

パラメトリック発振器における
雑音の減衰係数に与える効果

東工大・理 椛島成治

§1. はじめに

平衡系においては、ある物理量に対する減衰係数とゆらぎ量の間「揺動散逸定理」が成立しているが、非平衡開放系においてこの関係は未解明の部分が多く、ランジュバン方程式の形で系の運動を表わしたとき、ゆらぎ力が如何なるものであるか明確ではない。われわれは発振器系に意識的にゆらぎ力を入れ、それらが系の性質をどう変えていくかを調べることにより、非平衡系に固有に存在するゆらぎ力の姿を明らかにしようと意図してきた。ここではパラメトリック発振器において、外力として加えた雑音が発振回路の損失項を増やす作用のあることを見出したので、その実験結果について述べる。

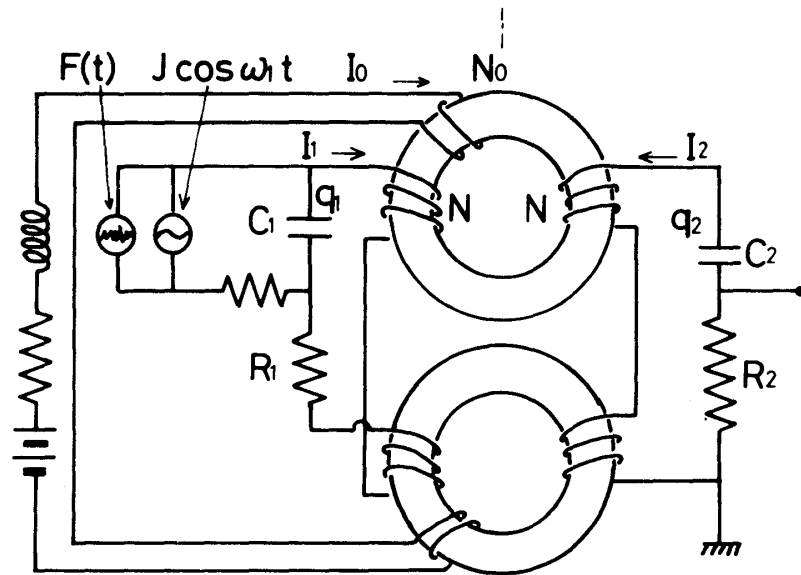


図1. パラメトリック発振器

指数1, 2 は各々励振側, 発振側の回路定数であることを示す

§ 2. 実験および実験結果

図1に示すようなパラメトリック発振器において発振周波数 ω_2 (25 kHz) の2倍の振動数の正弦波に雑音 (~100 kHz までの成分をもつ白色雑音) を加えて励振する。種々の大きさの雑音に対する励振電流と発振電流の関係を図2に示す。雑音があまり大きくないときは、発振の臨界点 J_{th} が雑音が大きくなるにつれて高い値の電流側へ平行にずれていることが分る。ここ

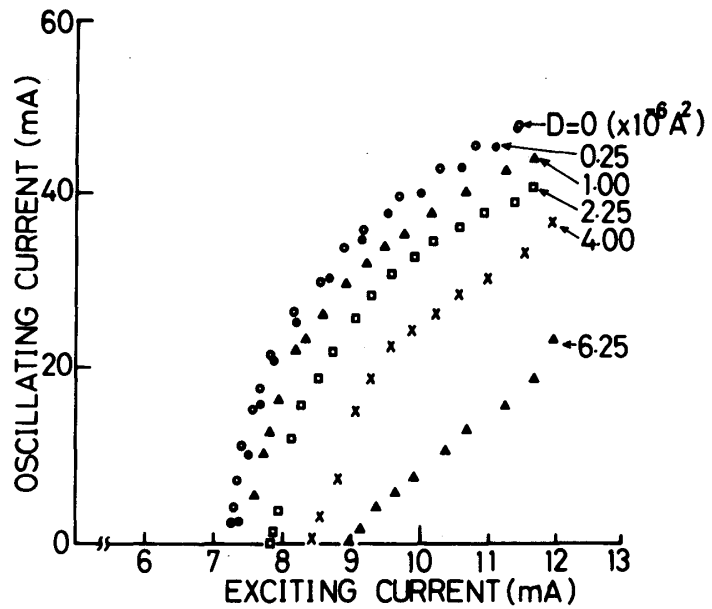


図2. 励振電流と発振電流の関係

Dは励振側に加えた雑音の分散値を示す

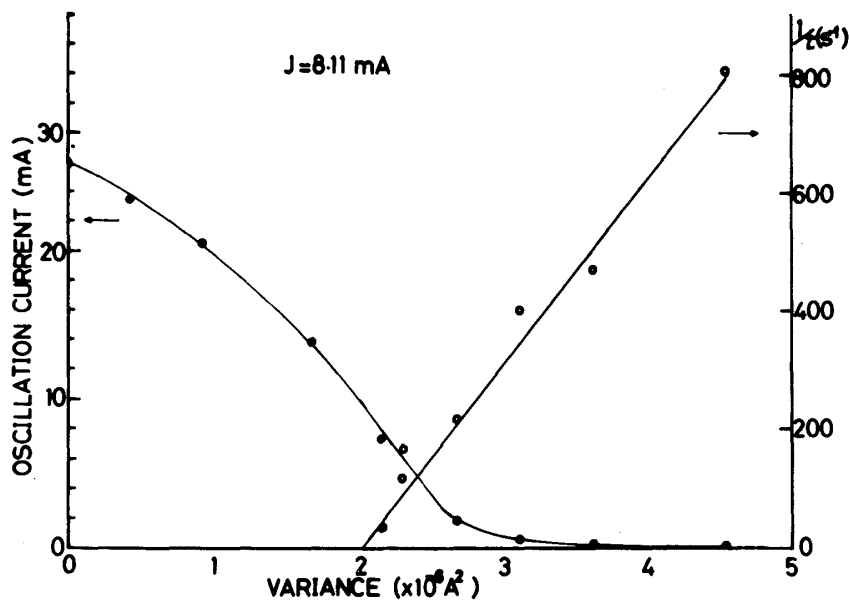


図3. 雑音による発振 - 非発振転移

椛島成治

で発振電流は $(J - J_{th})^{1/2}$ に比例して増加している。また臨界点近傍の非発振側で出力ゆらぎの相関時間はゆらぎを加えたときも含めて $(J_{th} - J)^{-1}$ の関係をもっている。

励振電流を 8.11mA と発振状態にしておき、雑音を増加させていくと発振がとまる。この様子を図 3 に示す。雑音を大きくして非発振状態にしたときの出力ゆらぎの相関時間の逆数も同図に示す。雑音により発振-非発振の転移が生じていることがこの図より分る。これら定常的な測定により得られた結果は図 1 に示す回路系を非線型結合をもつ複合共振器系と考え、発振電流の振幅に対する式を求めると、ストラトノヴィッチ¹⁾に沿った解析ができ、雑音により R_2 が実効的に増加していると考えられることができる。このことを動的測定により確かめてみた。

励振電流を段階的に印加したときの発振電流振幅の成長の様子を図 4 に示す。ここで実線は振幅に対する van der Pol 方程式

$$\dot{y} = \alpha y - \beta y^3 \quad (1)$$

において $\alpha = 1467 \text{ sec}^{-1}$, $\beta = 7.87 \times 10^{37} (\text{A}^2/\text{sec})$ として得られる計算曲線である。励振電流を一定にしておき、種々の大きさの雑音に対して求めた α を雑音の分散に対してプロットしたのが図 5 である。加えた雑音の分散に対してほぼ線型に α が減少していることが分る。非発振時の減衰曲線に対しても雑音により減衰係数 ($-\alpha$) が増加することが確かめられた。

§ 4. おわりに

以上の実験結果はすべて雑音により発振回路の抵抗が大きくなることで説明できる。このことは図 1 において R_2 に内在

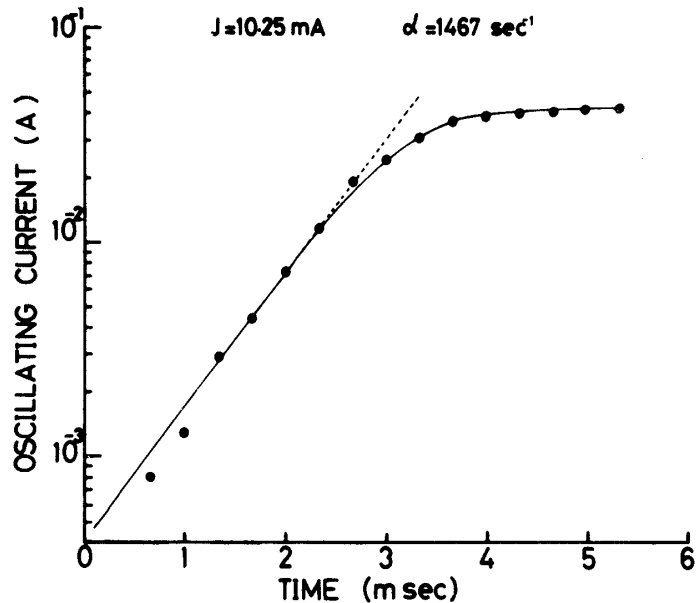


図 4. 段階的に励振電流を加えたときの発振電流振幅の成長

しているナイキスト雑音あるいは電流雑音と外力として加えた雑音とが、この発振器系に同様な影響を及ぼしているだろうと考えることができる。

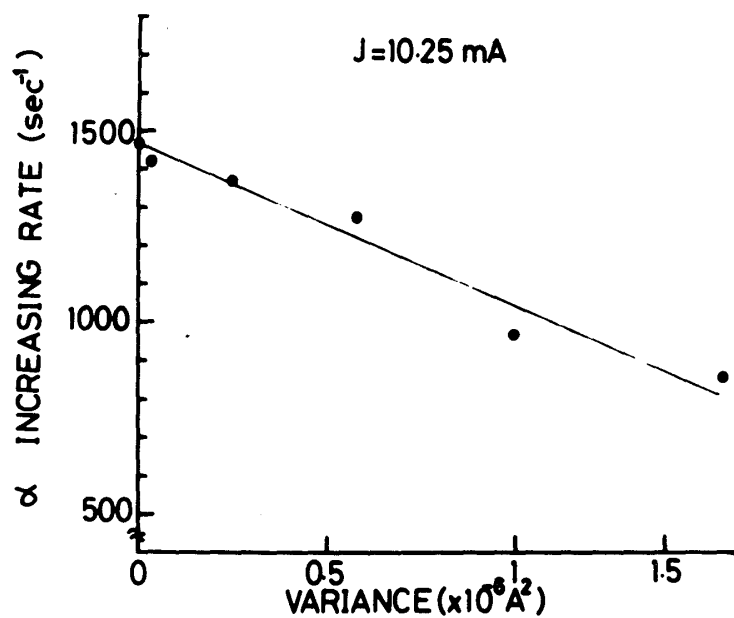


図5. α の雑音による変化

参考文献

- 1) R.L.Stratonovich: *Topics in the Theory of Random Noise* vol.II chap.10 (English Translation, Gordon and Breach, New York 1963).