

電源平滑回路の近似的解析 VI

— 近似的解析の誤差について —

技術科研究室 新妻 陸 利

(1970年10月31日受理)

I 結 言

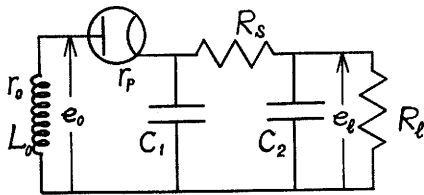
複雑、難解な第1図のような電源平滑回路を、できるだけかんたんに解析しようと思ひ、第3図のような等価矩形波を考へて、第2図のような直流過渡回路として扱つてきた。^{(2),(3),(4),(5)}

すなわち、第3図(a)のような正弦整流波を第3図(c)のようなパルスの直流に置換し、それによる充放電を考へて、近似的解析としたのである。この方法によると、はるかにかんたんに数値計算ができるし、ふだん使用されている状態では、あまり誤差も多くはない。^{(2),(3),(4),(5),(6)}

しかし、近似的解析であるため、広範囲な使用状態にすべて対応できるわけにはいかず、負荷電流が多過ぎたり、少なかつたりすれば、誤差も増大する。⁽⁶⁾

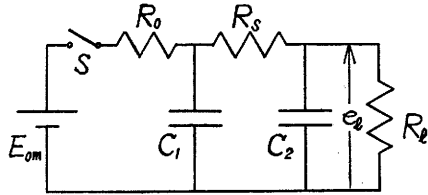
今回は、これらの誤差について検討し、この解析方法の適用範囲を明らかにしておきたい。

第1図 電源平滑回路



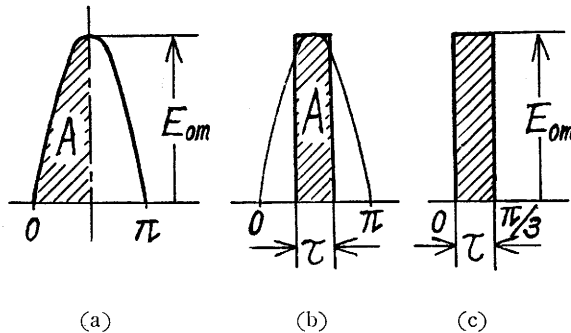
(半波整流・π形回路)

第2図 直流過渡回路



$R_0 = r_0 + r_p$ L_0 は省略

第3図 等価矩形波



$$A = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} E_{0m} \sin \omega t d(\omega t) = E_{0m}$$

$$\tau = \frac{A}{E_{0m}} = 1 \doteq \frac{\pi}{3} [\text{rad.}]$$

II 負荷電流の大小と誤差

電源平滑回路を構成する R や C を広範囲に変化させ、負荷電流を増減してみると、半波整流でも両波整流の場合でも、ほぼ一様に誤差が増減した。計算結果 E_i と実験結果 E_a とを比較して誤差 ϵ_0 を求めてみると、第1表、第2表のようになる。ここで、

$$\textcircled{1} \quad \epsilon_0 = \frac{E_i - E_a}{E_a} \times 100 [\%]$$

$\textcircled{2}$ R_0 は、 r_p が負荷電流 I_l に対応して変化するため一定値では扱えない。 r_0 は一定。

$$R_0 = r_0 + r_p [\Omega]$$

$\textcircled{3}$ E_i の欄の中で、2つの数値が示してあるのは、充・放電が異なる値になったもので、上の値が充電値で、下の値が放電値を示しており、 ϵ_0 の計算には平均値を用いた。

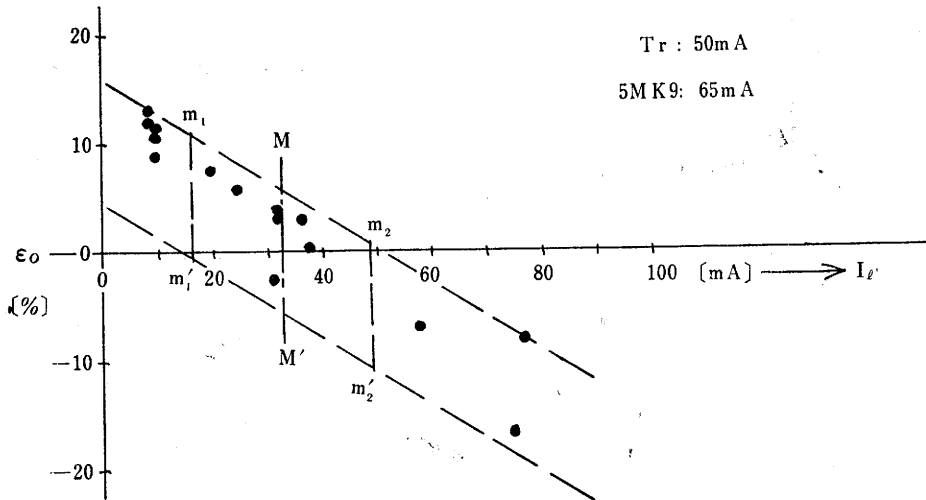
なお、実験値はすべて平均値である。

さらに負荷電流 I_l に対する誤差 ϵ_0 の関係をはっきりさせるため、第4図、第5図のグラフを添えておく。

第1表 計算値と実験値の比較 (半波整流)
整流管 5MK9 65mA 電源トランス T_r 50mA

No.	C (C_1, C_2) [μF]	R [$k\Omega$]			実験値		計算値	誤差
		R_0	R_s	R_l	I_l [mA]	E_a [V]	E_i [V]	ϵ_0 [%]
1	50	0.75	5	30	8.2	234	294	12.8
2	5	0.75	5	30	8.5	236	{ 265 264	12.1
3	50	0.75	0.5	30	9.5	271	301	11.1
4	20	0.75	2	30	9.2	262	290	10.7
5	5	0.75	0.5	30	9.5	273	{ 302 292	8.8
6	20	0.7	3	10	19.7	191	205	7.3
7	20	0.65	5	5	24.5	120	127	5.8
8	50	0.65	2	5	32.0	156	162	3.8
9	20	0.65	2	5	31.8	156	161	3.2
10	50	0.65	5	1	36.0	35	36	2.9
11	20	0.65	0.5	5	37.7	184	{ 185 182	0.3
12	5	0.65	2	5	31.0	151	{ 152 142	-2.6
13	20	0.6	2	1	57.5	56	52	-7.1
14	50	0.6	0.5	1	76.5	74	68	-8.1
15	5	0.6	0.5	1	74.5	72	{ 91 29	-16.7

第4図 半波整流における $I_l - \epsilon_0$ の関係



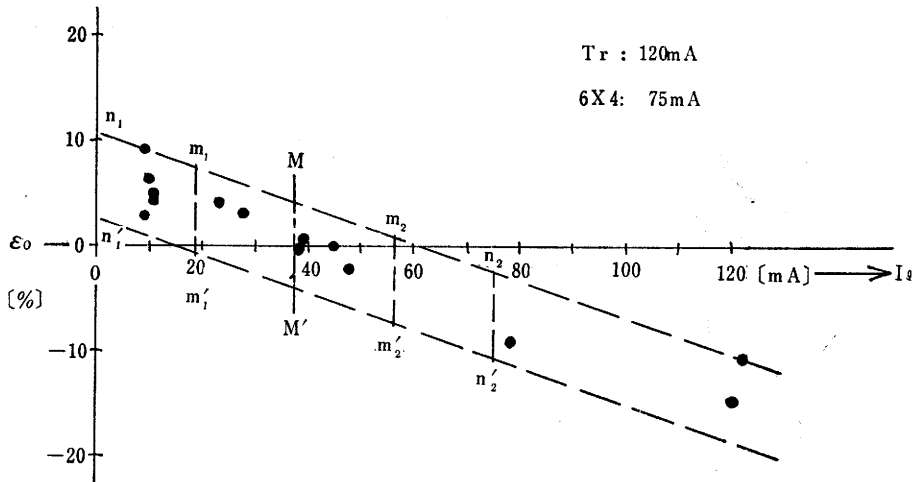
第2表 計算値と実験値の比較 (両波整流)

整流管 6X4 75mA

電源トランス T_r 120mA

No.	C (C_1, C_2) [μF]	R [$k\Omega$]			実験値		計算値	誤差
		R_0	R_s	R_l	I_l [mA]	E_a [V]	E_l [V]	ϵ_0 [%]
1	5	0.9	5	30	9.0	258	281	8.9
2	20	0.9	2	30	10.0	288	306	6.3
3	5	0.9	0.5	30	10.5	303	{ 319 316	4.8
4	50	0.9	0.5	30	10.5	300	313	4.3
5	20	0.8	3	10	23.0	220	229	4.1
6	20	0.8	5	5	27.3	138	142	2.9
7	50	0.9	5	30	8.8	253	260	2.8
8	20	0.75	2	5	39.0	190	191	0.5
9	50	0.75	2	5	39.0	190	191	0.5
10	50	0.75	5	1	44.5	43	43	0.0
11	5	0.75	2	5	38.5	188	{ 189 186	-0.3
12	20	0.75	0.5	5	47.5	232	227	-2.2
13	20	0.7	2	1	78.0	76	69	-9.2
14	50	0.6	0.5	1	122.0	120	107	-10.3
15	5	0.6	0.5	1	120.0	116	{ 117 81	-14.7

第5図 両波整流における $I_L - \epsilon_0$ の関係

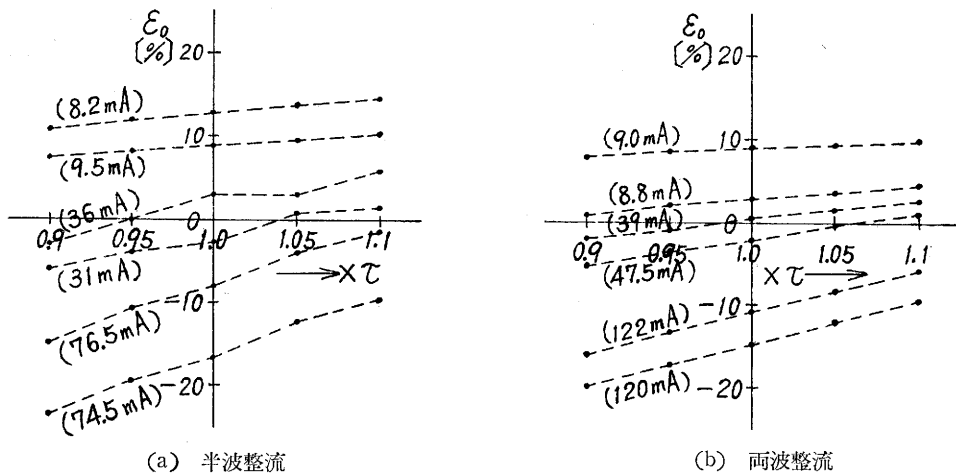


これからわかることは、 R 、 C を広範囲に変化しても、誤差 ϵ_0 には直接の影響を与えないが、負荷電流 I_L を変化させると、それに伴って ϵ_0 が一様な変化を示すことである。 I_L が小さくなると計算値 E_L の方が大きくなって、 ϵ_0 は+の値を取り、 I_L が大きくなると E_L の方が小さくなって ϵ_0 は-になってくる。これは、電源平滑回路をできるだけ簡単に解析しようと思って考え出した等価矩形波の影響が出てくるためである。

III 等価矩形波の補正

誤差をより少なくするため、等価矩形波を補正して扱ってみることにする。今まで考えてきた第3図(c)のような等価矩形波のパルス幅 τ を、負荷電流 I_L の大小によって変化させて使用する。 I_L が大きければ τ も大きくし、 I_L が小さければ τ も小さくして、

第6図 τ の変化による ϵ_0 の変化



(a) 半波整流

(b) 両波整流

等価矩形波の最大値 E_{0m} は変えずに使用するのである。今まで使用してきたパルス幅 τ を 1 の大きさとみなし、その 1.1 倍 ~ 0.9 倍まで 5 段階に変化させ、 I_L が小さく ϵ_0 が + の値の場合、 I_L が整流管の定格値の $\frac{1}{2}$ 位で ϵ_0 が小さい場合、 I_L が大きく ϵ_0 が - の値の場合、のそれぞれ代表的な 2 組ずつ、計 6 組を選んで同じ計算をしてみると、 ϵ_0 は第 6 図 (a), (b) のように変化する。このことから、等価矩形波のパルス幅 τ を変化させても、負荷電流 I_L の値が少なかったり、大き過ぎたりすると、補正がきかなくなることがはっきりわかる。

IV 近似的解析の適用範囲

等価矩形波のパルス幅 τ を変えるのは、限界があることがはっきりしたので、とうぜんこの解析方法にも限界が生じてくる。もう一度、第 4 図、第 5 図へ戻って、その適用範囲を考えてみることにする。 ϵ_0 が 0 に最も近いのは、 I_L の値が整流管定格電流の $\frac{1}{2}$ 位のところであり、 $M-M'$ の線でそれを示しておく。もし 10% 位までの誤差を許容するとすれば、半波整流では I_L の値が、定格電流の $\frac{1}{4}$ 位から $\frac{3}{4}$ 位までの間である。直線 m_1-m_1' から m_2-m_2' までの範囲ということになる。それに対して、両波整流の場合は、 I_L の値を 0 から定格電流いっぱいまで広げることができ、 n_1-n_1' から n_2-n_2' まで、半波整流の場合の倍の範囲まで広げてもよいことになる。

ところで、ここでふだん使用されない R, C の組合せを作って計算し、実験してみると、その結果は、第 3 表のようになる。 R, C の組合せが適当ならば、 $I_L=35.0 [mA]$ ないしは $I_L=44.0 [mA]$ という値は、 ϵ_0 が 0 に近い値を示すはずなのに、ふだん使用されることのない $C=5 [\mu F], R_s=5 [k\Omega], R_L=1 [k\Omega]$ というような値を取ったために、いずれも ϵ_0 が増大し、推定できる誤差の範囲である第 4 図、第 5 図の中の平行四辺形 $m_1-m_1'-m_2'-m_2$ からはみ出してしまうことになる。

このように考えてくると、とくに極端な組合せの R, C でない限り、半波整流波では第 4 図の $m_1-m_1'-m_2'-m_2$ が適用範囲であるし、両波整流波では第 5 図の $n_1-n_1'-n_2'-n_2$ を適用範囲と考えてよいことになる。

第 3 表 実用にならない状態での誤差

	C (C_1, C_2) [μF]	R [$k\Omega$]			実 験 値		計算値	誤 差
		R_0	R_s	R_L	I_L [mA]	E_d [V]	E_L [V]	ϵ_0 [%]
半波整流	5	0.65	5	1	35.0	34	{ $\frac{34}{29}$	-7.4
両波整流	5	0.75	5	1	44.0	56	{ $\frac{43}{41}$	-25.0

V 結 言

誤差を小さくするために等価矩形波のパルス幅を補正することは、予想よりも効果は少なかった。しかし、この近似的解析法は、とくに極端な R, C を選ばない限り、電源平滑回路に適用できるし、ふだん使われている範囲での負荷電流であれば、誤差もあまり多

くないことがはっきりした。

なお、電子計算機 (HIPAC 103) により計算した資料は、繁雑になるので、ごく一部の結果だけを表とグラフに示した。

最後に、いろいろとお世話いただいた工学部の秋山さんや電子計算機室の皆様にご感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 新妻・小室 フーリエ級数による電源平滑回路の解析, 日本産業技術教育学会誌, 10号
- (2) 新妻・小室 電源平滑回路の近似的解析 I, 日本産業技術教育学会誌, 11号
- (3) 新妻 陸利 電源平滑回路の近似的解析 II, 茨城大学教育学部紀要, 第18号
- (4) 新妻 陸利 電源平滑回路の近似的解析 III, 日本産業技術教育学会誌, 12号
- (5) 新妻 陸利 電源平滑回路の近似的解析 IV, 茨城大学教育学部紀要, 第19号
- (6) 新妻 陸利 電源平滑回路の近似的解析 V, 日本産業技術教育学会誌, 13号

Abstract

APPROXIMATE ANALYSIS OF A POWER SUPPLY VI

—about the error of the Approximate Analysis—

Mutsutoshi Niitsuma

With the object of analyzing a power supply approximately, I considered the equivalent rectangular wave and treated its circuit as the d-c transient circuit. As a result, it was made clear that the experimental value almost agreed with the calculated one within the bounds in which that circuit is generally used. But, making C and R change into wider bounds and also change the load current, the error between the calculated value and the experimental one increased when the amount of the load current was small or excessive, so that the equivalent rectangular wave must be considered in a modified form. But, in this study, it was made clear that there is a bound to the modification; therefore it would be said that this Approximate Analysis of a power supply should be applied to that extent.