

第4章 真空管と真空管回路の解析手法

真空管とそれに付随する回路の動作をどの程度まで分析できるかによって，真空管の応用がある程度支配されるので，分析の手法の研究はとても重要である．したがって，この章では，高真空管とその回路を分析する解析的および図的な手法を示すことにする．

4-1 等価プレート回路¹

多くの真空管の問題を解く場合，特に励振電圧が小さく，負荷インピーダンスが高い場合，プレート電流の級数展開の最初の項を使うだけで十分な精度が得られる[式(3-58)および(3-59)]．その場合，第一次の近似として，交流プレート電流は次の式で与えられる．

$$I_p = \frac{\mu E}{r_p + z_b} = \frac{\mu E}{r_p + r_b + jx_b} \quad (4-1)$$

$$= \frac{\mu E}{\sqrt{(r_p + r_b)^2 + x_b^2}} \angle \theta \quad (4-2)$$

ここで，

$$E = \frac{V_p}{\mu} + E_g \quad \text{および} \quad \theta = -\tan^{-1} \frac{x_b}{r_p + r_b}$$

これらの式で， r_p は動作点のプレート抵抗， z_b は加えた電圧の周波数におけるプレート負荷のインピーダンスである．式(4-1)および(4-2)で与えられる I_p の値は，図4-1aの単純な直列回路を流れる電流と等しい．したがって，プレート電流および負荷インピーダンスのさまざまな枝の基本波成分の近似値を求めるのに，この等価プレート回路 (equivalent plate circuit) を使ってよい．この事実は，増幅の等価プレート回路定理として説明される．等価プレート回路定理とは，交流プレート電流の基本波成分は，外部負荷インピーダンスと，動作点における真空管の交流プレート抵抗に等しい固定抵抗を直列にした等価回路に，電圧 $V_p + \mu E_g$ を加えた結果流れる電流とほぼ等しい，というものである．

式(4-1)は，次の形に書くこともできる．

$$E_{zb}(g_p + y_b) = V_p g_p + E_g g_m \quad (4-3)$$

式(4-3)は，図4-1bの並列等価回路を示唆する．アドミッタンスをまとめるのは簡単なので，特に，負荷インピーダンスに並列の枝がいくつかある場合などでは，式(4-1)と直列等価回路を使う代わりに，式(4-3)と並列等価回路を使うほうが有利なこともある(付録のA-1節参照)．

¹MILLER, J. M., *Bur. Standards Bull.*, **15**, 367 (1911); *Proc. I.R.E.*, **6**, 141 (1918); VAN DER BIJL, H. J., *Phys. Rev.*, **12**, 171 (1918); *Proc. I.R.E.*, **7**, 97 (1919); CHAFFEE, E. L., *Proc. I.R.E.*, **17**, 1633 (1929); GOODHUE, W. M., *Electronics*, December, 1933, p. 341; RICHTER, W., *Electronics*, March, 1936, p. 19; LANDON, V. D., *Proc. I.R.E.*, **18**, 294 (1930).

グリッド電流の級数展開の最初の項を使うことにより、三極管のグリッド電流について、式 (4-1) および (4-3) と同様な式を得ることができる。

$$I_g = \frac{V_g + \mu_g E_p}{r_g + z_c} \quad (4-4)$$

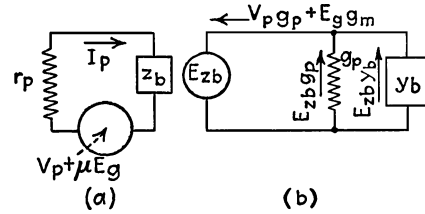


図 4-1.—直列等価回路と並列等価回路。

および、

$$E_{zc}(g_g + y_c) = V_g g_g + E_p g_n \quad (4-5)$$

等価グリッド回路は、図 4-1a および 4-1b と同じ形であるが、添え字 p, g, b は、それぞれ g, p, c に置き換え、 μ を μ_g に置き換える。式 (4-1) から (4-5) は、電流や電圧の尖頭値の項によって書き表すこともできる。複グリッド管の他の電極についても、同様な式を書くことができる。

式 (4-1) から (4-5) は、図 3-21 に基づいており、負荷インピーダンスには起電力がないと仮定されており、プレート励振電圧 V_p は z_b と直列であると仮定されている。一般に、負荷インピーダンスは、インピーダンス全体と直列になる起電力に加え、あるいはその代わりに、他の起電力が存在する複数の枝によって構成されることもある。プレート電流の級数の 2 次あるいはより高次の項を無視するという仮定のもとでは、重ねの理が成り立ち、それを適用すると、 E_g あるいは z_b に直列の電圧 V_p によって流れる電流は、負荷に追加の起電力が存在しても影響されないことが示される。したがって、追加の電圧が等価回路の実際の回路と同じ場所に含まれていれば、等価回路は正しい電流の値を与える。等価回路には、プレートと抵抗結合、誘導結合、静電結合している実際の回路のすべての部分を含めなければならない。

図 4-2 および 4-30 のように、グリッド回路に交流電流が流れるインピーダンスが含まれる場合、交流グリッド電圧 E_g の値は、外部電源から加えられる励振電圧 V_g と異なる。事実、 V_g は、グリッド回路に含まれるインピーダンスを流れる交流電流のみによって得られることもある。したがって、一般に、等価回路の回路網方程式を解く前に E_g を評価する必要がある。 E_g は、通常、実際の回路から最も容易に見つけることができ、カソードとグリッドの間のつながっている経路に沿ったすべての交流電圧のベクトル和に等しい。

等価回路を使うと、真空管と付随する回路に関する多くの問題の解法が、大いに簡単になる。いったん等価回路が形成されれば、交流回路解析の通常の手法によってさまざまな点の基本波電流および電圧が計算できるので、真空管が係わっていることを知る必要さえない。ある問題に関する等価回路の有効性は、必要な精度に依存する。定性的な結果のみが必要なら、高調波の生成が大きい場合でさえも、しばしば等価回路を適用することができる。高い精度が不可欠なら、等価回路を使用するのは小振幅の場合に限られる。励振電圧の周期の一部で電流が流れなくなるような動作の状態では、等価回路を適用することはできない (5-15 節参照)。等価回路は、明らかに高調波の生成や混変調周波数の兆候を示さない。した