

武汉大学

Wuhan University



# 电力系统自动装置 数字仿真实验报告



学院： 电气工程学院

姓名： 吕知彼

班级： 2013 级 3 班

学号： 2013301610345

# 电力系统自动装置原理数字仿真实验

姓名：吕知彼 学号：2013301610345 班级：2013 级 3 班

## 一. 同步发电机的准同期并列操作

发电机的准同期并列操作，是在同步发电机已经投入调速器和励磁装置，当发电机电压的幅值、频率和相位与电网并列点接近相等时，通过并列点断路器合闸将发电机并入电网运行的一系列动作。

具体参见教材《电力系统自动化》或《自动装置原理》。

### 1. 实验预习

清楚同步发电机准同期并列的概念和原理。

为了使待并发电机组满足并列条件，自动准同期装置设置了三个控制单元。

(1) 频差控制单元 它的任务是检测 $\dot{U}_1$ 与 $\dot{U}_2$ 间的滑差角频率 $\omega_s$ ，且调节发电机转速，使发电机电压的频率接近于系统频率。

(2) 电压差控制单元 它的功能是检测 $\dot{U}_1$ 与 $\dot{U}_2$ 间的电压差，且调节发电机电压 $U_1$ ，使它与 $U_2$ 间电压差值小于规定值，促使并列条件的实现。

(3) 合闸信号控制单元 检查并列条件，当待并机组的频率和电压都满足并列条件时，控制单元就选择合适的时间发出合闸信号，使并列断路器 $DL$ 的主触头接通时，相角差 $\delta_0$ 接近于零或控制在允许范围以内。

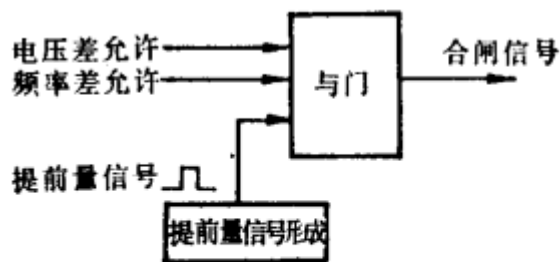


图1-9 准同期并列装置的逻辑框图

### 2. 实验目的

了解数字仿真软件中发电机组的构成，仿真同步发电机准同期并列操作。

### 3. 实验步骤

(1) 将仿真示例 copy 到电脑。进入 PSCAD，打开 sync\_in\_paralell;

(2) 熟悉模型

a. 三个时间的设置

点右键，再点 Project setting, 再点 Runtime, 注意 Time setting 三个参数的设置，见图 2。

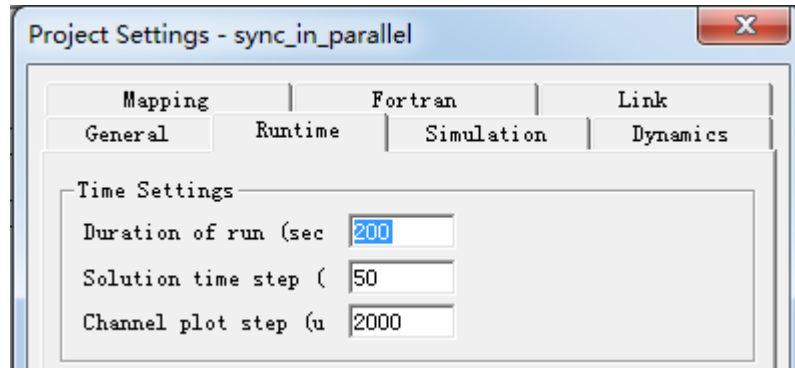


图 2 运行相关时间设置


Duration of run (sec): 程序计算时间，以秒为单位；

Solution time step ( $\mu s$ ): 计算步长，以微秒为单位，两个相邻计算点之间是一个计算步长；


如上图的 200s, 50  $\mu s$ ，用计算输出的数据来说明，第一个数据的时间坐标是 0s，最后一个数据的时间是 200s，每两个数据的时间坐标相差 50  $\mu s$ 。

Channel plot step ( $\mu s$ ): 作图步长，以微秒为单位，图上相邻两个点之间的时间是一个画图步长。

请将模型计算时间和运行时间区分开，同学们可以看看要得到 200s 的计算数据，

运行时间是多少。记下点击菜单  开始运行和结束运行的实际时间，两者之差就是运行时间，该时间与电脑性能密切相关。

b. 学习各个元件的使用。

例如 ，双击后有图 3，

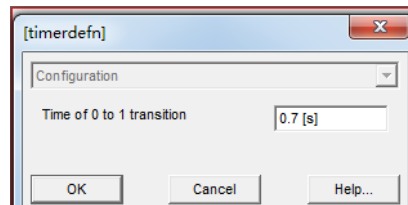

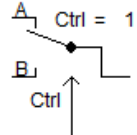


图 3 计时器设置

表明：点击菜单运行图标 ，程序计算时间从 0 开始计时，当计算时间是 0.7s 时，该元件的输出由 0 变为 1。

再如选择器：，A、B 是输入，右端是输出。A 双击后有

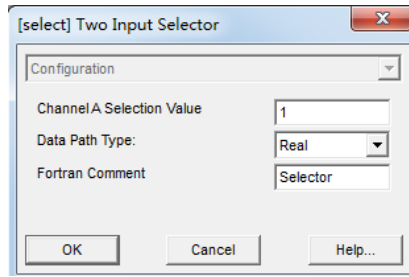
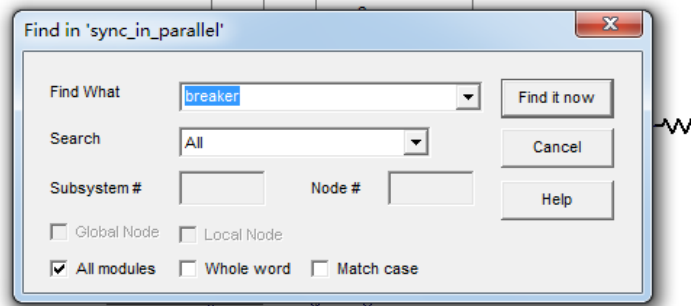
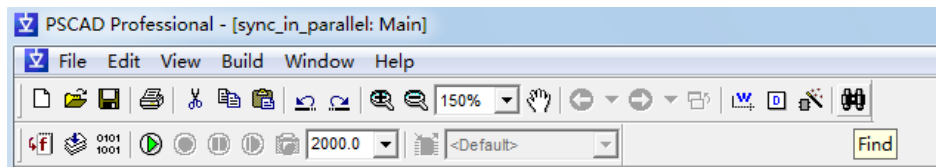


图 4 选择器设置

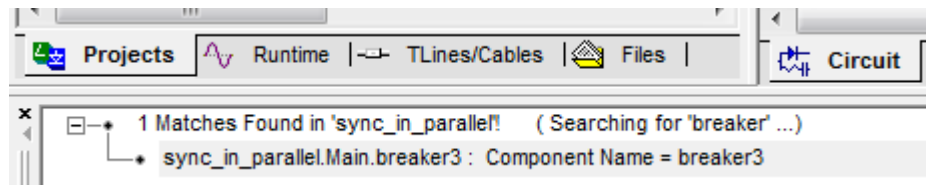
点击 ‘Help’，可知如何使用。如上图所填，当 Ctrl 端等于 1，A 端输入被选择，输出等于 A 端输入。

c. 准同期并列操作控制输出对并列断路器的作用

(a) 利用菜单的 ‘望远镜’ 找到断路器；



点击左下角 ‘output’ 找到的元件，将有箭头指向系统模型中的断路器。



(b) 双击断路器，找到控制断路器开断的控制信号，

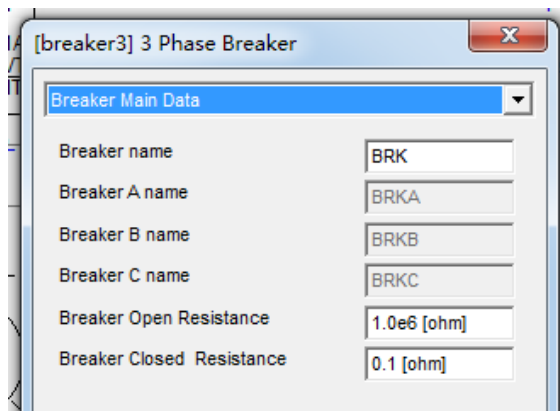


图 5 断路器设置

图 5 中的 BRK 就是准同期并列操作模块的输出，见图 6。

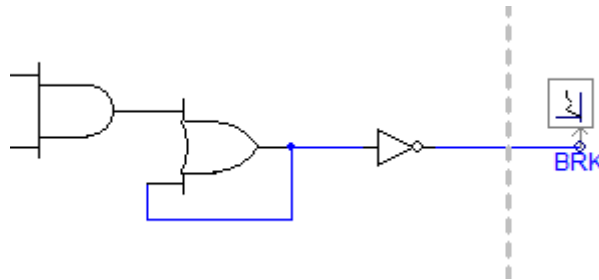


图 6 准同期并列操作控制模型输出部分

d. 系统模型的构成

同步发电机(见文件夹：PSCAD 发电机模型使用及其控制)；断路器；电网(用外接电阻电感的三相电源等效)；励磁控制器(见文件夹：PSCAD 发电机模型使用及其控制)；原动机与调速器(见文件夹：PSCAD 发电机模型使用及其控制)；准同期并列操作控制

(3) 滑差角速度允许检测设计

准同期控制缺滑差角频率允许检测，允许值是 0.0025pu，请补全。

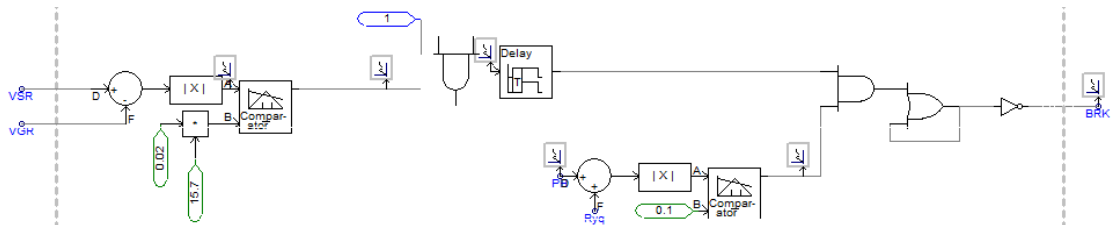
(4) 运行

4. 实验记录

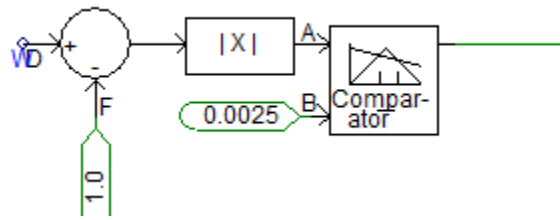
(1) 对准同期并列操作控制模型的认识

将实现下面各功能的模块图形插入下面对应处（注意不是仿真结果，是模型）：

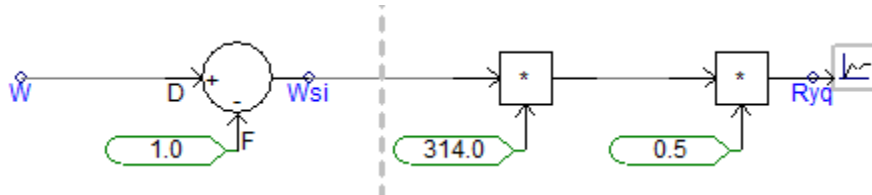
a. 电压差允许检测（电压比较）；



b. 频率差允许检测（频率比较）；

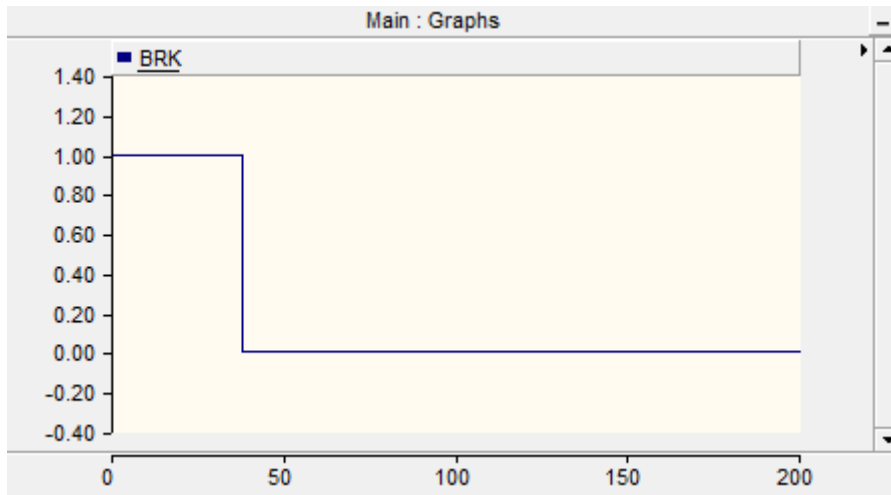


c. 提前量信号形成（越前相角判断， $R_{yq}$  是越前相角）。

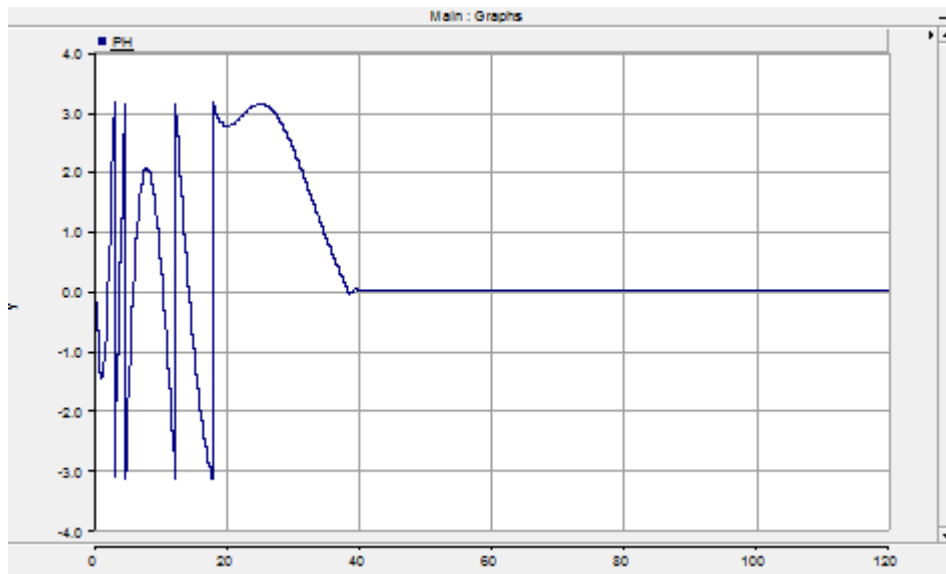


(2) 运行结果

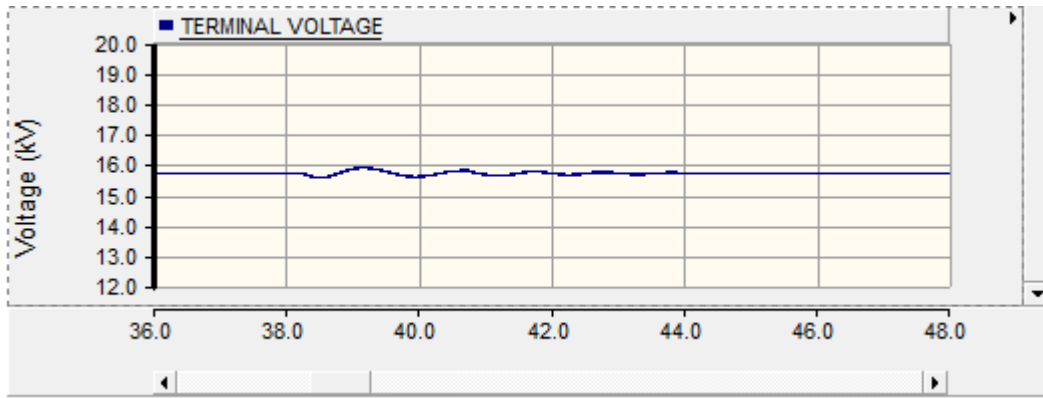
a. BRK 变量的变化曲线；



b. 断路器两侧电压相角差的变化曲线；

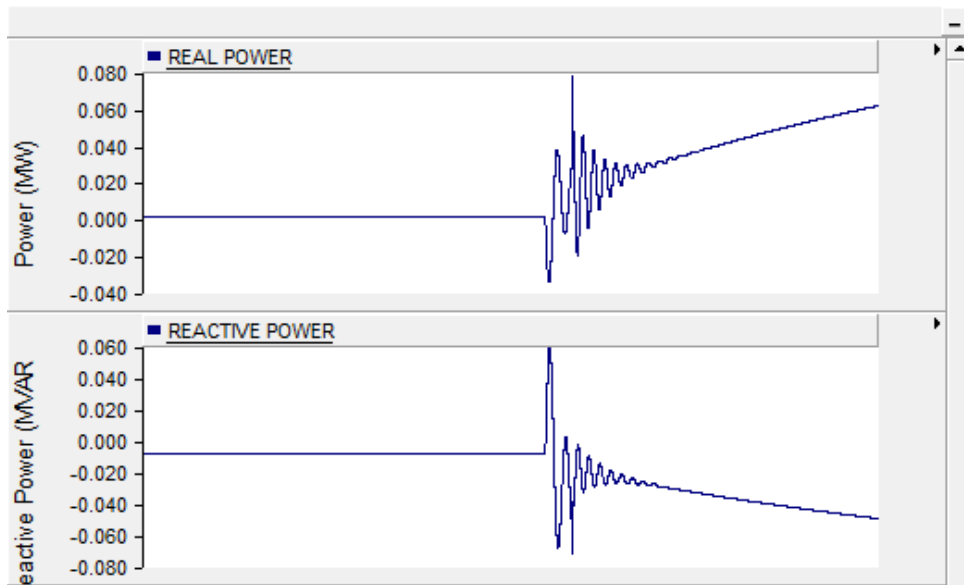


c. 发电机端电压的变化曲线；

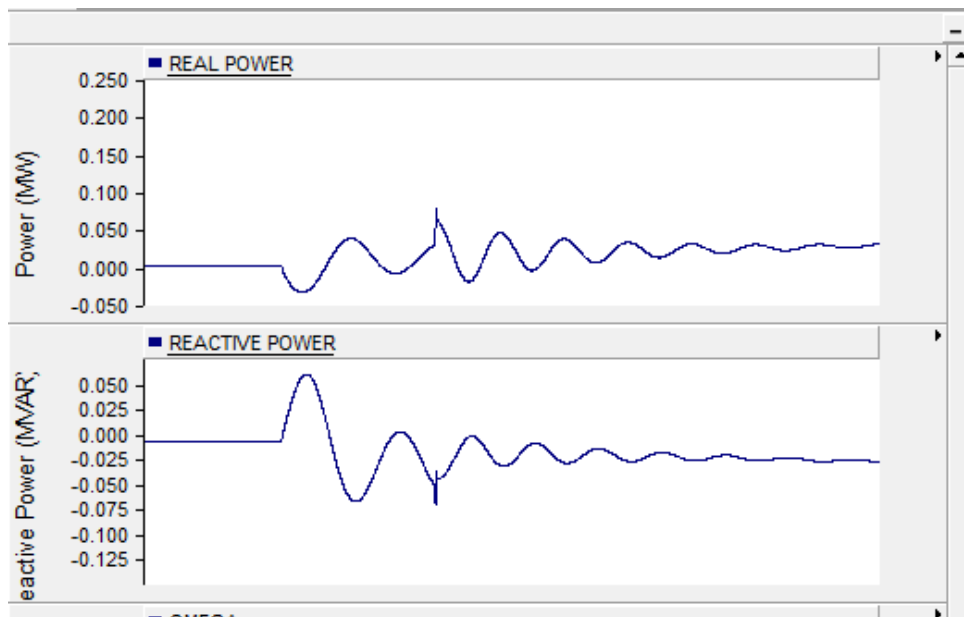


断路器合闸时刻的端电压变化

d. 发电机输出有功、无功的变化曲线；

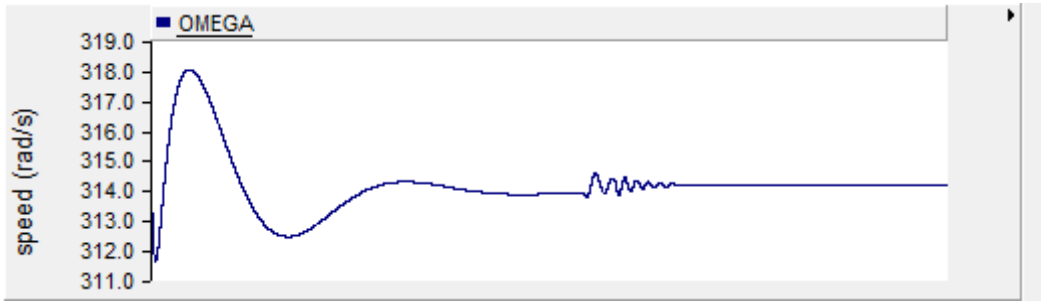


70 秒内的发电机输出有功、无功的变化

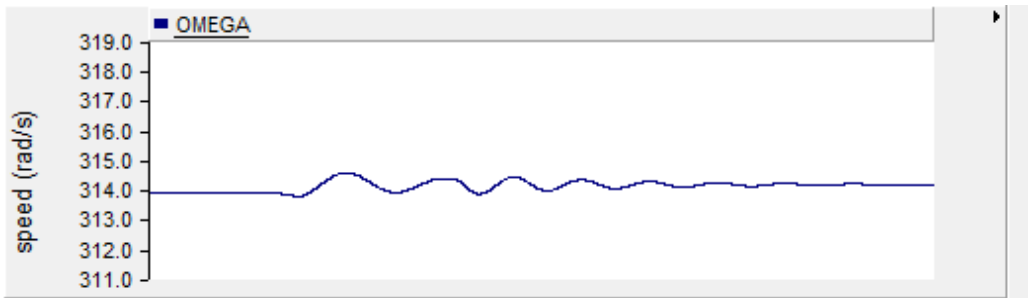


断路器合闸时刻的发电机输出有功、无功变化

e. 发电机角频率的变化曲线



70 秒内的发电机角频率变化



断路器合闸时刻的发电机角频率变化

5. 实验分析

(1) 相角差检测考虑了滑差角速度大于 0 和小于 0 两种情况吗？

答：没有考虑。由模型可知，相角差 PH 等于 VG 与 VS 相位之差，即电源侧相位减去电网侧相位，滑差角速度 Wsi 等于 W-1，即电源侧角速度减去电网侧角速度，当相角差 PH 为负时，Wsi 大于零时为电源侧电压矢量追赶电网侧电压矢量，在相角差和值在 0.1 范围内时合闸，而当 Wsi 小于零时为电源侧电压矢量反方向追赶电网侧电压矢量，因此 PH 会越拉越大，不会满足给定条件。



(2) 有什么作用？去掉会出现什么情况？

答：延时可以提高合闸可靠性，因为合闸过程中出现的一些暂态过程可能在某个时刻使合闸条件满足，而加上延时环节可以保证在 10s 内合闸条件均成立断路器才会动作，若去掉延时环节有可能出现断路器误动的情况。

6. 进一步思考

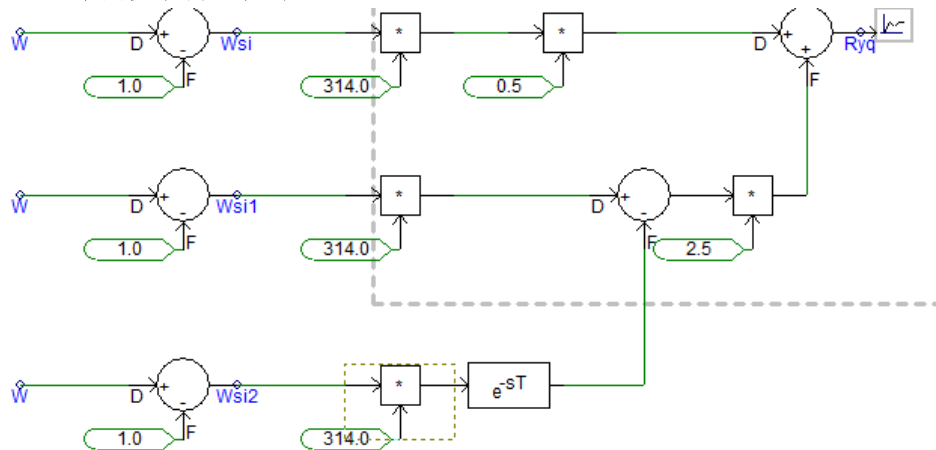
计算越前相角时，如果考虑滑差角速度的变化会改善准同期并列效果吗？请给出考虑滑差角速度变化的越前相角计算模型，并用考虑其前后的并列暂态过程有功、无功、角速度的变化说明并列效果。

答：考虑滑差角速度的变化肯定可以改善准同期并列效果，在本实验在上述实验步骤中将滑差频率在并列提前的时间段内视作不变，而实际情况中确是变化的，假定其变化加速度为 a，则合闸相角计算公式就在原有公式基础上加上了  $\frac{1}{2}at_{DC}^2$ ，根据原有条件可以推断

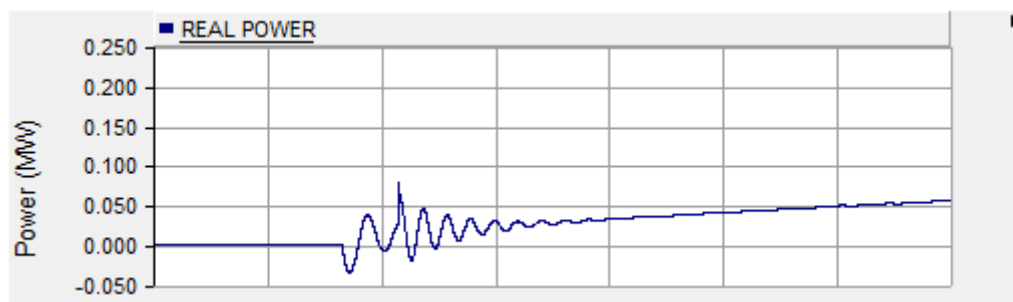
$t_{DC}=0.5s$ ，其中  $a=\frac{\Delta w_{si}}{\Delta t}$ ，计算方法为：取间隔为 0.05s 时的两  $w_{si}$ ，做差后除以时间间隔 0.05s，



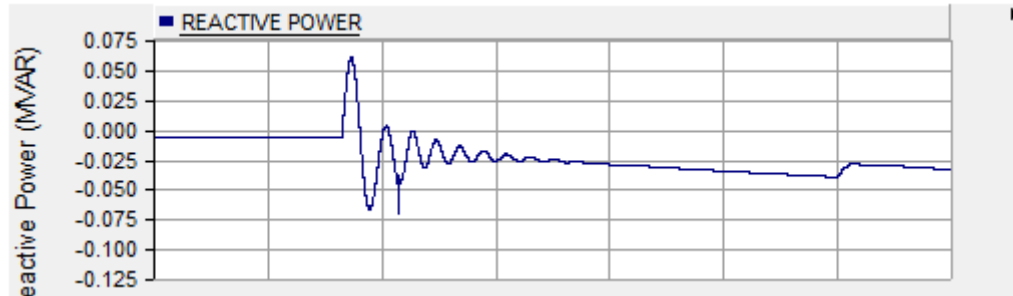
具体到 PSCAD 中的实现方法如下：



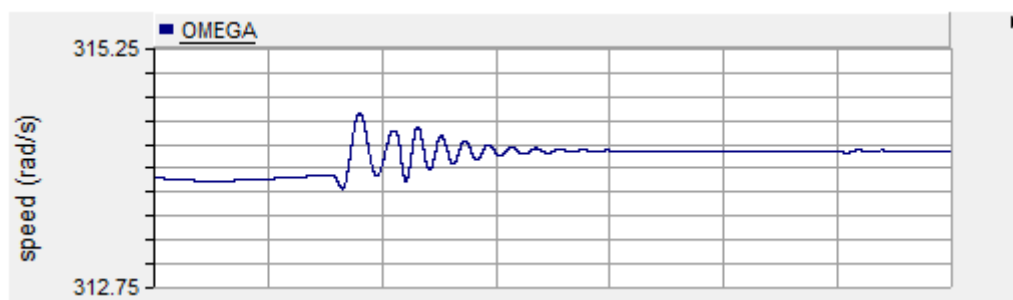
并列暂态过程中发电机有功变化（30s-65s）：



并列暂态过程中发电机无功变化：

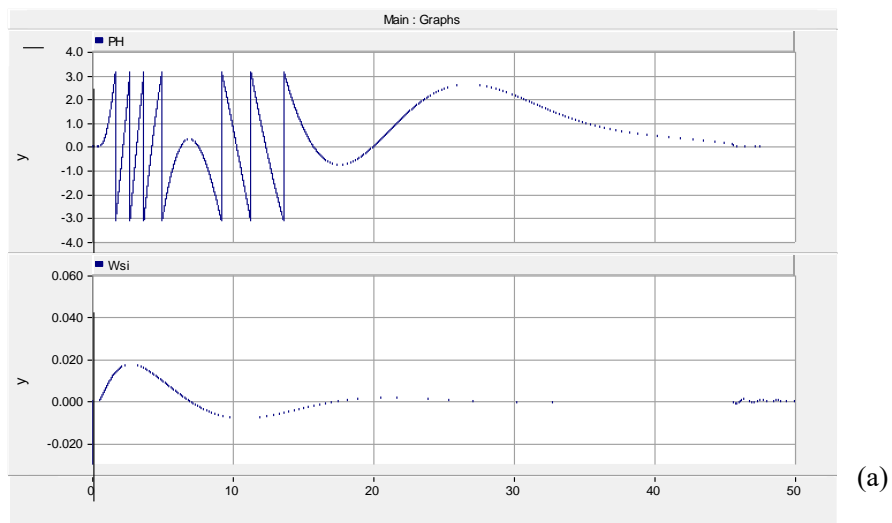


并列暂态过程中角速度变化：

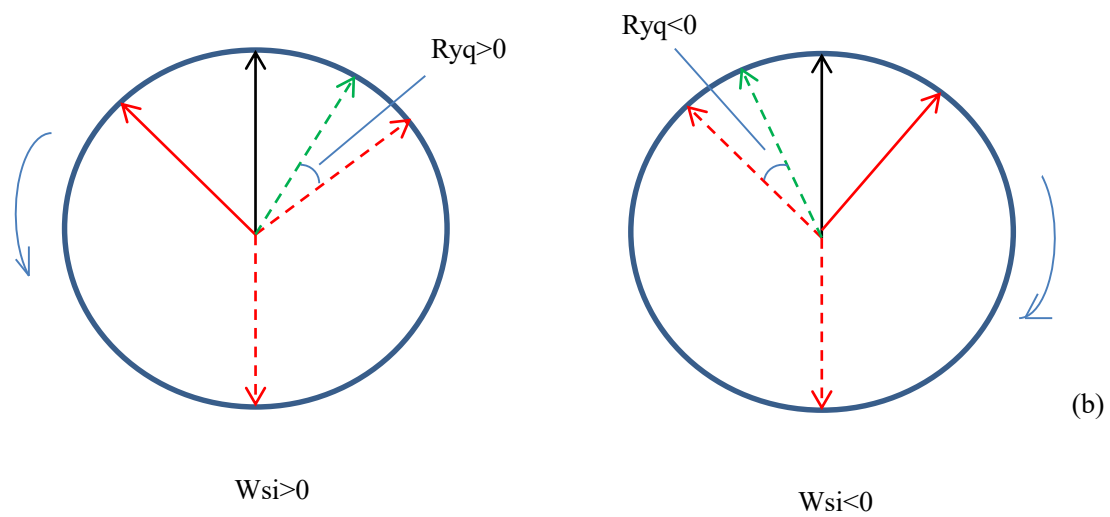


可看出在考虑了滑差角速度的变化之后，准同期并列效果比不考虑滑差角速度的准同期并列效果要好一些。

附图:



(a)



(b)

图(a) 相角差 PH 与滑差角频率 Wsi; 图(b) 合闸时机

## 二. 同步发电机的电压与无功控制数字仿真实验

同步发电机励磁系统可分为直流励磁机励磁系统、交流励磁机励磁系统、静止励磁系统（发电机自并励系统），承担电压控制、改变发电机无功等任务。

具体参见教材《电力系统自动化》或《自动装置原理》。

### 1. 实验预习


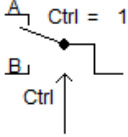
清楚同步发电机励磁控制系统的分类、原理和作用。

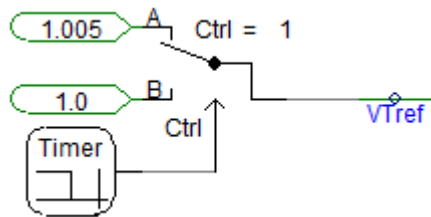
### 2. 实验目的

了解数字仿真软件中发电机组的构成，对励磁控制系统的电压与无功控制功能仿真。

### 3. 实验步骤

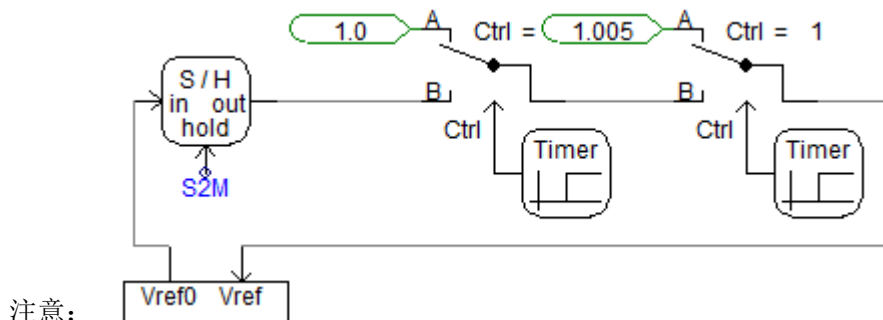
- (1) 将仿真示例 copy 到电脑。进入 PSCAD，打开补全滑差角速度允许检测后的 sync\_in\_paralell。

a. 加入  （设置 Time=60s）和  ，使并列后的发电机励磁控制器的参考输入电压为 1.005，如下图所示：



b. 点击  。

- (2) 打开 sync\_exciter\_governor1，运行。



注意：

### 4. 实验记录

- (1) sync\_in\_paralell 改变参考电压的运行结果，包括：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/636040203003010212>