

高压 VD4 真空断路器故障及分析处理

陈 虎

连云港港口集团供电工程有限公司, 江苏 连云港 222046

[摘要]连云港港口集团公司现有 6KV、10KV 变电所、站一百余座, 其中 80 年代主要使用的是少油断路器, 现在已经开始逐步更换, 从 2004 年后新建的中压变电所很大一部分使用了厦门 ABB 生产的 VD4 真空断路器, 在工作中我们碰到了很多问题, 为了更好的服务工作, 本篇文章以 12KV 的 VD4 真空断路器为例, 对其常见故障进行分析处理, 并进行总结: 本篇文章主要阐述以下几点: 一、VD4 真空断路器的结构和工作原理。二、针对 VD4 真空断路器在实际使用中发现的问题进行分析处理并通过工作实例进行讲解。三、结束语简述论文目的。

[关键词]VD4 真空断路器; 故障分析处理; 工作实例

DOI: 10.33142/hst.v6i1.8049

中图分类号: TM561.2

文献标识码: A

Fault Analysis and Treatment of High Voltage VD4 Vacuum Circuit Breaker

CHEN Hu

Lianyungang Port Group Power Supply Engineering Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222046, China

Abstract: Lianyungang Port Group Company currently has more than 100 6KV and 10KV substations, of which the less oil circuit breakers were mainly used in the 1980s. The gradual replacement has now begun. A large proportion of the newly built medium voltage substations since 2004 have used VD4 vacuum circuit breakers produced by ABB in Xiamen. We have encountered many problems in our work. In order to better serve our work, this article takes the 12KV VD4 vacuum circuit breaker as an example to analyze and handle its common faults, and summarizes them. This article mainly elaborates on the following points: Firstly, the structure and working principle of the VD4 vacuum circuit breaker. Secondly, analyze and handle the problems found in the actual use of the VD4 vacuum circuit breaker and explain them through working examples. Thirdly, the conclusion summarizes the purpose of the paper.

Keywords: VD4 vacuum circuit breaker; fault analysis and handling; work example

连云港市港口集团公司以前的老变电所多为 80 年代建造, 安装的高压断路器多为少油断路器, 它的缺点是体积较大, 检修周期短, 维修工作量大, 燃弧时间长, 动作较慢, 在发生故障时可能引起爆炸, 爆炸后的高温油会发生燃烧。所以自 2004 年起新建的 6 千伏, 10 千伏变电所都使用的是真空断路器, 其中很大一部分使用的是厦门 ABB 的 VD4 真空断路器, 它的特点是开断能力强, 开断时间短, 体积小, 无噪声, 无污染, 寿命长, 可频繁操作, 检修周期较长, 维修工作量极少。

1 VD4 真空断路器的结构和使用



图 1 厦门 ABB 的 VD4 真空断路器的正视图和后视图

上图为厦门 ABB 的 VD4 真空断路器的正视图和后视图, 如图所示, 厦门 ABB 的 VD4 真空断路器适用在以空气为

绝缘的户内式开关系统中, 它采用的是复合绝缘的方式, 断路器本体呈圆柱状, 垂直安装在做成托架状的断路器时操作机构外壳的后部, 断路器本体为组装式, 导电部门设置在用绝缘材料制成的极柱套筒 12 内, 使得真空灭弧室免受外界影响和机械的伤害。所以它主要由一次电气部分、操作机构和底座等部分组成, 如图 2 所示

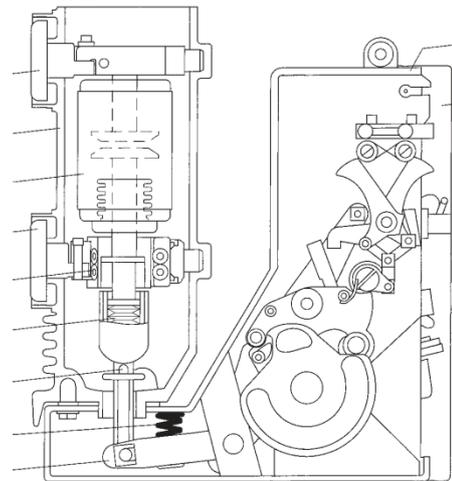


图 2 操作机构和底座等部分组成图

VD4 真空断路器在需要进行频繁操作和/或需要开断短路电流的场所下具有极为优良的性能,能完全满足自动重合闸的要求并具有极高的操作可靠性与使用寿命,它具有开断能力强,开断时间短,体积小,无噪声,无污染,寿命长,可频繁操作,检修周期较长,维修工作量极少的特点,所以被广泛使用中压变配电系统中。VD4 真空断路器在开关柜内安装形式既可以是固定式,也可以是安装于手车底盘上的可抽出式,还可安装于框架上使用,本文主要以手车式 VD4 真空断路器为主。

2 导电回路故障分析处理

故障现象: VD4 断路器导电回路一相表面轻微变色,如图 1 上出线段 13 所示位置,而下出线端 14 和另外两相则颜色正常。

可能原因分析及处理:可能有轻微过流现象,接线端子触头可能有部分接触不良,真空泡故障一般很少,大部分都是连接部分接触不良。

如果真空泡问题可以用真空测试仪测其真空度,真空泡损坏一般不能维修,如果空度不够应立即更换。接触不良可以用回路测试仪测试,如不及时处理则会在正常工作时发热,其当通过故障短路电流时,会严重烧伤周边绝缘和造成触头烧熔粘结,从而影响断路器跳闸时间和开断能力,甚至发生拒动情况。

工作实例:在集装箱公司一次变电所预防性试验当中,发现一台 VD4 真空断路器导电部分一相上侧触头轻微变色,怀疑有过流现象,为查找故障原因及故障点,我们用导电回路接触电阻测试仪测其回路电阻,回路电阻测试仪用的是电压降法,上下端加有 100A 电流,所以接触电阻测试仪的电流夹子千万不能夹在触头弹簧上,不然会把弹簧烧断,电压夹子要对应电流夹子在相应触头上,测得另外两相回路电阻为 $21\mu\Omega$ 和 $25\mu\Omega$,而故障相的回路电阻为 $265\mu\Omega$,而 ABB 出厂要求有回路电阻不大于 $65\mu\Omega$,国家电网公司电力安全工作规程规定运行中的测试建议不大于出厂要求的 1.2 倍,所以则断定这相有接线不良现象,仔细检查后发现,触头和真空泡连接不是一个整体,如图 1 所示上端子 13 位置有一个平行伸出的连接臂是用大号的内六角螺丝与 13 位置连接,因外套有绝缘套筒不易使人发现,此处有松动现象,紧固后测回路电阻为 $25\mu\Omega$,回路正常,故障排除。

3 断路器表体放电现象故障分析处理

故障现象: VD4 断路器在正常工作加有工作电压时有轻微放电声。可能原因分析及处理:绝缘受潮,损坏或灰尘积累过多导致有轻微对地现象。对这种现象可以把断路器转检修状态,把断路器拉出高压柜台后,先用 2500V 摇表测其绝缘,然后再用试验变压器在断路器上加试验电压,交流耐压试验分为合闸和分闸状态两个部分进行,合闸状态下实验目的是为了检验断路器整体绝缘部分,而分闸状态下试验目的是为了对真空泡内的动静触头之间的

绝缘是否良好进行判定,当然在正常工作时应判断此为绝缘受潮式损坏等故障,而分闸状态下有放电时,则真空泡内有闪络,击穿现象。所以一般应先做合闸状态下试验再做分闸状态下试验,原因为应先判断整体绝缘物是否良好,才可对真空泡内绝缘作出判断。

工作实例:公司的 35KV 变电所值班人员在每日例行的检查中发现,10KV 系统室内有一台高压柜有放电声,上报告后有我们接到工作任务前去检修,先开工作票把断路器转检修状态,发现放电声消失,遂对断路器进行耐压试验,先用摇表测其合闸时绝缘电阻为 $50M\Omega$,再对其进行加压试验,试验电压为 42KV,加上 10KV 时就有轻微放电时,电压加上则声音变大,即停止加压,观其外表,灰尘不明显,遂用酒精擦拭断路器绝缘部分。风干后再进行绝缘测试,绝缘电阻已升为 $1500M\Omega$,加压后无放电声,分闸状态再作一次也无放电声,故障现象消失。后发现该高压柜加热器电源没送,而我们港口地区本来潮湿度本来就大再加上前一阵连续阴雨使高压柜手车室内潮湿度超过了 95%,就产生放电现象。而 VD4 真空断路器有要求,在像我们这种地区断路器一经投运,应立即送上加热器电源,加热器会在高压柜手车室内潮湿度超过了 95%时自动启动,从而防止像这种情况下的放电现象。

4 合闸闭锁回路故障分析处理

故障现象: VD4 真空断路器在试验位置电动合闸和手动合闸都合不上。

可能原因分析及处理:电动合闸合不上有好多原因,手动合闸时按钮按不动,可怀疑是断路器合闸闭锁电磁铁没有吸合,具体的原因有合闸电压较低吸不动,如图 2 中闭锁电磁铁线圈、整流模块 V1 烧毁或损坏,辅助开关 S1, S3 故障,限位开关 S8 故障,合闸闭锁辅助开关 S2 故障等。

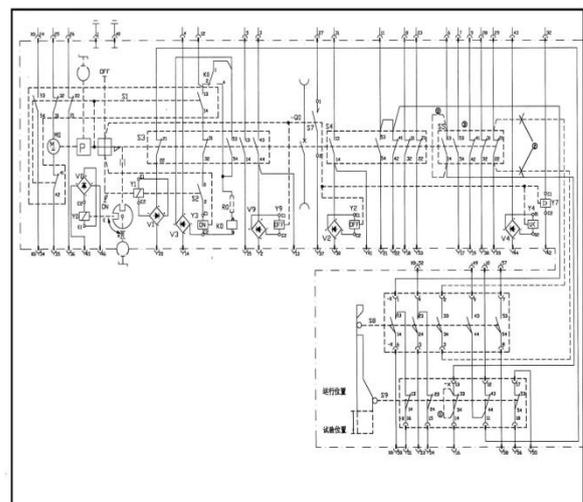


图 3 可抽出式 VD4 电气控制接线图

S8 限位开关(试验位置)

- S9 限位开关（工作位置）
- Y0 手车地盘闭锁电磁铁 58 针控制插座
- Y1 合闸闭锁电磁铁
- Y2 第一分闸脱扣器
- Y3 合闸脱扣器
- Y4 欠压脱扣器
- Y5 间接过流脱扣器
- Y9 第二分闸脱扣器
- S1 辅助开关
- S2 合闸闭锁辅助开关
- S3. S4. S5 辅助开关
- S7 电气分闸信号辅助开关
- K0 防跳继电器
- V0—V9 桥式整流装置
- M0 储能电机

首先，用万用表量合闸电压如低于标准电压的 65%会造成闭锁电磁铁吸不动，如电压正常看储能回路是否能储能，如没有储能则 S1 开关的 13, 14 接点不会由常开变成常闭，S1 正常量闭锁电磁铁线圈 Y1 电阻，如烧毁或损坏则 S2 辅助开关接点 0、2 不动作造成合闸回路断路，如 S2 正常测量 S3 辅助开关接点 31, 32 是否在常闭状态，S3 正常测量 S8 试验位置限位开关接点 43, 44 是否在常闭位置。此故障原因多为储能开关没打开忘记储能，造成 S1 不动作或合闸闭锁电磁铁电源问题和长时间带电造成闭锁电磁铁线圈 Y1 损毁或整流模块 V1 损坏。

工作实例：有一次在集装箱码头新来的用来装卸集装箱的岸桥上我们进行新进高压设备的交接试验，一开始通上试验电源，然后合上储能和控制回路空气开关，听到“啪”的一声，接着储能电机同时动作，储上能后，电动和手动合闸均合不上，因听到响声我们关闭电源，打开如图所示的 1.1 可拆卸面板，发现整流模块 V 1 外表有烧痕，检测以后发现 V 1 损坏，后研究发现，平常变电所用的二次回路电源一般为 220V 直流，而岸桥使用的微机保护为进口 ABB 保护，二次电源为直流 110V，它的高压柜内有一个小变压器把从电压互感器获得的 100 伏电压转换为 110 伏电压作为二次回路电源，所以因为我们接的是 220 伏电压就造成工作电压变高使整流模块烧毁，更换后正常。所以大家在做 ABB 的 VD4 真空断路器实验时一定要注意，它的工作电压有 AC110V, 220V, DC24V、48V、60V、110V、220V 多种工作电压，一定不能弄错。

5 储能回路故障分析处理

故障现象：储能电机不动作，电机烧坏。

可能原因分析处理：储能开关没打开，储能电源电压过低或没有电源，造成储能电机不动作或电机转速减慢或如图 2 所示 S1 辅助开关 32、31 接点和 41、42 接点不在常闭位置会造成储能电机不动作，储能电源电压过高会使

电机线圈烧坏。

首先测储能回路工作电压，一般来说 220 伏的最高工作电压不超过 250 伏，如超过 250 伏的 10%则可能造成电机烧坏，如低于标准电压的 65%则可能不能正常储能和电机转速减慢，电压正常则可在图 2 中的 X0 的 58 针控制插座 25、35 两针上加试验电源，如不转则用万用量表 S1 辅助开关的 31、32 和 41、42 两对常闭接点是否正常。如发现在 S1 辅助开关 31、41 两数量储能电机线圈电阻如电机线圈烧坏时，一定要注意是否是在电机储能后，S1 辅助开关随储能弹簧机械动作 S1 接点 31、32 和 41、42 是否由常闭变成常开，如两对接点同时没有变成常开则会使储能电机因长时间带电烧毁线圈。一般很少发生两对接点同时没有变成常开的现象，如发现应更换接点或辅助开关。

工作实例：因 ABB 的 VD4 真空断路器机械故障很少，而辅助开关只有因为长时间频繁使用才会毁坏，我们变电所工作电压一般都很稳定，不会发生因储能电源电压过高使电机烧坏的事情，故在工作中还没有发现电机烧毁现象，只出现过储能电源失电造成储能电机不动作的现象。

6 合闸回路故障分析处理

故障现象：合闸脱扣器线圈烧毁。

可能原因分析处理：合闸电源电压过高或合闸线圈长时间带电烧毁线圈。

首先用万用量表量合闸回路电源，一般我们正常用的是直流 220V 的工作电压，如量得合闸回路电压超过直流 250V 的 10%则有可能烧毁线圈，如电压正常，则在如图 2 所示合闸闭锁辅助开关 S2 接点 0、2 接通，储能储上后，S1 辅助开关接点 13、14 接通情况下合闸，合上闸后，量 S3 辅助开关接点 31、32 是常开还是常闭，正常闭合 S3 会随合闸机械能动作，接点 31、32 由常通变常开，切断合闸电源，如 S3 不动作接点 31、32 仍然是常闭，因合闸脱扣器线圈 Y3 负电源是直接加在 C2 端是没有开关的，而 C1 端正电源由于接点 31、32 没有断开而长时间带电，合闸脱扣器线圈 Y3 不能长时间带电，时间长就会烧毁线圈。如发生辅助开关接点损坏可更换接点或辅助开关。

工作实例：有一次益海粮油变电所预防性试验，发现一台 VD4 断路器合闸脱扣器线圈烧毁，于是我们用万用量表量合闸电源，发现电压正常，后来就直接换了一个线圈，分合了几次正常，就没有注意，结果过了没有一分钟线圈又烧了，后来检查发现，合闸后 S3 辅助结点开关 31、32 没有断开，负电源直接接到 C2 点，用 KK 开关合闸后虽然打到中间位置没有了正电源，却因为合闸回路上并有微机保护上的跳位指示灯的高位电阻，用万用量表发现该高阻电阻被击穿，正电源通过高阻电阻直接加在 C1 点上，造成线圈长时间带电，烧毁电阻，后来把 S3 辅助开关换了一对接点，高阻电阻解除，换上合闸脱扣器线圈操作正常。

7 分闸回路故障分析处理

故障现象：分闸回路不动作。

可能原因分析及处理：分闸电压过高烧毁整流模块 V2 或分闸脱扣器线圈 Y2，S4 辅助开关接点 13，14 没有随合闸动作，常开没有变常闭造成合闸回不通。分闸回路故障虽然容易排除，但却是断路器故障类型中最危险的一种，因为当线路发生短路故障时，电流会增大很多，电流互感器采集到电流并通过二次线路输送到微机保护，只要电流达到保护定值，微机保护的保护动作分闸出口就会打开，而断路器接到指令却分不了闸，会使故障范围扩大，故障加重，严重时危及人身设备安全，所以发生分闸回路故障时一定要及时排除，不能带问题运行。一般检查此类故障先量分闸电源是否正常，电压大于 250 伏的 10%就有可能烧毁整流模块 V2 或分闸脱扣器线圈 Y2，如电压正常再量整流模块 V2 和分闸脱扣器线圈 Y2 是否完好，然后再量 S4 辅助开关接点 13，14 是否不通，如果正常则需检查保护回路。

工作实例：新路桥公司 1#变电所一台 VD4 断路器在一次电缆故障中断路器没有紧急分闸，而是越级分了上一级开关，造成新路桥公司 1#变电所大面积停电，给公司造成了很大损失，这严重违反了分级跳闸制度，属于紧急故障，后来我们进行检修发现，微机保护在故障发生时已经在规定时间内发出了分闸信号，保护分闸出口已经打开，这个在微机保护中有故障记录，但是断路器分闸回路却没有动作，致使越级分闸，造成大面积停电。检查分闸电源发现没有问题，然后在升流过程中发现保护在电流达到保护定值时动作，保护分闸出口打开，但断路器却没有正常分闸，用万用表检查整流模块 V2 和分闸脱扣器线圈均没有问题，最后发现 S4 辅助开关损坏，13、14 接点不通，造成分闸回路不通，不能正常分闸，后换了一对辅助触点后分闸正常。

8 防跳回路分析

防跳回路的作用是防止因控制开关或自动装置的合

闸接点未能及时返回而正好合闸在故障线路和设备上，造成断路器连续合切现象。

因为我们港口用的是微机保护多为南京磐能的 DMP-300 系列保护单元，保护中自带防跳功能，所以我们在 VD4 真空断路器的选配上一般不选带防跳继电器 Ko 的，如果发现断路器和微机保护都带防跳功能，最好把断路器的防跳继电器解掉，不然会出现断路器和保护防跳回路配合失灵问题，会出现在正常情况下断路器只能分合一次，不能再次分合的情况。

9 结论

经过我多年的工作经历发现，在港口集团公司一百余座的 6KV、10KV 变电所站内使用的 VD4 真空断路器就单台来说运行很稳定，故障率很低，但因为 VD4 真空断路器众多，造成我各种类型的故障都能接触到一些。

因为港口的机械设备几乎不能停电，而很多变电所没有备用的 VD4 真空断路器，当断路器发生故障时要及时修复，所以我们对 VD4 真空断路器的各种故障类型进行总结分析是十分必要的，经过总结可以使我们能够快速处理各类 VD4 真空断路器故障，从而保证港口设备的安全用电，为港口生产保驾护航。

[参考文献]

- [1] 华焯,高翔,任稀杨.VD4 真空断路器合闸闭锁电磁铁故障分析及处理[J]. 电世界,2020,61(6):21-23.
- [2] 王明雷. 户内高压真空断路器常见故障的分析与处理[J]. 设备管理与维修,2017(17):54-55.
- [3] 朱艳青. 电力系统中高压真空断路器常见故障原因分析及处理方法[J]. 四川水泥,2015(8):142.

作者简介：陈虎（1974.11-），男，毕业院校：上海海事大学，专业：港口运输与管理，单位：连云港港口集团供电工程有限公司，职务：工程中心主任。