波过程实验报告

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **电气810** | **聂永欣** | **2186113564** |

实验目的

1.加深对于波在单导线上传播时的折、反射现象以及波的衰减、耦合等

概念的理解。

2.掌握用行波法（匹配法）测量波的衰减系数、耦合系数、传播速度和

线路波阻抗等参数的原理和方法。

3.加深对波在三相传输线中传播时正、负、零序阻抗概念的理解，掌握

用行波法对其进行测量的原理。

实验原理

1)电缆、架空线等传输线性质的电路，是一种特定形式的分布参数电

路，电压（或电流）施加于这种电路时，将表现为电压波（或电流波）的形

式。这个电压波在传播的过程中，如果遇到不同的波阻抗，就要发生电磁能

量的重新分配，表现为来波转化成两个电压：折射电压和反射电压。折射电

压和反射电压的大小分别为来波大小乘以折射系数和反射系数，而折射系数

a和反射系数β分别为：实际上，导线有电阻，绝缘有介质损失，使得波在传递过程中会出现

28

衰减。当导线末端开路时，并非U\*=2U首，而是会U\*=2ηU

首。其中η

为波的衰减系数。

2)当波沿无损多导线系统（本实验中为三芯电缆）传播时，A、B、C

各相导线中的电压电流遵循下列关系：

uA=i,ZA+iвZBA+icZCA

UB=i,ZAB+iBZBB+icZCB

uc=i,ZAc+iBZBc+icZcc

若仅A相进波，则iB=ic=0,A相对B、C相的耦合系数分别为：

UB

ZAB

K

4B

UZAM

Uc

ZAC

K

AC

U

ZAA

实验内容

1.观察印证波在单导线上传播的折、反射现象

将调整好的无限长直角波施加在一相电缆的首端，电缆末端分别取开

路、短路、接一定阻值的电阻等状态，信号波源则分别选取不同的输出阻抗

情况，用示波器观察记录波形，并分析各种情况下电缆的首端、末端和其它

点处的电压波形，印证波的传播过程。

2.衰减系数的测定

对于一相空载电缆，将无限长直角波加在电缆的首端，通过示波器观

察该相电缆空载时的首、末端电压，记录其幅值大小。此时电缆的衰减系数

为：

3.波阻抗的测定

用行波法测定电缆波阻抗可采用以下两种方法：

1)一相电缆首端进波，末端接一个可调电阻（实验中为一金属电阻丝

绕制的无感电阻），调整其阻值，直到示波图呈现匹配情况的波形为止。此

电阻值即为波阻抗值。

4.波的传播速度v及导线分布参数Lo、Co的测定

电缆末端开路（其它情况亦可以），无限长直角波由首端输入后，从

示波图上可以读出波往返电缆一次的时间T(也可读出波行至末端的单程时

间t).

则波速为：v=

1

（式中I=330m,本实验电缆长度）

L

町

又，Zc=

C.

1

V=

L.C.

可求出电缆的参数 Lo、Co(请注意：此处Lo、Co的定义是电缆在单位长

度上的电感和电容）。

5.耦合系数的测定

由于耦合作用，导线上的行波会影响附近其它导线上的电压波，其影

响的程度可用耦合系数来表征。

对于空载的三相电缆（A、B、C三相），若只有一相（例如A相）进

波时，另外二相上也会有波形。同时测量每一相电缆首端（或末端）的电压

UA、UB、Uc,根据耦合系数的定义，

UB

K AB

UA

Uc

KAC=

UA

UB

ZAB和KAC

Uc

ZAC

，在已知ZA4时，还可

另外，根据K

AB

Z

AA

11

UA

Z AA

n

求出电缆相间的互阻抗ZAB和ZAC.

6.正序、负序、零序阻抗的测定

1)正序阻抗（Z1)

三相电缆末端A、B两相短接而C相开路，无限长直角波从A相首端

进波，在B相首端接一个可变电阻，调节其大小，直到匹配。此电阻值即

为正序阻抗值Z10

因为，对于对称的A-B-C三相电缆，可以认为其各相的自阻抗相等，

即ZAA=ZBB=Zcc=Zs,同时各相间的互阻抗也认为相等，即

ZAB=ZB4=ZAc=····=ZM.根据正序阻抗的定义，当三相电缆中流

过正序电流时，

OZ?!+8z°!+""z"!="n

＝i,Zs+(ig+ic)ZM

＝i,Zs-i,ZM

＝i,(Zs-ZM)

此时，线路中表现出的阻抗即是正序阻抗Z,=ZA=44=Zs-ZM.

而按照本实验中测量正序阻抗所用的电路，ig=-i4,ic=0,则

u=i,Zs+iBZM+icZM

＝i,Zs+(-i4)ZM

＝i,(Zs-ZM)

可以看出，这时A相表现出的阻抗值ZA

＝“4=Zs-ZM=Z1.也就是说，

这时线路中虽然流过的电流不是正序电流，但其表现出来的阻抗值，在数值

上刚好等于线路的正序阻抗值。

但是，这个正序阻抗值是多少呢？可以使用多种办法来进行测量，例如

伏安法，即入口电压除以入口电流的方法。在本实验中推荐使用行波法：A

相首端进单相波，在电缆的末端，也就是B相的首端接入一可调无感电阻R1,

调节大小直到匹配，此时的应该有R1=Z1.如图5-1所示。

单相输入

i

2

T

Z1

R

ic=0

图5-1三相线路正序阻抗测量示意图

2)负序阻抗（Z2)

三相电缆为对称电路，Z2=Z1.

3)零序阻抗（Zo)

电缆的首端和末端分别三相短接，无限长直角波由首端进波，因三相

电缆是对称的，所以三相电流应该完全相同，即相当于流过了一组零序，所

以，此时线路中表现出的阻抗，即是零序阻抗。可使用行波法测量线路这时

的阻抗：短接的三相首端进单相波，在三相短接的线路末端接入一无感可变

电阻Ro,调节大小直至达到匹配，此时电阻值R.应为零序阻抗的三分之一，

六。思考问题

1.本实验的内容仅限于无限长直角波电压在均匀电缆中波过程的情况，

对于有限长或者非直角波信号，其波过程情况将会如何？如果电缆不是均匀

29

的，其波过程情况又将如何？

2.本实验中观察测量的都是电缆上的电压波，这时电缆上的电流波又是

怎样的情况？

3.本实验中采用行波法测量电缆波阻抗时均是在电缆末端连接可调无感

电阻，若将该可调无感电阻连接在电缆的首端或者其它位置，是否也能完成

测量任务？

4.本实验所用的信号电源是低压方波源，若改用工频电源，实验结果将

会怎样？