

## HIT实验交流群

扫一扫二维码，加入群聊。

注意！

一. 实验题目: 三相电路

二. 实验目的: 掌握电路实验的基本技能及操作规范, 学会实验室常用仪器仪表在实际工程中的使用方法, 加深对三相电路的理解.

三. 实验选择仪器与模块名称: 三相电能及功率质量分析仪, 数字万用表, 模块化电路实验装置.

四. 实验预习思考问题解答: (1) A (2) B (3) B

五. 实验过程:

1. 基本任务:

(1) 电源相序的测量

三相负载如右图, 其中一个负载为  $0.1\mu F$  的电容, 另两个为颜色相同的灯泡.

实验台相序为黄、绿、红输出依次为 A、B、C 相, 黑口为零线. 该相序器测量结果是不接中点时, 现象如下表.

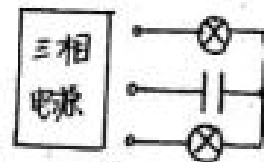


图1

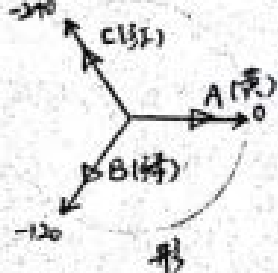
接电容相	灯泡较亮	灯泡较暗
黄相	绿相	红相
绿相	红相	黄相
红相	黄相	绿相

即测得输出端黄、绿、红三个接线柱依次为 A、B、C 相, 与实验台给出相序一致.

[思考题解答] 相序器电容增大时, 较亮的灯泡更亮, 较暗的灯泡更暗.

将三相电能及功率质量分析仪的电压探头依次接到三相电源处, 测得相量图如下

与相序器结果一致, 即测得黄、绿、红分别为 A、B、C 相



(2) 负载星型联结

三相四线制电路如右图2.

负载星形联结且每相开一只白炽灯, A、B、C 分别为三相电源输出端, N、N' 分别为电源中性点和负载中性点.

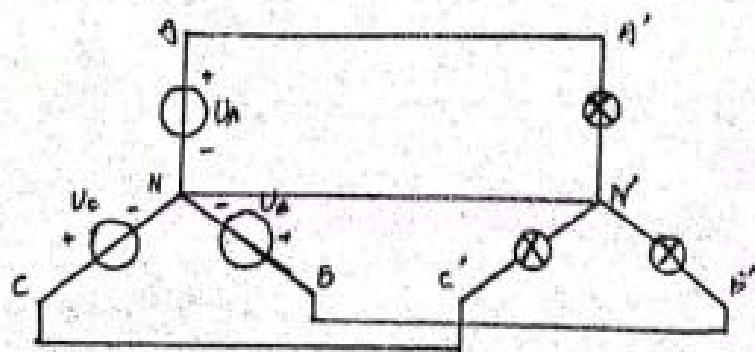


图2

仪器接好后,点击“SCOPE”按钮,观察波形并绘制,点击“F3”,选择向量图模式,绘制如下图3。  
点击“MENU”按钮,选择“电压/电流/频率”项,用分析仪测量各相电压,线电压,线电流,中线电压和电流。  
结果见表1。

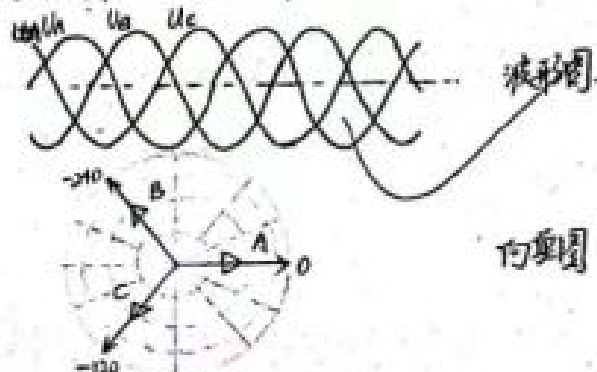


图3

表1

相电压/V			线电压/V			线电流/mA			相电压/V	中线电压/V
U <sub>AN</sub>	U <sub>BN</sub>	U <sub>CN</sub>	U <sub>AB</sub>	U <sub>BC</sub>	U <sub>CA</sub>	I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>	I <sub>N</sub>	U <sub>NN'</sub>
128.9	128.7	128.5	223.0	223.6	221.7	0.452	0.452	0.454	0.3313	0

结论:负载对称时线电压为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,相位相同

点击“MENU”按钮,选择“功率与电能”项,用分析仪测量有功功率,视在功率与无功功率,见表2

有功功率/W			视在功率/VA			无功功率/var		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
6.7	6.8	7.0	6.7	6.8	7.0	0.2	0.3	0.2

表2

相电压/V			线电压/V			线电流/mA			相电压/V	中线电压/V
U <sub>AN</sub>	U <sub>BN</sub>	U <sub>CN</sub>	U <sub>AB</sub>	U <sub>BC</sub>	U <sub>CA</sub>	I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>	I <sub>N</sub>	U <sub>NN'</sub>
129.2	128.8	127.1	222.7	224.0	222.3	0.452	0.453	0.454	0.3344	0.0

有功功率/W			视在功率/VA			无功功率/var		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
6.7	6.8	6.8	6.7	6.9	6.8	0.2	0.3	0.1

表3

保持其他部分不变,断开N和N'之间的连线,测量以上的电压,电流,功率,表格见表3

结论:对称负载有无中线测得数值几乎相同,即中线对对称负载电路无影响。

[思考题解答]负载完全对称时,  $U_{NN'} = 0$ 。如果测得有少量电压,则可能是负载不对称或中线存在较大阻抗。

### (3) 负载三角形联结

电路如图4,其中A,B,C分别为三相电源输出端,A'B',B'C',C'A'间各接一盏阻值相同的白炽灯。

将两个电流钳表分别接到A和A'线上以及相邻的A,B相上。

测量线电流和相电流有效值大小,数值见表4,绘制此时向量图。

见图5,测量线电流和相电流之间的相位差。

见图5,测量线电流和相电流之间的相位差。

线电流有效值/mA	相电流有效值/mA
0.117	0.068

表4

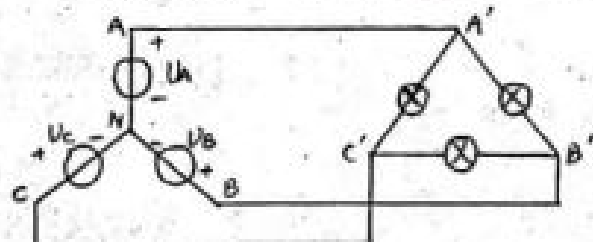


图4

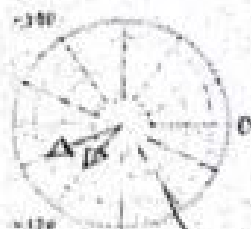


图5

可知线电流与相电流之间相位差为 $30^\circ$ ,且线电流数值为相电流的 $\sqrt{3}$ 倍。

## 2. 研究任务

(1) 电路为三相四线制, 如图2. 保持其他部分不变, 将A'N白炽灯关断(一相负载断路), 测量各电压、电流值, 见表5.

相电压/V			线电压/V			线电流/mA			中点电压/V	中点电压/V
$U_{AN}$	$U_{BN}$	$U_{CN}$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$I_{A_0}$	$I_{B_0}$	$I_{C_0}$	$U_{N_0}$	$U_{N_0}$
129.9	129.5	129.1	223.9	223.2	223.2	0.001	0.053	0.054	0.3168	0.0

表5.

保持一相负载断路, 令N与N'之间的导线断开(可认为是三相三线制), 测量各电压、电流值, 见表6.

相电压/V			线电压/V			线电流/mA			中点电压/V	中点电压/V
$U_{AN}$	$U_{BN}$	$U_{CN}$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$I_{A_0}$	$I_{B_0}$	$I_{C_0}$	$U_{N_0}$	$U_{N_0}$
173.1	115.9	109.2	223.6	223.0	223.1	0.001	0.050	0.051	0.3023	72.7

表6.

N与N'之间导线断开前后功率测量见表7.

结论: 一相白炽灯负载断路对其他两相无影响

有功功率/W			视在功率/VA			无功功率/Var		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
0.0	6.8	7.0	0.1	6.8	7.0	0.0	0.3	0.2
0.0	5.8	5.5	0.2	3.8	5.5	0.1	0.2	0.1

表7.

则与三相四线制相比线电压无明显变化, 相电压变化较为明显. 一相负载断路对其他两相负载电压、电流与功率均无影响, 且产生中线电压. 若使白炽灯负载正常工作, 当中性线存在时需保持负载额定功率适当; 当中性线不存在时则负载必须对称.

[思考题解答] 中线上不可以安装开关和熔断器, 应采用三相四线制.

(2) 电路如图2, A与N'之间导线断开(三相电源缺一相), 当N与N'之间的导线断开时, 通过相量图分析各相负载变化情况, 如图6.

结论: A相负载不存在, B、C两相负载电流、电压相位分别相反, 且相位也超前了一些.

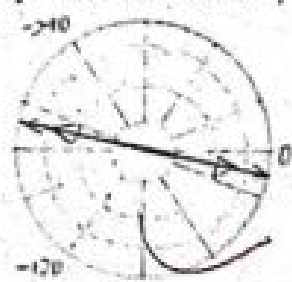


图6.

(3) 电路如图4, 负载三角形联结, 关掉其中一相电灯泡(A'B'相), 测量电流, 结合相量图分析, 数值见表8, 相量图见图7.

$I_{A'}$	$I_{B'}$	$I_{C'}$	$I_{A''}$	$I_{B''}$	$I_{C''}$
0.068	0.070	0.119	0	0.070	0.068

表8.

结论: 与关掉灯泡之前相比电压值不变, 但由于A'B'相负载断路,

A'N线电流与A'C'相电流大小相等, 6B'线电流与BC'相电流大小相等.

CC'线电流等于上述两电流的 $\sqrt{3}$ 倍, 且 $I_{A'}$ 与 $I_{B'}$ 相位差为 $60^\circ$ , 与 $I_{C'}$ 相位差为 $120^\circ$ , 总矢量和为0.

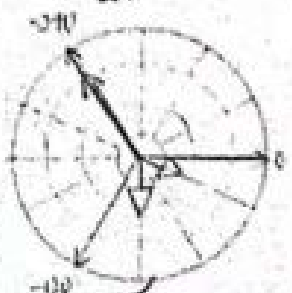


图7.

六. 实验结论: 在三相四线制电路中负载对称时线电压<sup>为</sup>相电压的 $\sqrt{3}$ 倍, 中线对电路无影响;

负载三角形联结时线电流与相电流相位差为 $30^\circ$ , 数值上 $I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}}$ ;

当负载不对称时对电路有显著影响, 实际中应连接中性线, 用三相四线制对称电路;

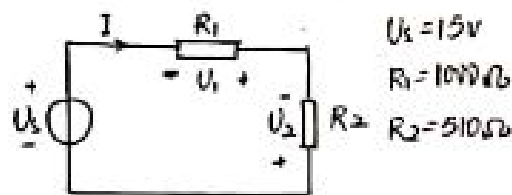
实验收获与体会: ①加深了对三相电路的理解, 了解到该实验为强电实验, 应当注意操作安全;

②熟悉了Fluke 434-II三相电笔及功率质量分析仪的操作, 掌握了操作规范。

对实验室的建议: 加强用电操作安全的教育。

### (3) 直流电压、电流的测量

① 如右图连接电路, 根据图中参考方向, 用测试仪依次测量各元件电压, 记录结果, 计算  $\sum U_k = 0$  是否成立。

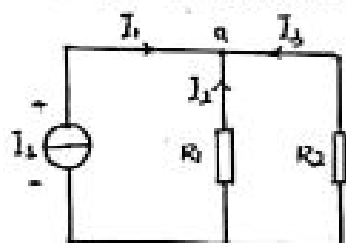


电压	$U_k/V$	$U_1/V$	$U_2/V$	$\sum U_k/V$
测量值	+15.0	-9.95	-5.06	-0.01

在误差允许范围内, 可认为  $\sum U_k = 0$  成立。原因分析:  $R_1, R_2$  实际阻值有所偏差, 产生测量误差

[思考问题]  $U_k = 15V$  是指测量值为 15V。

② 如下图连接电路, 其中  $I_s = 30mA$ ,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 510\Omega$ , 将测试仪调至 METER 模式, 在电流源开关断开, 闭合时分别用  $\mu\text{Lucke}$  和  $30\Omega$  电流钳表测量流经节点 a 的电流  $I_1, I_2, I_3$  的  $I_{测}, I_{断}$  值, 以流入 a 的方向为正, 流出节点 a 的电流方向为负, 计算  $\sum I_k = 0$  是否成立并分析原因



	$I_1/mA$	$I_2/mA$	$I_3/mA$	$\sum I_k$
测量值 $I_{测} - I_{断}$	30	17	12	1
$\sum I_k = 0$ 是否成立	在误差允许范围内可认为 $\sum I_k = 0$ 成立			

## 2. 研究任务

### (1) 不同模式下测试仪测量结果的比较研究

① 将函数信号发生器屏幕显示幅度调整为  $V_{rms} = 5V$ , A 路频率调整为 15KHz, 波形选择为正弦波

② 将 4 通道线接入信号源两端, 设置  $\mu\text{Lucke}$  170-109 型测试仪通道类型为耦合方式为 AC, 探针类型选择 Voltage, 衰减系数 1:1, F4 中選擇 Normal。

③ 在 METER 与 SCOPE 模式下分别测量输出电压值, 并在 500Hz ~ 1000Hz ~ 10KHz 范围内选取多个频率值测量, 比较不同模式, 不同频率下的信号, 得出结论。

频率	15KHz	500Hz	750Hz	1000Hz	3KHz	7KHz	10KHz
$V_{METER}$	3.97V	4.83V	4.82V	4.79V	4.74V	4.58V	4.42V
$V_{SCOPE}$	4.62V	4.82V	4.77V	4.76V	4.72V	4.66V	4.64V

随着频率的增加,  $V_{METER}$  逐渐降低, 但  $V_{SCOPE}$  变化幅度较小, 两者的差距也越大。

④ 在 SCOPE 模式下, 将通道的带宽限制设为 FULL 与 20KHz 再进行测量

频率	15KHz	500Hz	710Hz	1000Hz	3KHz	7KHz	10KHz
$V_{FULL}$	4.76V	4.86V	4.87V	4.85V	4.80V	4.82V	4.81V
$V_{20KHz}$	3.97V	4.88V	4.83V	4.84V	4.78V	4.61V	4.42V

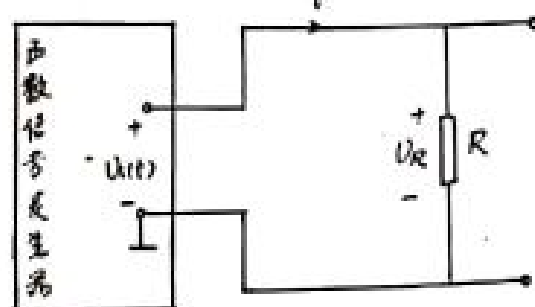
随着频率增加  $V_{FULL}$  变化幅度较小,  $V_{20KHz}$  逐渐降低, 两者差距逐渐增大。

## (2) 函数信号发生器不同输出端口输出特性的研究

① 电路如右图所示, 信号发生器幅度  $V_{rms} = 4V$ , A路频率调整为  $2000Hz$ , 波形为正弦波,  $R = 100\Omega$

② 电源输出端接入信号源电压输出端, 使用测试仪的 SLOPE 示波器模式测量输出电压与频率, 带宽限制选择 FULL, 记录电压值; 在  $100 \sim 1000\Omega$  范围内选取多个电阻值, 测量结果.

③ 电源输出端接入信号源功率输出端, 测量其输出电压. 总结并选择信号源的输出端才能得到正确的实验结果.



电阻值 $R$	接入信号源电压输出端		接入信号源功率输出端
	输出电压	输出频率	输出电压
$100\Omega$	$2.61V$	$2000Hz$	$3.73V$
$470\Omega$	$3.02V$	$2000Hz$	$3.77V$
$510\Omega$	$3.33V$	$2000Hz$	$3.71V$
$750\Omega$	$3.48V$	$2000Hz$	$3.76V$
$1000\Omega$	$3.63V$	$2000Hz$	$3.78V$

$$V_{rms} = 4V, f_A = 2000Hz$$

结论: ① 接入信号源电压输出端时, 随电阻值的增大, 输出电压不断增大但频率不变.  
 ② 接入信号源功率输出端时, 随电阻值的增大, 输出电压变化幅度较小且接近  $V_{rms}$ .  
 ③ 电阻值较小时应选择功率输出端, 较大时两者均可.

六、实验结论: 本次实验通过动手操作验证了 KCL, KVL 的成立, 并让我了解到在不同模式下, 对同一物理量测量值的不同性, 只有选择合适的模式才能使测量更精确.

① 实验收获与体会: 熟悉了函数信号发生器测试仪器的操作规则, 深化了对 KVL, KCL 等电路基本定律的理解;

通过本次实验, 我加深了对电路理论的认识, 培养了动手操作与理论实际相结合的能力.



电路测量的基本技能及操作规范 (B) 原始数据记录

(1) 基本任务:

① 电子元件参数的测量

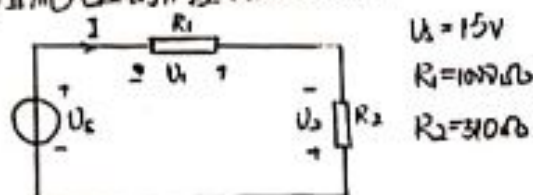
电阻:

元件	测量值	标注值	误差	是否合理
R <sub>1</sub>	500Ω	510Ω	±5%	合理
R <sub>2</sub>	1.482kΩ	1.5kΩ	±5%	合理

电容:

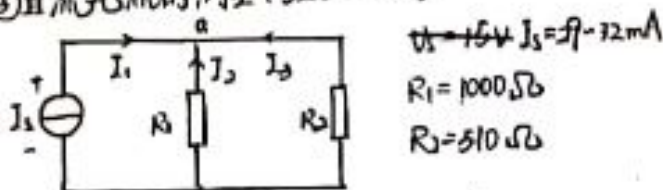
元件	测量值	标注值	误差	是否合理
C <sub>1</sub>	31.11nF	0.033μF	-	合理
C <sub>2</sub>	50.01nF	0.047μF	-	合理

② 直流电压的测量 (验证 KVL)



电压	U <sub>s</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	ΣU <sub>k</sub>
测量值	+15.0V	-2.78V	-5.06V	-0.01V

③ 直流电流的测量 (验证 KCL)



节点 a

	I <sub>1</sub> /mA	I <sub>2</sub> /mA	I <sub>3</sub> /mA
电源断, 测量值 I <sub>断</sub>	-96	-107	-118
电源通, 测量值 I <sub>通</sub>	-66	-90	-106
实际电流值 I = I <sub>通</sub> - I <sub>断</sub>	30	17	12
ΣI <sub>k</sub> = 0 是否成立	成立		

(2) 研究任务:

① 不同模式下, 测量结果的比较研究

V<sub>in</sub> = 5V, f<sub>A</sub> = 15kHz, 正弦波

频率	V <sub>METER</sub>	V <sub>SCOPE</sub>
15kHz	3.97V	4.62V
500Hz	4.83V	4.82V
750Hz	4.82V	4.79V
1000Hz	4.79V	4.76V
3kHz	4.74V	4.72V
7kHz	4.58V	4.66V
10kHz	4.42V	4.64V

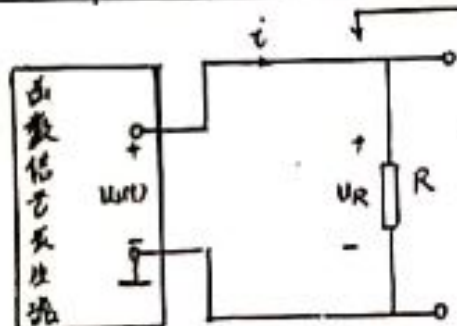
SCOPE 模式下, 不同的通道带宽限制

频率	V <sub>Full</sub>	V <sub>20MHz</sub>
15kHz	4.96V	3.97V
500Hz	4.86V	4.88V
750Hz	4.87V	4.88V
1000Hz	4.85V	4.84V
3kHz	4.80V	4.78V
7kHz	4.82V	4.61V
10kHz	4.81V	4.42V

② 函数信号发生器不同输出端口输出特性的研究

电阻值 R	接入信号源中压输出端		接入信号源功率输出端
	输出电压	输出频率	输出电压
100Ω	2.61V	2000Hz	3.73V
470Ω	3.02V	2000Hz	3.77V
810Ω	3.33V	2000Hz	3.71V
1000Ω	3.48V	2000Hz	3.76V
1000Ω	3.63V	2000Hz	3.78V

V<sub>in</sub> = 4V, f<sub>A</sub> = 2000Hz, 带宽限制为 Full



教师签字:







大一自习交流群

扫一扫二维码，加入群聊。