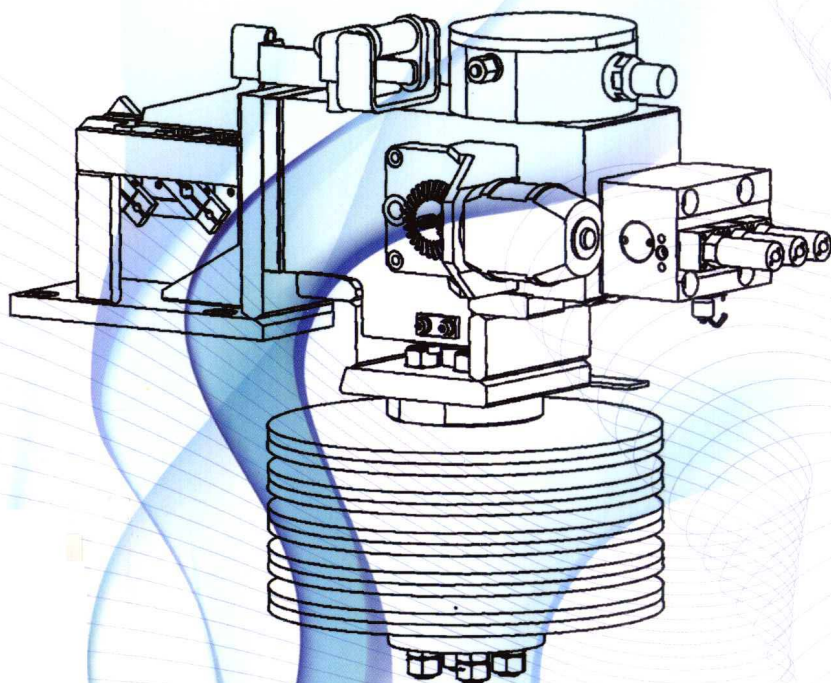


液压操纵机构的设计与应用

陈保伦 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

液压操纵机构的设计与应用

陈保伦 编著



机械工业出版社

断路器作为电力系统中最重要的控制元件、它的智能化是坚强智能电网建设的重要保障,而操动机构的机械动作的稳定性和可控操动,又是断路器智能化的基础。本书介绍了液压操动机构应遵循的标准,高压断路器对液压操动机构的要求和术语解释,液压操动机构常用的液压流体力学的基础知识;介绍了液压操动机构常用元器件,包括液压泵、液压缸、电磁阀、换向阀、单向阀、蓄能器、工作介质、密封件及液压附件等的基本原理、主要性能参数、必要的设计计算和选用原则;介绍了液压操动机构的结构、原理、设计和制造要点;有代表性的进口和国产液压操动机构的结构、原理;结合应用对液压操动机构在运行中常见的故障及诱发原因进行了分析,给出了解决方法;最后对智能电网建设中断路器操动机构的新增功能要求进行了探讨。

本书主要供断路器液压操动机构的设计制造人员和高压断路器生产制造单位、电力系统运行检修单位的相关人员使用,也可供大专院校、研究单位的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压操动机构的设计与应用/陈保伦编著. —北京:机械工业出版社, 2011.4

ISBN 978-7-111-34216-8

I. ①液… II. ①陈… III. ①断路器-液压操纵机构-基本知识
IV. ①TM561

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第071012号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:赵 任 责任校对:陈延翔

封面设计:路恩中 责任印制:乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·373千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34216-8

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010) 88379733

社服务中心:(010) 88361066

网络服务

销售一部:(010) 68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

目前,在我国提出建设智能化电网的要求后,电力系统高电压电网的建设速度加快,断路器作为电力系统中最主要的控制元件,它的智能化是坚强智能电网建设的主要保障。操动机构的机械动作的稳定性和可控操动,是断路器智能化的基础。液压操动机构的出力特性和断路器的负载特性匹配较好、动作快、反应灵敏、输出功大、免运行维护、操作噪声小、易于实现自动化和智能化、可靠性高。这些优点使其成为对操作功需求较大的高压领域的配用机构、超高压和特高压断路器领域的首选配用机构。目前,国产的高压断路器与国外同类产品相比较,电气性能相对稳定,但机械性能较差。根据近年来统计显示故障总数大于60%为操动机构故障,因此国产高压断路器故障以操动机构故障居多。电力系统的高压断路器,尤其是超高压断路器多用液压操动机构,在现场运行时经常出现各种机械故障(如拒合、拒分、频繁打压、漏油等)。对于液压机构无论是用碟簧储能还是氮气储能,设计和制造出高稳定性、高可靠性的智能化断路器用液压操动机构是生产厂商的责任和目标。

国内外各大开关厂都在生产液压机构,日本的三菱、日立、东芝、富士等公司;欧洲的西门子、ABB、阿海珐等公司;国内的西开、平高、沈高等厂家生产的液压操动机构各具特色,其工作原理相近但各有特点,具体结构差异很大。因此,对于现场运行和检修人员,为了能够正确判断和处理液压操动机构的故障,了解和掌握各种断路器的液压操动机构的工作原理、设计制造过程和运行检修的要求是十分重要的。

断路器的性能在很大程度上取决于其配用的操动机构,液压操动机构首先要满足断路器及其相关标准的要求。本书第1章介绍了高压断路器对液压操动机构的相关要求和术语解释及应遵循的相关标准。第2章对液压传动的基本理论进行了分析和介绍。第3章对液压操动机构所用液压元件的典型结构及其符号进行了分析,目的是使读者了解各种元件结构,便于交流,更好地设计制造和选用。第4章论述了液压操动机构的设计及制造,即设计要点、液压传动系统动态特性近似计算及优化设计,对制造过程中液压操动机构的污染防治作了介绍。第5章对电网中运行的高压断路器配用液压操动机构的机械故障进行了统计分析,指出了其影响因素。并且还介绍了液压操动机构的运行及检修,结合实例对各种故障的处理和检修进行了论述。第6章对智能电网建设中对断路器液压操动机构智能化的要求作了探讨和简要介绍。

本书是作者长期从事断路器液压操动机构的研究和设计开发工作,在总结国内外一些最新研究成果和先进理念的基础上,结合实践经验的总结,前后历时4年多编写整理完成。希望本书能对断路器及其操动机构制造厂的设计、工艺、检验等技术人员、技术工人,送变电

和供电部门的安装、现场运行调试及检修人员，高校和研究所相关专业师生和技术人员有所帮助，其不足之处希望专家们给予批评指正。

本书在写作过程中得到了浙江大学丁凡教授、西开电气正高级工程师张猛同志、机械工业出版社林春泉老师的大力支持与帮助，在书稿的编写过程中他们提出了很多宝贵的参考意见，在此对他们为本书所做出的帮助表示衷心的感谢。

本书在写作过程中参考了大量的文献资料，将所引用的资料尽可能地列在书后的参考文献中，但难免有所遗漏，在此特向被漏列参考文献的作者表示歉意，并向所有作者表示诚挚的感谢。

作者

2011.3 于西安

目 录

前言

第1章 断路器机械操作术语及其对

操动机构的相关要求..... 1

1.1 概述 1

1.2 断路器机械操作相关术语 2

1.2.1 断路器相关术语解释 2

1.2.2 断路器机械操作术语 3

1.2.3 特性参量 5

1.3 对操动机构的相关要求 7

1.3.1 使用环境要求 7

1.3.2 替代的操动机构 9

1.3.3 六氟化硫断路器操动机构应满足的要求 10

1.3.4 型式试验要求 18

1.4 液压操动机构应遵循的相关标准 19

第2章 液压传动概述..... 21

2.1 液压传动的定义、系统组成及工作原理 21

2.1.1 液压传动的定义 21

2.1.2 液压传动的系统组成 21

2.1.3 工作原理 21

2.1.4 液压传动的基本特征 22

2.2 液压传动的工作介质 23

2.2.1 液压传动的工作液体应具有的基本性质 23

2.2.2 液压油液的物理性质 27

2.2.3 液压油液的分类和选用 29

2.3 液压流体力学 31

2.3.1 液体静力学 31

2.3.2 液体动力学 33

2.4 液体流动时的压力损失 37

2.4.1 基本概念 37

2.4.2 液体流动时的运动状态 37

2.4.3 沿程压力损失 39

2.4.4 局部压力损失 40

2.4.5 管路系统中的总压力损失与压力效率 40

2.5 孔口和缝隙流动 40

2.5.1 孔口液流特性 40

2.5.2 缝隙液流特性 42

2.5.3 流经平行圆盘间隙径向流动的流量 43

2.5.4 圆锥状环形间隙流动 43

2.6 空穴现象和液压冲击 44

2.6.1 油液的空气分离压和饱和蒸气压 44

2.6.2 空穴现象举例 44

2.6.3 液压冲击 45

第3章 液压元件及其符号 47

3.1 液压泵及液压泵电动机 47

3.1.1 液压泵的工作原理及特点 47

3.1.2 液压泵的主要性能参数 47

3.1.3 功率和效率 48

3.1.4 液压泵的噪声 49

3.1.5 液压泵分类 49

3.1.6 液压泵电动机 49

3.1.7 径向柱塞泵实例计算 50

3.2 液压缸 52

3.2.1 双作用单活塞杆常充压差动式液压缸的速度及推力计算 52

3.2.2 液压缸缓冲器 53

3.3 液压控制阀 59

3.3.1 压力控制阀 59

3.3.2 节流阀 70

3.3.3 方向控制阀 76

3.4 蓄能器 86

3.4.1 蓄能器的工作原理、分类和结构 86

3.4.2 蓄能器参数的计算与应用 90

3.5 压力继电器及压力表 95

3.5.1 概述 95

3.5.2 压力继电器的分类与性能要求 95

3.5.3 典型结构与工作原理 96

3.5.4 压力表及压力表保护阀 99

3.6 油箱及附件	101	4.4.1 概述	173
3.6.1 油箱	101	4.4.2 Easy5 产品概述	174
3.6.2 液位液温计	103	4.5 液压操动机构污染防治	183
3.6.3 液压空气滤清器	103	4.5.1 油液(颗粒)清洁度	183
3.6.4 卡套式管接头	103	4.5.2 水分污染	186
3.6.5 微型测压接头	105	4.5.3 液压操动机构液压系统污染 防治	187
3.6.6 滤油器	106	4.5.4 防止空气的混入	189
3.7 液压操动机构常用液压图形符号	107	第5章 液压操动机构运行及检修	191
3.8 机械传动机构	110	5.1 液压机构的结构原理	191
3.8.1 机构的构件、运动副及其分类	111	5.1.1 液压机构的结构原理图	191
3.8.2 运动副是怎样限制和约束构件的 自由运动的	124	5.1.2 国产液压机构	198
第4章 液压操动机构设计及制造	156	5.2 电气控制原理及接线图	204
4.1 液压操动机构及其分类	156	5.2.1 电气控制原理图的画法及规定	204
4.2 设计要点	157	5.2.2 电气控制原理	204
4.2.1 明确设计依据,进行工况分析	157	5.2.3 配线技术要求	208
4.2.2 拟定液压系统结构原理方案	158	5.2.4 二次元件选用	210
4.2.3 总体设计	158	5.3 典型液压机构使用说明及常见故障 分析和解决措施	217
4.2.4 密封结构设计	159	第6章 断路器液压操动机构智能化及 液压操动机构的发展动向	230
4.3 液压传动系统动态特性近似计算	170	6.1 断路器液压操动机构的智能化	230
4.3.1 液压缸活塞运行速度的近似 计算	170	6.2 液压操动机构的发展动向	233
4.3.2 阀系统动作时间的近似计算	171	参考文献	234
4.3.3 电磁铁动作时间的近似计算及 减少电磁铁动作时间的措施	172		
4.4 液压传动系统优化设计	173		

第 1 章 断路器机械操作术语及其对操动机构的相关要求^[1,2,3,4,5]

1.1 概述

1. 操动机构的分类

(1) 按传动介质分类

可分为电动机构、手动机构、气动机构、液压机构、弹簧机构、电磁机构、永磁机构、爆炸机构等多种类型。操动机构的输出特性、力和行程的关系或力矩和输出轴转角的关系，应和断路器的负载特性有适当的配合。不同的操动机构其分合闸动力的输出特性，即输出力和行程的关系是不相同的。液压机构又分为纯液压传动、液压和机械混合传动两种形式，纯液压传动形式常用于单断口断路器中，液压和机械混合传动形式多用于多断口断路器或需变换运动方向的场合。

(2) 按用途分类

可分为断路器用操动机构和隔离开关、接地开关、负荷开关等高压开关电器类用操动机构两大类。按断路器使用标准的不同又分为交流高压断路器（GB 1984）、高压交流发电机断路器（GB/T 14824）和串联电容器用旁路开关（GB/T XXXX 报批稿）用操动机构三大类。本书主要介绍交流高压断路器用液压操动机构，其余用途的液压操动机构和此大同小异，可触类旁通。作为电网主要保护和控制元件的高压断路器，其动作可靠性是极为重要的。要求断路器在技术条件规定的各种自然环境、各种线路条件下都能可靠地开合电路；要求断路器具有一定的机械寿命和电气寿命。断路器操动机构的主要作用是带动动触头合或分。

断路器的拒分、拒合及误动作都会给电力系统带来巨大的损失。据国际大电网会议及国家电网的调查，操动机构出问题是造成断路器故障的主要原因，因此提高操动机构的可靠性有很重要的意义。

在高压断路器中大都采用弹簧操动机构、气动操动机构或液压操动机构三种类型的操作机构。液压操动机构是利用液压油为工作介质来传递动力的操动机构，断路器用储能式液压操动机构在操作功较大的场合应用尤为普遍^[6]。

断路器操动机构的类型及特点见表 1-1。

表 1-1 断路器操动机构的类型及特点^[7]

类 型	基 本 特 点	适 用 范 围
弹簧操动机构	结构简单、制造工艺要求适中、体积小、操作噪声小、对环境无污染、耐气候条件好、免运行维护、可靠性高 出力特性和断路器负载特性匹配较差，合理设计非常重要，对反力敏感 输出功较小，制造大输出功弹簧机构会强化冲击和振动且成本升高很快	10 ~ 35kV 断路器、126 ~ 252kV 自能式灭弧室高压六氟化硫断路器。国外有用于 550kV 自能式灭弧室高压六氟化硫断路器的产品

(续)

类 型	基 本 特 点	适 用 范 围
气动操动机构	一般为气动分闸,弹簧合闸。用压缩空气作为贮能和传动介质,介质惯性小 动作快、反应灵敏、输出功大、环境温度对机械特性的影响较小、结构稍复杂、制造工艺要求适中,表面处理工艺要求高 出力特性和断路器负载特性匹配较好,对反力不敏感 操作噪声大、对气源质量要求非常高	126 ~ 550kV 压气式灭弧室高压六氟化硫断路器
液压操动机构	用氮气或磷赞作为贮能介质、用液压油作为传动介质,容易获得高压力 动作快、反应灵敏、输出功大、免运行维护、操作噪声小、可靠性高 出力特性和断路器负载特性匹配较好,对反力不敏感 环境对机械特性的影响稍大、结构复杂、制造工艺及材料的要求很高	126 ~ 1100kV 压气式灭弧室高压六氟化硫断路器

2. 对适用范围的说明

据日本电气学会统计分析,这三种操动机构的操作功和制造成本的关系如图 1-1 所示。所以在高压断路器中,弹簧操动机构广泛用于操作功较小的各种自能式和半自能式灭弧室中,尤其是在 126 ~ 252kV 这个电压等级中弹簧操动机构以其众多的优点而成为首选机构。252kV 及以上电压等级压气式灭弧室由于操作功较大而很少采用弹簧操动机构,主要采用气动操动机构和液压操动机构。

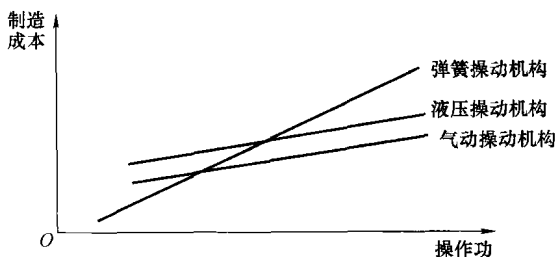


图 1-1 操动机构操作功和制造成本的关系

1.2 断路器机械操作相关术语

1.2.1 断路器相关术语解释

(1) 断路器——能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流，并能关合、在规定的时间内承载和开断异常回路条件（如短路条件）下的电流的机械开关装置。按照机械寿命的不同分为 M1 级和 M2 级断路器。

(2) M1 级断路器——一种具有基本的机械寿命（2000 次操作的机械型式试验）的断路器。

(3) M2 级断路器——用于特殊使用要求的、频繁操作的和设计要求非常有限的维护且通过特定的型式试验（具有延长的机械寿命的断路器，机械型式试验为 10000 次操作）验证的断路器。

(4) 极限短路分断能力——指在一定的试验参数（电压、短路电流、功率因数）条件下，经一定的试验程序，能够接通、分断短路电流，经此通断后，不再继续承载其额定电流的分断能力。它的试验程序为 O—t—CO，“O”为分断，“t”为间歇时间，一般为 3min，

“CO”表示接通后立即分断。

(5) 运行短路分断能力——指在一定的试验参数（电压、短路电流和功率因数）条件下，经一定的试验程序，能够接通、分断短路电流，经此通断后，还要继续承载其额定电流的分断能力，它的试验程序为 $O-t-CO-t-CO$ ，“O”为分断，“t”为间歇时间，一般为3min，“CO”表示接通后立即分断。

(6) 短时耐受电流——指在一定的电压、短路电流、功率因数下，耐受0.05s、0.1s、0.25s、0.5s或1s而断路器不允许脱扣的能力，短时耐受电流是在短延时脱扣时，对断路器的电动稳定性和热稳定性的考核指标。

选择断路器依据的一个重要原则是断路器的短路分断能力 $\geq$ 线路的预期短路电流，这个断路器的短路分断能力通常是指它的极限短路分断能力。

(7) 防跳跃装置——在合一分操作后，只要其起动合闸的装置保持在供合闸的位置就能防止重合闸的装置。

(8) 控制回路——包含在开关装置的合闸操作和分闸操作所用的回路中的开关装置的所有导电部分（除主回路外）。

1.2.2 断路器机械操作术语（见图1-2～图1-7）

(1) 操作——动触头从一个位置转换至另一个位置的动作过程。

(2) 分（闸）操作——开关从合位置转换到分位置的操作。

(3) 合（闸）操作——开关从分位置转换到合位置的操作。

(4) “合分”操作——开关合后，无任何有意延时就立即进行分的操作。

(5) 自动重合（闸）操作——开关分后经预定时间自动再次合的操作。

(6) 操作循环——从一个位置转换到另一个装置再返回到初始位置的连续操作；如有多位置，则需通过所有的其他位置。

(7) 操作顺序——具有规定时间间隔和顺序的一连串操作。

(8) 关合（接通）——用于建立回路通电状态的合操作。

(9) 开断（分断）——在通电状态下，用于回路的分操作。

(10) 自动重关合——在带电状态下的自动重合（闸）操作。

(11) 开合——开断和关合的总称。

(12) 短路开断——对短路故障电流的开断。

(13) 短路关合——对短路故障电流的关合。

(14) 近区故障开断——对近区故障短路电流的开断。

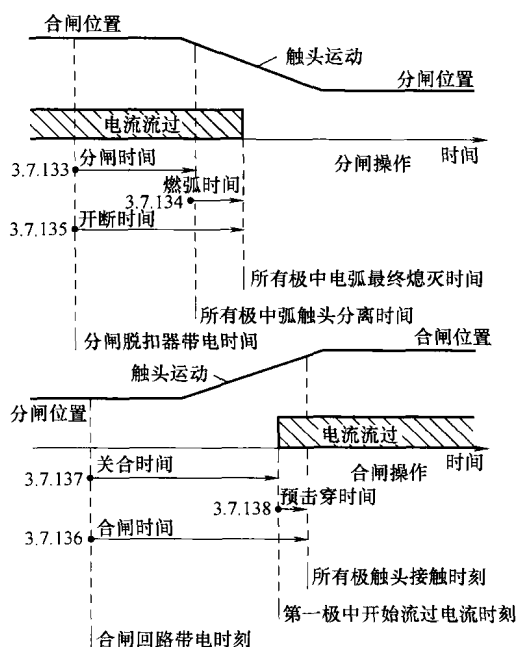


图1-2 没有开合电阻的断路器的分闸和合闸操作

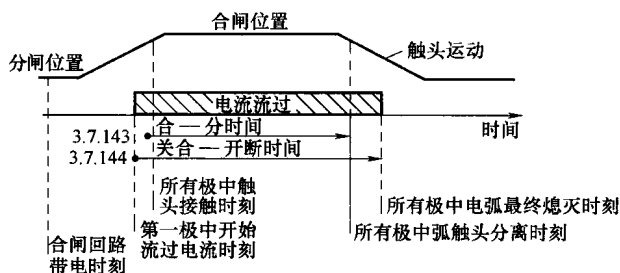


图 1-3 没有开合电阻的断路器的合-分循环

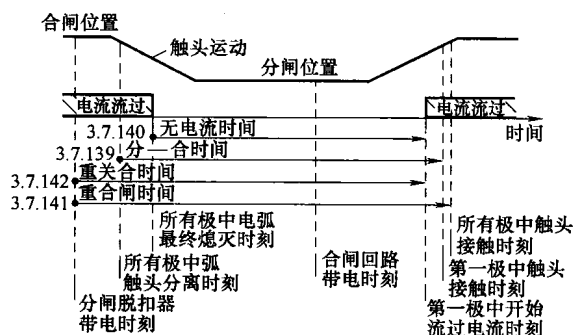


图 1-4 没有开合电阻的断路器的重合闸（自动重合闸）

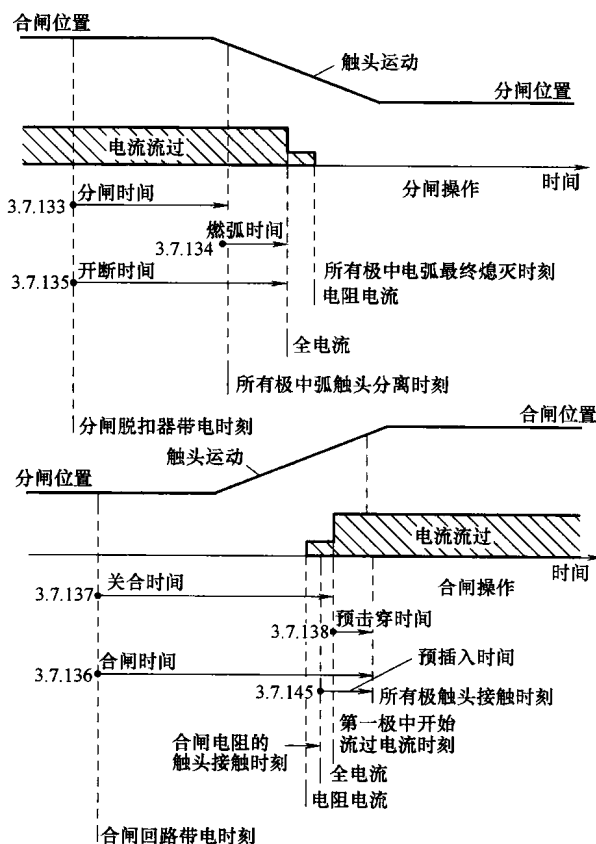


图 1-5 有开合电阻的断路器的分闸和合闸操作

(15) 触头开距——处于分闸位置的开关装置的一极触头间或任何与其相连的导电部件间的总间距。

(16) 行程——触头的分、合操作中，开关动触头起始位置到任一位置的距離。

(17) 超行程——合闸操作中，开关触头接触后动触头继续运动的距离。

(18) 分闸速度——开关分(闸)过程中，动触头的运动速度。

(19) 触头刚分速度——开关合(闸)过程中，动触头与静触头的分离瞬间的运动速度。

(20) 合闸速度——开关合(闸)过程中，动触头的运动速度。

(21) 触头刚合速度——开关合(闸)过程中，动触头与静触头的接触瞬间的运动速度。

(22) 开断速度——开关在开断过程中，动触头的运动速度。

(23) 关合速度——开关在关合过程中，动触头的运动速度。

(24) 储能操作——借助于开合操作前储存在机构自身中的且足以完成预定条件下规定的操作循环的能量进行的操作。

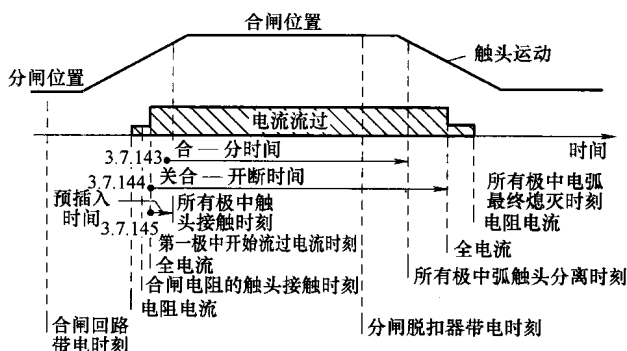


图 1-6 有开合电阻的断路器的合一分循环

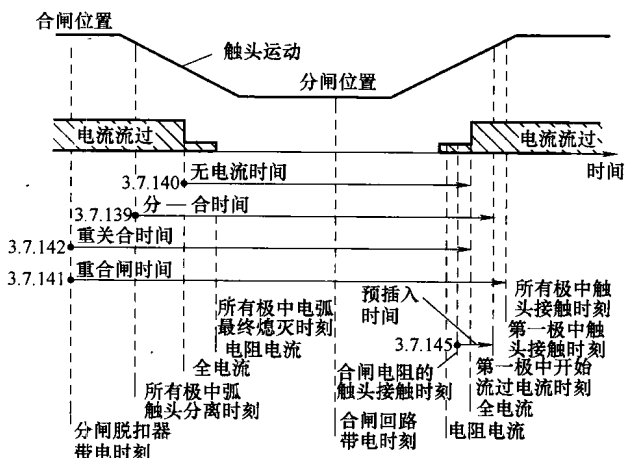


图 1-7 有开合电阻的断路器的重合闸（自动重合闸）

1.2.3 特性参量（见图 1-2 ~ 图 1-7 图解定义）

1. 时间参量

以毫秒或周波数表示。当用周波数表示时，应在括号内说明工频值。除非另有规定，时间参数是指与触头分、合全电流相关的参量。

(1) 分闸时间

断路器的分闸时间是按脱扣方法的不同而有所区别的。对于配用液压机构的断路器，分闸时间是指处于合闸位置的断路器，从分闸脱扣器带电时刻到所有各极弧触头分离时刻的时间间隔。对于每极装有多开断单元的断路器，所有各极弧触头分离时刻是指最后一极的首开单元弧触头分离的时刻。分闸时间包括断路器分闸必需的、并与断路器构成一个整体的任何辅助设备的动作时间。六氟化硫断路器的分闸时间一般为 15 ~ 30ms。

(2) 开断时间

机械开关装置分闸时间起始时刻到燃弧时间终止时刻的时间间隔。现在六氟化硫断路器

大多为 2 周波断路器。

(3) 合闸时间

处于分闸位置的断路器，从合闸回路带电时刻到所有极的触头都接触时刻的时间间隔。合闸时间包括断路器合闸必需的、并与断路器构成一个整体的任何辅助设备的动作时间。六氟化硫断路器的合闸时间一般为 50 ~ 100ms。

(4) 关合时间

处于分闸位置的断路器，从合闸回路带电时刻到第一极中电流出现时刻的时间间隔。关合时间包括断路器合闸必需的、并与断路器构成一个整体的任何辅助设备的动作时间。关合时间可能随预击穿时间的变化而不同。

(5) 预击穿时间

合闸操作期间，第一极出现电流时刻，对于三相条件，到所有极触头接触时刻的时间间隔；对于单相条件，到起弧极的触头接触时刻的时间间隔。预击穿时间取决于在规定的合闸操作过程中外施电压的瞬时值，因此可能有显著的变化。

(6) (自动重合闸过程中的) 分—合时间

所有极弧触头分离时刻到重合闸操作过程中的第一极触头接触时刻的时间间隔。标准规定为 300ms。

(7) (自动重合闸过程中的) 无电流时间

分闸操作中所有各极的电弧熄灭时刻到随后的合闸操作中任一极首先重新出现电流时刻的时间间隔。无电流时间可能随预击穿时间的变化而不同。

(8) 重合闸时间

重合闸循环过程中，分闸时间的起始时刻到所有各极触头都接触时刻的时间间隔。

(9) (重合闸过程中的) 重关合时间

分闸时间的起始时刻到随后的合闸操作中任一极首先重新出现电流时刻的时间间隔。重关合时间可能随着预击穿时间的变化而不同。

(10) 合—分时间

合闸操作中第一极触头接触时刻到随后的分闸操作中所有极弧触头都分离时刻的时间间隔。除非另有说明，即认为关合过程中断路器的分闸脱扣器在第一极中的触头接触时刻就带电，这表示最短合—分时间。六氟化硫断路器的合—分时间一般为 40 ~ 50ms。

(11) 关合—开断时间

合闸操作时第一极触头出现电流时刻到随后的分闸操作时燃弧时间终了时刻的时间间隔。除非另有说明，即认为关合过程中断路器的分闸脱扣器在主回路开始通流半个周波后才带电。关合—开断时间可能随着预击穿时间的变化而不同。

(12) 预插入时间

任一极的合闸操作过程中，合闸电阻单元中的触头接触时刻到该极主开断单元的触头接触时刻的时间间隔。对具有串联开断单元的断路器，预插入时间定义为合闸电阻单元中的最后触头接触时刻到主开断单元中触头最后接触时刻的时间间隔。

(13) 脱扣指令最短持续时间

为保证完成断路器的分闸，辅助电源施加到分闸脱扣器上的最短时间。

(14) 合闸指令最短持续时间

为了保证完成断路器的合闸，辅助电源施加到合闸装置上的最短时间。

2. 额定机械特性参量

- 1) 分闸时间的上、下限；
- 2) 开断时间；
- 3) 合闸时间的上、下限；
- 4) 分—合时间；
- 5) 重合闸时间；
- 6) 合—分时间上、下限；
- 7) 三相分闸不同期性；
- 8) 三相合闸不同期性；
- 9) 合闸速度；
- 10) 分闸速度。

1.3 对操动机构的相关要求

1.3.1 使用环境要求

1. 正常使用条件

(1) 户内开关设备和控制设备

设计仅安装在建筑物或其他遮蔽物内的开关设备和控制设备，在这些场所可保护开关设备和控制设备免受风、雨、雪、异常的尘埃淀积、异常的凝露、冰和白霜等的作用。阳光辐射的影响可以忽略，海拔不超过 1000m，周围空气没有明显的受到尘埃、烟、腐蚀性和可燃性气体、蒸汽或盐雾的污染。

周围空气温度不超过 40℃，且在 24h 内测得的平均值不超过 35℃；相对湿度的平均值不超过 95%；水蒸气压力的平均值不超过 2.2kPa；月相对湿度的平均值不超过 90%；月水蒸气压力的平均值不超过 1.8kPa；在高湿度期间温度急骤变化时偶尔会出现凝露；来自开关设备和控制设备外部的振动或地动可以忽略；在二次系统中感应的电磁干扰的幅值不超过 1.6kV。

按最低周围空气温度分为“-5℃户内”、“-15℃户内”、“-25℃户内”三级。

(2) 户外开关设备和控制设备

适合于安装在露天的开关设备和控制设备，即能够耐受风、雨、雪、淀积的尘埃、凝露、冰和白霜等的作用。应当考虑高达 1000W/m² 的阳光辐射，海拔不超过 1000m，周围空气可以受到尘埃、烟、腐蚀性和可燃性气体、蒸汽或盐雾的污染，污秽等级不得超过 I 级。周围空气温度不超过 40℃，且在 24h 内测得的平均值不超过 35℃；应当具有防止凝露、降水和污秽的功能。来自开关设备和控制设备外部的振动或地动可以忽略；在二次系统中感应的电磁干扰的幅值不超过 1.6kV。

按最低周围空气温度分为“-10℃户外”、“-25℃户外”、“-40℃户外”三级。

2. 特殊使用条件

高压开关和控制设备可以在不同于正常使用条件下使用，这时应参照以下标准等级。

(1) 海拔

安装在海拔高于 1000m 低于 2000m 的开关设备（包括液压操动机构）使用的低压辅助设备和控制设备，不需要采取特别的措施。对于更高的海拔，参见 GB/T 16935.1—2008（低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分：原理、要求和试验）。

(2) 严寒气候

安装在周围空气温度为 $-50^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 或更寒冷的户外场合，应进行高寒设计并按 GB 1984—2003 高压交流断路器中周围空气温度的测量及低温试验进行试验。试验顺序的图示和规定的试验点确定如图 1-8a 所示。

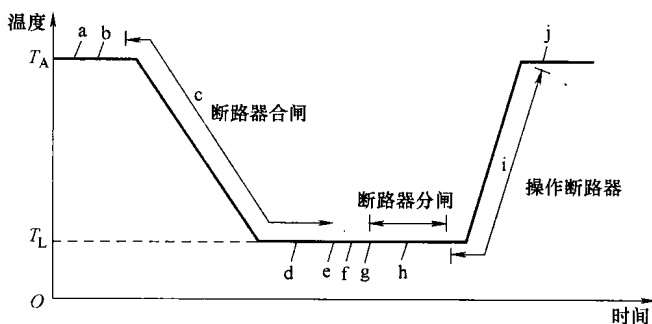


图 1-8a 低温试验的试验顺序和规定的试验点确定

（字母 a 到 j 表示规定的试验的应用点，见 GB 1984—2003 高压交流断路器的 6.101.3.3 条）

(3) 酷热气候

安装在周围空气温度为 $-5^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 的户外场合或更高温的户外场合，应进行高温设计并按 GB 1984—2003 高压交流断路器中周围空气温度的测量及高温试验进行试验。试验顺序的图示和规定的试验点确定如图 1-8b 所示。

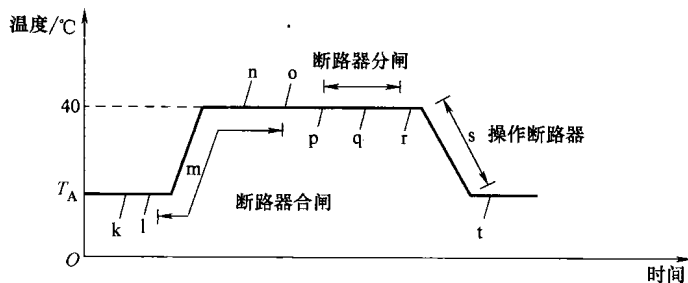


图 1-8b 高温试验的试验顺序和规定的试验点确定

（字母 k 到 t 表示规定的试验的应用点，见 GB 1984—2003 高压交流断路器的 6.101.3.4 条）

(4) 高湿气候

在湿热气候环境中的户内条件下，在 24h 内测得的相对湿度的平均值能达到 98%，温度的骤变会导致凝露，甚至在户内也会这样。在这些地区使用，应进行高湿设计并按 GB 1984—2003 高压交流断路器中 6.101.4 条湿度试验进行试验。

(5) 振动

在可能发生地震的地区，应按 GB/T 13540—2009（高压开关设备和控制设备的抗震要求）来规定设备的抗震等级。

1.3.2 替代的操动机构

如果断路器设计成可配替代的操动机构使用时，对每一种操动机构均应进行各自的一系列短路试验，除非能证明更换机构并不影响公共部分的特性，特别是有关断路器的分闸和合闸特性。如能证明这一点符合要求，则仅要求用其中一种操动机构做一套完整系列的短路试验。对其他所有替代的机构则只需随断路器重复进行出线端故障 T100s，峰值耐受电流试验、机械寿命试验及寿命后温升试验、防雨试验、噪声试验、控制回路的绝缘试验、操动及控制回路的温升等试验。

替代的操动机构等价性的证据应采用下述验证试验得出。

1) 对每一台断路器（配原来的操动机构和配替代的操动机构）都应进行空载的合一分操作循环。每一试验均应记录触头行程的轨迹。试验中，配原来的操动机构的触头行程轨迹应作为参考（见图 1-9a ~ 图 1-9d）。配替代的操动机构在分闸和合闸过程中获得的曲线从触头分离瞬间或触头接触瞬间分别到触头行程终止时应根据需要在参考的机械行程特性规定的（ $\pm 5\%$ ）、（ -10% ， 0% ）、（ $+10\%$ ， 0% ）选取的两条包络线内。

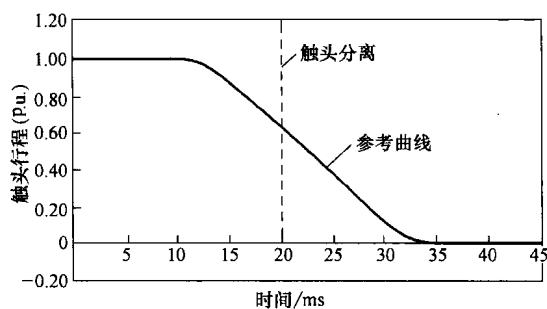


图 1-9a 参考的机械特性（理想曲线）

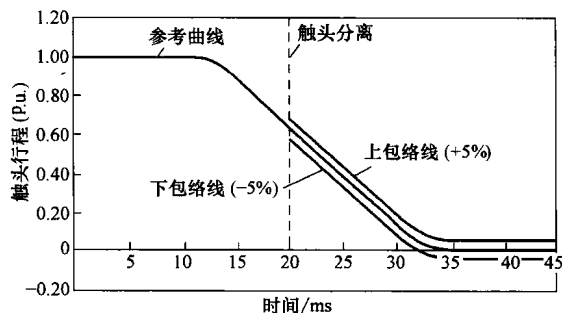


图 1-9b 具有以参考曲线为中心的包络线（ $+5\%$ ， -5% ）的参考机械行程特性（理想曲线），本例中触头分离时刻为 $t = 20\text{ms}$

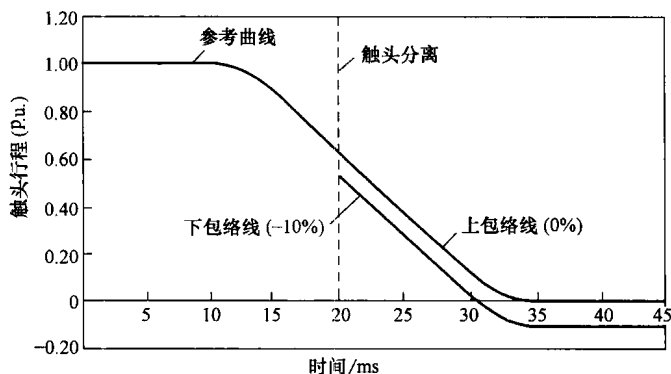


图 1-9c 具有以参考曲线为基准完全上移的规定的包络线（ -10% ， 0% ）的参考机械行程特性（理想曲线），本例中触头分离时刻为 $t = 20\text{ms}$

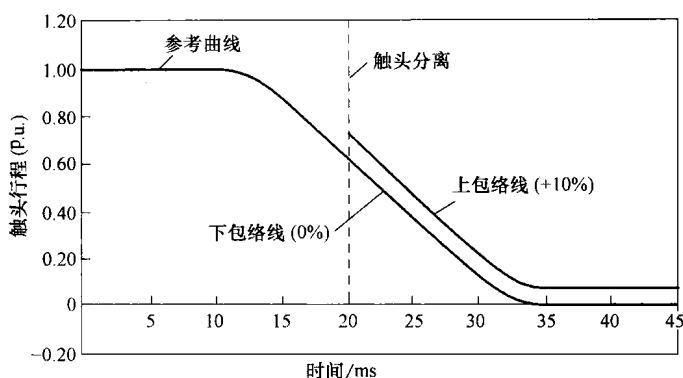


图 1-9d 具有以参考曲线为基准完全下移的规定的包络线 (0%, +10%) 的参考机械行程特性

2) 每一台断路器 (配原来的操动机构和替代的操动机构) 都应在最长燃弧时间, 任何方便的试验电压条件下按照试验方式 T100s 进行一次开断操作。应按照上述 3.2.1 中叙述的方法对该试验进行评价。

注: 按照 2.2, 在一个频率 (50Hz 或 60Hz) 下进行的验证试验已经足够。

1.3.3 六氟化硫断路器操动机构应满足的要求

1. 额定开断时间

断路器在辅助电源电压的额定电压和额定频率、液压源的额定压力以及周围空气温度 ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) 下操作时, 其最大开断时间应不超过额定开断时间。

2. 合一分时间

对 126kV 及以上断路器, 合一分时间应不大于 60ms, 推荐不大于 50ms。由于断路器合一分时间加长, 对系统稳定性起着不利影响, 而合一分时间过短又不利于断路器重合闸时第二个“分”的可靠开断能力, 因此合一分时间应该有个范围, 制造厂应给出断路器合一分时间的上下限, 并应在型式试验中验证断路器在规定的合一分时间下的额定短路开断能力, 且试验中合一分时间不得超过产品技术条件中给出的规定值。

3. 各极的同期性要求

当各相间的同期性要求未做规定时, 合闸不同期不应大于 5ms, 分闸不同期不应大于 3ms。断路器在其所规定的操作电压和液压变化范围内应能保证所规定的同期性。制造厂应指明同相各断口间的同期性要求。

4. 运行中的操作顺序

断路器的额定操作顺序应是下列操作顺序之一。除非另有说明, 下列给出的时间间隔值是适用的。提供的额定操作顺序有:

- (1) 分—3min—合分—3min—合分;
- (2) 合分—15s—合分
- (3) 分—0.3s—合分—3min—合分 (用于快速自动重合闸的断路器)。