

207531

电机整流器整硒

李平等編著



机械工业出版社

磁整流器發電機

李平等編著


机械工业出版社

1958

內 容 提 要

本書所介紹的自激同步發電機是以硒整流器代替勵磁機，並採用自動電壓調整裝置以改善發電機的性能。

書中前二章敘述了硒整流器的各種運行特性及計算方法，詳細的討論了自動電壓調整繞路的作用原理，並介紹了調整元件的設計。在後二章中介紹了硒整流器發電機的運行性能、結構及技術經濟指標上的優越性。

本書主要供中小型電機設計、製造及使用部門中的工程技術人員參考之用。

NO. 2281

1958年12月第一版 1958年12月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字數 62 千字 印張 3 0,001—6,500 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(11) 0.48 元

序

在总路綫光輝的照耀下，工农业生产的大跃进特别是农业电气化的飞跃进展，对中小型同步发电机的需要日益增长，因此硒整流器发电机的采用与推广对整个国民经济具有重大的意义。本书编写目的就是通过介绍硒整流器发电机在研究、设计、试制过程中的一些经验，希望能有助于各地设计、制造部门迅速地掌握这一新技术，尽快地推广到实际生产中去。

本书第一章概括地介绍了硒整流器的各种运行特性及其计算方法与设计程序，并举例以说明之。

第二章介绍了硒整流器发电机中几种自动电压调整线路，其中着重地研究了一种常用的自动电压调整装置——三绕组稳压变压器的工作原理，并介绍了它的近似计算方法。

第三章较详细的叙述了硒整流器发电机的运行性能及结构，并给出了若干试验数据。

最后一章总结了硒整流器发电机在技术经济指标上的优越性，并进行了经济分析比较。

本书在付印前，根据实际需要又增加了“硒整流器的贮存、使用及维护”；“我国生产的硒整流器的性能及技术数据”以及“硒整流器发电机运行规程”等章节，提供设计、制造及使用部门的参考。

在编写过程中，承蒙上海电机厂及益中电机厂提供了很多资料以及本所张增楷工程师和翟万筠同志在试验工作中的协助，谨表示谢意。

由于时间仓促，考虑不够周密，难免有许多缺点及错误，

般望讀者提出寶貴的意見及批評。來信請寄 上海 新港路 51 号
“上海电器科学研究所”。

目 录

序	3
緒言	7
第一章 硒整流器及其設計	9
1. 硒整流片的构成及装配	9
2. 硒整流片的电气特性	10
3. 硒整流片的定額及串并联	13
4. 容許溫度及寿命	15
5. 使用环境及效率	16
6. 硒整流器的貯存、使用及維護	17
7. 整流电路的分析	18
8. 硒整流器的設計	22
9. 硒整流器的設計举例	26
第二章 硒整流器發電机的自动电压調整及三繞組 穩压变压器的分析	31
1. 基本的自动电压調整綫路及調整裝置	31
2. 三繞組穩压变压器工作原理的探討	34
3. 三繞組穩压变压器的設計	45
4. 具有附加調节的自动电压調整綫路	52
第三章 硒整流器發電机的性能分析及試驗研究	54
1. 硒整流器發電机的自激	54
2. 外特性及电压調整率	57
3. 硒整流器發電机在不稳定状态下的工作	59
4. 并联运行	63
5. 硒整流器發電机的結構	65
第四章 結論	71
1. 硒整流器發電机在技术經濟指标上的优越性	71

2. 經濟效果	72
---------------	----

附录	74
----------	----

1. 实际整流器的正向压降、反向电流及其損耗的計算	74
---------------------------------	----

2. 变压器电抗对整流的影响	78
----------------------	----

3. 我国生产的硒整流器的性能及技术数据	84
----------------------------	----

4. 硒整流器發电机运行規程	87
----------------------	----

5. 变压器鋼片中比磁化功率及比損耗表	92
---------------------------	----

参考文献	94
------------	----

緒 言

中小型同步發電機不僅適合農村分散的特點用以建立各種固定式的農村電站，同時也有利於建立各種移動式的發電站，廣泛地應用在國防軍事、鐵道交通運輸、森林開采等部門中。因此中小型發電機不僅在近期內將獲得迅速的發展，並且在今後也將得到廣泛使用。

在一般中小型發電機中，其勵磁電流都是由直流發電機——勵磁機所供給，因而它們存在着一些重大的缺點。按蘇聯統計資料指出，中小型發電機所發生的故障中83%是由於勵磁機所造成，僅17%為其他因素所致，因此勵磁機的存在大大的降低了發電機運行的可靠性。此外，勵磁機的製造工時和經濟價格在整套發電機中占一個相當大的比例，因此如何取消勵磁機就成為當前廣泛使用同步發電機中急待解決的一個問題。目前國外已廣泛採用了半導體整流器作為發電機的勵磁電源，並逐步取勵磁機的地位而代之。對於我國來說，以半導體整流器（主要是矽整流器）來代替勵磁機也是一個新的發展趨向。

以矽整流器來代替勵磁機，顯著地提高了勞動生產率，節約了原材料（銅、鐵和其他材料），降低了成本，並且大大的簡化了電機的維護及檢修。此外，由於改用了矽整流器自激，使發電機有可能採用簡單的快速自動電壓調整裝置，顯著地改善了發電機的性能。

由於矽整流器發電機成本的降低及技術經濟指標的改善，不但提高了農村的購買力，同時也進一步滿足了用戶的要求，在我國工農業生產大躍進特別是農業電氣化飛躍發展的今天，

硒整流器發电机这一革新将起着一定的推动作用。

目前我国已大量生产各种不同规格的硒整流器（參見附录3），保证了今后硒整流器的充分供应，給我国硒整流器發电机的使用和推广打下了稳固的基础。

1957年上海电机厂完成了第一台容量为40瓩的硒整流器發电机的試制；繼之，上海华生电器厂也試制成一台12瓩的硒整流器發电机，通过一系列試驗証明它們的性能十分良好。目前各地也已相繼进行試制，預計硒整流器發电机不久即将在全国获得普遍的采用与推广。

第一章 硒整流器及其設計

近年來硒整流器在工業上已獲得極廣泛的應用。它被用作一般電氣裝置的直流電源、發電機的勵磁電源、電焊裝置、充電裝置、電鍍裝置、以至大到數萬安培的電解用直流電源及數十萬伏特的高壓小電流電源。除了這些強電部門以外，在通訊、廣播等弱電部門中，硒整流器的使用範圍亦日益擴大。

硒整流器所以能獲得如此廣泛的應用，主要由於它具有以下的一系列優越的性能：

1. 構造簡單而堅固，沒有轉動的及易磨損的部分。
2. 操作簡便，只需要極少的維護工作。
3. 重量輕，尺寸小。
4. 運行時無噪聲。
5. 壽命長而價格低廉。
6. 效率高，特別在整流低電壓時也具有相當高的效率。

這種種的優點，促使硒整流器在工業應用上占了一個相當重要的位置。

1 硒整流片的構成及裝配

硒整流片就是帶有薄硒層的金屬片，在硒層上鍍有一層易熔合金（錫錫鉛合金）作為整流片的陰極，而以金屬片（底板）作為陽極。在陰極合金與半導體硒層之間有一層極薄的封閉層，它保證了整流片的單向導電的性能。圖1為硒整流片截面的示意圖，圖2是它的符號表示法。

硒整流片通常採用彈簧墊圈接觸的結構型式。在這種結構

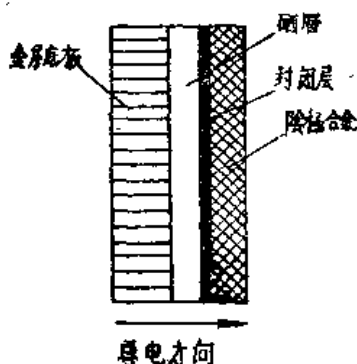
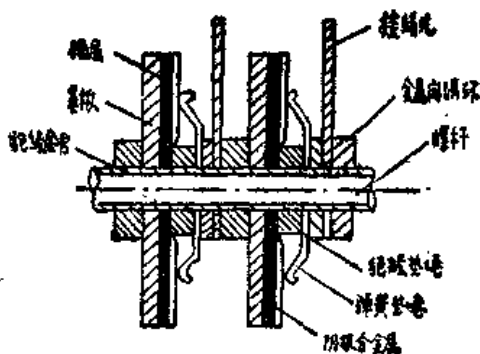


圖1 硒整流片的截面圖。



圖2 硒整流片的符号表示。

中，整流片套在已絕緣的螺杆上，它的陰極表面用磷青銅制成的彈簧墊圈與之接觸集流，在陰極及彈簧墊圈之間嵌入適當厚度的絕緣墊圈，用來控制陰極表面的壓力。各整流片之間用金屬的間隔環相互連接，間隔環的厚度必須適當選擇，以保證各整流片散熱所必須的間距。整流器的電流引線採用升高接線片（圖3）。



硒整流片可以按照所需的功率及綫路進行裝配。圖4給出單相及三相橋式綫路整流器的裝配圖。

圖3 硒整流片的結構(彈簧墊圈型式)。

2. 硒整流片的电气特性

硒整流片的电气特性及其質量主要決定於它的伏安特性曲綫。對於不同製造廠所出產的硒片，其特性可能有很大的差異，

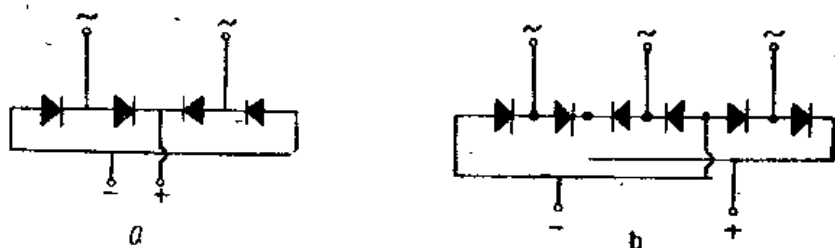


圖 4 硒整流器的裝配圖（并联数及串联数等于一）：

a—單相橋式綫路；b—三相橋式綫路。

正向（即导电方向）电压降愈小以及反向（即不导电方向）电流愈小的硒片，其質量亦愈佳。对于同一制造厂所生产的硒片，其特性間亦有一定差异，故所繪制的特性曲綫通常是指平均的伏安特性曲綫。圖 5 是环境温度为 25°C 时用直流测得的伏安特性曲綫（静态伏安特性）。

圖 5 中第一象限部分是正向伏安特性；第三象限是反向特性。从圖 5 中可看出整流片的伏安特性不是直綫性的，为了便于进行分析及計算，可采用苏联 B. Г. 科馬尔博士所推荐的經驗公式把整流片的伏安特性近似地表示为

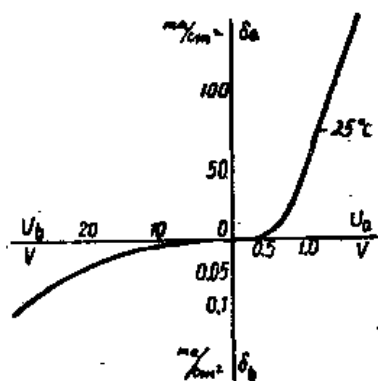


圖 5 硒整流器的静态伏安特性曲綫。

正方向

$$u_a = A i_a^{0.1} \quad (1)$$

反方向

$$i_b = B u_b^{0.2} \quad (2)$$

其中 A , B , α_1 , α_2 都是一个系数, 它們决定于整流片伏安特性的形状及質量。

硒整流片的靜态伏安特性曲綫可利用圖 6 所示的綫路来求取, 动态的伏安特性曲綫可用阴極示波器来进行观察。

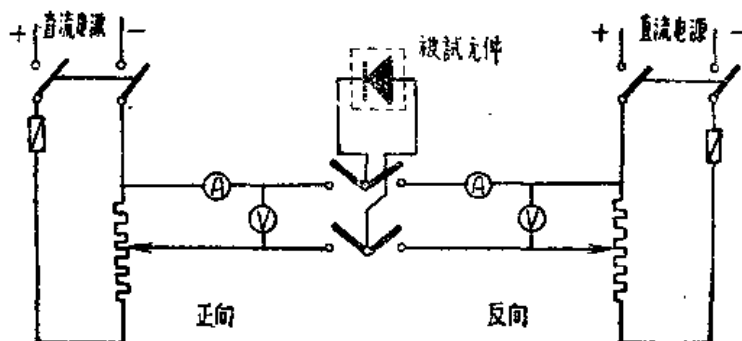


圖 6 用直流来求取伏安特性曲綫的綫路圖。

环境温度对整流片的伏安特性有很大的影响。由于整流片正向电阻的温度系数为負, 所以随着温度的升高, 它的正向电

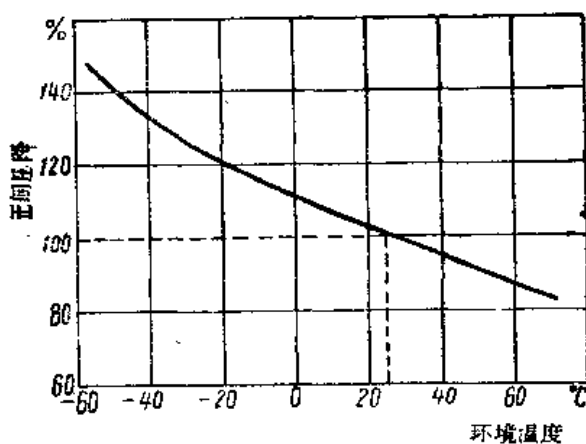


圖 7 正向压降与环境温度的关系。

阻亦即正向压降逐渐减小，在温度降低时，将使正向压降增大，因此，环境温度的高低直接影响到整流器的有效输出。圖7 輸出正向压降与环境温度的关系。

3 硒整流片的定額及串并联

硒整流片在工作时，由于正向及反向所产生的損耗将导致發热及温度升高。因此，整流片的容許温度限制了它的輸出，而容許温度又与寿命相关連，这一点放在下一节再談。

在容許温度及环境温度（通常規定为 35°C ）已确定的情况下，整流片的定額（正向电流及反向电压）主要决定于它的温升。

1. 反向电压的容許值 硒整流片反向电压的容許值决定于反向电流的数值。为了避免反向电流过份增大而引起温度的迅速上升，通常規定硒片容許的反向电压的峰值为 $25\sim 28$ 伏（即交流有效值 $18\sim 20$ 伏），而質量較佳者，其峰值可达 $34\sim 37$ 伏（有效值为 $24\sim 26$ 伏）。对于采用涂抹法制造的硒片，考虑到硒層涂抹的不均匀性，反向电压应随硒片面积的增大而减小。

硒片能忍受很高的冲击电压。各国文献指出，击穿电压是从80伏开始。当硒片遭到击穿后，由于击穿点上的硒層变成了絕緣体，所以并不發生短路的現象。

2. 正向电流密度的容許值 容許的电流密度决定于整流器的冷却条件及整流片之間的距离。

在自然冷却的情况下，当片間距离为正常时[●]，容許的平

● 对于不同尺寸的硒片，所推荐的間距 b 为：

ϕ 为 $45\sim 60\text{mm}$ 者， $b=6\sim 8\text{mm}$ ； ϕ 为 $60\sim 100\text{mm}$ 以及 $100\times 100\text{mm}$ 者， $b=8\sim 10\text{mm}$ ； $\phi>100\text{mm}$ 者， $b>10\text{mm}$ 。

均电流密度为 $25 \sim 30 \text{ ma/cm}^2$ ，选用数值之大小视矽片质量之优劣而定。

在采用强制通风的情况下，由于散热条件的改善，有可能将负荷提高 $2 \sim 3$ 倍；例如：当风速为 3 m/sec 时，电流密度可提高到 $70 \sim 90 \text{ ma/cm}^2$ 。如采用油浸式的整流器也可以将负荷提高 $50 \sim 80\%$ 。在硒整流器发电机中是有利于采用强制通风以提高整流器的容量。

硒整流器可以容许短时的过载，其过载能力与过载时间有关。当过载的时间小于一分钟时，容许过载为额定值的 5 倍左右，如过载时间在 10 秒钟以内，则容许过载约为额定值的 10 倍。

总之在不同情况下，最适宜的电流密度应根据温升的计算来加以确定。

在自然冷却时，硒片的温升可根据苏联尤其茨基工程师所推荐的经验公式来确定。

$$\Delta\theta = 20 \left(\frac{\Delta P}{K_1 F_0} \right)^{0.82} [^{\circ}\text{C}] \quad (3)$$

其中 ΔP ——每一硒片正向及反向损耗的总和(以 W 计)；

F_0 ——硒片的有效冷却表面(以 dm^2 计)；

K_1 ——考虑硒片的大小及通风沟宽度对散热影响的系数

见图 8。

强制通风时，硒片的温升可根据下式确定。

$$\Delta\theta = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{\Delta P}{F_0} \right) [^{\circ}\text{C}] \quad (4)$$

其中 α ——与风速及通风沟宽度有关的散热系数 (以 $\frac{W}{\text{dm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ 计)。见图 9。

对于容量較大的整流器，所要求的电压及电流将大于硒片的額定值，此时，各元件可以串联及并联使用。但应该注意，各个串联或并联的元件必須具有相近的伏安特性，以保证各元件上电压及电流的均匀分配，如果各元件的特性不一致时，則正向压降較小的元件可能發生严重的过载而引起损坏。

4 容許溫度及寿命

硒整流器的容許溫度为 70°C ，最高可达 75°C 。当超过容許溫度时，由于硒片迅速的老化，将使寿命急剧降低。

硒整流器的寿命通常定义为“整流片内部的电压降达到开始使用时压降值的 2 倍的时间”[●]，而硒片的寿命与老化现象有密切关系。所謂“老化”就是指整流片的伏安特性随使用情况及時間逐漸發

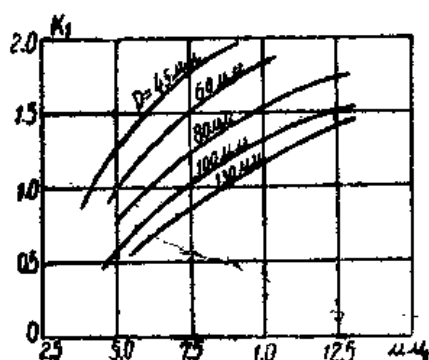


圖 8 不同的硒片直径及通风沟宽度与系数 K_1 的关系。

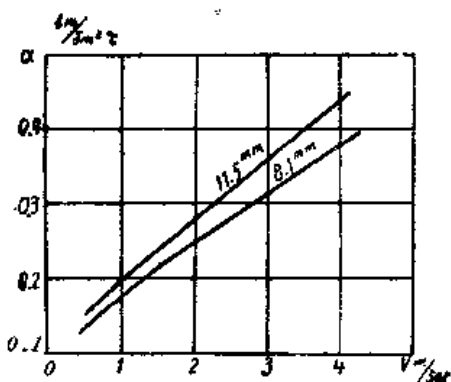


圖 9 $100 \times 200 \text{ mm}$ 硒片在不同風速及通风沟宽度时的散热系数(本曲线亦可近似适用于 $100 \times 100 \text{ mm}$ 的元件)。

● 寿命亦有定义为“在滿載状态下，使整流电压降低到額定值 90% 的时间”，实际上这两种定义所得的结果差不多是一致的。

生劣化(正向压降及反向电流的增大)。在輕載的情况下,老化較慢,可以得到較長的寿命,在經常过载运轉的情况下,老化現象就較为严重,因而亦縮短了使用的寿命。不同制造厂所出产的硒片,它們老化的程度各不相同,因而它們的寿命亦有很大的差异。根据各国所进行的寿命試驗的資料来看,一般質量較佳的硒整流器,它的寿命可达10年,个别竟可达20年之久,而質量較差的硒整流器的寿命一般也在10000小时以上。到达寿命限度时,如果适当降低硒整流器的額定值后,仍然可以使用,但是此时效率較低,如果为了提高效率,則掉換新的硒整流器亦是有利的。

为了延緩整流片的老化过程以期获得較長的寿命,設計时應該把硒整流器的工作温度控制在 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 以下。

5 使用环境及效率

硒整流器能够在环境温度很低(达 $-50\sim -60^{\circ}\text{C}$)的情况下工作,同样亦能在温度較高(达 $+60\sim +70^{\circ}\text{C}$)的情况下工作。

当环境温度高于 35°C 时,为了使温度不超过容許極限,必須相应的降低整流器的負荷(見圖10)。在設計低温度下工作的整流器,則应考虑到由于正向压降的增大而引起的整流电压的降低(見圖7)。

此外还應該注意使用

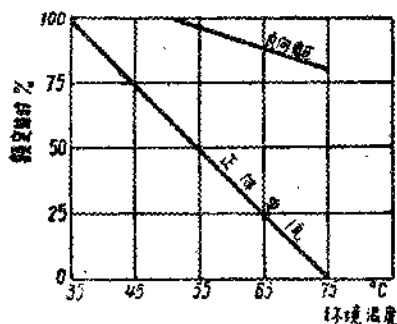


圖10 环境温度与負荷的关系。