

73277

直流开关稳压器

〔苏〕 E. C. 格列伊维尔 著

张守田 译

茅 成 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书探讨了与直流开关(脉冲)稳压器理论、计算和设计有关的问题,阐明了其电源电路的计算方法,并介绍了一些补偿型及参数型稳压器的电路图。

本书可供从事无线和有线设备二次电源生产和研究工作的工程技术人员参考,对有关工业院校相应专业的师生亦有裨益。

ДК03/21
КЛЮЧЕВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ
ПОСТОЯННОГО ТОКА
Е. С. ГРЕЙВЕР
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ» МОСКВА 1970

直流开关稳压器

张守田 译

茅 成 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可登记证字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092¹/₃₂ 印张6¹/₈ 128千字

1974年9月第一版 1974年9月第一次印刷 印数: 00,001—30,800册

统一书号: 15034·1357 定价: 0.51元

目 录

绪论	7
第一章 补偿型开关稳压器	9
§ 1.1 开关稳压器的作用原理	9
§ 1.2 由直流电源供电的稳压器	11
§ 1.3 由交流电源供电的稳压器	14
第二章 开关工作时所形成的电压波形及其参数	18
第三章 开关元件	26
§ 3.1 一般特性	26
§ 3.2 晶体三极管	27
§ 3.3 可控硅元件	38
§ 3.4 饱和扼流圈	44
第四章 主要单元电路	56
§ 4.1 比较电路	56
§ 4.2 触发器	57
§ 4.3 对称多谐振荡器	61
§ 4.4 外激式多谐振荡器	63
§ 4.5 静态自激换流器	65
§ 4.6 他激式换流器	70
§ 4.7 非对称式换流器	72
§ 4.8 移相装置	74
§ 4.9 单结晶体管张弛振荡器	75
§ 4.10 平滑滤波器	78
§ 4.11 输入滤波器	84
§ 4.12 可控硅的关断电路	87
第五章 开关稳压器电源电路的计算	90
§ 5.1 一般概念	90
§ 5.2 开关装在整流器电路中的稳压器	92
§ 5.3 由交流电源供电并带有附加电压装置的稳压器	99

§ 5.4 在初级电路中有饱和扼流圈的稳压器.....	108
§ 5.5 由直流电源供电的稳压器.....	116
§ 5.6 由直流电源供电并带有附加电压装置的稳压器.....	119
§ 5.7 开关与负载并联的稳压器.....	125
第六章 开关稳压器的电路	135
§ 6.1 补偿型稳压器.....	135
§ 6.2 参数型稳压器.....	176
§ 6.3 交流稳压器.....	181
§ 6.4 结论与建议.....	183
参考文献	187

1104693

直流开关稳压器

〔苏〕 E. C. 格列伊维尔 著

张守田 译

茅 成 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书探讨了与直流开关(脉冲)稳压器理论、计算和设计有关的问题,阐明了其电源电路的计算方法,并介绍了一些补偿型及参数型稳压器的电路图。

本书可供从事无线和有线设备二次电源生产和研究工作的工程技术人员参考,对有关工业院校相应专业的师生亦有裨益。

ДК03/21
КЛЮЧЕВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ
ПОСТОЯННОГО ТОКА
Е. С. ГРЕЙВЕР
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ» МОСКВА 1970

直流开关稳压器

张守田 译

茅 成 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092¹/₃₂ 印张6¹/₈ 128千字

1974年9月第一版 1974年9月第一次印刷 印数: 00,001—30,800册

统一书号: 15034·1357 定价: 0.51元

译 者 的 话

开关稳压器的特点是效率高、重量轻和体积小，因此它特别适用于在航空和宇宙飞行器等方面。到目前为止，这类稳压器的电路仅散见于一些国外期刊上，有关这一问题的系统材料还是很少见的。本书是专门讨论开关稳压器的，书中对开关稳压器进行了初步的理论分析，介绍了各种开关元件的特性以及开关稳压器中常用的单元电路，在针对各种不同情况讲解了电源电路的计算之后，列举了许多不同类型的开关稳压器实际电路。因此，对于从事稳压电源研究和制造工作的读者来说，本书具有一定的参考价值。

由于译者水平所限，加之原书质量也存在一些问题，所以书中可能存在不少缺点和错误，热忱希望读者批评指正。

译者 1973 年 7 月

目 录

绪论	7
第一章 补偿型开关稳压器	9
§ 1.1 开关稳压器的作用原理	9
§ 1.2 由直流电源供电的稳压器	11
§ 1.3 由交流电源供电的稳压器	14
第二章 开关工作时所形成的电压波形及其参数	18
第三章 开关元件	26
§ 3.1 一般特性	26
§ 3.2 晶体三极管	27
§ 3.3 可控硅元件	38
§ 3.4 饱和扼流圈	44
第四章 主要单元电路	56
§ 4.1 比较电路	56
§ 4.2 触发器	57
§ 4.3 对称多谐振荡器	61
§ 4.4 外激式多谐振荡器	63
§ 4.5 静态自激换流器	65
§ 4.6 他激式换流器	70
§ 4.7 非对称式换流器	72
§ 4.8 移相装置	74
§ 4.9 单结晶体管张弛振荡器	75
§ 4.10 平滑滤波器	78
§ 4.11 输入滤波器	84
§ 4.12 可控硅的关断电路	87
第五章 开关稳压器电源电路的计算	90
§ 5.1 一般概念	90
§ 5.2 开关装在整流器电路中的稳压器	92
§ 5.3 由交流电源供电并带有附加电压装置的稳压器	99

§ 5.4 在初级电路中有饱和扼流圈的稳压器.....	108
§ 5.5 由直流电源供电的稳压器.....	116
§ 5.6 由直流电源供电并带有附加电压装置的稳压器.....	119
§ 5.7 开关与负载并联的稳压器.....	125
第六章 开关稳压器的电路	135
§ 6.1 补偿型稳压器.....	135
§ 6.2 参数型稳压器.....	176
§ 6.3 交流稳压器.....	181
§ 6.4 结论与建议.....	183
参考文献	187

1104693



绪 论

在研究无线电和一般电器设备的二次电源时，经常遇到交直流电压的稳定问题。用于这种目的的装置，有关文献中已介绍了大量的各式各样的电路和资料。尽管这些装置的形式是各式各样的，但就其作用原理来说，却可分成两大类：

1. 调整元件为平滑可调电阻的连续作用式稳压器；
2. 调整元件为周期性导通和截止的开关的开关稳压器。在这种情况下，稳压是靠改变开关工作的空度系数来实现的。

两种形式的稳压器本身又可以各自分成为两类：

1) 补偿型稳压器。在这种稳压器中具有检测输出电压数值以及产生误差信号的元件。误差信号经过反馈电路对调整元件起作用，以保持输出电压恒定；

2) 参数型稳压器。在这种稳压器中没有检测输出电压的元件，其工作是以利用非线性元件的特性为基础的。

补偿型稳压器比参数型稳压器应用得更为广泛。因此，本书将把注意力主要集中在这一类稳压器上。

附图所示的是连续作用式补偿型稳压器的方框图。直流电压送到稳压器的输入端并经调整元件 $P\Omega$ 到达输出端。从测量元件 $H\Omega$ 上取出输出电压的一部分与基准电源的电压 $O\Omega$ 相比较，其差值（即误差信号）再经放大器 Y 送给调整元件。调整元件是一个可调整的电阻，其阻值在每一个给定的瞬时

内均由来自放大器的信号大小决定。在稳压器的输出端上，输出电压对给定值的任何偏离都将引起 $P\mathcal{O}$ 的电阻产生一个能使输出电压返回到给定值上去的变化；而输出电压恢复到给定值的精确度则由稳压器的电路来决定。这样，调整元件上就不间断地消耗着功率，其值为

$$P = (E_e - E_{cr})(I_H + i)$$

式中 E_e ——稳压器的输入电压；

E_{cr} ——稳压器的输出电压；

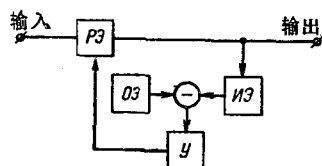
I_H ——负载电流；

i ——稳压器内由输出电压供电的各元件的所需电流。

连续作用式稳压器的优点是：线路简单，脉动平滑的程度好，没有通常伴随着开关稳压器工作的那种干扰。

连续作用式稳压器的缺点是它的效率太低，一般不能

高出40~60%，这是由于在调整元件内有功率损耗的缘故。此外，为了使这些功率耗散掉，调整元件还需要备有散热面积很大的散热器，这就使电源的外廓尺寸变得相当的大。这些缺点使得这一类稳压器的应用受到限制。装在各类飞行器上的设备，比如装在人造卫星上的设备，因为能源储备是非常有限的，同时设备的体积和重量也都具有决定性的意义，所以在这些情况下就要应用开关稳压器。



附图 连续作用式稳压器的方框图

第一章 补偿型开关稳压器

§1.1 开关稳压器的作用原理

示于图1.1 a 的是一个这样的电路，其上装有一个周期性导通与截止的开关。如果在这种电路的输入端接入直流电压 E_c ，那么在它的输出端上就会得到如图1.1 b 所示的矩形脉冲电压，这一脉冲电压的平均值为

$$E_{cr} = \frac{E_c t_g}{T} = \frac{E_c}{Q}$$

式中 T —— 开关工作的周期；

t_g —— 开关处于导通状态的持续时间；

$Q = \frac{T}{t_g}$ —— 开关工作的空度系数。

假如像连续作用式稳压器那样，在这一电路上接入一个反馈电路，但是此时不是对调整元件的电阻起作用，而是对开关工作的空度系数施加影响，那么装置的输出电压就可以保持恒定不变。如果加给稳压器输入端的是含有任意形式交流成分的直流电压，比如是未经平滑的整流电压(图1.1 b)，则在这种情况下

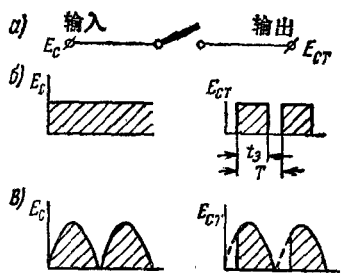


图1.1 开关稳压器的作用原理示意图

下可以这样地调整开关的导通瞬时，使其在输入电压变化时保持装置输出端上的电压平均值不变。

根据这样的原理，也可以做成交流稳压器。这些稳压器将因接在输出电压测量电路中的传感器的型号不同而异，它们本身或者是能够稳定电压的有效值，或者是能够稳定电压的半波平均值。

图1.1 a 中的开关是与负载串联的。在这种情况下，输出电压低于电源电压。要使输出电压高于电源电压，必须在电路接入能使输出电压改变到所需数值的变压元件。

图 1.2 所示的是开关与负载并联的稳压器电路。当开关 K 闭合时，电源电压全部加在扼流圈 Δp 上并将电磁能在扼流圈中储存起来。在此时间内，到负载上去的电流只能从输出电容器 C 上流过来，而二极管 Δ 则处于反向电压的作用下。当开关断开时，电流由电源经扼流圈流到负载上去。在扼流圈中的感应电势与电源电压叠加起来，从而在稳压器的输出端上形成高于电源电压的电压。

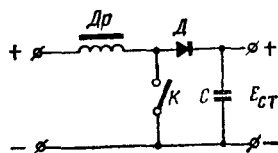


图1.2 开关与负载并联的稳压器电路

由空度系数 Q 的定义可知，调整它的数值可以采取如下措施：

a) 在 T 值恒定不变的情况下，改变开关导通状态的持续时间 t_s 和截止状态的持续时间 t_p (脉冲宽度调制)；

б) 在保持 t_s 或 t_p 不变的情况下，改变周期 T (脉冲频率调制)；

в) 联合使用脉冲宽度调制和脉冲频率调制。

上述各种调整空度系数的方法，在开关稳压器的电路中都得到了应用。

如果开关是理想的，并且其电阻在导通状态下等于零，而在截止状态的电阻是无穷大的，那么在瞬时转换的情况下，经它传递的能量就不会有损耗。在实际的开关上，自然要损耗一部分能量，但它的数值和连续作用式稳压器比较起来是非常小的。因此，开关稳压器具有非常高的效率，一般可达90~95%。

§ 1.2 由直流电源供电的稳压器

图 1.3 所示的是由直流电源供电的稳压器方框图，其开关是与负载串联的。输入电压加在开关 K 上，继而经滤波器 Φ 到达稳压器的输出接线端上。这里的检测电路和绪论附图中所示的基本上是一样的，但其与连续作用式稳压器的不同点是在这种情况下不可能直接用放大器的输出电压来控制调整元件。因为用来控制调整元件的电压，其波形必须是由被选定类型的开关所确定的；例如，可能需要极性周期性变化的电压或者是具有窄脉冲波形的电压等等。因此，信号从放大器出来后先送往信号变换元件 ($\partial\Pi C$)，来自信号变换元件，波形已经变换了的信号到达开关上，使开关以某种频率 f_k 周期性地导通和截止。作用在开关上的信号就改变

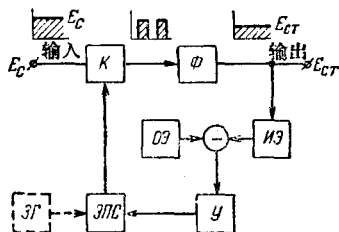


图 1.3 开关与负载串联的稳压器方框图

须是由被选定类型的开关所确定的；例如，可能需要极性周期性变化的电压或者是具有窄脉冲波形的电压等等。因此，信号从放大器出来后先送往信号变换元件 ($\partial\Pi C$)，来自信号变换元件，波形已经变换了的信号到达开关上，使开关以某种频率 f_k 周期性地导通和截止。作用在开关上的信号就改变

着开关工作的空度系数，以使稳压器的输出电压保持恒定不变。

频率 f_k 可以是固定的，也可以是非固定的。在第一种情况下，方框图应包含有一个用来确定频率 f_k 的主控振荡器 $3F$ （图1.3中以虚线表示的那一部分）。

在第二种情况下，频率则由稳压器线路的自振来确定。比如将一个二工位装置与稳压器的输出电压 E_{cr} 接通，这个装置在电压 E_{cr} 升高到某一高电平时使开关截止，而在电压 E_{cr} 降低到与高电平比较接近的一个低电平时使开关导通。在这种情况下，开关的工作频率是由一系列的因素所确定的。这些因素有滤波器的参数、负载电阻、二工位装置两个工作电平的比值等等。很明显，在这种情况下，当输入电压或负载电流变化时，开关的工作频率就可能在相当大的范围内变化。

这里所讲的获得自振的方法，是在很多线路中得到应用的，但这并不是唯一的方法（见第六章）。

不包括主控振荡器并且其频率由自振确定的那种线路称为继电式的线路。

方框图如图1.3所示的那种稳压器，就其作用原理而论，其输出电压 E_{cr} 应该小于输入电压 E_0 。

还有另外的一些方框图^[34]，其中开关的安装位置与前边所讲的情形是相似的，但 $E_{cr} > E_0$ 。这就是一种具有叫做附加电压装置的线路（图1.4）。在这里，电压经开关 K 和滤波器 Φ_1 之后送给电压变换器 YM （功率放大器），继而达到整流器 B 和滤波器 Φ_2 。

由滤波器 Φ_2 输出端所获得的电压 E_{ad} 被用来做为附加电

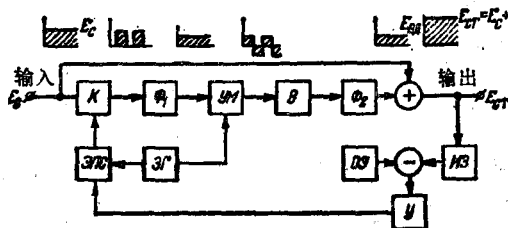


图1.4 由直流电源供电、带附加电压装置的稳压器方框图

压，它与输入电压 E_c 相串联并且方向一致，到达稳压器输出端的是两个电压的和 $E_c + E_{BR}$ 。由测量元件和基准电压元件、放大器、信号变换元件以及主控振荡器等组成的控制电路和图 1.3 所示的电路是相似的。测量元件接于稳压器输出端，并经反馈电路作用在开关上，致使电压 E_{BR} 随着电源电压的每一个变化产生数值相等而符号相反的变化，从而保持输出电压恒定不变。很明显，这种稳压器的输出电压必将高于输入电压。

在这种电路中，经过开关的仅仅是总功率的很小一部分，其大部分直接从输入端到达输出端而不经任何中间变换。这样

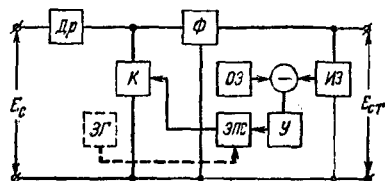


图1.5 开关与负载并联的稳压器方框图

一来，有时就可以使带附加电压装置的稳压器的效率比其他相类似的稳压器的效率高得多。

当开关与负载并联时，稳压器的方框图如图 1.5 所示。