

电路实验 A (1)

一. 实验题目: 正弦电流电路 (A)

二. 实验目的: 掌握正弦电流电路元件参数及相关参量的测量方法;

- 对耦合电感进行研究, 掌握交流法测量同名端、开路互感电压法测量互感系数的方法;
- 研究互感耦合电路(变压器)的特性;
- 掌握 Fluke 434 三相电能质量分析仪在单相电路中的使用方法。

三. 实验选择仪器和模块名称

仪器: Fluke 434 型三相电能质量分析仪, 数字万用表。

模块: 变压器 (1000:500) $\times 1$; $4\mu\text{F}$ 电容 $\times 2$, $1\mu\text{F}$ 电容 $\times 1$; $10 \times 10\Omega$ 电阻箱 $\times 1$, $10 \times 100\Omega$ 电阻箱 $\times 1$, $10 \times 1\text{k}\Omega$ 电阻箱 $\times 1$; $10 \times 100\text{mH}$ 电感箱 $\times 1$; 导线若干。

四. 预习思考问题解答

(1) B

(2) A

(3) A

(4) C

(5) A

(6) A

五. 实验过程

1. 基本任务

(1) 将万用表调至交流电压档, 插入到 14V、50Hz 电源插孔中, 打开空气开关, 测得输出电压有效值为 13.03V, 认为电源输出正常, 经检测, 三相电能质量分析仪工作正常, 元器件值均正常。

(2) 测量电路中电阻元件参数及相角关系量:

1) 按电路图 1 连接电路, $L=500\text{mH}$, 万用表测其阻值 117.1Ω

$R=300\Omega$, $C=8\mu\text{F}$ (将两只 $4\mu\text{F}$ 电容并联连接)。

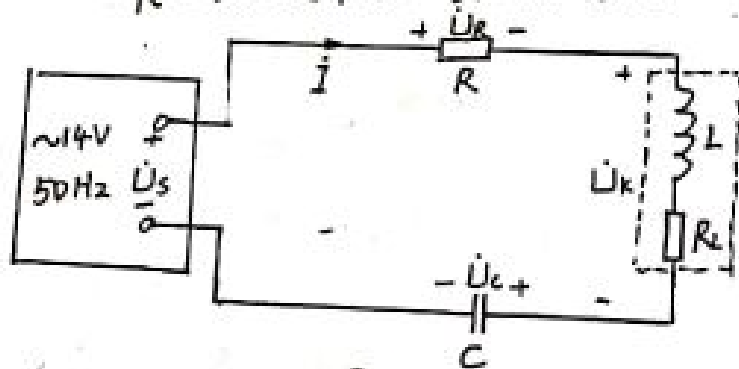


图 1

和中性线

打开空气开关, 将 FLUKE 434 的 A 相电压测试线连在 R 两端测电压, A 相电流钳表按图示参考方向测电流。

· 设置三相电能质量分析仪: 开机 \rightarrow SETUP \rightarrow F4, Config: 1 ϕ + NEUTRAL, Freq: 50 Hz, Vom: 58V, A Range: Amp clamp 选 5S。

· 观察测量结果: SCOPE \rightarrow F3 \rightarrow F1 至光标到 A 处, 读出 R 上电压、电流, 相位差和相量图。

2) 测量电阻 R 的有功功率、视在功率、无功功率。

MENU \rightarrow “功率和电能” \rightarrow 读出 R 消耗的

· 有功功率(W), 视在功率(VA), 无功功率(VAR)

电阻参数测量结果如表 1 所示:


测量值(电阻)			
电压 V_A	电流 A_A	相位差 ϕ_{A-V}	相量图
7.8	0.027	1	
有功功率(W)	视在功率(VA)	无功功率(VAr)	
0.2	0.2	0.0	
计算值			
$ Z_d /\Omega$		R/Ω	
499.8 288.89		300	

表1. 电阻元件参数及相关参量

(3) 测量电路中电容元件参数及相关参量

- 按照图1参考方向, 使用三相电能质量分析仪的单相测量方式测量 $8\mu F$ 电容元件 C 上电压、电流、相位差、相量图, 测量方法参考电阻的测量方法。
- 测量 $8\mu F$ 电容的有功功率、视在功率、无功功率。测量方法同电阻。

电容参数测量结果如表2所示:

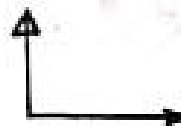
测量值(电容)			
电压 V_A	电流 A_A	相位差 ϕ_{A-V}	相量图
10.5	0.026	90	
有功功率(W)	视在功率(VA)	无功功率(VAr)	
0.0	0.3	0.3	
计算值			
$ Z_E /\Omega$		$ 1/\omega C /\Omega$	
403.8		397.9	

表2. 电容元件参数及相关参量

(4) 测量电路中电感元件参数及相关参量

- 按图1参考方向测试 R 、 C 的方法使用三相电能质量分析仪单相测量方式测量 $500mH$ 电感元件上电压参量。

测量结果如表3所示


测量值(电感)			
电压 V_A	电流 A_A	相位差 ϕ_{uv}	相量图
5.1	0.026	-53	
有功功率(W)	视在功率(VA)	无功功率(VAR)	
0.1	0.1	0.1	
计算值			
$ Z_k /\Omega$	$ R_L + j\omega L /\Omega$		
196.2	194.7		

表3. 电感元件参数及相关参量

(5) 电路中RLC作为一个整体, 测量元件参数及相关参量,

- 1) 按图1参考方向, 使用三相电能质量分析仪单相测量方式测量端口电压、电路电流、端口电压与电流相位差, 三个元件串联后的有功功率、视在功率、无功功率。

测量结果如表4所示:

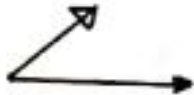
测量值(RLC)			
电压 V_A	电流 A_A	相位差 ϕ_{uv}	相量图
12.6	0.026	31	
有功功率(W)	视在功率(VA)	无功功率(VAR)	
0.3	0.3	0.2	
计算值			
$ Z /\Omega$	$ Z_{理} /\Omega$		
484.6	479.8		

表4. RLC串联元件参数及相关参量

思考题] 当被测元件为纯电阻时, 三相电能及功率质量分析仪所测量无功功率应该是怎么样的? 说明原因。

答: 纯电阻的端口特性为电流与电压同相位, $\phi_{u-i} = 0^\circ$, 无功分量为 0, 故所测量的无功功率应为 0.

[思考题] 当被测阻抗为纯电容时, 三相电能功率质量分析仪所测量的有功功率应该是怎样的? 说明原因.

答: 有功功率为零, 电容的端口特性为电流相位滞后电压相位 90° , 没有有功分量.

16) 耦合电感的研究

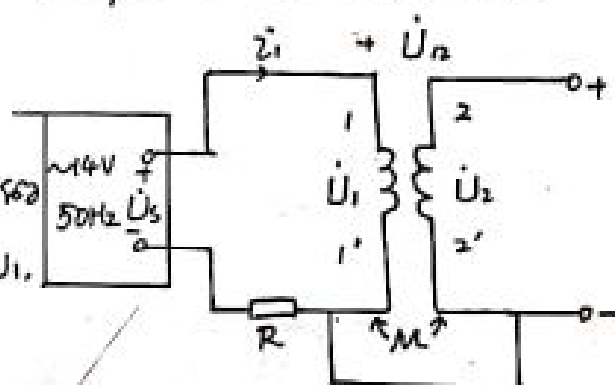
变压器连接正确, 保险丝工作正常. 按图 2 所示连接电路

$R = 1k\Omega$.

1) 交流法判断同名端

使用三相电能质量分析仪的
单相测量方式, 分别测量 U_1 ,
 U_2 和 U_{12} 有效值.

U_1/V	U_2/V	U_{12}/V
8.6	4.0	12.6
$U_{12} = U_1 + U_2$		



结论:

1 端与 2' 端为同名端

图 2

[思考问题]

a. 以上方法判断同名端理论依据是什么? 请作说明?

答: 若电流均从同名端流入则, 实际电压参考方向与电流相同

$$i_2 = 0 \quad \begin{cases} U_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \cdot 0 \\ U_2 = \pm M \frac{di_1}{dt} + L_2 \cdot 0 \end{cases} \quad \text{即互感磁链与自感磁链方向相同}$$

M 取正, 由 KVL 方程 $U_{12} = U_1 - U_2$

反之, 若电流从非同名端流入, M 取负, $U_{12} = U_1 + U_2$.

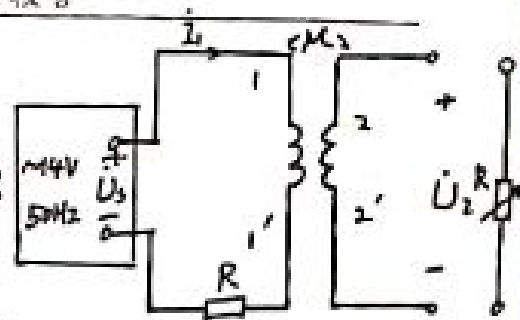
b. 1000 匝的电感线圈作原边, 还是 500 匝电流作原边, 对判断

结果是否有影响?

答: 没有影响.

2. 互感系数的测量

互感电压法测互感系数按图3连接电路。500匝做原边，1000匝做副边。在原边串联电阻箱，调至 800Ω ，在1-1'加14V正弦交流电压，在2-2'端产生互感电压 U_2 。



测得 $U_2 = 7.1V$ ，互感系数 $M = \frac{U_2}{\omega I_1} = \frac{7.1}{100\pi \times 0.014} = 1.6$ 图3。

2. 研究任务

(1) 互感耦合电路变压特性的研究，按图3连接电路。 $R = 800\Omega$ 。测量结果如下表5

原边：副边(匝数)	测量值		
	U_1/V	U_2/V	比值
1000:500	9.5	4.4	2.16
500:1000	3.9	7.1	0.55

表5. 变压器变压特性
· 比值不等于匝数比原因：

原边线圈存在内阻，并非理想电感，内阻分压导致原边电压测量值比理论值偏大，比值稍大于匝数比。

(2) 互感耦合电路传导特性研究，测量结果如表6所示。

	原边 500匝					副边 1000匝				
R/Ω	I_1/A	U_1/V	$P(W)$	$Q(Var)$	$S(VA)$	$P(W)$	$Q(Var)$	$S(VA)$	U_2/V	I_2/A
500	0.076	9.2	0.6	0.4	0.7	0.5	0	0.5	15.5	0.032
1000	0.054	2.4	0.4	0.3	0.6	0.4	0	0.4	18.8	0.019

表6. 变压器传导特性

分析：

两边有功功率基本相同， $R=500\Omega$ 时误差稍大，误差来自原边线圈内阻分压，当 $R=1000\Omega \gg r$ 时，有功功率基本相同。

(3) 互感耦合电路副边接不同阻抗，入端阻抗特性研究，如表7所示

副边负载	空载	$R=5K\Omega$	$C=1\mu F$	$C=4\mu F$	$L=500mH$
V_A	6.2	5.4	7.9	6.2	1.8
A_A	0.019	0.019	0.014	0.018	0.024
P_{A-V}	-75	-65	-64	68	-71
相量图					

表7. 变压器入端阻抗特性

分析：副边负载阻抗性质将对原边电压电流相位差产生影响。

副边接阻性、感性或者小电容，入端阻抗将表现感性；接大电容，电流相位将会超前电压相位，入端表现容性。

六. 实验数据处理

1. 基本任务 计算结果见五表1-表7. 计算过程如下：

$$|Z_R| = \frac{U_R}{I_R} = \frac{7.8}{0.027} = 288.9 \Omega$$

$$|Z_C| = \frac{U_C}{I_C} = \frac{10.5}{0.026} = 403.8 \Omega, X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \times 8 \times 10^{-4}} = 397.9 \Omega$$

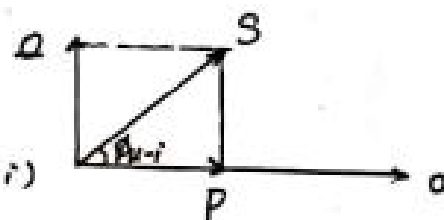
$$|Z_k| = \frac{U_k}{I_k} = \frac{5.1}{0.026} = 196.2 \Omega, |R_L + j\omega L| = |115 + j \times 100\pi \times 500 \times 10^{-3}| = 194.7 \Omega$$

$$|Z_{\text{测}}| = |R + R_L + j\omega L - jX_C| = 479.8 \Omega, |Z_{\text{测}}| = \frac{U}{I} = \frac{12.6}{0.026} = 484.6 \Omega$$

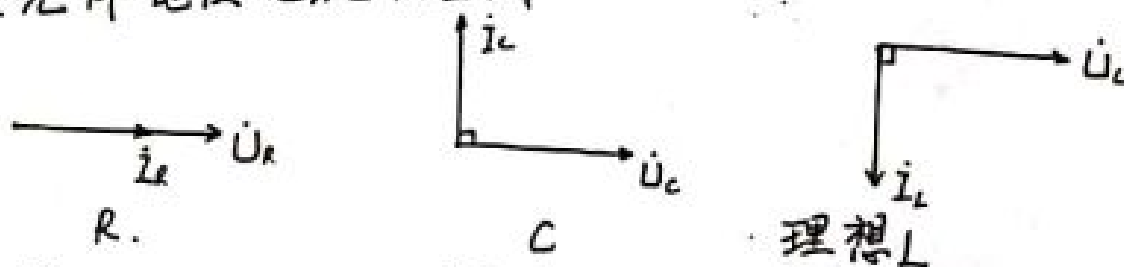
2. 研究任务分析过程见五.

· 功率关系相量图

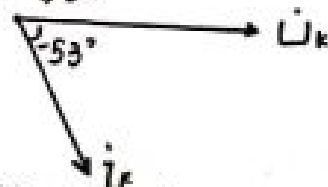
$$S^2 = P^2 + Q^2, P = S \cdot \cos(\phi_u - \phi_i)$$



· ~~电阻~~元件电压电流相量图



500mH电感 器:



所有元件:



七. 实验结论、收获与体会

掌握了正弦交流电路元件参数测量的方法、测同名端和互感系数的方法；熟悉练习了 Fluke 434 三相电能质量分析仪在单相电路中的使用方法。

1. 基本任务

(1) 13V交流输出

(2) 测电阻元件参数

正弦电流电路(A) 原始数据记录

测电源

$V_A = 12.7V$ $I_A = 41^\circ$

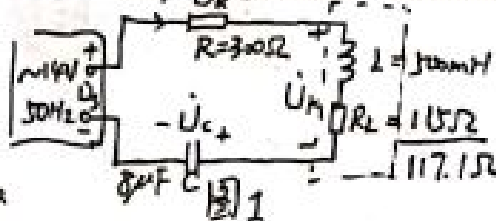


图1

测量值(R)

电压 V_A	电流 A_A	相位差 $\phi_{A-V(^\circ)}$	相量图
7.8	0.027	1	\rightarrow

有功功率(W) 视在...(VA) 无功...(VAR)

0.2 0.2 0.0

计算值

$|Z|/\Omega$ R/Ω
479.8 300

(3) 测电容

测量值(C)

电压 V_A	电流 A_A	相位差 $\phi_{A-V(^\circ)}$	相量图
10.5	0.026	90	\uparrow

有功...(W) 视在...(VA) 无功...(VAR)

0.0 0.3 0.3

计算值 $|Z|/\Omega$ $|X_C|/\Omega$
479.8 397.9

(4) 测电感

电压 V_A	电流 A_A	相位差 $\phi_{A-V(^\circ)}$	相量图
5.1	0.026	-53	\searrow

有功(W) 视在(VA) 无功(VAR)

0.1 0.1 0.1

(5) 整体RLC串联 $|R_L + j\omega L| = |115 + j157.1| = 196.7$

电压 V_A	电流 A_A	相位差 $\phi_{A-V(^\circ)}$	相量图
12.6	0.026	31	\nearrow

有功...(W) 视在...(VA) 无功...(VAR)

0.3 0.3 \neq 0.2 误差0.86

学号: 1161430210 姓名: 郝路丰

(6) 耦合电感研究



1° 同名端 1000:500

U_1/V	8.6	满足 $U_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$
U_2/V	4.0	1端与2'端为同名端
U_{12}/V	12.6	500:1000

2° 互感系数 $R = 800\Omega$
测 $U_2 = 7.1V$ $I_1 = 0.014A$

研究组各支路 3-3'

原:副	U_1	U_2	比值
1000:500	9.5	4.4	2.16
500:1000	3.9	7.1	0.55

R/Ω	原边 500			副边 1000		
	P_{avg}	$Q/(var)$	$S(VA)$	P_{avg}	$Q/(var)$	$S(VA)$
500	0.6	0.4	0.7	0.5	0	0.5
1000	0.4	0.3	0.6	0.4	0	0.4

电流电压电背面 500:1000 ① 副边空载

原边	V_A	A_A	ϕ_{A-V}	相量图
① 空载 (开路)	6.2	0.019	-75	\searrow
$R = 5k\Omega$	5.4	0.019	-65	\searrow
$C = 1\mu F$	7.9	0.014	-64	\searrow
教师签字: $C = 4\mu F$	6.2	0.018	68	\nearrow
$L = 500mH$	1.8	0.024	-71	\searrow

教师签字:



HIT阅读与思考

扫一扫二维码，加入群聊。