

227372

通信电源设备的 电压脉动及其减低方法

Б. А. 皮翁特柯夫斯基 著

158

中南礦冶學院

圖書館藏

人民鐵道出版社

通信电源設備的 电压脉动及其减低方法

Б. А. 皮翁特柯夫斯基 著

徐书傑 譯 周士钟 校

~~民~~鐵道出版社

1964年·北京

本书对通信设备浮充供电方式电压脉动的来源、容许标准和计算作了说明，并对滤波器的组成及蓄电池作为滤波器元件的特性作了较全面的阐述；书中还附有电源滤波器的验算和测量方法等。

本书可作为通信工程技术人員、研究人員及维护电源的技术人員的业务学习参考书，并可供大专院校通信专业师生参考。

責任編輯 陈广存

通信电源设备的 电压脉动及其减低方法

ПУЛЬСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТАНОВОК СВЯЗИ И
СПОСОБЫ ЕЁ СНИЖЕНИЯ

苏联 Б.А. ПИОНТКОВСКИЙ 著

苏联国家邮电出版社 (1963年莫斯科俄文版)

СВЯЗЬИЗДАТ

Москва 1963

徐书隣 译 周士钟 校

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号 1953 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $1 \frac{9}{16}$ 字数 34 千

1964年9月第1版

1984年9月第1版第1次印刷

印数 0,001—3,000 册 定价 (科六) 0.22 元

前 言

为了向通信机械供以直流电流，广泛使用各种整流设备。在绝大多数情况下，这些整流设备是与蓄电池组浮充工作的。由于整流电压是脉动的，当脉动值相当大时，对通信讯号的传输产生很大的干扰。供电电压允许脉动值规定在国家标准（ГОСТ5237-59）中。

为了使供电设备输出端的脉动降低到规定的范围，使用平滑滤波器。这种滤波器是由扼流圈和电容器组成，而在浮充设备中，蓄电池组也作为滤波器主要元件之一。

通信企业中所有供电设备，并未都满足供电电压允许脉动方面的现行规定。

本书编写的目的，是为了向广大通信工程技术人员介绍各种滤波器的计算方法和测试实际脉动值的方法。

书中首先全面地叙述了作者在研究工作中所获得的结果：蓄电池组作为平滑滤波器一个元件的特性，以及脉动标准规定为杂音表值或均方根值时，计算滤波器的方法，这些问题过去尚未见有较深入的阐述。

本书主要是为通信维护单位的工程技术人员而写的，也可作为设计工作人员和通信专业院校学生的参考教材。

苏联邮电部技术司

目 录

1. 绪论	1
2. 整流电压的脉动	1
3. 脉动标准	8
4. 由电感 (L) 和电容 (C) 组成的平滑 滤波器	11
5. 输出节中带有蓄电池组的平滑滤波器	19
6. 各种通信机械电源滤波器之滤波系数的计算	29
7. 浮充电源设备输出端脉动的验算	34
8. 直流电压脉动的测量	43

1. 緒 論

利用直流电流工作的通信机械，一般是由连接在交流电网上的整流设备供给电源的。整流电压具有脉动，可以使传输的通讯信号失真，或受到抑制，致使传输质量急剧下降，有时，甚至不能传输。为了降低整流电压（电流）的脉动而采用电气滤波器。这种滤波器是由电感（扼流圈）和电容（电容器）组成，当蓄电池组与整流设备浮充工作时，则该蓄电池组也作为平滑滤波器元件之一。

因为，要使电压脉动有很大的减低，在技术上是困难的，并且在经济上也不利，所以，对各种通信机械的供电，规定了允许脉动值的标准。遵守这些标准，可使通信机械不受干扰影响（从电源方面引起的），保证通信机械的工作质量。

2. 整流电压的脉动

因为整流电压是脉动的，所以整流电压的瞬时值不是定值。脉动的整流电压，可以看作是由直流电压和加在其上的交流电压组成。这种交流电压不呈纯正弦波形，所以可将其设想为一系列正弦分量的级数和，它们的频率及振幅彼此互不相同。这些分量称为谐波。

脉动值及其特性主要决定于整流电路，并决定于供给整流器的交流电压是否畸变，或者说在整流器的输入端（在整流桥路的输入端）该交流电压的波形是否已发生畸变，同时还与负载的性质有关。

假如整流器接以纯电阻负荷，而供给整流桥路的交流电

压具有非畸变的正弦波形，则整流电压可用傅里哀级数的形式表示。当单相全波整流和多相整流时，整流电压的方程式具有下面的形式：

$$U = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \left[1 + \frac{2}{m^2 - 1} \cos(mf)x - \frac{2}{(2m)^2 - 1} \cos(2mf)x + \frac{2}{(3m)^2 - 1} \cos(3mf)x - \dots \right], \quad (1)$$

式中 U_m —— 整流电压的最大值；

f —— 被整流的交流电流的频率。

等式右面，方括号前的式子，系整流电压的直流成分。

常称 m 值为整流相数，事实上 m 值不仅与被整流的交流电压的相数有关，并决定于整流半波数。根据这一点， m 值应叫做一个周期内整流电流的脉冲数。这时，可以写成

$$m = KP, \quad (2)$$

式中 K —— 整流半波数；

P —— 变压器次级绕组的相数（或被整流的交流电压的相数）。

由此可见，当单相全波整流时， $K = 2$ ， $P = 1$ ，所以 $m = 2 \cdot 1 = 2$ 。

当三相半波整流时， $K = 1$ ， $P = 3$ ，所以 $m = 1 \cdot 3 = 3$ 。

当三相全波整流时， $K = 2$ ， $P = 3$ ，所以 $m = 2 \cdot 3 = 6$ 。

当六相半波整流时， $K = 1$ ， $P = 6$ ，所以 $m = 1 \cdot 6 = 6$ 。

当六相全波整流时， $K = 2$ ， $P = 6$ ，所以 $m = 2 \cdot 6 = 12$ 。

在式(1)中, 方括号内各项(第一项的1除外), 表示各次谐波值; 而因于 $\frac{2}{m^2-1}$, $\frac{2}{(2m)^2-1}$ ……等等, 代表第1次、第2次……等谐波比例于1伏整流电压的振幅值; 圆括号内的数值, $[(mf), (2mf), (3mf)……等等]$ 表示各次谐波的频率。

利用这些数据, 可计算出第任何次谐波的频率和振幅。例如, 对于单相全波整流, $m=2$, 得出第1次谐波 e_1 的振幅比值为 $\frac{2}{2^2-1}=0.667$, 频率为 $f_1=mf=2 \cdot 50=100$ 赫。

对于各种整流电路, 前5次谐波的频率和振幅比值的数值, 列于表1中, 从表中可以看出, 谐波频率越高, 其振幅越小。

在讨论关于整流电压脉动的问题时, 还未涉及影响脉动值及其特性的其它因素, 其中如接向整流桥路之交流回路的电感。

我们知道, 整流电路中的电感, 会引起相的重叠现象, 它表明两相在同一时间里工作。

相的重叠现象的产生, 使整流电压波形曲线发生附加畸变, 因此, 谐波的振幅增大。相的重叠现象, 在数值上以重叠角 γ 值来确定。重叠角越大, 脉动值越高。

当重叠角等于 γ 时, 频率为 f_n 的第任何次谐波的振幅值 e_n , 可按式确定:

$$e_n = \frac{1}{t^2-1} \sqrt{(\cos t\gamma \cos \gamma + t \sin t\gamma \sin \gamma + 1)^2 + (t \cos t\gamma \sin \gamma - \sin t\gamma \cos \gamma)^2}, \quad (3)$$

式中 t ——谐波频率 f_n 大于被整流交流电压频率的倍数。

按式(3), 根据重叠角的大小, 计算出的各次谐波的振幅比值, 列于表2中。

表 1

整流电压的直流成分取为 1 时, 前 5 次谐波的数据

整流电路	p	k	m	第 1 次谐波		第 2 次谐波		第 3 次谐波		第 4 次谐波		第 5 次谐波	
				频率 (赫)	振幅 (伏)	频率 (赫)	振幅 (伏)	频率 (赫)	振幅 (伏)	频率 (赫)	振幅 (伏)	频率 (赫)	振幅 (伏)
单相全波	1	2	2	100	0.867	200	0.1333	300	0.0571	400	0.0317	500	0.0202
三相半波	3	1	3	150	0.250	300	0.0571	450	0.0250	600	0.0142	750	0.0089
三相全波	3	2	6	300	0.057	600	0.0142	900	0.0082	1200	0.0035	1500	0.0022
六相半波	6	1	6	300	0.057	600	0.0142	900	0.0062	1200	0.0035	1500	0.0022
六相全波	6	2	12	600	0.014	1200	0.0035	1800	0.0015	2400	0.0009	3000	0.0006

表 2

决定于重叠角 γ 值之谐波电压的振幅比值

谐波频率 f_n (赫)	k	对应于重叠角的谐波电压振幅比值			
		$\gamma = 0^\circ$	$\gamma = 10^\circ$	$\gamma = 20^\circ$	$\gamma = 30^\circ$
100	2	0.667	0.679	0.720	0.767
150	3	0.250	0.264	0.298	0.332
200	4	0.133	0.146	0.174	0.192
300	6	0.0571	0.0692	0.0344	0.0857
400	8	0.0317	0.0420	0.0488	0.0500
450	9	0.0250	0.0344	0.0385	0.0450
500	10	0.0202	0.0288	0.0311	0.0440
600	12	0.0142	0.0209	0.0229	0.0430
700	14	0.0103	0.0153	0.0203	0.0410

应当指出，除上述因素外，对整流电压脉动有重要影响的还有其它原因。

例如，由于整流电路的不平衡（特别是多相整流设备），可以出现电力网频率（50赫）的谐波。在整流设备电路中，使用饱和扼流圈以改变通向整流阀的交流电压来调整整流电压时，会产生100赫的附加谐波及其倍频。这是由于扼流圈本身的非线性特性引起的。在很多情况下，电力网交流电压本身，也含有50赫倍频的谐波（多半是频率为150赫的谐波）。

由于整流器的非线性特性，所有这些附加谐波的相互作用，组成复合的50赫的倍频。

全部附加谐波的电压，可以大大超过表1中所列出的整流过程本身所产生的谐波电压。这在多相整流情况下特别显著。

整流电压脉动的计算，特别对于装有饱和扼流圈的多相整流设备是困难的，并且不易得出足够准确的结果。鉴于

整流滤波电压的实测数据

整流设备 类型及其 额定数据	交流电		整流电 流电压 (伏)	整流电 流 (安)	各种频率 (赫) 的滤波电压 (毫伏)										附 注		
	电压 (伏)	网			50	100	150	200	300	400	500	600	700	800		900	1000
BCA-B型, 充电式; 电压64伏; 电流12安	125	24	6	—	10400	—	1800	870	280	148	90	33	17	18	14	无滤波器	
			12	—	10200	—	1800	820	250	160	110	55	15	44	27		
			6	—	27500	—	4500	1550	840	470	235	130	100	95	55		
			12	—	33000	—	7700	2360	1180	320	420	97	120	160	110		
BCC-36/60 型, 充电-浮 充式, (浮充) 电压 28伏, 负荷电流80安	220	24	12	270	163	10	27	1100	29	40	200	27	15	45	5	整流设备装有滤波 器 (由两个扼流圈 和电容器组成)	
			60	210	85	3	172	285	16	11	85	8	5	14	3		
			12	201	56	9.2	2.8	23	2.3	0.6	5.0	0.4	0.15	0.12	0.02		
			60	104	30	7	15	8	0.3	0.18	0.6	0.11	0.10	0.06	0.05		
BCC-170/13 型, 充电-浮充 式, (浮充) 电压 120伏, 负荷电流13安	220	120	2.6	45	700	80	1900	7500	220	160	300	235	238	450	110	无滤波器	
			13	170	780	950	1060	2500	156	100	1000	95	62	300	32		
			2.6	40	185	25	73	285	8	4	25	4	1.5	8	0.9		
			13	125	285	142	245	265	12	9	53	8	5	10	2.3		

此, 当计算滤波器时, 最好是利用专用测量仪器, 即谐波分析器来测出有关数据。

对于某些类型的整流设备, 用谐波分析器测得的整流谐波电压的实验数据, 列于表 3。

BCC型整流设备的允许脉动值

表 4

整 流 器 类 型	额 定 数 据		脉 动 标 准		浮充整流设备的 主 要 用 途
	整 流 电 压 (伏)	整 流 电 流 (安)	均 方 根 值 (伏)	杂 音 表 值 (毫伏)	
BCC-36/30	26	30	—	24	对共电式电话所 (LIS)供电
BCC-36/60	26	60	3	—	对使用旁热式电子管 机械的灯丝回路供电
BCC-36/250		250			
BCC-93/23	67	23	—	50	对自动电话所(ATC)、 长途电话所(MTC) 及半自动机械供电
BCC-93/95		95			
BCC-170/13	120	13	3	—	对电报机的电动机回 路供电
BCC-170/54		54			
BCC-330/6.5	240	6.5	0.1 ^①	—	对使用电子管的长途 通信机械和音频电报 机械的屏极回路供电
BCC-330/13		13			
BCC-330/27		27			
ЛБВ-1.5	40	1.5	2	—	对电报外线回路供电
ЛБВ-4.5		4.5			
ЛБВ-9		9			
МБВ-1	50	6	2	—	对用户电报及音频电 报机的外线及局部回 路供电

①300赫及其以上频带的谐波电压和。

工业生产的BCC和BY型整流设备，装有由扼流圈及电容器组成的滤波器。

按1961年公布的标准，当整流设备工作在人工电阻负荷条件下，在额定整流电压和额定负荷电流时，供给整流设备的交流电压在规定的变化范围内任选一值，滤波器应保证该整流设备输出端的脉动值，不得大于表4所列的数据。

3. 脉动标准

确定直流电源的脉动，采用两种不同性质的数值：杂音表值及均方根值。

在确定直接由供电回路串入低频话路的干扰时，例如在电话所，不仅需要考虑到谐波的电压值，并且应考虑谐波的频率。这是因为送话器回路和人耳对各种频率的响应，即使其振幅完全一样，而有不同的灵敏度。鉴于此，引用称为干扰杂音表系数 α_n 的概念，它考虑了送话器和人听觉器官的特性，其值是以实验方法确定的。

谐波频率的影响，在数量上将频率为800赫的杂音表系数定为1。

其它谐波频率的相对影响，以列于表5中的杂音表系数值表示。这些数值是国际电话谘询委员会(MKKΦ)，于1954年推荐的。

杂音表系数 α_n 的频率特性，如图1所示。图中以频率为1000赫的谐波具有最大的干扰影响值($\alpha_n=1.122$)，其它小于或大于1000赫的其他频率的谐波影响都比它小。

假如，在整流电压中有交流成分(谐波)，谐波电压的振幅值分别等于 $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ ，则整流器输出端杂音表干扰(杂音)电压的总有效值 U_{nc} ，由下式计算：

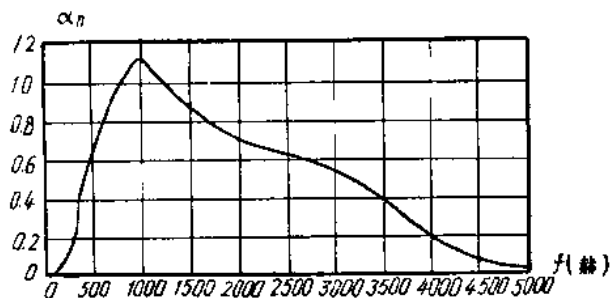
图1. 杂音表系数 α_n 值的曲线

表 5

杂音表系数 α_n 值

频率(赫)	α_n	频率(赫)	α_n	频率(赫)	α_n	频率(赫)	α_n
16.55	0.0056	1050	1.109	2050	0.698	3100	0.501
50	0.0071	1100	1.072	2100	0.689	3200	0.473
100	0.00891	1150	1.035	2150	0.679	3300	0.444
150	0.0355	1200	1.000	2200	0.670	3400	0.422
200	0.0891	1250	0.977	2250	0.661	3500	0.375
250	0.178	1300	0.955	2300	0.652	3600	0.335
300	0.295	1350	0.928	2350	0.643	3700	0.292
350	0.376	1400	0.905	2400	0.634	3800	0.251
400	0.484	1450	0.881	2450	0.625	3900	0.214
450	0.582	1500	0.861	2500	0.617	4000	0.178
500	0.661	1550	0.842	2550	0.607	4100	0.1445
550	0.753	1600	0.824	2600	0.598	4200	0.116
600	0.794	1650	0.807	2650	0.590	4300	0.0923
650	0.851	1700	0.791	2700	0.580	4400	0.0724
700	0.902	1750	0.775	2750	0.571	4500	0.0562
750	0.955	1800	0.760	2800	0.562	4600	0.0437
800	1.000	1850	0.745	2850	0.553	4700	0.0339
850	1.035	1900	0.732	2900	0.543	4800	0.0263
900	1.072	1950	0.720	2950	0.534	4900	0.0204
950	1.109	2000	0.708	3000	0.525	5000	0.0159
1000	1.122						

$$U_{nc} = \sqrt{0.5[(e_1\alpha_1)^2 + (e_2\alpha_2)^2 + (e_3\alpha_3)^2 + \dots + (e_n\alpha_n)^2]}, \quad (4)$$

式中 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ —— 相应谐波的杂音表系数。

为确定载波机的电源电压允许脉动值，不适宜采用杂音表值。因为它不能确定由供电回路所引起的在各话路中产生的畸变值及相邻话路间相互干扰的程度。

在这种情况下，应当用有效脉动电压的均方根值来确定干扰值：

$$e_{cp, \kappa e} = \sqrt{0.5(e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2)}. \quad (5)$$

实验证明，对于多路载波机，供电回路的干扰，应当用两种数值来计量：频率低于300赫的谐波总和，与频率为300赫及其以上的谐波总和；因为这两组谐波对载波机工作的影响是极不相同的。

国家标准 (ГОСТ 5237-59) 规定的有线通信机械直流电源电压允许脉动值，列于表 6 ~ 7 中。

表 6

以均方根值规定的允许电压脉动

被供电的回路或机械的名称	直流电源的额定电压 (伏)	允许脉动 (伏)
电报机的外线回路	40	0.4
	80	0.8
	120	1.2
	160	1.6
	200	2.0
电报机的电动机	120	3.0
电报机的局部回路	40	0.4
	60	0.6
	120	3.0
用户电报机和音频电报机的外线和局部回路	60	0.6

續上表

被供电的回路或机械的名称	直流电源的额定电压(伏)	允許脉动(伏)
使用电子管的长途通信机械和音频电报机的屏极回路	220	频带在300赫以下, 为0.25; 频带在300赫及其以上, 为0.015
使用晶体管的通信机械的供电回路	24	
长途通信增音机的远程供电的发送盘(在盘的輸入端)	电源电压在设计时确定	
使用电子管的长途通信机械及音频电报机的灯丝回路	24	对使用旁热式阴极电子管的通信机械为3.0; 对使用直热式电子管的通信机械为0.5。

表 7

以杂音表值规定的允許电压脉动

被供电的机械的名称	直流电源的额定电压(伏)	允許脉动(伏)
磁石式人工电话所的交换机(MB)	4或6	$2.4 \cdot 10^{-3}$
共电式人工电话所的交换机(LIS)	24	$2.4 \cdot 10^{-3}$
长途电话所(MTC)的交换机及半自动机械	24	
共电式人工电话所的交换机	48	$5.0 \cdot 10^{-3}$
市内自动电话所(ATC)	48或60	
乡村自动电话所(ATC)	24	
长途电话所(MTC)的交换机及半自动机械	48或60	

4. 由电感(L)和电容(C)組成的 平滑滤波器

对滤波器的一般要求

每个平滑滤波器, 应具有一定的滤波系数(q_n), 以保

证将整流电压的脉动降低到规定的水平。对第 n 次谐波的滤波系数，以下式确定：

$$q_n = \frac{e_n}{e'_n}, \quad (6)$$

式中 e_n ——滤波器前第 n 次谐波的电压；

e'_n ——滤波器后第 n 次谐波的电压。

滤波器的电压降，及因之产生的功率损失，应尽可能的小，且由于负荷电流的变化，对滤波器的平滑作用不应产生重大的影响。滤波器应当运用可靠、体轻和价廉。

由于平滑滤波器工作在具有频率不同的各种谐波的整流电路中，则复杂的滤波器（由 L 和 C 组成）的固有频率，应该低于整流电压中最低谐波频率。在这种情况下，滤波器对最低谐波频率将呈现感抗，这样，就保证了必要的平滑作用，并消除了滤波器谐振于最低谐波频率的危险。

滤波器如使用于负荷变化的设备上，则它应按最大负荷电流设计。

由一个扼流圈组成的平滑滤波器

平滑滤波器之扼流圈的结构，通常是由绝缘导线做成的绕组和铁心共同组成的线圈。平滑扼流圈 L_1 接入负荷回路的电路，如图 2 所示。其滤波系数可按式①求得：

$$q_n = \frac{\sqrt{(r_L + R_n)^2 + (\omega_n L)^2}}{R_n}. \quad (7)$$

① 在以后的叙述中，除注明者外，均采用下列代号：

r_L ——滤波器电感线圈（扼流圈）的直流电阻（欧）；

R_n ——负荷电阻（欧）；

L ——滤波器扼流圈的电感量（亨）；

C ——滤波器电容器的电容量（或电容器组的电容量）（微法）；

X_L ——扼流圈的感抗（欧）；

X_C ——电容器组的容抗（欧）；

f_n ——第 n 次谐波的频率（赫）；

$\omega_n = 2\pi f_n$ 。