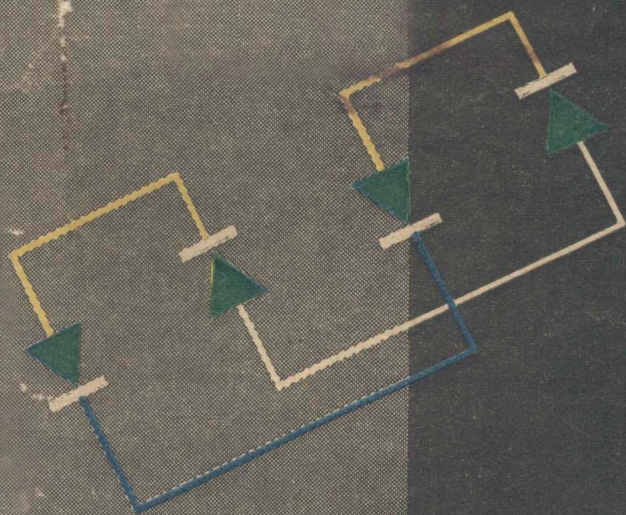


整流器

〔苏联〕

И. И. 奥斯柯尔科夫

Ф. Ф. 薩柯洛夫 著



科学技术出版社

器 流 整 礪

[苏联] И. И. 奧斯柯尔科夫 著
Ф. Ф. 薩 柯 洛 夫

嚴 偉 孫 譯

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書敘述硒整流器的基本特性、構造原理和生产过程,并介紹硒整流器的各种电路計算方法、它在各种电器中的应用实例以及維護檢修等必要的知識。

本書可供从事电器制造方面的工程技術人員、使用硒整流器的从业人員和無線电爱好者参考与閱讀。

硒 整 流 器

СЕЛЕНОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

原 著 者 [苏联] И. Н. ОСКОЛКОВ
Ф. Ф. СОКОЛОВ

原出版者 ИСКУССТВО 1955 年版

譯 者 嚴 偉 孫

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路2004号)

上海市書刊出版业营业許可証出 079 号

上海啓智印刷厂印刷 新华書店上海发行所总經售

*

統一書号:15119 592

开本 787×1092 1/32 • 印張 2 3/16 • 字数 57,000

1957年12月第1版

1957年12月第1次印刷 • 印数 1—1,800

定价: (10) 0.42 元

目 录

导言	1
硒整流片及其基本特性	3
半导体整流器的理论基础	12
硒整流片的制造工艺	16
硒整流器的电路与计算	23
硒整流器的计算实例	42
硒整流器的构造	46
硒整流器的应用实例	52
硒整流器的使用	64
参考文献	78
附录	80

导 言

产生交流电流的发电站现在已日益普遍。对极大多数的用电场合而言，交流电在发电和输电方面，都比直流电便利而价廉。

除了应用交流电流之外，也有许多生产部门、操作过程、电器和仪器，是必须应用直流电流的。

如果有很多个需用直流电能相当大的用电单位集成一个或若干个毗连的生产单位，那就可以专设直流发电站供电。

当用电设备比较分散时，建立几个专用的发电站来供给直流电能是不合理的。这种情形下就发生须将交流电整流的问题了。

根据要求的不同，这种整流过程可以用各种不同的方法来完成；而整流器的选择一般是取决于经济因素，也就是整流装置的效率和价值。

例如，要获得强大的直流电流而电压却比较低（150~300伏以下）时，宜应用由交流电动机拖动直流发电机组成的电动发电机组。

汞弧整流器在较低的整流电压时效率很低，所以汞弧整流器只有当电压超过 100~150 伏时，才可与电动发电机相竞争。

真空管整流器的内阻很高，一般是供电流不大而电压较高的整流之用。

最近二十年来,在电工技术中应用得特别普遍的,就是所謂干式固体(或称半导体)整流器,其中首先要推硒整流器了。

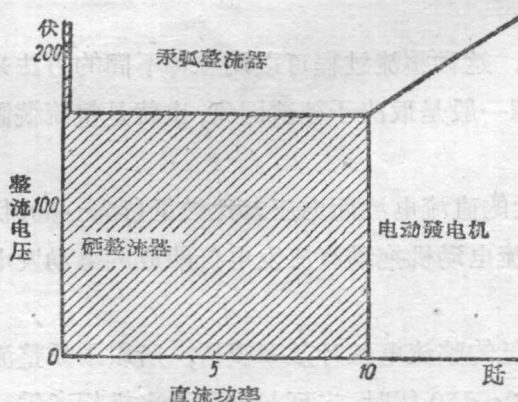
这种整流器的优点是:没有活动的、容易磨損的或易碎的部分,随时可以运用,不需维护,不大受撞击和震动的影响,可以在温度变化范围很广的环境之下运用。这些特点使硒整流器在很多技术部門中比其他类型的整流器更受欢迎。

硒整流器的效率极高,其值几乎与整流电压无关。因此,当电压在150~170伏以下时,硒整流器比汞弧整流器更为经济。

同样,当功率在10千瓦以下时,硒整流器也可与电动发电机相竞争。

图1表示各种整流器的主要应用范围〔参考文献1〕。从图中可以看出,硒整流器占据了160~180伏电压以下的中小功率部分。

必须指出,图1中所示的界限不能视作牢不可破的:在某些



个别情况中,硒整流器亦可制成功率更大的(例如利用人工冷却法的硒整流器);此外,硒整流器的质量一年比一年改进,它的应用范围亦就日益扩大了。

图1. 硒整流器的应用范围。

硒整流器广泛

应用于:蓄电池的充电、电镀槽的电源、电焊用和照明用的碳弧

电源等。硒整流器特别适宜于作为各种器械的控制电路和电磁铁的电源，以及电机的励磁电源等等。硒整流器在电影技术中的应用，也一年比一年普遍了。

本書的目的是帮助讀者了解硒整流器的基本特性和用法。

• 硒整流片及其基本特性

硒整流片的構造

所有的硒整流器都是由硒整流片組合而成的。整流片的数目和大小是按整流器的参数(例如整流电流和电压的大小、整流器电路以及整流片的品質等等)由計算来决定。現在应用的硒整流器，有由数十个、数百个、甚至数千个硒整流片所組成的。

在構造上硒整流器一般是裝成所謂“硒整流堆”的形式，也就是將若干枚硒整流片一起裝配在同一根螺杆上。随着整流片数目的多寡，一个整流器可以制成一个或数个硒堆。有时亦可能有这样的情况，一个硒堆的本身就是几个电路上各自独立的小整流器。

要彻底明了整流器的电路选择、設計和制作等問題，必須先熟悉硒整流片本身的一些特性。

單个的硒整流片通常是制成各种不同尺寸的圓形或方形薄片(图2)。

元件的基部是一块鋼質或鋁質片1，上鍍鎳或鉍的薄层2。在金属片的一面敷有一层硒的結晶体3，它的上面又鍍上一层周圍略縮进一些的鎳錫易熔合金，作为阴电极4。

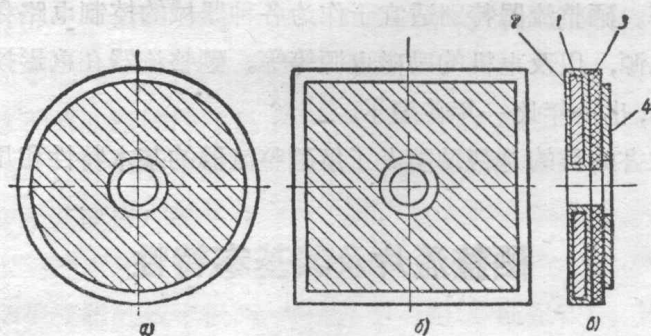


图2. 硒整流片。

a —圆形(圆片); b —方形; c —硒整流片的截面图:

1—接触电极, 2—镍或铋的涂层, 3—硒层, 4—阴电极。

苏联制造的硒整流片有下列数种尺寸:

用铁做基片的: 圆形, 直径有 100、45、35、25 和 18 毫米数种。

用铝做基片的: 圆形, 直径有 45、35、25、18 毫米数种; 方形, 有 100×100 、 90×90 、 75×75 、 60×60 和 40×40 毫米数种。

还有专为特殊用途而制造的小尺寸硒整流片 (即 7.2 和 5 毫米直径的所谓药片型整流片)。

整流片基片的厚度随着面积大小而异, 一般为 0.5~1.5 毫米。

硒整流片的伏安特性

硒整流片的整流作用最好用它的伏安特性曲线来说明。

在图 3 中用实线绘出的是 100 毫米直径的中级硒整流片的伏安特性曲线。图中右上边绘出的是当电流沿着“通流方向”通过时 (亦即沿着从基极到阴极的方向时) 的硒整流片的特性曲

綫。这时电源的正极連接到整流片的金属基极，而負极則連接到合金阴极。左下方是当电流沿着“阻流方向”通过时的硒整流片特性曲綫。

从繪出的特性曲綫中可以看出：硒整流片当电流沿着通流方向通过时的电阻（正向电阻）值要比反向通过时的电阻（反向电阻）^① 值小得很多。譬如沿着正方向当电流为 2 安时，电压降是 1 伏，这就是說硒整流片的正向电阻等于 $\frac{1}{2} = 0.5$ 欧。反向

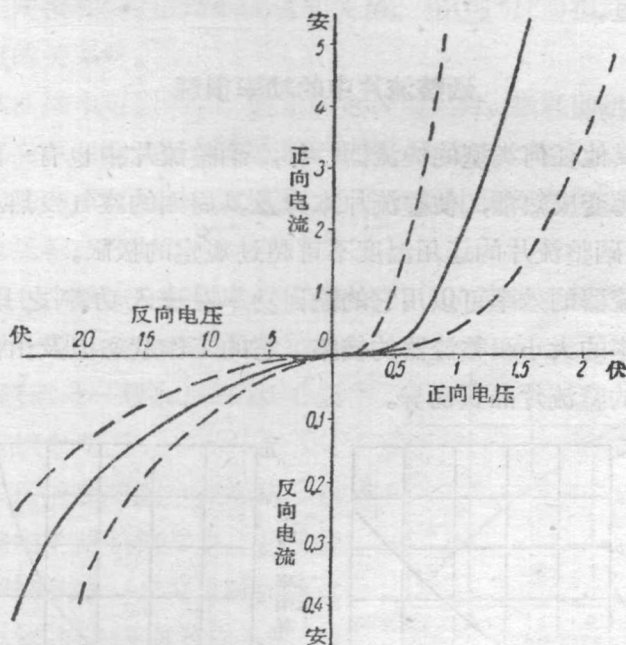


图3. 100 毫米直徑的中級硒整流片的伏安特性曲綫(实綫所示)。虚綫之間所包括的表示工业生产的硒整流片的特性曲綫散布区。

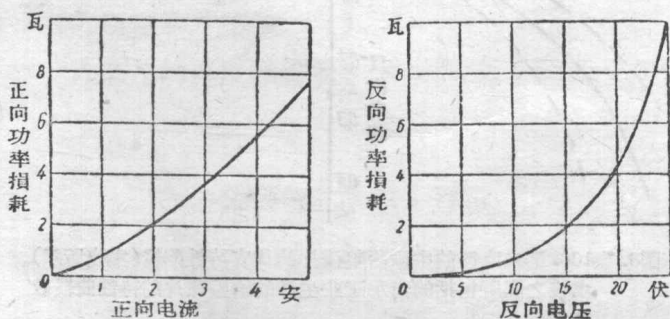
① 須注意：在图 3 中为了易于表达起見，正向和反向的电流与电压采用不同的（相差 10 倍）比例尺来表示。

时 0.15 安的电流约有 15 伏左右的电压降，也就是说硒整流片的反向电阻等于 $\frac{15}{0.15} = 100$ 欧。由此可见，对于所选取的特性曲线上的工作点（这些点大致相当于整流器中整流片的工作点）而言，反向电阻约比正向电阻大 200 倍。硒整流片的整流作用实际上就是基于这种特性：它对一个方向的电流（正方向电流）具有较小的电阻，因此使这一方向的电流容易通过而电压降也较小。当电流方向变更时，硒整流片的电阻急速增大，阻碍了电流的通过。

硒整流片中的功率损耗

与其他任何类型的换流器一样，硒整流片中也有一部分输入电能转变成热能，使整流片本身及其周围的空气发热。如下面所述，硒整流片的运用温度不可超过规定的极限。

整流器的效率可以用它的输出功率对输入功率之比来表示。效率的大小视整流器的线路、它的工作状态以及由伏安特性决定的整流片品质而异。



a—正向电流值与正向功率损耗的关系；

b—反向电压与反向功率损耗的关系。

图4. 100 毫米直径的硒整流片的功率损耗。

整流片中不論是通过正向电流或反向电流，都有功率損耗产生。

例如，从图 3 可以看出：当正向电流为 2 安时，整流片上的电压降是 1 伏，与此相当的功率損耗值为 $2 \times 1 = 2$ 瓦。0.15 安的反向电流时整流片上产生的电压降約为 15 伏，其損耗值为 2.25 瓦。

图 4 中所示是图 3 所示的 100 毫米直径的硒整流片特性的 (a)“正向損耗”与正向电流值的关系，和 (b)“反向損耗”与反向电压值的关系^①。

从曲线中可以看出，当正向电流增大时，損耗即迅速上升，而当反向电压增高时，損耗上升更剧；硒整流片的发热是取决于其中的功率損耗的，故很明显，为了避免过度发热，正向电流和反向电压都应严加限制。

图 5 中繪出在普通的冷却条件下，100 毫米直径的硒整流片的温升与其中功率損耗值的关系曲线(温升一般选取在 30°C 以下)，以供参考。

以后将会講到，在运用于整流线路内的硒整流片中，是按着供电网的频率，反复地时而通过正向电流，时而通过反向电流；同时电流的大小也不断地在变化着。而硒整流片中的功率損耗亦随之变化。功率損耗的平均值不

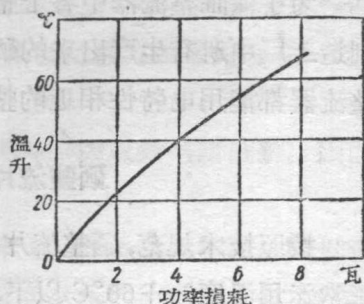


图 5. 硒整流片超过室温以上的温升与其中功率損耗值的关系曲线 (直径 100 毫米的整流片)。

① 当电流反向通过时，采用电压来计算損耗值比采用电流方便些。

应超过规定的极限,以免整流器过度发热。

硒整流器电特性的参差

在现代的生产工艺过程中,可以发现同一个工厂出品的甚至同一种尺寸和同一批生产的各个硒整流片,其伏安特性也往往极不一致;这种电特性的参差情况在装配整流器时是极应该重视的。

图 3 中用实线绘出的,是中等品质的硒整流片的特性曲线;而虚线所表示的,则是工厂所生产的各个硒整流片特性的参差限度。

如下面所讲,在装配整流器时常常需把多个整流片接成并联或串联。很易明了,此时具有不同伏安特性的整流片所受的负载亦不同;这样就使某一些整流片过载而过热,而另一些整流片则负载不足。

为了保证整流器中各个整流片的负载所必需的一致性,在制造工厂中所有生产出来的硒整流片都经过揀选分类,使各个整流器都能用电特性相近的整流片来装成。

硒整流片的容许温度

按照技术规范,硒整流片在运用时的发热温度容许值如下:正常运用温度为 $+60^{\circ}\text{C}$ 以下,最高容许温度则可达到 $+75^{\circ}\text{C}$ 。

一般可假定周围空气温度为 $+35^{\circ}\text{C}$,故硒整流片在周围空气温度以上的容许温升不应超过 $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。硒整流器在短时间內可容许它发热到较高的温度(至 100°C);然而随着温度的升高,硒整流片的使用寿命就显著地缩短(见后),因此一般认为硒

整流器的溫度应不超过 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}\text{C}$ 。

硒整流器能够在很寬的周圍空气溫度范围 ($-60^{\circ}\text{C}\sim +60^{\circ}\text{C}$) 內正常工作。

但是要注意, 在低溫时 (-60°C), 在額定交流电压及額定負載之下, 經過整流后的电压值將比常溫时約低百分之十左右, 这是因为整流片的正向电阻和反向电阻都随着溫度降低而增大 (即具有負的电阻溫度系数) 的緣故。

当周圍空气溫度达 $35^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时, 硒整流器的負載須适当地减小。

硒整流片的耐压强度

每一硒整流片在短時間 (十分之几秒) 內可以耐受峰值約达 $60\sim 70$ 伏左右的反向电压。电压若再增高, 整流片即被击穿, 形成阴极合金层与硒层的局部 (点狀) 熔融。如在击穿的地方形成絕緣性的玻璃狀硒, 則整流片在击穿之后一般并不丧失工作性能。如在另一种情况下, 击穿的結果使阴极与基极熔合在一起, 則整流片即告损坏。

击穿大都是在某些地点由于某种原因以致电阻低落, 因而局部发热所引起的。

如果电压長時間加在硒整流片上, 則击穿电压就比較低得多。为了保証整流器的充分安全, 反向电压峰值不应超过 25 伏。

硒整流片的陈化与退性

剛制成的硒整流片的伏安特性 (与图 3 中所繪出的相似) 在整流器的使用与貯藏过程中并不一直保持穩定, 可能因陈化与

退性的現象而改变。

矽整流器在使用过程中，矽整流片的正向电阻发生不可逆轉的增大現象，称为陈化。整流器不論在运用时或停用时，正向电阻总在不断地增大；不过，在正常的使用条件下，也就是当周圍空气溫度不超过 35°C 和整流片溫升正常时，陈化过程进展得很緩慢。当矽整流片的运用溫度增高时，陈化过程就急剧地加快；因此在設計整流器时，为了防止整流器过早失效，必須严格保持制造厂所規定的溫升标准。陈化后由于整流片正向电阻增大，整流器在同样的輸入交流电压下，輸出电压就降低。矽整流片的陈化速度和它們的制造工艺有关系。用来制成整流片的矽質中即使偶然夾有极微量的雜質，也会对陈化过程起很大的影响。

在正常的使用狀況下，一般制造厂都保証：用鋼質基片的矽整流片裝配成的整流器在用过 5,000 小时后，因陈化結果而造成的輸出电压的降低不超过 10%；用鋁質基片的矽整流片裝配成的整流器，則在用过 10,000 小时后不超过此数。

矽整流片在長時間(几个月之久)擱置中所发生的反向电阻减小現象，称为退性。連續使用或間歇使用的整流器是不会发生退性現象的。

退性的結果，反向电阻可能减小到原来的若干分之一。但是原来的电阻值是很容易恢复的，因为把停用已久的整流器再通电运用后，矽整流片在所加的反向电压作用之下又很快地复性了。

然而，在进行这种复性时必须注意：把已經退性的整流器立即通上全电压可能要使矽整流片击穿，这是由于退性后反向电

流增大所致。所以复性时应遵照制造厂的說明，按个别情况进行。

一般对于已經退性的整流器，須先用降低一半的电压通电 10~20 分鐘，然后在 1~2 小时的复性过程中逐渐把电压提高到額定值。

硒整流器的寿命

在正常的使用条件下，硒整流器可以用得很長久。在这种情况下，硒整流器的寿命只受陈化作用的限制；但整流器由于陈化結果而发生的电特性惡化是极慢的，故一般把整流器的输出电压（当所加的交流电压不变时）比原来数值降低 10% 所經過的时间作为整流器的寿命。据此，苏联制硒整流器的規定寿命应如上所述。

硒整流器只有在正常的使用条件下，亦即当整流片的发热不超过規定标准（見前）和空气的相对湿度不超过 90% 时，才能保証上述的寿命。硒整流器也能容許在湿度高至 95% 的条件下运用，然而当湿度增高到 100% 时，鋼質基片制成的硒整流器就很快地失效了。鋁質基片制成的硒整流片比較能抵抗潮湿的影响，但是这种整流器是否可能長时间在 100% 相对湿度的大气中运用，还没有确切的数据。現時所用的涂漆保护层亦不能作为使整流器能在 100% 湿度运用的可靠保証。

根据上述，整流器在使用和貯藏时，都应選擇相当干燥的、溫暖的和通风的地方，其周圍的气温須在 $+5^{\circ}$ 到 $+35^{\circ}\text{C}$ 之間，相对湿度不可超过 70%，这样方可防止硒整流器过早失效。

半导体整流器的理論基础

概 論

任何一种化学元素的原子,在平常条件下,都是由中央部分——核子,和以不同距离圍繞在它四周旋轉的电子所組成。原子中凡能参与化学反应的电子,称为“价电子”。如果这些电子能从一个原子轉移到另一个,那末就可形成电流。

不同物質的价电子,它們从一个原子轉移到另一个原子上去的可能性也不同。例如,某些物質中原子的价电子在平常条件下能从一个原子移动到另一个原子,很容易在一个晶格中移动,也能从一个晶格移到另一个晶格。金属有良好导电性就是这个原故。

另一些物質中原子的价电子在任何条件下都不可能离开自己的原子,这就是絕緣体在实用上具有不导电性的原因。

再有一些物質中,价电子与其原子联結得很牢,但在某种条件下則又完全能够分开而从一个原子移到另一个,这类物質称为“半导体”。

化学純粹半导体物質的两种导电性

化学純粹晶体半导体的原子是按正常点陣排列的。其中每个原子与鄰近的原子靠价电子彼此联系,这些电子在溫度相当低时牢固地保持在原来位置上。这时半导体就几乎不能通过电流。

但是，如果純質半导体的晶体受紫外綫照射或加热而得到激励，那末价电子的联系就会减弱，以致有几个就能脱离联系而被“解放”出来，并且开始移动起来，在晶格中杂乱地徘徊着。在失去电子的地方，留下一个空位置，形成所謂“空穴”。毗連着的原子中的价电子就有可能跳到这些空穴中去，而当这些电子中的任何一个跳入空穴时，則在它原来的地方亦就形成了一个空穴。由此可見，空穴的地点也是可以变更的；这就好象空穴是在晶格中游移一样。

电場能使自由电子和空穴按一定的方向移动。如把电場加到受激状态的晶体上去，就可发现电路中有电流产生。同时，从測量的結果可以証明，这电流可以用晶格中自由电子的移动（与电場反向）和空穴的移动（与电場同向）来解釋。

这样，通过半导体晶格的电流就好象是由两种电流——电子电流和空穴电流——所組成；因此可以認為半导体晶格具有似乎成并联的两种电导——电子性电导和空穴性电导。

因为純質晶体半导体必須有外来的激励，方能通过足够大的电流，故不能用它們来制造整流器。

杂質半导体的导电性

設在化学純粹的半导体中，加入极少量的杂質，且杂質原子的价电子数与半导体原子不同；那末，如果杂質原子的电子比半导体原子的电子多一个，則这个电子在晶体点陣中不能構成价鍵而变成了“自由”电子，亦就是它能在晶体中帶着电荷移动。把电場加到这样的半导体上去，我們即可发现有电子电导所引起的电流。