

2020 年全国高等院校工程应用技术教师大赛

比赛要求与赛项平台技术说明

EE3：智能变配电技术

一、引言

大赛采用目标命题的竞赛方式，即限定赛项平台，给定实现目标，实施方案不拘一格。这种目标命题的竞赛方式既约束了项目的实施范围，又为参赛选手留有应用创新的空间，重在考察参赛选手的实际应用能力和解决问题能力。

大赛支持在目标命题的范围内和限定的赛项平台下进行有创意的系统构想和设计，鼓励从应用创新的角度去思考设计工程应用系统，或从培养学生的角度去构造实验/实训教学系统。

本赛项以“智能变配电技术”为应用背景，要求充分利用赛项平台的硬件和软件资源，自主设计一个具有电力工程应用价值或具有电力教学实验/实训使用价值的系统。通过工程应用、创新设计和现场实施，考察参赛选手的创新设计能力和实际应用能力。

二、比赛要求

1. 大赛采用目标命题的比赛方式，分初赛和决赛两个阶段。

2. 初赛阶段：根据“目标命题实现”任务书（任务书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载）的要求和赛项平台的软硬件资源，设计一个工程应用系统或教学实验/实训系统（二选一）。所设计的工程应用系统要求覆盖规定的技术目标，具有实际应用价值；所设计的教学实验/实训系统要求满足规定的要求，具有培养学生实践能力的教学使用价值，且至少要编写 2~3 个具体的实验/实训指导书（具体要求见“目标命题实现”任务书）。参赛选手要按规定的时间提交项目设计书（设计书模板可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载），大赛组织相关专家以网评的形式进行初审，根据初审结果，决定入围全国总决赛名单。

3. 决赛阶段：决赛分“工程实践操作”和“目标命题实现”两个环节。第一环节按“工程实践操作”作业书（作业书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载，决赛公布的作业书较赛前公布的会有不多于 20% 的更改）的要求操作，主要比基本技能操作和工程素质；第二环节按“目标命题实现”任务书（决赛公布的任务书较赛前公布的也会有一定改动）的要求完成，主要比规定目标下的应用创新和解决问题的能力。两个环节的比賽时间各为 120 分钟，第一个环节完成后间隔 30 分钟进入第二个环节，第二个环节完成后由评审专家组织对参赛选手进行现场答辩，答辩时间 15~20 分钟。

4. 参赛选手设计的系统必须能在限定的赛项平台上实现，大赛为参赛选手提供赛项平台必要的技术资料，包括技术说明、操作规程、装配图纸和系统软件等。

5. 决赛阶段“目标命题实现”比赛环节为 120 分钟，参赛选手要充分考虑到现场实施所需的工作量、复杂程度，以及软硬件的兼容性和接口的匹配性等技术细节，所设计的方案必须能在规定的时间内完成。参赛选手实施第二环节“目标命题实现”任务时，可以充分借助第一环节“工程实践操作”的实施结果。

6. 参赛选手不能将已有的科研成果直接拿来参赛，也不允许自带任何硬件装置、部件和被控对象等参赛，一经发现将取消参赛资格。但参赛选手可以用 U 盘或移动硬盘将事先自编的应用软件带入比赛现场，以便装入赛项平台，完成系统调试。

7. 对“水环境监测与治理技术”、“大气环境监测与治理技术”和“化工分离与节能技术”赛项，如果参赛选手有技术上的特殊要求，可在决赛前 30 日向大赛办公室提出。

大赛办公室收到申请材料后，在 15 日内予以答复，以便参赛选手调整设计方案。

8. 如果参赛选手选择“教学实验/实训系统”命题任务，要充分考虑教学实验/实训课的需求，设计教学实验/实训系统，同时提供必要的实验/实训指导书。现场演示时，要模仿实验/实训课的真实情况，按实验/实训指导书的步骤逐步进行。

9. 参赛选手要有知识产权意识，如果所设计的方案涉及到他人的知识产权应注明出处。

10. 参赛选手在比赛的全过程中不得透露单位和个人信息，对冒名顶替、弄虚作假、假造数据、抄袭他人技术等情况，由大赛仲裁委员会视情节轻重负责处理，或给予扣分处置，或取消比赛资格，并由组委会通知其所在单位。

11. 同单位的参赛选手技术方案雷同视为相互抄袭，同时取消两人的比赛资格。

12. 参赛选手要有安全意识，不得违规操作，不能带电操作，对有毒或有害健康的气体、液体要谨慎处理处置，避免造成人身伤害。

13. 参赛选手要尊重现场裁判和评审专家的工作，如对评审存有疑义，由大赛仲裁委员会处理。

三、赛项平台技术说明

1. 赛项背景

智能变配电系统与常规的变配电系统相比，具有供电连续性好、可扩展性强和自动化程度高的特点。具体体现为能够自动连续实时地监控所有变、配电设备的运行/故障状态和运行参数，还可实现故障的自动应急处理；同时还可以按照发展的需要变更和拓展，实现智能化管理和控制，提高电能的利用率，目前已被广泛应用。

随着电力产业的转型升级，许多高等院校、科研机构和制造企业都致力研究智能变配电装备技术，使得这一新技术更加趋于成熟，并广泛应用于生产实践，取得了较好的经济效益。近年来，随着智能电网、工业 4.0、互联网+、以及中国制造 2025 规划的提出，为智能变配电技术提出了更多的研究和创新应用课题。

在这样的技术背景下，本赛项以“THLZP-1 型 智能变配电系统实验/开发平台”为应用对象，利用该赛项平台的一次模拟系统、有载调压、微机继电保护、无功补偿和仿真装置等功能单元的硬件和软件资源，结合智能变电站、智能配电网的工程应用需求，开展电力方面的工程创新应用和实践教学创新竞赛，以促进高等院校教师工程应用能力、产业化能力和实际动手能力的提高，锻炼教师综合智能控制、自动化、信息等多学科技术的融合能力，有利于更好地培育具有卓越工程能力的教师队伍。

2. 赛项平台

本实验/开发平台是依托工业用电领域变配电系统为载体，体现现代智能变配电系统的功能和特点，涉及电气设备、电气测量、继电保护、电压无功自动控制、电气“五防”闭锁、变电站综合自动化等多种技术的综合应用。

2.1 技术方案

本实验/开发平台构建了一个 110kV 变配电所物理模型，智能变配电一次系统配置参照 110kV 变配电所，智能变配电二次系统配置有所简化，仅根据赛项需求配置。同时，还配置了上位机监控系统。为了安全，变配电所进线 110kV 电压拟采用民用 380V 电压模拟。

2.1.1 智能变配电一次系统

2.1.1.1 一次主接线

一次主接线如附图 1 所示：110kV 侧两路进线，双母带联络，经三绕组变压器降压为 10kV，10kV 侧单母分段，分为四段母线，每段母线带一路或两路出线，合计 6 路出线。

2.1.1.2 一次模拟单元

一次模拟单元包括变压器、断路器（俗称“开关”）、隔离开关（俗称“刀闸”）、线路、电容器、电流互感器和电压互感器。

(1) 变压器：采用三相三绕组变压器，分为 1#主变和 2#主变，容量相等，都设置有 7 组分接头，具体参数如下：

容量：1000kVA/600kVA/600kVA

变比：110kV/10kV/10kV

联接方式：Y/Δ/Δ

变压器分接头：0，±2.5%，±5%，±7.5%

(2) 断路器和隔离开关：均采用自复位按键模拟。断路器分红色和绿色按键，红色为“合闸”按键，绿色为“分闸”按键；隔离开关分白色和蓝色按键，白色为非接地刀闸，蓝色为接地倒闸。其中，白色按键为双色灯显示，红色灯亮表示按键闭合，绿色灯亮表示按键断开。其他按键上的灯亮表示按键闭合，绿色灯亮表示按键断开。

(3) 线路：包括两路 110kV 侧输入线路和六路 10kV 侧输出线路。两路输入线路参数完全一致。

(4) 电容器：10kV 母线都配置补偿电容，根据母线输出功率不同，分四组电容或三组电容。补偿电容既可以手动就地操作完成，也可远方遥控完成，还可实现电压无功综合控制。

2.1.2 智能变配电二次系统

2.2.2.1 测量单元

测量单元包括多功能谐波表、智能温湿度控制仪和指针式电压电流表。多功能谐波表可测量 110kV 进线、10kV I#母线、10kV II#母线、10kV III#母线和 10kV IV#母线的三相电压、电流、有功、无功以及电压和电流 31 次谐波，具有通信功能，可上送测量电量；智能温湿度控制仪，可测量 1#主变和 2#主变的温度和湿度，具有通信功能，可上送测量值；指针式电压电流表用于辅助指示其他相关节点

2.2.2.2 自动控制单元

自动控制单元包括误操作声光报警、误操作记录、开关控制 PLC 等。误操作记录是累计误操作次数，设有“清零”键，可根据需要清零；开关控制 PLC 是基于可编程控制器（PLC）采集断路器和隔离开关的当前状态并控制断路器和隔离开关的分合。当误操作断路器或隔离开关，可声光报警或闭锁相应断路器或隔离开关。

2.2.2.3 继电保护单元

继电保护单元包括 1#微机线路保护装置（110kV 侧线路后备保护）、微机变压器差动保护（1#主变差动保护）、1#微机变压器后备保护（1#主变高压侧后备保护）、2#微机变压器后备保护（1#主变低压 II 侧后备保护）和综合保护装置（10kV 侧），各保护装置基本功能如下：

(1) 微机线路保护装置：具有电流速断，过电流，电流反时限，零序过流保护，负序电流保护和低电压保护等功能。

(2) 微机变压器差动保护：具有差动保护、电流速断保护和重瓦斯保护等功能。

(3) 微机变压器高后备保护：具有电流速断，过电流，电流反时限，零序过流保护，复合电压启动过电流保护和低电压启动过电流保护等功能。

(4) 综合保护应具有线路保护功能，电容器保护功能和变压器后备保护功能，线路保护功能为三段式相间电流保护，三段式零序保护，低频保护，低压保护，重合闸等；电容器保护功能为三段式相间电流保护，不平衡电流保护，不平衡电压保护等；变压器后备保护功能为三段式电流保护，反时限电流保护，非电量保护等。

各保护装置还具有以下通用功能：

- (1) 实时测量电压、电流电量，测量精度 0.2 级。
- (2) 在线修改存储各种保护整定值
- (3) 故障自诊断、自闭锁和自恢复。装置内部故障，能自动报警，并明确故障部位，关键部位故障，应自动闭锁保护出口。
- (4) 设有通信接口，可发送保护定值、事件报告和自检报告等。

2.2.2.4 仿真单元

仿真单元包括信号转换装置、多通道数据采集卡和仿真人机接口。信号接入信号转换装置，实现信号转换，再送入多通道数据采集卡，经 USB 接口接入仿真人机接口，用户可基于 labview 软件平台编程，经信号转换装置输出实现相应的功能。具体参数如下：

- (1) 信号转换装置电压量输入范围：0-120V
- (2) 信号转换装置电流量输入范围：0-6A
- (3) 多通道数据采集卡，USB 接口，采样速率 250ks/s, 16 路差分输入，16 位数据采样，2 路模拟量输出，24 路开关量。
- (4) 仿真人机接口采用电脑，预装 WINDOWS 操作系统。

2.2.2.5 通信网络

通信网络结构如附图 2 所示，采用分层分布式结构，分为间隔层和站控层，间隔层和站控层采用 IEC61850 通信协议。间隔层的设备主要为智能仪表、微机继电保护、开关控制 PLC、仿真单元以及规约转换装置；站控层的设备主要为监控主机。监控主机作用是通过内部通信网络和规约转换装置通信，获得所采集的模拟量和开关量以及继电保护等相关信息，这些相关信息的处理是通过智能变配电监控系统来实现。为了保证信息可靠传输，监控主机采用工控机。智能变配电监控系统具体功能如下：

(1) 数据采集与处理 (SCADA) 功能

具体包括各段母线电压、线路电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数等电量采集显示，并形成报表；智能变配电一次系统设备断路器、隔离开关状态、有载调压变压器分接头的位置、运行告警信号灯采集显示，并形成报表；对采集的电压、电流等电量不断进行越限监视；可对断路器、隔离开关进行分闸、合闸操作，具有防误操作的报警或闭锁措施；调节变压器分接头位置以及对无功补偿电容进行投、切控制。

(2) 继电保护功能

可实现远方查询定值、保护功能投退情况；可实现远方保护定值修改；可实现远方保护投退命令；能自动记录保护动作前后有关的故障信息，包括短路电流、故障发生时间等。

(4) 事件顺序记录及事故追忆

事件顺序记录就是对继电保护、断路器等正在事故时动作的先后顺序自动记录。记录事件发生的时间可精确到毫秒级，并能通过液晶显示器显示；事故追忆是对一些主要模拟量可在事故前后一段时间内作连续测量记录。

(5) 电能质量监测功能

电能质量监测模块是监测用户侧的电压偏差以及谐波是否在要求的范围内

(6) 远动功能

能够将所采集的模拟量和开关状态信息，以及时间顺序记录等远传至调度端。

2.2 系统组成

2.2.1 平台硬件组成

智能变配电系统实验平台包括一次系统模拟屏，继电保护控制柜和仿真人机接口。

2.2.1.1 一次系统模拟屏

一次系统模拟屏包括自耦调压器、三相三绕组变压器、各出线负荷、电压电流互感器、电压表、智能采集模块、可编程控制器 PLC、继电器和接触器、电子时钟和误操作

记录仪。主要部件配置清单如下：

THLZP-1 型 一次系统模拟屏主要部件配置清单

序号	名称	型号规格	数量
1	一次系统模拟屏	THLZP-1	1台
2	自耦调压器	9kVA, 0-450V 可调	1只
3	三相三绕组变压器	变比：380V/220V/220V 联接方式：Y/△/△ 变压器分接头：0, ±2.5%, ±5%, ±7.5%	1只
		变比：380V/220V/220V 联接方式：Y/△/△	1只
4	电压互感器	(380√3)V/(100/√3)V/(100/3)V	9只
		(220/√3)V/(100/√3)V/(100/3)V	15只
5	电流互感器	5A/5A	6只
6	电流互感器	5A/5A/5A	9只
7	多功能谐波表	ACR230ELH	6只
8	智能温湿度测试仪	WHD72	2只
9	操作与控制 PLC	PLC 主机：1769-L30ER	1只
		扩展模块：1769-IQ32	1只
		扩展模块：1762-IQ16	1只
		扩展模块：1762-OB32	1只
10	时间继电器	JS3-C-B 0-60S AC220V	2个
11	交流接触器	LC1-D0610M5N 220V	91个
12	交流接触器触头	LA1-DN11	40个
13	电阻电抗		1套
14	补偿电容模块	THL-BCC	2套
15	开关按钮信号灯		81个
16	凸轮开关	LW42A2	4个
17	数字时钟显示模块	THL-CLS 显示当前年，月，日，时分秒，以及安全运行天数。	1套
18	误操作报警记录		1套
19	工控机		1只
20	22寸显示器		1只

2.2.1.2 继电保护控制柜

继电保护控制柜包括电流表、光字牌、微机线路保护装置，微机变压器差动保护装置和微机变压器后备保护装置、仿真装置交流电动机。主要部件配置清单如下：

THLZP-1 型 继电保护控制主要部件配置清单

序号	名称	型号规格	数量
1	继电保护控制柜	THLZP-1	1台

2	电流表	5A/5A	5只
3	微机线路保护装置	THL-531	1台
4	微机变压器差动保护装置	THL-513	1台
5	微机变压器后备保护装置	THL-516A	1台
6	微机变压器后备保护装置	THL-516	1台
7	综合保护装置	SR-197T	1台
8	信号转换装置	THLXH-2	1台
9	多通道数据采集卡	USB-6341	1块
10	工控机		1台
11	规约转换装置		1台

2.2.1.3 仿真人机接口

仿真人机接口、信号转换装置和多通道数据采集卡之间接线如图 1 所示，其中，信号转换装置背板接线见表 1。

表 1 信号转换装置 I/O 背板端子

序号	名称	输入代码	序号	名称	输出代码
1	1#主变高压侧电压	Uha	25	电容 C11 投退输入	C11_IN
2		Uhb	26	电容 C12 投退输入	C12_IN
3		Uhc	27	电容 C13 投退输入	C13_IN
4		Uhn	28	电容 C21 投退输入	C21_IN
5	1#主变高压侧 A 相电流	Iha*	29	电容 C22 投退输入	C22_IN
6		Iha	30	电容 C23 投退输入	C23_IN
7	1#主变高压侧 B 相电流	Ihb*	31	分接头手动升高	HTH_IN
8		Ihb	32	分接头手动降低	HTL_IN
9	1#主变高压侧 C 相电流	Ihc*	33	自动/手动	AU/HAND
10		Ihc	34	电容器故障切除输入	CF_IN
11	1#主变低压 I 侧电压	U11a	35	变压器保护输入	BBH_IN
12		U11b	36	电容 11 投退输出	C11_0
13		U11c	37	电容 12 投退输出	C12_0
14		U11n	38	电容 13 投退输出	C13_0
15	1#主变低压 I 侧 A 相电流	I11a*	39	电容 21 投退输出	C21_0
16		I11a	40	电容 22 投退输出	C22_0
17	1#主变低压 I 侧 B 相电流	I11b*	41	电容 23 投退输出	C23_0
18		I11b	42	分接头-75 档输出	TN75_0
19	1#主变低压 I 侧 C 相电流	I11c*	43	分接头-5 档输出	TN5_0

20		I11c	44	分接头-2.5 档输出	TN25_0
21	1#主变低压 II 侧 A 相电压	U12a1	45	有载调压 0 档输出	TZ_0
22		U12n	46	分接头+2.5 档输出	TP25_0
23	1#主变低压 II 侧 A 相电流	I12c*	47	分接头+5 档输出	TP5_0
24		I12c	48	分接头+75 档输出	TP75_0

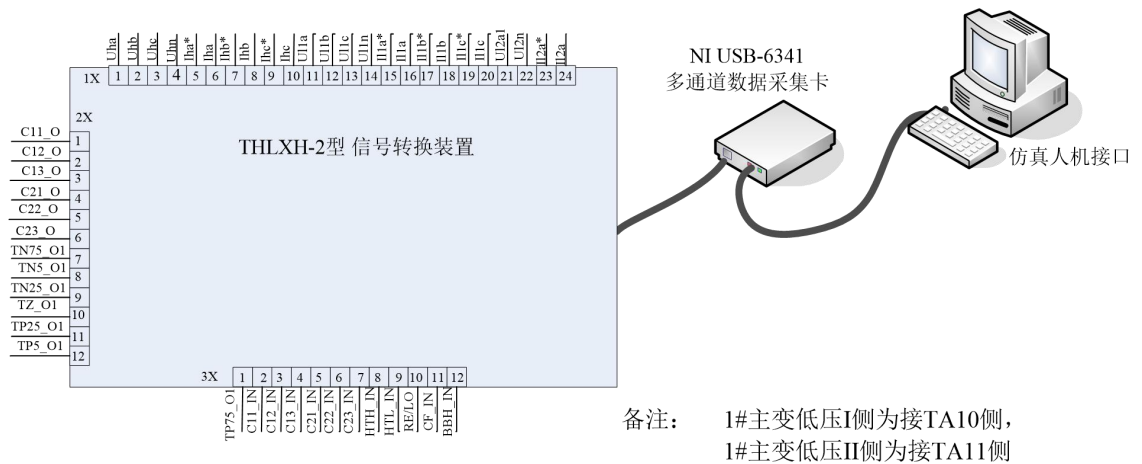


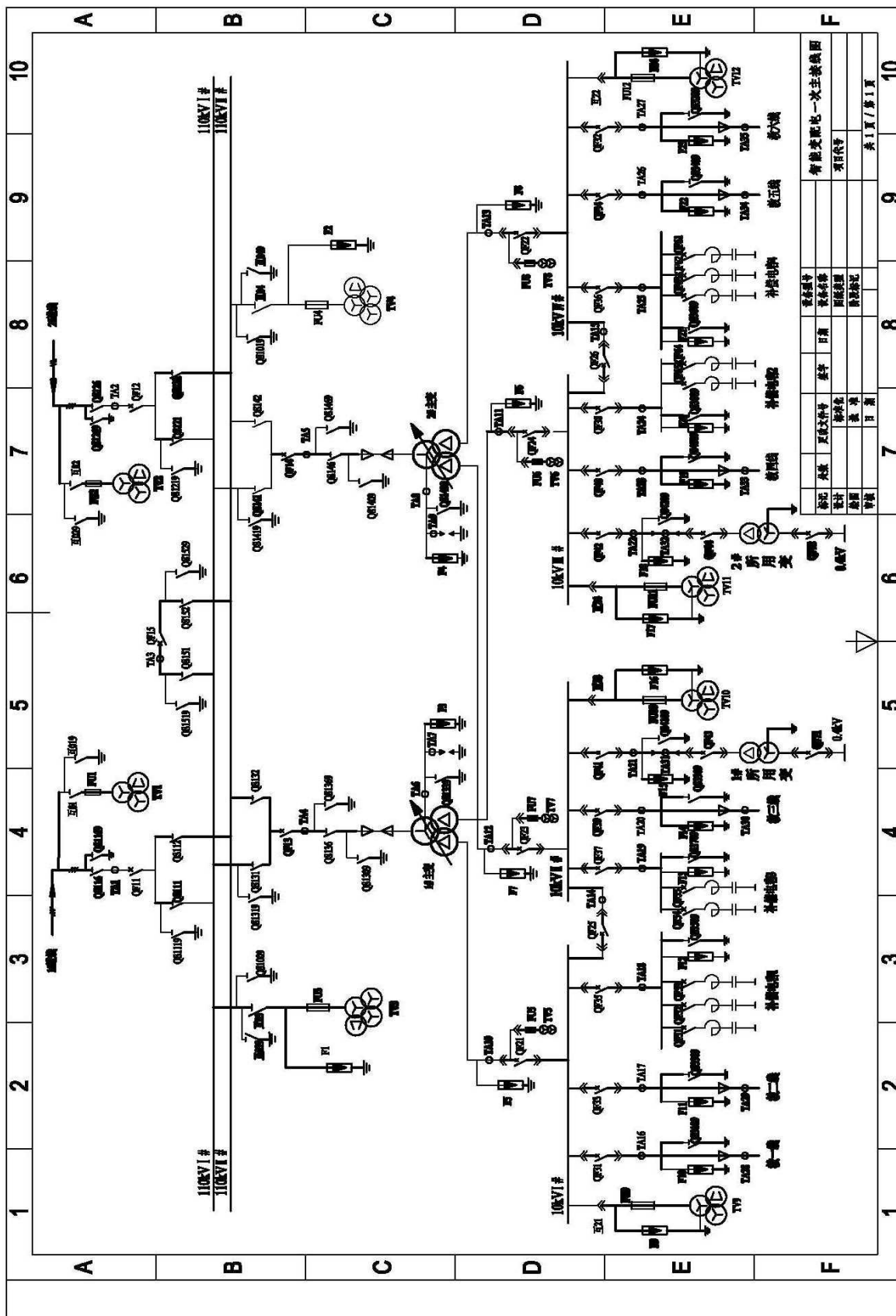
图 1 仿真单元内部及外部接线示意图

2.2.3 平台软件

多通道数据采集卡软件平台是基于 Labview 2014，上述两种软件均安装于仿真接口内。THLZP-1 智能变配电监控系统是基于电力工程组态二次设计而成，安装于工控机内。

序号	类型	软件名称	备注
1	Labview 编程	Labview 2014	用户自备
2	电力工程组态	THLZP-1 智能变配电监控系统	已安装

附图 1:



附图 2

