

自动控制原理之相对稳定性概念的教学

周龙

北方工业大学 北京 100144

[摘要]稳定性是控制系统的一个基本概念，它是指控制系统在不受干扰或很小干扰的情况下，当输入信号或系统的参数变化时，自动调节系统能使输出与输入的变化保持在一定范围内的能力。如果把它定义为在一个给定时刻使控制对象稳定的能力，那么这个定义是指：自动控制系统的稳定性是指其控制作用能长期保持稳定不变；所谓控制作用长期保持稳定不变，即当输入信号或系统参数改变时，自动控制系统能按预先设定的规律进行自动调节。简单地说，就是自动控制系统能根据输入信号或系统参数的变化及时调整自身状态参数。稳定是指自动控制系统对输入信号或参数变化具有一定的适应能力。

[关键词]自动控制原理；相对稳定；教学

[中图分类号] G641 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1647-9325 (2023)-0084-04 **[收稿日期]** 2023-03-14

那么相对稳定性又是什么呢？所谓相对稳定性，简单地说就是指在给定输入信号或系统参数下，当发生输入信号或系统参数发生变化时，自动控制系统能保持原有状态参数稳定不变的能力。在我们日常生活中，这种稳定性现象非常普遍：如将一个正方形（一个正方体）切成两块相等宽的小方格（一条线），不论其原来大小如何，在进行切割时都能保持原来的形状不变；再如两个苹果放在一起并使它们中心距相等（大小相等），不管它们原来怎样，只要把其中一个切开后使它变成两半时不能恢复到原来模样。

一、稳定性的概念

稳定性是控制系统的一个基本概念，它是指自动控制系统在不受干扰或很小干扰的情况下，能够长期保持稳定不变的能力，用英文字母表示就是“stability”或“stability-stability”。自动控制系统的稳定性反映了自

动控制系统对外界环境变化具有适应能力，能够长期保持稳定不变，即在给定条件下，自动控制系统仍能按预先设定的规律进行调节。但稳定性只是自动控制系统的一种性能，而不是控制系统的一种性质或一个性能特征。稳定性通常用“或”“且”等连接词表示。如：当输入信号为正弦信号时，输出为正弦波形；当输入信号为非正弦信号时，输出也可能是非正弦波；当输入信号为非正弦信号时，输出也可能是非正弦波。稳定性与干扰之间的关系也是一种矛盾关系，即在一定条件下存在着干扰使自动控制系统的稳定性变坏，但又必须满足一定要求。

二、稳定性与非稳定的区别

而非稳定则指自动控制系统对输入信号或系统参数的变化不能及时、准确地调整自身状态参数，从而导致自动控制系统达不到预定的控制效果。稳定性与非稳定性之间是有区别的：稳定性是指自动控制系统在给定

条件下对输入信号或系统参数变化具有一定的适应能力；而非稳定则指自动控制系统在给定条件下，当输入信号或系统参数发生变化时，其状态参数不能按一定规律进行自动调节。例如：对于一个双自由度机械臂的摆动系统，如果不考虑它的位置因素，只考虑它的运动状态因素，那么该机械臂摆动后能达到指定的位置。而如果在给定条件下考虑位置因素，就会导致该机械臂达不到指定位置。

三、相对稳定性的概念

我们知道，相对稳定性是有区别的。可以看到，相对稳定性是自动控制系统对输入信号或系统参数变化的适应性，而稳定性则是自动控制系统对输出与输入变化的适应性。

四、阶跃响应

由于系统的输入与输出之间存在着一定的时间差，因此在系统进行阶跃响应时，会有一定的时间延迟。当输入信号在某一时刻由负变正时，将会有一部分输出信号的变化量与输入信号的变化量同时减小或同时增大，但由于输入信号和系统参数都保持不变，所以这种情况下产生的阶跃响应。稳定性是相对稳定；阶跃响应是阶跃响应；阶跃响应又是阶跃响应；但稳定和阶跃响应不一定是相同的概念。

五、根轨迹

当自动控制系统处于稳定状态时，其输出与输入变量的关系为： $y=0, x=0, z=0$ 。其中， y 、 x 、 z 为控制系统的输出变量。而控

制系统的输出变量又是由其输入变量变化所决定的。对于某个控制系统来说，如果输入变量 i 在一定范围内变化时，输出变量 y 、 x 和 z 均保持不变（或发生微小变化），那么该系统的输出与输入之间的关系就可以表示为：其中， y 为控制系统输出与输入之间的关系（或信号）。以“正方形”和“两半”为例进行分析：假设已知控制系统的状态方程为（1）式中的输入 x 和输出 y ，我们可以利用根轨迹分析方法找出控制系统的根轨迹。如果输入 x 发生变化（如从 10 减至 5），而输出 y 也发生相应变化（如从 0 增大到 10），则该控制系统就处于稳定状态，否则就是不稳定状态。注意：上述分析方法适用于非线性控制系统。

六、输入输出特性曲线

稳定性是控制系统的一个重要属性，它是对其控制作用长期保持稳定不变的一种能力。它也是评价控制系统质量的一个重要指标，通常用输入输出特性曲线来表示。对一般控制系统来说，稳定性和动态性能是同时存在的。一般而言，稳定性要求输出跟踪输入，动态性能要求跟踪输入但又不失稳定。一般地，稳定性好的系统，其输出特性曲线是一条水平直线（或一条竖线）；动态性能好的系统，其输出特性曲线是一条上凸、下凹的曲线。自动控制系统稳定性通常可以从下面两个方面来考察：（1）观察自动控制系统是否能长期保持稳定不变；（2）输入信号变化时自动控制系统能保持原有状态参数稳定不变。

七、误差信号

如果误差信号的幅值变化不大,但其变化频率与输入信号的频率接近时,则可以认为该信号是“扰动”。通常,误差信号是在稳态时间 T 内从输出端观察到的值。根据这个定义,当误差信号的幅值发生变化时,扰动信号也应该改变其幅值。所以,误差信号也应该是系统稳定的一个重要因素。但是在实际工作中,往往由于控制系统中一些环节不是那么理想,系统误差幅度必然发生变化。例如对位置控制系统来说,输入电压、电流都会对位置控制产生影响。这类干扰不仅存在于实际对象中,而且还可能产生于控制系统本身。这时由于噪声的影响,所以需要将它的幅值也考虑在内。

参考文献:

- [1]李月娟,王应洋,张鹏."自动控制原理"课程的课程思政教育研究[J].教育教学论坛.2021,(36).
- [2]张冉,高联学."自动控制原理"混合式课程改革研究[J].南方农机.2021,52(24).DOI:10.3969/j.issn.1672-3872.2021.24.059.
- [3]吴海燕.新工科视角下自动控制原理的课程教学实践[J].教师.2021,(20).DOI:10.3969/j.issn.1674-120X.2021.20.058.
- [4]郑秀丽,陈明杰,迟明路,等.基于"微课+泛雅+学习通"的"自动控制原理"课程趣味课堂教学实践[J].南方农机.2021,(18).DOI:10.3969/j.issn.1672-3872.2021.18.047.

Teaching of the concept of the relative stability of the automatic control principle

Zhou Long

North China University of Technology, Beijing 100144

Abstract: Stability is a basic concept of the control system, it refers to the control system without interference or very little interference, when the input signal or system parameters change, the automatic regulation system can keep the output and input changes within a certain range. If it is defined as the ability to stabilize the control object at a given time, then this definition means: the stability of the automatic control system means that the control energy remains stable for a long time; the control action remains stable for a long time, that is, when the input signal or system parameters change, the automatic control system can automatically adjust according to the pre-set rules. Simply put, the automatic control system can adjust its own state parameters in time according to the change of the input signal or the system parameters. Stability means that the automatic control system has a certain ability to adapt to the input signal or parameter changes.

Key words: automatic control principle; relative stability; teaching