

实验组别： 5 第 2 次实验 指导老师：

洋

学生姓名：柯依娃 同组人姓名：马诗旻 张家华 王霖

三相同步发电机与大电网并联运行

一、实验目的

研究同步发电机投入电网并联运行的方法，有功功率及无功功率的调节，求发电机的V形曲线。

二、实验内容

1. 用准确整步法将同步发电机投入电网并联运行
2. 有功功率的调节：测取 $P=f(P_2)$ 和 $Q_2=f(P_2)$ 曲线。
3. 无功功率调节：分别测取 $P_2=200\text{W}$ 和 700W 时的V形曲线 $I=f(I_f)$ 。

三、实验线路与原理

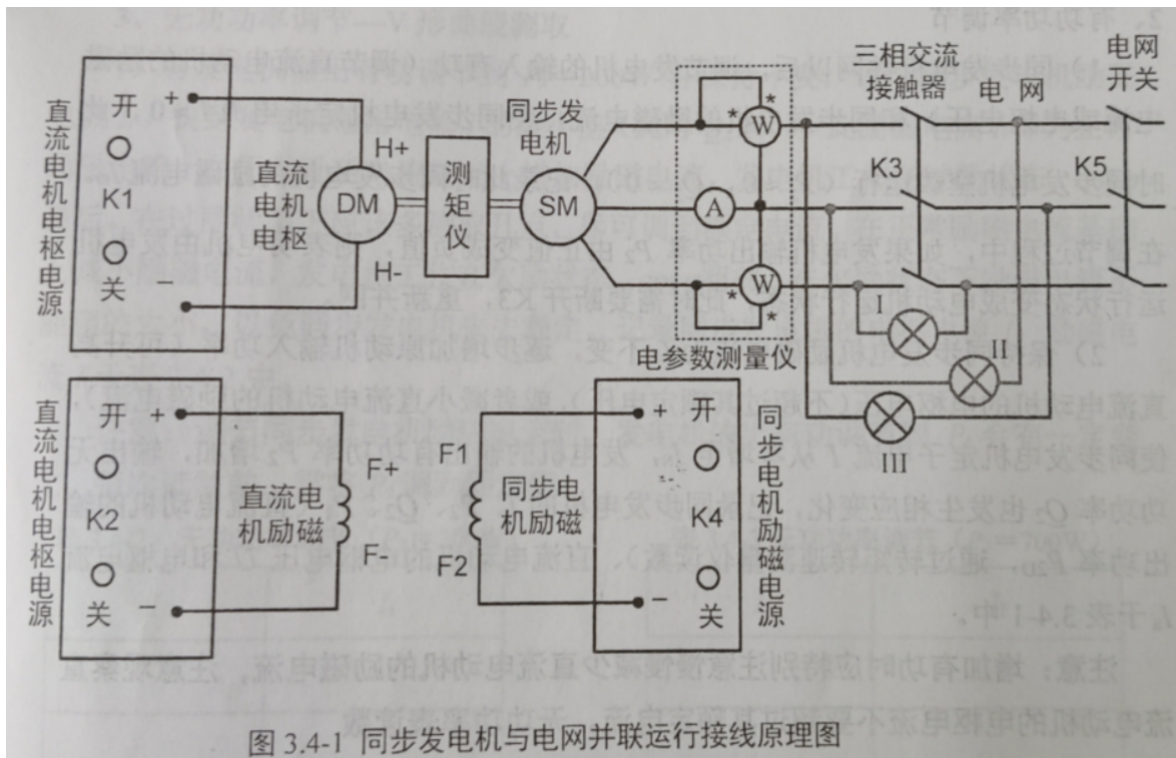


图 3.4-1 同步发电机与电网并联运行接线原理图

同步发电机由直流电动机拖动，通过“灯光旋转法”并网。注意：三组灯的线应直接接在三招开关(K3)的接线孔上，不要跨接到起他的接线孔，以便检查线路。

四、实验任务与实验操作过程

同步发电机铭牌参数：

同步发电机并网操作

按实验3.1中的方法起动直流电动机，将转速调到同步发电机额定转速附近（不要等于额定转速）。

调节同步发电机的励磁电流，使发电机的端电压接近电网电压。合上电网开关K5,该开关位于实验台接线操作面板的右上角(见图2.14右上角)。

本实验采用“灯光旋转”同步指示灯接法。若三组灯光同明同暗，表明同步发电机与电网相序不同，则应先将机组停转，断开总电源，然后将接到电网的任意两根相线对调，或将接到发电机的任意两根相线对调。重新按1)和2)的步骤启动机组。

若发电机与电网相序相同，则三组指示灯将轮流亮熄，形成旋转灯光。调节机组转速，使灯光慢旋转（表明发电机频率接近电网频率）。当跨接在同开关的一组灯(参见图3.4-1中的第1组灯)熄灭而另外两组灯的亮度相同的瞬时迅速合上开关K3,实现并网操作。

有功功率调节

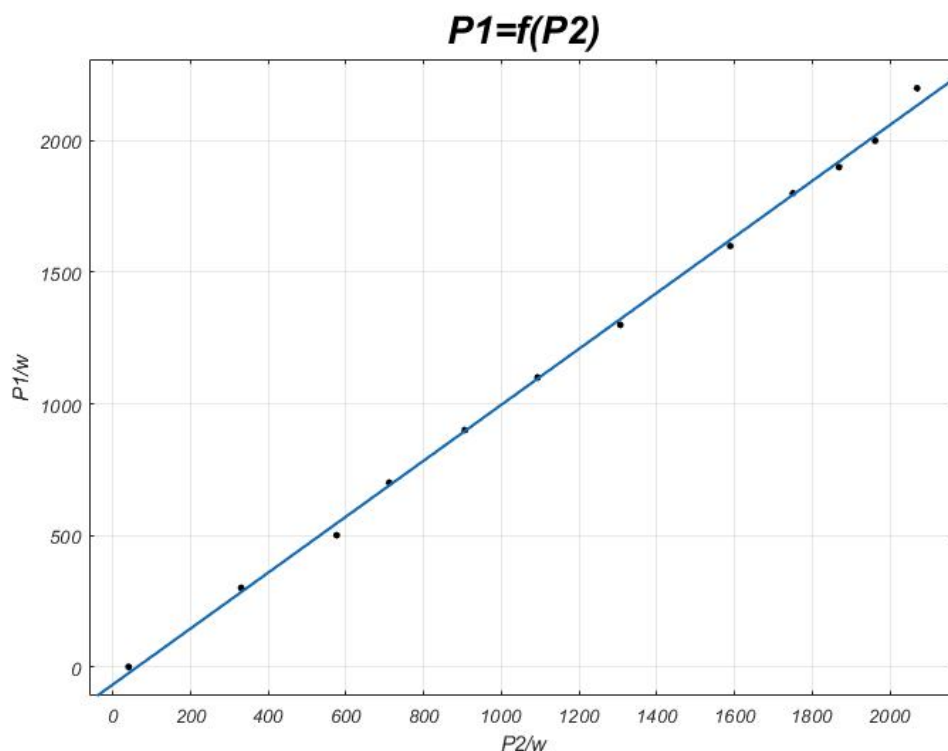
同步发电机并网以后，调节发电机的输入有功（调节直流电动机的励磁电流或电枢电压）和同步发电机的励磁电流，使同步发电机定子电流 $I \approx 0$,此时同步发电机空载运行($P_2 \approx 0, Q_2 \approx 0$),记录此时同步发电机的励磁电流 I_{f0} ，在调节过程中，如果发电机输出功率 P_2 由正值变成负值，则表明电机由发电机运行状态变成电动机运行状态，此时需要断开K3,重新并网。

保持同步发电机励磁电流 I_{f0} 为不变，逐步增加原动机输入功率(可升高直流电动机的电枢电压（不超过其额定电压），或者减小直流电动机的励磁电流），使同步发电机定子电流 I 从零增至 I_N ，发电机的输出有功功率 P_2 增加，输出无功功率 Q_2 也发生相应变化，记录同步发电机的 I 、 P_2 、 Q_2 、 P_1 (直流电动机的输出功率 P_2D ,通过转矩转速测量仪读数)、直流电动机的电枢电压 U 和电枢电流于表3.4-1中。

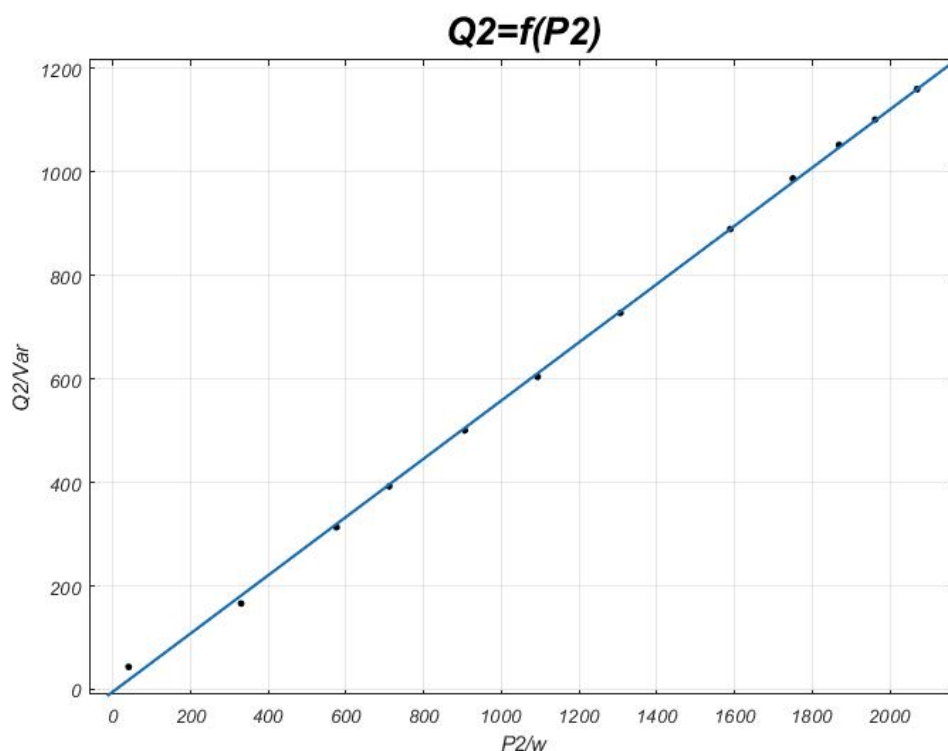
注意：增加有功时应特别注意慢慢减少直流电动机的励磁电流，注意观察直流电动机的电枢电流不要超过其额定电流。无功功率表读数

表 3.4-1 同步发电机有功功率调节 同步电机励磁电流 $I_{f0}=1.16A$

I/A	P2/W	Q2/var	P1(P2D)/kW	U/V	Ia/A
0.136	40.1	43.4	0.0	199.9	1.7
0.459	329.8	165.9	0.3	199.5	3.2
0.847	575.5	313.3	0.5	199.7	4.6
1.043	711.0	392.5	0.7	200.2	5.3
1.362	905.7	500.5	0.9	199.7	6.5
1.608	1093.0	604.1	1.1	200.4	7.4
2.005	1306.0	727.3	1.3	199.9	8.9
2.487	1589.0	889.6	1.6	199.9	10.9
2.768	1750.0	987.2	1.8	200.8	12.0
2.977	1869.0	1052.0	1.9	200.1	13.0
3.214	1962.0	1101.0	2.0	199.9	13.9
3.463	2070.0	1160.0	2.2	199.4	14.9



图一: 同步发电机有功功率调节 输入有功功率 P_1 与输出有功功率 P_2 的关系



图二: 同步发电机有功功率调节 输出无功功率 Q_2 与输出有功功率 P_2 的关系

无功功率调节—V形曲线测取

将发电机输出有功调节到 $P_2=200W$ 并保持不变, 调节同步发电机励磁电流 I_f ,找到发电机输出电流 I 的最小值(此时 $Q_2=0$),此励磁电流 I_f 即为正常励磁电流。在正常励磁电流基础上增加励磁电流, 发电机工作在过励状态, $\cos\varphi$ 滞后。在过励状态下应该多测取几点, 尽可调到额定电流。在正常励磁电流基础上减小励磁电流, 发电机工作在欠励状态, $\cos\varphi$ 超前。在欠励状态下励磁电流不能调的太小, 以免同步发电机失去稳定。记录同步发电机的电枢电流 I , 励磁电流 I_f 于表3.4-2中

注意：调节同步发电机励磁电流时，发电机输出有功调节到P2会有一定变化：每次读数前，需将P2调到固定值

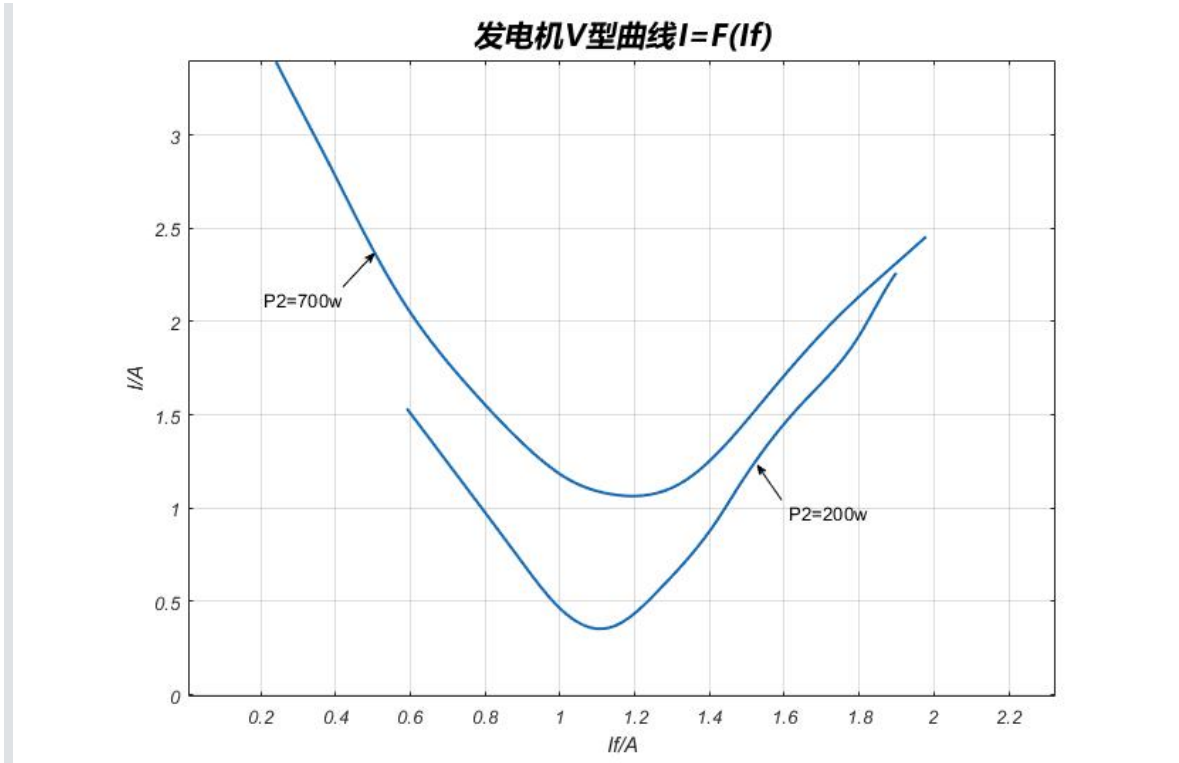
表 3.4-2 同步发电机无功功率调节 输出功率P₂=200W

If/A	1.84	1.80	1.65	1.58	1.48	1.42	1.27	1.15	1.11	0.99	0.89	0.76	0.65
I/A	2.097	1.878	1.577	1.403	1.145	0.907	0.589	0.363	0.347	0.477	0.745	1.083	1.376

将发电机输出有功调节到P2=700WV并保持不变，重复1)中的步骤，将测量结果记录在表3.4-3中。

表 3.4-3 同步发电机无功功率调节 输出功率P₂=700W

If/A	1.90	1.73	1.56	1.45	1.33	1.14	1.03	0.90	0.77	0.58	0.47	0.40	0.32
I/A	2.310	2.004	1.624	1.356	1.124	1.088	1.131	1.353	1.631	2.097	2.481	2.811	3.078



图三图四: 同步发电机无功功率调节200W和700W有功功率下电枢电流I与励磁电流If的关系

思考题

1. 预习同步发电机投入电网并联运行的条件和方法，有功和无功功率的调节原理。

同步发电机并联投入电网时，为避免发生电磁冲击和机械冲击，总体要求就是发电机端各相电动势的瞬时值要与电网端对应相电压的瞬时值完全一致。具体分解开来包含以下5点：①波形相同；②频率相同；③幅值相同；④相位相同；⑤相序相同。

前4点是交流电磁量恒等的基本条件，最后一点是多相系统相容的基本要求。

投入并联的方法：准确同步法

有功和无功功率的调节原理详细见书p291，结论：上述分析结果表明，要增加发电机输出功率（有功功率），就必须增加原动机输入功率，使电机的功率角 θ 增大。这从能量守恒角度是很容易理解的。由上分析可知，在原动机输入功率不变，即发电机输出功率P₂恒定时，改变励磁电流将引起同步电机定子电流大小和相位的变化。励磁电流为“正常励磁”值时，定子电流最小；偏离此点，无论是增大还是减小励磁电流，定子电流都会增加。定子电流与励磁电流 I_f 的这种内在联系可通过实验方法确定，所得关系曲线 $I = f(I_f)$

2. 同步发电机与电网并联的条件是什么？如何检查这些条件是否满足？

同步发电机并联投入电网时，为避免发生电磁冲击和机械冲击，总体要求就是发电机端各相电动势的瞬时值要与电网端对应相电压的瞬时值完全一致。具体分解开来包含以下5点：①波形相同；②频率相同；③幅值相同；④相位相同；⑤相序相同。

投入并联的方法：准确同步法

3. 旋转灯光法和灯光熄灭法各是怎样接线？两种方式各如何判断其相序是否正确，合闸时刻是什么？如果按“旋转灯光法”接线而结果是同亮同暗，这说明什么？能否合闸并网？

旋转灯光法交叉接线，1组熄灭另两组等亮，说明相序反，不能合并电网

灯光熄灭法顺序接线直接接法，3组都熄灭

4. 并网后，调节发电机的励磁电流，为什么它的端电压不变化？调原动机输入，转速是否变化？电动机轴上的转矩和发电机输出功率将如何变化？

并联，端电压为电网电压

不会，因为端电压为电网电压，由于自拖动效应会控制转速为同步转速

当输入增大，转矩增大，输出功率增大

5. 利用灯光旋转能否判断发电机的频率比电网的频率是高还是低？这与A、B、C相序是否正确有无关系？

能，根据转速为顺时针还是逆时针判断高低，有关系，如果反了就是反过来

6. 如何调节同步发电机的有功功率和无功功率的输出？在不调节同步发电机输入有功功率，仅仅调节同步发电机励磁电流时，为何同步发电机输出有功功率会有变化？

有功和无功功率的调节原理详细见书p291，结论：上述分析结果表明，要增加发电机输出功率

（有功功率），就必须增加原动机输入功率，使电机的功率角 θ 增大。这从能量守恒角度是很容易理解的。由上分析可知，在原动机输入功率不变，即发电机输出功率 P_2 恒定时，改变励磁电流将引起同步电机定子电流大小和相位的变化。励磁电流为“正常励磁”值时，定子电流最小；偏离此点，无论是增大还是减小励磁电流，定子电流都会增加。定子电流与励磁电流 I_f 的这种内在联系可通过实验方法确定，所得关系曲线 $I_a=f(I_f)$

因为电枢电阻存在