

# 2024 年《电力系统分析》课程作业——暂态部分

## 课程大作业简介

本次作业基于同步发电机数学模型的知识点，拓展学习同步电机基本参数的概念，掌握基本参数与标准参数的转换关系；明确电力系统故障分析与计算的模型、原理和实现方法，认知不同类型的短路故障对电力系统运行的影响；基于测试系统完成暂态稳定的相关分析。

本次作业要求学习并初步掌握一种电磁暂态仿真软件（包括但不限于 Simulink、PSCAD 等软件）的基本功能和使用方法，并在软件上完成图 1 所示测试系统的建模、分析与计算，并撰写研究报告。

## 测试系统

测试系统如图 1 所示，系统为单机无穷大系统，包含左侧 1 个发电机节点、右侧 1 个无穷大系统节点，1 组三相变压器以及双回 230kV 输电线路。测试系统各元件具体参数设置如表 1,2,3 所示。

请在仿真软件中建立测试系统的模型。系统初始运行工况：左侧发电机的输出功率为  $100 + j20$  MVA，且机械功率和励磁电压恒定。

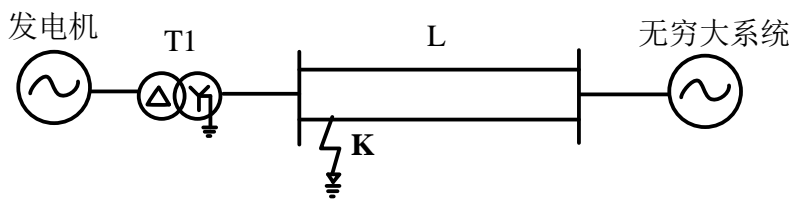


图 1 测试系统示意图

表 1 火电机组参数

名称	单位	数值
额定容量	MVA	200
定子额定电压	kV	13.8
直轴同步电抗 $X_{du}$	%	208
横轴同步电抗 $X_{qu}$	%	162
直轴暂态电抗 $X'_{du}$	%	29.6
横轴暂态电抗 $X'_{qu}$	%	47.4
直轴超暂态电抗 $X''_{du}$	%	20.0
横轴超暂态电抗 $X''_{qu}$	%	20.0
定子电阻	%	0.205
定子漏电抗 ( $X_p$ )	%	15
直轴开路暂态时间常数 $T'_{d0}$	s	9.3
横轴开路暂态时间常数 $T'_{q0}$	s	0.8
直轴开路超暂态时间常数 $T''_{d0}$	s	0.05
横轴开路超暂态时间常数 $T''_{q0}$	s	0.07
惯性常数	s	3.3
中性点电阻/电抗	%	1e6/0

表 2 火电厂主变 T1 参数

名称	单位	数值
额定容量	MVA	210
连结组别	---	YNd1
电压变比	kV	230/13.8
阻抗电压	%	14
空载电流	%	0.11
负载损耗	kW	319.37
空载损耗	kW	94.84

表 3 230kV 线路参数 (单回)

	单位	数值
线路长度	km	30
正序电阻	$\Omega/\text{km}$	0.01241
正序电抗	$\Omega/\text{km}$	0.2745
正序电容	$\mu\text{F}/\text{km}$	0.01330
零序电阻	$\Omega/\text{km}$	0.20390
零序电抗	$\Omega/\text{km}$	0.82240
零序电容	$\mu\text{F}/\text{km}$	0.00836

## 基本部分（必做）

### 1、同步发电机标准参数与基本参数

查阅相关文献，了解同步电机**标准参数**与**基本参数**的基本概念，并列出的两者的转换关系。根据上述测试系统中的同步电机的标准参数（见表 1）求出基本参数。

### 2、对称短路故障分析

（1）其中一回线路的首端（图中 K 点）发生三相短路故障时，试用三阶段法求出左侧发电机提供的三相短路电流表达式，并画出其波形。理论计算时，可忽略发电机负载电流、线路电阻及并联电容的影响。

（2）将理论与仿真结果进行对比，分析异同点。

### 3、不对称短路故障分析

（1）其中一回线路的首端（图中 K 点）发生 AB 两相接地短路故障时，采用实用计算方法计算左侧发电机提供的各相短路电流，理论计算时忽略线路电阻及并联电容影响。

（2）将理论与仿真结果进行对比，分析异同点。

### 4、暂态稳定性分析

试采用理论和仿真方法计算 K 点发生三相短路故障时的临界切除时间，并分析造成结果差异的原因。注：理论计算时，可忽略线路电阻及并联电容影响。

## 拓展部分（选做）

### 5、风电机组对短路电流的影响研究

使用一个风电场代替左侧同步发电机，初始工况下，风电场的输出功率为  $100 + j20$  MVA。当系统发生第 2、3 问所述的两个短路故障时，给出风电场所提供的短路电流仿真波形，探讨其与原同步机所提供的短路电流的区别（可从电流大小、变化趋势及速度等方面），并进一步分析原因。

注：建议使用 Simulink 或 PSCAD 官方提供的风电场示例模型，注意修改变压器电压变比；风电场输出功率=单机输出功率\*风机台数。

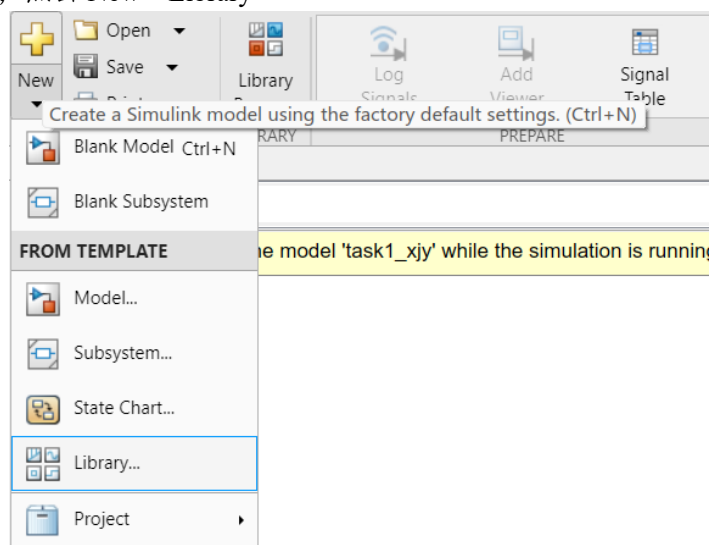
## 附：学习资料

1、MATLAB/Simulink 的安装与使用：清华大学信息化用户服务系统 (<https://its.tsinghua.edu.cn/index.jsp>) — 公共软件—计算类—MATLAB—安装指南、培训讲座

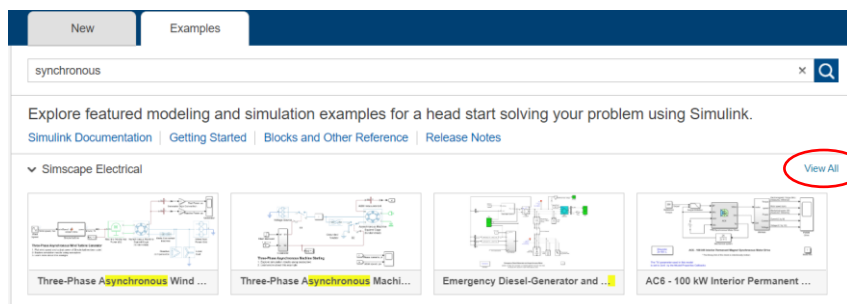


2、MATLAB/Simulink 官方提供的示例模型与应用：

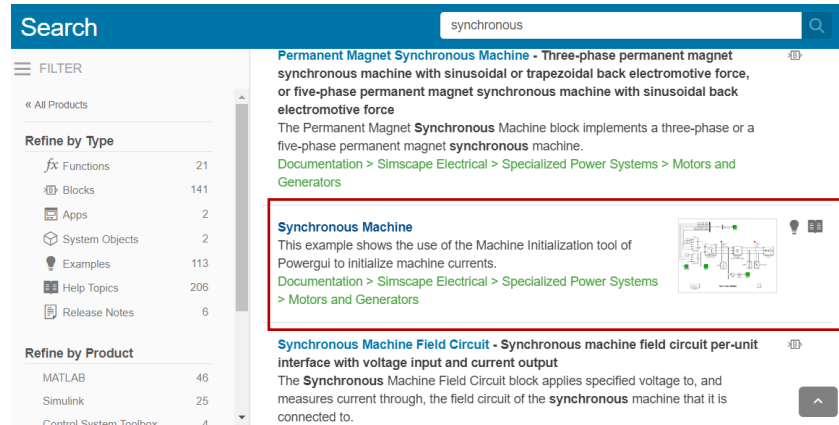
(1) 打开 Simulink 平台，点击 New—Library



(2) 点击 Examples，选 view all



(3) 在右上方的搜索框，搜索模型关键词。例如，下方方框中就是同步机并网的一个示例模型。



3、PSCAD 免费版下载网址 <https://www.pscad.com/software/pscad/free-edition>。注意，**免费版对仿真系统有节点限制（15 节点以内）。**

4、PSCAD/EMTDC 建模仿真入门（b 站）

[https://www.bilibili.com/video/BV1tr4y1K77v/?spm\\_id\\_from=333.337.search-card.all.click&vd\\_source=e6a2036853461c021b2ee7dd18f46771](https://www.bilibili.com/video/BV1tr4y1K77v/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click&vd_source=e6a2036853461c021b2ee7dd18f46771)

5、PSCAD 官方提供的示例模型与应用：PSCAD Engineering Applications

<https://www.pscad.com/knowledge-base/topic-248/v->