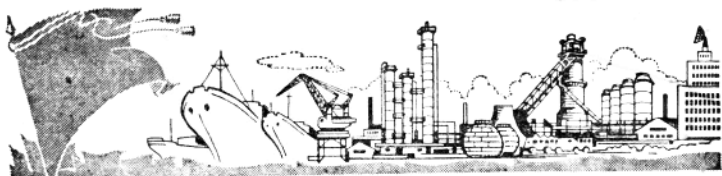


毛主席语录

要使我国富强起来,需要几十年艰苦奋斗的时间,其中包括执行厉行节约、反对浪费这样一个勤俭建国的方针。



液体整流器的制造和使用



工业技术资料

第89号

上海人民出版社

工 业 技 术 资 料 第 89 号

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海东方红印刷厂印刷

1972年1月第1版 1972年1月第1次印刷 定价0.02元

液体整流器的制造和使用

杭 州 供 电 局

液体整流器是技术革新、技术革命中创造和推广的一种瞬时通电的大电流整流设备。由于它具有一系列的优点，近几年来被普遍采用作为变电所中高压油开关的合闸电源。

直流电源是变电所的重要设备之一。在以往的变电所设计中，一般都是采用一组蓄电池组作为继电保护、讯号、控制和高压油开关分合闸用的直流电源，为了满足油开关合闸电流的要求，因此不得不选用容量较大的蓄电池组。由于蓄电池的价格昂贵，且需要繁多的充电、控制设备和要求较高的专用建筑物，致使直流电源的造价很高，运行维护费用也很大。为了改变这种不合理的局面，近几年来各地电力部门在处理直流电源问题时，都趋向于取消蓄电池组，而用电容器储能装置，复式整流装置（也有用小容量、电压较低的蓄电池组）供给继电保护、讯号和控制系统，而油开关的合闸电源则用大容量的整流器单独供电，整流器可采用各种类型的整流元件，其中使用较多的硅整流器虽然在技术上有许多优点，但由于价格较贵，制造工艺比较复杂，一般工厂企业自己制造有困难，使用上仍受到一定限制。而液体整流器具有造价极低、制造很简单（一般工厂均能自己制造）、工作可靠的优点，因而得到推广使用。

由于工农业生产用电迅速发展，变电所大量增加，急需解决高压油开关合闸电源这个实际问题。我们从一九六五年初开始试制液体整流器。为了摸清它的性能，我们遵照毛主席关于“一

切真知都是从直接经验发源的”教导,对它进行了一百多次模拟试验和对各型开关的操作试验。试验结果表明其性能良好,工作可靠。目前我局已在一个 220 千伏超高压变电所的二组 DW3-220 型油开关和几十个 35 千伏变电所的 35 千伏及 10 千伏油开关中普遍使用。

根据六年多来的运行情况,我们认为变电所采用液体整流器作为油开关的合闸电源,并辅以电容器蓄能装置,复式整流装置或小容量、电压较低的蓄电池组作为保护、讯号、控制系统的直流电源,在经济技术上是合理的,可以达到少花钱多办事,办好事的目的。

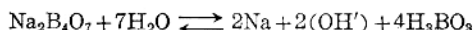
一、液体整流器的基本原理

在一个容器内,加入一定浓度的硼砂水溶液,浸入一块铝板作为阳极,一块铅板作为阴极,在二极板上加电压,此时极板间便有电化学反应。

由于电化学反应,铝板表面受氧化,生成一层氧化铝薄膜,随着电化学反应的强度及反应时间的增长,其氧化膜厚度不断增加,而氧化铝薄膜具有一定的单相导电特性,因此电流将逐渐减小,最后当氧化铝薄膜完全形成后,电流趋于一个较小的稳定值。这便是一个最简单的整流元件,其正向电阻远小于反向电阻,当正向通电时,电流很容易通过,反向通电时电流不易通过。

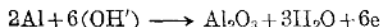
上述极板的电化学反应过程,可以简单归纳如下:

硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)是由强碱和弱酸所组成的盐类,其水溶液呈硷性,溶液中存在着氢氧根离子(OH'),即:



当通电时,氢氧根离子(OH')在阳极放电,产生初生态氧,

使铝板表面氧化,生成三氧化二铝(即氧化铝薄膜),即:



氧化铝薄膜的单向导电作用解释如下: 氧化铝薄膜是由两部分组成的: 图 1 与铝板相接触的是一层薄而密实的氧化物(图 1 之 A), 这是电解质的有效物厚度; 与硼砂溶液相接触的一面是一层具有许多细孔的氧化物层(图 1 之 B), A 的厚度远小于 B, 在有效膜与溶液

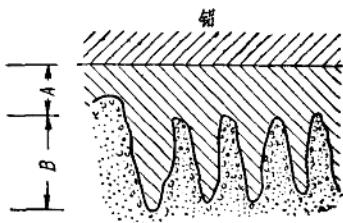


图 1 氧化铝薄膜

之间,还有一层很薄的气体,它是由于氧离子达到氧化物与电解液分界面放电时产生的。当铝板接电源的阴极时,电子从铝板产生冷发射,很容易通过氧化膜层、气体层到达溶液。反之,当铝板接电源阳极时,由于起导电作用的电子只能由溶液中的 OH' 离子供给,因而电子剧烈减少。

二、液体整流器的构造

液体整流器与其他整流器一样,可根据不同的用途、要求,由若干整流元件接成各种整流电路。作为供给油开关的大电流整流器,为了获得较高的整流电压,通常接成三相桥式整流电路,如图 2 所示。

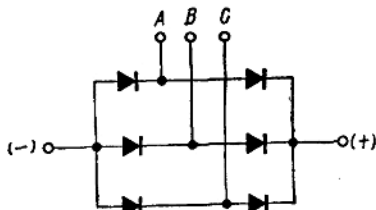


图 2 三相桥式整流电路

如图 2 所示。

整流元件由正负极板、硼砂水溶液、容器、绝缘螺杆、螺帽、垫圈及连接导线组成。

整流器的容量与整流元件的数目,正负极板的数目、

大小、液面高度、溶液浓度等有关。我局目前采用由六个整流元件组成的三相桥式整流电路。整流元件的具体结构(图3)如下:

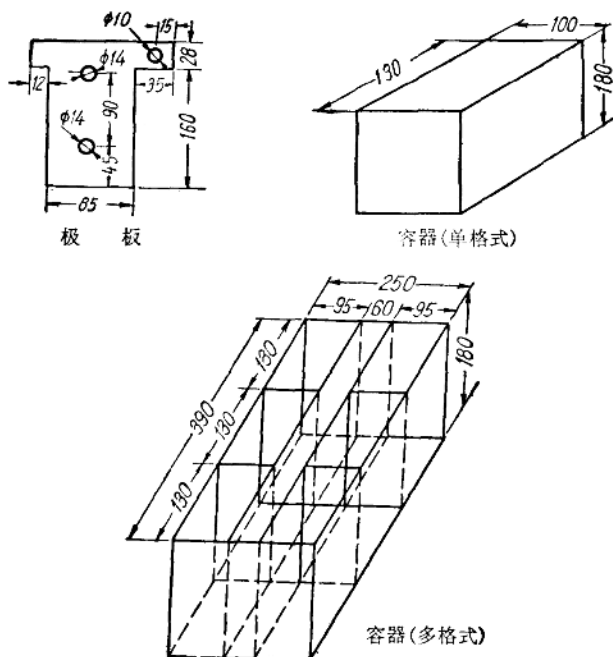


图3 整流元件结构

正极板—— $188 \times 85 \times 0.5$ 毫米的铝板三块。

负极板—— $188 \times 85 \times 3$ 毫米的铅板二块。

溶 液——3% (重量比) 的硼砂水溶液。

容 器——用厚 1 毫米的薄钢板制成并涂以搪瓷 (或用塑料板焊接而成)。

正负极板之间的距离为 20 毫米。正负极板用绝缘螺杆、螺帽、垫圈间隔安装。铝板可用一般的铝板剪成, 铅板可用电缆铅

皮熔化后浇制，硼砂可用医用硼砂或纯洁的工业用硼砂。组装后的每一元件如图4所示。液体整流器的过载能力较大，运行情况表明，上述元件的裕度较大，极板尺寸尚可适当缩小。

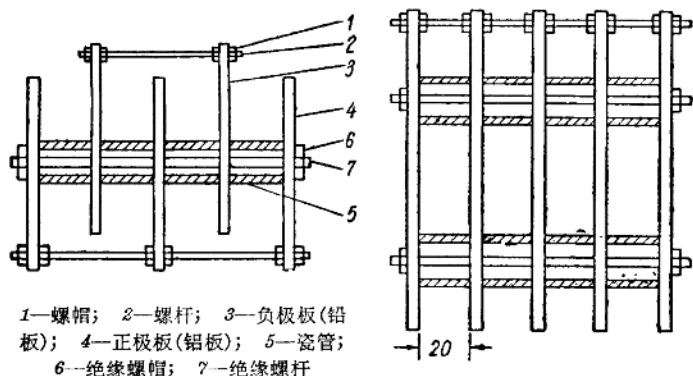


图4 液体整流器元件组装图

三、极板的化成

新做好的铝板不能马上使用，必须经过化成，使其表面生成一层氧化铝薄膜，其化成的步骤如下：

将组装好的整流元件，按图5的接线、装配好，把浓度为3%的硼砂水溶液加满(应尽可能加满些)，使直流输出端处于开路状态，把水电阻置于最大值。然后合上闸刀和交流接触器，加入380伏交流电源，这时便有电流出现，电流的大小取决于水电阻的数值。随着加电压时间的增加，氧化铝膜逐渐形成和加厚，电流逐渐减少，这时可以减小水电阻的数值，使电流保持在一定范围。实践表明，化成时电流的大小，对其化成的质量关系不大。电流大时，化成时间短，但溶液温度剧烈上升，以致沸腾，这时可减小电流或间断电源，待溶液冷却后再通电。电流小，化成时间

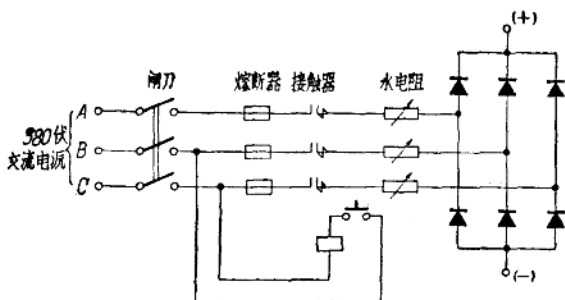


图5 极板化成接线图

长，但溶液温度上升较慢。我们一般采用 10~20 安，全部化成时间约一小时左右。

极板化成手续是否完成，可用下列标准判断：

1. 通电时，电流稳定在某一较小的数值（水电阻短接）不再降低。
2. 切断电源数分钟后，再接入电源，铝板表面马上出现均匀、密布的细小火花点。
3. 浸入溶液的铝板表面失去金属光泽，呈乳白色。
4. 整流器的输出端空载电压达到 450 伏左右。

具有上述四条标准就说明化成已完成，否则应继续进行。化成时，适当增加溶液浓度，对化成质量有好处。化成时，组装极板时，应适当拧松固定用的绝缘螺帽，使螺帽盖住的极板部分也能与硼砂溶液充分反应，否则这些部分在运行中容易出火，甚至烧坏极板和螺丝。

四、液体整流器的基本特性

（一）液体整流器

液体整流器与其他固体整流器不同，在直流输出空载的情

况下,仍然有很大的空载电流,这部分能量几乎全部消耗为溶液的发热,即使在空载的情况下,整流器也会象负载一样,温度剧烈上升,故整流器只能瞬时通电,在运行中,平时也是不带电的。虽然温度上升至 100°C 也不会损坏其极板,但长时通电,会损坏供给整流器的变压器(所用变压器)或其他元件,甚至会烧干溶液,故整流器在应用中,必须装有时间保护装置。

(二) 整流特性

液体整流器虽具有较大的空载电流,但试验表明,当交流侧电流平衡时,直流输出电流中的交流分量很小(约 $5\sim 7\%$),整流特性好。当交流三相电流不平衡时,交流分量将显著增加,整流特性变坏。

图 6 是用示波器录取的交流三相电流平衡时的整流电流、电压波形图。

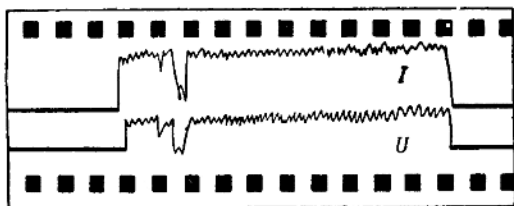


图 6 交流三相电流平衡时的整流电流、电压波形图

图 7 是交流三相电流不平衡时的整流电流、电压波形图。

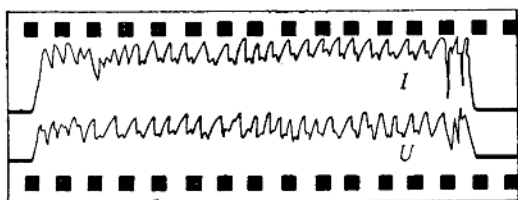


图 7 交流三相电流不平衡时的整流电流、电压波形图

(三) 温度与输出电流的关系

液体整流器的输出电流与整个输出回路的阻抗有关，当输出负载不变时，回路阻抗主要受溶液电阻的影响。硼砂水溶液电阻与温度的关系可以用下式或图 8 表示：

$$R_t = \frac{R_{t_0}}{1 + 0.03Q}$$

式中： R_t ——温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时的溶液电阻；

R_{t_0} ——温度 $t_0^{\circ}\text{C}$ 时的溶液电阻；

Q ——温升 ($Q = t - t_0$)。

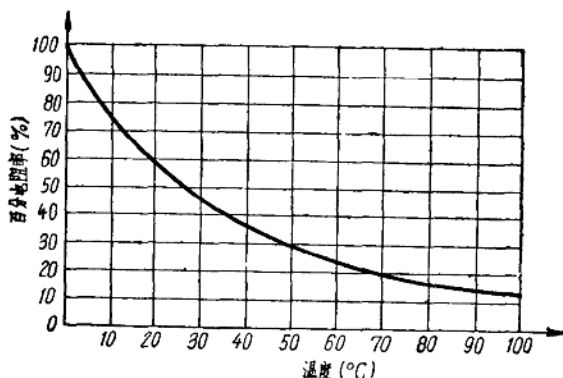


图 8 溶液电阻与温度的关系

从图 8 可以看出，当温度下降时，溶液的电阻显著增加，使整个输出回路的阻抗相应增加，因此输出电流将显著降低；反之，液温升高时，输出电流增大。用 CD 2-40 电磁机构做试验，温度从 17°C 增加到 40°C 时，直流输出电压增加了 30~40 伏。温度对整流器的输出电流影响甚大，故运行中的整流器，液温必须保持在某一适当的范围，一般为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，冬季液温低于 10°C 时应投入加热装置（一般可用灯泡）。硼砂水溶液（3%）的冰点为

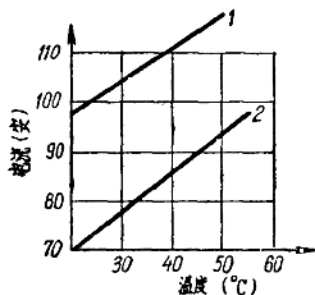
-1.3°C。

(四) 溶液浓度与输出电流的关系

图9中的曲线1和2是当其他条件不变的情况下，溶液浓度为3%和1%（重量比）时的输出电流与温度的关系曲线。从曲线中可以看出，当溶液浓度降低时，输出电流大大减小。一般均采用3%浓度，硼砂的溶解度较低，加入硼砂过多溶液即饱和，出现沉淀和结晶。

(五) 极板距离与输出电流的关系

试验得到，当极距减小时，输出电流增加，且输出电流随液温的变化率减小，特性较为平稳，但距离过小将使输出电流太大。此距离一般由试验确定，我局目前采用的极距为20毫米。



1—溶液浓度为3%
2—溶液浓度为1%

图9 溶液浓度与输出电流的关系

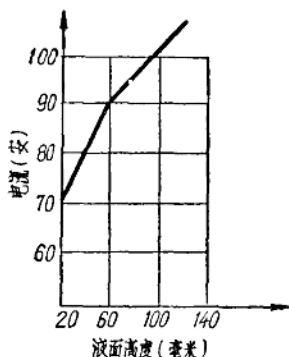


图10 液面高度与输出电流的关系

(六) 液面高度与输出电流的关系(图10)

液面高度增加，内阻减小，输出电流随之增加；反之输出电流减小。一个整流器做好之后，其结构已固定，一般可用调节液面高度的办法来调整输出电流。根据各变电所开关合闸回路电

阻大小不同,应根据试验来确定。正常运行时应经常注意液面高度,液面低于规定值时,及时添加蒸馏水,否则将影响开关的合闸特性。

五、液体整流器试验情况

1. 曾经用调压器对整流器进行降压试验,当交流电压降至45% (170 伏) 以下,开关拒绝动作 (SN 1-10 型开关, CD 2-40 220 伏线圈),交流电源电压在 65% 以上开关动作正常,交流电压在 45~65% 之间开关动作速度较慢。

2. 降温试验至 4°C 时开关仍能正常合闸 (4°C 以下没有试验)。

3. 在正式投入运行之前,曾对 DW 2-35、DW 1-35 D、SN 1.2-10 开关进行合闸和重合闸试验,整流器可以同时两台 SN 1.2-10 型开关进行重合闸。

4. DW 3-220 油开关用的整流器,采用 24 个整流元件组成,合闸电流为 720 安(三相)。

六、液体整流器在变电所的应用

1. 整流器的输出电流与供电电源变压器(所用变压器)的容量有关,容量小、压降大,输出电流小,根据试验和运行经验,所用变压器容量为 20 千伏安即可。小于 20 千伏安,冲击电流对变压器有影响。

2. 由于各变电所开关合闸回路长短不一,整流器的直流输出电压较高,故在正式运行之前应进行调整,一般可在液温 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时,对变电所中合闸回路最长和最短的二台进行合闸试验,采用调整液面高度和输出回路串联电阻(采用 10 千伏开关的合闸线圈作电阻)的办法,使开关的合闸机械特性(合闸时

间和速度)最适中即可。

3. 整流器的保护时间,应比它所供电的开关中合闸时间最长的一台的合闸时间长 Δt , Δt 一般采用 0.5~1.0 秒。

4. 硼砂溶液是一种无腐蚀性、无毒的液体,故整流器可安放在开关室和控制室。

七、液体整流器的运行维护

1. 每天检查液面高度,低于规定高度时,应补充蒸馏水。

2. 定期用试验按钮对整流器进行空载试验,整流器正常时,铝板表面应有明显的火花点,空载电压应在 400 伏以上,否则说明整流器有问题。

3. 液温低于 10°C 时,应投入加热设备。

4. 每六个月更换溶液和清扫极板一次。

5. 经常检查极板及连接线是否紧固,有否短路现象。

八、液体整流器与固体整流器的比较

液体整流器与硒整流器及硅整流器比较有下列优缺点:

1. 液体整流器取材容易,制造简单,一般工业企业均可自己制造。

2. 寿命长,极板不会因过热损坏,短时过载能力强,工作可靠。

3. 不需要复杂的保护和辅助设备,运行维护极为简单。

4. 价格低廉是液体整流器的最大特点,一组供 35 千伏变电所合闸用的液体整流器,连同控制保护设备的费用约为 600 元左右;单整流元件部分在 100 元以下,约只有相同用途硒整流

器价格的 $1/4$, 与硅整流器比较经济效果更为显著。

5. 液体整流器不能象硒、硅整流器长时间通电, 且输出电流受温度影响较大。