

作业三 AVR 控制仿真

一、作业背景

在对系统进行时域仿真之后，我们脑海中便有了大大的疑惑，为什么同步发电机的工作状态会是这个样子？因此这里我们就会去了解对于此种动态过程应该如何刻画。作为对系统的初步了解，我们使用第一个工具 Routh 表完成对系统最初的刻画，判断它是不是一个稳定的系统。接着我们拿起理论武器，去考察系统应该长什么样子，同时结合仿真，发现噢，原来是这个样子。在分析完开环系统之后，我们很是不满意，这个同步发电机甚是不靠谱，于是我们在纸上大笔一挥，对这个系统改造一番，加入 AVR 闭环，构造了一个闭环系统。通过对闭环系统的分析，我们点了点头但又暗暗摇了摇头。

二、作业目的

1. 了解开环系统的构建及其性能分析；
2. 学习闭环系统的构建及其性能分析；
3. 对比开环系统与闭环系统的性能，了解不同系统之间的性能差异。

三、作业任务

a. 不含 AVR 的开环系统（以励磁电压 V_f 为输入，机端电压 V_t 为输出）

1. 稳定性分析：基于作业二的传递函数，通过 MATLAB 编程实现 Routh 表，通过 Routh 表分析系统稳定性，因为本次作业特征方程阶数不高，也可以直接分析特征根，并与作业二任务 3 结果进行对比。

2. 稳态性能分析：基于作业二的传递函数，判断系统的积分结构，分析在原有励磁电压基础上，不同幅值励磁阶跃输入（在原有励磁上加阶跃，从 V_f 变为 $V_f + \Delta V_f$ 。不必仿真太多组不同的幅值。）对机端电压 V_t 的影响，利用作业二中线性与非线性模型验证结果。

3. 动态性能分析：基于作业二线性与非线性模型的仿真结果，分别计算超调量、阻尼比和调整时间。

b. 含 AVR 的闭环系统

1. 闭环系统建模：结构如参考资料 b.1 所示，在原开环系统下，增加单位负反馈比例控制(K)，建立快速励磁 AVR 模型，以 u_{ref} 为输入（为了维持系统的稳态运行点， u_{ref} 需要具备一个基值），机端电压 V_t 为输出，绘制状态框图，计算传递函数，构建非线性仿真模型。
2. 稳定性分析：利用 Routh 表分析系统在不同比例增益 K 下，系统的稳定性，并基于非线性模型进行验证，与开环系统进行对比。
3. 稳态性能分析：根据终值定理计算稳态误差，分析 u_{ref} 在维持稳态所需基值的基础上发生不同幅值阶跃对机端电压 V_t 的影响，并基于非线性模型进行验证，与开环系统进行对比。
4. 抗干扰性分析：在励磁电压发生扰动条件下，分析不同扰动对机端电压 V_t 的影响，并基于非线性模型进行验证。
5. 动态性能分析：计算 AVR 闭环系统的超调量、阻尼比和调整时间，与开环系统进行对比。

四、作业参考资料

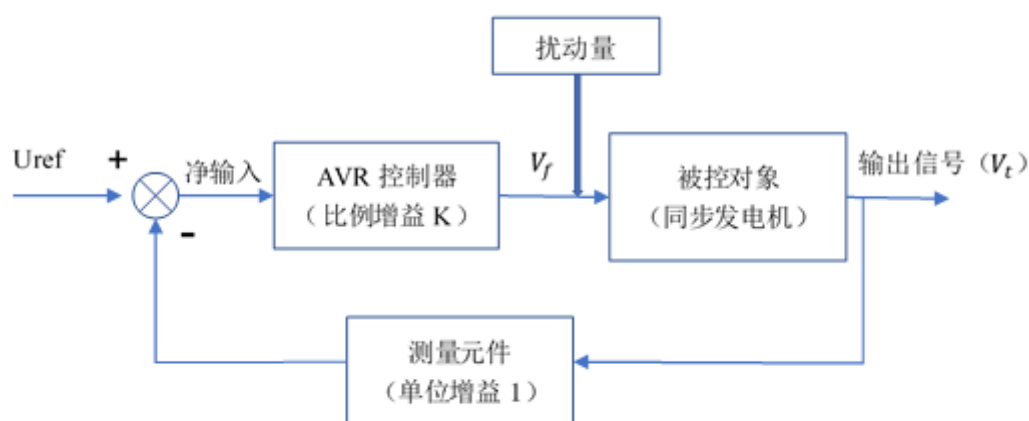
a. 不含 AVR 的开环系统：

1. 对于系统稳定性的分析，MATLAB 中可以直接调用 roots 函数求解多项式方程的根，根据求解出的传递函数的极点即可判断系统的稳定性。
2. MATLAB 中没有 Routh 函数，因此需要参考课本 P41 Routh 判据内容自行编写 Routh 表判断系统稳定性。通过 tf 函数获得系统传递函数后，参阅 tf 函数输出结构，即可获得系统特征方程。
3. 系统积分结构判断参考课本 P47。先根据传递函数，从理论上分析不同输入对输出的影响。之后采用线性与非线性模型进行仿真，验证理论分析的结果。仿真参考作业二。
4. 干扰对系统的影响参考课本 P49。开环系统的扰动为励磁电压的扰动，先根据传递函数进行理论分析，之后结合仿真验证。

5. 根据定义, 结合非线性和线性模型的时域仿真结果, 分别计算非线性和线性模型的超调量、阻尼比和调整时间。

b. 含 AVR 的闭环系统:

1. 在开环系统基础上, 先增加比例增益 K , 输入电压 u_{ref} 通过比例增益控制励磁电压。之后把机端电压 V_t 以单位负反馈形式引入输入电压中, 构成负反馈调节。状态图形式如下:



此时同步发电机的励磁电压为净输入量经控制器放大后得到。

2. 利用任务 a 中编写的 Routh 表即可分析闭环系统的稳定性。

3. 在得到闭环系统的传递函数之后, 参考课本 P47, 可计算出系统的稳态误差。同时需要构建闭环系统的非线性模型, 采用闭环系统的非线性模型进行验证。闭环系统非线性模型相较于开环非线性模型, 其输入变量改变, 需要对原输入变量进行相应的调整, 得到符合闭环系统的新输入变量。(闭环系统的输入变量在叠加单位负反馈和比例增益后成为原开环系统的输入变量)

4. 对励磁电压施加干扰, 通过状态框图, 结合传递函数理论分析扰动对机端电压的影响。利用调整后非线性模型进行仿真验证。

5. 利用调整后的闭环非线性和线性模型, 通过时域仿真, 同样计算超调量、阻尼比和调整时间。

五、作业要求

1. 完成作业任务要求内容, 形成作业报告。

2. 综合开环系统和闭环系统的分析，从“稳、准、快”三个角度，对比开环系统和闭环系统的性能区别，并定性分析讨论放大增益 K 的变化对系统性能的影响。

3. 在报告中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**。（**时间统计不会对课程成绩造成任何影响**，只是方便老师和助教们更全面地把握每次作业的任务量，便于后续的教学调整）；

4. 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。**）