

实验报告

课程名称: 物理实验B 实验名称: 非线性电路混沌实验 实验日期: 2024 年 10 月 23 日 下午

班 级: 陈宇昇班

教学班级: XXXXXXXXXX

页 数: 1/6

座 号: 28

一、实验目的

- (1) 了解由非线性元件和LC振荡器组成的非线性振荡电路;
- (2) 观察非线性电路中的周期分叉和混沌现象;
- (3) 测量非线性电阻的伏安特性曲线,加深对混沌现象的理解;

二、实验仪器

非线性电路混沌实验仪, 数字示波器, 电阻箱。

三、实验原理

1. 关于混沌的基本知识

混沌是指确定性动力学系统因对初值敏感而表现出的不可预测的、类似随机性的运动。动力学系统的确定性是指系统在任一时刻的状态被初始状态所决定。虽然根据运动的初始状态数据和运动规律能推算出任一未来状态时刻的运动状态,但由于初始数据的测定不可能完全精确,预测的结果必然出现误差,甚至不可预测。20世纪70年代后的研究表明,大量非线性系统中尽管系统是确定性的,却普遍存在着行为表现为不确定、不可重复、不可预测,貌似随机的混沌现象,是系统整体稳定性和局部不稳定性共同作用的结果。……

2. 非线性电路实验混沌

非线性电路是指电路系统中至少包含一个非线性元件的电路。由于电学量易于观察和显示,因此非线性电路成为实现和研究混沌的重要途径,其中最著名的电路是美国加州大学伯克利分校的蔡少棠教授1983年提出的著名的蔡氏电路。它是能产生标准混沌行为的最简单的三阶自治电路,被视为“混沌系统的典范”。通过改变蔡氏电路的结构或参数,可以产生倍周期分岔、三倍周期、单吸引子、双吸引子、多吸引子等十分丰富的混沌现象。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验III 实验名称: 非线性电路混沌实验 实验日期: 2024 年 10 月 23 日下午

班级: 陈宇辉班 教学班级:

页数: 2/6

座号: 28

实验电路如图5所示, 电路中只有一个非线性元件 R_2 , 为有源非线性负阻元件, 电感器 L_1 和电容器 C_1 构成一个损耗可以忽略的谐振回路; 可变电阻 R_1 和电容器 C_2 串联, 将振荡器产生的正弦信号移相输出。本实验中所用的非线性元件 R_2 是一个三段分段线性元件, 图6所示是该电阻的伏安特性曲线, 可以看出加在该非线性元件上的电压与通过它的电流极性是相反的。由于加在元件上的电压增加时, 通过它的电流却减小, 因而将此元件称为非线性负阻元件。

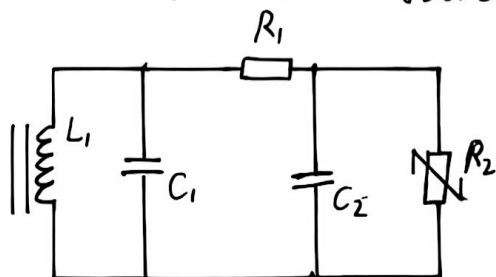


图5 非线性电路原理图

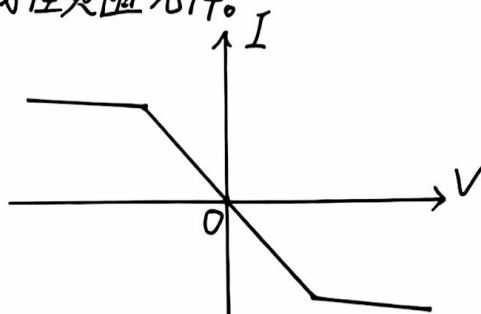


图6 非线性元件 R_2 的伏安特性曲线

3. 有源非线性负阻元件的实现

有源非线性负阻元件的实现方法有多种, 这里使用的是一种较简单的电路, 采用2个运算放大器(一个双运放TL072)和6个电阻来实现, 其电路图如图7所示, 它的伏安特性曲线如图8所示。本实验所要研究的是该非线性元件对整个电路的影响, 而非线性负阻元件的作用是使振荡周期产生分岔和混沌等一系列非线性现象。

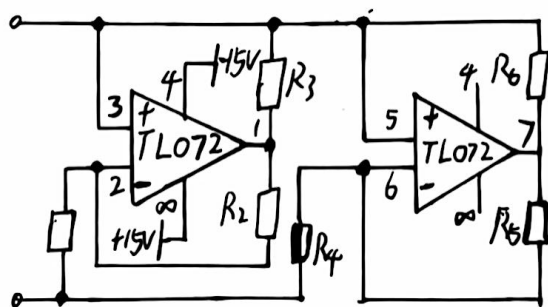


图7 有源非线性负阻元件电路图

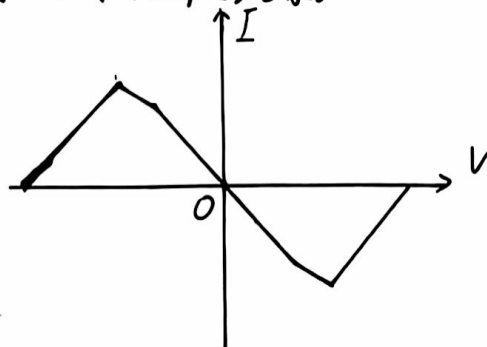


图8 双运放有源非线性负阻元件的伏安特性曲线

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 非线性电路混沌实验 实验日期: 2024 年 10 月 23 日下午

班级: 陈宇光班 教学班级: [REDACTED]

页数: 3/6

座号: 28

四. 实验内容和步骤

1. 测量前准备

2. 观察非线性电路混沌现象

(1) 首先把电感 L 的值调到 20mH 或 2mH 。

(2) 右旋细调电位器 $W2$ 到底, 左旋或右旋 $W1$ 粗调多圈电位器, 使示波器出现一个略斜向近似椭圆形的圆。此时电压和电流开始周期性地回到同一个值, 电路产生了振荡, 我们观察到的是一个单周期吸引子, 它的频率决定于电感与非线性电阻组成的回路的特性。

(3) 左旋多圈细调电位器 $W2$ 少许, 电流与电压的振荡周期变成了原来的二倍, 示波器会出现二倍周期分岔;

(4) 再左旋多圈细调电位器 $W2$ 少许, 振荡周期变成了原来的四倍, 示波器会出现四倍周期分岔;

(5) 继续左旋多圈细调电位器 $W2$ 少许, 如果精度足够多, 可以观察到多倍周期。

(6) 再左旋多圈细调电位器 $W2$ 少许, 示波器会出现振发混沌、单吸引子混沌和双吸引子混沌现象。

(7) 观测的同时可以改变示波器显示模式, 来观测不同状态下, X 轴输入或 Y 轴输入的相位、幅度和跳变情况。

3. 有源非线性电阻伏安特性的测量

将电阻箱连接到有源非线性电阻两端, 将 20V 数字电压表与电阻箱并联, 电压表的示数给出了电阻箱和有源非线性电阻两端的电压, 将电压数值除以电阻箱阻值即可得到此时流过有源非线性电阻的电流大小。将电阻箱电阻由 99999.9Ω 起由大到小调节, 选择数量足够的若干个合适的阻值, 使得电压示数以近似等间隔均匀地减小到接近为零, 将电阻箱的电阻和数字电压表的示数填入表中。

五. 数据处理与分析:

由表1算得流过有源非线性电阻的电流大小 I , 做有源非线性电阻的伏安特性曲线 $I-U$ 图。

联系方式: _____ 指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 非线性电路混沌实验 实验日期: 2024 年 10 月 23 日 下午

班级: 陈宇辉班 教学班级: [REDACTED]

页数: 4/6

座号: 28

五. 原始数据

R/ Ω	99999.9	99999.9	6999.9	4999.9	3999.9
U/V	11.897	11.405	11.188	10.914	10.687
R/ Ω	2999.9	2699.9	2499.9	2299.9	2099.9
U/V	10.334	10.186	10.071	9.938	9.284
R/ Ω	1999.9	2199.9	2149.9	2129.9	2119.9
U/V	6.811	9.863	9.826	9.813	9.801
R/ Ω	2109.9	2104.9	2089.9	20879.9	2069.9
U/V	9.761	9.580	8.960	8.674	8.343
R/ Ω	2059.9	2049.9	2039.9	2029.9	2019.9
U/V	8.119	7.923	7.648	7.430	7.224
R/ Ω	2009.9	1989.9	1.979.9	1969.9	1949.9
U/V	6.996	6.600	6.426	6.268	5.960
R/ Ω	1919.9	1879.9	1829.9	1769.9	1699.9
U/V	5.518	5.016	4.502	3.957	3.454
R/ Ω	1589.9	1409.9	1269.9	1229.9	1000
U/V	2.811	2.077	1.251	0.670	0.153

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验B 实验名称: 非线性电路混沌实验 实验日期: 2024 年 10 月 23 日 下午

班级: 陈宇辉班

教学班级:

页数: 5/6

座号: 28

六. 思考题:

1. 试解释非线性负阻元件在本实验中的作用是什么?

答: 非线性负阻元件的作用是使振荡周期产生分岔和混沌等一系列非线性现象, 进而用于研究非线性元件对整个电路的影响。

2. 为什么要用RC移相器, 并且用相图来观测信号周期分岔等现象? 如果不用移相器, 可以用哪些仪器和方法?

答: 采用移相器可以使两个通道的输入信号~~要~~叠加作图, 从而在相图中观察到信号周期分岔现象。

除移相器以外, 还可以使用示波器观测图像, 用电流表看出不重复不可预测现象, 用频谱仪观测非线性电路的频谱特性, 用相频仪观测非线性电路的相频特性。

联系方式:

指导教师签字:

有源非线性电阻的伏安特性曲线

