

## 实验步骤

- 测量受迫振动的振幅与不同程度阻尼的激发频率之间的函数关系
- 当激发频率很大或很小时，观察励磁与实际振荡间的相移

## 实验目的

测量与分析受迫简谐旋转振动

## 概述

波尔摆或旋转扭摆可以用来研究受迫简谐旋转振动，为此，振动系统连接到一个由可调速直流电机提供的励磁上，从而复位弹簧才能周期性伸缩。试验中，根据不同程度阻尼的激励频率来测量振幅，并测量励磁和实际振荡的相移。

## 所需仪器

数量	描述	型号
1	波尔摆	U15040
1	机械秒表, 15 min	U40801
1	插入式电源 24 V, 0.7 A (230 V, 50/60 Hz)	U33200-230 或
	插入式电源 24 V, 0.7 A (115V, 50/60 Hz)	U33200-115
1	直流电源 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz)	U33020-230 或
	直流电源 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz)	U33020-115
2	模拟万用表 AM50	U17450
1	1套15个实验安全绳索, 75 cm	U138021

# 2

## 基本原理

实验通过波尔摆或旋转扭摆来研究受迫简谐旋转振动，为此，振动系统连接到一个由可调速直流电机提供的励磁上，从而复位弹簧才能周期性伸缩。

此系统的运动方程如下：

$$(1) \quad \frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2 \cdot \delta \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \omega_0^2 \cdot \varphi = A \cdot \cos(\omega_E \cdot t)$$

$$\text{其中} \quad \delta = \frac{k}{2J}, \quad \omega_0^2 = \frac{D}{J}, \quad A = \frac{M_0}{J}$$

$J$ : 转动惯量

$D$ : 弹簧系数

$k$ : 阻尼因数

$M_0$ : 外力矩的振幅

$\omega_E$ : 外力矩的角频率

上述公式的结果由均匀部分和非均匀部分组成,其中,均匀部分即为实验UE1050500中研究的阻尼简谐运动,均匀部分随着时间按指数规律衰减,并且一段时间后相较于非均匀部分是可以忽略不计的。

非均匀部分如下:

$$(2) \quad \varphi(t) = \varphi_E \cdot \cos(\omega_E \cdot t - \psi_E)$$

它是于外力矩相互联系的,且只要存在力矩它都是不可忽略的,其振幅如下:

$$(3) \quad \varphi_E = \frac{A_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_E^2)^2 + 4 \cdot \delta^2 \cdot \omega_E^2}}$$

当励磁频率  $\omega_E$  越来越大慢慢接近旋转扭摆的固有谐振频率时,当  $\omega_E = \omega_0$  时就产生了共振。相移如下所示:

$$(4) \quad \psi_E = \arctan\left(\frac{2 \cdot \delta \cdot \omega_E}{\omega_0^2 - \omega_E^2}\right)$$

这就表明,扭摆的偏转落后于励磁,低频率时相移接近为0,当频率上升,相移也在变大,当相移达到90°时即为共振频率,励磁频率非常大时,励磁和振动频率会以180°反相结束。

## 评价

只要选择合适的阻尼参数,以阻尼振动的振幅为Y轴,励磁频率为X轴作图,就可挑选出公式(4)描述的曲线。

测量结果会和实验 UE1050500 求出的阻尼值有微小偏差,主要原因是摩擦力不会如假设的完全与速度呈正比关系。

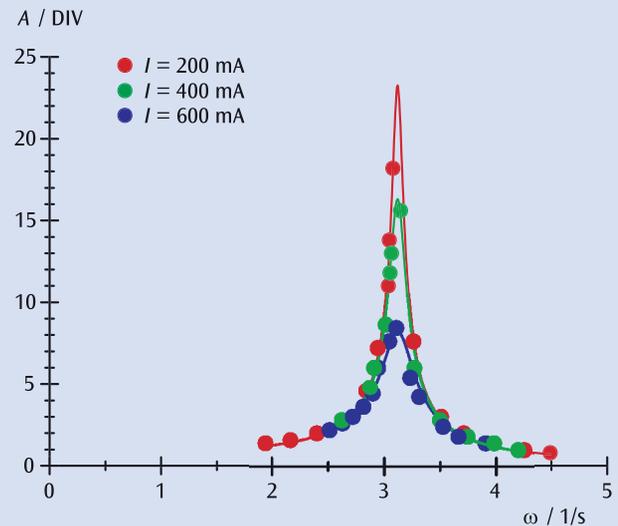


图1: 不同阻尼的共振曲线