

电力系统继电保护

实验指导书

上海交通大学

电气工程与自动化实验室

2020 年 7 月

目 录

<u>第一章 电力系统继电保护实验装置简介</u>	- 1 -
<u>一、实验装置的功能及特点</u>	- 1 -
<u>二、技术性能及说明技术性能说明</u>	- 1 -
<u>三、实验安全操作规程</u>	- 2 -
<u>第二章 装置使用说明</u>	- 4 -
<u>一、数字式线路保护测控装置</u>	- 4 -
<u>二、数字式变压器差动保护装置</u>	- 7 -
<u>第三章 软件界面介绍</u>	- 8 -
<u>一、简介</u>	- 8 -
<u>二、STS360 在线监控系统</u>	- 8 -
<u>第四章 实验内容</u>	- 9 -
<u>实验一 三段式电流保护及自动重合闸</u>	- 9 -
<u>实验二 变压器差动保护</u>	- 15 -
<u>实验三 微机型距离保护实验</u>	- 19 -

第一章 电力系统继电保护实验装置简介

一、实验装置的功能及特点

1、简介

EPL-I 型继电特性及线路保护实验装置是根据全国各高等院校《电力系统自动化》、《电力系统继电保护》、《工厂供电》等课程实验教学要求，结合生产实践的实际应用而设计开发的新型实验装置，能对发电厂、变电所及工厂中常用的继电保护、电气二次控制回路等教学内容进行操作实验。本实验装置采用了新一代软、硬件技术开发的微机保护产品，适用于电力、电气类各专业相关课程的教学实验，也可作为学生毕业设计和教师科研的硬件开发平台。

2、特点

- 1) 结构合理性：整个结构采用两层铝合金框架形式，面板排序按照实际线路的流程排序，与教科书中各原理图吻合，精心地设计使操作者操作直观、原理易懂。
- 2) 器件真实性：采用的各种实验继电器均为电力系统现场常用软件，较真实地反映目前电力系统的现状。
- 3) 实验直观性：实验器件置于面板表面，学生可清晰看到各种继电器动作，方便地对继电器整定值进行调节，提高学生动手能力。
- 4) 装置综合性：装置将电力系统继电保护、电力系统自动装置、工厂供电，电力系统自动化实验内容集于一体。
- 5) 安全可靠：装置设有电流型漏电保护，学生的人身安全得到了保障，同时采用了高可靠性安全实验导线，避免了学生触电的可能。现场有跳闸保护，便与处理紧急事故。
- 6) 组合灵活性：实验模块采用组件式，可根据实验内容任意组合，更换方便。
- 7) 技术先进性：微机线路保护装置采用南瑞生产的最新技术，装置自身具有良好的自诊断功能，并留有计算机测量和控制接口，便于和计算机相联。

3、技术条件

- 1) 输入电源：三相 380V $\pm$ 5% 50Hz
- 2) 工作环境：温度-10 $^{\circ}$ C $\sim$ +40 $^{\circ}$ C 相对湿度 $\leq$ 85% 海拔 $\leq$ 4000m
- 3) 装置容量： <3 KVA
- 4) 外形尺寸：1800 $\times$ 750 $\times$ 1600mm

二、技术性能及说明技术性能说明

本装置控制屏采用两层铝合金框架形式，面板共为两层：低层为固定式结构，有各种电源和输电线路的模拟两部分组成，上层主要设有微机保护装置、交直流仪表、电子秒表及相位移等测量仪器。

1、安全保护功能

- 1) 设有电流型漏电器和安全实验导线双重人身保护；
- 2) 具有现场跳闸保护，便于处理紧急事故；
- 3) 仪表带有过量程保护功能，交直流电源具有短路保护。

2、电源的性能说明

1) 三相交流电源

三相交流电源为 0—100V 连续可调输出，额定电流为 5A，输出功率大于 3kVA，设有短路保护功能，带有 0—150V 交流电压表指示电压输出值。

2) 单相交流电源

单相交流电源为 0—100V 连续可调输出，额定电流为 5A，输出功率大于 1kVA，设有短路保护功能。

3) 直流电源

输出电压为 220V，额定电流为 3A，带短路保护功能。

三、实验安全操作规程

1、实验前的准备

实验前应复习教科书有关章节内容，认真研读实验指导书，了解实验目的、项目、方法与步骤，明确实验过程中应注意的问题。

实验前应写好预习报告，经老师检查认为确实做好了实验前的准备，方可开始实验。认真作好实验前的准备工作，对于培养学生独立工作能力，提高实验质量和保护实验设备、人身的安全等都具有相当重要的作用。

2、实验的进行

1) 建立小组，合理分工

每次实验都以小组为单位进行，每组 2~4 人组成，实验进行中的接线、负载、电压或电流调节、记录数据等工作每人应有明确分工，以保证实验操作的协调，使记录的数据准确可靠

2) 按图接线

根据实验线路图及所选组件、仪表，按图接线，接线要力求简单明了，接线原则应是先接串联主回路，再接并联支路。为方便检查线路的正确性，实验线路图中的直流回路、交流回路、控制回路等应分别用不同颜色的导线连接。

3) 试运行

在正式实验开始之前，先按一定规范起动保护电路，观察所以仪表是否正常。如果出现异常，应立即切断电源，并排出故障：如果一切正常，即可正式开始实验。

4) 测取数据

预习时对继电器及其保护装置的试验方法及所测数据的大小作到心中有数。正式实验时，根据实验步骤逐次测取数据。

5) 认真负责，实验有始有终

实验完毕，须将数据交指导老师审阅。经指导老师认可后，才允许拆线，并把实验所用的组件、导线及仪器等物品整理好，放至原位。

3、实验报告

实验报告是根据实测数据和在实验中观察发现的问题，经过自己分析研究或分析讨论后写出的实验总结和心得体会。

实验报告要简明扼要、字迹清晰、图表整洁、结论明确。

实验报告包括以下内容：

- 一) 实验名称、专业班级、学号、姓名、实验日期、室温℃。
- 一) 列出实验中所用器件的名称及编号，继电器铭牌数据等。
- 一) 列出实验项目并绘制实验时所用的线路图，并注明仪表的量程。电阻器阻值。
- 一) 数据的整理和计算。
- 一) 解答各个实验的思考题，部分思考题在实验前要进行抽查提问，作为学生实验预习成绩中的一部分。
- 一) 根据数据说明实验结果与理论是否符合，可对某些问题提出一些自己的见解并最后写出结论。实验报告应写在一定规格的报告纸上，保持整洁。

一) 每次实验每人独立完成一份报告, 按时送交指导老师批阅。

4、安全操作规程

为了按时完成微机变压器保护实验, 确保实验时人身安全与设备安全, 要严格遵守如下规定的安全操作规程:

- 1) 实验时, 人体不可接触带电线路。
- 2) 接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行。
- 3) 学生独立完成接线或改接线后必须经指导老师检查和允许, 并使组内其它同学引起注意后方可接通电源。实验中如发生事故, 应立即切断电源, 经查清问题和妥善处理故障后, 才能继续进行实验。
- 4) 通电前应先检查是否有短路回路存在, 以免损坏仪表或电源。
- 5) 实验室总电源或实验台控制屏上的电源应由实验指导教师来控制, 其他人员只能经指导老师允许后方可操作, 不得自行合闸。

5、实验特别注意事项

- 1) 未知电流电压大小时, 将电压电流表量程调到最大; 可预判电流电压范围时, 适当调整量程, 但要充分考虑到瞬时量可能超出量程的危险。
- 2) 连接线尽可能使用单根, 但不宜过紧; 尽可能按每相不同颜色接线, 在电源断开情况下拆线连线。
- 3) 使用自动重合闸时, 要等要充电灯不闪之后再开始实验。
- 4) 所有实验, 系统处在交流线电压为 100V 的条件下进行。
- 5) 通电的电流互感器二次侧若未连接到微机保护装置上, 必须将其短接。
- 6) 所有实验, 除了特殊要求的, 均采用三相相间短路方式。

第二章 装置使用说明

一、数字式线路保护测控装置

1、概述

STS362L 数字式线路保护装置适用于 66KV 及以下中性点非直接接地系统, 保护功能配置: 三段式相间距离保护; 三段式接地距离保护; 三段式相间方向过流保护; 三段式零序方向过流保护; 低周减载、低压解列和三相一次重合闸保护。

各保护功能投退均通过软压板实现。

2、整定值清单及说明（部分）

序号	定值名称	范围	单位	备注
1	控制字一	0000~FFFF	无	参见控制字说明
2	控制字二	0000~FFFF	无	参见控制字说明
3	控制字三	0000~FFFF	无	参见控制字说明
4	线路正序阻抗角	45~90	度	
8	相间距离I段阻抗	0~200	Ω	
9	相间距离II段阻抗	0~200	Ω	
10	相间距离III段阻抗	0~200	Ω	
11	相间距离I段时间	0~20.00	S	
12	相间距离II段时间	0.1~20.00	S	
13	相间距离III段时间	0.1~20.00	S	
20	后加速距离时间	0.1~5	S	
22	电流I段	0.2~100.0	A	
23	电流II段	0.2~100.0	A	
24	电流III段	0.2~100.0	A	
25	电流I段时间	0.0~5.00	S	
26	电流II段时间	0.1~20.00	S	
27	电流III段时间	0.1~20.00	S	
34	电流加速段	0.2~100.0	A	
35	电流加速段时间	0.0~5.00	S	
47	重合闸检同期定值	10~50	度	

序号	定值名称	范围	单位	备注
48	重合闸时间	0.2~20.0	S	
55	二次重合时间	0.1~200	S	

3、液晶显示画面清单

- 1 运行显示画面：
- 2 主菜单画面：
 - 2.1 交流采样菜单：2.1.1 有效值 2.1.2 专用测量 2.1.3 电量值
 - 2.2 事件报告菜单：2.2.1 报告显示 2.2.2 录波打印
 - 2.3 系统设置菜单：2.3.1 压板设置 2.3.2 时间调整 2.3.3 测能校验：
 - (2.3.3.1 偏移校验、2.3.3.2 增益校验、2.3.3.3 保存设置、2.3.3.4 能量清零)
 - 2.4 定值菜单：2.4.1 显示 2.4.2 切换 2.4.3 修改 2.4.4 打印
 - 2.5 装置测试菜单：2.5.1 开出传动 2.5.2 开入检查 2.5.3 交流测试
 - 2.5.4 综自功能 (2.5.4.1 模式切换 2.5.4.2 保护上传 2.5.4.3 告警上传 2.5.4.4 遥信上传 2.5.4.5 码表打印)
 - 2.6 其它菜单：2.6.1 版本 2.6.2 保护信息 2.6.3 装置标识
- 3 运行设置
 - 3.1 压板设置：
 - 3.2 定值切换
 - 3.3 定值修改
 - 3.4 时间调整

4、菜单画面

在正常显示画面下按【←┘】键进入主菜单，主菜单如下：

【主菜单】

交流采样	定 值
事件报告	装置测试
系统设置	其它信息

进入主菜单后，可以用“^”键、“V”键、“<”键或“>”键选择相应的菜单项，按【←┘】键进入相应的子菜单或执行相应的操作，按【Q】键返回到前一画面。

进入各项子菜单后，可用“^”键和“V”键翻行，“+”键和“-”键翻页，按【Q】键返回到前一画面。

5、定值修改

选择“系统设置”菜单下的“定值修改”子菜单，系统将提示选择需修改的定值区：

【定值修改】

请选择定值区: 00±

当前运行区: 00

选择定值区后，按【←┘】键进入定值修改窗口：

定值修改(0区)

控制字一.....	0000
控制字二.....	0000
控制字三.....	0000

对于无效定值区显示系统缺省定值！

进入定值修改窗口后，可以用“^”键、“v”键、“<”键或“>”键选择修改位置，用“+”键和“-”键进行数值修改。控制字中有效位的内容，按住“>”键,并保持3秒左右，显示出控制字有效位内容的选择子菜单。在此子菜单中，可以方便的对控制字有效位进行投退。

修改完毕后，按【↵】键确认操作。输入密码，按【↵】键确认操作。若要放弃修改，按“Q”键，系统将放弃本次修改操作并返回定值修改主菜单。

确认全部修改完毕后，按【↵】键进行固化操作。若要放弃修改，按“Q”键，系统将放弃本次修改操作并返回上一级菜单。

6、压板设置菜单

选择【运行设置】菜单下的“压板设置”子菜单，进入压板设置窗口：

压板设置

接地距离I段	投入
接地距离II段	投入
接地距离III段	退出

用“^”键、“v”键选择不同的压板,用“+”键或“-”键选择投入或退出。若需放弃设置，按“Q”键退出。按【↵】键开始设置压板，系统提示输入密码：

压板设置

请输入密码：00

若密码错误,显示密码错误消息框, 否则显示压板设置结果消息框.

压板设置

压板设置成功!

在任意状态下按“Q”键均将退回至上一菜单。

二、数字式变压器差动保护装置

1、概述

STS361T 数字式变压器差动保护装置是以二次谐波制动的比率差动保护为基本配置的成套变压器差动保护装置。适用于 66KV 及以下电压等级的变压器保护，可在开关柜就地安装，也可组屏安装于控制室。

2、整定值清单及说明（部分）

序号	定值名称	范围	单位	备注
1	控制字一	0000~FFFF	无	参见控制字说明
2	控制字二	0000~FFFF	无	备用
3	高压侧额定电流	0.2~15.0	A	
4	低压侧额定电流	0.2~15.0	A	
5	差动速断电流	$3I_e \sim 12I_e$	A	
6	差动启动电流	$0.2I_e \sim 2I_e$	A	

3、液晶显示画面清单

- 1 运行显示画面：
- 2 主菜单画面：
 - 2.1 交流采样菜单：2.1.1 有效值 2.1.2 专用测量 2.1.3 电量值
 - 2.2 事件报告菜单：2.2.1 报告显示 2.2.2 录波打印
 - 2.3 系统设置菜单：2.3.1 压板设置 2.3.2 时间调整 2.3.3 测能校验：
(2.3.3.1 偏移校验、2.3.3.2 增益校验、2.3.3.3 保存设置、
2.3.3.4 能量清零)
 - 2.4 定值菜单：2.4.1 显示 2.4.2 切换 2.4.3 修改 2.4.4 打印
 - 2.5 装置测试菜单：2.5.1 开出传动 2.5.2 开入检查 2.5.3 交流测试
2.5.4 综自功能 (2.5.4.1 模式切换 2.5.4.2 保护上传 2.5.4.3 告警上传 2.5.4.4 遥信上传 2.5.4.5 码表打印)
 - 2.6 其它菜单：2.6.1 版本 2.6.2 保护信息 2.6.3 装置标识
- 3 运行设置
 - 3.1 压板设置：
 - 3.2 定值切换
 - 3.3 定值修改
 - 3.4 时间调整

4、定值修改、压板设置菜单

参照 STS362L 数字式线路保护装置使用方法。

第三章 软件界面介绍

一、简介

这次实验所使用的 STS360 监控系统制作平台以电力监控系统为背景，可以制作出标准的 SCADA 系统，适用于变电站综合自动化、各级电网调度以及给水、煤气等各个领域。

使用 STS360 制作出的监控系统具有数据采集、数据处理、历史记录、画面显示等各项功能，同时 STS360 开发环境还为二次开发提供了良好的开发接口，STS360 各个层次的功能，包括数据处理、显示方式等，用户都可自行设计，进行二次开发。

在技术上，STS360 内含网络互连功能，各项任务分布处理，数据可多机热备，具有高性能，高可靠性，可扩充性等特点。

该制作平台包括三个既相关又独立的软件，即 STS360 界面编辑器、STS360 系统数据生成系统及 STS360 在线监控系统，其中前两个软件是“在线监控系统”的基础，需要由它们编辑好相应的图形界面和数据采集，再由“STS360 在线监控系统”完成遥测、遥信、遥调、遥控等功能，并可以在线完成微机继保装置整定值和各种控制字的设定以及保护信息的监测。对于后台界面开发人员，应熟练掌握这三个软件的全部操作，而对于调度所调度人员、变电站值班人员（对于本实验来说就是实验指导教师）只需要熟练掌握 STS360 在线监控系统即可。因此，下面将重点介绍“在线监测系统”。

二、STS360 在线监控系统

在线监控软件是 STS360 监控系统为调度所调度人员，变电站值班人员提供的监控终端。因此对于本实验的指导老师来说，并不需要掌握 STS360 界面编辑器和 STS360 系统数据生成器的具体使用，但必须掌握该监控系统的使用。它的主要功能是：

1. 显示一次设备状态，并可以人工打印图形。
2. 显示包括：遥测越限报警、遥测越限恢复正常、遥信正常变位、事故变位、SOE、遥调、遥控结果等事件信息。
3. 显示事件列表，并提供各种查询手段。
4. 进行遥调、遥控操作。
5. 进行人工置数操作。
6. 进行报警确认操作。
7. 显示保护事件信息列表，并提供查询手段。
8. 显示实时曲线和历史曲线。
9. 显示历史报表，进行人工打印。
10. 自动打印历史报表。
11. 监视系统报文，包括串口报文、网络报文等。

III 段过流保护实验整定

过流保护整定

电流 III 段 (定时限过电流) 保护的整定:

动作时间: Δt_{III} 整定 1s

式中: K_h 电流继电器返回系数, 一般采用 0.85; K_k 可靠系数, 一般采用 1.20; K_{zq} 自起动系数无电动机时取 1 有电动机时大于 1; $I_{f \cdot \max}$ 最大负荷电流

$$I_{dz} = \frac{K_k K_{zq}}{K_h} I_{f \cdot \max}$$

B 站 III 段保护实验步骤

实验步骤:

- 1)按图接线, 调节调压器, 使交流电压为 100V, 运行方式切换: 最大。
- 2) 将线路阻抗(电阻、电抗分别)调至最大, 合上电源开关 QF4 合上全部负荷开关。
- 3)记录此时的线路电流 $I_{f \max}$, 算出对应的三段整定电流 I_{dzIII} , 最后将负荷开关退出。

($IDZBIII = I_{f \max} \times 1.2/0.85$)

- 4) 操作 EPL—168: 定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→固化成功。

动作时间: Δt_{III} 整定 1s

A 站 I、II 段保护实验步骤

实验步骤:

A 站 II 段整定

- 1)按图接线, 调节调压器, 使交流电压为 100V。
- 2)将转换开关切换成 A 站保护, 线路故障类型设置中按下“A 相短路”, “B 相短路”, 系统运行方式切换: 最小。
- 3)将线路阻抗(电阻、电抗分别)调至最大, 合上电源开关 QF3、QF4, 记录两相短路电流 I_{kmin} 。
- 4)整定 $IDZAI$: 操作 EPL—24: 定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→固化成功。($IDZAI = 1.05 \times I_{kmin}$ 动作时间: Δt_{II} 整定为 0.5s)

5) A 站 I 段整定

将线路阻抗(电阻、电抗分别)调至最大, 故障类型设置中按下“A 相短路”, “B 相短路”和“C 相短路”, 系统运行方式切换: 最大;合闸电源开关 QF3、QF4, 记录三相短路电流 I_{kmax}

- 6)整定 $IDZI$: 操作 EPL—24: 定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→固化成功。($IDZAI = 1.3 \times I_{kmax}$ 动作时间: Δt_I 整定 0.1s)

B 站 I 段整定

- 1)按图接线, 调节调压器, 使交流电压为 100V。
- 2)将转换开关切换成 B 站保护, 线路故障类型设置中按下“A 相短路”, “B 相短路”和“C 相短路”, 系统运行方式切换: 最大。

3)将线路阻抗(电阻、电抗分别)调至最大，合闸电源开关 QF4，记录三相短路电流 I_{kmax} 。

4)整定 IDZBII：操作 EPL—168：定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→固化成功。(IDZBI= $1.3 \times I_{kmax}$ 动作时间： Δt_I 整定 0.1s IDZBII= $1.15 \times IDZAI$;动作时间： Δt_{II} 整定为 0.5s)

面板整定：

操作 EPL—168：(B 站保护)定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→固化成功,将电流 I、II、III 段保护投入。电流 I、II、III 段动作时间分别设定在 0.1s 秒、0.5 秒和 1s。

再操作 EPL—24：(A 站保护)定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→固化成功。其中，将差动保护压板设置退出。将电流 I、II 段保护投入。电流 I、II 段动作时间分别设定在 0.1s 秒、0.5 秒。

B 站 A 站 I、II 段保护配合实验

整体配合实验

1)投入 A 站 I、II 段保护及 B 站 I、II、III 段，将转换开关切换成 A 站保护。观察实际动作情况。

2)保持交流输入电压为 100V，线路故障类型设置中按下“A 相短路”，“B 相短路”和“C 相短路”，调节(B+A)站阻抗为全长的 100，投入负载，按下操作开关 QF4、QF3 合闸，将转换开关切换成 A 站保护，观察保护动作的不同形式。

3)保持交流输入电压为 100V，线路故障类型设置中按下“A 相短路”，“B 相短路”和“C 相短路”，调节 A 站端口，按下操作开关 QF4、QF3 合闸，将转换开关切换成 A 站保护，观察保护动作的不同形式。

4)保持交流输入电压为 100V，线路故障类型设置中按下“A 相短路”，“B 相短路”和“C 相短路”，调节 B 站全长 50%，按下操作开关 QF4，将转换开关切换成 B 站保护，观察保护动作的形式。

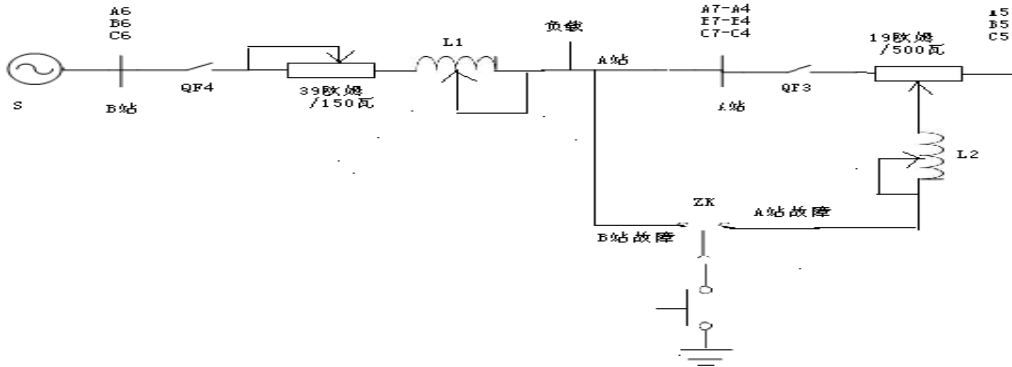
5)记录保护装置显示读数，完成下表。

短路点全长		B 站全长 50%	A 站端口	(B+A)站 100%
电流几段				
动作时间				
短路形式				
具体描述(保护装置启动顺序及理由)				
动作电流				
整定	整定值 B 站	BI	BII	BIII
	整定值 A 站		AI	AII
动作站				

备注(是否越级跳闸)			
------------	--	--	--

实验报告要求

1.实验接线：B 站电阻用变阻器法 A 站电阻用电位器法来调节短路电流的不同数值，如果顺序颠倒即 A 站在先 B 站在后又会产生什么情况？



2.什么是越级跳闸？分析 B 站 A 站 I、II 段保护整体配合实验的动作顺序。

思考题

1.分析上面表格数据并作出相应的解释.

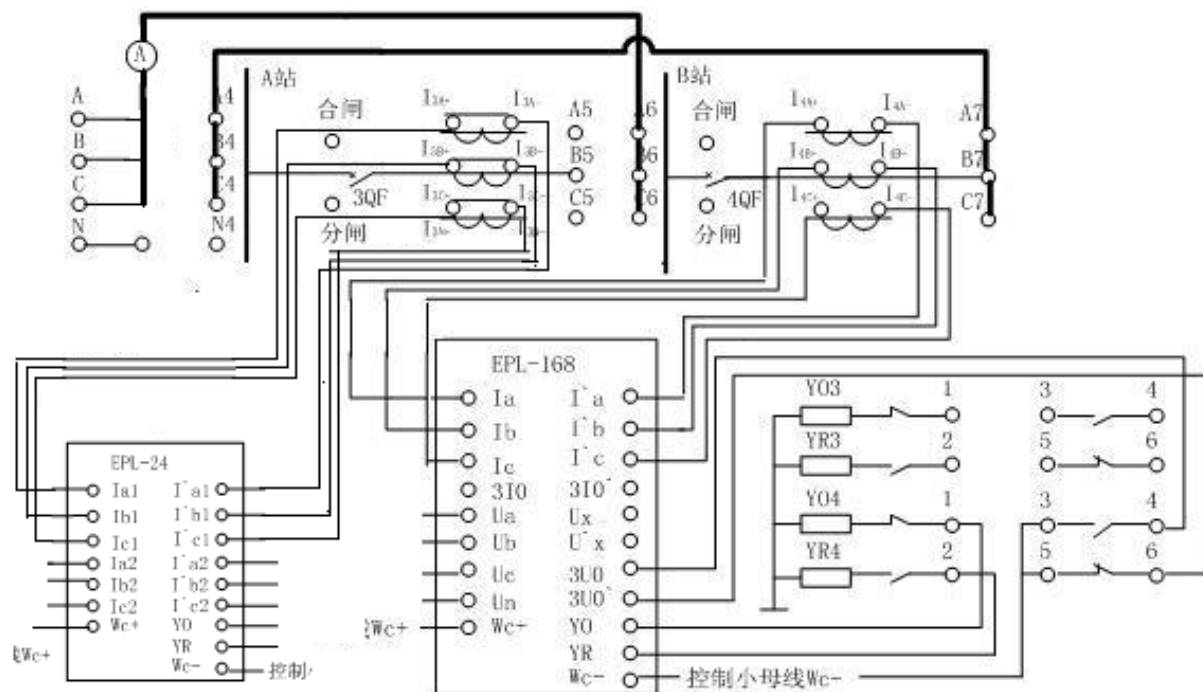
自动重合闸

了解重合闸前加速，后加速的基本原理和方法

所谓“前加速”是指当多级分段保护线路无论哪一处发生故障，保护装置都迅速动作以防故障扩大，如果是瞬间故障则重合闸投入就成功，恢复正常供电；如果是永久故障则重合闸投入失败，保护装置就按预先整定的设置分段跳闸。“前加速”的配合方式广泛应用于 35kv 以下的非重要负荷配电线路上。

所谓后加速就是当第一次故障时，保护有选择性动作，然后，进行重合。如果重合于永久性故障上，则在断路器合闸后，再加速保护动作，瞬时切除故障，而与第一次是否带时限无关。“后加速”的配合方式广泛应用于 35kv 以上的网络和对重要负荷供电的送电线路上。

实验接线图



前加速重合闸实验

压板设置：分别找到加速、重合

一次重合闸前加速实验整定方法

电流前加速投入修改方法：定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→控制字二（长安”>”键）进入子菜单→选择前加速方式→固化成功（控制字二即为 4000）电流 I 段、II 段、 III 段整定仍旧按照三段式电流保护数值进行。

压板设置（投入）	电流 I 段		电流 II 段		电流 III 段	
定值修改	整定值	A	整定值	A	整定值	A
	动作时间	0.1s	动作时间	0.5s	动作时间	1s
压板设置（投入）	重合闸		电流加速/电流前加速			
定值修改	动作时间	1s	整定值	0.6 A	动作时间	0.05s

前加速保护实验步骤

调节电压至 100V 左右且整个实验将在该固定电压下进行（退出负载）。

1)投入 A 站 I、II 段保护及 B 站 I、II、III 段，观察实际动作情况。2)保持交流输入电压为 100V，线路故障类型设置中按下“A 相短路”，“B 相短路”

和“C 相短路”，调节(B+A)站阻抗分别为全长的 100%、A 站端口、和 B 站全长 50%，按下电源开关，合上 QF4 开关注意观察充电指示灯由闪烁变常亮后再合上 QF3 开关，
将转换开关切换成 A 站保护。

将一次重合闸前加速保护完成如下的表格形式

前加速	短路电 流	一次跳闸 原因	一次跳闸 时间	一次重合闸 时间	二次跳闸 原因	二次跳闸 时间	结论
I段 B 站保护 B 站全 长 50%							
II段 A 站保护 A 站端口							
III段 A 站保护 (B+A) 站 全 长							

后加速重合闸实验

一次重合闸后加速实验整定方法

电流后加速投入修改方法：定值→修改→选择定值区 00→定值修改→输入密码→控制字二（长安”>”键）→进入子菜单→选择后加速方式→固化成功（控制字二即为 0000）电流 I 段、II 段、 III 段整定仍旧按照三段式电流保护数值进行。

压板设置（投 入）	电流 I 段		电流 II 段		电流 III 段	
定值修改	整定值	A	整定值	A	整定值	A
	动作时间	0s	动作时间	0.5s	动作时间	1s
压板设置（投 入）	重合闸		电流加速/电流后加速			
定值修改	动作时间	1s	整定值	0.7A	动作时间	0.05s

后加速保护实验步骤

调节电压至 100V 左右且整个实验将在该固定电压下进行

1)投入 A 站 I、II 段保护及 B 站 I、II、III 段，观察实际动作情况。2)保持交流输入电压为 100V，线路故障类型设置中按下“A 相短路”，“B 相短路”

和“C 相短路”，调节(B+A)站阻抗分别为全长的 100%、A 站端口、和 B 站全长 50%，按下电源开关，合上 QF4 开关注意观察充电指示灯由闪烁变常亮后再合上 QF3 开关。将转换开关切换成 A 站保护。

将一次重合闸后加速保护完成如下的表格形式

后加速	短路电 流	一 次 跳 闸原因	一 次 跳 闸时间	一 次 重 合 闸时间	二 次 跳 闸原因	二 次 跳 闸 时间	结论
I段 B 站保护 B 站全长 50%							
II段 A 站保护 A 站端口							
III段 A 站保护 (B+A)站全 长							

实验报告要求

1) 前加速和后加速各自的应用场合及特点?

思考题

1) 分析实验数据并展开讨论

实验二 变压器差动保护

一、实验目的及要求

- 1、掌握变压器差动保护的不平衡电流的原因
- 2、了解微型变压器差动保护的基本动作原理
- 3、学会变压器差动保护的电流互感器的接线原则以及接线方法
- 4、了解制动特性对差动继电器启动值的影响
- 5、了解励磁涌流对变压器差动保护的影响

变压器差动保护实验原理

二、实验原理

- 1、变压器差动保护的不平衡电流的原因

- 1 由变压器励磁涌流 I_{Ly} 产生

变压器励磁电流 I_L 仅流经变压器的某一侧，因此通过电流互感器，反应到差动回路中不能被平衡。

防止方法：I 采用有速饱和铁心的差动继电器；

II 鉴别短路电流和励磁涌流波形差别；

III 利用二次谐波制动。

- 2 由变压器两侧电流相位不同产生

通常采用 $Y/\Delta-11$ 接线方式，若两侧电流互感器仍采用该接线方式，则两次电流由于相位不同，也会有一个差电流流入继电器。

防止方法：将变压器星形侧的三个电流互感器接成三角形，或将变压器三角形侧的三个电流互感器接成星形。

- 3 由计算变比与实际变比不同而产生的

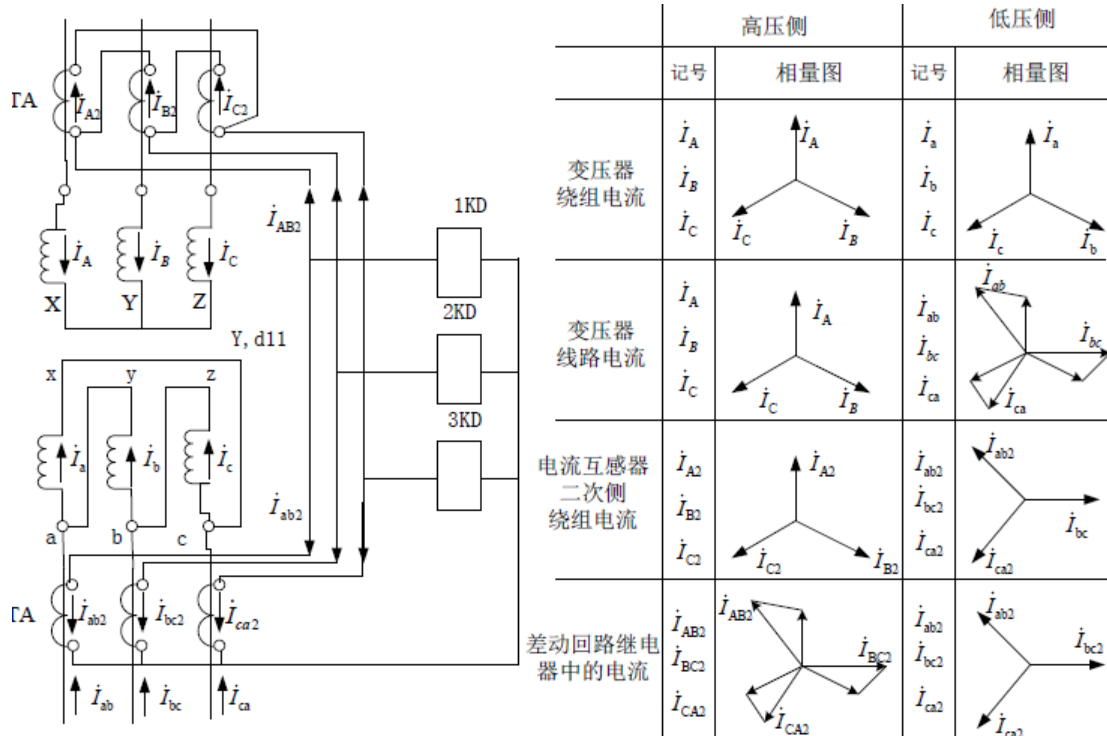
很难满足变比的要求，将有电流流过差动回路。

防止方法：采用有速饱和铁心的差动继电器

变压器差动保护的正确接线及基本动作原理

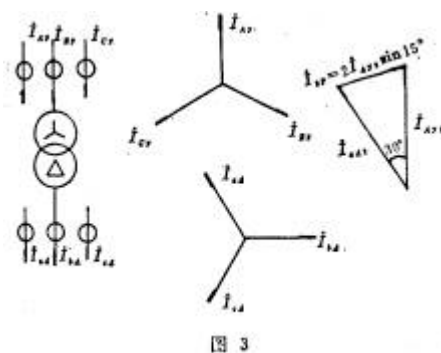
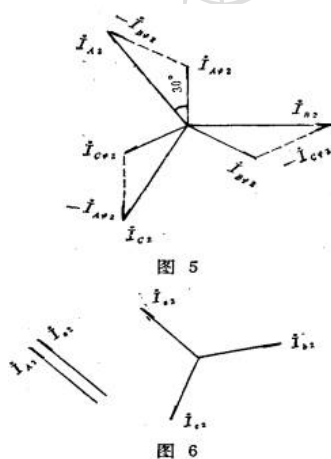
- 1 我们还以双绕组 $Y/\Delta-11$ 变压器为例，见图 4：

变压器原边互感器二次线圈接成 Δ 形，按减极性原边一次电流由 $L1$ 流向 $L2$ 为正，二次电流由 $K1$ 流向 $K2$ 为正，互感器二次接线按 $AK2$ 与 $BK1$ 连接， $BK2$ 与 $CK2$ 连接， $CK2$ 与 $AK1$ 连接，二次电流由 $AK2$ ， $BK2$ ， $CK2$ 引出线电流。变压器副边电流互感器二次线圈接成人形，假设母线电流从 $L2$ 进，按减极性，一次电流由 $L2$ 流向 $L1$ 为正，二次电流由 $K2$ 流向 $K1$ 也为正。端子 $ak1$ ， $bK1$ ， $CK1$ ；连在一起引出中线，端子 $aK2$ ， $bK1$ ， $CK1$ 引出线电流。



由向量图 5 和图 6 可以看出：变压器原边互感器二次线电流分别超前相电流 30° ，也即超前一次电流 30° 。

变压器付边电流互感器二次线圈因接入互感器二次电流与一次电流同相位。而变压器由于采用 Y / Δ -11 接法，低压侧电压恰好领先对应侧电压 30° 故低压侧互感器二次线电流与原边互感器二次线电流同相位。只要两者(两侧电流互感器)之间的变比选择适当，就能保证，当变压器正常运行及区外故障时，流入差动保护差回路中的电流近似为零，差动保护不会动作。



按下电源开关，QF1、QF2、QF4 开关，变压器设置转换开关在中间正常位置，缓慢调节电压，至原边 100V 输出，合上负载开关，完成表(极坐标形式)4-1

高压侧					低压侧					差动电流
UAB	I _B	I _A	I _B	I _C	uab	i _B	I _A	I _B	I _C	I _{dmax}
100										

2) 变压器区外故障实验: 差动整定 1.2

按下电源开关，合上 QF1，变压器设置转换开关在中间正常位置，将线路故障设置开关转换成 A 站保护缓慢调节电压，同时合上 A、B、C 变压器故障设置按钮，至原边 100V 输出，

合上 QF2、QF4 开关

完成表(极坐标形式)4-2

高压侧					低压侧					差动电流
UAB	I _B	I _A	I _B	I _C	uab	i _B	I _A	I _B	I _C	I _{dmax}
100										

3) 变压器区内故障实验: 差动整定 1.2

按下电源开关，缓慢调节电压，至原边 100V 输出，变压器设置转换开关在中间正常位置，合上 A、B、C 变压器故障设置按钮，合上 QF1 开关，将变压器设置转换开关由中间正常位置切换到内部故障位置。

完成表(极坐标形式)4-3

高压侧				低压侧				差动电流		
UAB	I _A	I _B	I _C	Uab	I _A	I _B	I _C	I _{abd}	I _{bcd}	I _{cad}
100										

4) 变压器转换性故障(区外转区内)实验: 差动整定 1.2

按下电源开关，将变压器设置转换开关调在中间正常位置，合上 QF1、QF2 开关，缓慢调节电压，至原边 100V 输出，合上 A、B、C 线路故障设置按钮，将线路故障设置开关转换成 A 站保护，同时合上 A、B、C 变压器故障设置按钮，合上 QF4 开关，将变压器设置转换开关由中间正常位置切换到内部故障位置。

完成表 4-4(极坐标形式)

高压侧					低压侧				差动电流			保护动作情况
区外故障	UAB	Ia	Ib	Ic	Uab	Ia	Ib	Ic	Iabd	Ibcd	Icad	
	100											
区内故障	UAB	Ia	Ib	Ic	Uab	Ia	Ib	Ic	Iabd	Ibcd	Icad	
	100											

实验报告要求

1、变压器差动电流的大小主要取决于哪两个方面？

思考题

1、由实验记录表 4-2 可知，变压器高低压侧一次电流是不相同的，而保护侧二次电流是相同的，试问在变压器采用 Y / Δ -11 接法，电压比为 380/127，高压侧 CT1 变比为 1/1 的情况下，为了修正由此产生的角差，高压侧 CT1、低压侧 CT2 的二次侧分别采用怎样改接，才能使两者(高、低压 CT 二次侧电流对应的)角度一致,数值一致? 低压侧 CT2 应选择怎样的变比才能满足上述要求?并作相量分析?

2、分析实验数据并展开讨论

上海交通大学 电气工程实验教学中心

实验三 微机型距离保护实验

一、实验目的和要求

- 1 学会微机型距离保护中阻抗继电器动作特性的测试。
- 2 熟悉微机三段式距离保护的原理和算法。

二、实验接线图

1、实验接线图

见图 2-1“距离保护接线图”

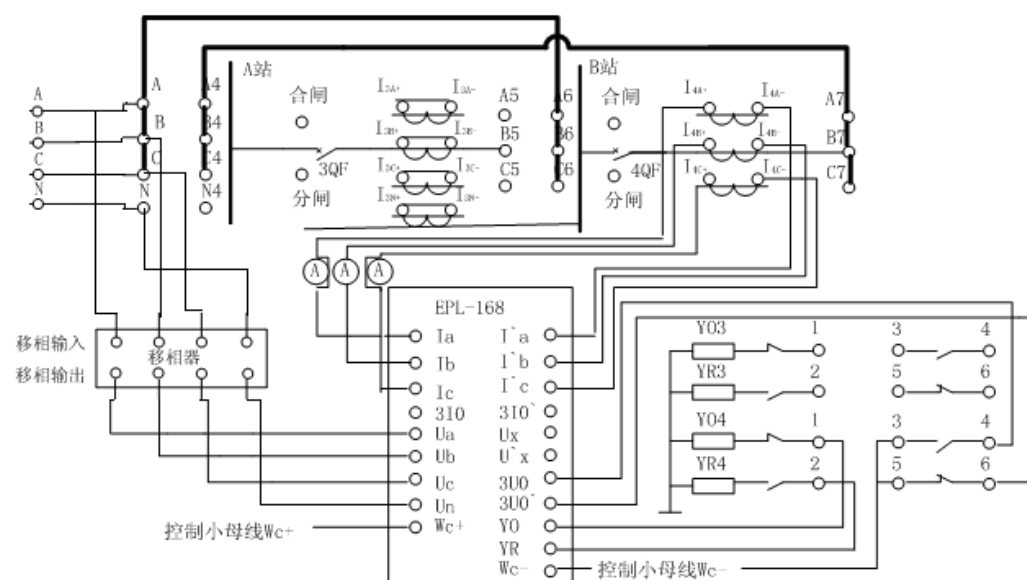


图 2-1 距离保护接线图

2、实验原理

目前广泛应用的距离保护的動作时限具有阶梯形时限特性，这种動作时限特性与三段式电流保护的时限特性相同，一般也称作三阶梯式，即有与三个動作范围相应的三个動作时限：

t_1 、 t_2 、 t_3 。下图示出了线路 AB 距离保护的时限特性。

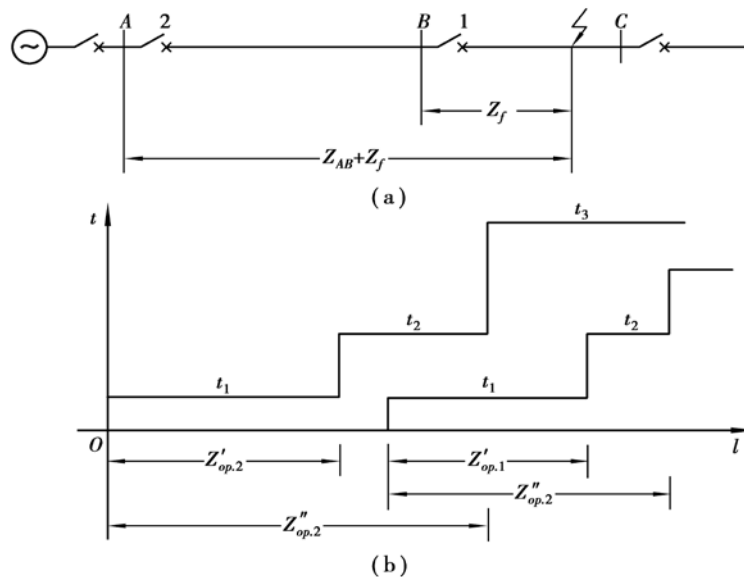
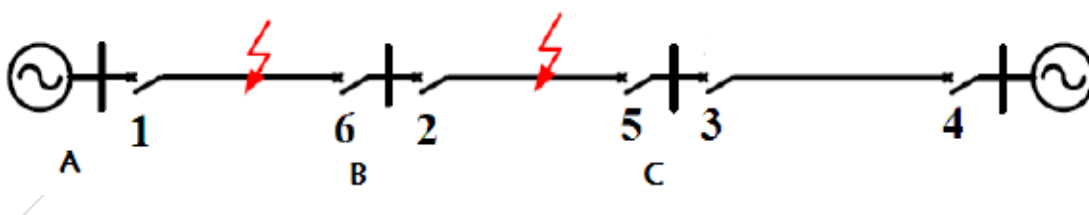


图 2-2 距离保护三段阶梯时限特性

为了便于分析输电线路阻抗和阻抗继电器整定阻抗之间的关系，可将两者阻抗画在同一复平面上，如图 2-3。现以线路 BC 上的保护 2 为例，线路的始端 B 位于坐标的原点，当不同地点发生短路时，保护 2 的测量阻抗在直线 BC 或 AB 变化，即正方向短路时测量阻抗在第一象限，反方向短路时，测量阻抗在第三象限。正序测量阻抗与 R 轴的夹角为 Φ_L 。假如保护 2 的整定阻抗 $Z_{set} = 0.85 Z_{BC}$ ，并且整定阻抗角 $\Phi_{set} = \Phi_L$ ，那么 Z_{set} 在复数平面的位置必须在 BC 上。显然，在 Z_{set} 范围内发生故障时，保护都可以动作。因此，从原则上讲，阻抗继电器的保护范围是在 Z_{set} 范围内的直线上。但是，实际上阻抗继电器的保护范围不能是一条直线。





阻抗继电器是距离保护装置的核心元件，其主要作用是测量短路点到保护安装地点之间的阻抗，并与整定阻抗值进行比较，以确保保护是否应该动作。距离保护有起动元件、测量（距离）元件和时间元件组成。

(图 2-4)



所谓精确工作电流，就是指当 $I_j = I_{jg}$ 时，继电器的起动阻抗 $Z_{dz.J} = 0.9Z_{zd}$ ，即比整定阻抗值缩小了 10%。因此，当 $I_j > I_{jg}$ 时，就可以保证起动阻抗的误差在 10% 以内，而这个误差在选择可靠系数时，已经被考虑进去了。

而三段方向阻抗继电器的整定可用下图表示：

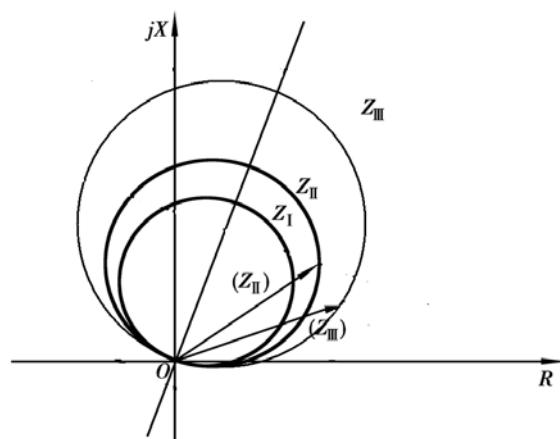


图 2-5 三段方向阻抗继电器的整定

三、试验接线图说明

1、调节移相器的角度可以改变 U 与 I 之间的相位角（即阻抗保护所测得的阻抗角）。移相器的定子绕组为三相对称绕组，它产生三相对称感应电动势，调节定子、转子绕组轴线之间的角度，可以改变移相器输出电压的相位。

2、距离保护的额定电压是 100V，因此移相器的输出电压也应是 100V。移相器输出电压的大小可以由移相器前面的三相自耦变压器来调节。

四、实验内容及步骤

测量方向阻抗继电器的特性图

I 在 STS362L 数字式线路保护测控装置上设置保护类型，整定最大灵敏角及动作阻抗：

2) 查看相间距离 I 段，定值整定阻抗 $Z_{zd} = 30 \Omega$ ，查看相间距离 II 段，定值整定阻抗

$Z_{zd} = 45 \Omega$ ，查看相间距离 III 段，定值整定阻抗 $Z_{zd} = 65 \Omega$ ，“相间距离 I 段”动作时间

整定为“0.1 秒”。“相间距离 II 段”动作时间整定为“0.5 秒”。“相间距离 III 段”动作时间整

定为“1 秒”。距离保护的灵敏角 $\Phi_{lm} = 70^\circ$ 。

II 调整实验台面板状态，设置保护工作方式及短路点方式等：

1) 将各旋钮位置调节至：“保护位置”——A 站保护，“工作方式”——正常，“B 站、A 站阻抗点切换”——100%，并将实验台右侧“A 站故障点设置瓷盘电阻”调节至合适位置（顺时针旋转至中间），B 站故障点设置瓷盘电阻”调节至最小位置。（逆时针旋转到底）

开始实验

III 设置完毕，再次检查连线正确后，开始实验：

- 1) 调节移相器相位“+180°”，通过移相器电压为 $U=100V$ （线电压），设置线路故障按钮 ABC 三相相间短路，压板设置投入相间距离Ⅰ段，投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段。
- 2) 手动合 QF4、QF3，通过调节“A 站故障点设置瓷盘电阻”旋钮，对阻抗保护加入电流 $I = 3.0A$ 。
- 3) 调节移相器，使移相器电压相位从“+180°”向“-180°”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R+jX$ 形式。)
- 4) 退出相间距离Ⅲ段，手动合 QF4，重复步骤 3)，记录相间距离Ⅱ段动作情况。
- 5) 退出相间距离Ⅱ段，手动合 QF4，重复步骤 3)，记录相间距离Ⅰ段动作情况。
- 6) 调节移相器相位至“-180°”，压板设置投入相间距离Ⅰ段，投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段，手动合 QF4。
- 7) 调节移相器，使移相器电压相位从“-180°”向“+180°”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R-jX$ 形式。)
- 8) 退出相间距离Ⅲ段，手动合 QF4，重复步骤 7)，记录相间距离Ⅱ段动作情况。
- 9) 退出相间距离Ⅱ段，手动合 QF4，重复步骤 7)，记录相间距离Ⅰ段动作情况。
- 10) 调节移相器至“+180°”，压板设置投入相间距离Ⅰ段，投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段。
- 11) 手动合 QF4、QF3，通过调节“A 站故障点设置瓷盘电阻”旋钮，对阻抗保护加入电流 $I = 2.4A$ 。
- 12) 调节移相器，使移相器电压相位从“+180°”向“-180°”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R+jX$ 形式。)
- 13) 退出相间距离Ⅲ段，手动合 QF4，重复步骤 12)，记录相间距离Ⅱ段动作情况。
- 14) 退出相间距离Ⅱ段，手动合 QF4，重复步骤 12)，记录相间距离Ⅰ段动作情况。
- 15) 调节移相器相位至“-180°”，压板设置投入相间距离Ⅰ段，投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段，手动合 QF4。
- 16) 调节移相器电压相位从“-180°”向“+180°”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R-jX$ 形式。)
- 17) 退出相间距离Ⅲ段，手动合 QF4，重复步骤 16)，记录相间距离Ⅱ段动作情况。
- 18) 退出相间距离Ⅱ段，手动合 QF4，重复步骤 16)，记录相间距离Ⅰ段动作情况。
- 19) 手动合 QF4、QF3，通过调节“A 站故障点设置瓷盘电阻”旋钮，对阻抗保护加入电流 $I = 1.8A$ ，调节移相器至“+180°”，压板设置投入相间距离Ⅰ段，投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段。
- 20) 调节移相器从“+180°”向“-180°”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R+jX$ 形式。)
- 21) 退出相间距离Ⅲ段，手动合 QF4，重复步骤 20)，记录相间距离Ⅱ段动作情况。
- 22) 调节移相器相位至“-180°”，压板设置投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段，手动合 QF4。
- 23) 调节移相器电压相位从“-180°”向“+180°”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R-jX$ 形式。)
- 24) 退出相间距离Ⅲ段，重复步骤 20)，记录相间距离Ⅱ段动作情况。调节移相器相位至 +180°。
- 25) 设置线路故障按钮 ABC 三相相间短路，手动合 QF4、QF3，通过调节“A 站故障点设置瓷盘电阻”旋钮，对阻抗保护加入电流 $I = 1.2A$ 。投入相间距离Ⅰ段，投入相间距离Ⅱ段，投入相间距离Ⅲ段。

- 26) 调节移相器，使移相器电压相位从“ $+180^\circ$ ”向“ -180° ”变化，直到阻抗保护起动为止。记录跳闸报告值(复坐标 $Z=R+jX$ 形式。)
- 27) 调节移相器相位至“ -180° ”，手动合 QF4。
- 28) 调节移相器电压相位从“ -180° ”向“ $+180^\circ$ ”变化，直到阻抗保护起动为止。记录相间距离Ⅲ段动作情况，然后转换成极坐标形式。

将动作记录然后转换成极坐标形式。

完成表 2-2

I (A)	(3.0)(2.4)(1.8)1.2		(3.0)2.4(1.8)		3.0(2.4)	
阻抗整定	60		45		30	
U (伏)						
Z_{dz-J} (欧)						
灵敏度 ϕ_{LM}						
距离几段						

实验要求

- 1、距离保护主要由哪几个环节构成？
- 2、距离保护与过流保护相比有何不同？具体优点在哪里？
- 3、在极坐标上，画出阻抗保护的動作特性图，并注明 Z_{zd} 和 ϕ_{lm}

思考题

- 1、对表 2-2 实验数据进行分析讨论。