

汞弧整流器

上海电器科学研究所 编著
整流器专业会议技术编辑组

上海市科学技术编译馆

· 269
DK

汞 弧 整 流 器

上海电器科学研究所 編譯
变流器专业变流技术編輯組

上海市科学技术編譯館出版

(上海南昌路59号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售
商务印书館上海厂印刷

开本 787×1092 1/16 印張 6 4/16 字數 130,000
1964年8月第1版 1964年8月第1次印刷
印數 1-6,000

編 号 : 62 · 216
定 价 : 0.80 元

編 者 的 話

离子功率变流設備目前已普遍应用于电冶金、电化学、电力傳动、电气化鐵道、城市交通等工业部門。本輯主要介紹国外在大功率离子管应用技术、制造工艺、結構改进、材料研究、运行維護等方面的最新成就和发展动向。选择的論文，多是近二、三年来国外主要期刊中具有代表性的文章，可供有关离子变流設備研究、制造、使用、設計单位的技术人員，技术管理部門的技术规划人員和高等院校师生等参考。

本輯由上海电器科学研究所和变流設備专业“变流技术”編輯組共同負責主編，并由王隱修、張明勛同志負責审校。限于編譯者水平，本專輯在內容上难免有不当之处，敬希讀者批評指正。

1964 年 3 月

目 录

汞弧整流器設計的发展趋向	1
密封式汞弧整流器	5
整流閥的发展	11
东芝公司制电焊机用引燃管	18
汞弧整流器的負載强度和逆弧或然率	34
AE G 型单阳极汞弧整流器系列	40
汞弧变流器範圍內的先进制造技术	46
汞弧整流器的自动化成	55
汞弧整流器在电力傳动方面的若干問題	58
无整流子电动机的离子电气傳动	72
采用可控整流器的引燃回路的設計	81
用作开关管的金属阳极引燃管的发展	86
降低 PMHB 型整流閥的逆弧次数	89

汞弧整流器設計的發展趨向

意大利的米兰 C. G. E. 公司在 1931 年就开始制造汞弧整流器,也是意大利整流器方面的首創者。第一台整流器产品是多阳极有泵水冷式,但以后就只制造无泵风冷铁壳整流器了。

这类型的整流器分为两种: RVS 500/6 型和 RVS 1,200/6 型,分别供直流 600 伏以下的 500 安和 1,000 安用;过载值如下: 25% 为 15 分钟; 50% 为 2 分钟和 100% 为 10 秒钟。所供应的整流器可带栅控或无栅控。

整流器系为稳定和連續性負載而設計,可应用于各方面,如軋鋼、电解和牵引等。

图 1 所示为装置有 24 台无泵整流器組的一座电解工厂,在 650 伏时,其总容量为 24,000 安。

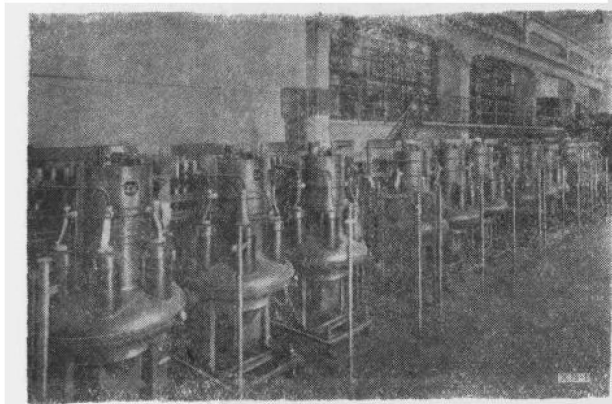


图 1 装置有 24 台无泵整流器組的一座电解工厂

在軋鋼厂应用方面,值得注意的是:两台整流器对可逆軋鋼机饋电,驱动 1,200 和 320 馬力,倒轉系由电动机轉樞来实现。

由上述 RVS 1,200/6 型发展为直流 3,000 伏的无泵鉄壳整流器可供牵引方面应用,例如用在意大利国家铁道方面。图 2 表示整流器的纵断面。

由于上述成功的使用性能,各种老式的有泵整流器(包括供 3,600 伏直流用的)已停止制造。在意大利铁路上有 58 个最现代化的整流器組,其中 10 組装置在铁路貨車上,組成流动整流站。每一組由两个閥組成。額定直流电流为 666 安, 1,000 安連續 2 小时和 2,000 安連續 5 秒钟。

上述整流器組的輔助装置甚为简单,其連接图如图 3 所示。

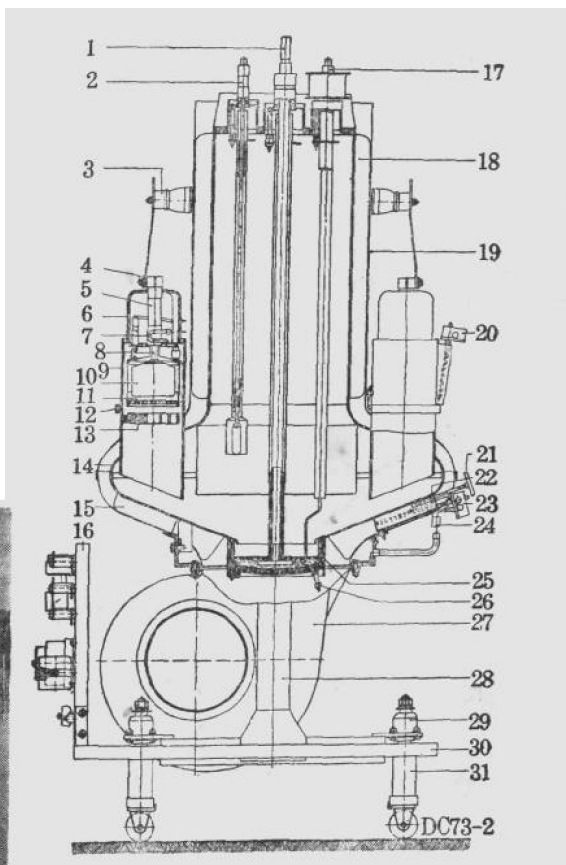


图 2 意大利国家鉄道的 3,000 伏整流器
的纵断面图

1. 阴极接綫端及其引入体; 2. 励弧极及其引入体;
3. 阳极引綫的支持絕緣子; 4. 阳极接綫端及其引入体;
5. 阳极引入体; 6. 阳极引入体加热器的保护罩;
7. 阳极引入体加热器; 8. 阳极杆; 9. 阳极臂;
10. 石墨阳极头; 11. 极化內栅极; 12. 阳极臂加热器;
13. 外栅极; 14. 真空室; 15. 底部冷却散热片;
16. 輔助控制板; 17. 点弧极及其引入体; 18. 圓頂冷凝室的散热片;
19. 空气套; 20. 控制阳极臂和阴极加热器的恒温器;
21. 底部溫度計; 22. 警報恒温器;
23. 控制風扇和阳极引入体加热器的恒温器;
24. 恒温器接头的端子板; 25. 特殊陶瓷的阴极杯;
26. 阴极加热器; 27. 冷却風扇; 28. 閥体支柱;
29. 彈性的支持元件; 30. 底座; 31. 絕緣轉滑輪

1957 年 C. G. E. 公司发明了一种小型的单阳极无泵风冷式励弧管,其真空管壳处于阴极电位。每个励弧管在 600 伏电压下輸出 160 安,或 1,500 伏輸出 80 安,变压器作双 Y 連接。

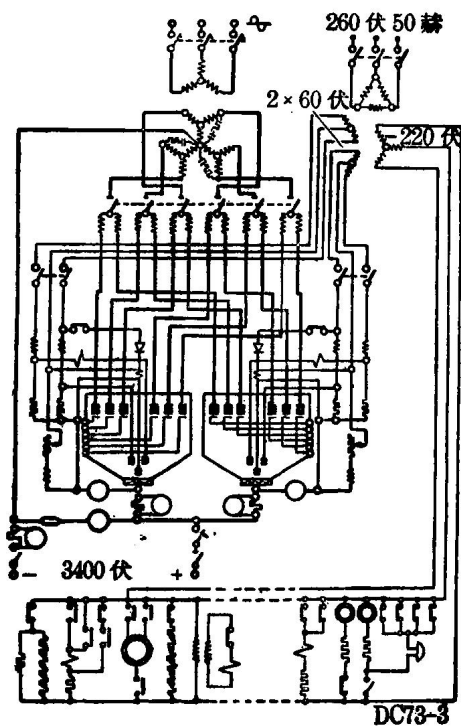


图 3 意大利鉄道の整流器組和輔助設備連接圖

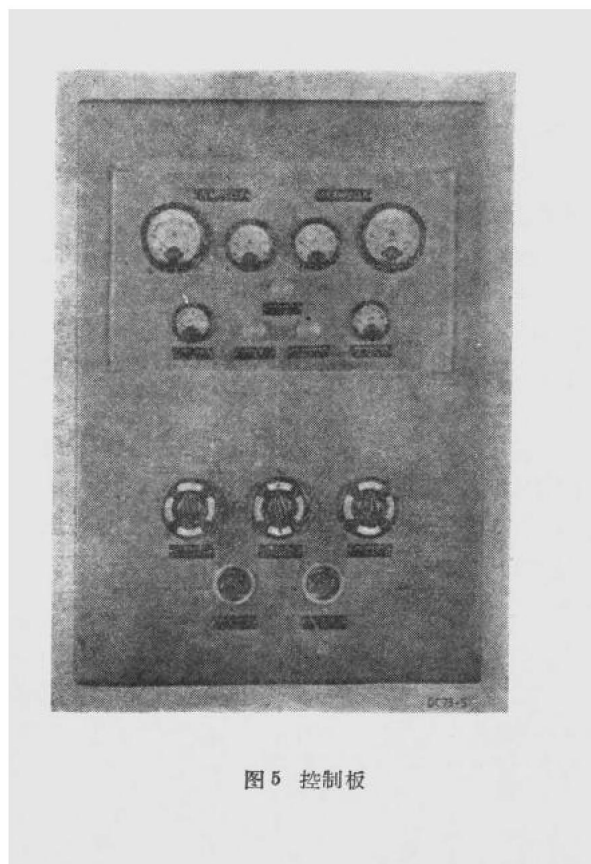


图 5 控制板

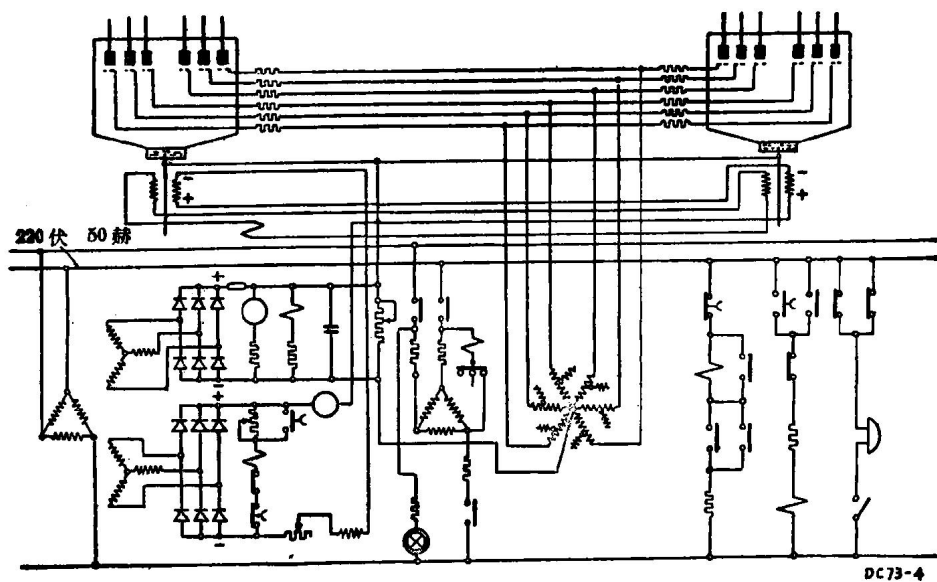


图 4 具有預飽和阴极电流互感器的电弧抑止电路

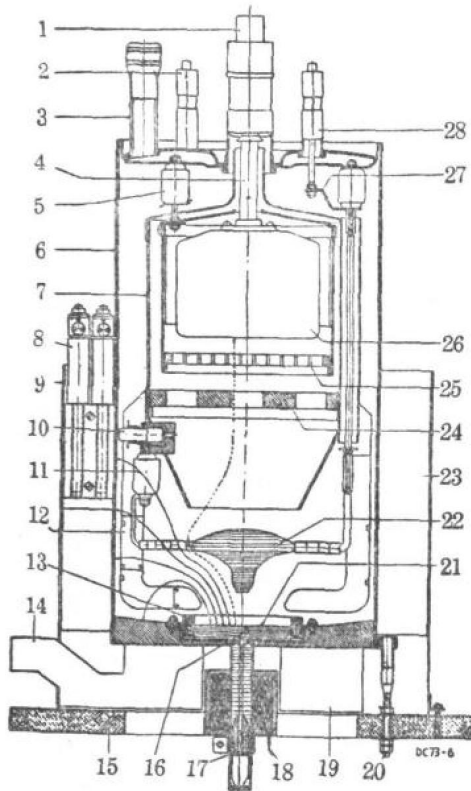


图6 单阳极无泵风冷式励弧管在600伏电压下输出160安,或在1,500伏电压下输出80安的纵断面

1. 阳极引入体; 2. 栅极引入体; 3. 抽气管封口;
4. 阳极杆; 5. 屏蔽罩的支持绝缘子; 6. 真空管壳;
7. 末端为锥状屏蔽罩的管子; 8. 恒温器; 9. 空气套;
10. 被屏蔽的对中心绝缘子; 11. 支持绝缘子;
12. 用作冷表面保护屏用的翼片; 13. 右夹环; 14. 阴极接端;
15. 支持绝缘底座; 16. 可动点弧极(钨的部分); 17. 可动点弧极(铁的部分);
18. 点弧极的启动线圈; 19. 底部的铜散热片; 20. 支持和固定用的杆件;
21. 汞; 22. 反射屏, 同时作为点弧和励弧用的固定电极;
23. 圆柱体下部的铜散热片; 24. 外栅极; 25. 内栅极; 26. 阳极头;
27. 点弧和励弧极连接管; 28. 点弧和励弧极引入体

在圆柱体下部与阀体底部附装铜散热片(图6中的19及23), 就能在阀体内形成一个较冷的区域, 使汞蒸汽凝聚在一个表面上。阀体的上部装有阳极装置, 但无冷却片。因此这里的温度相当高, 虽在小的负荷电流下, 也对整流器运行提供良好的条件。热量的消失依靠对流和辐射; 当整流器的电流增加时, 辐射相应地增加, 因此阀体上部的温度仍能保持良好的运行, 并且不超过允许极限。

反射屏(图6中的22和7)防止从阴极溅出的

汞流直接到达阳极, 而是将汞流向管壁并在那里凝结。

以径向的铁片(12)焊接在反射屏(7)组成的电离罩上, 保证这种带阴极电位的整流阀顺利地工作, 既不影响阀壁的凝汞作用, 又防止了串弧。反射屏本身由绝缘子(5)和(10)与阀体绝缘。

当线圈(18)通电时与正常浸沉在阴极汞池中的带钨头(16)可动点弧极(17)瞬时接触至固定极(22)时, 点弧立即发生。而当励弧一经建立, 线圈(18)立即不通电(图6和图7)。

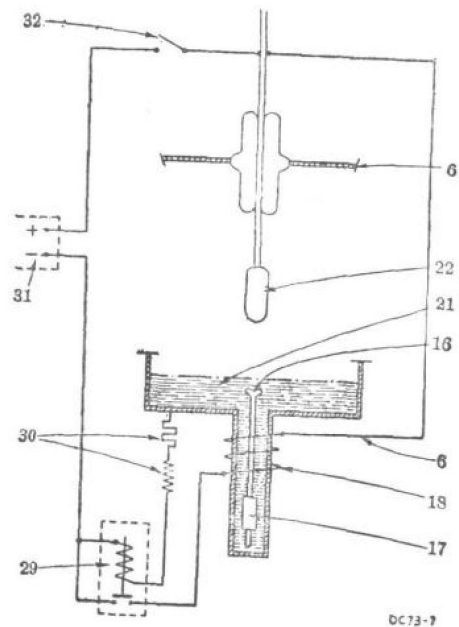


图7 点弧电路

这种型式的整流器证明有利于解决在铁路客车上安装小型整流器, 将交流转换为直流, 并向牵引电动机供应直流电的问题。在意大利某些铁道网上, 即老的架空系统仍供以三相3,600伏, 16 $\frac{2}{3}$ 赫的电流, 以及希望在交流和直流电气化线路上同样能使高速火车运行的地方, 都需要应用这种整流器(图10)。

不用易碎的绝缘阴极帽与水冷, 使这种型式特别适合这种应用。已采用需要单阳极元件的三相格列茨(Graetz)桥接法。图11所示为双系统火车由三相交流接触网供电。整流器装于被拖客车的地板下, 并在车厢的侧边易于接近(图12), 因此不占任何乘客的地位。

励弧管安装在两弹性框架上, 每一框架装三组(图8和9), 供一个六相机组的格列茨桥接法用。

这里还存在某些严格的絕緣問題，单个整流器必須互相絕緣，并和框架之間絕緣；因为电压超过 3,600 伏，而可利用的空間是有限的。

这种整流器組額定直流为 3,000 伏、200 安，225 安連續 1 小时，240 安連續半小时 和 500 安連續 5 秒。

励弧管是外部通风的。通风路綫如图 8 上的箭头所示。在冬季，励弧管可用加热元件以調节温度，如图 9 所示。

图 10 表示了由一辆机車与两辆客車組成的列車，后者之一装有励弧管設備。該公司已供应給意大利鐵道十四套这一类型的整流器組。

(郭基川譯自英国《Direct Current》Vol. 7, No. 3, 1962, p. 69~75, 刘育敦校)

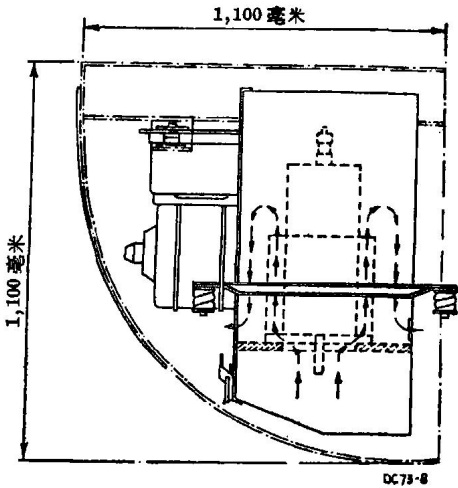


图 8 箭头表示励弧管空气通风路綫

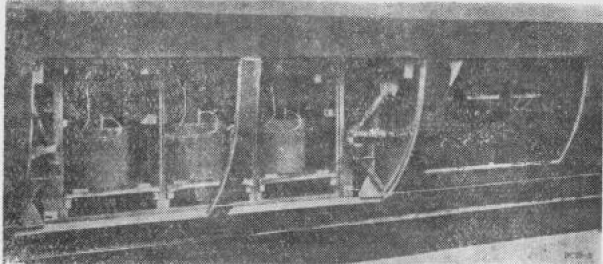


图 9 在冬季調节温度的加热元件

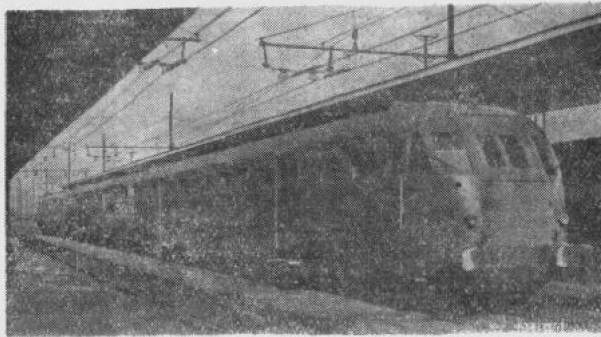


图 10 由机車和两辆客車組成的列車，后者之一装有励弧管設備

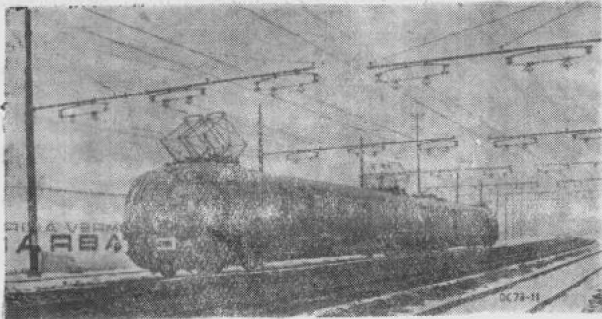


图 11 由三相交流接触网供电的双系統列車

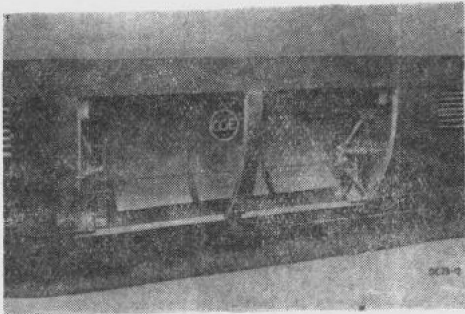


图 12 可以从旁边接近和装在客車地板下的整流器

密封式汞弧整流器

Т. А. Суетин

以列宁命名的全苏电工研究所(ВЭИ)在苏联离子变流技术的发展中起着重要作用。

全苏电工研究所所进行的关于气体放电物理及其技术以及关于电真空材料的综合性科学研究工作,使該所有可能在短期内完成一系列的具有高电气特性的大功率密封式金属汞弧整流閥的设计和生产工艺。

研究所在密封式整流閥的基础上创制了有适合自用电量设备的汞弧变流器。这种设备能够保证汞弧整流器在各种不同状态下进行操作,并且可以使变流机组的控制全部实现自动化。

对密封式整流器的长期技术测试证明,它比苏联工业中所生产的可拆式(带泵的)汞弧整流器具有較好的电气性能,运用方面更为经济与可靠。

全苏电工研究所在密封式金属汞弧整流閥方面

的成就导致新的汞弧整流器制造工厂的设计和新建。

随着汞弧整流器应用范围的扩大,以及各种新要求的提出,有必要对其标准进行修正。苏联工业必需对新标准草案中所规定的整流閥的电气性能进行研究和掌握以满足国民经济对汞弧整流器的当前和未来需要。

表1、表2列示汞弧整流閥等级表的标准草案。

所有汞弧整流閥,不論是多阳极或单阳极的,都应该具有控制栅极,以保证汞弧整流閥可应用在具有整流电压调整和限制事故电流的栅极保护的机组中。

全苏电工研究所的密封式金属汞弧整流閥的型号和主要特性在表3、4、5中示出。

表1 单阳极汞弧整流閥的等级表

最大逆电压(千伏)	2.5 以下		5.0	10	15	20	40	80
額定电流(安)	30、100、200	500、1,000	300、500	200	200	50	150	50
型式	密封式	密封式或可拆式	密封式					
冷却方式	强制风冷或液体冷却				强制液体冷却			
阴极輝点的激励方式	周期激励(引燃管)或持續激励(汞弧整流管)							

表2 多阳极汞弧整流閥的等级表

最大逆电压(千伏)	2.5 以下		
額定电流(安)	300	500	1,000
阳极数目	3	6	6
型式	密封式		
冷却方式	强制风冷		

表 3 全苏电工研究所的多阳极密封式整流閥

整流 器的 型号	平均 电流 (安)	逆电 压 (伏)	栅极 控制	負 偏压 (伏)	栅极 电流 振幅 (毫安)	引燃 型式	冷却 方式	励弧 电压 (伏)	励弧 电流 (安)	适合 自用电 的功率 (瓦)	空气 耗量 (米 ³ /分)	空气 温度 (°C)
PM-200	200	1,500	有	175	150	縫隙式	风冷	50	12	1,000	20	18~40
PM-300	300	1,000	无	—	—	縫隙式	风冷	50	12	1,000	30	18~40
PM-500	500	1,500	有	200	150	縫隙式	风冷	50	12	1,200	40	18~45

表 4 全苏电工研究所的密封式金属汞弧整流管

引燃管型号	平均 电流 (安)	逆电 压 (伏)	栅 极 負偏压 (伏)	栅极电 流振幅 (毫安)	水或空气耗量		允許的冷却剂温度范围(°C)	
					水 (立升/分)	空气 (米 ³ /分)	水	空 气
ИВС 100/2	100	2,500	100	15	4	—	25~30	—
ИВС 200/2	200	2,500	150	100~150	6	—	20~35	—
ИС 200/2	200	2,500	150	100~150	—	18~20	—	20~35
ИВС 300/2	300	2,500	150	100~150	8~10	—	18~45	—
ИВС 500/2	500	2,500	150	100~150	14~18	—	18~50	—
ИВС 200/5	200	5,000	150	150	8~10	—	18~45	—
ИС 200/5	200	5,000	150	150	—	20	—	18~35
ИВС 300/5	300	5,000	150	150	12	—	18~45	—
ИВС 500/5	500	5,000	150	150	18	—	35~50	—
ИВС 200/10	200	10,000	150	150	8~10	—	18~45	—
ИС 200/10	200	10,000	150	150	—	20	—	18~35
ИВС 100/15	100	15,000	150	150	8~10	—	18~40	—
ИВС 200/15	200	15,000	150	150	12~14	—	18~35	—

表 5 全苏电工研究所的密封式单阳极汞弧整流管的型号和特性

汞 弧 整 流 管 型 号	平均 电流 (安)	逆电 压 (伏)	負栅 极偏 压 (伏)	栅极电 流振幅 (毫安)	引 燃	励 弧 电 路	励弧 电流 (安)	励 弧 相电压 (伏)	冷 却 方 式	水或空 气耗量 (立升/分 米 ³ /分)	水或空 气温度 (°C)
ЭВС 250/2	250	2,500	150	120~150	縫隙式或 半导体	三相	12	50	水冷	10~12	18~40
ЭС 250/2	250	2,500	150	120~150	縫隙式或 半导体	三相	12	50	风冷	20	18~35
ЭС 350/2	350	2,500	200	100	縫隙式或 半导体	三相	12	50	风冷	25	20~35

全苏电工研究所除了制成大功率密封式整流閥之外，还完成了一系列有关汞弧整流管和引燃管引燃綫路、栅极控制、自动調节、檢驗和訊号綫路的工作。在这些工作的基础上創制了一种装置，使密封

式整流閥可以应用于供不同用途的各种成套变流設備中。

长時間技术測試的結果証明：密封式金属汞弧整流閥能操作 7~8 年之久而不致恶化其电气特性。

ИВС 500/2×6 型整流器 这种整流器的结构以 ИВС 500/2 引燃管为基础。它规定应用于具有零点电力线路的变流装置里（整流器引燃管的各阴极之间在结构上相互连接）。

整流器的电气特性：功率 3,000 瓩、额定整流电压 1,000 伏、额定平均电流 3,000 安。

整流机组由六个引燃管、进出冷却水管道系统、阴极汇流排和金属框架组成。所有机组元件都安装在与地面绝缘的金属框架上。

ИВС 500/2×6 型整流器可应用于装备电车、无轨电车与地下电车的牵引变电站，大功率汽轮与水轮发电机励磁系统，冶金工业中的离子电传动装置等等。

ИВС 200/5×6 型整流器 其整流机组的构成与 ИВС 500/2×6 型整流器相类似，如图 1 所示。

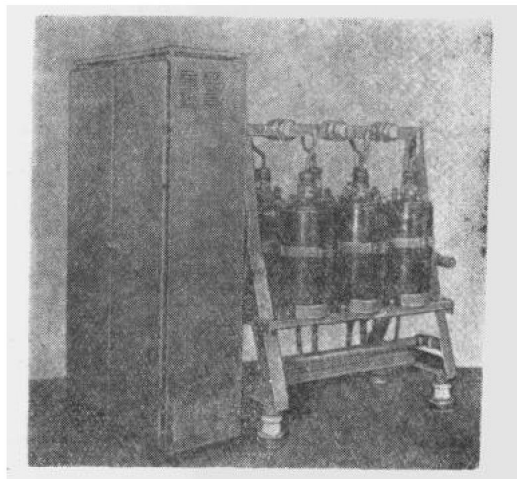


图 1 ИВС 200/5×6 型整流器和控制箱

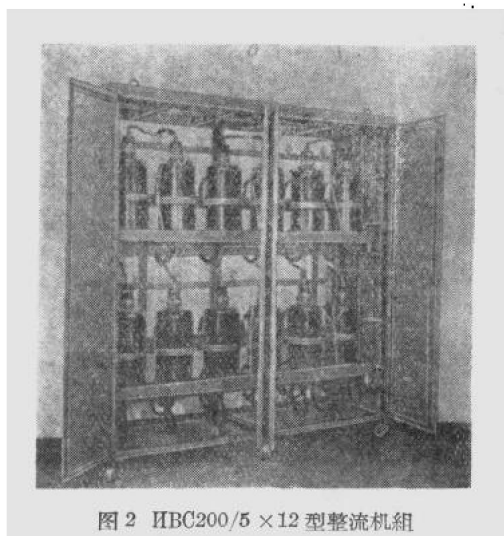
ИВС 200/5×6 型整流器预定在具有 1,500 伏以下的额定整流电压和电力变压器整流绕组零线路的变流装置里操作。整流器的参数为：额定整流电压 1,500 伏、额定整流电流 1,200 安。

整流器可以应用的场合和整流器 ИВС500/2×6 型相同。

ИВС 200/5×12 型整流器 它是安置在密封的金属柜里(图 2)。引燃管分两层排列，并与金属柜的壳体绝缘。所有引燃管的阴极和阴极总汇流排接通，因此整流器只可应用在主变压器二次绕组联接零线路的变流装置里。整流阀的阳极经由配置在整流阀柜外的阳极分流器接入在线路中。

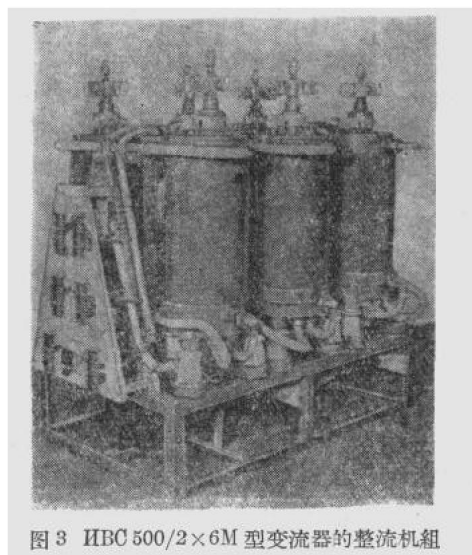
整流器的电气特性如下：功率 2,500 瓩、额定整流电压 1,000 伏、额定平均电流 2,500 安。

目前在莫斯科和列宁格勒地下电车的牵引变电



站中安装着并且成功地使用着 17 台 ИВС 200/5×12 型整流器。

ИВС 500/2×6M 型整流器 它是在 500 安、ИВС500/2 型引燃管的基础上设计的，所不同的是在各整流阀之间是彼此完全绝缘的(图 3)。



当整流电压高达 1,650 伏时，整流器能在平均电流 1,500 安下进行长期操作，就是说，具有功率 2,500 瓩。

ЗС 350/2×6 型整流器 它如图 4 所示由六只 ЗС 350/2 汞弧整流管组成。它可以应用在具有零位的、桥式的和反并联的电路以及其他要求全部或部分整流阀的阴极相互绝缘的线路内。

整流器的特性如下：功率 1,650 瓩、额定整流电压 825 伏、额定平均电流 2,100 安。

РМВ 250/2×6 型汞弧整流器 它是在 ЗС

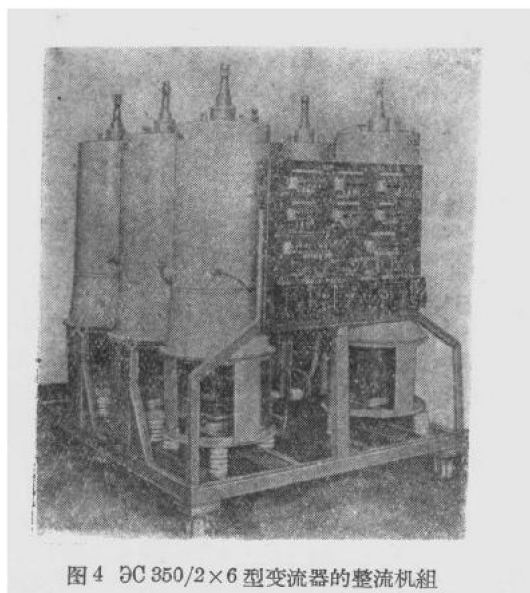


图4 SC 350/2×6型变压器的整流机组

250/2型密封式金属汞弧整流管的基础上设计的。整套汞弧整流阀和整流器所需要的设备均安装在同一个金属柜内。整流器有自动栅极调节，可以应用于可逆电力传动装置、大功率汽轮与水轮发电机的离子励磁上。在简化栅极线路的情况下，可用以作为牵引变电站的装备。

这种变流器规定只能在零线路里进行操作。其技术特性为：功率1,200瓩、额定整流电压825伏、额定整流电流1,500安。

IBC 500/2×6型变流器已为工业生产所采用，目前它已成批生产。

IBC 500/2×12型汞弧整流器 它由两台IBC 500/2×6型整流机组和一台装有能控制十二只引燃管的设备的控制箱组成。整流机组和控制箱规定在具有零线路的整流装置中操作。

IBC 500/2×6型汞弧整流器的控制箱可以根据变流器的用途灵活设计，配置适当的栅控设备，使栅极正脉冲的相位可以在90或150电度的极限内变动。

全苏电工研究所制造的IBC 500/2×12型整流器可在轧钢机离子传动装置与铝厂电站变流装置中应用。

全苏电工研究所设计的IBC 500/2×12型整流器的试样已安装在“镰刀和锤子”工厂和乌拉尔铝厂内，并且成功地使用着。

IBC 500/2×12M型整流器 它是由整流器IBC 500/2×6型和IBC 500/2×6M型组成。IBC 500/2×12M型整流器已供沃尔日斯克(Волжской)水电站的水轮发电机离子励磁装置应用。在电力传

动装置中也得到采用。

IBC 500/2×12M型整流器的特性为：额定整流电压1,650伏以下、平均电流3,000安。

IC 200/10×6 和 IBC 200/10×6型整流器

如图5所示，它们是分别在风冷密封式引燃管 IC 200/10型和水冷式引燃管 IBC 200/10型的基础上制成的。

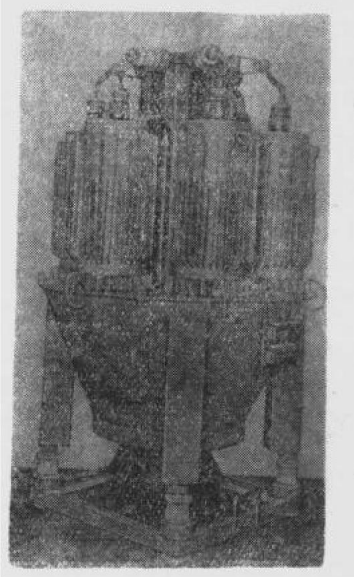


图5 IC 200/10×6型整流机组的外观

IC 200/10×6的电气特性为：功率4,000瓩、平均电流1,200安、额定整流电压3,300伏、冷却方式——风冷的。

IC 200/10×6型整流器是为装备电气化铁路的固定牵引变电站而设计的。一台IC 200/10×6型试验样件已安装于某一牵引变电站中，并且已经操作了若干年。

IBC 200/10×6型和 IC 200/10×6型整流器具有相同的电气特性，用途也相同。

IBC 500/2×12П型整流器 在1960年以串联引燃管为基础，试验性地设计了整流电压为3,300伏、平均电流在3,000安以下的整流器。全苏电工研究所制造的具有串联引燃管的IBC 500/2×12П型整流器已装在费里(Фили)牵引变电站，并成功地进行着运行试验。

交流电机车用的整流器 在电机车上的汞弧整流器其操作条件与在固定牵引变电站上的操作条件有很大的区别。不断的振动、长时间的过载、剧烈变动的负荷、周围空气温度在很大范围内的变化（从-40~+40℃）、频繁起动、大的自用电电压波动容限——所有这些缺点对汞弧整流阀的操作能率及其

使用寿命发生不利影响。

电机車上的繁重运行条件再加上高电气性能要求創制出专供交流电机車用的密封式汞弧整流閥。

涅沃切爾卡斯克 (Невочеркасска) 电机車制造厂設計了三种使用汞弧整流器的交流电机車: HO 型功率为 2,400 瓩; H-60 型功率为 4,000 瓩; H-80 型功率为 5,600 瓩。这些电机車都有引燃管变流器。

HO 类型电机車的整流设备是在 ИBC 200/5 引燃管的基础上設計制成的。HO 类型电机車有二組整流设备,每組可供三台牽引电动机之用。利用电力变压器整流繞組的分級轉換开关的轉換以进行整流电压的調节。整流电路是有零点的全波电路。

HO 类型电机車的每台整流装置由四只 ИBC 200/5 型整流閥組成。規定的参数如下:額定整流电压为 1,650 伏、額定整流电流为 700 安。

在电机車运行时,整流閥上的最大逆电压可达 6,200 伏。电机車上整流设备的整流閥应固定在專門的防震框架內。

H-60 型电机車的整流设备由六只 ИBC 300/5 整流閥組成。整流器的受力电路与調节整流电压的方法与 HO 电机車相同。HO-60 型电机車整流设备的主要参数为:最大逆电压 6,500 伏,平均阳极电流(长期状态)为 1,200 安。

图 6 示出 H-60 型电机車的 ИBC 300/5 $\times$ 6 $\varnothing$ 型整流设备在整流閥方向的全視图。

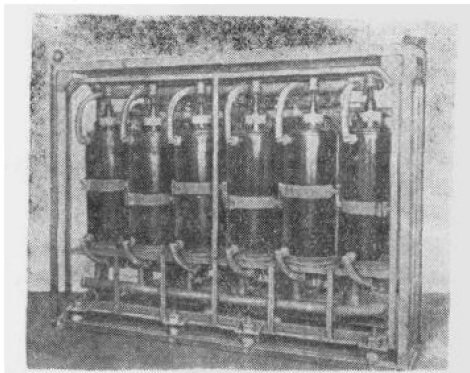


图 6 H-60 类型交流干綫电机車的 ИBC 300/5 $\times$ 6 $\varnothing$ 型整流装置(在引燃管方向的全視图)

在 ИBC 500/2 型引燃管的基础上,为 H-80 型八軸干綫电机車設計了特种 ИBC 500/6 $\times$ 2 型整流器。它是由兩組帶有成套控制装置的引燃管組成的。这种組合件的应用使牽引电动机并联的受力电路和自动供給每台牽引电动机的电路都可以从整流部件的本身实现。

IBC 500/2 $\times$ 2 整流組合件具有如下的电气特性:最大逆电压 4,000 伏,平均电流 800 安。

IBC 500/2 $\times$ 2 型整流組合件預定接入在零綫路中。IBC 500/2 $\times$ 2 型的自用电设备預定可以在电压数值从 +15 ~ -30% 的变化条件下操作。

里加工厂 (PB3) 設計了專門在 25 千伏、50 赫交流电气化区段內运行的 3P-7 电动車輛組。

3P-7 車輛組采用有 ИC 200/5 引燃管的汞弧整流器作为变流器。3P-7 所用的整流器經受了所有的考驗。可供若干电气列車用的試制产品的生产准备工作現在已告結束。

全苏电工研究所还設計了可供交流工业电机車用的,有密封式引燃管的 ИBC 300/5 $\times$ 4 $\varnothing$ 型汞弧整流器,并且已經掌握了生产这种整流器的技术。

特殊用途的变流装置 在全苏电工研究所設計了若干种可供特种形式装置的供电系統应用的变流设备。

属于这一工作范疇的,首先是用于 100 亿电子伏同步稳相加速器的供电系統中的整流器的制成。使用的經驗証明:同步稳相加速器供电系統的引燃管变流器的工作情况令人十分滿意。

关于特殊形式变流装置的第二个例子,是在用电裂化方法从天然气制备乙炔的化学反应器(电弧炉)供电系統中所用的变流装置的制成。

可作为电弧炉电源应用的汞弧变流器,必須能提供下列电气参量:空載整流电压 12,000 伏、額定整流电流 900 安、整流电压可从零調节到 100%。

利用电弧的汞弧整流器具有一系列显著特点,

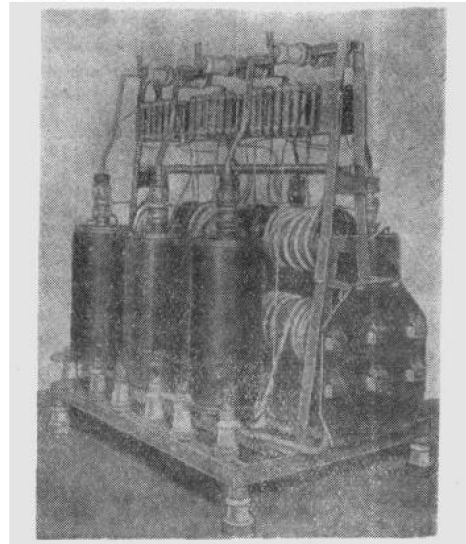


图 7 ИBC200/15 $\times$ 12-M 型引燃管变流器的整流管組

为了稳定弧光的发生，在工作范围中的整流器外特性曲线必须比电弧的特性曲线具有更大的下降斜率。外特性曲线在需要部分应有的陡度可利用特种自动栅极调节系统来达成。

用于甲烷电裂化的变流设备是在 ИБС 200/15 型引燃管的基础上创制出来的。变流器由十二个整流阀、栅极控制设备以及自动调节设备组成。图 7 示出一个变流器整流管组的外貌。全部设备元件和整流阀的绝缘规定为 30 千伏。整流阀对水的绝缘是用聚乙烯软管作成的。为获得所需的水管长度，把软管绕在胶木圆筒上。

变流器栅控系统自动调节系统保证获得如图 8 所示的外特性曲线。为了使电弧可以稳定燃烧，在已知额定电流下的电弧电压必需大约为空载整流电压的 $2/3$ 。电压有些储备，是为了保证在电流波动时，仍能维持电弧燃烧，这点很重要。

为了使电弧能稳定燃烧，栅极控制设备和整流电压自动调节设备必须具有最小惯性。在整流电路中接入足够大的电感，可以显著地提高电弧燃烧的稳定性。

供电裂化甲烷用的装置已安装完毕，经过试验并投入使用。

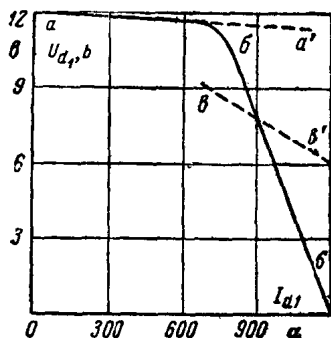


图 8 应用于甲烷电裂化的整流器的外特性曲线

- $a-a'$: 整流器的自然特性曲线;
- $b-b'$: 外特性曲线的复合部分;
- $\theta-\theta'$: 从整流器供电的电弧特性曲线

全苏电工研究所进行的离子变流技术工作与其他各部门有紧密的联系，并且保证核物理、加速器技术、无线电技术和一系列其它科学领域的进一步发展。

现在研究所实验室正集中注意地研究密封式整流阀的各零件及组件，自用电设备的统一化问题，以及改善汞弧整流器的制造工艺和生产自动化问题。

(孟志尧译自苏联《Вестник Электро Промышленности》No. 2, 1962, p. 23~29, 刘育敦校)

整 流 閥 的 发 展

設計和制造出大电流汞弧整流器和不同型式的高压整流器已有多数。当商业范围内的高压直流输电设计方案刚提出时,对高压大电流整流阀的需要就很明显了,因而很快就遇到这类整流阀在设计上的内在困难。

阻碍着最早的高压整流阀设计的许多问题,终于为目前世界上唯一能大量生产该种设备的企业所解决。本刊編輯(指本文原載刊物«Direct Current»)最近訪問了瑞典屈哈登(Trollhättan)和路維卡(Ludvika)两地的瑞典通用电气公司(A. S. E. A.)的整流阀設計試驗研究所。本文叙述了該公司工作人員詳細介紹的有关解决这些问题的过程。

为了对設計高压大电流整流阀进行試驗,首先要从电源网中获得适当容量的电源。大約在1940年,当初次决定进行該类整流阀的試驗工作时,該企业就运用了路維卡工厂的實驗室。但是当地的供电系統不能供給数百瓩的电力,而且往往带有大量无功的电力,于是又在屈哈登設立另一基地。該处由于有两座大型水电站毗邻,且有适当的輸电设备,因而可以設立一个具有商业規模的試驗电站。这个电站直到如今仍然存在,并用以試驗供当前正在建設的高压直流輸电体系用的整流閥。

初期,他們又得到另一有利的条件——即可以应用属于瑞典国家电力部的从屈哈登到梅勒姜得(Mellerud)总长60哩的33千伏架空輸电綫路,这样就能够进行真实的电力轉換試驗。

第一个目标是制造电压为50千伏,每阳极电流为100安的整流閥,这就是后来得到发展而用于哥德兰(Gotland)輸电綫路上的那一种整流閥。由于那时原有的房屋已使用了将近十年,所以不久就需要建造一个新的較大的實驗室。

試驗的基本过程是寿命試驗。为此,要求至少准备三个整流閥(并不一定要一样的),容納这些閥和它們的輔助设备,就需要一間长20米、闊15米、高8米的房屋,必要时,这室内也能安排得下六个閥。所有装卸设备、整流閥化成閥、試驗设备、办公室和工作人員的生活間等等都应齐备。

还需要一組适当的专业人員,其人数要足够应付連續数月的日夜值班。单在屈哈登、就有十人左

右經常从事該項工作。

在此試驗厂房外面,还需有专用的整流变压器。在屈哈登有两台这种变压器,其中較大的一台适用于170千伏等級、350安容量的整流閥組。

为了說明发展此种大型整流閥所付出的力量和費用,必須着重地提到:在1954年承担了制造哥德兰綫路所用的閥,并完成之后,由拉姆博士(Dr. Uno Lamm)領導的工作組立即全力投入于发展功率大得多的整流閥,虽然当时並沒有任何訂貨的要求。這項工作在若干年的時間内仅仅是許多試探性試驗,开始时只有一定的或然性,以后才肯定下来。于是公司就承担了供橫渡英吉利海峽电力連接綫上用的整流閥制造任务。

現在較詳細地来談談整流閥的本身。首先可以想到,閥是由安裝在具有汞阴极的鋼桶上的一个絕緣了的阳极組件所組成。对于閥的只需一般工程設計与发展就能解决的各个方面可以撇开不談。鋼制的桶本身並沒有什么問題;閥的冷却和必要高真空度的保持也是无需过分考慮的設計問題;阴极組件也絕不会引起很大的困难。

因此所留下的全部關鍵問題就在于阳极組件。它基本上包括:阳极;一組安插在阳极和阴极之間的柵极,該柵极用来获得正确的电位分布;作閥的控制和点燃用的柵极;支持阳极端部和遮閉电弧用的瓷质套管和外部的分压装置。

在設計这些部件时,还会遇到真正的困难。本文再次着重地指出:虽然經過这样长的時間,在很大程度上設計还是依賴于經驗基础。整流閥的内部充滿了等离子体,而等离子体特性所受的一些影响还是难以捉摸的。提出这样的問題——是否对热核聚变反应的研究,在某些方面有助于整流閥的設計呢?因为在这方面涉及如何对超热的等离子体进行控制的問題,而这与整流閥中的等离子体有某些共同之处。是否能考虑将那些产生磁場“紧束”(pinch)效应的设备也与这些整流閥联系起来呢?对这些問題的回答是:已經对其它研究工作的应用可能性作过全面的探討,并且做过了若干試驗。

然而,整流閥内等离子体的特性仍旧难以捉摸,因而对正确解决阳极及其分压柵极的設計性能还没

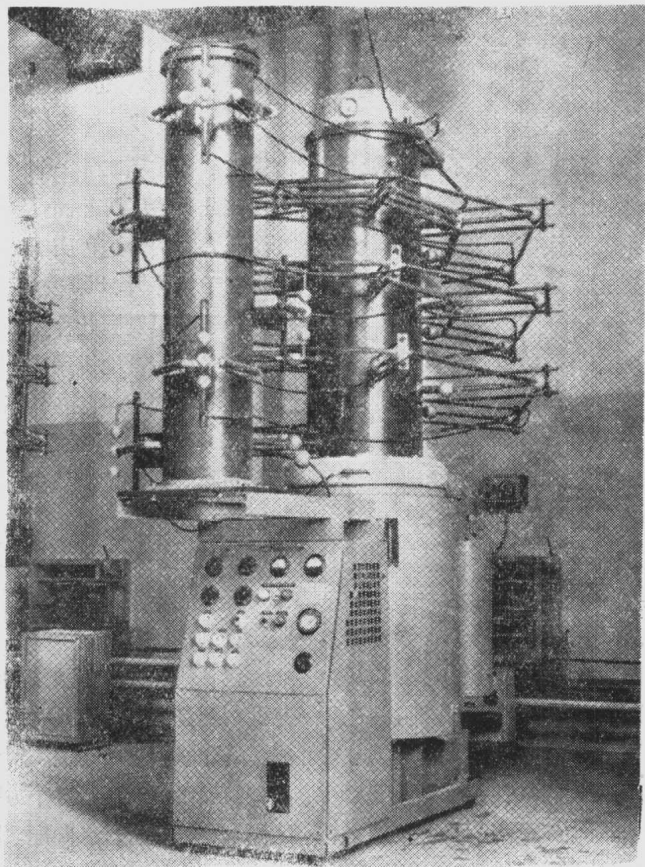


图1 在瑞典屈哈登瑞典通用电气公司的试验所内进行试验的最早的整流阀之一

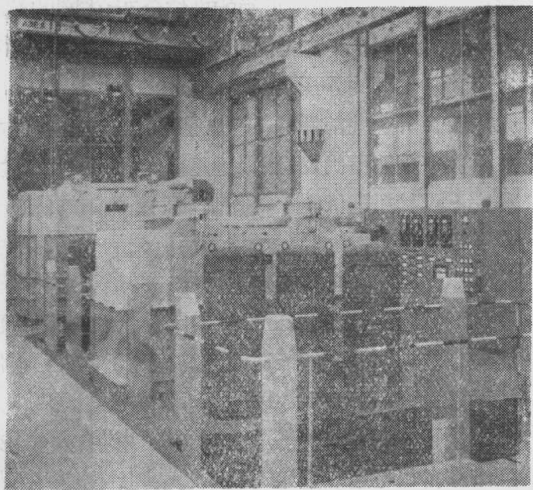


图2 路维卡瑞典通用电气公司的工厂内整流阀制造
工段之一部分
进入最后装配阶段的阳极组件

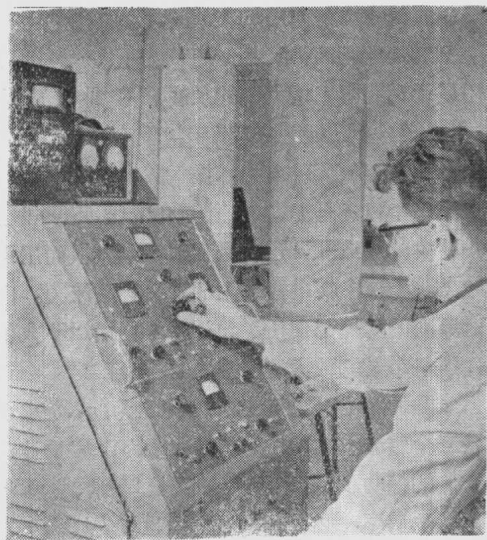


图3 正在进行试验的阳极组件



图4 瑞典通用电气公司负责高压阀研究工作的芬克先生 (Mr. Funke) 正在高压阀试验用的水电阻旁录音回答《Direct Current》杂志编辑访问屈哈登时提出的问题

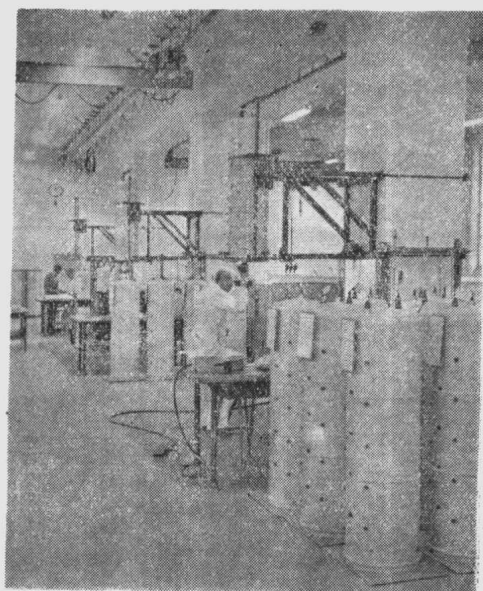


图5 瑞典路维卡工厂内一批高压直流输电整流阀的阳极组件正在进行最后的装配



图6 即将完成而准备安装阳极的阴极组件

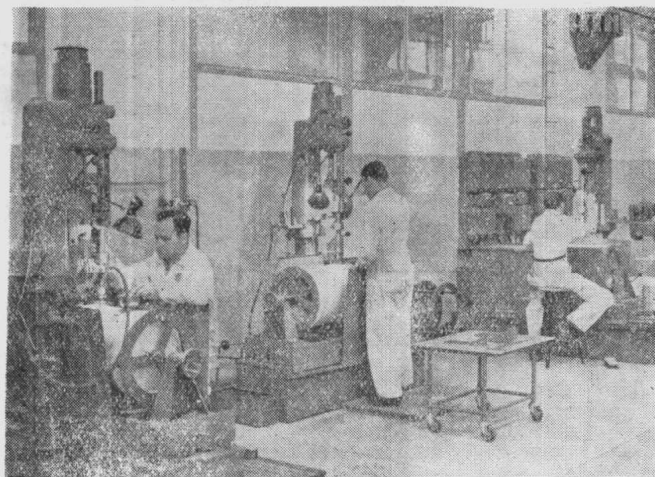


图7 阳极套管的加工