

真空熱電対の2乗特性の改良

武石 泰亮・朝 照雄・竹原 孝二*

(受理 昭和52年5月30日)

IMPROVING METHOD OF SQUARE-LAW OF VACUO-THERMO-JUNCTIONS

Taisuke TAKEISHI, Teruo ASA and Koji TAKEHARA

A method to improve square-law characteristics of thermoelectromotive force (TEMF) vs. a heater current of Vacuo-thermojunctions (VTJ) is treated. In proposals. n^2 ($n=1, 2, 3, \dots$) pieces of VTJs are arranged as n -heaters of the VTJs are connected in series and either n -series in parallel, while all the thermojunctions are connected in series within the same direction of polarity, so as to obtain an additive sum of the TEMFs. A calculation shows deviation from the square-law decreases promptly as proportional to $1/n^2$. The experiment gives a close agreement with the calculation.

1. ま え が き

真空熱電対により交流電流の測定を行う場合において、被測定電流が一定振幅の定常的なものであれば、前もって真空熱対を直流電流により較正しておけば正確な測定が可能である。(ペルチェ効果、トムソン効果による交流直流間の誤差については本論文の範囲では除く。)しかし、もし被測定電流が不規則に変調されていたり、交流の周波数が極端に低い超低周波であると、真空熱電対の出力熱起電力が脈動する。この場合、この脈動熱起電力の平均値より被測定電流値を決定すると、可成りの誤差が含まれる場合が出る。これは、真空熱電対の熱電変換装置としての特性が、非線形性¹⁾を有することに起因する。これを具体的にいうと真空熱電対の熱線電流と熱起電力の間には近似的に2乗特性があるが、一般に使用される真空熱電対では、定格のほぼ50%以上で可成り大きい2乗特性からのずれがある。この2乗特性よりのずれは、系の非線形性によるものであり、前述の誤差はこの部分で生じるものである。本報告では同一規格の n^2 個の真空熱電対を直並列に組合せることにより、2乗特性の改良を行う方法について述べる。

2. 結線法および計算と実験

図1のように同一規格の n^2 個の真空熱電対の熱線を n 個直列にしたものを n 組作成し、これを n 組並列に接続する。熱電対は熱起電力の方向を加え合せるように直列に接続する。一個の真空熱電対について、熱線抵抗 R 、熱起電力 E 、熱電対の抵抗 R_c とし、

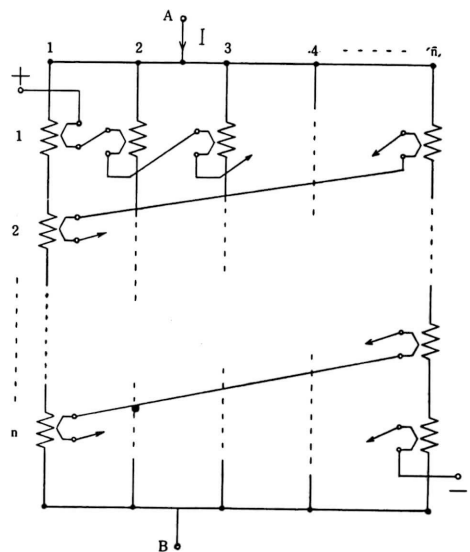


図1 真空熱電対組合せ結線図

*鹿児島大学 大学院 工学研究科
電子工学専攻 学生

端子 AB 間の抵抗 R_{ab} , AB 間を流れる全電流を I で示す.

一個 ($n=1$) の真空熱電対の熱起電力と熱線電流の関係は

$$E = \alpha I^2 + \beta I^4 + \gamma I^6 + \delta I^8 \quad (1)$$

ここで $\alpha\beta\gamma\delta$ はそれぞれ定数である.

n^2 個 ($n=2, 3, 4\cdots$) の場合は一つの組に流れる電流は $1/n$ になるので, 合成熱起電力を E_n として,

$$\begin{aligned} E_n &= n^2 \left[\alpha \left(\frac{I}{n} \right)^2 + \beta \left(\frac{I}{n} \right)^4 + \gamma \left(\frac{I}{n} \right)^6 + \delta \left(\frac{I}{n} \right)^8 \right] \\ &= \alpha I^2 + \frac{1}{n^2} \beta I^4 + \frac{1}{n^4} \gamma I^6 + \frac{1}{n^8} \delta I^8 \end{aligned} \quad (2)$$

熱電対回路の合成抵抗 R_T は

$$R_T = n^2 R_c \quad (3)$$

式 (1), (2) において, I^2 比例項 (線形項) は一致し, $I^4 I^6 I^8$ 項は式 (2) において式 (1) の値に比し各々 $1/n^2, 1/n^4, 1/n^6$ に小さくなっている. した

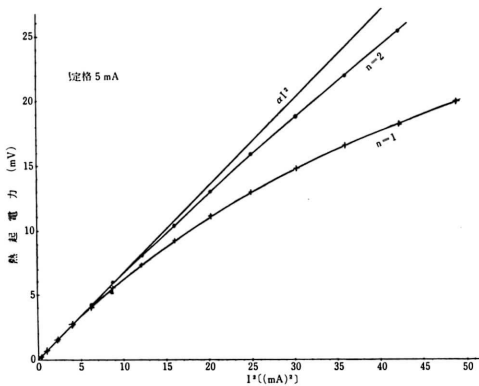


図2 熱線電流と熱起電力の関係

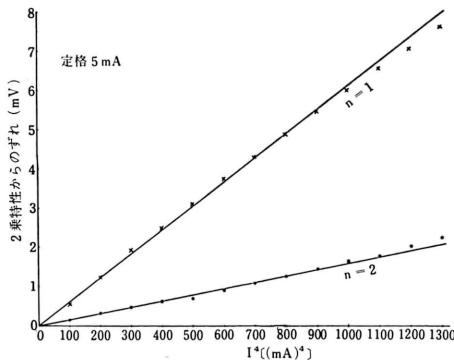


図3 熱線電流と2乗特性からのずれの関係

がって I^6, I^8 比例項は急速に小さくなるから誤差低減の指標としては I^4 比例項の変化に注目すればよい. $n=1, n=2$ の場合についての実験結果を図2, 図3に比較して示す. 予想どおり $n=2$ で大幅に特性を改良できることがわかった. 特に高い精度が望まれるときでも $n=3$ までで十分と考えられる.

3. 応 用

$n=1$ と $n=2$ の場合の比較は直流で行ったので, 実際に高周波回路に適用し実験するため, 図4に示す断続発振器²⁾³⁾ のタンク回路の電流測定にこの方法を使用してみた. 同一発振電流を測定した結果を図5に示す. 断続発振器の波形は各測定点ごとに大きく変化しているが, $n=2$ の場合を基準としてみると, $n=1$ の場合の熱起電力は, 直流の場合の $n=1 \cdot n=2$ 間の

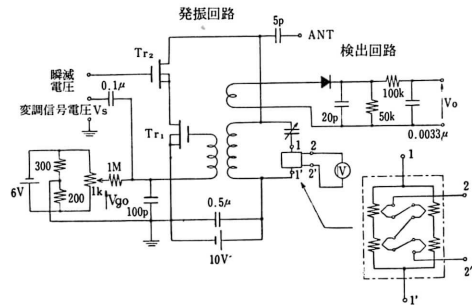


図4 断続発振器

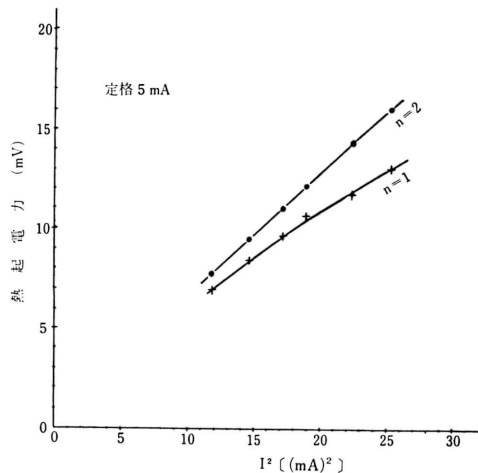


図5 断続発振器の発振電流の測定結果比較

差よりやや大きめに現われている。発振周波数は 7.7 MHz であるから、この程度の周波数帯での測定でも支障なく応用できることが明らかとなった。

4. む す び

従来電気標準の比較装置として、多熱電対形真空熱電対が研究され、使用されているが、構造が複雑で製作に手間がかかる欠点があった。それに比べ、本報告による方法だと手軽に回路を作るだけでよいから簡単であり、費用も少なくて済むものとする。同軸形電力計や四端子形低周波電力計に応用し、精度向上が可能であり、薄膜熱電対にも応用が可能である。欠点と

しては強いて上げれば、熱電対回路の抵抗が大きくなることであるが、この点は多熱電対形のものに共通のことでこの方法だけの欠点ではないし、入力インピーダンスの十分大きい計測器と組合せることにより解決できることである。

文 献

- 1) 武石泰亮：“真空熱電対の特性”，信学論 C, 56-C, 4, p. 221, (昭48-04).
- 2) 武石・平川：“断続発振のテレメータリングへの応用”，信学論 C, 53-C, 10, p. 559, (昭50-10).
- 3) 平川・武石他：“超再生発振器の応用”，鹿大工研報, 17, p. 81, (昭50-09).