

作业二 同步发电机模型仿真

一、作业背景

在作业一中，我们已经完成了对同步发电机模型的构建，如同一把寒铁剑已经有了剑的雏形，若想成为真正削铁如泥的锋物仍需要不断的打磨。之后的作业内容都是关于雏形的加工，一步步地锤炼将使其成为真正独当一面的重器。想要判断建模的同步发电机有什么特点，就需要对建立的模型进行仿真。通过观察发现，描述同步发电机的方程是非线性方程，这样问题就变得有趣了。我们知道线性方程的分析方法，而我们要解决的问题是非线性方程。对其线性分析与非线性分析就有了区别。在对它们的区别比较之后，我们就会理解世界原来不是那么的简单，一个参数小小的变化竟也有如此作用。

二、作业目的

1. 了解 MATLAB 仿真过程，学习 MATLAB 在自动控制仿真方面的应用；
2. 通过对同步发电机仿真，理解系统的动态过程；
3. 采用非线性模型、线性模型、传递函数模型仿真，掌握各个模型之间的异同；
4. 认识稳态初值条件对系统的影响。

三、作业任务

实际上，既然要通过励磁电压对同步发电机输出量进行控制，励磁电压就不能一直不变，如本次作业 V_f 的初值为 1.1。我们需要研究励磁电压的些许变化对输出量的影响，如励磁电压增加了 0.05，从 1.1 变为 1.15，系统的输出量会怎么变？励磁电压降低了 0.05，从 1.1 变为 1.05，那时候的输出量又是如何？需要注意的是，无论是线性模型还是非线性模型都必须建立在一定的 V_f 基础上，因此做分析的时候不改变基础 V_f 的大小，而将 ΔV_f 作为阶跃扰动输入。这就要求我们先建模、得到传递函数（对于线性模型），再进行仿真。

1. 通过 MATLAB 仿真，以励磁电压的阶跃为输入（在原有 V_f 基础上变化，比如 V_f 的初值取 1.1，阶跃输入 $\Delta V_f = 0.05$ ，则此时输入的励磁电压为 1.15），构建非线性模型，计算不同稳态初值条件下系统状态的动态过程。

（要得到不同稳态初值，需要改变系统的初始条件。因此可以采取改变励磁电压初值的方法，比如固定 $\Delta V_f = 0.05$ 的情况下， V_f 的初值发生变化。也可以选择不改变 V_f 的初值，改变 P_m ，分析在同样 ΔV_f 情况下系统的三个状态变量和输出 V_t 的动态过程。为了方便对比分析，建议任务 1~3 采用同一套稳态初值进行仿真。不必取太多不同的值，包括原有值在内，一共 2~3 组稳态初值即可，关键在于分析，而不是盲目堆仿真的量。）

2. 通过 MATLAB 仿真，以励磁电压的阶跃为输入，采用作业一构建的线性模型，计算不同稳态初值条件下系统状态的动态过程。（采用 ode45 计算）

3. 通过 MATLAB 仿真，以励磁电压的阶跃为输入，构造系统传递函数，计算不同稳态初值条件下系统状态的动态过程，与任务 1、2 的结果进行对比。

（对于系统的状态，我们想了解的内容是三个状态变量和系统的输出是如何变化的。而系统传递函数描述的是系统输入和输出之间的关系。我们目前只学过描述单输入单输出的传递函数。如果我们想要了解四个变量的变化，那么这意味着我们需要分别构建四个代表不同输出的传递函数。提示：状态空间方程由两部分组成，一是状态方程，一是输出方程。改变系统输出，即改变输出方程。）

如果 ΔV_f 的大小相对于 V_f 的初值是忽略的，比如 $\Delta V_f = 1$ ，（任务 1 所举例的 $\Delta V_f = 0.05$ ，相对于 V_f 的初值 1.1 来说属于比较小的变动），那么重复任务 1、2、3，此时结果会有什么变化（只需仿真原始参数所代表的稳态，不必计算不同稳态）。它们的结果会是一样的吗？如果不一样，那么我们该采用哪个模型的结果，以及明明是对同一个对象进行描述却出现不同结果的原因是什么？

4. 设置不同的电抗 x_d 参数，采用任务 1 和任务 2 的模型，观察系统时域仿

真的动态过程，分析系统参数对系统运行结果的影响。

四、作业参考资料

a. 构建系统非线性模型：

1. 非线性模型是基于系统状态方程构建的模型。在状态方程中，某些变量不满足线性要求，如：齐次性、可加性，无法得到线性状态方程(如： $\dot{x} = Ax + Bu$ ， $y = Cx$)。因此需要根据状态方程，直接在 MATLAB 中建立微分方程组，通过对微分方程组数值求解，完成对非线性模型的仿真。

2. 仿真中对微分方程组数值求解直接调用 MATLAB 中 ode45 函数进行求解。(在 MATLAB 命令行窗口输入 help ode45，即可查看 ode45 函数使用方法)

b. 构建系统线性模型：

1. 线性模型同样是基于系统状态方程构建的模型。在非线性和系统中，如果想要构建线性模型，需要在非线性系统稳态点附近进行线性化。在线性化之后，系统线性化的部分构成线性模型，在线性化部分与非线性常值部分叠加之后构成系统的最终输出。因此构造线性模型，需要结合作业一中已经求出的系统稳态工作点，在稳态工作点附近对系统进行线性化。线性化之后通过对线性微分方程组数值求解，完成对线性模型的仿真。

2. 仿真中对线性微分方程组数值求解直接调用 MATLAB 中 ode45 函数进行求解。对线性部分求解完成之后，与系统初值叠加得到系统状态结果。

c. 构建系统传递函数：

1. 系统传递函数是基于线性系统而构造。因此在得到系统线性模型之后，把系统线性部分转化为 $\dot{x} = Ax + Bu$ ， $y = Cx$ 的形式。参考课本 P23，即可得到系统传递函数。在 MATLAB 中已有现成的函数，并不需要手算：如果已知方程组 $\dot{x} = Ax + Bu$ ， $y = Cx$ ，调用 MATLAB 中 ss 函数，构造系统，之后调用 tf 函数，即可获得系统传递函数。(在 MATLAB 命令行窗口输入 help ss，即可查看 ss 函数使用方法，tf 函数同理)

d. 相关函数：ode45、repmat、ss、step、tf。

五、作业要求

1. 完成作业任务要求内容，形成作业报告；
2. 结合作业任务内容，思考对工程问题进行仿真的一般方法；
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。**）