\omega^2 CL - 1)}{\omega L} U$ 。当合理调整电容 $C = 1/\omega^2 L$ 时,可以使 I 的瞬时值为零,且总电流 I 的相位总是垂直于电压 U 的[如图 E.4b)所示]。

试验变压器是一台一次侧为三相 D 结、二次侧为三相不等边 Y 结的特殊变压器,短边两相带有抽头,可选择不同的试验级电压。长边带有可调电抗器与电容器,调节试验电流。变压器长、短边绕组匝数比约为 3 : 1。

采用谐振法试验线路时,绕组中只有切换过程中的暂态电流(循环电流)存在。且循环电流值比一个开关试验时增加一倍。由于 U_s 侧比一次侧匝数少,对一次侧的电流影响不大。



说明:

T —— 试验变压器;

R_z —— 限流电阻器;

L —— 负载电抗器;

C —— 补偿电容器;

U_{st} —— 级电压。

图 E.4 模拟试验线路:谐振法

附录 F
(规范性附录)

用脉冲电流确定过渡电阻器等值温度的方法

将电阻器放置在分接开关中,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,测量冷却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 25 mm 的地方。

在试验开始时,测量并记录电阻材料和冷却介质的温度。

用电流 I_p 进行试验, I_p 的方均根值按下式求得:

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

式中:

I_i ——过渡电阻器在切换程序不同阶段所承载的电流值;对于此特殊电流的计算,通过的电流应整定在 1.5 倍最大通过电流(见 5.2.5);

t_i ——特殊电流 I_i 的通流时间,这些值按 5.2.3.2 进行工作负载切换试验中所取的平均值;

K ——与电阻器的试验要求相适应的选择系数,所取的值低于 5。如果考虑保持绝热现象,则在 5~10 之间取值。

应考虑到电流 I_i 和时间 t_i 取决于切换开关或选择开关的操作循环。

电阻器承受上述电流的次数应相当于半个操作循环。电流施加的时间由下式决定:

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

电阻器无电流通过的时间应等于分接开关在两次连续操作之间可能出现的最小间隔时间。

为了确定峰值温度,需用记录值进行外推而求得。

附 录 G
(资料性附录)

IEC 60214-1:2014 中有载分接开关和无励磁分接开关的试验电压水平

IEC 60214-1:2014 中有载分接开关和无励磁分接开关的试验电压水平见表 G.1。

表 G.1 IEC 60214-1:2014 中有载分接开关和无励磁分接开关的试验电压水平

设备最高电压 U_m kV	全波雷电冲击电压 kV	截波雷电冲击电压 kV	操作冲击电压 kV	外施电压 kV
<1	—	—	—	3
3.6	40	44	—	10
7.2	75	83	—	20
12	110	121	—	34
17.5	125	138	—	38
24	150	165	—	50
36	200	220	—	70
52	250	275	—	95
72.5	350	385	—	140
100	450	495	375	185
123	550	605	460	230
145	650	715	540	275
170	750	825	620	325
245	1 050	1 155	850	460
300	1 050	1 155	850	460
362	1 175	1 290	950	510
420	1 425	1 570	1 175	630
550	1 675	1 845	1 390	680
800	2 100	2 310	1 675	—
1 100	2 250	2 475	1 800	—
1 200	2 250	2 475	1 800	—

附录 H
(资料性附录)
无弧有载分接开关工作原理

H.1 定义

无弧有载分接开关包括电子式有载分接开关和晶闸管机械混合式有载分接开关。

H.2 工作原理

H.2.1 电子式有载分接开关

电子式有载分接开关通常用于配电变压器上调压,典型示例如图 H.1 所示的晶闸管串联调压装置。其电子式有载分接开关工作原理如图 H.2 所示。

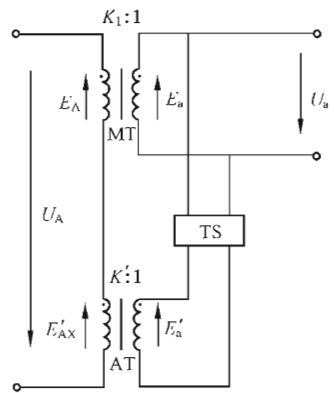


图 H.1 晶闸管串联调压装置

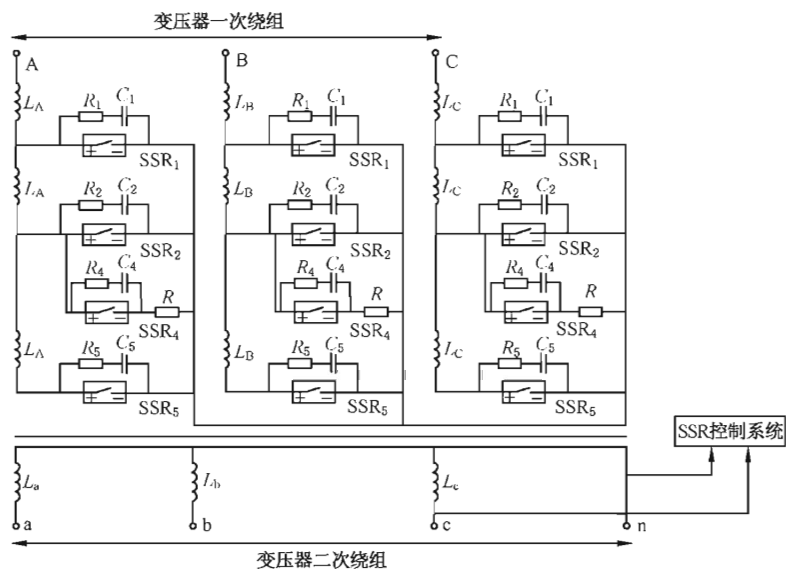


图 H.2 电子式有载分接开关工作原理图

在图 H.2 中,配电变压器各分接头都接有固体继电器(SSR),开关通过控制 SSR 的开断来切换变压器分接头进行调压。当检测到的电压超出设定范围时,单片机控制系统将控制信号发送给 SSR 控制端,通过开断 SSR 进行分接位置的变换。在切换变压器分接头之前,先触发导过渡支路,再关断正在导通的 SSR,然后再触发另一组 SSR 后关断过渡支路,这样就完成一次调压。过渡回路中串联有过渡电阻,起到限制环流的作用。

H.2.2 晶闸管机械混合式有载分接开关

晶闸管机械混合式有载分接开关,保留了机械式有载分接开关的分接选择器、切换开关或选择开关,过渡电路增加了晶闸管,通过晶闸管的开断来辅助机械触头完成无弧切换。切换完成后晶闸管退出载流回路,由机械触头长期载流。晶闸管损坏或失控,机械开关仍可发挥作用,不会影响分接变换和变压器正常调压和运行。

常见晶闸管机械混合式有载分接开关工作原理如图 H.3 所示。

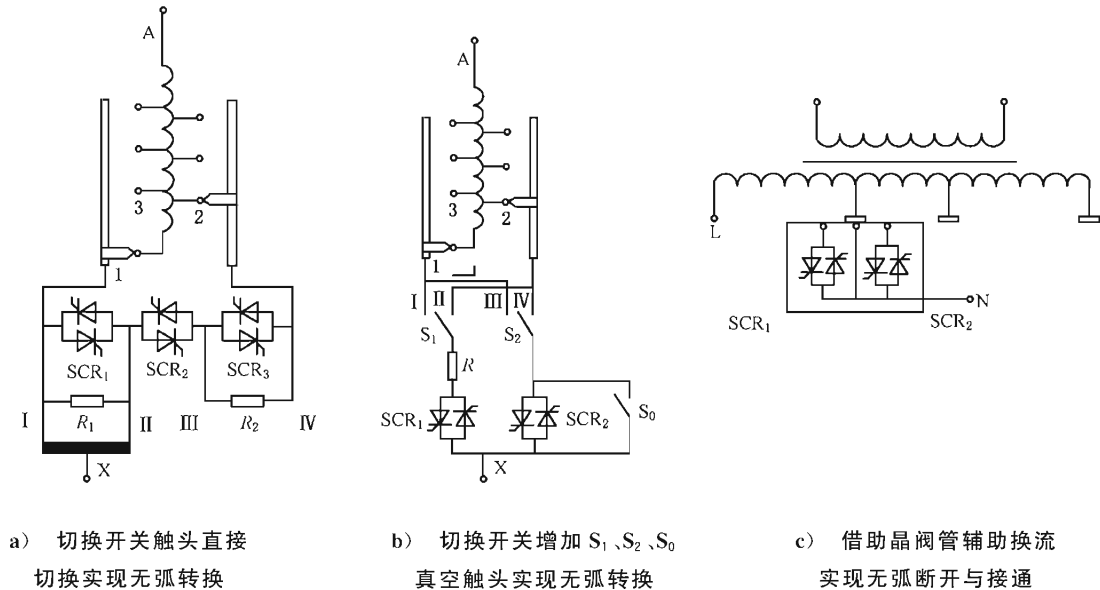


图 H.3 晶闸管机械混合式有载分接开关工作原理图

国内生产的晶闸管机械混合式有载分接开关晶闸管辅助机械触头动作的原理如图 H.4 所示。在图 H.4 中,一对反并联的晶闸管接在机械开关的两端,10 和 13、11 和 12 分别是 2 对机械开关的触头,其中 11 和 12 开关存在公共端,作为触发板给晶闸管提供触发电流, T_1 和 T_2 为一对反并联的晶闸管模块,以 AB 支路上的 11、12 机械开关从闭合到打开过程为例进行说明。当断开 11—12 支路时,11—12 触发板断开瞬间产生微小电弧,电弧在 10、13 端建立电压,该电压施加到晶闸管模块两端,触发板放电电流注入门极实现晶闸管模块触发,二极管 D_2 用于限制门极注入电流的流向, D_1 用于抑制门极电压反向过冲。晶闸管导通后,电流被转移到 10—13 支路。第一个电流过零点时晶闸管自然关断,最大导通时间不超过半个周波,设计时按照半个周波时间考虑并考虑机械误差,控制在 12 ms 左右。合上开关支路时,由于 10—13 支路先合上,晶闸管无触发不导通,所以此时无电弧,随后中间触发板闭合,接触瞬间产生的微小电弧触发导通晶闸管,熄灭电弧。触发板完全闭合后旁路晶闸管回路,强迫晶闸管关断,由 11、12 机械触头载流。

将晶闸管回路接入机械触点回路形成完整的晶闸管机械混合式有载分接开关工作原理见图 H.5 所示。

附 录 I
(资料性附录)
有载分接开关特殊试验

I.1 概述

有载分接开关的特殊试验应按制造方与用户间协议进行。

有载分接开关特殊试验包括下述项目：

- a) 真空、无弧选择开关选择触头与真空、无弧切换开关转换隔离触头开断能力试验；
- b) 真空及无弧切换开关级间火花间隙过电压保护装置放电后熄弧能力试验；
- c) 有载分接开关液室安全保护装置动作验证试验；
- d) 其他特殊试验(无燃弧开关触头保护效果, 试验后开关解体检查等)。

I.2 真空、无弧选择开关选择触头与真空、无弧切换开关转换隔离触头开断能力试验

当选择开关或切换开关真空断流器(真空管)或电子元件采用选择触头或转换隔离触头作为后备保护的安全保护措施时,一旦真空断流器(真空管)或电子元件失效时,与其串联的选择触头或转换隔离触头动作时应能够可靠熄弧,确保变换操作中分接级间不发生(电弧)短路事故。

为验证选择触头或转换隔离触头的熄弧能力及其燃弧时间,真空、无弧选择开关或真空无弧切换开关可进行此项特殊试验。

试验应模拟真空断流器(真空管)或电子元件完全失效,并在真空、无弧有载分接开关的正常使用状态下,装上气体继电器与压力释放装置等安全保护装置后,用最大额定通过电流和相关级电压下至少进行 500 次切换操作,并记录每次变换操作示波图,其保护触头应能可靠熄弧(燃弧时间小于 $\frac{1.2}{2f}$ s)。并记录试验终了时轻瓦斯(或气体监测器)的存气量。

在 500 次切换操作试验过程中,重瓦斯(或流速继电器)等安全保护装置不准发出跳闸信号。

I.3 真空及无弧切换开关级间火花间隙过电压保护装置放电后熄弧能力试验

当真空及无弧型切换开关仍沿用非真空型切换开关级间火花间隙作为级间过电压保护装置时,验证单电阻过渡电路或双电阻过渡电路火花间隙过电压保护动作后,其随后工频续流通过时的熄弧能力。避免火花间隙工频续流电弧不熄而引起液室安全保护装置误动或拒动。

I.4 有载分接开关液室安全保护装置动作验证试验

为了将切换开关和选择开关液室内部故障引起的火灾或爆炸的风险降到最小,有载分接开关液室均应带有气体继电器、压力释放装置等安全保护装置。为了确保有载分接开关安全可靠运行,应验证其液室各自安全保护装置的動作整定值、保护动作顺序及其选用正确与否,避免有载分接开关安全保护装置误动或拒动。

1.5 其他项目特殊试验

为了稳定、改进和提高有载分接开关的产品性能而进行某些的研究探索性试验。例如液室超压保护与机械强度试验、有载分接开关机械堵转试验、粗细调漏磁效应、转换选择器转换火花放电试验等。

附录 J

(资料性附录)

电子控制器(显示器)的性能要求和试验方法

J.1 范围

本附录适用于分接开关或电动机构所配置的电子式控制器(显示器)。

J.2 使用条件

J.2.1 正常工作环境基准条件

正常工作环境温度为一10℃~40℃,相对湿度不大于85%,海拔不超过2 000 m,外磁场感应强度应不超过0.5 mT,不准许有过剧烈的振动与冲击,安装位置对于任一方向的允许偏差为±2°。

J.2.2 电源基准条件

电源波形为正弦波,频率50(1±0.5%)Hz,畸变系数应不大于2%,直流分量应不大于交流分量峰值的3%。

J.3 功能要求

功能要求如下:

- a) 调压控制功能:具备手动按钮控制与自动控制两种工作方式,就地与远方手动按钮控制工作方式的功能并互为闭锁,分接开关分接升、降功能以及分接挡位的无源遥信输出的功能。
- b) 参数整定功能:具有过电流保护、分接位置设置、动作次数、动作电流、电压门限设定和动作时间整定的功能(门限设定参数误差不应大于±5%);通信参数及通信地址设定功能;时钟设定、动作次数清除、累计时间清除和恢复出厂设定功能。
- c) 运行状态指示及闭锁告警功能:具有对各种控制方式、告警、闭锁、运行等状态进行指示的功能。当检测到有载分接开关发生拒动故障时,闭锁电动机构回路并发出告警信号。
- d) 监测功能、运行数据、记录存储功能:具有实时监测分接开关分接位置的功能,实时数据采集和处理功能,包括监测变压器三相电压、电流、功率和功率因数等参数;具备自动调压运行数据和存储记录功能。
- e) 通信功能:具备USB、RS485及短距离无线通信接口,既可实现就地通信与短距离通信,也可通过RS485接口与GPRS/CDM/CDMA模块/以太网模块相连,实现远程通信、数据下载和远程升级的功能。

J.4 技术要求

J.4.1 额定参数

电源电压为AC 220 V,额定频率为50 Hz。

J.4.2 整定参数

J.4.2.1 整定电压

上限设定为 100%~110%;下限设定为 90%~100%。
欠电压闭锁设定为 70%~95%;过电压闭锁设定为 105%~130%。

J.4.2.2 调压精度

在 0.5%~9%内设定,步长为 0.1%。
延时时间:在 5 s~180 s 内设定(定时限),步长为 1 s。
过电流闭锁:在 100%~200%内设定。
线路压降补偿:在 $U_{RAC} \pm 25\text{ V}$ 内设定、 $U_{XAC} \pm 25\text{ V}$ 内设定。
或者 Z 补偿: $V_{升}$ 在 0%~15%内设定; $V_{极限}$ 在 0%~15%内设定。

J.4.3 环境适应性要求

控制器(显示器)环境适应性的要求应符合 GB/T 6587 的温度、湿度、振动、冲击、倾斜跌落、运输和电源影响的规定(见表 J.1)。

表 J.1 控制器(显示器)环境适应性要求

序号	试验项目	依据试验方法规定	试验级别	试验后复查试验项目
1	高温试验	GB/T 6587—2012 中 5.9.1	表 4 的Ⅲ组	外观检查,功能检验与绝缘电阻的复查
2	低温试验	GB/T 6587—2012 中 5.9.1	表 4 的Ⅲ组	外观检查,功能检验与绝缘电阻的复查
3	高低温贮存试验	低温贮存:GB/T 2423.1 高温贮存:GB/T 2423.2 温度变化贮存:GB/T 2423.22	Ab 级别 Bb 级别 Nb 级别	外观检查,功能检验的复查
4	湿热试验	GB/T 6587—2012 中 5.9.2	表 5 的Ⅲ组	外观检查,功能检验与绝缘电阻的复查
5	振动试验	GB/T 6587—2012 中 5.9.3	表 6 的Ⅲ组	外观检查,功能检验的复查
6	冲击与倾斜跌落试验	GB/T 6587—2012 中 5.9.4	表 7 的Ⅲ组	外观检查,功能检验的复查
7	运输试验	GB/T 6587—2012 中 5.10	表 8 的 3 级	外观检查,功能检验的复查
8	电源影响试验	GB/T 6587—2012 中 5.12	—	外观检查,功能检验的复查

J.4.4 电磁兼容性要求

控制器(显示器)在正常大气条件下,处在正常工作状态,应符合 GB/T 6587 的电磁兼容性的相应规定(见表 J.2)。

表 J.2 控制器电磁兼容性要求

序号	试验项目	依据试验方法规定	试验要求	试验后复查项目
1	静电放电抗扰度试验 ^a	GB/T 14598. 26	GB/T 14598. 26—2015 的表 3 中项目 3.2,接触:6 kV	功能试验复查
2	射频电磁场辐射抗扰度试验 ^a	GB/T 14598. 26	GB/T 14598. 26—2015 的表 4 中项目 4.1,试验等级:10 V(有效值)	功能试验复查

表 J.2 (续)

序号	试验项目	依据试验方法规定	试验要求	试验后复查项目
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 ^a	GB/T 14598.26	GB/T 14598.26—2015 的表 4 中项目 4.2, 试验等级 A 类:4 kV(峰值)	功能试验复查
4	浪涌(冲击)抗扰度试验 ^a	GB/T 14598.26	GB/T 14598.26—2015 的表 4 中项目 4.4 的 A 类	功能试验复查
5	工频磁场抗扰度试验	GB/T 17626.8	4 级	功能试验复查
6	阻尼振荡磁场抗扰度试验	GB/T 17626.10	4 级	功能试验复查
7	电压暂降、短时中断和电压变化 抗扰度试验	GB/T 14598.26	符合表 J.3 的规定	功能试验复查
^a 试验部位与规格均按 GB/T 14598.26 的要求进行。				

J.4.5 耐电压暂降、短时中断和电压变化

控制器(显示器)的耐电压暂降、电压短时中断和电压变化应符合表 J.3 的规定。

表 J.3 耐电压暂降、短时中断和电压变化的要求

耐电压暂降	暂降幅值	0% U_r			
	持续时间	0.5 周期、1 周期			
电压短时中断	中断幅值	0% U_r			
	持续时间	250 周期			
电压变化	变化幅值	70% U_r 电压降低			
	变化时间	突变	电压降低后维持 1 周期	电压增加所需 25 周期	

J.4.6 耐冲击电压要求

控制器(显示器)耐冲击电压要求应符合表 J.4 的规定。

表 J.4 控制器(显示器)耐冲击电压要求

施加电压	施加部位	波形要求	电压施加方向	极性要求	施加间隔时间
5 kV	电源的输入和大地之间	1.2 μ s/50 μ s 波形冲击	正、负极性	三个正脉冲、 三个负脉冲	≥ 5 s
	电流互感器输入回路				

J.5 型式试验

J.5.1 概述

对于电子式控制器和显示器,应在按其最终研制的完整样品上进行下述型式试验:

——功耗测试(J.5.2);

- 28 昼夜连续运行可靠性试验 (J.5.3)；
- 绝缘试验 (J.5.4)；
- 环境试验 (J.5.5)；
- 电磁兼容试验 (J.5.6)。

J.5.2 功耗测试

按 GB/T 7261 的规定进行。

J.5.3 28 昼夜连续运行可靠性试验

按 J.4 的规定进行。

J.5.4 绝缘试验

J.5.4.1 正常试验大气条件

正常试验大气条件如下：

- 环境温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：45%～70%；
- 大气压力：86 kPa～106 kPa。

J.5.4.2 最小电气绝缘间隙和最小爬电距离

控制器(显示器)最小电气绝缘间隙和最小爬电距离的检测应符合表 J.5 的规定。

表 J.5 控制器(显示器)的电气绝缘间隙与爬电距离

序号	项目	最小电气绝缘间隙 mm	最小爬电距离 mm
1	内部电气绝缘	3.0	3.5
2	外部电气绝缘	4.0	6.0

J.5.4.3 绝缘电阻

在正常试验大气条件下，控制器(显示器)的绝缘电阻应不小于 100 MΩ。

J.5.4.4 绝缘强度

控制器(显示器)应能承受交流 50 Hz、1 500 V 电压(方均根值)、持续时间 1 min 的试验。

J.5.4.5 耐冲击电压试验

控制器(显示器)应按表 J.4 的要求，进行 1.2 μs/50 μs、5 kV 的冲击电压试验，施加正负极性冲击波各三次。

试验后交流工频电量测量基本误差应满足其等级指数要求。

J.5.5 环境试验

J.5.5.1 高低温试验

根据 J.2 规定的使用地点、周围环境、最低和最高温度，按 GB/T 6587—2012 中 5.9.1.4、GB/T 2423.1

和 GB/T 2423.2 进行高低温试验,验证其动作特性和功能的正确性。试验结果应符合 GB/T 6587—2012 中 5.9.1.4 和本附录的规定。

J.5.5.2 高低温贮存试验

按 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2 与 GB/T 2423.22 的规定参数进行高低温贮存试验。试验前及试验后验证控制器(显示器)的动作程序及有关的电气性能应符合本附录的规定。

J.5.5.3 湿热试验

按 GB/T 6587—2012 中表 5 内Ⅲ组规定的参数进行湿热试验。试验结束后,对控制器(显示器)进行外表检查、功能检验及绝缘电阻测试,结果应符合 GB/T 6587—2012 中 5.9.2 和本附录的规定。

J.5.5.4 振动试验

按 GB/T 6587—2012 中表 6 内Ⅲ组规定的参数进行振动试验,试验结束后,对控制器(显示器)进行外表检查和功能检验,结果应符合 GB/T 6587—2012 中 5.9.3.4 和本附录的规定。

J.5.5.5 冲击与倾斜跌落试验

按 GB/T 6587—2012 中表 7 内Ⅲ组规定的参数进行冲击与倾斜跌落试验,试验结束后,对控制器(显示器)进行外表检查和功能检验,结果应符合 GB/T 6587—2012 中 5.9.4.4 和本附录的规定。

J.5.5.6 运输试验

按 GB/T 6587—2012 中表 8 内 3 级规定的参数进行运输试验,试验结束后,对控制器(显示器)进行外表检查和功能检验,结果应符合 GB/T 6587—2012 中 5.10.3 和本附录的规定。

J.5.5.7 电源影响试验

按 GB/T 6587—2012 中 5.12 的规定进行电源影响试验,试验结束后,对控制器(显示器)进行外表检查和功能检验,结果应符合本附录的规定。

J.5.6 电磁兼容试验

J.5.6.1 静电放电抗扰度试验

按 GB/T 14598.26 规定的接触放电方法进行静电放电抗扰度试验,试验电压按本部分表 J.2 的规定。试验部位及试验方法按 GB/T 14598.26 的要求。

J.5.6.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按 GB/T 14598.26 规定的方法进行射频电磁场辐射抗扰度试验,试验等级为 10 V(有效值)。试验部位及试验方法按 GB/T 14598.26 的要求。

J.5.6.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按 GB/T 14598.26 规定的方法进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验,试验等级为 A 类(4 kV 峰值)。试验部位及试验方法按 GB/T 14598.26 中 7.2.5 的要求进行。

J.5.6.4 浪涌(冲击)抗扰度试验

按 GB/T 14598.26 规定的方法进行浪涌(冲击)抗扰度试验,试验等级按本部分表 J.2 的规定。试

验部位及试验方法按 GB/T 14598.26 的要求。

J.5.6.5 工频磁场抗扰度试验

按 GB/T 17626.8 规定的试验方法进行工频磁场抗扰度试验,试验等级为 4 级(稳定磁场 30 A/m,短时磁场 300 A/m)。

J.5.6.6 阻尼振荡磁场抗扰度试验

按 GB/T 17626.10 规定的试验方法进行阻尼振荡磁场抗扰度试验,试验等级为 4 级(阻尼振荡磁场强度 30 A/m 峰值)。

J.5.6.7 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

按 GB/T 14598.26 规定的试验方法进行电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验。

J.6 例行试验

J.6.1 动作功能试验

将控制器(显示器)与分接开关、电动机构进行正确连接后,对其进行动作功能试验,试验应符合 J.3 的功能要求。

J.6.2 绝缘试验

绝缘试验如下:

- 绝缘电阻测量:在正常大气条件下,对控制器(显示器)的绝缘电阻进行测量,测量结果应不小于 100 M Ω ;
- 工频耐压试验:应能承受交流 50 Hz、1 500 V 电压(方均根值)、持续时间 1 min(或用 110%规定的试验电压值、持续时间 1 s)的试验。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1094.1—2013 电力变压器 第1部分:总则
 - [2] GB/T 1094.3—2017 电力变压器 第3部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
 - [3] GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温
 - [4] GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温
 - [5] GB/T 2423.22 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化
 - [6] GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范
 - [7] GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分:总则
 - [8] GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法
 - [9] GB/T 14048.1 低压开关设备和控制设备 第1部分:总则
 - [10] GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第26部分:电磁兼容要求
 - [11] GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
 - [12] GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
-