



上海交通大学

Shanghai Jiao Tong University

实验报告

姓名 张侨伦

班级 F1503008

组别 21

实验日期

实验名称 特勒根定理和互易定理

成绩

一. 实验目的

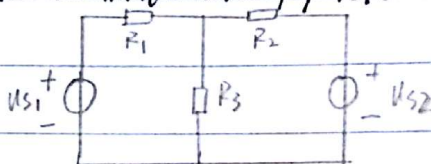
1. 加深对特勒根定理的理解, 掌握其适用范围。
2. 加深对线性定常电路中互易定理的理解。
3. 进一步加深稳压电源、恒流电源及直流仪表的使用方法。

二. 实验原理

1. 特勒根定理

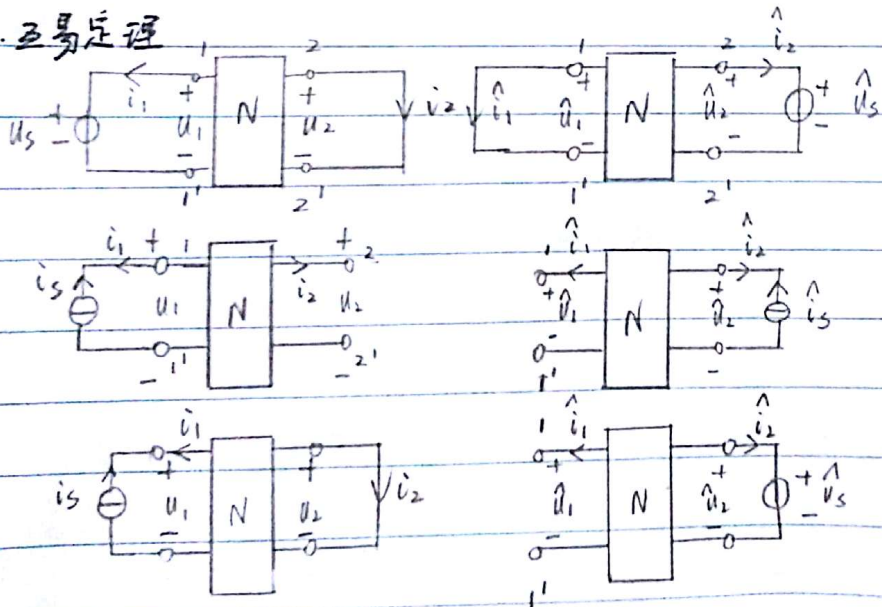
特勒根定理1: $\sum_{k=1}^b u_k i_k = 0$

图1 特勒根定理的实验用图



特勒根定理2: 两个集中参数电路 N 和 N' , 它们分别可以由不同的元件构成, 却有着相同的有向图。则恒有 $\sum_{k=1}^b u_k \hat{i}_k = 0$ 或 $\sum_{k=1}^b \hat{u}_k i_k = 0$

2. 互易定理

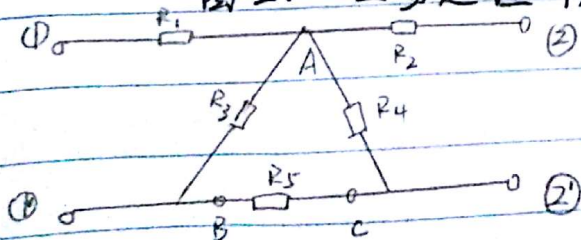


互易定理1: $\frac{\hat{u}_1}{u_s} = \frac{i_2}{u_s}$

互易定理2: $\frac{\hat{u}_1}{i_s} = \frac{u_2}{i_s}$

互易定理3: $\frac{u_1}{u_s} = \frac{i_2}{i_s}$

图2. 互易定理 1, 2, 3 用图



在图3中, 互易定理电路采用
由线性电阻器组成

图3 互易定理电路实验用图



上海交通大学

Shanghai Jiao Tong University

实验报告

姓名 张侨伦

班级

组别

实验日期

实验名称

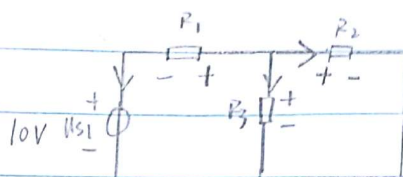
实验指导教师

成绩

三、实验数据

表1 验证特勒根定理

	R_1	R_2	R_3	U_{S1}	U_{S2}
U/V	+8.32	-1.696	1.713	10.0	0.0V
i/mA	+56.5	-33.5	27.0	-56.5	33.5



$$\sum U_k i_k = 10 \times (-56.5) + (-1.696) \times (-33.5) + 1.713 \times 27.0 = -1.295 W$$

表2 验证特勒根定理

	R_1	R_2	二极管	U_{S1}	U_{S2}
U/V	+4.248	+4.242	0.754	5.0	5.0
i/mA	+28.8	+83.5	112.3	-28.8	-83.5

$$\sum_{k=1}^b U_k i_k = U_{R1} i_{R1} + U_{R2} i_{R2} + U_{D} i_{D} + U_{S1} i_{S1} + U_{S2} i_{S2} = 1.295 W$$

$$\sum_{k=1}^b U_k i_k = U_{R1} i_{R1} + U_{R2} i_{R2} + U_{D} i_{D} + U_{S1} i_{S1} + U_{S2} i_{S2} = -0.2764 W$$

表3 验证互易定理

1	$U_S = 10.0V$	$i_2 = 22.5mA$	$\hat{U}_S = 10.0V$	$\hat{i}_1 = 22.5mA$
2	$i_S = 25.0mA$	$U_2 = 2.325V$	$\hat{i}_S = 25.0mA$	$\hat{U}_1 = 2.343V$
3	$i_S = 25.0mA$	$i_2 = 12.1mA$	$\hat{U}_S = 25.0V$	$\hat{U}_1 = 12.24V$

四、注意事项

1. 在特勒根定理实验中,测量时要注意各支路的参考方向,当实际电流、电压与规定的参考方向一致时,记作正值,否则记为负值。
2. 对于电阻来说,电流与电压的方向应选择一致的参考方向。
3. 记录测量仪表的量程和内阻,以备误差分析时用。

五、实验设备

实验线路板	1块
非线性电阻器(二极管)	1个
非直流电流表	3只
数字式电压表	1只

002111



上海交通大学

Shanghai Jiao Tong University

实验报告

姓名 张所伦

班级

组别

实验日期

实验名称

实验指导教师

成绩

双路直流稳压电源 1台

六、实验结果分析

1. 特勒根定理的验证

由表 1.2 数据

$$\sum_{k=1}^b u_k i_k = 8.32 \times 56.5 + (-1.696) \times (-33.5) + 1.713 \times 23.0 + 10.0 \times (-56.5) + (0.0) \times 33.5 \\ = 1.295 \text{ W} \approx 0 \text{ W}$$

在考虑实验误差的情况下, ~~互易定理~~ 特勒根定理 I 成立。

$$\sum_{k=1}^b u_k \hat{i}_k = 8.32 \times 28.8 + (-1.696) \times (83.5) + (1.713) \times 112.3 + 10.0 \times (-28.8) \\ + 0.0 \times (-83.5) = 2.3699 \text{ W}$$

$\sum_{k=1}^b u_k \hat{i}_k = 2.3699 \text{ W}$ 和实验其他数据相比, 可以忽略

$$\sum_{k=1}^b \hat{u}_k i_k = 4.248 \times 56.5 + 4.242 \times (-33.5) + 0.754 \times 23.0 + 5.0 \times (-56.5) + 5.0 \times (33.5) \\ = 0.247 \text{ W} \approx 0 \text{ W}$$

综上 特勒根定理 II 得到验证。

综上, 特勒根定理得到验证。

2. 互易定理验证

$$\text{互易定理 I } \frac{\hat{u}_1}{i_5} = \frac{22.5 \times 10^{-3}}{10.0} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ A/V}$$

$$\frac{i_2}{u_5} = \frac{22.5 \times 10^{-3}}{10.0} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ A/V}$$

$$\frac{\hat{u}_1}{i_5} = \frac{i_2}{u_5}, \text{ 互易定理 I 得到验证}$$

$$\text{互易定理 II } \frac{\hat{u}_1}{i_5} = \frac{2.343}{25.0 \times 10^{-3}} = 93.72 \text{ V/A}$$

$$\frac{u_2}{i_5} = \frac{2.325}{25.0 \times 10^{-3}} = 93.00 \text{ V/A}$$

$$\frac{\hat{u}_1}{i_5} \approx \frac{u_2}{i_5} \text{ 互易定理 II 得到验证}$$

$$\text{互易定理 III: } \frac{\hat{u}_1}{i_5} = \frac{12.24}{25.0} = 0.490$$



上海交通大学

Shanghai Jiao Tong University

实验报告

姓名 张侨伦

班级

组别

实验日期

实验名称

实验指导教师

成绩

$$\frac{i_2}{i_5} = \frac{12.1}{25.0} = 0.484$$

$$\frac{u_1}{u_5} \approx \frac{i_2}{i_5} \Rightarrow \text{互易定理 3 得到验证。}$$

可以认为,互易定理 1, 2, 3 成立

七. 误差分析

1. 仪器不是理想的。包括仪表、导线存在电阻等。
2. 读数误差。指针式电流表读数会产生误差。

八. 思考题

1. ① 特勒根定理适用于任何集参数电路,且与电路元件的性质无关。
② 特勒根定理 2 是具有相同有向图的两个支路电压和支路电流的乘积,虽具有功率的量纲,却未形成真实的功率,表达的是一个电路的支路电压和另一个支路电流之间的一个数学关系。
2. 互易定理适用于那些不含受控源、独立电源和回转器的线性定常无源双口电路。
互易定理 3 说明对内部不含独立源和受控源的线性电阻电路 N , 在一端施加电流得到电流响应, 与在另一端施加电压得到电压响应, 两者的比例相等。
3. 互易定理可由特勒根定理导出, 是特勒根定理的特例。