

YZFSD- I 水力发电综合自动化实验系统

实验系统以水力发电站 20MW 单机机组为仿真实验对象，集水轮机系统、调速系统、励磁系统、机组 LCU、发电机保护、发电机并网系统、变压器、输电线路、线路保护、变压器保护、监控系统等为一体的综合性实验系统。其内容涉及到《水电站》、《水轮机》、《发电机》、《水轮机组安装实训》、《水轮机组运行与检修》、《电力系统自动装置原理》、《电网监控及调度自动化》、《电力系统自动化》、《电气设备》、《电力系统继电保护》、《电力系统分析》、《电力工程》等。

该实验系统标准配置为单台水轮机组、单条输电线路，可根据实际需求增加或减少水轮机组、输电线路、负载、保护等功能模块。



水力发电综合自动化实验系统

基本参数：

- 1、工作环境： 温度 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $<85\%$ ，海拔 $<4000\text{m}$
- 2、电源参数： 工作电源 AC $220\text{V} \pm 10\%$ 50HZ
实验电源 三相四线制/三相五线制 AC $380\text{V} \pm 10\%$ 50HZ
- 3、外形尺寸： 发电机组 $1450 \times 400 \times 600\text{mm}$

水轮机组自动化屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

微机调速屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

微机励磁系统屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

发电机 LCU 屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

微机保护屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

变压器模拟屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

线路模拟屏 $2200 \times 800 \times 600\text{mm}$

故障模拟装置 $400 \times 400 \times 800\text{mm}$

4、整机容量： $< 4\text{kVA}$

5、发电机组： $\text{SN}=2.5\text{kVA}$ ， $\cos \phi=0.8$ ，电压： $V_N=400\text{V}$ ； $n_N=1500\text{r.p.m}$ ，低噪音，安装同轴光电编码器，机座部分配有万向轮，既可方便移动，使用时也可固定。

6、水轮机组自动化屏：配置水轮机模拟装置、触摸屏；模拟水库、进水阀、出水阀、进水出水管、电动蝶阀、水轮机导叶、轴承冷却水阀、排油阀、旁通阀、球阀、轴承温度、法兰、止漏环、风闸等设备，通过各个设备的启/停顺序，展现水轮机组启动的全过程，同时水轮机的运行状态反应到模拟水轮机的发电机组，实时调整发电机组的运行状态。

7、微机调速屏：

配置微机调速装置、隔离变压器、测速系统、攻角测量、调速系统；可进行微机自动调节和手动调节，具有一键启动功能。

8、微机励磁屏：

配置微机励磁装置、隔离变压器、电压互感器、电流互感器、整流模块等；具有恒机端电压、恒励磁电流、恒可控硅触发角等控制方式、具有过励限制、低励限制、V/F限制、定子电流限制等励磁限制功能/具有 PT 断线保护、空载过压保护和低频保护等功能/电压调节范围： $20\% \sim 120\%$ （单机）， $20\% \sim 130\%$ （单机试验）， $85\% \sim 120\%$ （并网）/发电机电压调节精度： $\leq \pm 0.5\%$ /起励超调 $\leq 10\%$ ，甩负荷超调 $\leq 15\%$ /调差率 $\pm 15\%$ 可调

9、发电机 LCU 屏：

配置微机同期装置、电量表、电流互感器、电压互感器，同时兼入发电机出口开关（同期点）；可图形化显示发电机组电压、系统电压旋转向量。记录合闸时的前后所有电气参数（电压、电流、频率、相角等），做实验分析用。

10、变压器模拟屏：3kVA、400V/400V 变压器模拟主变 110kV/10kV。配置模拟断路器、电流互感器、电压互感器。

11、线路模拟屏：由电感和电阻模拟输电线路，电感量可调节；同时配置模拟断路器、电流互感器、电压互感器。在建设改实验系统时可增加微线路模拟屏的数量来实现复杂的电力网络。

12、微机保护屏：配置多台多功能微机保护装置，可设置为不同保护；可设保护内容有 110kV 线路保护、变压器主保护、变压器后备保护、10kV 线路保护等。在建设改实验系统时可增加微机保护屏的数量来实现各类型的保护测控。

13、无穷大电源：三相自藕式调压器模拟无穷大电源，同时可调节电压满足实验需求。

14、故障模拟装置：通过故障模拟装置接入线路或其他设备预留接口，可模拟发生在各个位置、各个设备的不同类型的故障。在建设改实验系统时可增加故障模拟装置的数量来模拟各多样化的故障。

15、负载：进口黄金铝壳功率电阻、定制电抗器模拟各类型负载，负载大小可调。

16、水力发电自动化监控系统（选配）：选配多套水力发电系统，将各个实验系统联成一个典型的、复杂的水电站。实现电力系统“四遥”功能，能够实现数据的集中监控和设备的自动控制，具有结构灵活多变，运行可靠的特点。集“四遥”功能、电力系统网络优化拓扑、潮流分析、电能管理分配等多种功能集为一体；控制现场总线：RS485/Modbus_RTU；站控层以太网：TCP/IP；可支持多台客户机（从站）访问管理服务器（主站）。

拓展：

1、实验系统配置的微机励磁屏、LCU 屏、保护测控屏等均与电力工业现场结构一致，用户可更近的接触/操作到工业实际设备。

2、用户可自由选择配置多套水力发电系统、线路模拟屏、变压器模拟屏和控制保护系统等来构建大型的水电实验室，以满足更多学员和更深层次功能的需求。

实验项目：

水机自动化系统实验

- 1 水轮机调速系统调试、运行操作
- 2 水轮机油气水系统调试
- 3 水轮发电机组正常开、停机
- 4 水轮机组的多种运行方式
- 5 水轮发电机事故停机、保护停机

发电机组的启动与运转实验

准同期并列运行

- 1 同期装置的基本操作
- 2 自动准同期条件测试实验
- 3 导前时间整定及测量方法
- 4 压差和频差的整定
- 5 手动准同期并网
- 6 半自动准同期并网
- 7 自动准同期并网

同步发电机励磁控制

- 1 发电机起励
- 2 伏赫限制实验
- 3 欠励限制实验
- 4 发电机强励实验
- 5 调差特性实验
- 6 过励限制实验

单机一无穷大系统稳态运行方式实验

- 1 单回路稳态对称运行实验
- 2 双回路对称运行与单回路对称运行比较实验
- 3 单回路稳态非全相运行实验

单机带负荷实验

- 1 独立系统的特性实验

2 投切不同负荷的实验

3 甩负荷实验

发电机保护实验（选配）

110kV 距离保护实验

变压器主保护实验

变压器后备保护实验

非电量保护实验（选配）

10kV 线路保护实验（选配）

电力系统功率特性和功率极限实验

电力系统暂态稳定性实验

水电站自动化实验（选配）

1 电力系统潮流计算分析

2 电力系统短路计算分析

3 切机、切负荷

水电站监控实验（选配）

1 水电站实时监控

2 水电站的电压和功率分布

3 水电站有功功率调整

4 水电站无功功率调整

5 水电站内部调度运行

6 SCADA 实验（遥控、遥测、遥信、遥调）