

# 挑战性作业

## 一、作业背景

经过一学期的打磨，我们对经典控制理论有了一些深入的了解。想不到，即使是对实际问题的简化模型进行分析、校正，也不是一件简单的事。在实际工程应用中，有时候情况可能并不尽如人意，无法避免的延时，无从知晓的扰动等，可能都会对系统的最终表现形态造成影响。面对一些比较陌生的难题，只要能够熟练运用手头的工具，照样可以披荆斩棘。

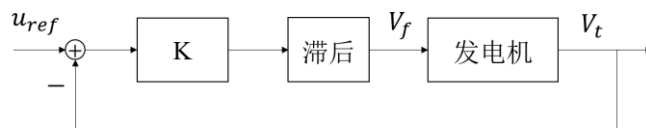
## 二、作业目的

1. 理解延时环节的作用，学会采用恰当的工具分析系统延时环节对系统稳定性带来的影响；
2. 提高面对未知问题的能力，加深对经典控制理论频域分析方法的理解。

## 三、作业任务

实际中，励磁电压并不能立刻跟随我们的控制信号，所以中间需要有一个环节来刻画这种滞后效应。对于电力系统而言，人们往往希望其电压与频率都能维持在额定值附近，所以我们主要关注同步机的端口电压 $V_t$ 和频率 $\omega$ 。（部分参数的取值并不符合实际，仅供教学使用）。

### 1. 延时环节：同步机的端口电压 $V_t$ ——只考虑 AVR



（1）采用一阶惯性环节来建模滞后效应

- ①试写出从 $u_{ref}$ 到 $V_t$ 的开环传递函数（取  $\text{Gain\_AVR}=100$ ,  $\text{Timedelay}=1$ ）；
- ②试分析闭环系统的稳定性（取  $\text{Gain\_AVR}=100$ ,  $\text{Timedelay} = 0.1, 1, 10, 100$ ），并通过仿真进行验证（ $\text{Timedelay} = 0.1, 1$  的情况，线性模型即可）
- ③试分析，在  $\text{Timedelay}=100$  时，闭环系统能保持稳定的最大  $\text{Gain\_AVR}$  是

多少？通过仿真进行验证（线性模型即可）。

（2）采用纯延迟环节来建模滞后效应，

①试写出从  $u_{ref}$  到  $V_t$  的开环传递函数（Gain\_AVR=100，Timedelay=1）；

②试分析闭环系统的稳定性（取 Gain\_AVR=100，Timedelay=0.1，1），并通过仿真进行验证（线性模型即可）

③试分析，在 Timedelay=1 时，闭环系统能保持稳定的最大 Gain\_AVR 是多少？通过仿真进行验证（线性模型即可）

**2. 未知扰动：**实际中，系统的传递函数本身会与预期存在一定偏差，偏差的具体情况我们无从知晓，只能获取以下信息：

（1）由于某个比例环节的不精确，导致开环系统的传递函数可能有不超过  $\pm 10\%$  的波动；

$$0.9G(j\omega) \sim 1.1G(j\omega)$$

（2）由于一些不可预知的因素，导致开环系统的传递函数与我们的预期存在某种偏差，目前只能确定偏差的幅频特性的最大不超过 0.4

$$G(j\omega) + \Delta(j\omega), \quad |\Delta(j\omega)| \leq 0.4$$

（3）由于一些不可预知的因素，导致开环系统的传递函数与我们的预期存在某种偏差，目前只能确定偏差的幅频特性的最大不超过原系统的 20%

$$G(j\omega) + \Delta(j\omega), \quad |\Delta(j\omega)| \leq 0.2|G(j\omega)|$$

以  $u_{ref}$  为输入， $\omega$  为输出，对于只有 AVR 控制的闭环系统（Gain\_AVR=3.3，无滞后），和有 AVR+PSS 控制的闭环系统（Gain\_AVR=100，无滞后，PSS 为作业六中获得），分别在有以上三种偏差的情况下分析系统的稳定性？（无需验证）

#### 四、作业参考资料

在 MATLAB 中，含纯延时环节的系统无法直接使用 rlocus 函数来绘制其根轨迹。带纯延时环节的系统如何进行准确分析，还需各位同学自行探索。

如果实在无法找到对系统进行准确分析的方法，可以退而求其次（当然作业

评价也会退而求其次了）借鉴以下参考资料：

帕德近似本质上就是有理逼近，它是用代数多项式分别作为分子分母（分母不为零）来逼近别的函数。

函数  $f(x)$  的  $[m,n]$  阶帕德近似为

$$R(x) = \frac{a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_mx^m}{1 + b_1x + b_2x^2 + \cdots + b_nx^n}$$

并且

$$\begin{aligned} f(0) &= R(0) \\ f'(0) &= R'(0) \\ f''(0) &= R''(0) \\ &\vdots \\ f^{(m+n)}(0) &= R^{(m+n)}(0) \end{aligned}$$

调用 `pade(T, N)` 函数，可获得纯延时环节的  $N$  阶 Pade 近似，进而将系统转换成易于处理的形式。

## 五、作业要求

1. 完成作业任务要求内容，形成作业报告；
2. 体会一阶惯性环节和纯延时环节在滞后效应刻画上的异同，总结纯延时环节的一般分析方法；
3. 分析体会根轨迹法和 Nyquist 图的优缺点和适用范围；
4. 思考面对未知的问题，面对现有工具无法适用的问题，我们可以从哪些方面进行突破。
5. 在报告中请**对此次作业难度的评价**，以及并注明完成此次作业所耗的时间，包括**编程时间**和**撰写报告时间**。（不会对课程成绩造成任何影响，只是方便老师和助教们进行后续的教学调整）；
6. 如有感想，可以写一小段总结，或者反馈（选做，不会对课程成绩造成任何影响。**如无必要，建议不写**。你们的反馈可能会影响后续的安排。**限 300 字。**）