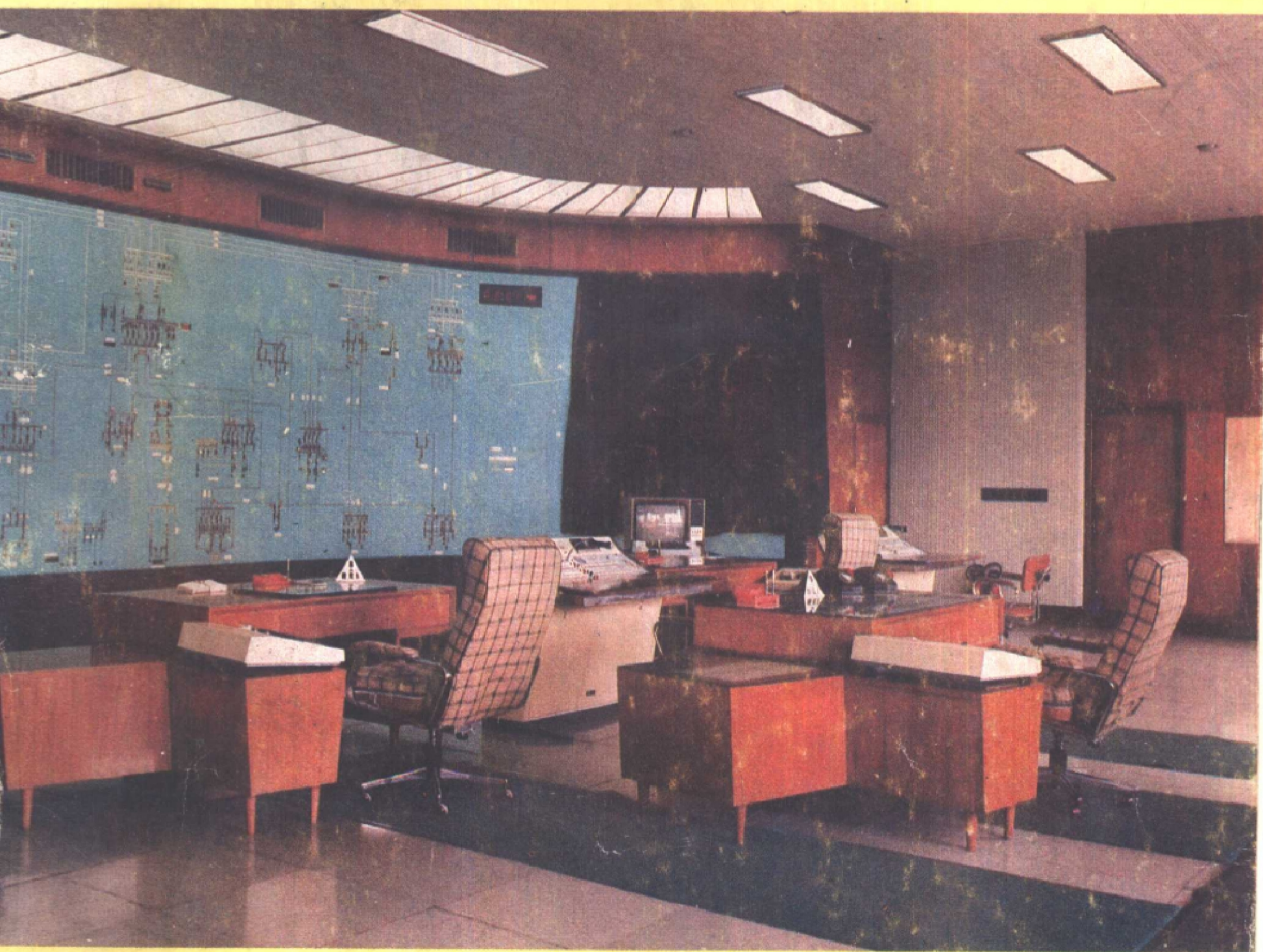


6-35^{KV}变配电站继电保护计算实例



华东地区建筑标准设计协作办公室

1、继电保护及自动化元件



2、变电所二次成套设备



上海继电器厂

地址：万荣路101号
电话：650955 总

8806436
987988

73.278
8806436

《6—35^{KV}变配电站继电保护计算实例》

简 介

华东地区建筑标准设计协作办公室曾在1975年组织南昌有色冶金设计研究院编制《35/6(10)KV变电站、6(10)KV配电站二次接线图集》。在1977年又组织上海医药设计院编制《35/6(10)KV户内变电站平立面参考图》。以上二份图集出版后，受到了有关单位的关注。有些设计院希望我办在此基础上编制有关继电保护计算方面的资料，以便和《二次接线图集》、《平立面布置》形成一个完整的6—35KV变配电站的设计参考资料。为此，我办组织同济大学，华东建筑设计院，上海民用建筑设计院，上海冶金设计研究院编写了《6—35KV变配电站继电保护计算实例》。

《实例》的读者对象，主要是设计院从事继电保护设计的同志。工厂及供电运行管理人员和大专院校师生，供在设计时参考。

《实例》取材于各种已投入运行的各厂继电保护装置。《实例》不过多涉及理论的探讨，而是以继电保护计算的实际例子使读者对各种被保护对象的具体计算方法、整定、灵敏度校验，以及上、下级之间的配合等问题作了具体的解答。各个《实例》都是单独的一个独立完整装置。《实例》对设计中碰到的难点都作了一定深入的分析 and 探讨，本书内容丰富，较有实用价值。

本《实例》的编写单位及内容如下：

一、主编：同济大学。张世根负责总校及编写“继电保护计算公式和保护方式的综述”。

二、编写：

1. 《实例一》华东建筑设计院樊继曾编写“上海某大型化工厂35/6.3KV变电站及三个中央配电站计算实例”。

2. 《实例二》上海冶金设计研究院毛智强、董谷音编写“上海某钢铁厂9000KVA和5000KVA电弧炉变电站计算实例”。

3. 《实例三》上海民用建筑设计院周日安编写“上海某大型整流变电站计算实例”。

4. 《实例四》上海民用建筑设计院周日安编写“上海某配电变电站计算实例”。

为了丰富本《实例》的资料内容，我们刊登了上海继电器厂保护继电器的有关资料。

本《实例》在取材，编写和审查过程中曾得到上海供电局，各有关设计院和工厂技术人员的大力支持，在此，我们表示衷心感谢！由于我们经验不足，水平有限。所以存在的缺点和错误在所难免。我们诚恳希望读者对本《实例》提出宝贵的意见。

华东地区建筑标准设计协作办公室

1987年3月

《实例》审查人员名单

一、主审单位及人员：1. 上海供电局

庄思成

万善良

二、其他审查人员：2. 同济大学

周鸿昌

张世根

3. 华东地区建筑标准设计协作办公室 竺伟国

4. 华东建筑设计院 樊继曾

5. 上海冶金设计研究院 毛智强

6. 上海民用建筑设计院 周曰安

7. 上海医药设计院 徐曼

8. 上海化工设计院 胡敬业

9. 上海市政工程设计院 张令柯

符号说明

一、设备、元件、名词符号

B——变压器	J——继电器
BH——保护装置	LH——电流互感器
BZT——备用电源自动投入	YH——电压互感器
DK——电抗器	ZCH——自动重合闸
DL——断路器	

二、文字下角符号

$D^{(3)}$ (或D), $D^{(2)}$, $D^{(1)}$ 分别表示短路点的三相短路、两相短路和单相短路。	
$I_d^{(3)}$ (或 I_d), $I_d^{(2)}$, $I_d^{(1)}$ 分别表示三相短路、两相短路和单相短路电流。	
I_{bp} ——不平衡电流	K_{jx} ——接线系数
I_d ——短路电流	K_k ——可靠系数
$I_{d \cdot max}$ ——最大短路电流	K_{lm} ——灵敏系数
$I_{d \cdot min}$ ——最小短路电流	$K_{lm \cdot xd}$ ——相对灵敏系数
$I_{dz \cdot 1}$ ——保护装置一次侧动作电流	K_{ph} ——配合系数
$I_{dz \cdot j}$ ——继电器动作电流	K_{zq} ——自起动系数
M_{gh} ——过负荷倍数	K_r ——返回系数
I_e ——额定电流	n_{LH} ——电流互感器变比
I_{eb} ——变压器额定电流	n_{YH} ——电压互感器变比
I_{cd} ——电动机额定电流	U_{cy} ——短路时母线上的残余电压
$I_{fh \cdot max}$ ——最大负荷电流	$U_{dz \cdot j}$ ——继电器动作电压
$I_{f \cdot j}$ ——继电器返回电流	
I_j ——通过继电器的电流	
$I_{ic \cdot y_1}$ ——变压器励磁涌流	
I_{zq} ——电动机自起动电流	

目 录

[一]	继电保护计算公式和保护方式的综述.....	(1)
一、	电力变压器保护.....	(1)
二、	6~10千伏线路保护.....	(12)
三、	6~10千伏静电电容器保护.....	(17)
四、	高压电动机保护.....	(19)
	各种故障的相对灵敏系数 表0—5.....	(25)
[二]	《实例一》上海某大型化工厂 35/6.3KV变电站及三个中央配电站计算实例.....	(26)
一、	概述.....	(26)
二、	继电保护装置的配置.....	(26)
三、	短路电流计算.....	(30)
四、	继电保护装置计算.....	(36)
五、	继电保护装置的動作配合.....	(72)
六、	35KV侧和6KV侧备用电源自动投入装置 (BZT)	(75)
七、	几点说明.....	(77)
	关于“和电流”接线方式的说明.....	(78)
	附图1, 供电主接线图.....	(79)
	附图2, 继电保护曲线图一 (降压站——*1中央配电站)	(81)
	附图3, 继电保护曲线图二 (降压站——*2中央配电站)	(83)
	附图4, 继电保护曲线图三 (降压站——*3中央配电站)	(85)
[三]	《实例二》上海某钢铁厂9000KVA和5000KVA电弧炉变电站计算实例.....	(87)
一、	概述.....	(87)
二、	继电保护.....	(91)
三、	继电保护常用接线原理及计算公式.....	(92)
四、	计算实例.....	(93)
	图2—5, 5000 ^{KVA} 电炉保护整定曲线.....	(96)
	图2—7, 9000 ^{KVA} 电炉保护整定曲线.....	(98)

[四]	《实例三》上海某大型整流变电站计算实例	(103)
一、	概述	(103)
二、	继电保护装设原则	(103)
三、	短路电流计算	(106)
四、	继电保护原理和整定计算	(111)
	图 3—12, 本例实际保护配合曲线全图	(122)
[五]	《实例四》上海某配电变电站计算实例	(123)
一、	概述	(123)
二、	继电保护装设原则	(123)
三、	短路电流计算	(129)
四、	继电保护整定原理和整定计算	(135)
五、	继电保护装置动作的配合	(147)
	图 4—11, 本例保护计算配合曲线全图 (反时限继电器)	(150)
	图 4—15, 本例实际配合曲线全图 (反时限继电器)	(153)
六、	采用定时限继电器的保护	(154)
	图 4—19, 本例保护配合曲线全图 (定时限继电器)	(163)
七、	交流操作保护整定计算	(165)
[六]	上海继电器厂产品介绍	(173)
一、	DL—10 DJ—100 系列继电器	(174)
二、	GL—20 系列过流继电器	(177)
三、	BCH—1型 差动继电器	(179)
四、	BCH—2型 差动继电器	(181)
五、	DS— ¹¹⁰ / ₁₂₀ 系列时间继电器	(183)
六、	DZ—10型 中间继电器	(185)
七、	DX—11型 中间信号继电器	(186)
八、	DX—61型 信号继电器	(188)
九、	DD—11型 接地继电器	(190)
十、	DH—1型 重合闸继电器	(191)
十一、	DT—13型 同步继电器	(193)
十二、	PZB型 整流型元件保护组合屏	(194)

继电保护计算公式和保护方式的综述

同济大学：张世根

随着国民经济的不断向前发展，对工厂供电的可靠性和电能的质量提出了越来越高的要求。但是由于设备制造上的缺陷、设计和安装上的错误、检修质量不高、以及运行维护不当等还可能发生各种各样的故障和不正常工作状态。因此只要改进设计制造、加强维护检修、提高运行和管理水平，那么供电系统中的事故不仅可以大大减少，而且在大多数情况下是可以避免的。

除了采取上述措施尽可能消除发生故障的可能性以外，在一旦发生故障时，利用继电保护装置尽快地将故障设备切除，保证无故障部分正常运行，缩小事故范围也是现代反事故斗争的一种有效手段。因此继电保护装置的配置、设计和整定计算的完整与否是直接关系到供电可靠性的一个至关重要的问题。

继电保护装置应保证当被保护元件发生故障或异常工作情况时能自动地、迅速地、有选择性地切除故障或发出信号，以防事故的扩大，维持系统运行的稳定性，保证对非故障部分的正常供电。

继电保护装置还可以与供电系统中的自动化装置，如自动重合闸装置（ZCH）、备用电源自动投入装置（BZT）等相配合，以缩短事故停电时间，从而大大提高供电的可靠性。

根据《继电保护和自动装置设计技术规程》规定，电力系统中的电力设备和线路应有主保护和后备保护，必要时可增设辅助保护。

主保护系指对所保护的元件范围内各种故障，根据具体条件应能快速并有选择性地切除，并能保证系统中非故障部分继续运行的保护装置。

后备保护系当某一元件的主保护或断路器拒绝动作时切除故障的保护装置。

辅助保护是能够补充主保护的不足或加快主保护的動作时间，而自己又不能保护元件全部范围的保护装置。

本书四个实例取自四个不同的工矿企业的保护装置的设计、整定计算。为了保证每个实例的完整性和独立性，有些内容可能会出现重复，但为了不致重复太多，故将各实例中都出现的元件保护一般配置原则，整定计算公式和系数取值范围在下面加以简要说明。

一、电力变压器保护

变压器是工业企业供电系统中的重要电气设备，数量很多，由于它是静止设备，结构上比较可靠，故障机会较少。但在实际运行中，仍有可能发生各种类型的故障和不正常运行方式，而它的故障将给正常供电和安全运行带来严重的影响。为了保证安全供电，必须根据变压器的容量大小和重要程度设置性能良好的及动作可靠的各种保护装置。

根据《继电保护和自动装置设计技术规程》的规完，变压器一般应装设下列继电保护装置（见表0—1）

电力变压器的继电保护装置 表0—1

变压器容量 (kVA)	保护装置名称					备注
	带时限的① 过电流保护	电流速断 保护	纵联差动 保护	瓦斯保护	单相接地② 保护	
<400	—	—	—	—	—	—
400~750	一次侧采用 断路器时 装设	一次侧采用 断路器且 时限>0.5s 时装设	—	车室内变 压器装设	—	—
800	装	—	—	装	—	—
1000~1800	装	过电流保护 时限>0.5s 时装设	—	装	—	—
2000~6300	装	当灵敏性 要求时 装设	当灵敏性 要求时 装设	装	—	—
6300~8000	装	当灵敏性 要求时 装设	当灵敏性 要求时 装设	装	—	—
≥10000	装	当灵敏性 要求时 装设	当灵敏性 要求时 装设	装	—	—

注：①当带时限的过电流保护不能满足灵敏性要求时应采用低电压闭锁的带时限过电流保护；
②单相接地保护当利用一次侧过电流保护及二次侧出线自动开关保护不能满足灵敏性要求时，应装设变压器中性线上的零序过电流保护；
③二次电压为400/230V的变压器，当二次侧出线自动开关带有过负荷保护时，可不装设专用的过负荷保护。

(一) 变压器的瓦斯保护

I. 容量在800千伏安及以上的油浸式变压器,都应装设瓦斯保护。当变压器油箱内故障(如轻微的匝间短路或经电弧电阻短路)产生轻微瓦斯或油面下降时,保护装置应瞬时动作于信号;当故障严重时,油会迅速膨胀并有大量气体产生,保护装置一般应动作于跳闸,断开变压器各电源侧的断路器。对于高压侧未装设断路器的线路——变压器组,并未采取使瓦斯保护能切除变压器内部故障的技术措施时,瓦斯保护可仅动作于信号。

对于容量为400千伏安及以上的车间内油浸式变压器,应装设瓦斯保护。

由于瓦斯保护只能反映变压器油箱内的故障,因此必须与差动或电流速断保护一起构成变压器的主保护。

2. 整定计算

以QJ₁——80型瓦斯继电器为例,由于它具有较大的流速整定范围(有流速刻度,调整方便),由于采用了干簧接点及弹簧挡板结构,具有更好的防震性能,目前正在推广使用。

(1) 轻瓦斯

轻瓦斯是用调节瓦斯继电器内气体容积来整定的。当变压器容量小于1000千伏安时,整定为 $200 \pm 10\%$ 立方厘米;1000~15000千伏安时为 $250 \pm 10\%$ 立方厘米;15000千伏安以上时为 $300 \pm 10\%$ 立方厘米。

(2) 重瓦斯

重瓦斯是用调节油流的速度来整定的,整定范围为0.6~1.5米/秒。在整定流速时均以导油管中的流速为准,而不用继电器处的流速。这是因为随着变压器容量的不同,采用导油管的直径亦不同(目前常用50公厘、80公厘两种直径),管径越小,流速越大。如果采用同一规格的瓦斯继电器,就会影响瓦斯继电器的动作速度。

根据运行经验,导管中流速一般整定在0.6~1米/秒,对变压器内部故障是相当灵敏的,但是在变压器外部故障时,由于穿越性故障电流的影响,在导管中油流速度约为0.4~0.5米/秒,为了防止外部故障时瓦斯保护误动作,可将油流速度整定在0.8~1米/秒。

(二) 变压器的电流速断保护

I. 装设原则

对于容量在2000~10000千伏安及以下的变压器,若速断保护的灵敏度满足要求时,应优先采用电流速断保护和瓦斯保护作为变压器的主保护。电流速断保护安装在电源侧。

2) 整定计算

I) 按躲过变压器二次侧母线上三相次暂态穿越短路电流整定。

$$I_{dz.1} = K_k I_{d2.max}^{(3)} \quad (1)$$

$$I_{dz.j} = K_k \cdot K_{jx} \frac{I_{d2.max}^{(3)}}{n_{LH}} \quad (2)$$

式中: $I_{d2.max}^{(3)}$ ——最大运行方式下,降压变压器二次侧母线上三相次暂态穿越短路电流;

K_k ——可靠系数：DL型继电器取1.3；

GL型继电器取1.5；

K_{ix} ——接线系数：接于相电流时取1.0；

接于相电流差时取 $\sqrt{3}$ ；

n_{LH} ——电流互感器变比。

(2) 应躲过变压器空载投入时的励磁电流，通常取3~5倍变压器额定电流为电流速断保护的一次侧动作电流：

$$I_{dz.1} = (3 \sim 5) I_{B.e} \quad (3)$$

式中： $I_{B.e}$ ——变压器保护安装侧的额定电流。

按上述两条件选择其中较大者。

(3) 灵敏度校验：

按系统最小运行方式时保护安装处的二相次暂态短路电流校验。

$$K_{lm}^{(2)} = K_{lm.xd} \frac{I_{d1.m.n}^{(3)}}{I_{dz.1}} \geq 2 \quad (4)$$

式中： $K_{lm.xd}$ ——两相短路相对灵敏系数，查表0—5；

$I_{dz.1}$ ——保护装置一次侧动作电流；

$I_{d1.min}^{(3)}$ ——系统最小运行方式时变压器一次侧三相次暂态短路电流。

(三) 变压器的差动保护：

1、装设原则：

变压器的纵差动保护装置根据《继电保护和自动装置设计技术规程》规定：容量为2000~6300千伏安的变压器当电流速断保护不能满足灵敏度要求，且过电流保护的動作时限大于0.5秒时；容量为6300~8000千伏安并列运行的变压器或重要变压器或当电流速断保护不能满足灵敏度要求时；容量为10000千伏安及以上单独运行的变压器均应装设纵差动保护装置。

2、整定计算：

变压器差动保护的整定计算，为了与本书《实例一》紧密配合，下面的计算说明仅以双线圈变压器采用BCH—1型继电器组成的差动保护为例，其整定计算的原则和步骤如下：

1) 计算变压器两侧额定电流，选择电流互感器变比，并计算出二次回路的额定电流

(1) 按下式算出变压器两侧的额定电流 $I_{B.e.1}$ 、 $I_{B.e.2}$

$$I_{B.e} = \frac{S_{B.e}}{\sqrt{3} U_{B.e}} \quad (5)$$

式中： $S_{B.e}$ ——变压器的额定容量；

$U_{B.e}$ ——变压器的额定电压，计算变压器I侧额定电流 $I_{B.e.1}$ 时用I侧额定电压 $U_{B.e.1}$ ；计算变压器II侧的额定电流 $I_{B.e.2}$ 时，用II侧的额定电压 $U_{B.e.2}$ 。

(2) 选择电流互感器的变比

变压器三角形侧的电流互感器变比为

$$n_{LH(\Delta)} = \frac{I_{B.e(\Delta)}}{5} \quad (6)$$

变压器星形侧的电流互感器变比为

$$n_{LH(Y)} = \frac{\sqrt{3} I_{B.e(Y)}}{5} \quad (7)$$

式中 $I_{B.e(\Delta)}$ ——变压器绕组接成三角形侧的额定电流；

$I_{B.e(Y)}$ ——变压器绕组接成星形侧的额定电流。

根据计算变比选择一个接近并稍大于该值的标准变比。

(3) 计算出两侧电流互感器的额定电流

$$I_{c2} = \frac{K_{jx} I_{B.e}}{n_{LH}} \quad (8)$$

式中 K_{jx} ——接线系数：电流互感器为星形接线时——1.0；

电流互感器为三角形接线时—— $\sqrt{3}$ ；

n_{LH} ——电流互感器变比；

$I_{B.e}$ ——变压器各侧额定一次电流。

选择二次额定电流最大的一侧作为基本侧。

2) 计算变压器外部故障时的最大短路电流（按平均电压归算到基本侧）

3) 按下述三个条件决定保护装置的动作电流

(1) 躲过变压器空载合闸或外部故障切除后电压恢复时的励磁涌流

$$I_{dz.1} = K_k I_{B.e} \quad (9)$$

式中 K ——可靠系数：取1.5；对单侧电源的变压器，如果制动线圈接在电源侧，则可取 $K_k=1.3$ ；

$I_{B.e}$ ——变压器的基本侧额定电流。

根据(9)式整定好后，要经过空载投入试验，以证实能否避开励磁涌流的影响。

(2) 躲过外部短路时的最大不平衡电流

$$I_{dz.1} = K_k I_{bp} = K_k (K_{fzq} \cdot K_{ts} \cdot \Delta f + \Delta U + \Delta f_{ph}) I_{1.max} \quad (10)$$

式中 K_k ——可靠系数，取1.3；

I_{bp} ——不平衡电流， $I_{bp} = (K_{fzq} \cdot K_{ts} \cdot \Delta f + \Delta U + \Delta f_{ph}) I_{d.max}$ ；

K_{fzq} ——非周期性分量引起的误差，取1.0；

K_{ts} ——电流互感器的同型系数；

当电流互感器型号相同时取0.5；

当电流互感器型号不同时取1.0；

ΔU ——变压器调压所引起的相对误差，一般取调压范围的一半，即取 $\Delta U=0.05$ ；

Δf_{ph} ——由于继电器平衡线圈实用匝数与计算匝数不等而产生的相对误差，初次计算时 Δf_{ph} 还不能求出，可先采用中间值

$$(\text{最大值为 } \Delta f_{ph.max} = \frac{0.5}{0.5+5} = 0.091).$$

初步计算结束后，用(11)式计算出实际的 Δf_{ph} 之值，如 $\Delta f_{ph} > 0.05$ 时，将该值代入(10)

式，重新计算动作电流。

$$\Delta f_{ph} = \frac{W_{ph.js} - W_{ph.z}}{W_{ph.js} + W_{cd.z}} \quad (11)$$

式中 $W_{ph.js}$ ——平衡线圈计算匝数；

$W_{ph.z}$ ——平衡线圈整定匝数；

$W_{cd.z}$ ——差动线圈整定匝数；

$I_{d.max}$ ——归算到基本侧的变压器外部故障时的最大短路电流周期性分量。

(3) 考虑电流互感器二次回路断线，应躲过变压器正常运行的最大负荷电流

$$I_{dz.1} = K_k I_{fh.max} \quad (12)$$

式中 K_k ——可靠系数，取1.3；

$I_{fh.max}$ ——归算到基本侧的变压器正常运行时的最大负荷电流，在负荷电流不能确定时，可用归算到基本侧的变压器额定电流。

根据上述三个条件计算的结果，选择其中最大值作为整定值。

4) 基本侧差动线圈（或工作线圈）匝数计算

(1) 基本侧继电器动作电流的计算

$$I_{dz.j} = \frac{K_{jx} \cdot I_{dz.1}}{n_{LH}} \quad (13)$$

式中 K_{jx} ——接线系数（见(8)式）；

n_{LH} ——基本侧电流互感器变比；

$I_{dz.1}$ ——基本侧一次动作电流计算值。

基本侧工作线圈的匝数整定（把基本侧作为1侧）

$$W_{1.g.js} = \frac{AW_0}{I_{dz.j}} = \frac{60}{I_{dz.j}} \quad (14)$$

式中 AW_0 ——继电器动作安匝，应采用实测值，在设计时，可采用额定值，即 $AW_0 = 60$ ；

$I_{dz.j}$ ——基本侧继电器动作电流计算值。

按继电器的实用抽头，根据四舍五入的原则，选用差动线圈与接在基本侧的一组平衡线圈之和（ $W_{1.g.js} = W_{1.z.z} = W_{cd.z} + W_{1.ph.z}$ ）作为工作线圈。如 $W_{1.g.z} = W_{cd.z}$ 则对于双绕组变压器来说可以仅用一组平衡线圈。

根据 $W_{1.g.z}$ 再计算出基本侧继电器的实际工作电流和一次动作电流

$$I_{dz.j} = \frac{AW_0}{W_{1.g.z}} \quad (15)$$

$$I_{dz.i} = \frac{n_{LH} \cdot I_{dz.j}}{K_{ix}} \quad (16)$$

式中 $W_{1.g.js}$ ——基本侧工作线圈计算匝数；

$W_{1.g.z}$ ——基本侧工作线圈整定匝数；

$W_{cd.z}$ ——差动线圈整定匝数；

$W_{1.ph.z}$ ——基本侧平衡线圈整定匝数。

5) 确定非基本侧平衡线圈匝数 (把非基本侧作为 II 侧)

$$W_{II.ph.js} = W_{I.g.z} \frac{I_{Ie}}{I_{IIc}} - W_{cd.z} \quad (17)$$

选取接近 $W_{II.ph.js}$ 的匝数作为非基本侧平衡线圈的整定匝数 $W_{II.ph.z}$ 。则非基本侧工作线圈的匝数应为

$$W_{II.g.z} = W_{II.ph.z} + W_{cd.z} \quad (18)$$

(6) 计算 Δf_{ph}

$$\Delta f_{ph} = \frac{W_{II.ph.js} - W_{II.ph.z}}{W_{II.ph.js} + W_{cd.z}}$$

如 $\Delta f_{ph} > 0.05$ 则应以计算值代入(10)式重新计算动作电流。否则上面的计算就结束了。

7) 确定制动系数和制动线圈匝数

(1) 制动线圈的接法以保证继电器具有最大灵敏度为原则, 即在区外故障时具有最大的制动特性; 在区内故障时继电器的制动性能最小。由 BCH-1 继电器的制动特性可知, 当区内故障时, 各种可能运行方式下的继电器动作电流变化不大, 所以在考虑制动线圈的接入方式时, 主要考虑区外故障时使保护具有最大的制动性能。

对于工业企业常用的单电源双绕组降压变压器来说, 制动线圈宜接在负荷侧, 这样在区内故障时, 因制动线圈中无电流而不会产生制动作用保护装置具有最高的灵敏度; 在区外故障时, 因全部短路电流都通过制动线圈, 继电器具有最大的制动性能。

对于双侧电源的双绕组变压器 (在工矿企业中降压变压器的双侧电源系指有可能并列运行的变压器, 或负荷侧有大型同步电动机和异步电动机, 在变压器内部故障时, 电动机有反馈电流送到故障点的情况等), 制动线圈一般仍接在负荷侧。

(2) 制动系数的确定:

$$K_{z.js} = \frac{I_{g.j}}{I_{z.j}} = K \left(\frac{I_{bp}}{I_{d.z}} \right) = \frac{K_k (K_{fzq} \cdot K_{ts} \cdot \Delta f + \Delta U + \Delta f_{ph}) I_{d.max}^{(3)}}{I_{d.max}^{(3)}} \\ = K_k (K_{fzq} \cdot K_{ts} \cdot \Delta f + \Delta U + \Delta f_{ph}) \quad (19)$$

式中 K_k ——可靠系数, 取 1.4;

$I_{g.j}$ ——继电器工作线圈中的电流;

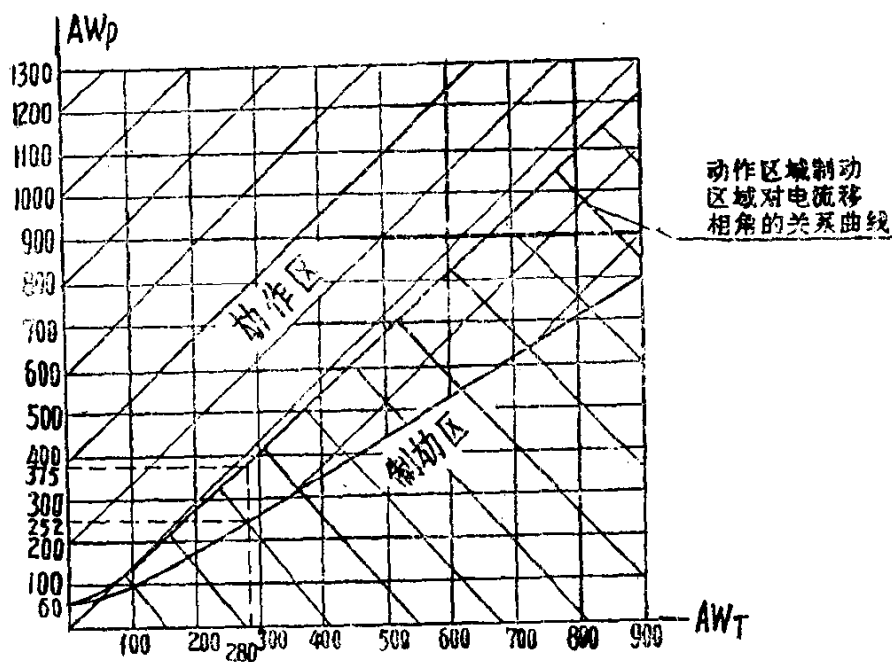
$I_{z.j}$ ——继电器制动线圈中的电流;

$I_{d.z}$ ——所计算的外部故障时, 流过接制动线圈侧电流互感器一次侧周期性分量电流;

I_{bp} ——不平衡电流, $I_{bp} = (K_{fzq} \cdot K_{ts} \cdot \Delta f + \Delta U + \Delta f_{ph}) I_{d.max}^{(3)}$ 其中 Δf_{ph} 以求出的实际值代入。

(3) 制动匝数的整定

对于终端型单电源变电所来讲, 制动线圈匝数可以不必计算, 14匝全部接入负荷侧电流互感器的二次侧即可, 以保证在外部故障有最大的制动性能和内部故障时灵敏度最高。而对于双电源的变压器来说, 制动线圈匝数可按(20)式计算, 这样不致使内部故障灵敏度降低。



$$W_{z.js} = \frac{K_z \cdot W_{g.z}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (20)$$

式中 $W_{g.z}$ ——接有制动线圈侧的继电器工作线圈整定匝数 ($W_{g.z} = W_{cd.z} + W_{ph.z}$) ;

$\operatorname{tg} \alpha$ ——继电器BCH—1型最小制动特性曲线标准斜率

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{252}{280} = 0.9 \quad (\text{见图}) .$$

选用与计算值相近而较大的匝数作为制动线圈的整定匝数 $W_{z.z}$ 。

制动系数的实际值为 $K_{z.z} = K_{z.js} \frac{W_{z.z}}{W_{z.js}}$

在实用中一般制动系数在0.5~0.6及以下为好, 这样不致在保护范围内部发生故障时拒动。

8) 校验保护装置的灵敏度

$$W_{lm} = \frac{A_{wg}}{A_{wdz.j}} \quad (21)$$

式中 A_{wg} ——在最小运行方式下, 保护区内故障时继电器的工作安匝,

$$A_{wg} = I_{1.g} W_{1.g.z} = \frac{K_{jx} I_{D.min}^{(2)}}{\Omega_{LH}} W_{1.g.z} ;$$

$A W_z$ ——总制动安匝, $A W_z = A W_{z.z} + I_{zd.j} W_{z.z}$

$$= I_{fh.z} W_{z.z} + I_{zd.j} W_{z.z} = \frac{K_{jx} I_{eb.max}}{\Omega_{LH}} W_{z.z}$$

$$+ \frac{K_{jx} I_{D.max}^{(3)}}{\Omega_{LH}} W_{z.z}$$

式中 $I_{1.g}$ ——继电器基本侧的工作电流;

$W_{1.g.z}$ ——继电器基本侧工作线圈整定匝数;

- $I_{d \cdot \min}^2$ ——变压器内部故障时归算到基本侧的最小短路电流；
 $A W_e$ ——装有制动线圈侧的二次负载电流产生的制动安匝；
 $I_{zd \cdot j}$ ——所计算的内部故障情况下，流过继电器制动线圈的电流；
 $I_{eb \cdot \max}$ ——流过变压器接有制动线圈侧的最大负荷电流；
 $I_{d \cdot \max}^{(3)}$ ——最大运行方式下内部故障时流过制动线圈侧的三相短路电流。

继电器动作安匝 $A W_{dz \cdot j}$ 可根据 $A W_g$ 和 $A W_z$ 在图中找出。

对于工业企业常见的单电源双绕组降压变压器来说其 $A W_z = 0$ ，则从图上可知 $A W_{dz \cdot j} = 60$ 安匝；对于双电源双绕组变压器 $A W_z = I_{zd \cdot j} W_z \cdot z$ ，然后根据 $A W_g$ 和 $A W_z$ 在图上求出 $A W_{dz \cdot j}$ 。

要求变压器差动保护的灵敏度不小于2。

(四) 变压器的过电流保护

1) 装设原则

除了高压侧用高压熔断器保护的400千伏安以下的小容量变压器外，都应装设过电流保护，用作防止外部短路引起的过电流和变压器本身故障因差动（或速断）等主保护拒动的后备保护。保护装置按装在变压器的电源侧，动作时断开变压器各侧断路器。当一般的带时限过电流保护不能满足灵敏度要求时，可采用带低电压闭锁的带时限过电流保护装置。

2) 整定计算

1) 不带低电压起动的过电流保护：

$$I_{dz \cdot 1} = \frac{K_k}{K_f} I_{fh \cdot \max} \quad (22)$$

$$I_{dz \cdot j} = \frac{K_k \cdot K_{jx}}{K_f \cdot n_{LH}} M_{gh} I_e \quad (23)$$

式中 K_k ——可靠系数，取1.2~1.3；

K_f ——返回系数：GL型继电器，取0.85；

DL型继电器，取0.8；

K_{jx} ——接线系数：接于相电流时，取1.0；

接于相电流差时，取 $\sqrt{3}$ ；

n_{LH} ——电流互感器变比；

M_{gh} ——过负荷倍数，应按实际可能的过负荷情况进行计算，如实际情

况不清楚时可按下列三种情况进行估算 $\frac{K_k}{K_f} M_{gh}$ 的值。

(1) 无电动机参加自起动的综合负荷

按变压器3%和1%允许过负荷规则的规定，变压器最大过负荷不得超过30%计算：

$$\frac{K_k}{K_f} M_{gh} = \frac{1.2}{0.8} \times 1.3 = 1.95 \text{ 取 } 2；$$

(2) 有少数电动机参加自启动（参加自启动电动机容量按25% S_{eb} 计算）：

$$\frac{K_k}{K_f} M_{gh} = \frac{1.2}{0.8} [(1-0.25) + 0.25 K_{zq}] = 3 \text{ 取 } 3。$$

(3) 有大量电动机(参加自起动电动机容量按40% S_{eb} 计算):

$$\frac{K_k}{K_f} M_{gh} = \frac{1.2}{0.8} [(1-0.4)+0.4K_{zq}] = 3.9 \text{取} 4$$

式中 K_{zq} ——电动机自起动倍数, 取平均值 $K_{zq} = 5$ 。

2) 带低电压起动的过电流保护

电流元件按避越变压器额定电流整定

$$I_{dz.1} = \frac{K_k}{K_f} I_{eb} \quad (24)$$

式中 I_{eb} ——变压器一次额定电流

K_k 、 K_f 意义和取值与不带低电压起动的过电流保护相同。

电压元件整定分两种情况考虑:

(1) 按避越正常运行时可能出现的最低工作电压整定

$$U_{dz.1} = \frac{U_{g.min}}{K_k \cdot K_f} \quad (25)$$

式中 $U_{g.min}$ ——正常运行时可能出现的最小工作电压, 取 $U_{g.min} = 0.9U_c$;

K_k ——可靠系数, 取1.2;

K_f ——低电压继电器的返回系数, 取1.25。

(2) 按避越电动机自起动时的电压整定

$$U_{dz.1} = (0.5 \sim 0.6) U_c \quad (26)$$

按上述二个条件取电压低的值为整定值。

3. 灵敏度校验:

(1) 不带低电压起动的过电流保护:

$$K_{lm} = \frac{I_{d.min}^{(2)}}{I_{dz.1}} \quad (27)$$

式中 $I_{d.min}^{(2)}$ ——最小运行方式下, 在灵敏度校验点发生两相短路时, 流过保护装置的最小短路电流。

在被保护变压器的低压侧发生短路时, 要求 $K_{lm} = 1.5 \sim 2$; 而在后备保护范围末端发生短路时 $K_{lm} \geq 1.2$ 。

(2) 带低电压起动的过电流保护

电流元件的灵敏度校验与不带低电压起动的过电流保护相同。

电压元件的灵敏度校验

$$K_{lm} = \frac{U_{dz.1}}{U_{cy.max}} \quad (28)$$

式中 $U_{cy.max}$ ——灵敏度校验点发生两相短路时, 保护安装处的最大残余电压。

(4) 动作时限

不管是带低电压起动的过电流保护装置还是不带低电压起动的过电流保护装置, 其动作时限都应与下一级保护相配合, 即比下一级保护最大动作时限大一个时限级差 Δt 。时限级差 Δt 根据使用继电器的不同而取不同的值, 对电磁型过电流继电器取0.5秒; 对感应型继电器