

六、实验结果与分析

按实验讲义的要求对实验进行分析与总结。

1. 通过实验1和实验3可以看出:离散系统的稳定性与采样周期 T 和开环增益 K 的大小有关,且 T 值与 K 值并非独立影响系统的稳定性,而是相互关联,共同影响系统稳定性。通过实验1可以看出,当开环增益 K 固定时,采样周期越大,系统趋于不稳定, T 越小,系统趋于稳定,故存在一 T 值,使系统处于临界稳定状态。当系统在稳定范围内时, T 值越小,系统阶跃响应的超调量越小。通过实验3可以看出,当采样周期 T 固定时,开环增益在某一范围(一般为0到某一正值之间)时,系统稳定,输出波形衰减振荡, K 值越大,阶跃响应超调量越大,系统波动越剧烈,当 K 值超出这一范围时,系统不稳定,输出波形发散振荡, K 值越大,不稳定现象越明显。总之,采样过程的存在影响了系统的稳定性。
2. 采样周期 T 和开环增益 K 对离散系统稳定性有如下影响:
 - 1) 采样周期 T 一定时,加大开环增益 K 会使离散系统的稳定性变差,甚至使系统变得不稳定。
 - 2) 当开环增益 K 一定时,采样周期越长,丢失的信息越多,对离散系统的稳定性及动态性能均不利,甚至可使系统失去稳定性。
3. 实验3中, $T=0.5s$ 和 $T=1s$ 时,使系统稳定的开环增益范围分别为 $(0, 6.707)$ 和 $(0, 2.833)$,这表明采样周期的存在影响了开环增益对系统稳定性的影响, T 值越大,使系统稳定的开环增益范围越小。
4. 对于实验4中所测得的稳定误差,可以看出在误差允许范围内,稳态误差实验值与理论值近似相等,实验符合预期要求。已知系统的稳态误差取决于系统的外部作用形式和系统本身的结构,这里仅讨论单位反馈系统在输入信号作用时,系统在采样瞬时的稳态误差。由实验结果及理论推导可以看出,虽然在计算过程中各中间量与采样周期 T 有关,但在最后结果 $T=0.5s$ 和 $T=1s$ 时的稳态误差相等。

五、实验数据记录和处理

整理实验记录

1. 解: 系统的开环脉冲传递函数为:

$$G(z) = Z \left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} \cdot \frac{5}{0.25(0.475s+1)} \right] = (1-z^{-1}) Z \left[\frac{25}{s^2} + \frac{5.5225}{0.475s+1} - \frac{11.75}{s} \right]$$
$$= \frac{25T(z-e^{-2.128T}) + 11.75(z^2-2z+1) - 11.75}{(z-1)(z-e^{-2.128T})}$$

闭环特征方程: $1+G(z)=0$.

- 1) 当 $T=0.015s$ 时, 代入闭环特征方程解得两个根均在单位圆内, 故此时系统稳定, 而实验所得输出波形为衰减振荡, 与理论预期相符;
- 12) 当 $T=0.03s$ 时, 代入闭环特征方程解得两个根均在单位圆内, 故此时系统稳定, 而实验所得输出波形为衰减振荡, 与理论预期相符;
- 13) 当 $T=0.09s$ 时, 代入闭环特征方程解得两个根不都在单位圆内, 故此时系统不稳定, 而实验所得输出波形为发散振荡, 与理论预期相符。

3. 1) $T=0.5s$ 时, 经理论计算可得: 使系统稳定的开环增益为: $0 < K < 6.707$

实验时: 取 $K=1$ 时, 测得输出波形为衰减振荡, $\sigma_p\% = 0.279\%$;

取 $K=4$ 时, 测得输出波形为衰减振荡, $\sigma_p\% = 73.482\%$;

取 $K=7$ 时, 测得输出波形为发散振荡, 均与理论预期相符。

(2) $T=1s$ 时, 经理论计算可得: 使系统稳定的开环增益为: $0 < K < 2.833$

实验时, 取 $K=1$ 时, 测得输出波形为衰减振荡, $\sigma_p\% = 14.972\%$;

取 $K=2$ 时, 测得输出波形为衰减振荡, $\sigma_p\% = 80.731\%$

取 $K=3$ 时, 测得输出波形为发散振荡, 均与理论预期相符。

4. 1) $T=0.5s$ 时, $r(t)=1(t)$, $e_{ss\text{理论}}=0$, $e_{ss\text{实验}}=-0.004272V$, 绝对误差 $\delta=-0.004272V$

$r(t)=t$, $e_{ss\text{理论}}=1V$, $e_{ss\text{实验}}=1.02692V$, 绝对误差 $\delta=0.02692V$

$r(t)=0.2t^2$, $e_{ss\text{理论}}=\infty$, $e_{ss\text{实验}}=\infty$, 实验与理论基本相符。

(2) $T=1s$ 时, $r(t)=1(t)$, $e_{ss\text{理论}}=0$, $e_{ss\text{实验}}=0.010376V$, 绝对误差: $\delta=0.010376V$

$r(t)=t$, $e_{ss\text{理论}}=1V$, $e_{ss\text{实验}}=1.01471V$, 绝对误差: $\delta=0.01471V$

$r(t)=0.2t^2$, $e_{ss\text{理论}}=\infty$, $e_{ss\text{实验}}=\infty$, 实验与理论基本相符。

6. 实验取 $K=10$, $T=0.04s$, 测得采样系统阶跃响应的超调量为 30.743%

取 $K=8$, $T=0.04s$, 测得采样系统阶跃响应的超调量为 21.263% 。