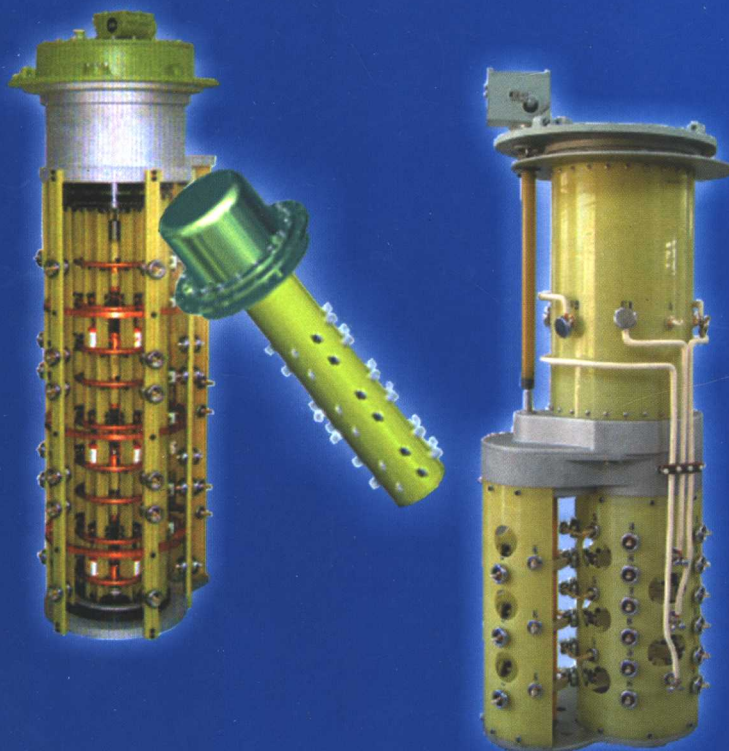


张德明 编著

# 变压器分接开关 选型与使用



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 变压器分接开关选型与使用

---

张德明 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

书中内容依据刚刚修改颁布的国际电工委员会“分接开关”标准，对变压器分接开关的产品、型号、结构、原理、规范进行了全面介绍。书中重点阐述了各种变压器如何正确选择分接开关，并详细叙述了分接开关的安装、使用、维修等实用技术。

本书既可作为从事分接开关研究、设计、制造和使用运行的专业技术人员参考书，也可作为高等工科院校电器和电力专业师生的参考教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

变压器分接开关选型与使用/张德明编著. —北京: 中国电力出版社, 2005  
ISBN 7-5083-3666-6

I. 变... II. 张... III. 变压器-分接开关-基本知识 IV. TM403.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 121970 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26 印张 588 千字

印数 0001—4000 册 定价 45.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

# 序 言



分接开关是何物？业外鲜为人知，业内却有人认为，它不过是个变压器的组件，忽视它的重要性。殊不知变压器主机虽可变压，但装上分接开关，功能就扩大了。它不仅提高了供电质量，而且更重要是大量节约电能。在目前国内缺电状况下，节能的意义就不言而喻了。

从严格定义上讲，分接开关应称为变压器绕组的抽头变换装置。即在变压器绕组的不同部位设置分接抽头，调换分接抽头的位置，改变其变压器绕组的匝数，从而达到因负荷变化引起电压波动的调压作用，稳定电网电压。从根本上避免“白天烧马达，夜间烧灯泡”的事故，扭转用户“大马拉小车”的做法。

随着国民经济发展的需要，电力部门将许多不同电压等级的电网之间相互连接，来提高供电可靠性和经济性。由于分接开关具有可逆调压的特点，因此采用它进行联网是最合适不过的。改变联络变压器或移相变压器的分接开关位置，能按需取长补短，调节负荷潮流，大大增加电网调度的灵活性，提高电力系统运行的技术经济指标。

电力系统中采用分接开关提高电网电压，能挖掘系统中现有的电容器组设备的无功出力。若电网从80%的额定电压升至额定电压运行时，电容器组设备的无功出力增加36%，而发电机变压器采用分接开关升高变比后，使发电机的电动势维持于较高数值，从而提高发电机的有功出力。

在化工、冶金所用的工业变压器（整流变压器和电炉变压器）采用分接开关调压后，不仅可大大提高产品质量和产量，而且可大量节约用电，收到了显著的经济效果。

总之，分接开关不仅是保证电力系统供电质量必不可少的关键电气设备之一，同时，节能效果十分显著。因此，大力发展分接开关是十分必要的。

近年来，随着改革开放深入发展，市场经济驱使国内的分接开关制造企业加快技术改造与技术创新，分接开关制造技术水平有了长足的进步。更可喜的是技术创新突破了简单模仿国外同类产品的方式，根据多年的制造经验并结合中国的实际状况，开发一批拥有自主知识产权的新产品。这不仅表现为分接开关性能的提高，更代表了我国分接开关制造业已经不落后于国际先进的水平。

张德明先生受中国电力出版社的委托，编著《变压器分接开关选型与使用》一书。这对分接开关的正确选型和安全可靠运行有着现实的指导意义。读者不仅可以了解分接开关的选用特点、安装、运行状态监控与维修，还可以了解分接开关国内外的最新发展动态。

我们深知分接开关产品与分接开关技术的发展是没有止境的，作为分接开关的制造企业愿意倾听行业内外各方面专家的意见，为中国电力设备和民族工业的发展作出应有的贡献。

献。借此机会，对关怀和支持国产分接开关发展的业内专家与领导表示真诚的谢意，同时  
呼吁各级政府和有关产业部门对国产分接开关制造业给予政策的支持与关怀。

上海华明电力设备制造集团公司董事长

肖 毅

# 前 言



随着国民经济的不断发展和电力系统的不断完善,对电压质量的要求也越来越高。由于发电与耗电不可能平衡,电压的波动变化是不可避免的。为稳定电网的电压质量,最有效的措施是采用分接开关进行电压调节。分接开关作为变压器最重要的组件,它的可靠性直接决定整个电力系统能否正常安全运行和可靠供电。因此,正确地选好分接开关和用好分接开关是极为重要的。

在本书的编写过程中,正值国际电工委员会“分接开关”的标准进行重大的修改,同时也出版了 IEC60214—1 (2003)《分接开关 第1部分:性能要求和试验方法》和 IEC60214—2 (2004)《分接开关 第2部分:应用导则》两大部分的标准。将无励磁分接开关、电抗式有载分接开关纳入新标准中;修改和增加分接开关绝缘试验和密封试验的试验方法;对分接开关应用导则也进行了实质性的重大修改,对分接开关的选用、使用和维护提出了新的观念,这对指导选好分接开关和用好分接开关有着现实的指导意义。作者根据对 IEC60214 分接开关新标准的消化和粗浅理解,结合国情和大量运行信息的反馈,对如何选好分接开关、用好分接开关也提出了一些新的尝试观点,有些观点得到实践的证实,也有些观点有待于实践的考验。

全书共分为3篇共计15章。产品篇根据变压器分接开关的实际使用情况,按不同厂家、型号加以分类,系统全面地介绍各类分接开关、电动机构及其附件的工作原理、结构和技术参数;如第1章介绍各类无励磁分接开关结构原理及技术规范;第2章介绍有载分接开关工作原理和技术要求;第3章至第4章分别介绍油浸式和干式有载分接开关的结构原理及技术规范;第5章和第6章分别介绍电动机构和附件结构原理及技术规范。选用篇是根据变压器不同型式的特点介绍如何正确地选用分接开关;第7章介绍选用分接开关的通用要求;第8章和第9章分别介绍电力变压器和工业变压器(电炉、电解)如何正确地选用分接开关;第10章介绍其他型式变压器(干式、牵引、移相、换流、电抗器)选用分接开关的特点。使用篇是介绍分接开关安装、使用、维修等基本知识;第11章介绍分接开关的安装,着重比较各式安装的优缺点及安装注意事项;第12章介绍分接开关运行状态监控,提出分接开关运行管理的新理念;第13章介绍分接开关定期维护与检修,重点介绍检修的检查及验收试验;第14章介绍分接开关故障与排除,着重介绍产品的改进措施;第15章介绍备品备件与技术服务。

本书既可作为从事分接开关研究、设计、制造和使用运行的专业技术人员的参考书,也可用作高等工科院校电器和电力专业师生的参考教材以及电力、电气、化工、冶金等部门的专业人员的培训教材。

本书编写过程中,承蒙武汉泰普变压器开关有限公司、三门腾龙电器有限公司、遵义长征电器一厂等提供技术资料,得到了上海华明电力设备制造集团开创者肖日明董事长的

鼓励和大力支持，也得到华明集团公司总工程师杨建琴女士和计算室沙贝利工程师以及同仁刘刚、章宏仁、赵育文等诸位先生的帮助。在此一并表示诚挚的谢意。

本书编写时间仓促，且学识水平有限，谬误、欠妥之处在所难免，热忱地欢迎各位专家和读者批评指正。

**张德明**

# 目 录



序言

前言

## 第1篇 分接开关的类型

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| <b>第1章 无励磁分接开关</b> .....                     | 1   |
| 1.1 概述 .....                                 | 1   |
| 1.2 工作原理 .....                               | 3   |
| 1.3 技术要求 .....                               | 4   |
| 1.4 盘形无励磁分接开关 .....                          | 8   |
| 1.5 条形无励磁分接开关 .....                          | 11  |
| 1.6 鼓形和楔形无励磁分接开关 ..                          | 19  |
| 1.7 笼形无励磁分接开关 .....                          | 35  |
| 1.8 筒形(管形)无励磁分接<br>开关 .....                  | 48  |
| <b>第2章 有载分接开关的工作原理与<br/>      技术要求</b> ..... | 57  |
| 2.1 定义与分类 .....                              | 57  |
| 2.2 工作原理 .....                               | 60  |
| 2.3 技术要求 .....                               | 66  |
| 2.4 切换任务 .....                               | 69  |
| 2.5 整定工作位置图 .....                            | 70  |
| <b>第3章 油浸式有载分接开关</b> .....                   | 74  |
| 3.1 概述 .....                                 | 74  |
| 3.2 CM型有载分接开关 .....                          | 74  |
| 3.3 CV型有载分接开关 .....                          | 94  |
| 3.4 R型有载分接开关 .....                           | 105 |
| 3.5 ABB有载分接开关 .....                          | 116 |
| 3.6 ELIN有载分接开关 .....                         | 122 |
| 3.7 CMB和CMD型有载分接<br>开关 .....                 | 125 |
| 3.8 SY□ZZ型简易型有载分接<br>开关 .....                | 133 |
| 3.9 SHZV和SHJV型油浸式<br>真空有载分接开关 .....          | 135 |
| 3.10 VV和VRC型油浸式真空<br>有载分接开关 .....            | 137 |
| <b>第4章 干式有载分接开关</b> .....                    | 141 |
| 4.1 概述 .....                                 | 141 |
| 4.2 柜式真空有载分接开关 .....                         | 141 |
| 4.3 圆筒式真空有载分接开关 .....                        | 146 |
| 4.4 空气型有载分接开关 .....                          | 148 |
| 4.5 电子式有载分接开关 .....                          | 150 |
| <b>第5章 电动机构</b> .....                        | 152 |
| 5.1 概述 .....                                 | 152 |
| 5.2 CMA7型电动机构 .....                          | 152 |
| 5.3 CMA9型电动机构 .....                          | 161 |
| 5.4 ED型电动机构 .....                            | 166 |
| 5.5 SHM—I型电动机构 .....                         | 171 |
| 5.6 ABB的电动机构 .....                           | 174 |
| 5.7 ELIN电动机构 .....                           | 181 |
| 5.8 伞齿轮箱和传动轴 .....                           | 184 |
| <b>第6章 附件</b> .....                          | 186 |
| 6.1 概述 .....                                 | 186 |
| 6.2 分接位置显示器 .....                            | 186 |
| 6.3 分接位置监控器 .....                            | 190 |
| 6.4 自动(电压)控制器 .....                          | 192 |
| 6.5 并联运行控制器 .....                            | 197 |
| 6.6 油室安全保护装置 .....                           | 200 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 6.7 在线净油装置..... | 204 |
|-----------------|-----|

## 第2篇 分接开关的选型

### 第7章 分接开关选型的通用要求 ... 208

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 7.1 有载分接开关选型的通用要求.....  | 208 |
| 7.2 无励磁分接开关选型的通用要求..... | 214 |
| 7.3 有载分接开关订货的技术规范.....  | 215 |
| 7.4 无励磁分接开关订货的技术规范..... | 217 |
| 7.5 分接开关制造厂提供的技术文件..... | 218 |

### 第8章 电力变压器选用分接开关 ... 219

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 8.1 概述.....             | 219 |
| 8.2 分接开关切换参数的选择.....    | 219 |
| 8.3 分接开关绝缘水平的选择.....    | 223 |
| 8.4 电力变压器选用分接开关的实例..... | 233 |
| 8.5 分接绕组的电位连接.....      | 235 |
| 8.6 粗细调分接绕组布置的漏磁感应..... | 247 |

### 第9章 工业变压器选用分接开关 ... 252

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 9.1 概述.....               | 252 |
| 9.2 电炉变压器选用分接开关.....      | 253 |
| 9.3 用于电炉变压器特殊设计的分接开关..... | 272 |
| 9.4 整流变压器选用分接开关.....      | 276 |
| 9.5 用于整流变压器特殊设计的分接开关..... | 288 |

### 第10章 其他型式变压器选用分接

#### 开关特点..... 291

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 10.1 干式变压器选用分接开关特点 .....  | 291 |
| 10.2 牵引变压器选用分接开关特点 .....  | 293 |
| 10.3 移相变压器选用分接开关特点 .....  | 296 |
| 10.4 换流变压器选用分接开关的特点 ..... | 301 |
| 10.5 电抗器选用分接开关的特点 .....   | 303 |

## 第3篇 分接开关的使用

### 第11章 分接开关的安装..... 310

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 11.1 有载分接开关安装方式的确定 .....   | 310 |
| 11.2 无励磁分接开关安装方式的确定 .....  | 314 |
| 11.3 分接开关在变压器上的安装与调试 ..... | 320 |
| 11.4 分接开关在现场安装检查和投运 .....  | 326 |

### 第12章 分接开关运行状态监控..... 331

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 12.1 概述 .....                  | 331 |
| 12.2 分接开关油室压力上升的监视 .....       | 331 |
| 12.3 分接开关油质的监控 .....           | 336 |
| 12.4 有载分接开关运行中的油中溶解气体的分析 ..... | 339 |
| 12.5 分接开关运行负荷的监控 ...           | 343 |
| 12.6 分接开关油室渗漏的监控 ...           | 346 |
| 12.7 分接开关操作的监控 .....           | 347 |
| 12.8 分接开关运行管理 .....            | 349 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第 13 章 分接开关定期维护与检修</b>     |     |
| .....                         | 352 |
| 13.1 分接开关定期维护 .....           | 352 |
| 13.2 分接开关定期检修 .....           | 353 |
| 13.3 检修验收检查与试验 .....          | 355 |
| 13.4 CM 型有载分接开关检修 ...         | 361 |
| 13.5 CV 型有载分接开关检修 ...         | 371 |
| 13.6 无励磁分接开关维护与检修             |     |
| .....                         | 381 |
| <b>第 14 章 分接开关故障与排除</b> ..... | 383 |
| 14.1 分接开关常见的故障特征 ...          | 383 |
| 14.2 电动机构的改进措施 .....          | 384 |
| 14.3 CM 型有载分接开关的改进            |     |
| 措施 .....                      | 386 |
| 14.4 CV 型有载分接开关的改进            |     |
| 措施 .....                      | 389 |
| 14.5 分接开关制造技术和质量              |     |
| 水平的提高 .....                   | 391 |
| 14.6 无励磁分接开关的改进               |     |
| 措施 .....                      | 393 |
| <b>第 15 章 备品备件及技术服务</b> ..... | 398 |
| 15.1 备品备件 .....               | 398 |
| 15.2 技术服务 .....               | 400 |
| 15.3 注意事项 .....               | 402 |
| <b>参考文献</b> .....             | 403 |

# 第1篇 分接开关的类型

电压是电力系统中一个重要的质量指标。由于发电和耗电不可能保持平衡，电压的波动是不可避免的，为稳定电网电压、联络电网、调节负荷潮流，就需要对变压器进行电压的调节。

变压器调压主要是改变分接绕组的抽头位置来实现的。连接和切换变压器分接抽头装置，通常采用分接开关。

切换分接抽头必须将变压器从网中切除，即不带电切换调压，称为无励磁调压，所采用的分接开关称为无励磁分接开关。无励磁调压范围小，调压必须停电，且停电时间较长，既影响生产，又不具有随时可调性，这是无励磁调压的主要缺点。但无励磁分接开关结构简单，价格便宜。

切换分接抽头不须将变压器从网路中切除，即带负载切换调压，称为有载调压，所采用的分接开关称为有载分接开关。有载调压范围大，调压速度快，又有随时可调性。且有载分接开关可手动操作或电动操作，也能遥控电动操作，便于自动化管理。

## 第1章 无励磁分接开关

无励磁分接开关主要适用在无励磁调压的电力变压器和配电变压器上。例如，升压的电力变压器、三圈电力变压器的中压绕组负载有着显著变化和线路末端电压较为稳定的配电变压器大都采用无励磁调压方式。除非不得已时，这类无励磁调压变压器一般很少调换分接头改变其电压比。

无励磁分接开关也适用在无励磁调压的工业变压器上，尤其在冶炼的小型电炉变压器。为了节约投资，允许采用简易型电动无励磁分接开关作为调压手段。

### 1.1 概述

#### 1.1.1 分类和标志代号

1. 按结构方式分类 共分五类，五类结构方式的标志代号见表 1-1。
2. 按调压方式分类 分为线性调压（Y 联结或 D 联结）、正反调压（Y 联结或 D 联

结)、单桥跨接(中部调压)、双桥跨接、Y/D转换和串并联转换六种<sup>⊙</sup>。

3. 按调压部位分类 分为中性点调压、中部调压和线端调压三类<sup>⊙</sup>。

表 1-1 无励磁分接开关结构方式分类

| 结构方式 | 鼓形                                              | 笼形                                         | 盘形                                       | 条形                                   | 筒形(管形)                                   |
|------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| 结构特征 | 分接引线柱沿圆周方向均布,并置于一个绝缘筒内。动触头有滚动式和楔形两种。用于高压、大电流的场合 | 分接端子分布在笼式绝缘杆上。触头结构多为夹片式(或滚动式)。有立式和卧式两种安装方式 | 分接端子分布在一个圆形盘上,立式布置,工作电流不为大。触头结构多为夹片式或滚动式 | 分接端子分布在一条直线上。触头结构一般为夹片式。有立式和卧式两种安装方式 | 在笼形分接开关上引进了纯滚动的动触头,使笼形开关具备鼓形分接开关触头与操作的特点 |
| 代号   | G                                               | L                                          | P                                        | T                                    | C                                        |

表 1-2 无励磁分接开关调压方式和调压部位的标志代号

| 调压方式<br>结构方式 | 线性调压 | 单桥跨接<br>中部调压 | 中性点<br>调压 | 正反调压 | Y/D转换 | 双桥跨接 | 串并联<br>转换 |
|--------------|------|--------------|-----------|------|-------|------|-----------|
| 盘形分接开关       | I    | II           | III       | —    | —     | —    | —         |
| 条形分接开关       | —    | II           | III       | —    | —     | —    | —         |
| 鼓形分接开关       | I    | II           | —         | VI   | IV    | III  | V         |
| 笼形分接开关       | IV   | V            | —         | II   | VI    | VII  | VIII      |
| 筒形分接开关       | I    | II           | —         | VI   | IV    | III  | V         |

4. 按相数分类 分为三相(代号 S)、单相(代号 D)和特殊设计的两相(代号 L);三个单相无励磁分接开关组合可由一个操动机构的机械联动。

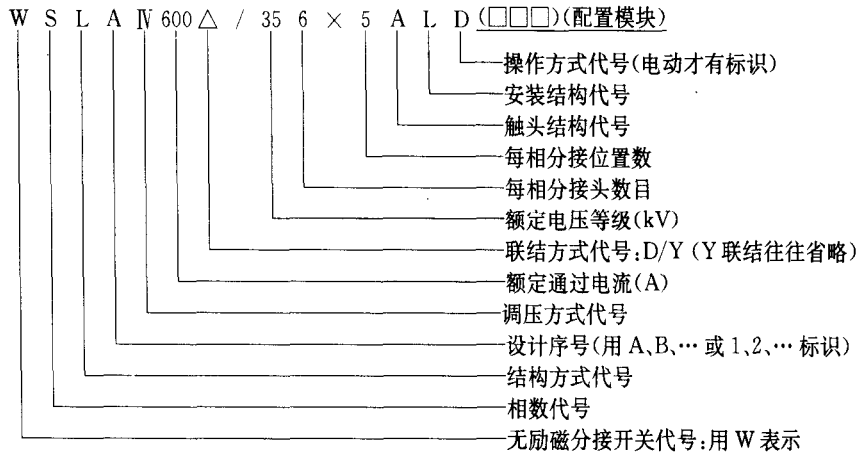
5. 按操动方式分类 分为手动操作(无标识)和电动操作(代号 D)两类;电动操作按其电动机与分接开关联结方式分为复合式(头部电动)和分开式(箱壁安装)两种。

6. 按安装结构分类 分为立式(L)和卧式(W)两种。

7. 按安装方式分类 分为箱顶式(又称为连箱盖或平顶式)和钟罩式两种。

8. 按触头结构分类 夹片式(代号 A)、滚动式(代号 B)和楔形式(代号 C)。

1.1.2 型号含义



注：1. 型号标志中各代号含义见“分类和标志代号”的条款。对于某特定结构方式的无励磁分接开关，若采用单一的触头结构或安装结构，就不需要“代号”的标识。  
2. 配置模块每一方框按顺序由操作方式、安装方式、出线方式三要素结合，见第 11.2 节标识介绍。

⊙ 调压方式和调压部位的标志代号见表 1-2。

## 1.2 工作原理

无励磁分接开关调压的基本原理：在变压器绕组中引出若干分接头并与它连接，在变压器无励磁的情况下，通过手动或电动操作，由一个分接头转换到相邻的另一分接头，以改变绕组的有效匝数，即改变其变压器的电压比，从而实现调压的目的。

无励磁分接开关在变压器无励磁的情况下转换分接头，就需要调压电路。无励磁调压电路按不同的调压方式分为六种，如图 1-1 所示。

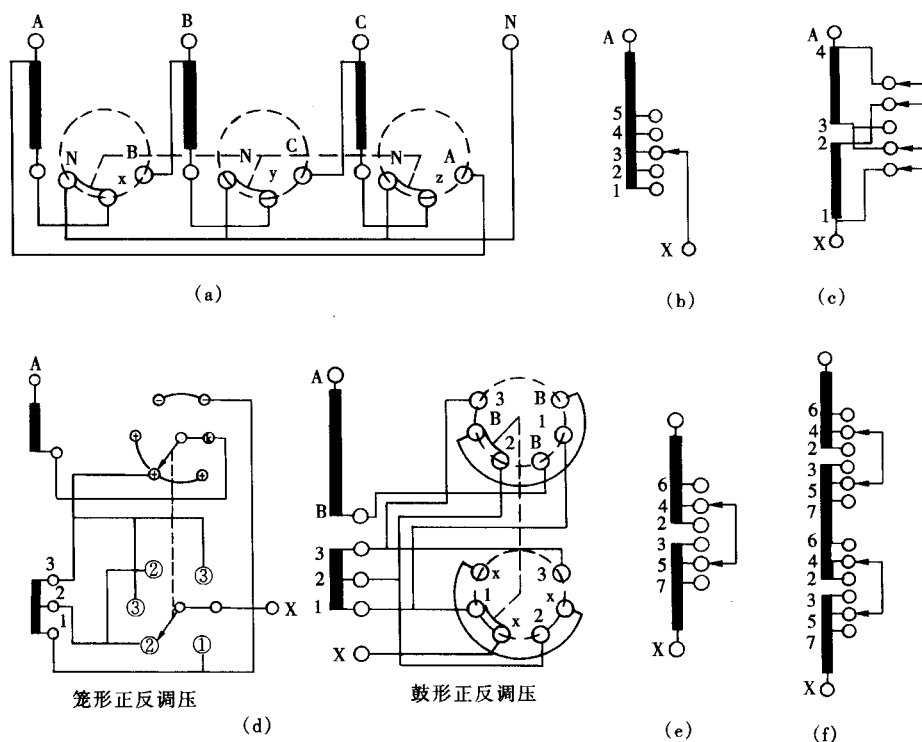


图 1-1 无励磁分接开关的基本接线图

(a) Y/D 转换；(b) 线性调压；(c) 串并联转换；(d) 正反调压；(e) 单桥跨接；(f) 双桥跨接

### 1.2.1 线性调压

线性调压为基本绕组加上线性调压绕组，调压范围一般为 10%。通常适用于电压为 35kV 及以下配电变压器或电力变压器的无励磁调压。

### 1.2.2 正反调压

正反调压为基本绕组可正接或反接的调压绕组。在相同的调压绕组上，调压范围增加了一倍。或在相同的调压范围下，可减少调压绕组抽头数目。一般适用于电力变压器或配电变压器的无励磁调压。

### 1.2.3 单桥跨接

单桥跨接实质上就是中部调压电路，也是无励磁调压常用的调压方式。主要适用于电

力变压器或工业变压器的无励磁调压。

#### 1.2.4 双桥跨接

双桥跨接实质上不是中部并联调压方式，适用于容量较大电力变压器或工业变压器的无励磁调压。

#### 1.2.5 Y/D 转换

#### 1.2.6 串并联转换

Y/D 转换、串/并联转换的调压方式主要用于调节变压器的容量。因此，适用于工业变压器或需要调节容量电力变压器的无励磁调压。

### 1.3 技术要求

无励磁分接开关应符合 IEC60214—1 (2003) 和 GB10230.1 (2005) 《分接开关 第1部分：性能参数和试验方法》第7章的技术要求。

#### 1.3.1 使用条件

1. 无励磁分接开关的环境温度 见表 1-3。

表 1-3 无励磁分接开关的环境温度

| 无励磁分接开关环境 | 温 度 /℃ |     |
|-----------|--------|-----|
|           | 最 低    | 最 高 |
| 空 气       | -25    | 40  |
| 油 (或液体)   | -25    | 100 |

2. 电动机构的环境温度 最低温度为-25℃，最高温度为40℃。

#### 1.3.2 额定值

(1) 额定通过电流 (A) 20、63、125、250 (300)、400、630、800、1000、1250、1600、2000。

(2) 额定电压 (kV) 10 (15)、35、60、110 (150)、220、330。

(3) 额定级电压 (V) 也可用调压精度 (%) 表示。

(4) 额定调压范围 电力变压器 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2 \times 2.5\%$ 、 $\pm 3 \times 2.5\%$ 、 $\pm 4 \times 2.5\%$ ；工业变压器 $\geq 10\%$ 。

(5) 分接位置数 电力变压器为3、5、7、9；工业变压器大于等于7。

(6) 额定频率 (Hz) 50 (60)。

(7) 相数 无励磁分接开关本身结构的相数，一般有三相和单相，“1+2 相”或特殊设计的两相。

(8) 额定绝缘水平 主要指无励磁分接开关主绝缘（对地绝缘）和纵绝缘（内部绝缘）的冲击和工频试验电压的耐受值。无励磁分接开关额定绝缘水平与变压器调压绕组绝缘水平的要求相同。

若用户对额定值有特殊要求时，另行协议。

1.3.3 性能要求

1. 触头接触压力 无励磁分接开关动触头与定触头之间的接触压力增大，则接触电阻减小。但压力过分增大，不会使接触电阻继续降低，而使转动力矩相应增加。因此，一般要求接触压力为 25~50N。

用专用的测压计或弹簧秤来测量。测量的触头最小接触压力是在触头串联的信号灯熄灭时，或动、定触头间放置的厚度小于 0.1mm 的塞片能自由活动时的分离力。

2. 触头接触电阻 触头的接触方式理论上分为点接触、线接触和面接触三种。实际上，在动、定触头间仅有几处接触。接触电阻与接触压力、触头材料、触头表面平整度以及接触面积有关，一般应保证小于 350μΩ。

用电桥法或电压降法来测量。若用电压降法测量时，电流应小于额定通过电流的1/3。测量前应对无励磁分接开关进行 1~3 个操作循环的分接变换。

3. 触头温升 连续载流触头在通以 1.2 倍最大额定通过电流下，对周围环境的温升应不超过表 1-4 中规定值。

| 表 1-4 无励磁分接开关的触头温升限值 |         |           |
|----------------------|---------|-----------|
| 触 头 材 料              | 空 气 中/K | 油（或液体）中/K |
| 裸 铜                  | 25      | 15        |
| 表面镀银的铜/合金            | 40      | 15        |
| 其 他 材 料              | 协 商     | 15        |

注 上述数值低于有载分接开关，其目的是为了防止触头长期停留在一个位置上，因热裂化生成碳的生成物。在 1.2 倍最大额定通过电流下的 15K 温升值近似于 1.0 倍最大额定通过电流下的 11K 温升值。

4. 转动力矩 无励磁分接开关的转动力矩规定见表 1-5。

| 表 1-5 无励磁分接开关的转动力矩 |       |         |         |          |
|--------------------|-------|---------|---------|----------|
| 额定通过电流/A           | 20~63 | 125~250 | 400~500 | 630~1250 |
| 转动力矩/N·m           | ≤5    | ≤10     | ≤15     | ≤20      |

转动力矩是用扭转计法或间接法从分接开关转轴上或操动机构的手柄处测量的。用间接法时，把弹簧钩住手柄，将弹簧秤测出的力 F 乘以臂长 L 即可。

5. 抗短路能力 所有连续载流的各式触头，都应承受每次持续时间为 2s（±10%）的短路电流试验。

三次试验中每次的起始峰值电流应为额定短路电流方均根值（有效值）的 2.5（±5%）倍。

当无波形定点合闸装置时，增大短路试验电流方均根值，以使三次试验均能得到所要求的峰值电流，减少试验的持续时间为  $t \leq 2/n^2$ （n 为试验电流增加的倍数）。

施加的短路试验电流值应符合图 1-2 的规定。

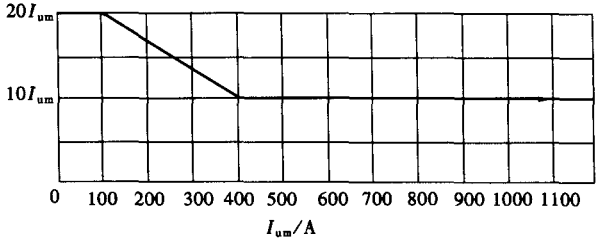


图 1-2 用最大额定通过电流倍数表示的短路试验电流

6. 机械寿命 手动操作的无励磁分接开关机械寿命大于 10000 次, 带电动机构的无励磁分接开关机械寿命大于 10 万次。此外, 无励磁分接开关应在  $-25^{\circ}\text{C}$  下进行 100 次操作<sup>①</sup>。

7. 密封性能 无励磁分接开关所有密封件和密封部位应能耐受住 60kPa 的压力及真空试验。密封试验通常采用油柱静压法或泵压法进行。型式试验: 油温  $90^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 、压力 60kPa、24h; 出厂试验: 室温的油、压力 200kPa、5min。

8. 绝缘性能 无励磁分接开关绝缘要求与其所连接的变压器绕组有关。

对于 1 类 (用于绕组中性点) 无励磁分接开关的对地绝缘, 或 2 类 (用于绕组除中性点外的其他位置) 无励磁分接开关的对地绝缘和相间绝缘, 其绝缘水平应符合表 1-6 规定的要求。

对于无励磁分接开关的内部绝缘水平, 在下述绝缘部位上所进行的雷电冲击 (全波与截波) 和外施 1min 交流工频的电压试验来验证。每一特定结构方式的无励磁分接开关, 应给出其内部绝缘水平值; 对于配电变压器或电力变压器, 无励磁分接开关内部水平见表 1-7。

(1) 雷电冲击试验 试验波形应采用符合 GB/T16927.1 标准规定的  $1.2/50\mu\text{s}$  与  $2\sim6\mu\text{s}$  (若要求时) 标准冲击波。每项试验应按规定的电压值, 正、负极性各冲击三次。

表 1-6 无励磁分接开关的对地 (或相间) 绝缘水平

| 电压等级<br>/kV | 设备最高<br>工作电压<br>/kV<br>(有效值) | 额定雷电冲击耐受电压/kV（峰值） |      |           |      | 工频耐受电压<br>/kV（有效值 1min） |     | 额定操作<br>冲击耐受<br>电压/kV<br>（峰值） |
|-------------|------------------------------|-------------------|------|-----------|------|-------------------------|-----|-------------------------------|
|             |                              | 全波（1.2/50μs）      |      | 截波（2~6μs） |      |                         |     |                               |
|             |                              | 对 地               | 相 间  | 对 地       | 相 间  | 对 地                     | 相 间 |                               |
| 10          | 12                           | 75                | 75   | 85        | 85   | 35                      | 35  |                               |
| 15          | 17.5                         | 105               | 105  | 115       | 115  | 45                      | 45  |                               |
| 35          | 40.5                         | 200               | 200  | 220       | 220  | 85                      | 85  |                               |
| 66          | 72.5                         | 325               | 325  | 360       | 360  | 140                     | 140 |                               |
| 110         | 126                          | 480               | 480  | 530       | 530  | 200                     | 200 |                               |
| 150         | 170                          | 750               | 750  | 865       | 865  | 325                     | 325 |                               |
| 220         | 252                          | 950               | 950  | 1050      | 1050 | 395                     | 395 | 750                           |
| 330         | 363                          | 1175              | 1175 | 1300      | 1300 | 510                     | 510 | 950                           |
| 500         | 550                          | 1550              | 1550 | 1675      | 1675 | 680                     | 680 | 1175                          |

(2) 操作冲击试验 本试验适用于  $U_m=245\text{kV}$  及以上的 2 类无励磁分接开关。试验应是在无励磁分接开关带电部分与接地部分之间进行。冲击波形按 GB/T16927.1 规定为  $250/2500\mu\text{s}$ 。每项试验应在要求的电压下正、负极性各冲击三次。

(3) 外施交流耐压试验 采用符合 GB/T16927.1 标准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 60s。

① IEC60214.1 (2003) 标准规定寿命指标较低: 手动操作 2000 次, 电动操作 2 万次。这里采用行业标准 (JB) 的寿命指标, 较适合国情。

表 1-7 配电变压器和电力变压器配用无励磁分接开关内部绝缘水平

| 电压等级<br>/kV | 调压部位及调压范围        | 雷电全波冲击 1.2/50μs/kV |                       | 工频耐压/kV (有效值 1min) |                       |
|-------------|------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
|             |                  | 首末触头间 (a)          | 触头间 (a <sub>0</sub> ) | 首末触头间 (a)          | 触头间 (a <sub>0</sub> ) |
| 10          | 中性点调压±5%         | —                  | —                     | 10                 | 10                    |
|             | 中部调压±5%, ±2×2.5% | —                  | —                     | 18                 | 18                    |
| 35          | 中性点调压±5%         | —                  | —                     | 35                 | 12                    |
|             | 中部调压±5%, ±2×2.5% | 200                | 90                    | 95                 | 30                    |
| 66          | 中部调压±5%, ±2×2.5% | 325                | 150                   | 140                | 45                    |
| 110         |                  | 480                | 175                   | 200                | 55                    |
| 220         |                  | —                  | 285                   | —                  | 90                    |

(4) 局部放电试验 只对设备最高电压  $U_m$  为 126V 及以上的 2 类无励磁分接开关进行本试验 (1 类无励磁分接开关, 不要求进行试验), 试验应在无励磁分接开关的带电部分与接地部分之间进行。

无励磁分接开关制造厂应给出其试验接线图。采用符合 GB/T 16927.1 规定的单相交流电压进行试验。试验电压应为:

- 1) 在不大于  $U_2/3$  的电压下接通电源。
- 2) 上升到  $1.1U_m/\sqrt{3}$ , 保持 5min。
- 3) 上升到  $U_2$ , 保持 5min。
- 4) 上升到  $U_1$ , 保持 1min。
- 5) 试验后立刻不间断地降低到  $U_2$ , 并至少保持 60min (对于  $U_m \geq 300kV$ ) 或 30min (对于  $U_m < 300kV$ ), 以便测量局部放电。

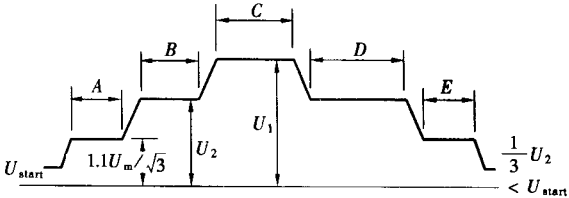


图 1-3 施加试验电压的时间顺序

- 6) 降低到  $1.1U_m/\sqrt{3}$ , 保持 5min。
  - 7) 当电压降低到  $U_2/3$  以下时, 方可切断电源。
- 图中:  $A=5min$ ;  $B=5min$ ;  $C=1min$ ;  $D \geq 60min$  (对于  $U_m \geq 300kV$ ) 或  $30min$  (对于  $U_m < 300kV$ );  $E=5min$

试验的持续时间应按图 1-3 所示。  
在施加试验电压的整个期间, 应监测局部放电量。  
对地电压值应为

$$U_1 = U_m$$
$$U_2 = 1.5U_m/\sqrt{3}$$

背景噪声水平应低于 25pC。  
局部放电的观察和评估应按如下所述 (更详细资料见 GB 1094.3 的附录 A 和 GB/T 7354)。

在施加试验电压的前后, 应记录所有测量通道上的背景噪声水平。

- 1) 在电压上升到  $U_2$  及再由  $U_2$  下降的过程中, 应记录可能出现的起始电压和熄灭电压。应在  $1.1U_m/\sqrt{3}$  下测量视在电荷量。
- 2) 在电压  $U_2$  的第一阶段中应读取并记录一个读数。对该阶段不规定其视在电荷量值。