

第一章 反馈控制系统的概念



反馈控制系统简介

第一节 反馈控制系统的组成

第二节 反馈控制系统的动态过程

第二节 反馈控制系统的动态过程



一

控制系统动态过程的概念

二

控制系统的典型输入信号

三

评定控制系统动态过程品质指标

一 控制系统动态过程的概念



1

稳态

稳态：系统输出量不随时间变化而是稳定在给定值上或给定值附近的状态。

稳态特性： $y(t=\infty)=f(x)$

实例：船舶冷却水温度

稳态是**暂时的、相对的**，因为系统经常会受到扰动，系统的平衡状态（稳态）就会遭到破坏。

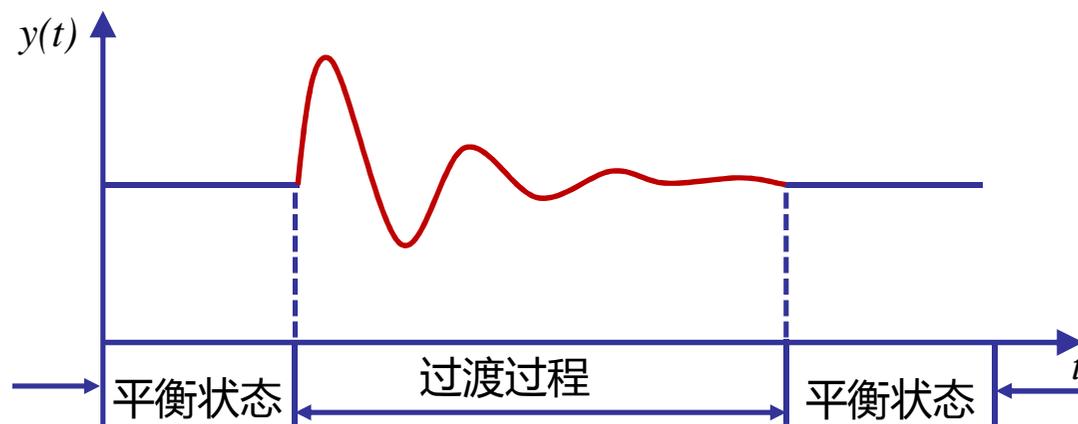
— 控制系统动态过程的概念



2

动态

系统从受到**扰动开始**到被控量稳定在新稳态值，达到新的平衡状态的过程称为**动态过程**，又称**过渡过程**。



第二节 反馈控制系统的动态过程



一

控制系统动态过程的概念

二

控制系统的典型输入信号

三

评定控制系统动态过程品质指标

二 控制系统的典型输入信号



1

研究典型输入信号的必要性

动态过程很重要、需要进行评价；

评价通常通过在输入端施加扰动来产生动态过程；

为比较不同系统的性能，需要一些标准的输入信号；

2

几种典型的输入信号形式

1) 阶跃输入函数

2) 速度输入函数

3) 脉冲输入函数

4) 正弦输入函数

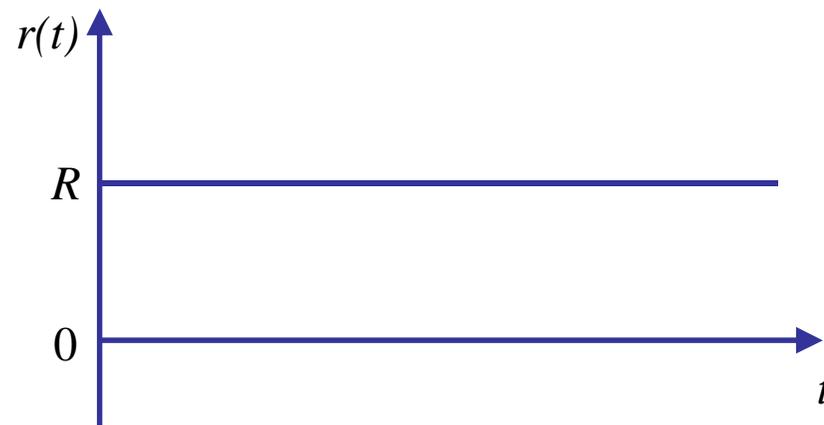
二 控制系统的典型输入信号



1) 阶跃输入函数

如果 $R=1$ ，则表示单位阶跃输入函数。

$$r(t) = \begin{cases} R & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$$



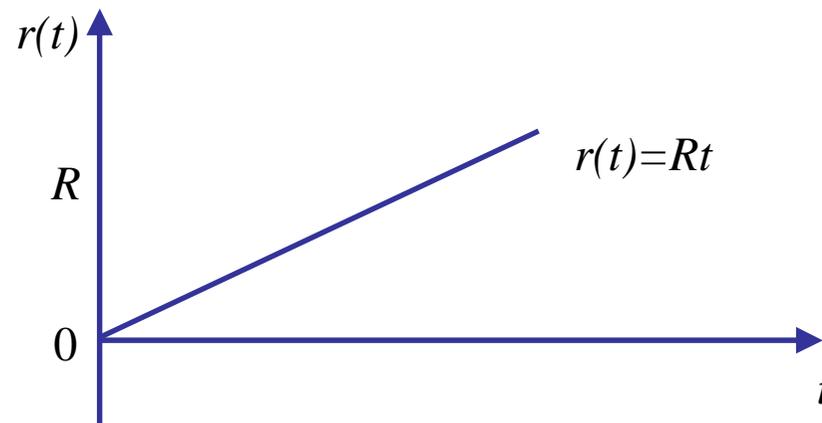
二 控制系统的典型输入信号



2) 速度输入函数

如果 $R=1$ ，则表示单位速度输入函数或单位斜坡输入。

$$r(t) = \begin{cases} Rt & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$$



二 控制系统的典型输入信号

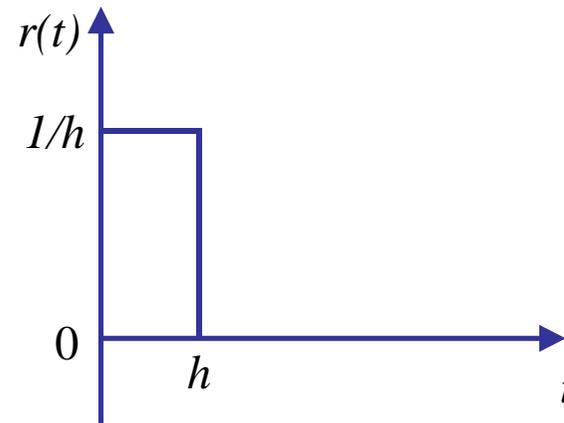


3) 脉冲输入函数

当脉冲函数波形曲线包含的面积为1时，则称为**单位脉冲函数**。

当 $h \rightarrow 0$ 时， $r(t) \rightarrow \infty$ ，称为**理想的单位脉冲函数**。

$$r(t) = \begin{cases} R & (0 \leq t \leq h) \\ 0 & (t < 0, t \geq h) \end{cases}$$



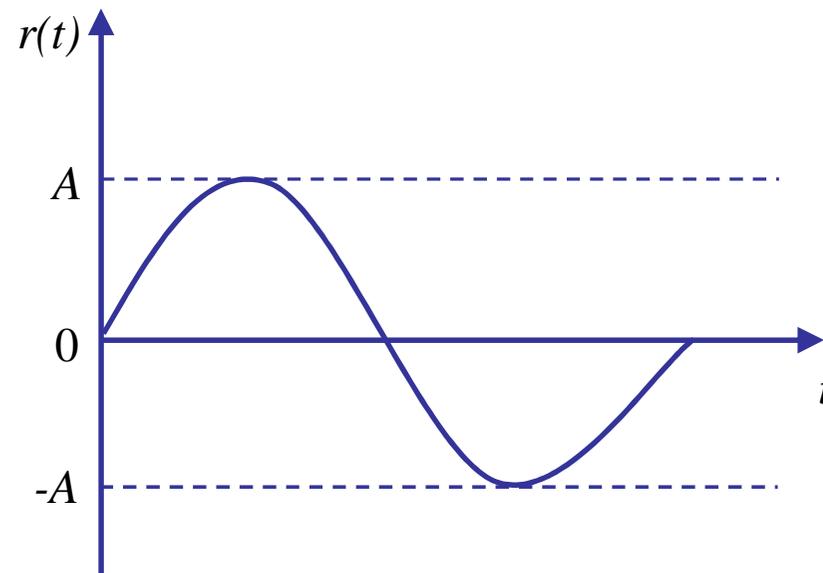
二 控制系统的典型输入信号



4)

正弦输入函数

$$r(t) = A \sin \omega t$$



第二节 反馈控制系统的动态过程



一

控制系统动态过程的概念

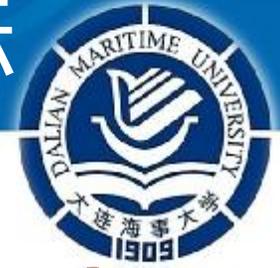
二

控制系统的典型输入信号

三

评定控制系统动态过程品质指标

三 评定控制系统动态过程品质指标



评价指标所采用的标准输入信号：

阶跃函数是自动控制系统在实际工作中经常遇到的一种外作用形式。

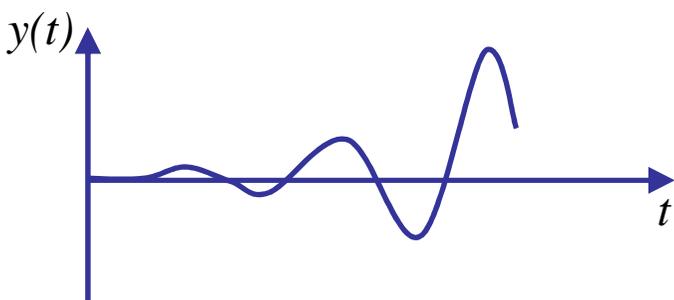
阶跃扰动对控制系统的影响是**最为不利**的。

因此，阶跃函数是用的**最多**的一种评价系统动态性能的**典型输入信号**。

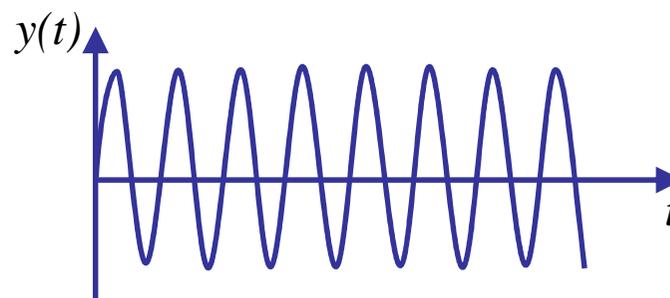
三 评定控制系统动态过程品质指标



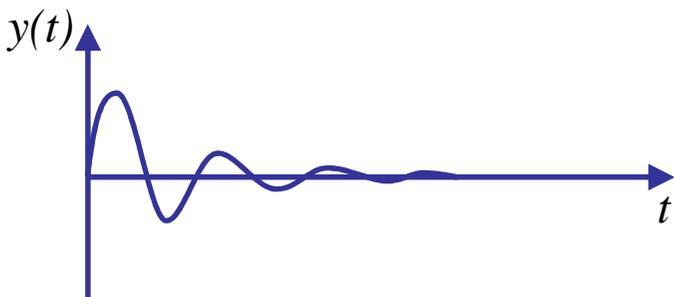
控制系统受外部阶跃扰动后过渡过程类型



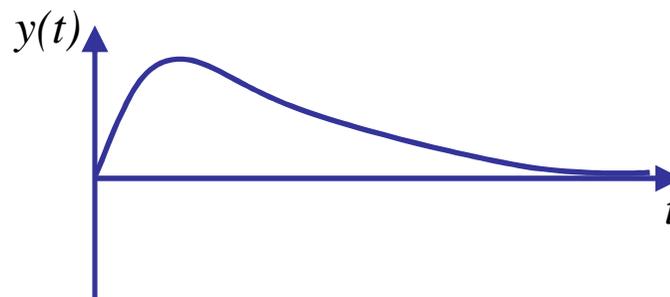
(a) 发散振荡



(b) 等幅振荡



(c) 衰减振荡



(d) 非周期过程

三 评定控制系统动态过程品质指标



对控制系统的要求可以概括为三个字：

稳

准

快

1

稳定性指标：

衰减率 φ 、振荡次数 N

2

精确性指标：

最大动态偏差 e_{\max} 、
静态偏差 ε 、超调量 σ_p

3

快速性指标：

过渡过程时间 t_s 、
上升时间 t_r 、峰值时间 t_p

三 评定控制系统动态过程品质指标



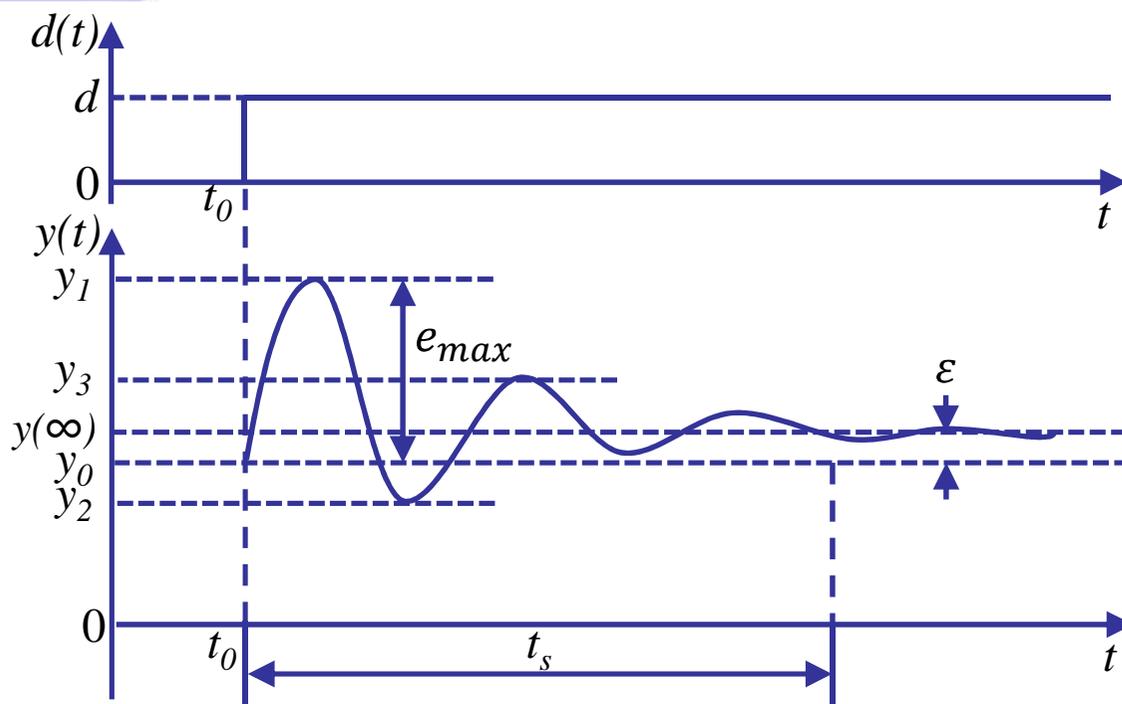
1 稳定性指标

衰减率： $\varphi = \frac{y_1 - y_3}{y_1}$

衰减比： $\frac{y_1}{y_3}$

振荡次数： N

理想值： $\varphi = 0.75 \sim 0.9$ ；衰减比：4:1； $N = 2 \sim 3$

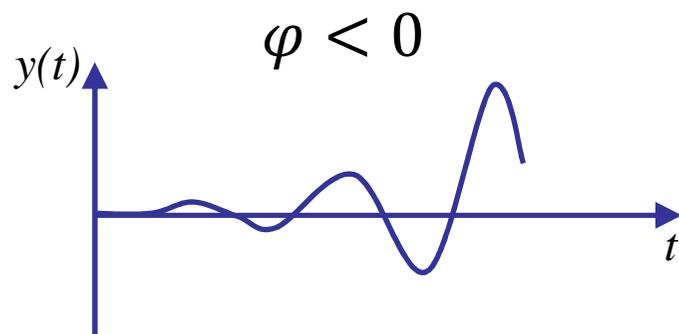


三 评定控制系统动态过程品质指标

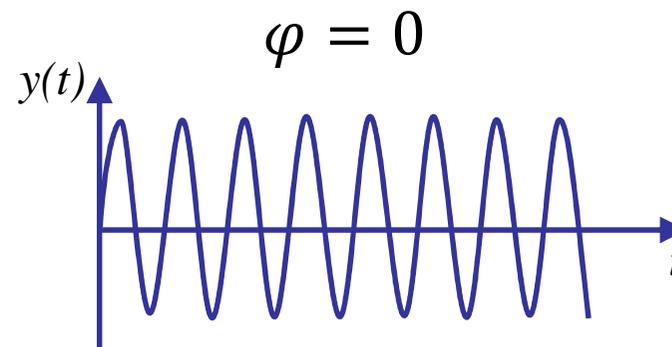


1

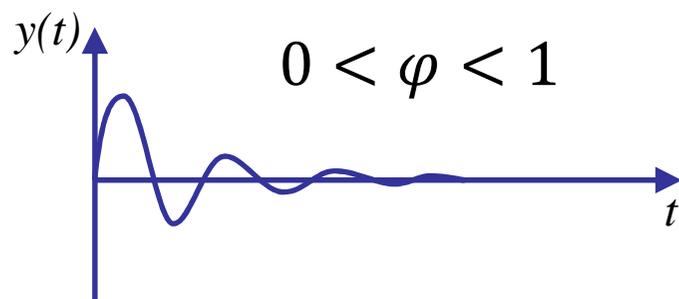
稳定性指标



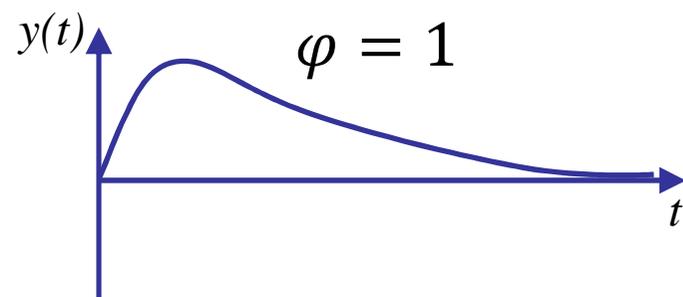
(a) 发散振荡



(b) 等幅振荡



(c) 衰减振荡



(d) 非周期过程

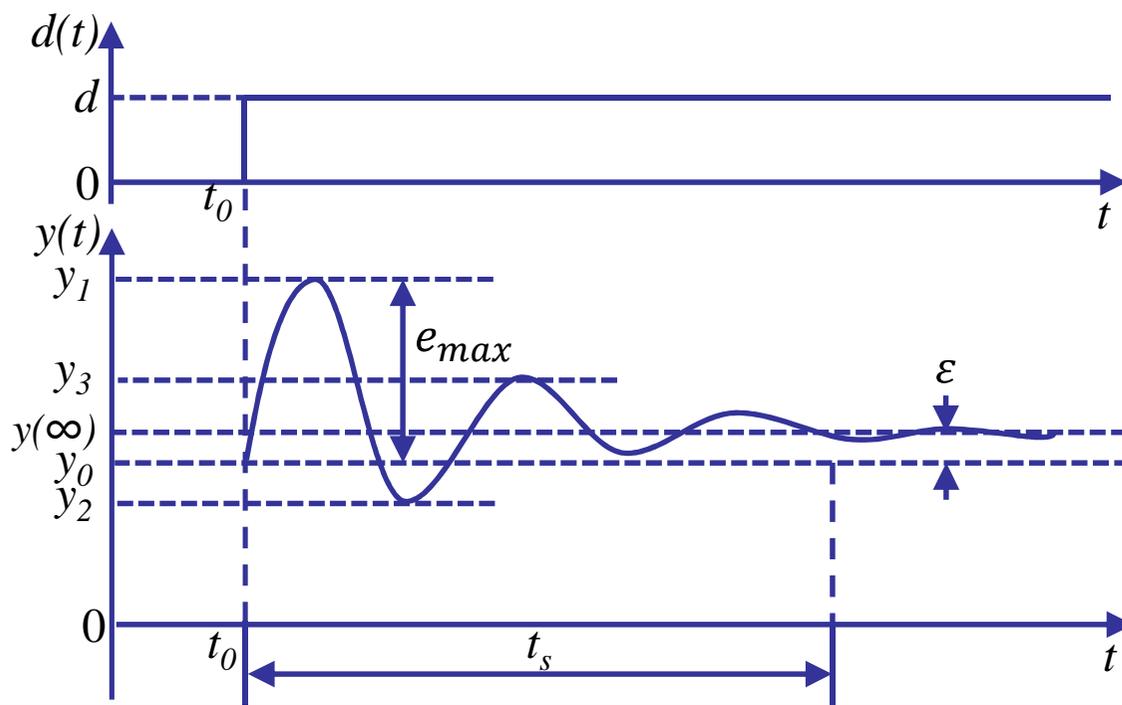
三 评定控制系统动态过程品质指标



2

精确性指标： e_{max}

最大动态偏差 e_{max} ，是指在衰减振荡中第一个波峰的峰值与给定值的差。它是动态精度指标。 e_{max} 大说明动态精度低， e_{max} 过小容易造成系统振荡。



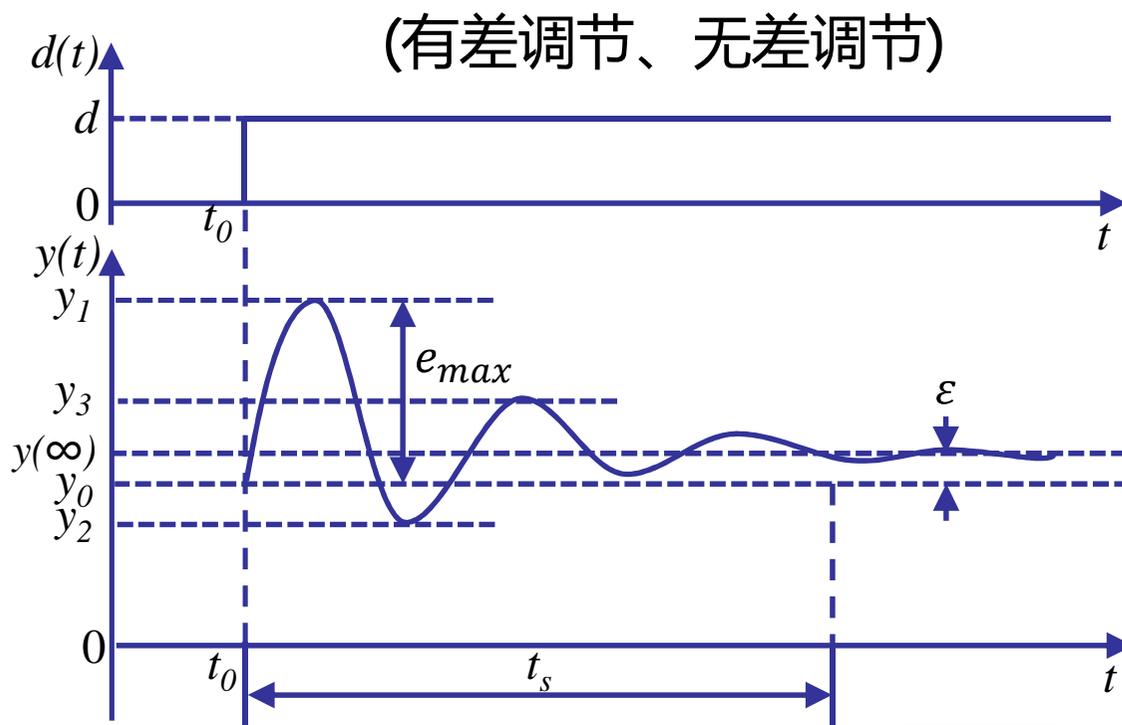
三 评定控制系统动态过程品质指标



2

精确性指标： ε

静态偏差 ε ：动态过程结束后，被控量新稳态值与给定值之间的差值。 ε 越小说明系统的静态精度越高。



三 评定控制系统动态过程品质指标

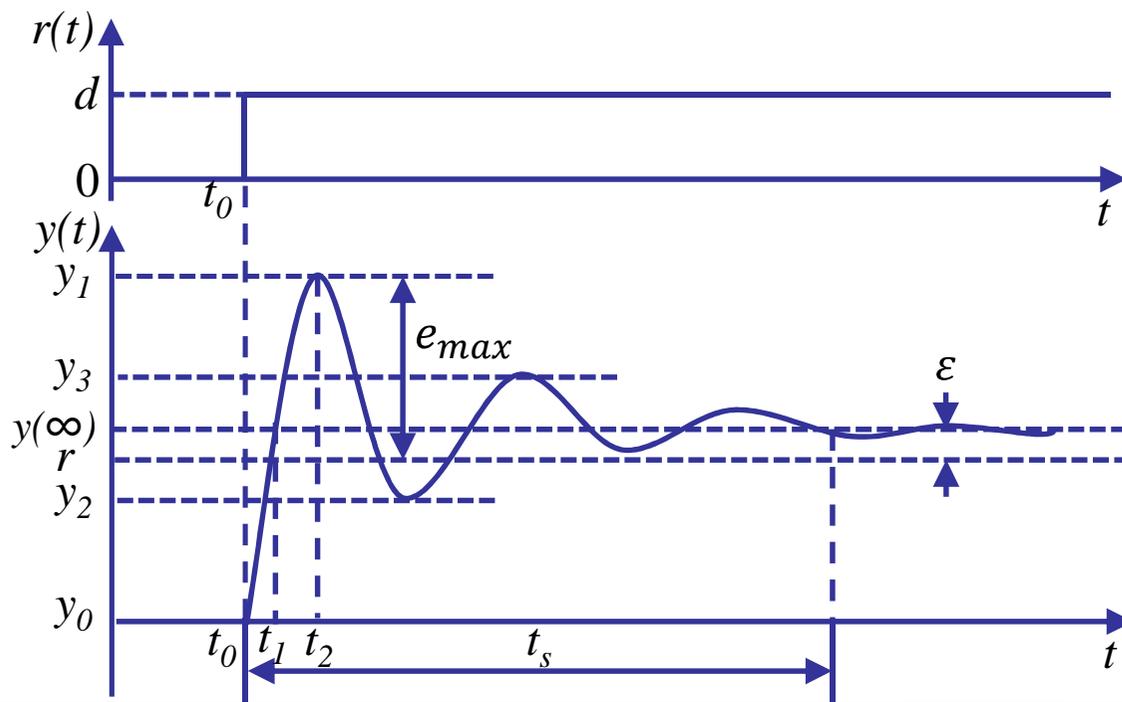


2

精确性指标： σ_p

$$\sigma_p = \frac{|y_1 - y(\infty)|}{|y(\infty)|} \times 100\%$$

超调量 σ_p ：是指在衰减振荡中，第一个波峰值减去新稳态值与新稳态值之比的百分数。一般要求 $\sigma_p < 30\%$ 。



三 评定控制系统动态过程品质指标

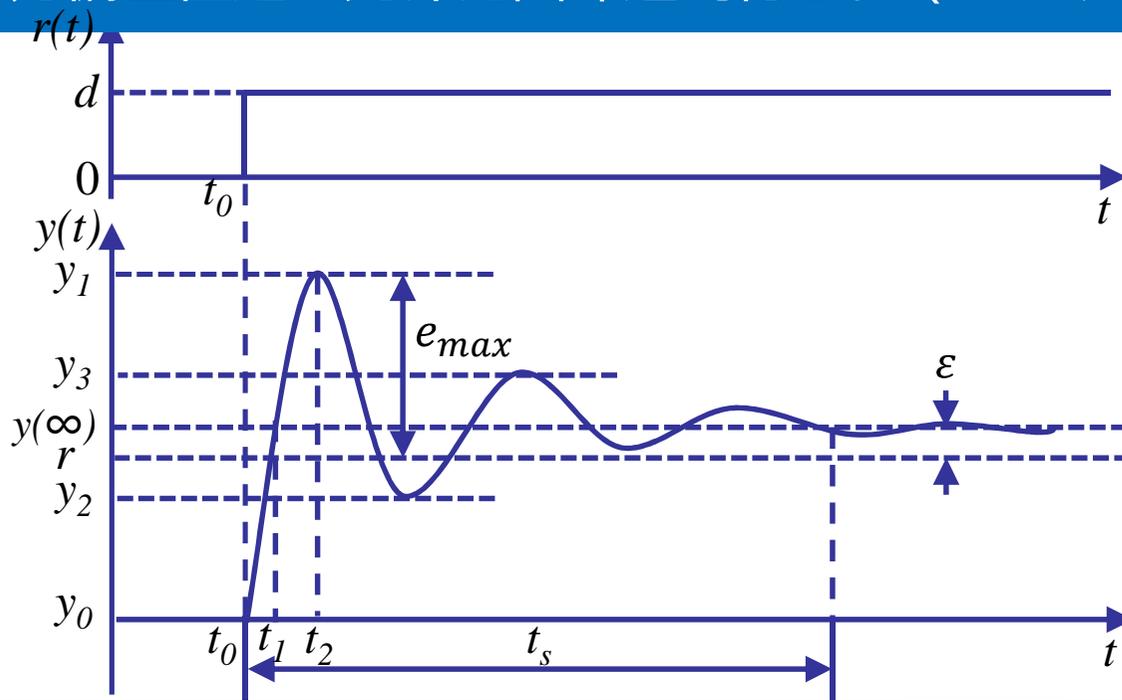


3

快速性指标： t_s

$$\frac{|y(t) - y(\infty)|}{|y(\infty)|} \leq \Delta$$

过渡过程时间 t_s ：是指从控制系统受到扰动开始到被控量重新稳定下来所需的时间。理论上为无穷大。通常认为偏差值进入允许范围即达到稳态。（0.02、0.05）。



三 评定控制系统动态过程品质指标

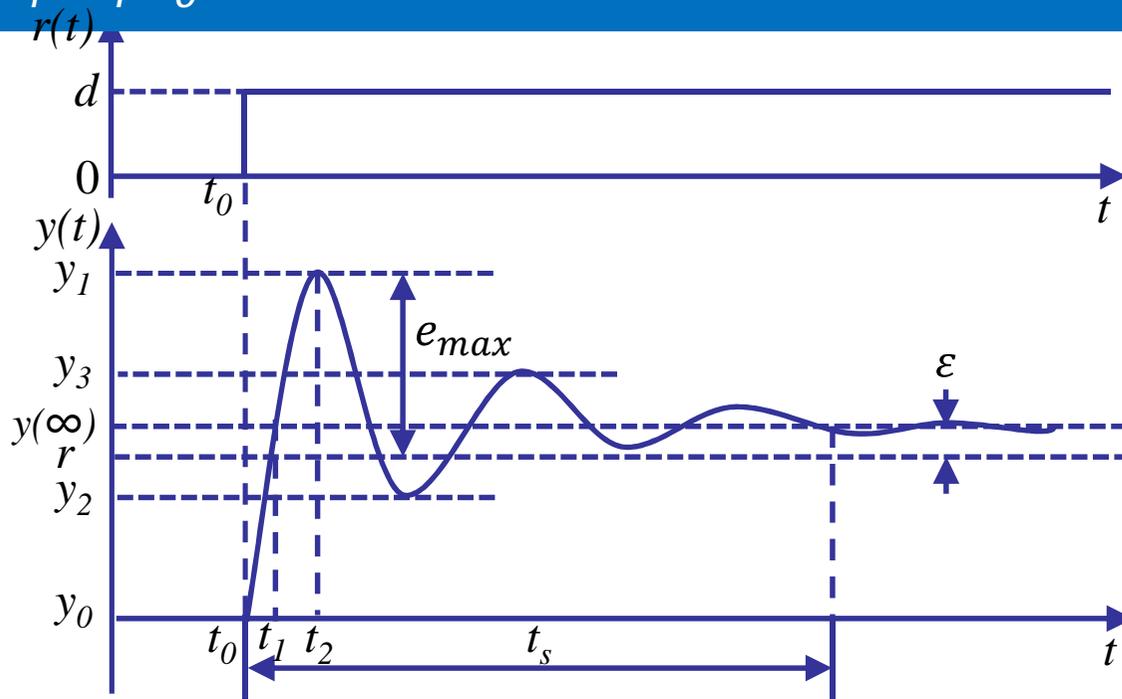


3

快速性指标： t_r

上升时间 t_r ：是指在随动控制系统的衰减振荡中，被控量从初始平衡状态第一次达到新稳态值所需的时间，

$$t_r = t_1 - t_0$$



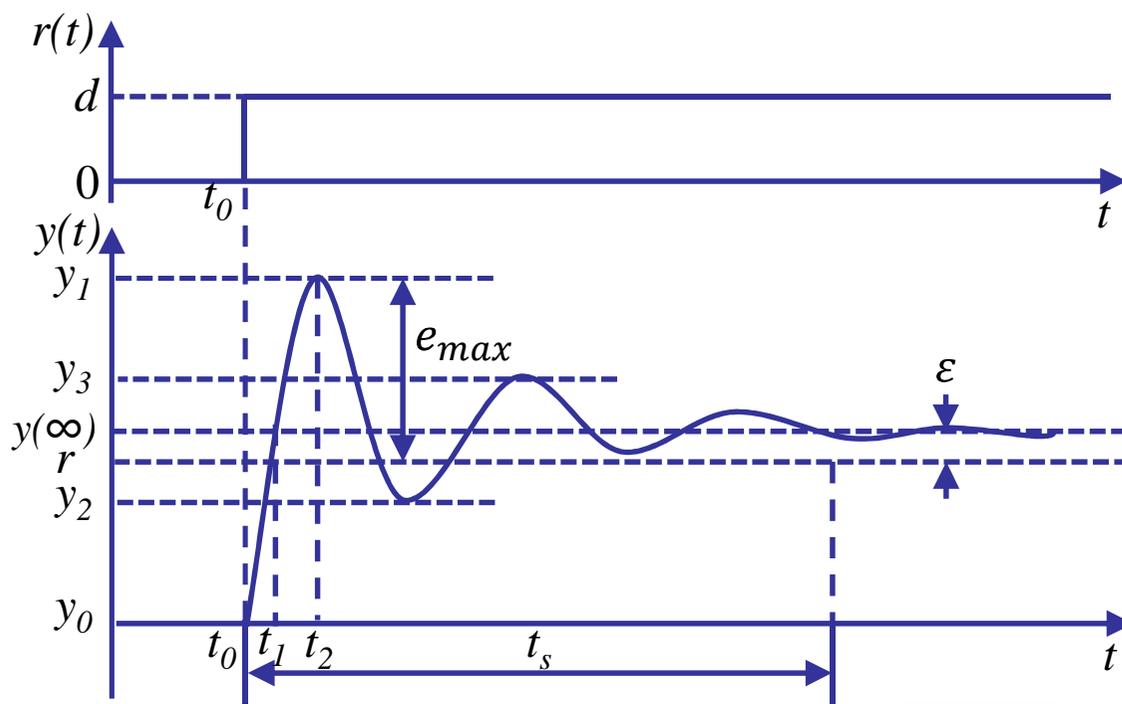
三 评定控制系统动态过程品质指标



3

快速性指标： t_p

峰值时间 t_p ：是指在随动控制系统的衰减振荡中，被控量从初始平衡状态达到第一个波峰值所需的时间， $t_p = t_2 - t_0$ 。



轮机自动化



谢谢各位同学！

