

变参数元件¹⁾

許 英

摘 要

变参数元件是自动控制和远动控制的一种新型元件。它具有高稳定性、輕小、簡單、价廉和便于制造等优点。本文是在試制研究变参数元件的基础上介绍了其基本性能和数据；并提出在生产、测量和应用中应予注意的問題。

变参数元件是一种新型无接点邏輯元件，是鉄氧体元件的一种。1954年由日本后藤英一提出，并于1957年应用到电子计算机、电子交换机、电信机器、机床程序控制、高速印刷机、自动记录装置中，頗具成效。目前苏、美、德、法等国对此亦极为注意，并进行研究。我国对变参数元件近几年来也进行了試驗研究。現根据定型元件的試驗数据，对它的特点进行分析說明。同时提出在生产测量和应用中应予注意的問題，以供有关同志参考。

一、变参数元件的特点

1. 动作确实、可靠

变参数元件实际上是一种非綫性阻抗分頻振蕩器，一种 LC 諧振电路。在一定偏直流下，在其上加以频率为 $2f$ 的激振电源时，电感将随 $2f$ 而变化，并在电路內将产生負阻作用，使它吸收激振电源的能量，发生频率为 f 的振蕩电流。为使 L 变化最大，可加上一定大小的偏直流，使 $B-H$ 綫上的工作点能够达到导磁率变化的最大处。通常称 $\frac{\Delta L}{2L}$ 为励

振率 Γ 。这种频率为 f 的振蕩电流，可以按照两个相位相差 180° 的正弦波而振蕩。它称为“ O ”相或“ π ”相，其振蕩相位受前級信号控制。变参数元件就是利用两种不同的振蕩相位来表示信息的(图1、2、3)。它的振蕩

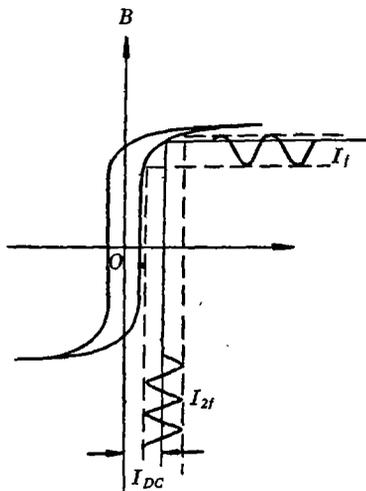


图1. 磁滯迴綫与激励的关系

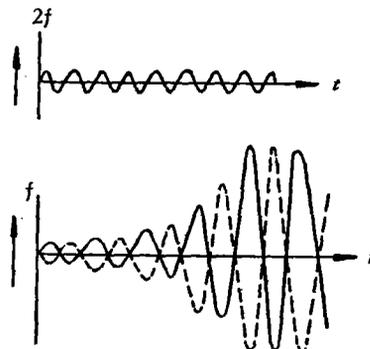


图2. 振蕩波形

1) 本文曾在1962年9月中国自动化学会元件及生产过程自动化专业會議(上海)上宣讀。

原理見参考文献[1],这里就不再贅述。

1) 諧振电压特性(即振荡输出电压)

由实測結果(图4)可知諧振电容范围較寬,曲綫比較平坦。当諧振电容在4000—4500微微法之間, $I_{DC} = 0.45$ 安匝, $I_{2f} = 0.3$ 安匝时,振荡电压 V 的变化为2.18—1.88伏,变动范围約15%;当 $I_{DC} = 0.45$ 安匝, $I_{2f} = 0.35$ 安匝时,振荡电压 V 的变化为2.25—2.03伏,变动范围約10%,因之,振荡情况穩定。励振电流和諧振电容的可能变化,对于输出电压的影响都在15%以內,因此足够滿足控制下一級的要求。

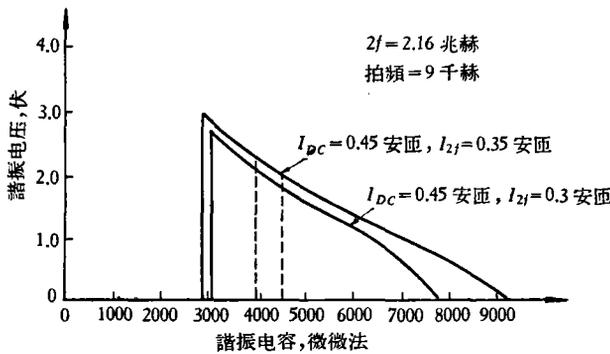


图4. A-57型变参数元件的諧振电压特性

率 = 0.54—0.53。这种微小的变化保证了在固定諧振电容4000—5000微微法下不致失振,振荡电压足够穩定。当 $I_{DC} = 0.45$ 安匝, $I_{2f} = 0.35 \pm 5\%$ 安匝时,起振下限电容 =

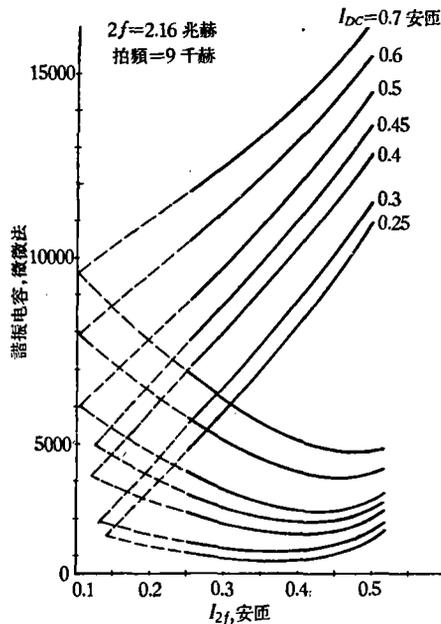


图5. A-57型变参数元件的振荡区域特性

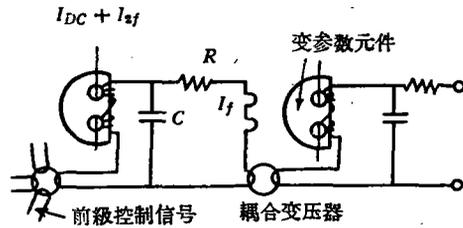


图3. 变参数元件的迴路

制下一級的要求。

2) 电源电流对振荡区域和励振率的影响

由振荡区域特性(图5)和励振率 r 特性曲綫(图6)的实測結果可知, I_{DC} 和 I_{2f} 的变动范围在 $\pm 5\%$ 以內时,振荡范围变化不大。当 $I_{DC} = 0.45 \pm 5\%$ 安匝, $I_{2f} = 0.35$ 安匝时,起振下限电容 = 2800—3200微微法,励振率 = 0.54—0.53。这种起振下限电容变化很小,足可保证起振的稳定性。励振率的变化和 I_{2f} 的变动,比 I_{DC} 要稍大,但因数值較大,曲綫平坦。如前所述,对振荡电压的影响是不大的,对下一級的控制还是

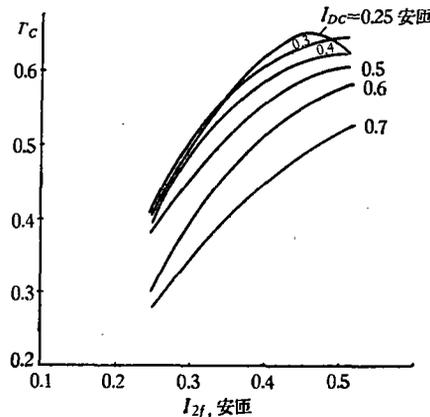


图6. A-57型变参数元件的励振率 r_c 特性曲綫

有足够的保证。

3) 环境温度、湿度对振荡特性的影响

温度对振荡特性影响的实测结果:

- (1) 温度在 30—60°C 时,磁心因本身损失所造成的温升约 1—2°C。
- (2) 温度在 10°C 以内变化时,起振下限电容的变化为 200—300 微微法。
- (3) 温度在 10°C 以内变化时,在固定谐振电容 4850 微微法下的振荡电压变化小于 0.1 伏(图 7)。
- (4) 在温度变化下,励振率极稳定(图 7)。

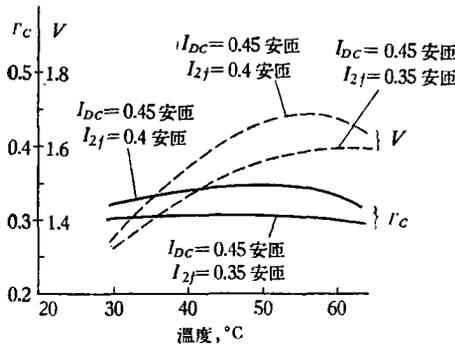


图 7. A-57 型变参数元件的振荡电压 V 、励振率 Γ_c 的温度特性

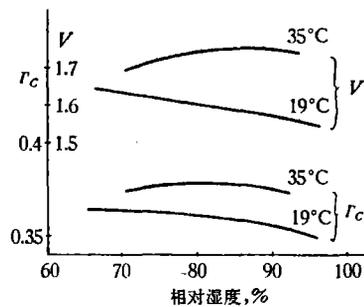


图 8. A-57 型变参数元件的 Γ_c 和 V 的相对湿度特性

另外,当室温低于 30°C、在 13—19°C 范围内时,元件本身在密闭情况下因损耗发热,温度的变动约为 18—27°C,而谐振电压的变化为 1.3—1.45 伏,变动范围约 14%。

湿度对振荡特性的影响:

由实测结果(图 8)可知,谐振电压 V 及励振率 Γ 受湿度影响很小。在湿度变化 60—85% 时,几乎没有影响。

2. 基本单元组合单纯划一,逻辑回路耦合简单,灵活性大

组成基本单元时,接线简单,所使用的元件数也少(见图 3 变参数元件回路),只需电容一个、电阻一个、耦合变压器磁心一个、变参数元件一个,组合单纯划一,有利于生产配线。由于元件用得少,故产生故障的因数也少。

因为组合简单,灵活性大,因此可以把它组成各种逻辑回路(诸如触发器、计数器、译码器等),而不需另加其他设备。象最简单典型的“非”电路,只需将变压器反相就行了。

3. 制造工艺简易,原料来源多,成本低,适于大量生产

根据变参数元件的动作特性,它应具备以下三个条件,即(1) H_c 值低、高频消耗功率低、省电、不发热;(2) 励振率大、非线性明显;(3) 稳定、温度系数小、居里点不能太低。而且三者都需兼顾。我们进行了以下三个系统的试验:(1) 锰-锌-镁(Mn-Zn-Mg)系;(2) 铜-锌(Cu-Zn)系;(3) 铜-锰-锌(Cu-Mn-Zn)系。在这些系统中,都找到了比较满意的配方。用 2 兆周电源, $I_{DC} = 0.4—0.5$ 安匝, $I_{AC} = 0.3—0.35$ 安匝时,元件的励振率在 0.35 以上,消耗功率约为 20 毫瓦,居里点在 90—100°C。三种配料的谐振电压特性曲线及初导率与温度之间的关系曲线如图 9 及 10 所示。

元件的成品率,在严格要求其起振上下限电容和 ± 0.1 伏的振荡电压变动范围下,可达 50%。这比用作逻辑计算的小矩形磁心的成品率要高得多。制作元件时,我们采用氧化物混合烧结法,原料纯度要求在 98% 以上。设备简单,便于生产,成本亦低。

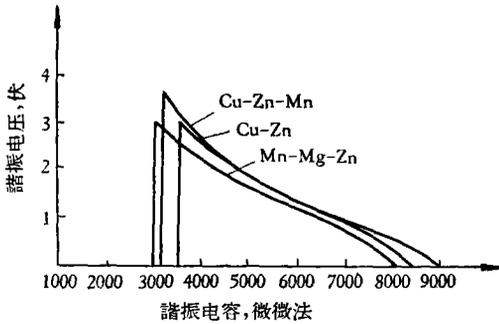


图 9. 振荡电压特性

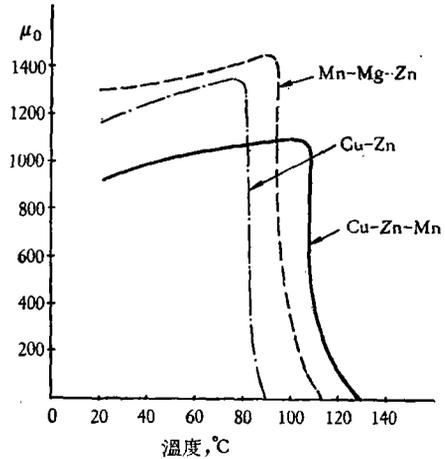


图 10. 初导率与温度的关系

4. 消耗功率较低,体积小,重量轻

我们试制的眼镜形变参数元件,它的尺寸大小见图 11,每个元件的重量约为 0.3 克。

由图 12 可见,当电源 $I_{DC} = 0.45$ 安匝、 $I_{2f} = 0.3$ 安匝时,消耗功率 $P_{C0} = 10$ 毫瓦。当电源 $I_{DC} = 0.45$ 安匝、 $I_{2f} = 0.35$ 安匝时,消耗功率 $P_{C0} = 35$ 毫瓦。由于元件的体积小、重量轻、消耗功率低,故适合制作较大的自动控制设备和电子计算机。

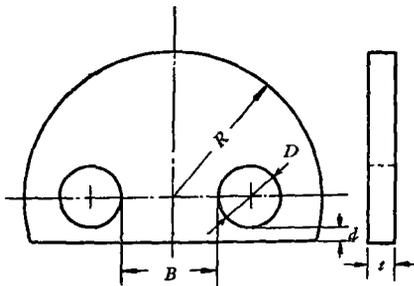


图 11. 眼镜形磁心的外形

$R = 5.5$ 毫米; $t = 1$ 毫米

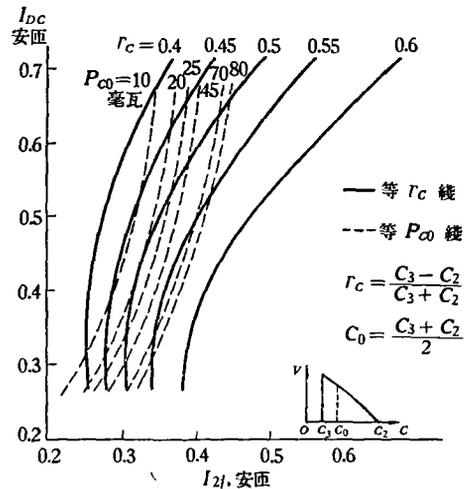


图 12. A-57 型变参数元件的 Γ_c - P_{C0} 曲线

从上述特点可见,变参数元件具有稳定、轻小、简单、价廉等优点,便于制作,有实用价值。它比有接点元件(如继电器)轻小、价廉、速度快,比其他逻辑元件(如晶体管等)稳定可靠、温度特性好、易于制作和推广应用。它的缺点是用作计算机的逻辑元件时,计算速度较慢(日本 PC-2 计算机的加法运算时间为 40 微秒,乘法运算时间为 300 微秒),但对于某些企业自动化设备,已足够满足需要。另外一个缺点是需要高频电源。但对波形的要求,并不象矩形磁心要求脉冲前沿(0.2 微秒以下)那样严格。总的来看,变参数元件不仅在铁路上应用有一定前途,在其他自动化设备中,亦可考虑试用。

二、生产、测量和应用中应注意的几个问题

为了使元件规格一致和在测量及应用时准确稳定,应注意以下几点:

1. 原料问题

生产中除必须严格遵守工艺规程外,对原料的纯度,亦需严格控制,要求固定原料的纯度及来源,因为原料中所含杂质及其活性对元件的性能影响极大。

2. 外形加工问题

眼镜形变参数元件的几何尺寸对振荡特性影响十分灵敏。我们曾测量了孔距与励振率的关系(图 13),边宽与励振率、起振(下限)电容的关系(图 14),厚度与励振率、起振(下限)电容的关系(图 15)以及孔径与励振率的关系(图 16)。

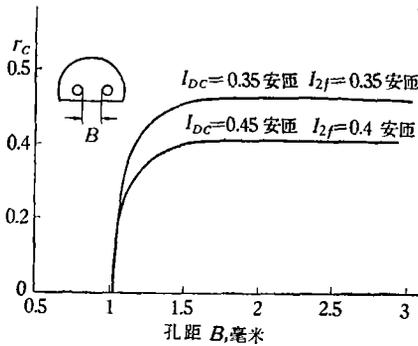


图 13. A-57 型变参数元件两孔间隔与 Γ_c 的关系

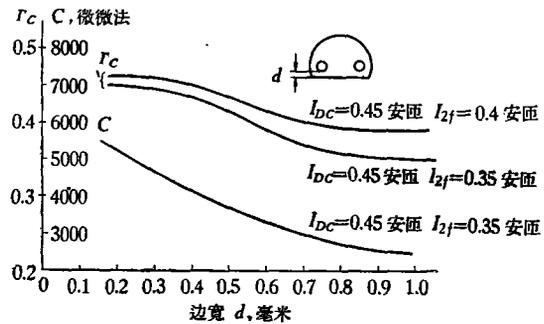


图 14. A-57 型变参数元件的边宽与 Γ_c 以及起振下限电容 C 的关系

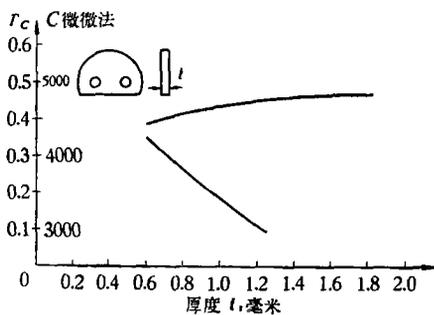


图 15. A-57 型变参数元件的厚度与 Γ_c 以及起振下限电容 C 的关系

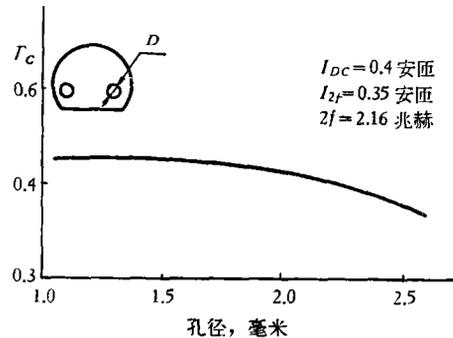


图 16. A-57 型变参数元件的孔径与 Γ_c 的关系

从以上实测曲线得出的几何尺寸最佳范围为:

- 磁心外径 $R = 5.5$ 毫米,
- 孔距 $B = 2.5 - 3.5$ 毫米,
- 边宽 $d = 0.4 \pm 10\%$ 毫米,
- 厚度 $t = 1.0 - 1.1$ 毫米,
- 孔径 $D = 1.8 - 2.0$ 毫米.

实测结果证明,元件的几何尺寸对性能的影响很大,特别是 d 和 t 必须按照严格的公

差进行加工,才能提高元件的均一性。因此,我們认为在生产中必须解决元件压型和研磨工序的机械化和自动化問題。

3. 电源問題

变参数元件需要具有激励頻(2兆赫)及拍頻(9千赫)的拍頻电源。要求电源激励頻(2f)的諧波少,正弦性好,頻率穩定。要求拍頻方波前沿上升時間在5微秒以下,而方波的振蕩和停振時間間隔則最好相等。在应用中曾使用以上性能的三拍电源,工作很穩定。在測試中,由于要求电源励振电流变动范围較大(电流变动范围0.2—1安培以上),而方波的形状和間隔也同样要求穩定,这在电源制作上較为麻煩,应予以注意。

4. 温度对元件性能的影响

前已述及在室温条件下元件特性比較穩定。但当温度高达60—70℃时,起振下限电容变动就比較大,因此环境温度应不超过60℃。

此外,变参数元件本身損耗所引起的温升,也会使元件的特性起变化。在图17上示出了当合上电源开关后,元件输出电压(4850微微法諧振电容时)及励振率随時間变化的情况。工作开始时,输出电压及励振率都較高。以后逐漸下降。工作一小时后則达到平穩状态。变动最大的時間是在15分鐘以前。因此接上电源15分鐘后开始工作,方可保証測試数据的准确性。

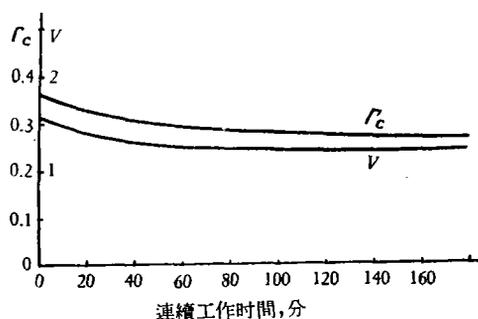


图17. A-57型变参数元件开关合上后的振蕩电压 V 及励振率 Γ_c 的变动情况

三、今后的发展方向

1. 高频、快速和小型化

变参数元件作为计算机邏輯元件,其缺点之一是計算速度不如半导体管。变参数元件的速度决定于拍頻的高低。如拍頻提高,則励振頻亦須相应提高。从日本已发表的資料看,变参数元件计算机所用最高励振頻达6兆周,拍頻达100千周,但元件动作速度仍不超过3微秒(消耗功率为20毫瓦)。从近期文献看出,它們今后的发展趋势是走向高频、快速和小型化。日本新制出了一种坡莫合金薄膜型变参数元件。它的消耗功率很小,动作速度很快,拍頻可达数兆周。

2. 低频、小功率

日本曾使用过300千周励振頻、6千周拍頻电源、消耗功率只5毫瓦的变参数元件。因此,在現有的生产基础和具体技术设备条件下,考虑到某些自动化控制设备对元件速度的要求不高,但需穩定可靠,故也应对功率消耗小、激励电源頻率低、干扰小、便于控制的变参数元件进行研究試制。

参 考 文 献

[1] 后藤英一,非綫形共振子のパラメータ励振とその应用,电气通信学会杂志,38(1955),No. 10, 770(14)—774(18).

- [2] 喜安善市, 室賀三郎, 高島堅助, パラメトロン電子計算機 M-1 について, 電気通信学会雑誌, **40** (1957), No. 6, 733 (139)—735 (141).
- [3] 福井宪一, 眼鏡型変数元件, 研究实用化報告, **8** (1959), No. 1, 63—94.
- [4] 柄澤忠义, 富永滋, パラメトロン性能の改善はその大きさ構造制法の改善によって如何に実現されたか, 電子科学, **9** (1959), No. 4, 9—51.
- [5] 小野頼一志, 小野优, パラメトロン磁心の研究, 研究实用化報告, **9** (1960), No. 11, 1305 (83)—1327 (105).
- [6] 熊谷舜, 和田毅, パラメトロンの材料とその特性, 電冲时报, **26** (1959), No. 2, 241—248.
- [7] 大島信太郎, 磁性薄膜によるパラメトロン素子の試作, 電子工業, **10** (1961), No. 13, 15—21.

PARAMETRON

SÜ YING

The parametron is a new type element for automatic and remote control. It is an element of high stability, small dimension and light weight. In this paper, some basic characteristics and data are given. The problems which should be noticed in production, tests and applications are also discussed.