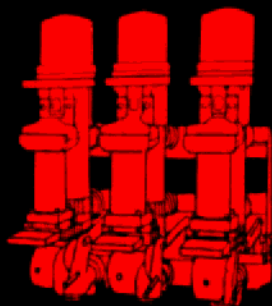


4706

供用电管理培训教材

高压电气开关 装置的检修技术



**GAOYADI ANQI KAIGUAN
ZHUANGZHIDE JIAXIUJISHU**

郑魁举 高庆臣 杨 铮 编

河南科学技术出版社

4072-1

TM5

供用电管理培训教材

高压电气开关装置的检修技术

郑魁举 高庆臣 杨 铮 编

河南科学技术出版社

内 容 提 要

本书系统阐述了6~35千伏变电站(所)中高压开关装置、操动系统、二次结线、操作电源等的工作原理、安装调试、运行维护、修理改造,详尽介绍了其故障判断检测技术及修理工艺,并提供了大量的图纸数据资料。

全书共分八章:高压断路器及其操动机构,高压开关柜,SN₂-10型断路器检修,SN₃-10型断路器检修,SN₁₀-10断路器检修,SW₃-35型少油断路器检修,变电所的二次回路,操作电源的运行与维护。

本书为高级电工技师的参考书,可供从事运行维护施工安装检修调试的电气技术人员学习使用。

供用电管理培训教材

高压电气开关装置的检修技术

郑魁举 高庆臣 杨 钟 编

河南科学技术出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

850×1168毫米 32开本 13.625印张 325千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数 1—7,000册

ISBN 7-5349-0684-9/T·864

定 价, 6.50元

《供用电管理培训教材》编委会组成

主编 刘振强

编委 (按姓氏笔划为序)

于崇伟 王琳 方增宏

艾松岭 白健民 沈骅孙

张永宽 栾守亚 曹永和

唐济周 顾嘉栗 谭慧修

责任编辑 吴润燕

前 言

为了提高广大在职职工的科学管理水平和专业技术水平,进一步适应电力事业不断发展的需要,我们从1986年以来组织了全国在供用电管理,供用电工程技术方面具有一定理论水平和实践经验的专业人员,编写了《供用电管理培训教材》。第一批丛书出版以来,得到了供用电部门广大职工的支持和好评。根据实际情况和专业人员的需求,第二批丛书我们加强了知识的深度,扩大了供用电工程技术的范围。第二批书目有《现代化用电管理方法》、《微机在用电管理中的应用》、《高压电气开关装置的检修技术》、《电力网电能损耗的管理》、《电力负荷监控技术》。

高压开关装置中的主要电器是高压油断路器,也是变电站及供电网的重要组成部分,用来使高压电路在正常负载下通路和断路,以及在非常状态下切断故障电流。因此,断路器应具有足够的断流能力,尽量缩短动作时间,并具有高度的工作可靠性。所以对高压油断路器检修质量的优劣,直接关系到电网的安全和经济运行,关系着广大用电部门的正常供电状况。

本书对高压油断路器及其所属操动机构、控制回路、操作能源、信号装置等方面的检修作了详尽的阐述。可帮助广大青年电工熟悉和掌握高压电气开关的检修以及改造技术,提高专业技术水平,进一步搞好安全用电,满足各行各业对电力的需求。

本书在编写和出版过程中得到了地方有关领导和同志的大力支持和帮助,有河南电业部门的兰天一同志、艾松岭同志、徐有升

同志，黑龙江的魏振赢工程师、李少庚技师等同志。特此致谢。

希望全国供电部门和广大用户关心《供用电管理培训教材》，使这套书日臻完善，在实际运用中发挥更大作用。

中国电机工程学会用电与节电专业委员会
中国水利电力企业协会城市供用电研究会

1990年4月

目 录

第一章 高压断路器及其操动机构	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 高压断路器的类型及结构	(7)
第三节 灭弧室	(20)
第四节 操动机构	(28)
第二章 高压开关柜	(45)
第一节 概述	(45)
第二节 高压开关柜主要技术数据	(49)
第三节 GBC-35型高压开关柜	(57)
第四节 GC-2型手车式高压开关柜	(67)
第五节 GFC型手车式高压开关柜	(79)
第六节 GG-1A型高压开关柜	(81)
第三章 SN_2-10 型断路器检修	(87)
第一节 检修周期及准备工作	(87)
第二节 断路器分解及检修	(89)
第三节 传动机构的检修	(105)
第四节 电磁操动机构的检修	(109)
第五节 气动机构的检修	(117)
第六节 断路器整体调整	(121)
第七节 SN_1-10 型断路器增容措施及工艺	(128)
第八节 SN_2-10 型断路器增容措施及工艺	(138)

第四章	SN ₄ ³ -10型断路器检修	(161)
第一节	断路器本体的检修	(161)
第二节	传动机构的检修及组装	(169)
第三节	操动机构的检修与组装	(172)
第四节	断路器整体调整及试验	(184)
第五节	SN ₃ -10型断路器的增容改进	(190)
第五章	SN ₁₀ ⁸ -10型断路器检修	(208)
第一节	断路器的分解检修	(208)
第二节	直流电磁操动机构的检修	(233)
第三节	整体组装与调试	(235)
第四节	常见故障及处理	(242)
第五节	SN ₁₀ -10型大排气断路器的改进	(246)
第六章	SW ₃ -35型少油断路器检修	(260)
第一节	断路器本体的检修	(260)
第二节	液压系统的检修	(266)
第三节	操动机构的检修	(279)
第四节	断路器调整	(281)
第五节	断路器常见故障及处理	(288)
第六节	充氮工具的正确使用	(290)
第七章	变电站的二次回路	(296)
第一节	二次回路的基本概念	(296)
第二节	设备标志及二次回路编号	(300)
第三节	油断路器的控制回路	(317)
第四节	闪光装置	(337)
第五节	信号回路	(339)
第六节	绝缘监视	(451)
第七节	输电线路的自动重合闸装置	(356)
第八章	操作电源的运行与维护	(368)

第一节	概述	(368)
第二节	蓄电池组直流系统	(371)
第三节	硅整流电容储能直流系统	(395)
第四节	复式整流装置	(406)
第五节	液体整流器	(412)
第六节	镉镍电池屏	(416)

第一章 高压断路器及其操动机构

第一节 概 述

一、高压断路器的分类

高压断路器是高压装置中最主要的电器，它的主要作用是实现电力系统发、送、变、配，使高压电路接通、分断，和保护电路。无论在高压电路空载、负载以及短路故障时，它都应能可靠地

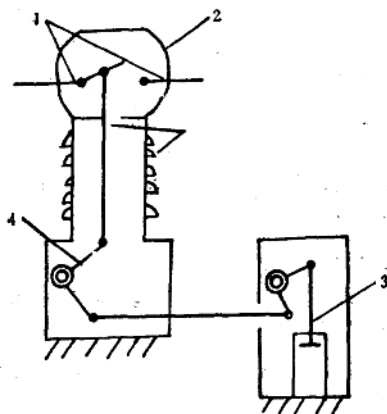


图 1-1 高压断路器典型结构图

(1—导电部分 2—灭弧室 3—操动机构 4—传动机构)

接通电路和分断电路。根据安装地点的不同可分为户内式和户外式两种。根据灭弧介质的不同，有油断路器、空气断路器、真空断路器、磁吹断路器和六氟化硫断路器等。

高压断路器主要由操动机构、传动机构、绝缘部分、导电部分和灭弧室等组成。见图1-1。

二、高压断路器的额定参数

额定参数是指断路器正常运行的各项技术性能指标，也是断路器设计、制造和试验的依据。额定参数亦称为额定值，通常标注在断路器的铭牌上，故也称为铭牌值。

1. 额定电压：额定电压是指断路器铭牌上标明的正常工作线电压有效值，即指该断路器所接系统的正常工作线电压。额定电压不仅决定了断路器的绝缘水平，而且在很大程度上决定了断路器的灭弧条件。现在我国生产的断路器的额定电压等级为：3、6、10、20(15)、35、60、110、220、330kV等电压级。

2. 最高工作电压：最高工作电压是指制造厂标明的长期运行的最高线电压有效值。考虑到输电线路首端与末端电压稍有不同，以及调整电压的需要，国家有关标准中规定了与各级额定电压相对应的最高工作电压。断路器的最高工作电压分别为3.5、6.9、11.5、23(17.5)、40.5、69、126、252、363kV等。当输电线路电压比断路器额定电压高10~15%时，断路器应能长期安全正常工作。

3. 额定电流：额定电流是指断路器铭牌所标明的长期运行的电流有效值。即周围气温不超过计算温度(+40℃)时，断路器可以长期流过的最大工作电流有效值。我国生产的断路器额定电流等级为200、400、630、(1000)、1250、1600(1500)、2000、3150、4000、5000、6300、8000、10000、12500、16000、20000A，其中1000A和1500A两种应尽量少用。

4. 额定开断电流：额定开断电流是指断路器在额定电压条件

能开断的最大短路电流。是表明断路器开断能力的参数，其数值决定于电气触头最初分开时电流的有效值。按照专业标准，额定开断电流是指全电流，即短路电流周期分量和非周期分量总和的有效值，即：

$$I_A = \sqrt{I_z^2 + I_f^2}$$

I_z ——触头分开后第一周期中，短路电流周期分量的有效值。

I_f ——触头分开后第一周期中，短路电流非周期分量的平均值。

额定开断电流之所以要按全电流计算，是考虑到非周期分量的存在，将增大电弧中放出的能量，因而增大了灭弧的困难。实际上由于继电保护动作时间和断路器本身断开时间的延迟，在断路器触头分开时，可能已无非周期分量存在，或者已经衰减得很小，故在选择断路器时，只对快速动作的断路器才计算非周期分量。断路器的额定开断电流值主要决定于它的灭弧装置的结构型式。

我国生产的断路器额定开断电流分别为：1.6、3.15、6.3、10、12.5、16、20、25、31.5、40、50、63、80、100kA。超出100kA按R10即 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 的优先数系延伸。

5. 额定断流容量：额定断流容量又称额定开断容量，是指断路器无损开断的最大容量。是表示断路器开断能力的一个参数。它和开断电流、额定电压有关，通常采用一个综合的量值——用断流容量来表示。由下式决定：

$$S_n = \sqrt{3} U_n \cdot I_{dn}$$

式中 U_n ——断路器的额定电压kV，

I_{dn} ——断路器的额定开断电流A，

当装置的电压不等于断路器的额定电压时，断路器的开断能力用开断电流表明，当用在低于断路器额定电压装置中断流容量随之降低，一般情况下不应大于 $\sqrt{3} U_{yn} \cdot I_{dn}$ (U_{yn} 为装置的

额定电压)。额定断流容量应该通过电气试验来确定。我国现行生产的断路器额定断流容量为：15、30、50、150、200、300、350、400(390)、500、750(800)、1000、1250、1500、1800、2000、2500、3000、3500、4000、5000、6000、8000、10000、12000MVA。

6. 热稳定电流，额定热稳定电流是指断路器承受短路电流所产生热效而不致损坏的能力。热稳定电流的大小和它的作用时间有关，额定热稳定电流等于其额定开断电流。计算时间一般取4~10s(秒)。断路器的热稳定电流和它接入电路中的稳态短路电流相对应。由于热稳定电流通过时间较短，因此计算时一般不考虑散热，这样就可以利用发热量相等的原则对不同的热稳定电流进行计算。其换算式为：

$$I_t = I_{10} \sqrt{\frac{10}{t}}$$

式中 I_{10} ——10s钟的热稳定电流(有效值)；

I_t —— t s钟的热稳定电流(有效值)。

由此可见，当提到热稳定电流时，必须讲明是多少秒钟的热稳定电流值。有关专业标准中规定额定热稳定时间为2s，如果需要大于2s时，推荐为4s的热稳定时间作为对断路器热稳定的评价。

7. 动稳定电流，动稳定电流是指断路器能够承受短路电流所产生的电动力作用而不致损坏的能力，又称为电动稳定性。当断路器通过的电流为极限数值时，任何部件都不会受到机械损伤和变形，因此动稳定电流也称极限通过电流。一般动稳定电流峰值为断路器额定开断电流周期分量的有效值的2.5倍。

8. 开断时间，电力系统对切断短路电流的开断时间要求尽可能小，据此，开断时间不大于0.08s的断路器列为快速断路器，不大于0.15s的列为加快作用的断路器，不大于0.25s的列为慢速断路器。

断路器的开断时间包括固有分闸时间和燃弧时间。固有分闸时间是指断路器接到分闸指令到灭弧触头开始分开为止的时间。燃弧时间指电弧产生起到各相电弧熄灭为止的时间。

固有分闸时间决定断路器的机械特性，与灭弧情况无关，燃弧时间不仅和机械特性有关，而且与灭弧装置的结构及开断电流的大小有关，因此制造厂只给出固有分闸时间。

9. 合闸时间：断路器的合闸时间是指断路器接到合闸指令到灭弧触头接触的时间。制造厂给出的合闸时间是指在额定操作电压（气压或油压）作用下合闸，接通最大容许合闸电流所需的时间。电力系统对断路器合闸时间要求较高，不大于 $0.2 \sim 0.3s$ 。

10. 自动重合闸：当线路遇有瞬时故障，继电保护发出信号，断路器分断；然后经很短时间又自动重合。如故障并未消除，断路器必须再次分断短路故障。有的情况下，经一定时间，由运行人员强送一次，如故障仍未消除，断路器还须再分断一次。上述情况，称为自动重合闸操作循环。即分— $0.3s$ —合分— $180s$ —合分，在此瞬间应能可靠地连续合分数次短路故障。这种循环比单分一次短路故障，要困难得多。合分空载、负载电路时，断路器应能分断空载长输电线路、空载变压器、电容器组、高压电动机等电路。要求在合分过程中，不产生危及绝缘的过电压。

三、高压断路器的型号

断路器的型号由产品名称代号、安装或操作条件的首位汉语拼音字母组成，其次还有设计序号，额定电压/额定电流等。

其构成如下：



第[1]单元：产品型号字母含义：

D——多油断路器	S——少油断路器
K——空气断路器	L——六氟化硫断路器
Z——真空断路器	C——磁吹断路器
F——负荷开关	R——熔断器
G——隔离开关	J——接地开关

第[2]单元：安装条件字母含义：

N——户内式	W——户外式
B——防爆式	T——铁道式

第[3]单元：设计序号1、2、3……10……

第[4]单元：设备额定电压(kV)。

第[5]单元：补充工作特性字母含义：

G——改进型	R——带熔断器的负荷开关
F——分相操作	D——带接地刀闸的隔离开关
T——带脱扣器	

第[6]单元：额定电流(A)。

第[7]单元：断流容量(MVA)或开断电流(kA)。

同一规格，但经过改造、改进的产品称为派生产品。在一个系列中的改进有时保留设计序号，而在全型号后面加添 I、II、III 等。

例1 DW₃—35/600。为户外多油断路器35kV，600A，第3次改进派生产品。

例2 SN₁₀—10/600I。为户内少油断路器第10次改进设计，10kV600A，本系列的第一次改进型。

第二节 高压断路器的类型及结构

在本节主要介绍各种少油断路器以及各种气体断路器等。因为多油断路器目前已很少使用，仅在一些早期投产的变电站中仍在运行，以 DW_1-35G 、 DW_2-35 、 DW_3-35 者居多。其缺点是用油量太多。电压等级越高，油量越多。由于断路器的体积庞大，消耗材料较多，当断路器在开断过程中所产生的游离炭大多残留在油箱内，而且运行中增加了爆炸和火灾事故的危险性，油量太多使断路器检修工作不便，所以逐渐被淘汰。

我国生产的 20kV 以下户内式少油断路器型式很多，使用较多的有早期产品 SN_1-10G 、 SN_2-10G 、 SN_3-10 ，这些产品虽然存在一定的缺点，但经过增容改造后仍在继续使用。近年生产的 $SN_{10}-10$ 型系列户内少油断路器，使断流容量提高到 3000MVA，从而将 10kV 户内少油断路器的生产与运用推向了一个新的水平。

一、 SN_1-10G 型少油断路器

SN_1-10G 型少油断路器的外形见图 1-2。它由灭弧装置、框架、传动部分、油箱等组成。

框架由角钢焊制而成，框架后面有四个 $\phi 18$ 孔，供安装断路器之用。框架的右侧有接地螺丝，下部用螺丝固定着三只双连式支持绝缘子。绝缘子的一面固定在框架上，另一面支持油箱。

框架上部装有两个铸铁轴承以支持大轴。大轴上固定有三个大拐臂（ SN_1-10G 型为绝缘拐臂），通过拉式绝缘子与导电杆连接（ SN_1-10G 型断路器导电杆顶端的滚动架与绝缘拐臂连接），导电杆与托板之间用软连片连接。大轴的两端伸出框架之外，其两端均可固定大轴拐臂。在框架的背面装有两根分闸弹簧。上部装有合闸弹簧缓冲器和分闸油缓冲器，用来吸收合、分操作后的剩余能量。此外，弹簧缓冲器还加速断路器在刚分时的速度。

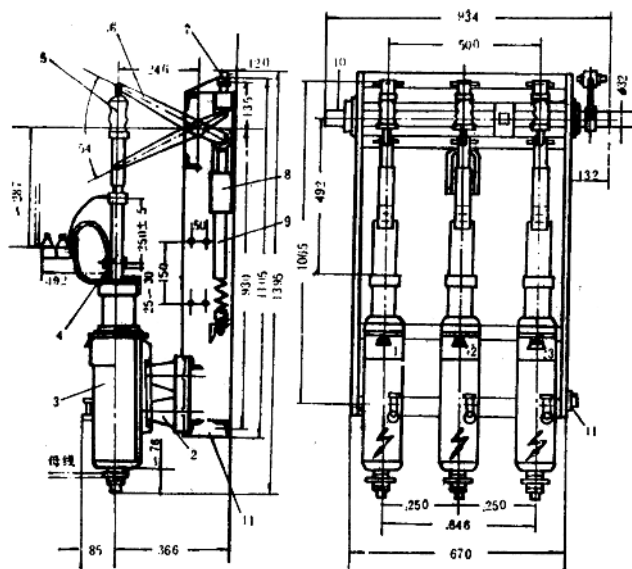


图 1-2 SN₁-10型断路器外形尺寸

油箱用3mm厚的钢板卷制，其接缝处采用铜焊。油箱底部装有放油螺丝，前面设有油位指示计和油气分离器。油位指示计通过一个逆止阀与油箱连通。

油箱底部用螺母固定着梅花瓣式静触头，箱内依次装有胶木环或木垫圈，支持绝缘筒和大绝缘筒，在两绝缘筒间固定着灭弧室。灭弧室具有中心孔道与旁侧孔道，旁侧孔道下端与中心孔道横向连通，从而构成有纵向及横向油道的灭弧系统。

油箱上部装有铸铁法兰盖，并浇装导向瓷套，作为导电部分之间的绝缘。在导向瓷套中心还装有胶木纸管制成的导向管，起