

A. C. 瓦西里也夫、A. E. 斯魯霍茨基著

高頻离子和电子 反用換流器



國防工業出版社

73.691
162.1
C.2

高频离子和电子反用换流器

A. C. 瓦西里也夫 著

A. E. 斯鲁霍茨基

傅炳烈、李广友译

2/C530 / 15



中国科学院出版社

1964

內 容 簡 介

本书介绍目前在工业上已获得广泛应用的两种反用换流器：离子反用换流器和电子反用换流器。

离子反用换流器主要用在电热设备中，它可用作感应加热，表面淬火等装置的电源；电子反用换流器可对频率超过 10000 赫的超声波设备供电之用。这些反用换流器的效率可到 85~92%。远远超过电动发电机和电子管振荡器的效率，所以它们在工业上的应用是有很大的前途的。

书中说明了反用换流器的作用原理，分析了反用换流器在稳定状态和过渡状态下的工作情况，并导出工程上适用的计算公式，又列出许多线路、图线和图表，列举出工业上应用的几种反用换流器的技术特性和结构数据；同时还叙述了调谐反用换流器的一些方法，以供设计和运用时的参考。

本书可供科学工作者、工程技术人员和高等院校中相应专业的师生参考之用。

ИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ИНВЕРТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

А. С. Васильев, А. Е. Слухоцкий
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1961

高频离子和电子反用换流器

傅炳烈，李育友译

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

850×1168, 1/32 印张 4¹³/₁₆ 1210 千字

1964年4月第一版 1964年4月第一次印刷 印数：0,001—3,700册

统一书号：15034·718 定价：(科八-1) 1.00 元

引 言

目前，金屬的感应加热及零件的超声波加工，已經在工业中获得了广泛的应用。因此，制造效率很高而使用上又相当簡便的设备，就成了急待解决的問題。

在感应加热设备中，当频率为 500~10000 赫时，可使用电动机，当频率为 70000 赫和更高时，可使用电子管振荡器。

在上述的频率范围内，电动发电机的效率为 70~82%，而无载运转时的固定损耗电平为额定功率的 10~12%。因此，在反复間歇工作状态及负载参量随时间改变（这多半是在感应加热设备中）的情况下，效率有时降低 1/3 到 1/2。电动机的主要缺点是：频率不能改变，必須要装在专用底座上，同时，还会产生噪声。

計及灯絲电路的功率在內，电子管振荡器的效率不超过 60%。

加工零件的超声波设备，多半在频率为 10000~30000 赫的范围内工作。在这些设备中，現在几乎完全采用电子管振荡器作为电源。

反用换流器綫路，特別是并联反用换流器綫路，在提高效率方面是有发展前途的。离子反用换流器的效率达到 85~92%，由于固定损耗电平很低（約为 3~4%），所以效率与负载的关系很小。

当功率約为几百千瓦时，500 赫以上的频率在电热方面有最大的意义。只有在整流管中充以水銀，它才能在連續工作状态下获得这样大的功率，这便决定了这种装置的频率上限約为 2000~3000 赫。今后，采用充有氢气的閘流管，将频率提高到 15000~20000 赫，是有很大的可能性的。

本书作者多年来所进行的工作表明，在反用换流器綫路中，

利用电子管代替离子整流管，有很大的发展前途。

在往电子管栅极饋給矩形电压，并保持反用换流器綫路的全部特点的条件下，电子管的工作状态变成与串联有电阻的离子整流管的工作状态相似，該电阻等于电子管在选定工作点上对直流的内电阻。当功率超过說明书中規定的額定功率时，电子管阳极电路的效率在这种情况达到85~90%。在固定損耗电平同离子反用换流器的一样低时，反用换流器的总效率为70~80%。不論是对电热方面，或对超声波加工方面，在8000~100000赫的頻率範圍內，采用电子管反用换流器无疑是最有前途的。

本书討論頻率在100千赫範圍內的反用换流器，对它們的工作进行了分析；同时介紹了一些試驗設備及工业設備。

本书第一、二章、第四章§20及第五章§21~24，由A. E. 斯魯霍茨基执笔；第三章、第四章§17~19及第五章§25~27，由A. C. 瓦西里也夫执笔。

书中所敘述的材料，在很大程度上是作者在B. II. 沃洛格金高频电流科学研究所及列宁格勒B. II. 烏里揚諾夫（列宁）电工学院工作的成果。

目 录

引言	5
第一章 并联离子反用换流器的理論基础	7
§ 1 作用原理	7
§ 2 反用换流器电路中的电流有效值間的关系	11
§ 3 稳定工作状态时的主要关系	12
§ 4 反用换流器的工作状态	19
§ 5 电流和电压的有效值	25
§ 6 接有感应負載(振蕩迴路)的反用换流器的工作	31
§ 7 反用换流器在自激状态下的工作	39
第二章 具有并联电容器的反用换流器綫路	45
§ 8 具有外整流电路的反用换流器	45
§ 9 具有內整流电路的反用换流器	51
§ 10 栅极电路的特点和起动机路	58
§ 11 阳极高频变压器和阴极扼流圈	61
第三章 并联离子反用换流器电路中过渡历程的研究	66
§ 12 研究整流电路中过渡历程的一般方法	66
§ 13 离子反用换流器中的过渡状态	71
§ 14 非周期性状态下过渡历程的分析	72
§ 15 反用换流器在振蕩状态下的过渡历程的分析	80
§ 16 关于选择工作状态方面的建議	91
第四章 串联反用换流器	93
§ 17 具有电阻負載的綫路	93
§ 18 接有振蕩迴路的串联反用换流器的工作	106
§ 19 串联反用换流器的多次推挽綫路	110
§ 20 串联和并联离子反用换流器的应用范围	112
第五章 电子反用换流器	114
§ 21 工作原理	114

07007

§ 22 反用换流器在自激状态下的工作及栅极电路的线路	120
§ 23 反用换流器的计算	130
§ 24 阳极及栅极电路的主要部件	135
§ 25 功率 250 千瓦、感应加热用的反用换流器	137
§ 26 超声波装置供电用的反用换流器	138
§ 27 电子反用换流器的调谐	145
附录	149
参考文献	153

73.691
162.1
C.2

高频离子和电子反用换流器

A. C. 瓦西里也夫 著

A. E. 斯鲁霍茨基

傅炳烈、李广友译

2/C530 / 15



机械工业出版社

1964

内 容 简 介

本书介绍目前在工业上已获得广泛应用的两种反用换流器：离子反用换流器和电子反用换流器。

离子反用换流器主要用在电热设备中，它可用作感应加热，表面淬火等装置的电源；电子反用换流器可对频率超过 10000 赫的超声波设备供电之用。这些反用换流器的效率可到 85~92%。远远超过电动发电机和电子管振荡器的效率，所以它们在工业上的应用是有很大的前途的。

书中说明了反用换流器的作用原理，分析了反用换流器在稳定状态和过渡状态下的工作情况，并导出工程上适用的计算公式，又列出许多线路、图线和图表，列举出工业上应用的几种反用换流器的技术特性和结构数据；同时还叙述了调谐反用换流器的一些方法，以供设计和运用时的参考。

本书可供科学工作者、工程技术人员和高等院校中相应专业的师生参考之用。

ИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ИНВЕРТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

А. С. Васильев, А. Е. Слухоцкий
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1961

高频离子和电子反用换流器

傅炳烈，李育友译

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

850×1168, 1/32 印张 4¹³/₁₆ 1210 千字

1964年4月第一版 1964年4月第一次印刷 印数：0,001—3,700册

统一书号：15034·718 定价：(科八-1) 1.00 元

目 录

引言	5
第一章 并联离子反用换流器的理論基础	7
§ 1 作用原理	7
§ 2 反用换流器电路中的电流有效值間的关系	11
§ 3 稳定工作状态时的主要关系	12
§ 4 反用换流器的工作状态	19
§ 5 电流和电压的有效值	25
§ 6 接有感应負載(振蕩迴路)的反用换流器的工作	31
§ 7 反用换流器在自激状态下的工作	39
第二章 具有并联电容器的反用换流器綫路	45
§ 8 具有外整流电路的反用换流器	45
§ 9 具有內整流电路的反用换流器	51
§ 10 栅极电路的特点和起动机路	58
§ 11 阳极高频变压器和阴极扼流圈	61
第三章 并联离子反用换流器电路中过渡历程的研究	66
§ 12 研究整流电路中过渡历程的一般方法	66
§ 13 离子反用换流器中的过渡状态	71
§ 14 非周期性状态下过渡历程的分析	72
§ 15 反用换流器在振蕩状态下的过渡历程的分析	80
§ 16 关于选择工作状态方面的建議	91
第四章 串联反用换流器	93
§ 17 具有电阻負載的綫路	93
§ 18 接有振蕩迴路的串联反用换流器的工作	106
§ 19 串联反用换流器的多次推挽綫路	110
§ 20 串联和并联离子反用换流器的应用范围	112
第五章 电子反用换流器	114
§ 21 工作原理	114

07007

§ 22 反用换流器在自激状态下的工作及栅极电路的线路	120
§ 23 反用换流器的计算	130
§ 24 阳极及栅极电路的主要部件	135
§ 25 功率 250 千瓦、感应加热用的反用换流器	137
§ 26 超声波装置供电用的反用换流器	138
§ 27 电子反用换流器的调谐	145
附录	149
参考文献	153

00050

引 言

目前，金屬的感应加热及零件的超声波加工，已經在工业中获得了广泛的应用。因此，制造效率很高而使用上又相当簡便的设备，就成了急待解决的問題。

在感应加热设备中，当频率为 500~10000 赫时，可使用电动机，当频率为 70000 赫和更高时，可使用电子管振荡器。

在上述的频率范围内，电动发电机的效率为 70~82%，而无载运转时的固定损耗电平为额定功率的 10~12%。因此，在反复間歇工作状态及负载参量随时间改变（这多半是在感应加热设备中）的情况下，效率有时降低 1/3 到 1/2。电动机的主要缺点是：频率不能改变，必須要装在专用底座上，同时，还会产生噪声。

計及灯絲电路的功率在內，电子管振荡器的效率不超过 60%。

加工零件的超声波设备，多半在频率为 10000~30000 赫的范围内工作。在这些设备中，現在几乎完全采用电子管振荡器作为电源。

反用换流器綫路，特別是并联反用换流器綫路，在提高效率方面是有发展前途的。离子反用换流器的效率达到 85~92%，由于固定损耗电平很低（約为 3~4%），所以效率与负载的关系很小。

当功率約为几百千瓦时，500 赫以上的频率在电热方面有最大的意义。只有在整流管中充以水銀，它才能在連續工作状态下获得这样大的功率，这便决定了这种装置的频率上限約为 2000~3000 赫。今后，采用充有氢气的閘流管，将频率提高到 15000~20000 赫，是有很大的可能性的。

本书作者多年来所进行的工作表明，在反用换流器綫路中，

利用电子管代替离子整流管，有很大的发展前途。

在往电子管栅极饋給矩形电压，并保持反用换流器綫路的全部特点的条件下，电子管的工作状态变成与串联有电阻的离子整流管的工作状态相似，該电阻等于电子管在选定工作点上对直流的内电阻。当功率超过說明书中規定的額定功率时，电子管阳极电路的效率在这种情况达到85~90%。在固定損耗电平同离子反用换流器的一样低时，反用换流器的总效率为70~80%。不論是对电热方面，或对超声波加工方面，在8000~100000赫的頻率範圍內，采用电子管反用换流器无疑是最有前途的。

本书討論頻率在100千赫範圍內的反用换流器，对它們的工作进行了分析；同时介紹了一些試驗設備及工业設備。

本书第一、二章、第四章 § 20 及第五章 § 21~24，由 A. E. 斯魯霍茨基执笔；第三章、第四章 § 17~19 及第五章 § 25~27，由 A. C. 瓦西里也夫执笔。

书中所敘述的材料，在很大程度上是作者在 B. II. 沃洛格金高频电流科学研究所及列宁格勒 B. II. 烏里揚諾夫（列宁）电工学院工作的成果。

第一章

并联离子反用换流器的理论基础

§ 1 作用原理

利用可控气体放电整流管变交流为直流是一个可逆过程。

大家知道，离子整流管栅极的可控性是有限度的，因为栅极可以开放整流管，此后，填充物的正离子中和栅极的负电位，不论怎样改变栅极上的电压都不能使放电停止。流过整流管的电流只取决于线路的参量。取消阳极电压以后，放电停止，填充物开始消电离，栅极就恢复它的控制性能。周期性地取消阳极电压，并使栅极在这一瞬间具有负电压，就可控制放电时间，即可控制流过整流管的电流的频率。

图 1 列出反用换流器的线路，即是变直流为交流的变换器线路，它的作用原理已被实际装置所采用。

首先研究具有纯电阻负载的他激变换器这一最简单情况，在这种情况下，整流管栅极的电压是由外电源供给的。根据同样理由，设变压器 AT 次级绕组的匝数 w_2 为初级绕组匝数的一半，即 $w_2 = \frac{1}{2} w_{10}$ 。

交变电压由变压器 CT 输入到整流管 1 和 2（图 1）的栅极上。如果在某一瞬间整流管 1 的栅极上加有正电压，那末，整流管 1 中就发生放电，同时有电流流过。

半绕组 1 中的电流冲动，就在变压器初级和次级绕组中感应出电压。于是次级绕组中流过电流 i_2 ，它的方向如箭头所示，其大小取决于负载电阻 r_{20} 。二次电流所产生的安匝，在任何时刻均为半绕组 1 的安匝所平衡。

其方向如箭头所示的电流 i_2 流经接在初级绕组两端的电容

器 C_1 ，因此，电容器的右极板充有正电，左极板充有负电。很明显，通过整个初级绕组的电流 i_c 所产生的安匝，被反向流过半绕组 1 的电流 $2i_c$ 所产生的匝所平衡。这时，电容电流所产生的总安匝，在任何时刻均等于零，它不会在次级绕组中发生变换。初级绕组对电容器 C_1 来说是一个升压自耦变压器，其变压系数为 1:2。半绕组 1 中的电流等于

$$i_1 = i_r + 2i_c - i_c = i_r + i_c = i_L - i_c,$$

式中 i_L ——馈电线中的电流（流经扼流圈的电流）；

i_c ——流经电容器的电流。

由图 1 可以明显看出，馈电线中和流经整流管的电流瞬时值等于

$$i_L = i_a = i_r + 2i_c.$$

若在整流管 2 的栅极上加以正电压时，整流管便开始导电。这时，除整流管 2 上有很小的电压降以外，在整流管 1 的阴极上出现电容器右极板的正电位，因而，加到整流管 1 阳极上的电压，对阴极是负的。

在这一瞬间，电容器经整流管 1 和 2 短路。电容器放电电流的冲动，增强了开始流过整流管 2 的电流，但这冲动与整流管 1 中的电流相反，就使整流管 1 中的放电很快地停止。这时，电流的转换过程也就结束。整流管 1 的栅极应有足够的负电压，以免

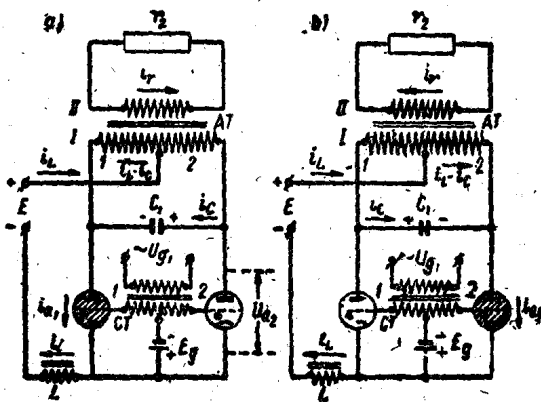


图 1 原边有电容器的并联反用换流器线路：

a—第一半周期；b—第二半周期。

在电容器的极性改变时发生放电 (图 1.6)。以后把电容器 C_1 称为换向电容器。

换向电容器重新充电之后, 如果输入到整流管 1 栅极上的电压是正的话, 那末, 换流过程就依相反次序重复进行。

因此, 依次流经整流管 1 和 2 的电流, 应当改变变压器初级绕组安匝的方向, 从而在变压器的次级绕组上感应出交变电压。可是由图 1 和 2 可以看出, 在整个周期内, 有电流 $i_1 = i_r + i_c = i_L - i_c$ 在每个半绕组中流过 (各为 i_{11} 和 i_{12}), 其方向不变, 而初级绕组的交变安匝只由电流 i_1 的分量 i_r 所产生, 此分量在半周期内流过每个半绕组 (图 2)。

扼流圈 L 承受的电压是直流电源电压 E 和电容器电压 u_c 之差。扼流圈的电感越大, 电源供给反用换流器的电流的波纹度也就越小。

在任何瞬间, 都应满足恒等式

$$u_L + u_c = E - u_B$$

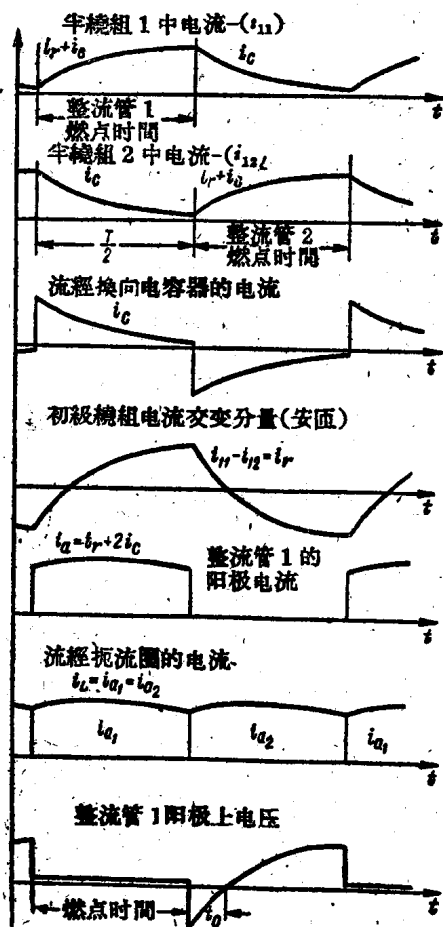


图 2 图 1 线路中的电流与电压。

