

电力系统有功频率实验

1、发电机组 G1 的有功频率下降特性实验

实验方法：正常运行工况下，断开如图所示“系统开关”，形成单机带负荷的电力系统，G1 由原来的开度调节模式自动切换为频率调节模式。负荷增加，观察发电机组的有功频率响应。

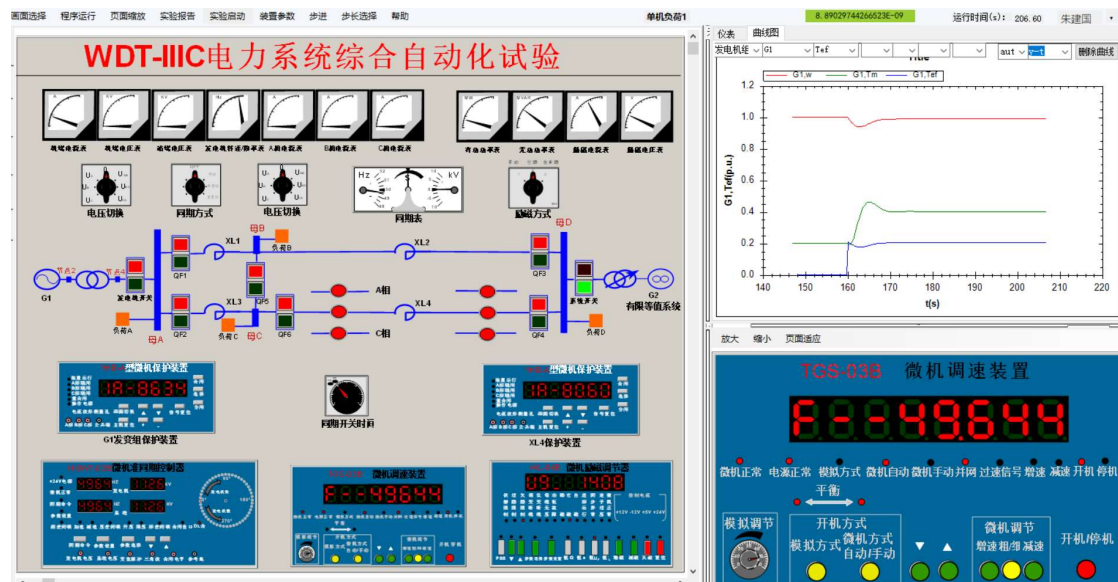


图 1.1 :WDT-IIIC 实验台有功频率下降特性实验



图 1.2: 右键点击负荷图标，弹出负荷调节界面，改变负荷大小，观察单机负荷系统的发电机一次调频过程

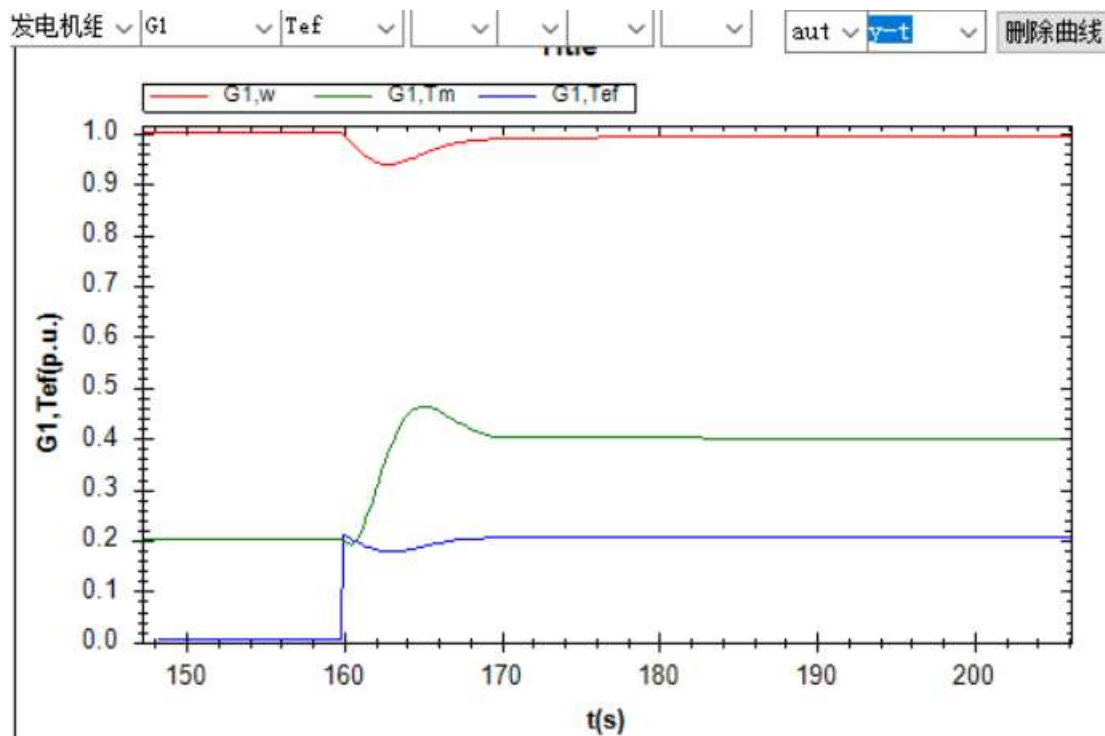


图 1.3: 可以看到, 当负荷 P_e 增加, 发电机的出力 P_m (T_m) 也跟着增加, 电力系统稳态频率 w 相比初始值会下降。注意观察负荷阶跃增加 20MW 时, 发电机出力及频率的动态变化过程, 观察发电机出力 P_m 和频率 w 稳态时的值是否符合发电机出力的一次调频特性。

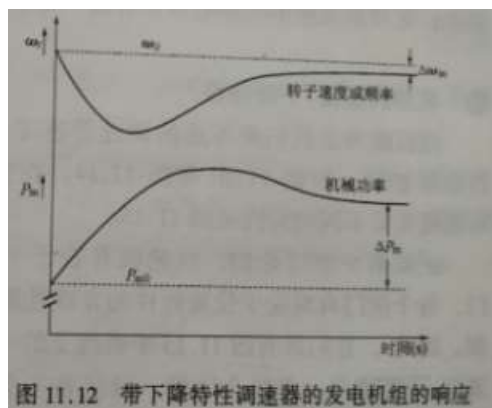


图 1.4: KUNDUR《电力系统稳定与控制》P395

2、电力系统频率特性实验

2.1 测量单机负荷系统发电机组和负荷的频率特性

实验方法：正常运行工况下，断开如图所示“系统开关”，形成单机带负荷的电力系统，G1 由原来的开度调节模式自动切换为频率调节模式。① 增加负荷 10MW； ② 达到稳态后，增加负荷 5MW； ③ 达到稳态后，增加负荷 5MW（观察到发电机出力已达到极限值，这一时段负荷因为其频率特性而负荷功率不断下降最终与发电机出力相等达到一个新的平衡点）。观察发电机组和负荷的有功频率动态过程及静态特性。

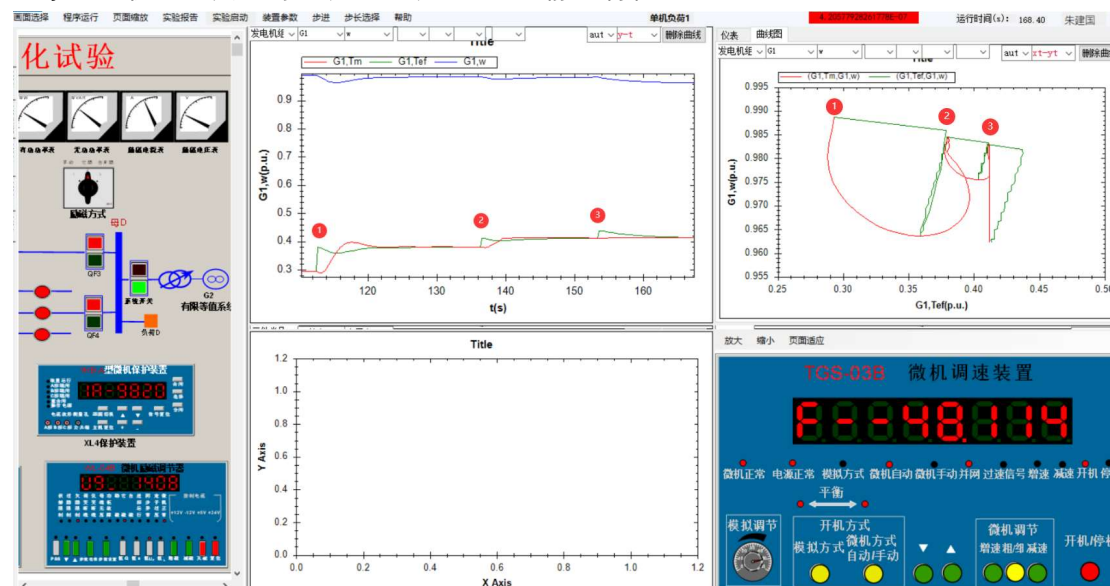


图 2.1.1 :WDT-IIIC 实验台有功频率下降特性实验

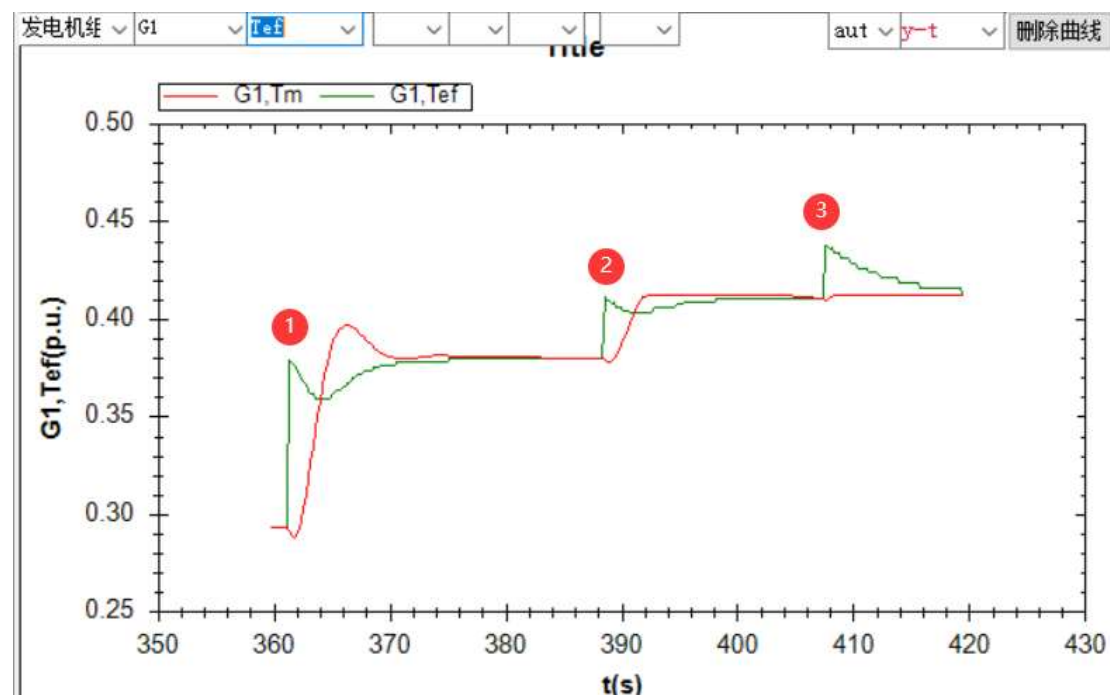


图 2.1.2 :观察负荷增加时作用于发电机转轴上的机械力矩（功率）和电磁力矩（功率）的平衡过程。可以看到由于发电机的出力极限限制，即便负荷数量增加，最终的功率依然不变。

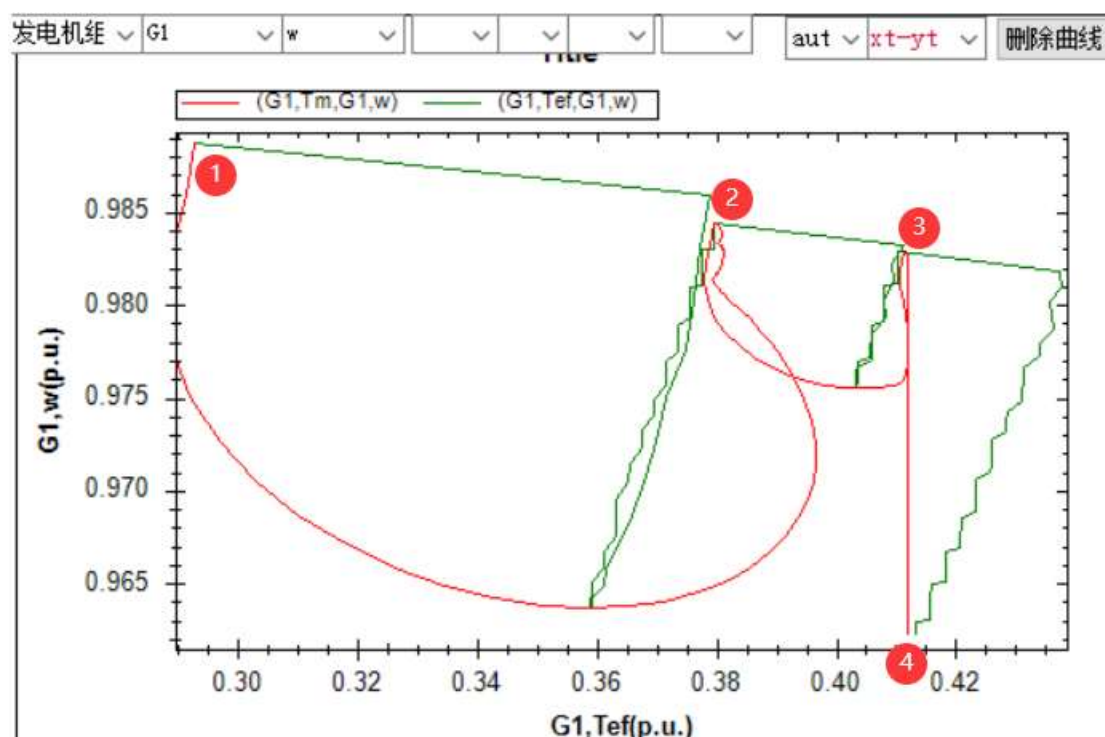


图 2.1.3:观察单机负荷系统的一次调频过程，理解电力系统运行工作点即功率平衡点的道理。观察发电机 G1 的静态功频特性的形成。观察负荷的功频特性，区分负荷数量增减和负荷功率增减的含义。

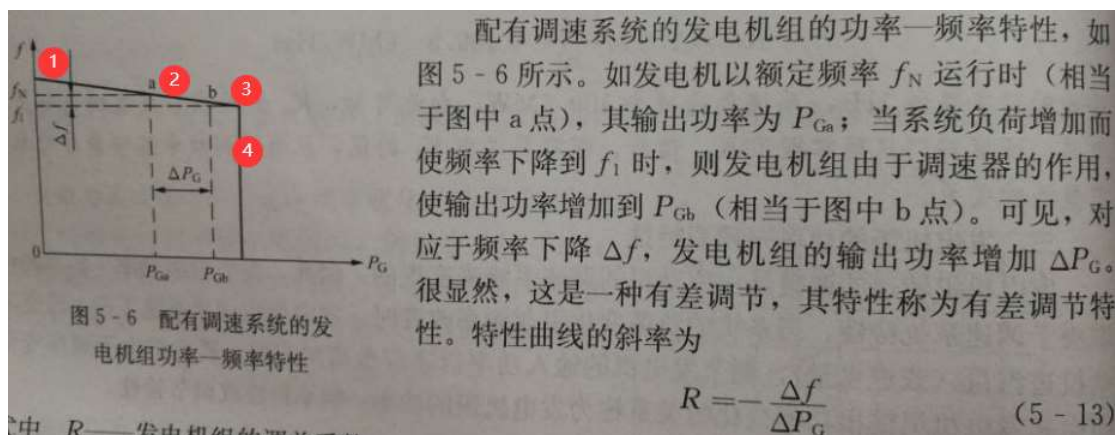


图 2.1.4：杨冠城《电力系统自动装置原理》P132

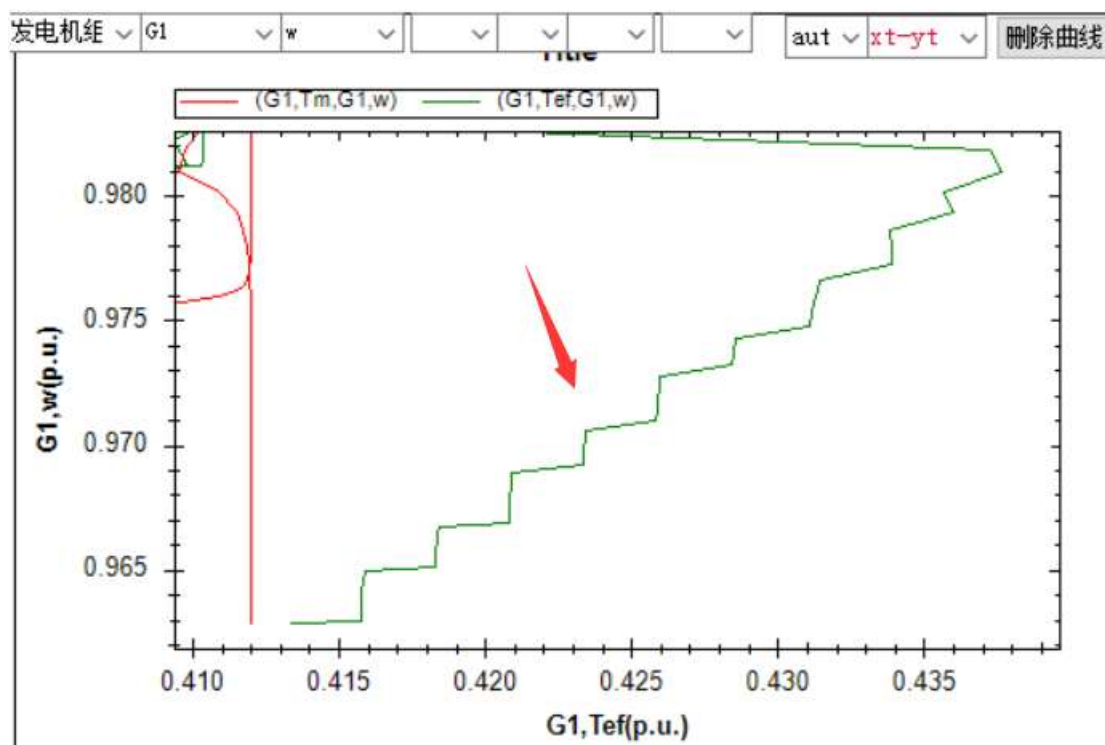


图 2.1.5: 负荷的功频特性曲线，在电力系统发电功率缺额时，负荷的频率特性是系统达到功率平衡的原因，观察其功率平衡过程。

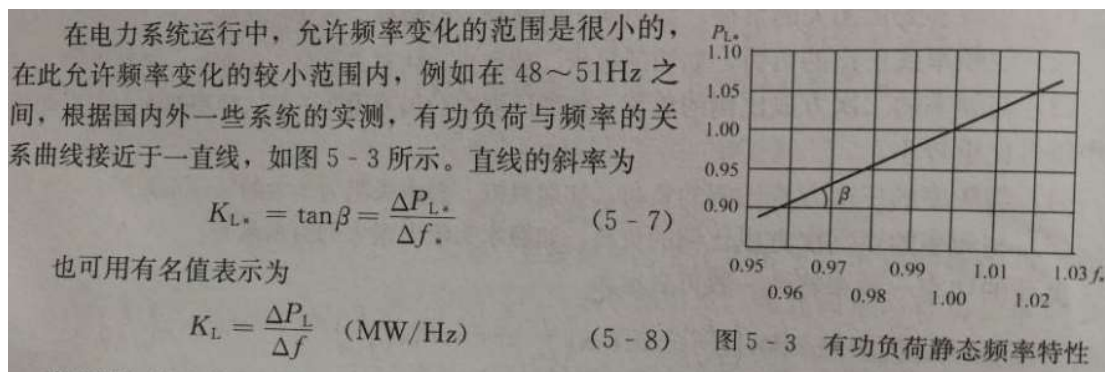


图 2.1.6: 参见杨冠城《电力系统自动装置原理》P130

2.2 测量单机负荷系统的调频特性

实验方法：正常运行工况下，断开如图所示“系统开关”，形成单机带负荷的电力系统，G1 由原来的开度调节模式自动切换为频率调节模式。① 增加负荷 20MW；② 达到稳态后，增加发电机给定频率值，进行二次调频；③ 达到稳态后得到新的工作点 3；④ 达到稳态后减小负荷 20MW。观察单机负荷系统的一次调频过程和二次调频过程。

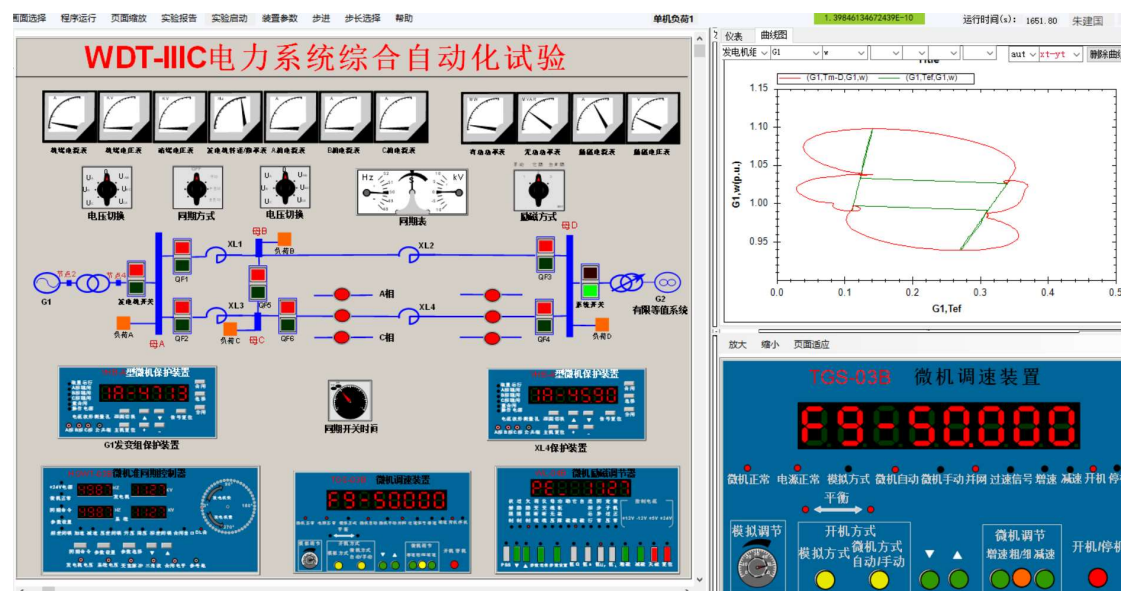


图 2.2.1 :WDT-IIIC 实验台单机负荷系统的调频特性实验

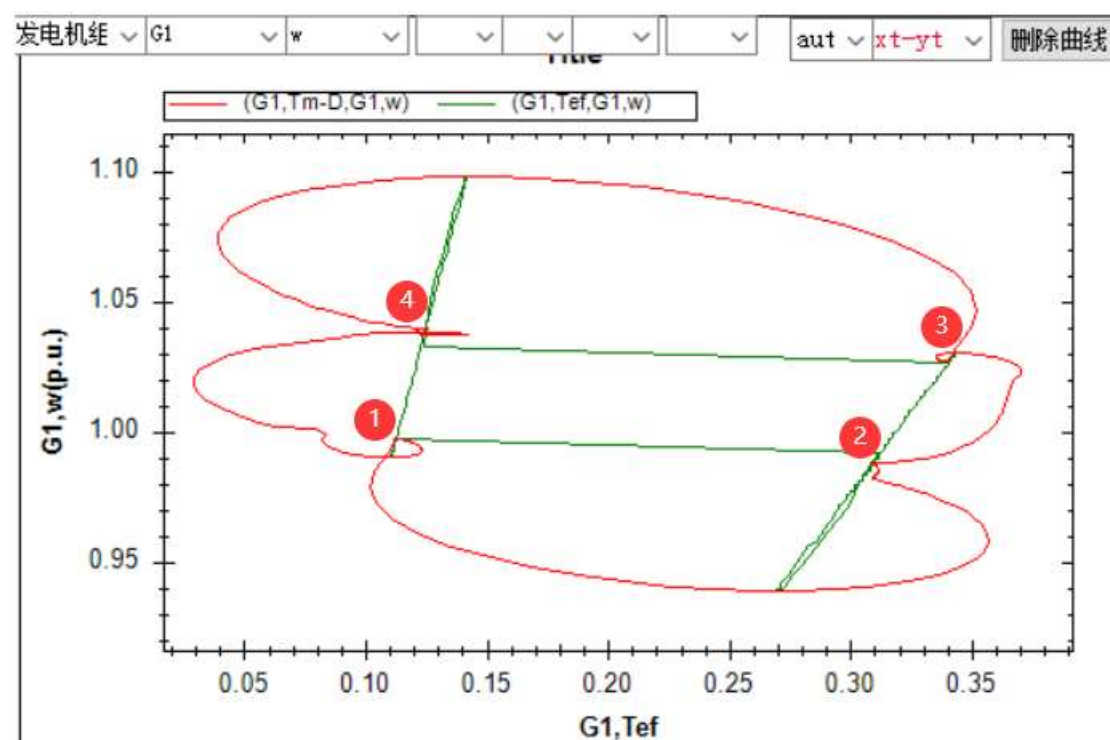


图 2.2.2：① 为初始运行工作点。增加负荷 20MW，得到新的运行工作点②。调节发电机

给定频率，进行二次调频，得到新的工作点③。减小负荷 20MW，得到新的工作点④。调节发电机给定频率，进行二次调频，回到原来的工作点①。

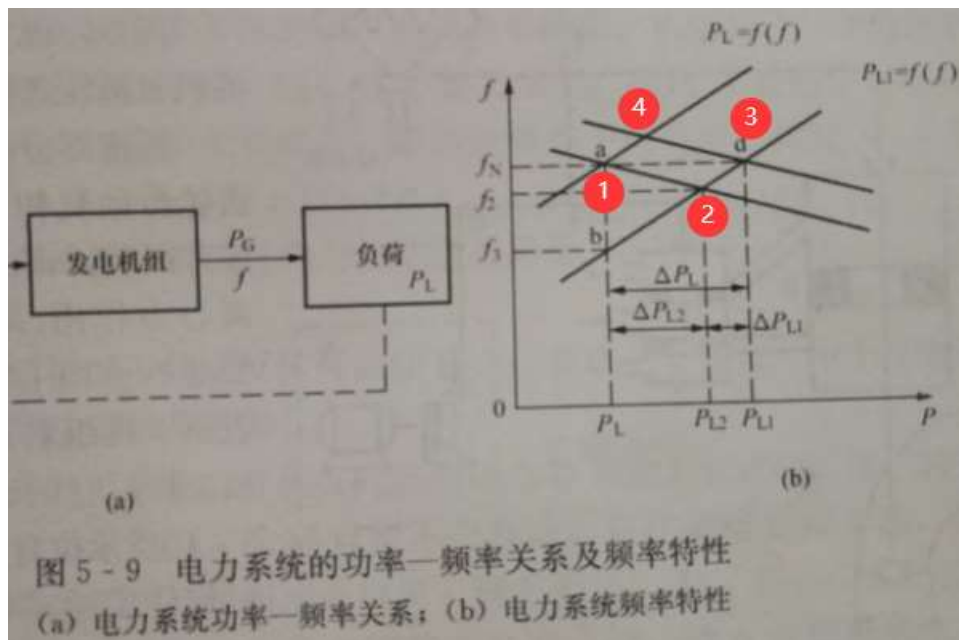


图 2.2.3 :参见杨冠城《电力系统自动装置原理》P135

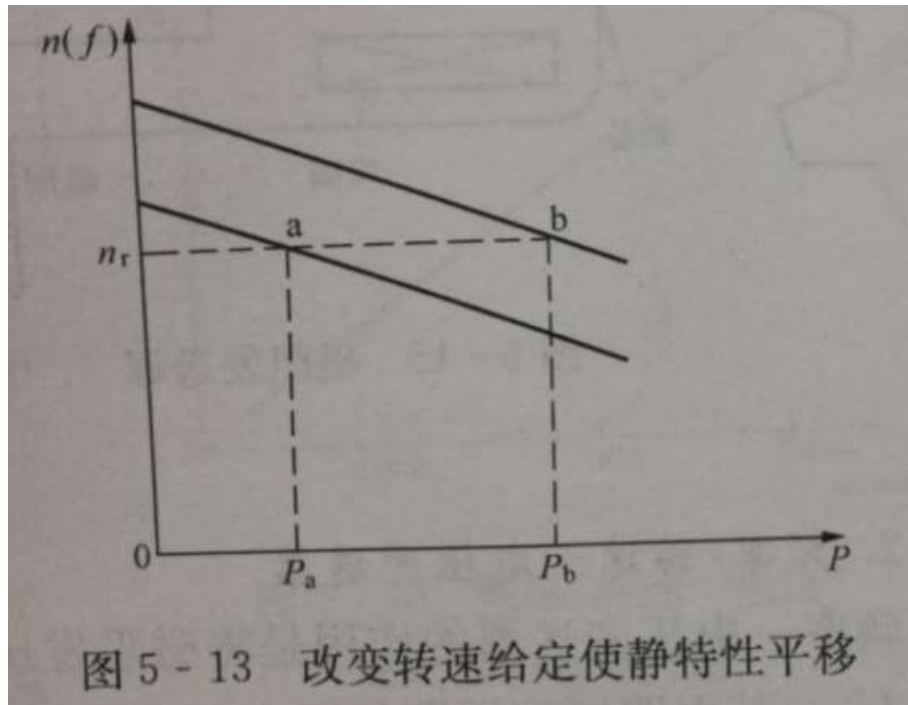


图 2.2.4 :参见杨冠城《电力系统自动装置原理》P137

2.3 观察功率缺额及低频减载时电力系统功频特性曲线

实验方法：正常运行工况下，断开如图所示“系统开关”，形成单机带负荷的电力系统，G1 由原来的开度调节模式自动切换为频率调节模式，调整发电机出力接近其极限功率。① 增加负荷 5MW；② 系统频率减少过程中减少负荷 5MW。观察单机负荷系统的频率下降过程和上升过程。

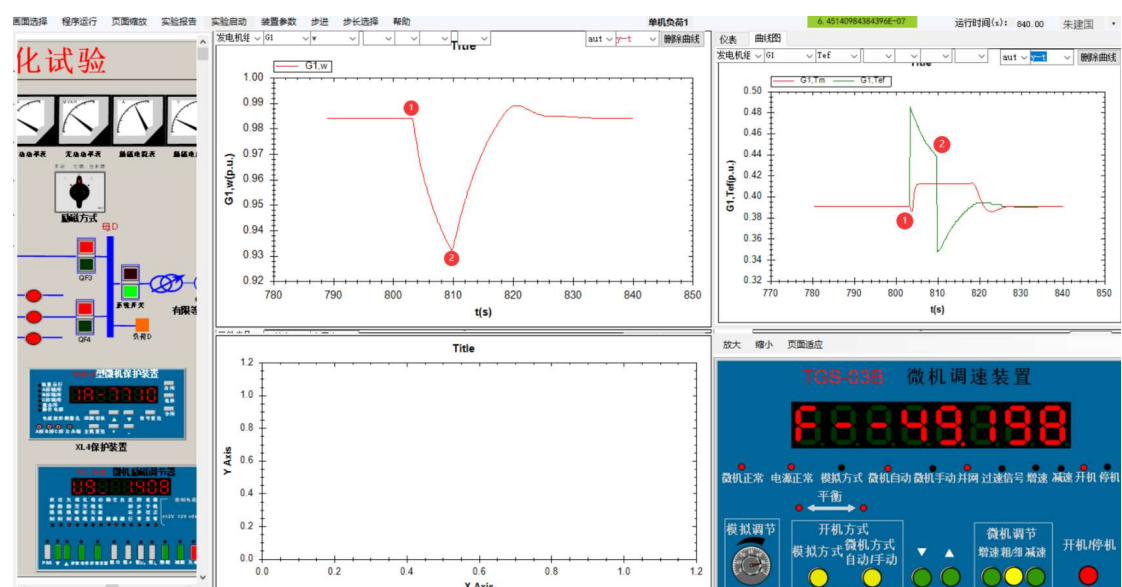


图 2.3.1 :WDT-IIIC 实验台单机负荷系统功率缺额及低频减载频率特性实验

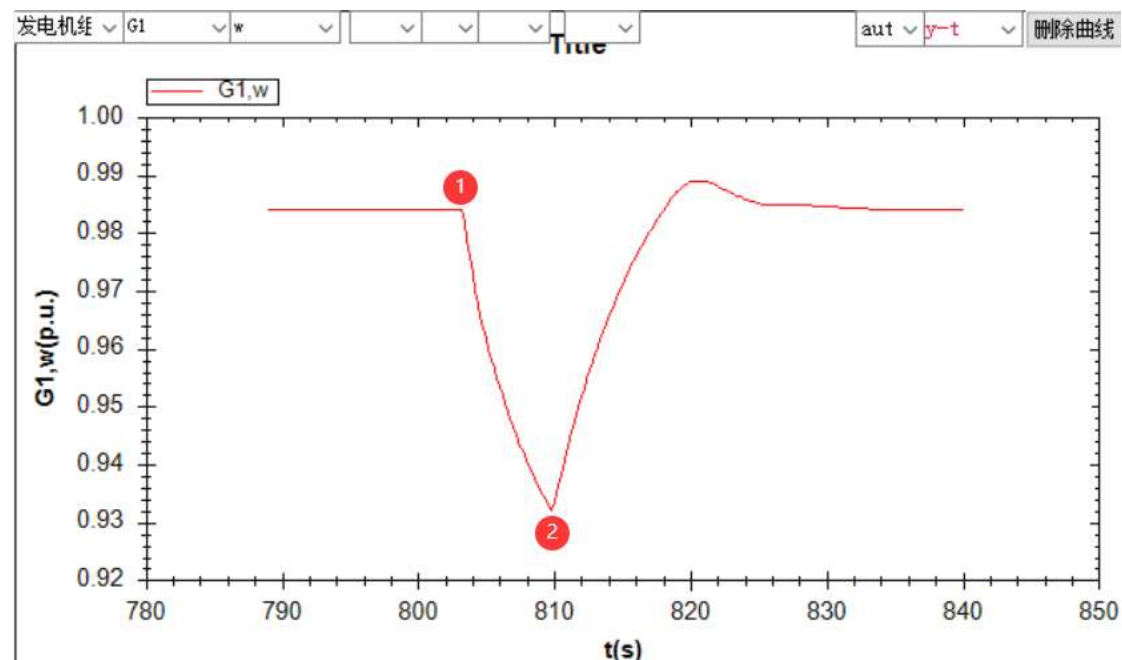


图 2.3.2：① 增加负荷 5MW；② 系统频率减少过程中减少负荷 5MW。观察单机负荷系统的频率下降过程和上升过程。

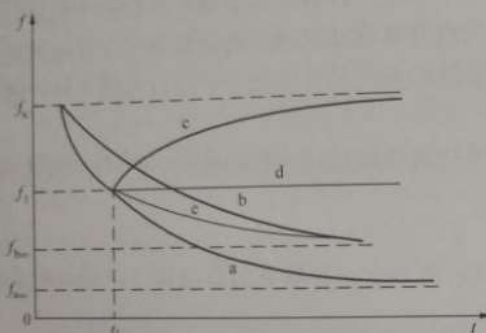


图 6-3 电力系统频率的动态特性

6-3 中曲线 a、b 所示。该两曲线表明，在事故初期，频率的下降速率与功率缺额的标么值成比例，即 ΔP_h 值越大，频率下降的速率也越大。它们的频率稳定值分别为 $\Delta f_{a\infty}$ 和 $\Delta f_{b\infty}$ 。

(2) 设系统功率缺额为 ΔP_h ，当频率下降至 f_1 时切除负荷功率 ΔP_L ，如果 ΔP_L 等于 ΔP_h ，则发电机组发出的功率刚好与切除后的系统负荷功率平衡。系统频率按指数曲线恢复到额定频率 f_N 运行，如图 6-3 中曲线 c 所示。

图 2.3.4：参见杨冠城《电力系统自动装置原理》P176

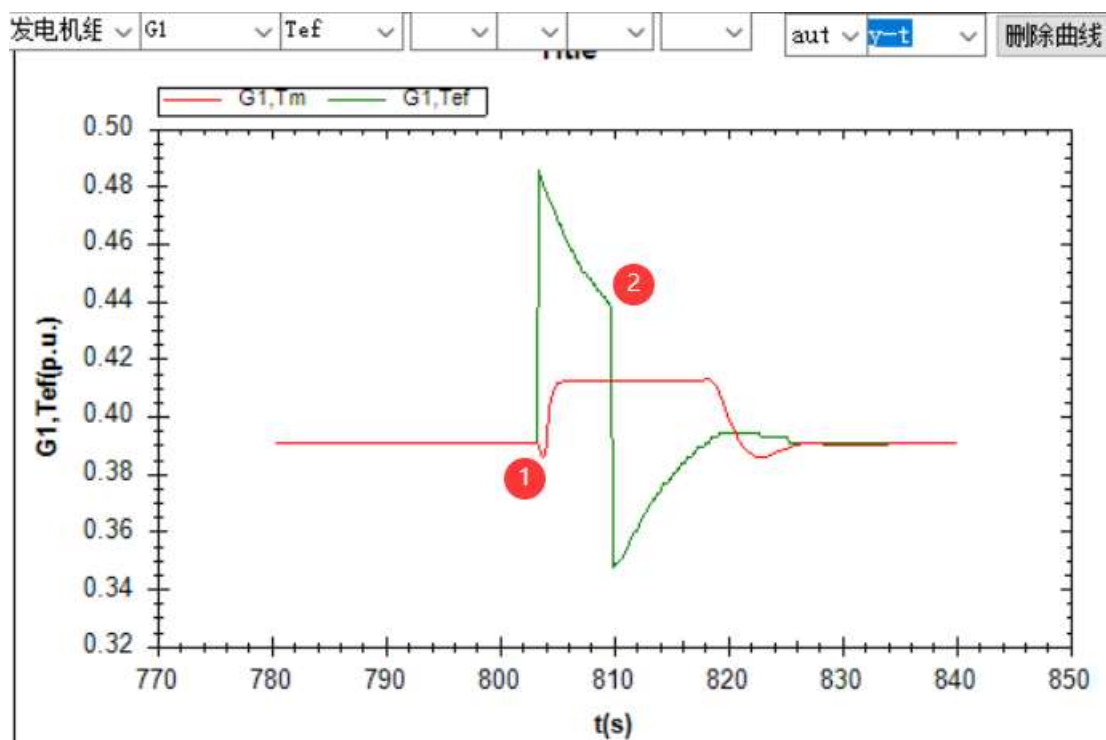


图 2.3.5：功率缺额及低频减载时电力系统的功率（力矩）平衡过程

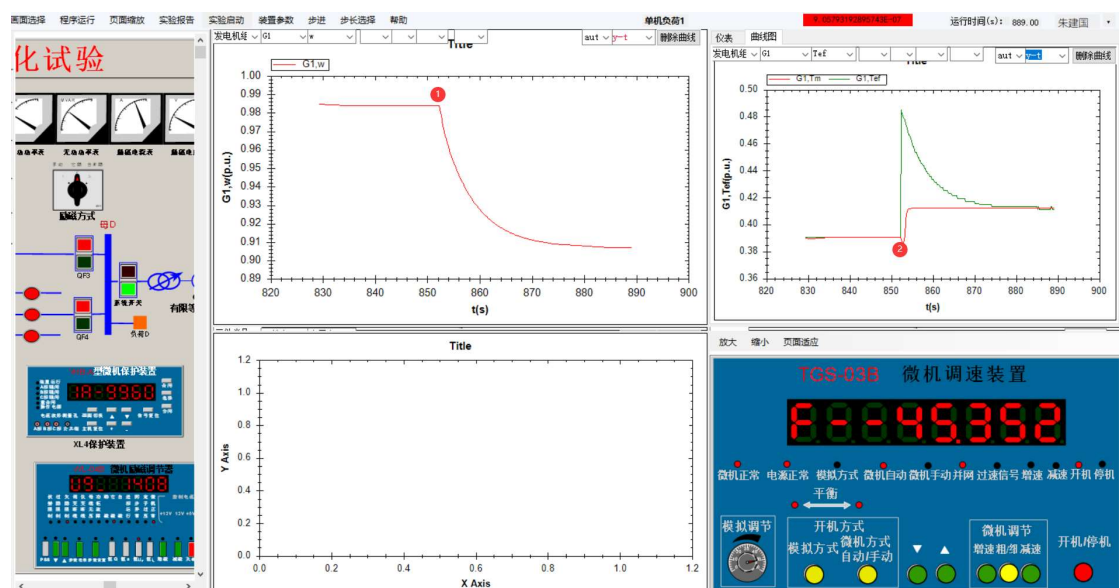


图 2.3.6：功率缺额时系统的频率变化过程及功率（力矩）平衡过程