

# 低压保护电器的选择与整定

(2004年修改版)

中国航空工业规划设计研究院任元会

编者按：在2002年，本刊曾发表过本文，在电气设计人员中引起强烈反响，随着有关标准的不断完善，我们专请原文作者对文章进行了全面修改和补充，并再次隆重发表，以满足广大读者的要求。

摘要文章介绍了作为保护电器的低压熔断器和低压断路器的主要性能；论述了《低压配电设计规范》关于配电线路保护的主要规定，并介绍了对保护电器的正确选择和整定的概念和计算方法，以满足可靠切断故障电路和有选择性断开的要求。对配电设计人员、运行维护人员具有较强的实际应用价值。

关键词 保护电器 低压熔断器 低压断路器 短路保护 过负载保护 接地故障保护 选择性动作

## 1 总论

保护电器在低压配电系统中占有重要地位，在配电线路发生故障时切断故障电路的器件主要是低压熔断器和低压断路器。如果设计中整定不正确，将导致不能在要求的时间内切断故障电路，从而损坏电线、电缆，甚至扩大事故，或者导致非选择性动作，扩大停电范围。

为了正确选择和整定电器参数，首先要了解保护电器的主要性能，同时要熟知国家标准——《低压配电设计规范》(GB 50054—95)的有关规定，从而进一步知道按照配电系统的状况和计算的故障电流值(短路电流和接地故障电流等)，正确整定保护电器的参数，以保证满足上述规范的规定，即在规定的时间内可靠切断故障(或发出报警)，同时要求有选择地切断故障，即只切断发生故障的一段电路，而不切断上级配电线路。

## 2 保护电器的主要性能

### 2.1 低压熔断器

配电系统中使用的熔断器应符合国家标准——《低压熔断器第1部：基本要求》(GB 13539.1—2002)(等同采用IEC 60269—1:1998)和《低压熔断器第2部分：专职人员使用的熔断器的补充要求》(GB/T 13539.2—2002)(等同采用IEC 60269.2之1995年1号及2001年2号修正件)、《低压熔断器第2部分：专职人员使用的熔断器的补充要求第1~5篇：标准化熔断器示例》(GB/T 13539.6—2002)(等同采用IEC 60269—2—1:2000)。低压熔断器的主要性能如下。

#### 2.1.1 分断范围和使用类别

第一个字母表示分断范围。“g”为全范围分断能力熔断体；“a”为部分范围分断能力熔断体；

第二个字母表示使用类别。

两字母组合的熔断体类别举例：

“gG”为一般用途全范围分断能力的熔断体；

“gM”为保护电动机电路全范围分断能力的熔断体；

“aM”为保护电动机电路的部分范围分断能力的熔断体。

专职人员使用的熔断器，主要用于工业，有：刀型触头熔断器、螺栓连接熔断器、圆筒形帽熔断器、偏置触刀熔断器等类型。

非熟练人员使用的熔断器，主要用于家用或类似用途。

#### 2.1.2 时间—电流特性

对不同大小的故障电流决定熔断时间，是一种反时限特性曲线。制造厂应提供弧前和熔断时间——电流特性或时间—电流带。

### 2.1.3 约定时间和约定电流

反映熔断体过载的特性参数，其数值如表 1 所示。表 1 中的  $I_n$  小于 16 A 的熔断，按 GB/T 13539.6-2002 的约定电流值列于表 2。

“gG”额定电流( $I_n$ ) “gM”特性电流( $I_n$ )	约定时间(h)	约定电流	
		$I_{cr}$	$I_r$
$I_n < 16$ (A)	1	①	①
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1.25I_n$	$1.6I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2		
$160 < I_n \leq 400$	3		
$400 < I_n$	4		

注:①由具体标准规定;  
② $I_{cr}$ ——约定不熔断电流;  
 $I_r$ ——约定熔断电流。

$I_n < 16A$  的“gG”熔断体的约定电流

表 2

“gG”额定电流( $I_n$ ) A	刀型触头熔断器、圆筒形帽熔断器		螺栓连接熔断器		偏置触刀熔断器	
	$I_{cr}$	$I_r$	$I_{cr}$	$I_r$	$I_{cr}$	$I_r$
$4 < I_n < 16$	$1.5I_n$	$1.9I_n$	$1.25I_n$	$1.6I_n$	$1.25I_n$	$1.6I_n$
$I_n \leq 4$	$1.5I_n$	$2.1I_n$	$1.25I_n$	$1.6I_n$	$1.25I_n$	$2.1I_n$

### 2.1.4 熔断体的分断能力

在规定的使用和性能条件下，熔断体在规定电压下能够分断的预期电流值，对交流熔断器，指交流分量有效值。

### 2.1.5 过电流选择性

两个或多个过电流保护电器之间的相关特性配合。当在给定范围内出现过电流时，指定的保护电器动作，而其他的不动作。标准规定，当弧前时间大于 0.01 s 时额定电流之比为 1.6 : 1 的两级熔断器之间的选择性可得到保证。

### 2.1.6 $I^2t$ (焦耳积分) 特性

在规定的动作条件下作为预期电流函数的弧前或熔断  $I^2t$  曲线。制造厂应提供弧前时间小于 0.1 s 至相应于额定分断能力的弧前  $I^2t$  特性，以及以规定电压为参数的熔断  $I^2t$  特性，分别代表实际使用中可能遇到的作为预期电流函数的最小和最大值。

### 2.1.7 产品现状

自 1992 年发布 GB 13539.1-92 标准以后，我国有一批熔断器按 92 年标准生产，具有分断能力高、选择性好等特点。“gG”类型主要型号有 RT15、RT16、RT17、RT20、RT30 以及 RL6、RL7 等，这些产品也符合 2002 年熔断器新标准的要求。

但是，我国还没有符合标准的“aM”类型产品。据了解，进入我国市场的奥地利埃姆·斯恩特公司和法国的溯高美公司都有这类产品。

## 2.2 低压断路器

采用断路器应符合国家标准《低压开关设备和控制设备. 低压断路器》(GB 1404

8. 2-2001), 等同于 IEC 60947:1995 同名称标准。

低压断路器的分类和主要特性介绍如下。

### 2.2.1 分类

(1) 按使用类别分类

①A类: 在短路情况下, 断路器无明确指出用作串联在负载侧的另一短路保护电器的选择性保护;

②B类: 在短路情况下, 断路器明确串联在负载侧的另一短路保护电器的选择性保护, 即在短路时, 选择性保护有人为短延时(可调节)。

(2) 按设计形式分, 有万能式(开启式)、塑壳式;

(3) 按分断介质分, 有空气分断、真空分断、气体分断;

(4) 按操作机构的控制方法分, 有有关人力操作、无关人力操作、有关动力操作、无关动力操作、储能操作。而储能操作又有: 储能方式(弹簧、重力等)、能量的来源(人力、电力等)、释能方式(人力、电力等);

(5) 按是否适合隔离分, 有适合隔离、不适合隔离;

(6) 按安装方式分, 有固定式、插入式、抽屉式;

(7) 按外壳防护等级 GB 4208-1993 的 IP 代码分。

### 2.2.2 短路特性

(1) 额定短路接通能力 ( $I_{cm}$ ): 用最大预期峰值电流表示;

(2) 额定短路分断能力, 规定为:

①额定极限短路分断能力 ( $I_{cu}$ ) 用预期分断电流 ( $kA$ ) 表示; 交流用交流分量有效值表示;

②额定运行短路分断能力 ( $I_{cs}$ ) 用预期分断电流 ( $kA$ ) 表示, 相当于  $I_{cu}$  的某一百分数, 标准百分数规定为  $100\% I_{cu}$ 、 $75\% I_{cu}$ 、 $50\% I_{cu}$ , 对于 A 类断路器, 还可以为  $25\% I_{cu}$ 。

(3) 交流断路器的短路接通和分断能力的关系: 两者的比值应不小于  $1.5 \sim 2.2$ , 按短路分断能力大小和不同功率因数决定;

(4) 额定短时耐受电流 ( $I_{cw}$ ): 对于交流,  $I_{cw}$  为有效值,  $I_{cw}$  值应不小于断路器额定电流  $I_n$  的  $1.2$  倍, 且不得小于  $5kA$ , 最大不超过  $30kA$ 。与  $I_{cw}$  相应的短延时不应小于  $0.05s$ , 可选取  $0.05s$ 、 $0.1s$ 、 $0.25s$ 、 $0.5s$  和  $1.0s$  几档。

### 2.2.3 脱扣器

(1) 脱扣器的形式

①分励脱扣器;

②过电流脱扣器;

③欠电压脱扣器;

④其他如使用很多接地故障保护的脱扣器。

(2) 过电流脱扣器的种类

①瞬时;

②定时限, 也就是短延时过电流脱扣器;

③反时限, 通常称为长延时过电流脱扣器。

(3) 过电流脱扣器的电流整定值: 用电流值的倍数或直接用安培数表示;

(4) 过电流脱扣器的脱扣时间整定值

①定时限的延时时间整定值用秒 ( $s$ ) 表示;

②反时限的应给出时间—电流特性曲线。

(5) 反时限过电流脱扣器的断开动作特性。在基准温度下,所有相极通电至 $1.05 I_n$ ,即约定不脱扣电流时,在约定时间(对 $I_n > 63 A$ 为 $2 h$ , $I_n \leq 63 A$ 为 $1 h$ )内不应脱扣,使电流上升到 $1.3 I_n$ ,即约定脱扣电流时,应在小于约定时间内脱扣。

#### 2.2.4 产品现状

(1) 万能式断路器:由上海电器科学研究所组织研究设计的主要产品有:

① DW45型是20世纪90年代新的智能型断路器,框架电流 $2000 \sim 6300 A$ , $I_{cu}$ 达 $80 \sim 120 kA$ ( $400 V$ 时),具有长延时、短延时、瞬时和接地故障保护功能,其整定电流和动作时间可在较大范围内方便调节,其价格较高;

② DW50型是21世纪初研制的智能型断路器,框架电流 $1000 A$ ,性能与DW45基本相同;

③ DW15HH型是20世纪90年代末对原DW15型的再开发产品,具有和DW45相同的保护功能,但尺寸较小,价格适中;

④ DW16型:框架电流 $630 \sim 4000 A$ , $400 V$ 时 $I_{cu}$ 达到 $30 \sim 80 kA$ ,具有长延时、瞬时和接地故障保护功能,但调节范围较小,没有短延时脱扣器,其价格较低。此外,还有ABB公司的F系列,施耐德公司的MT系列,框架电流达 $6300 A$ ,具有四段全保护功能,但价格较高。

(2) 塑壳式断路器

① S系列(即DZ40型):由上海电器科研所和全国十多个企业研制的新产品。壳架额定电流 $63 \sim 800 A$ ,共6个等级;分断能力有4个等级,即C系列(普通型 $400 V$ 时, $I_{cu}$ 达 $15 \sim 35 kA$ )、Y系列(标准型, $I_{cu}$ 达 $30 \sim 50 kA$ )、J系列(较高型, $I_{cu}$ 达 $50 \sim 70 kA$ )、G系列(最高型, $I_{cu}$ 达 $100 kA$ );有配电保护用和电动机保护用(AC-3)两种;具有长延时和瞬时脱扣器。还有2个系列产品:一是Z系列智能化断路器,具有短延时脱扣器,有多种调节功能,也可直接与计算机控制系统通讯;二是L系列剩余电流断路器,同时具有长延时、瞬时和剩余电流保护功能,壳架电流 $63 \sim 200 A$ ,现又扩展到 $800 A$ ,这是一个功能多样,具有不同档次可供选用的好产品。

② 另外,如ABB公司S型(达 $3200 A$ )、E型(达 $6300 A$ ),施耐德公司的NS型(达 $1250 A$ )等,有长延时、瞬时脱扣器,也有增加带短延时、接地故障保护等脱扣器的智能型断路器。

### 3 规范关于配电线路保护的规定

现行《低压配电设计规范》(GB 50054-95)是1995年12月发布、1996年6月实施的国家标准。其中低压配电线路的保护是最重要的内容之一,因为它涉及保障人身安全、用电可靠,防止电路故障造成重大损害,如,导致电气火灾所需要的防护措施等方面。

配电线路保护是要防止两方面的事故:一是防止因间接接触(区别于直接接触带电体)而导致电击;二是因电路故障导致过热造成损坏,甚至导致火灾。

配电线路应装设短路保护、过载保护和接地故障保护,并分别作了规定,分述如下。

#### 3.1 短路保护

要求在短路电流对导体和连接件的热作用造成危害之前切断短路故障电路,当短路持续时间不大于 $5 s$ 时,绝缘导体的热稳定应按下列式校验:

$$S \geq (1)$$

式中:

S——绝缘导体的线芯截面( $mm^2$ );

I——预期短路电流有效值(A);

t——在已达到允许工作温度的导体内短路电流持续作用的时间(s);

K——计算系数，按导体不同线芯材料和绝缘材料决定，其值如表3所示。

不同线芯材料和绝缘材料的导体的K值 表3

线芯 \ 绝缘	聚氯乙烯	丁基橡胶	乙丙橡胶	油浸纸
铜	115	131	143	107
铝	75	87	94	71

公式(1)只适用于短路持续时间不大于5s的情况，因为该式未考虑其散热；当大于5s时应计及散热的影响。

另外，公式(1)也不适用于短路持续时间小于0.1s的情况，当小于0.1s时，应计入短路电流初始非周期分量的影响。

### 3.2 过负载保护

配电线路过负载保护，应在过载电流引起导体温升对导体绝缘、接头、端子及周围物质造成损害前能切断过载电流，但对突然切断电路会导致更大损失时，应发出报警而不切断电路。

过负载保护的电器的整定电流和动作特性应符合下列两式的要求：

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (2A)$$

$$I_2 \leq 1.45 I_Z \quad (2B)$$

式中：

$I_B$ ——线路计算电流(A)；

$I_n$ ——熔断器熔体额定电流或断路器长延时脱扣器整定电流(A)；

$I_Z$ ——导体允许持续载流量(A)；

$I_2$ ——保证保护电器可靠动作的电流，对断路器， $I_2$ 为约定时间的约定动作电流，对熔断器， $I_2$ 为约定时间的约定熔断电流。

使用断路器时，按标准GB14048.2-2001规定，约定动作电流为 $1.3 I_n$ ，只要满足 $I_n \leq I_Z$ ，即符合式(2B)要求。

$I_n$ 就是断路器长延时整定电流 $I_{zd1}$ ，也就是要求：

$$I_{zd1} \leq I_Z \text{ 或 } I_{zd1} / I_Z \leq 1 \quad (3)$$

### 3.3 接地故障保护

为防止人身间接电击以及线路损坏，甚至引起电气火灾等事故，最重要的措施是设置接地故障保护。

接地故障保护适用于I类电气设备，所在场所为正常环境，人身电击安全电压限值(U<sub>L</sub>)不超过50V。

采用接地故障保护的同时，建筑物内各种导电体应作等电位联结。

接地故障保护对配电系统的不同接地形式作了规定。

#### 3.3.1 TN系统的接地故障保护

(1) TN系统配电线路接地故障保护的動作特性应符合下列要求：

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0 \quad (4)$$

式中：

$Z_S$ ——接地故障回路的阻抗(■)

$I_a$ ——保证保护电器在规定时间内切断故障回路的电流 (A)

$U_0$ ——相线对地标称电压 (V)。

$U_0 = 220\text{ V}$  的配电线路, 其切断故障回路的时间规定如下:

① 配电干线和供固定用电设备的末端回路, 不大于 5 s;

② 供手握式或移动式用电设备的末端回路, 以及插座回路, 不大于 0.4 s。

(2) 当采用熔断器兼作接地故障保护时, 为了执行方便, 规定了接地故障电流 ( $I_d$ ) 与熔断体额定电流 ( $I_r$ ) 之比不小于表 4 或表 5 值, 即认为符合式 (4) 的规定。

切断时间不大于 5s 的  $I_d/I_r$  的最小比值 表 4

熔体额定电流(A)	4~10	12~63	80~200	250~500
$I_d/I_r$	4.5	5	6	7

切断时间不大于 0.4s 的  $I_d/I_r$  的最小比值 表 5

熔体额定电流(A)	4~10	12~32	40~63	80~200
$I_d/I_r$	8	9	10	11

(3) 当采用断路器作接地故障保护时, 接地故障电流 ( $I_d$ ) 不应小于断路器的瞬时或短延时过电流脱扣器整定电流的 1.3 倍。

### 3.3.2 TT 系统的接地故障保护

TT 系统配电线路接地故障保护的動作特性应符合下列要求:

$$R_A \cdot I_a \leq 50\text{ V} \quad (5)$$

式中:

$R_A$ ——外露可导电部分的接地电阻与 PE 线电阻和 (■);

$I_a$ ——保证保护电器切断故障回路的動作电流 (A)。当采用反时限特性过流保护电器时,  $I_a$  为 5 s 内切断的电流; 采用瞬时動作特性的过流保护电路时,  $I_a$  为瞬时整定电流; 当采用漏电保护器时,  $I_a$  为其额定動作电流  $I_{\Delta n}$ 。

### 3.3.3 IT 系统的接地故障保护

当 IT 系统配电线路发生第一次接地故障时, 应由绝缘监视电器发出报警信号, 其動作电流应符合下式要求:

$$R_A \cdot I_d \leq 50\text{ V} \quad (6)$$

式中:

$R_A$ ——外露可导电部分的接地极电阻 (■);

$I_d$ ——第一次接地故障电流 (A)。

当 IT 系统的配电线路发生第二次异相接地故障时, 应切断故障电路, 并符合下列要求:

(1) 当 IT 系统不引出 N 线, 应在 0.4 s 内切断故障回路, 并符合下列要求:

$$Z_S \cdot I_a \leq \cdot U_0 \quad (7)$$

式中:

$Z S$ ——相线和PE线故障回路阻抗 (■);

$I a$ ——保护电器切断故障回路的动作电流 (A);

当IT系统引出N线,应在0.8s内切断故障回路,并符合下式要求:

$$Z S \cdot I a \leq 0.5 \cdot U_0 \quad (8)$$

式中 $Z S$ ——包括相线、N线和PE线在内故障回路阻抗 (■)。

建议IT系统不引出N线。

#### 4 保护电器选择的通用要求

低压配电线路保护电器选择应考虑以下要求:

(1) 保护电器必须是符合国家标准的产品。断路器和熔断器的国标是新世纪后修订的,等同采用IEC标准,符合当今国际先进水平;

(2) 保护电器的额定电压应与所在配电回路的标称电压相适应;

(3) 保护电器的额定电流不应小于该配电回路的计算电流;

(4) 保护电器的额定频率应与配电系统的频率相适应;

(5) 保护电器要切断短路故障电流,应满足短路条件下的动稳定和热稳定要求,还必须具备足够的通断能力。分断能力应按保护电器出线端位置发生的预期三相短路电流有效值进行校核。当今,我国的保护电器产品具有国际先进水平,其通断能力足以满足配电系统的要求;但是,保护电器的通断能力具有不同等级产品,所以,在配电设计中,应进行校验,重点是当配电变压器容量较大,而安装在靠近变压器的保护电器容量又较小时,更应作计算和校验;

(6) 考虑保护电器安装场所的环境条件,以选择相适应防护等级(IP等级)的产品。此外,在高海拔地区(如海拔超过2000m)应选用高海拔用的产品,或者采取必要的技术措施。在靠近海边的地方,应使用防盐雾的产品。

#### 5 保护电器保护特性的选型

##### 5.1 选型原则

(1) 配电线路在正常使用中和用电设备正常启动时,保护电器不会动作;

(2) 保护电器必须按规范规定的时间内切断故障电路,这是实施规范的最基本目标,也是保护电器的根本任务;

(3) 配电系统各级保护电器的动作特性应能彼此协调配合,要求有选择性动作,即发生故障时,应使靠近故障点的保护电器切断,而其上一级和上几级(靠电源侧方向为上)保护电器不动作,使断电范围限制到最小。如图1所示,如Y点短路,应使RD4断开,如X点短路,应使RD3断开。如果选择性难以得到完全保证,应该使低压主干线的保护电器(图1中的CB1)不会越级断开,宁可牺牲下级配电线路保护的选择性(如Y点短路,RD3越级断开),其影响范围相对较小。

低压配电用保护电器包括断路器和熔断器两种,而断路器又有非选择型和选择型两类。配电系统有树干式、放射式和混合式等几种。保护的级数多少也不同,少至一、二级,多至六、七级。下面以图1所示意的配电系统说明不同位置保护电器选型。

(1) 配电干线首端保护电器(图1中的CB1):为了保证干线首端可靠切断故障和动作选择性,应选用选择型断路器,如DW45型或DW15HH型。

当此干线供电范围不大,其计算负载电流较小(如300A以下)时,也可选用熔断器。当从此处(变电所低压配电盘)直接给单台用电设备配电的线路,可选用非选择型断路器;

(2) 配电干线第二级保护电器(图1中RD2):一般宜用熔断器。当此段干线供电范围较大,负载较重要,计算负载电流较大(如400A以上)时,可用选择型断路器,如DZ40型;

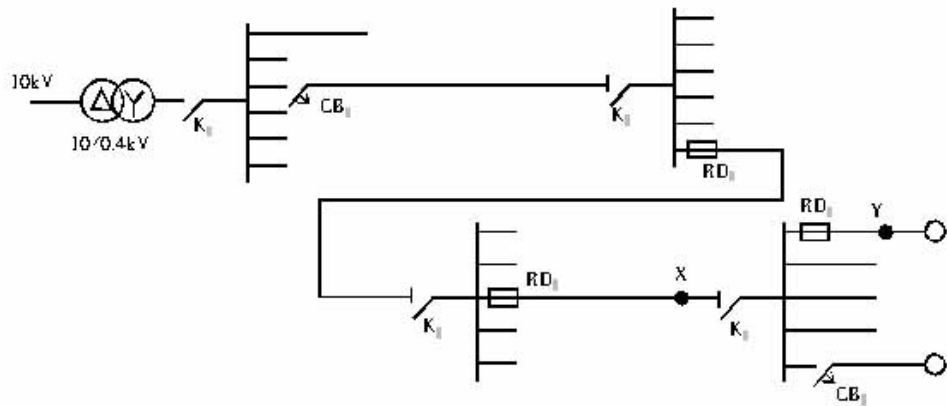


图1 低压配电系统示意图

注： $CB_1$ 、 $CB_4$ 为断路器； $RD_2$ ~ $RD_4$ 为熔断器； $K_1$ ~ $K_4$ 为隔离开关。

(3) 末端电路，即直接接至用电设备的线路保护电路（如图1中的 $CB_4$ ），通常使用非选择型断路器，必要时，也可用熔断器（如 $RD_4$ ），这里接笼型电动机，最好用aM型熔断器；

(4) 末端电路的上一级线路保护电器（图1中的 $RD_3$ ）：使用熔断器为好。当所供电的用电设备不多，突然断电影响不大时，也可使用非选择型断路器；

(5) 为保证选择性动作，多级配电线路的中间各级（图1中的 $RD_2$ 、 $RD_3$ ）最好选用熔断器。

综上所述，配电线路各级保护电器比较合理的选型是：

选择型断路器（首端）→熔断器→熔断器→非选择型断路器（末端）。

### 5. 3 保护电器设置和选型的几个问题

#### 5.3.1 配电变压器低压侧总开关的设置和选型

低压侧应设总开关（图1中 $K_1$ ），有两种选型：一是设隔离开关，二是设有隔离功能的断路器，或隔离开关加断路器。随着用电可靠性要求和安全保护要求的提高，越来越趋向装设断路器。其主要优点是可以遥控合闸，可以带负载断开，具有保护功能，事实上也有隔离开关具有断开负载和遥控合闸功能。

设置断路器时的保护功能呢？鉴于该断路器与各出线的保护电器都装在低压配电柜内，距离不过一米至几米，在此范围内发生短路和接地故障的机率很小，所以不必设置保护功能。如果该断路器（图1的 $K_1$ 位）再带瞬时过电流保护，则难以与各出线（图1之 $CB_1$ ）保护协调动作，无法实现主干线的选择性，是不可取的；但是， $K_1$ 处装设长延时保护，作为过载保护用是可以的；

#### 5.3.2 各配电箱内的进线开关设置和选型

此进线开关作隔离和断开负载电流用，可以用隔离开关，也可用断路器，需要遥控者，选用电动操作断路器。不设置保护，必要时可带长延时做过载保护，但不应装设瞬时动作保护；

#### 5.3.3 接用电设备的末端回路保护电器及控制电器（图1之 $CB_4$ 或 $RD_4$ ）的设置

末端回路应设短路和接地故障保护，装设在末端回路前端的保护电器（图1之 $CB_4$ 或 $RD_4$ ）必须具备这项功能，通常装非选择型断路器或漏电断路器，而末端回路的末端则不必再设短路保护，而是根据所接用电设备需要，装设控制电器（如接触器）。按需要，还应装用电设备的过载保护电器。对于笼型电动机，宜用aM型熔断器（图1之 $RD_4$ ）；



### 5.3.4 断路器和熔断器的比较

这两种保护电器各有其特点,应根据需要选用。有一种观点认为,断路器先进而熔断器是落后产品,这种看法是不全面的。断路器具有遥控功能(带电动操作)、完善的保护功能,调整方便(智能型)、故障断开后可以恢复等诸多优点,特别是智能型断路器更是熔断器所不可比拟的。但熔断器却以它良好的选择、配合性能和较低廉的价格而占有自己的地位,适合于配电系统的中间各级。

## 6 保护电器的整定

### 6.1 整定的基本要求

上节所述选型的三条原则,更需要在整定值中来实施,即:

- (1) 正常工作和正常起动时,不应切断电路;
- (2) 线路故障时,应可靠切断故障电路;
- (3) 线路故障时,各级保护电器应有选择性地切断电路。

这三项要求常常是相互矛盾的,配电系统设计的任务就是要合理地选择保护电器,正确整定其参数,如保护电器额定电流或整定电流大小受到第1和第2项的限定,而动作时间的快慢又受到第2和第3项的制约,必须仔细计算、校验,协调矛盾,实现对立的统一,以符合规范的要求。

### 6.2 在正常工作和起动时保护电器不动作

正常工作时,保护电器不动作,应符合前述公式(2A)的条件,即 $I_B \leq I_n$ 。关于起动时,保护电器不动作,以具有代表性的笼型电动机为例,分别按以下要求进行计算和校验。

#### 6.2.1 使用熔断器

熔体额定电流 $I_r$ 应符合下式要求。

$$I_r \geq K_r [I_{M1} + I_B (n-1)] \quad (9)$$

式中:

$I_{M1}$ ——线路中所接的最大一台笼型电动机的额定电流(A)

$I_B (n-1)$ ——除最大一台电动机外的线路计算电流(A);

$K_r$ ——计算系数,通常取1.0~1.5,取决于 $I_{M1}/I_B$ 值大小及最大一台电动机起动状况,一般说, $I_{M1}/I_B$ 值为0.25~0.4时, $K_r$ 取1.0~1.1, $I_{M1}/I_B$ 为0.5~0.6时, $K_r$ 可取1.2~1.3; $I_{M1}/I_B$ 为0.7~0.8时, $K_r$ 可取1.4~1.5;对于轻载起动的电动机,当 $I_{M1}/I_B < 0.25$ 时,一般可不考虑其起动之影响。

#### 6.2.2 使用断路器

(1) 断路器的长延时脱扣器整定电流 $I_{zd1}$ ,一般可不考虑电动机起动的影响;

(2) 短延时脱扣器整定电流 $I_{zd2}$ 应躲开最大一台电动机的起动电流,用下式计算:

$$I_{zd2} \geq K [I_{qM1} + I_B (n-1)] \quad (10)$$

式中:

$I_{qM1}$ ——线路中所接最大一台笼型电动机的起动电流(A);

$K$ ——可靠系数可取1.2。

(3) 瞬时脱扣器整定电流 $I_{zd3}$ 应躲过最大一台电动机的全起动电流,用下式计算:

$$I_{zd3} \geq K I_{q'M1} + I_B (n-1) \quad (11)$$

式中:

$I_{q'M1}$ ——线路中所接最大一台笼型电动机的全起动电流,包括周期分量和非周期分量,其值为该电动机起动电流( $I_{qM1}$ )的1.7~2.1倍;

$K$ ——可靠系数,可取1.2。

### 6.3 短路保护

线路在正常运行中，导体产生温升而达到允许最高工作温度（这是计算的工作温度）。发生故障时，导体温度急剧上升，超过允许工作温度，应该在达到导体允许的极限温度之前切断故障电路，以避免导线绝缘损坏，甚至引起火灾，用公式（1）进行热稳定检验，分述如下。

（1）使用熔断器时，因为它具有反时限特性，使用公式（1）验算时较麻烦，要计算出预期短路电流，按选择的熔体电流值，再查熔断器特性曲线找出相应的全熔断时间  $t$ ，代入（1）式。为了使用方便，可从表6所列数据，按导体截面和敷设方式查出熔体电流的最大允许值。

（2）使用断路器时，通常是利用其瞬时或短延时脱扣器作短路保护，瞬时脱扣器的全分断时间（包括灭弧时间）极短，一般为  $10 \sim 20 \text{ ms}$ ，甚至更小，虽然短路电流很大，一般都能符合式（1）要求。但应注意，当配电变压器容量很大，从变压器低压配电盘上直接引出截面很小的馈线时，难以满足热稳定要求，应按式（1）作校验。

采用短延时脱扣器断开短路电流时，短路电流持续时间将达  $0.1 \sim 0.6 \text{ s}$ ，根据经验，选用带短延时脱扣器的断路器所保护的配电干线截面不会太小，一般能满足式（1）要求，可不作校验。

短时按热稳定要求绝缘导线电缆所允许的最大熔体电流(A) 表6

导线类型及敷设 导线截面 $\text{mm}^2$	导线穿管敷设		导线明敷设		电缆在空气中明敷设	
	BY	BLV	BY	BLV	BY	BLV
1.5	10		10			
2.5	25	16	25	16		
4	40	25	40	25	40	25
6	63	40	63	40	63	40
10	80	63	80	63	80	63
16	125	80	125	80	125	80
25	200	125	200	125	200	125
35	250	160	250	160	250	160
50	315	250	315	250	315	250
70	400	315	400	315	400	315
95	500	425	500	425	500	425
120	550	500	550	500	550	500
150	630	550	630	550	630	550

注：①本表按式（1）计算，按最不利条件， $t$ 取5s；

②导线、电缆按聚氯乙烯绝缘（铜芯K-115，铝芯K-76），环境温度 $30^\circ\text{C}$ ；

③熔断器按符合国际GB13539.1-2002的产品；RT15、RT16、RT17、RL6、RL7等型号；

④本表摘自参考文献1。

### 6.4 过载保护

（1）用断路器的长延时作过载保护，如前述，只要符合式（3），即满足规范规定的式（2A）、（2B）之要求。

（2）用熔断器保护时，也应满足式（2A）、（2B）要求。但式（2B）中有约定熔

断电流  $I_2$ ，使用不方便，应作如下变换。

按熔断器国标，16 A 及以上的 g G 和 g M 熔断体的约定熔断电流  $I_r = 1.6 I_n$  (见表 1)，又按 GB 50054-95 的条文说明第 4.3.4 条中指出，因熔断器产品标准测试设备的热容量比实际使用的大许多，即测试所得的熔断时间较实际使用中的熔断时间为长，这时  $I_2$  应乘以 0.9 的系数， $I_2 = 0.9 \times 1.6 I_n$ ，此式代入式 (2B) 得  $1.44 I_n \leq 1.45 I_Z$  近似认为：

$$I_n \leq I_Z \text{ 或 } I_Z \leq I_n \quad (12)$$

对于小于 16 A 的熔断器，按表 2 所数据：螺栓连接熔断器的  $I_f = 1.6 I_n$ ；而刀型触头熔断器和圆筒形帽型熔断器，则有  $I_f = 1.9 I_n$  (当  $16 A > I_n > 4 A$ ) 和  $I_f = 2.1 I_n$  (当  $I_n \leq 4 A$ )。按以上同样方法计算结果列于表 7。

### 用熔断器作过载保护时

熔体电流( $I_r$ )与导线载流量( $I_z$ )的关系 表 7

专职人员用熔断器类型	$I_r$ 值范围	$I_r$ 与 $I_z$ 的关系
螺栓连接熔断器	全值范围	$I_r \leq I_z$
刀型触头熔断器和 圆筒形帽型熔断器	$I_r \geq 16 A$	$I_r \leq I_z$
	$16 A > I_r > 4 A$	$I_r \leq 0.85 I_z$
	$I_r \leq 4 A$	$I_r \leq 0.75 I_z$
偏置触刀熔断器	$I_r > 4 A$	$I_r \leq I_z$
	$I_r \leq 4 A$	$I_r \leq 0.75 I_z$

## 6.5 接地故障时，应在规定时间内切断电路

### 6.5.1 接地故障保护要求

对 TN 接地系统来说，应符合公式 (4) 的规定。

(1) 采用熔断器时，应分别满足表 (3) 或表 (4) 规定的  $I_d / I_r$  值；

(2) 采用断路器时，如只带长延时和瞬时脱扣器的，应利用瞬时脱扣器作接地故障保护，瞬时脱扣器的整定电流  $I_{zd3}$  应符合下式要求：

$$I_d \geq 1.3 I_{zd3} \quad (13)$$

式中，系数 1.3 是规范规定的可靠系数。

### 6.5.2 满足规范要求存在的问题和措施

当配电线路较长，往往难以满足表 (3)、(4) 或式 (13) 的要求，接地故障电流  $I_d$  较小，不足以使保护电路动作。为此，必须降低熔体电流  $I_r$  或断路器瞬时整定值  $I_{zd3}$ ，但将受到很多因素的制约；另一方面应力求提高  $I_d$  值。具体措施如下：

(1) 配电变压器选用 D, yn11 接线，不用 Y, Yno 接线，对于靠变压器较近的故障点的  $I_d$  值有明显增大；

(2) 加大相导体及接地线导体截面，对于截面较小的电缆和穿管绝缘线有较大影响，而对于较大截面的裸干线或架空线，由于其电抗较大，加大截面作用很小；

(3) 改变线路结构，如裸干线改用紧凑型封闭母线，架空线改电缆，可以降低电抗，但增加投资，有时是不可行的。

如果以上措施还是满足不了表 (3)、(4) 或式 (13) 要求，就应该改变保护电器。

### 6.5.3 采用带短延时保护的断路器

前述用熔断器或断路器的瞬时脱扣器不能满足接地故障要求，第一级（或第二级）配电干线，容量较大时，可采用带短延时脱扣器的断路器作接地故障保护，短延时整定电流值  $I_{zd2}$  应符合下式要求：

$$I_d \geq 1.3 I_{zd2} \quad (14)$$

式（14）和式（13）相同，只有  $I_{zd2}$  取代  $I_{zd3}$ 。同一断路器，短延时整定电流  $I_{zd2}$  通常只有瞬时整定电流  $I_{zd3}$  的  $1/5 \sim 1/3$  左右。所以满足不了式（13），但容易满足式（14）要求，即短延时保护大大提高了动作灵敏性。

#### 6.5.4 采用带接地故障保护的断路器作接地故障保护

如果还满足不了式（14），则采用此方案，必将成若干倍地提高动作灵敏性。

接地故障又分两种方式，即零序电流保护和剩余电流动作保护。

（1）零序电流保护：三相四线制配电线路正常运行时，如果三相负载完全平衡，则流过中性线（N）的电流为0，即  $I_N = 0$ ；如果三相负载不平衡，则产生不平衡电流， $I_N \neq 0$ ；如果发生某一相接地故障时， $I_N$  将大大增加，达到  $I_N(d)$ 。因此，利用检测  $I_N$  值发生的变化，以取得接地故障的信号；

检测零序电流，通常是在断路器后三相线（或母线）各装一只电流互感器（C.T），取3只C.T次级电流矢量和乘以变比，即  $N = A + B + C$ 。

断路器的零序电流保护的整定值  $I_{Zd0}$  如何确定？要求在正常运行中可能出现的最大不平衡电流时不会动作，而在发生接地故障时必须动作，建议  $I_{Zd0}$  的整定值应符合下列两式的要求：

$$I_{Zd0} \geq (1.5 \sim 2.0) I_N \quad (15)$$

$$1.3 I_{Zd0} \leq I_N(d) \quad (16)$$

式中， $I_N(d)$  为发生接地故障时电流，包括接地故障电流和不平衡电流。

一般说，配电干线正常运行时的  $I_N$  值不超过计算电流  $I_B$  的  $20\% \sim 25\%$ ，所以，通常  $I_{Zd0}$  可整定在断路器长延时脱扣器电流  $I_{Zd1}$  的  $30\% \sim 60\%$  为宜，但必须符合式（16）之规定。

可见，零序电流保护整定值  $I_{Zd0}$  比短延时整定值  $I_{Zd2}$  小得多，满足式（16）规定比满足式（14）又容易得多。动作灵敏性可得到保证。

零序电流保护可用于TN-C、TN-S等接地系统。

零序电流保护可选用DW16、DW15HH、DW45、DW50等断路器实现，各自特点本文第二章已叙述。

（2）剩余电流保护：和零序电流保护不同的是：剩余电流保护是检测三相电流加中性线电流的矢量和，即  $O = A + B + C + N$ 。

当三相四线配电线路正常运行时，三相负载不平衡，忽略线路泄漏电流，则  $I_A + I_B + I_C + I_N$  之矢量和总是等于零；当某一相发生接地故障时，则检测的三相电流加中性线电流的矢量和不为零，而等于接地故障电流  $I_O(d)$ 。

检测方法是在断路器后三相线和中性线上各装一只C.T。取4只C.T次级电流矢量和，乘以变化，即为接地故障电流  $I_O(d)$ 。

断路器的接地故障保护的整定值  $I_{zdG}$  应符合下式要求：

$$I_O(d) \geq 1.3 I_{zdG} \quad (17)$$

应注意，为避免误动作，整定值  $I_{zdG}$  应大于正常运行时线路和设备的泄漏电流总和的  $5 \sim 10$  倍。

可见，采用剩余电流保护比零序电流保护的灵敏度更高得多。

剩余电流保护适用于TT、TN-S接地系统，但不能用于TN-C接地系统，剩余电流保护宜选用DW15HH、DW45和DW50等断路器实现，一般说，使用这些断路器，

额定电流比较大，常常在1000A以上，所以，作为剩余电流保护的整定值不可能很小。如DW45型2000A断路器，其接地故障电流最小整定值为160A。

对于住宅和中小型建筑，作为引入配电干线总保护的断路器，容量较小时，可以用漏电断路器，或漏电保护器，其整定值最好不大于0.5A，并在0.4s或以上延时，作为防止电弧性接地故障引起火灾的保护措施是很有效的。

## 6.6 线路故障时，应有选择性切断电路

线路故障时，要保证可靠切断电路，又要尽可能缩小断电范围，即有选择性地切断，这就对配电设计提出了更高的要求，要求有合理的配电系统统计，准确的计算数据，恰当的选择保护电器，正确整定保护电器的额定电流、动作电流和动作时间，才能达到预期的目的。下面具体分析上下级保护电器的选择性。

### (1) 上级用熔断器，下级也用熔断器

熔断器之间的选择性在国标GB13539.1-2002中已有规定，也就是说，产品本身已经给予了保证。标准规定了过电流选择性，即当弧前时间大于0.1s时，熔断体的过电流选择性用“弧前时间—电流”特性校验，弧前时间小于0.1s时，其过电流选择性则以 $I^2t$ 特性校验。当上级熔断体的弧前 $I^2t_{min}$ 值大于下级熔断体的熔断 $I^2t_{max}$ 值时，可认为在弧前时间大于0.01s时，上下级熔断体间的选择性可得到保证。标准规定额定电流16A及以上的串联熔断体的过电流选择比为1.6:1也就实现有选择性熔断。标准规定熔断体额定电流值也是近似按这个比例制定的，如25、40、63、100、160、250A以及32、50、80、125、200、315A等。

### (2) 上级用熔断器，下级用非选择型熔断器

由于熔断器的反时限特性和断路器的长延时脱扣器的反时限特性能较好配合，在整定电流值合理的条件下，具有良好的选择性动作，条件是熔断体的额定电流比长延时脱扣器的整定电流要大一定的数值。当故障电流超过断路器的瞬时脱扣器整定电流时，则下级瞬时脱扣，而上级熔断器不会熔断。

### (3) 上级用非选择型熔断器，下级用熔断器

当故障电流大于非选择型断路器的瞬时脱扣器整定电流 $I_{zd3}$ 通常整定为该断路器长延时整定电流 $I_{zd1}$ 的6~10倍时，则上级断路器瞬时脱扣，因此，当故障电流小于 $I_{zd3}$ 时，下级 $I$ 熔断器先熔断，具有部分选择性，整体说属没有选择性，这种方案不可取。

### (4) 上级用非选择型断路器，下级也用非选择型断路器

上级断路器A和下级断路器B的长延时整定值 $I_{zd1}$ 和瞬时整定值 $I_{zd3}$ 列于图2。

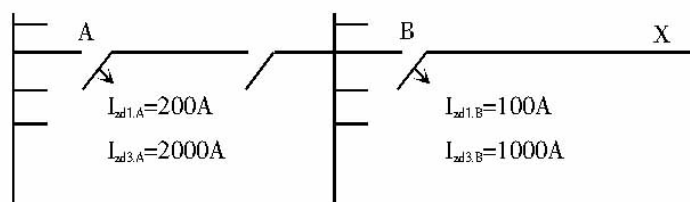


图2 上下级均为非选择型断路器保护示例

当断路器B后任一点（如X点）发生故障，若故障电流 $I_d < 100A$ 时，断路器A、B均不能瞬时动作，不符合保护灵敏性要求；当 $1000A < I_d < 2000A$ 时，则B动作，A不动作，有选择性；当 $I_d > 2000A$ 时，A、B均动作，无选择性，见图3。因

此，这种方式没有选择性。

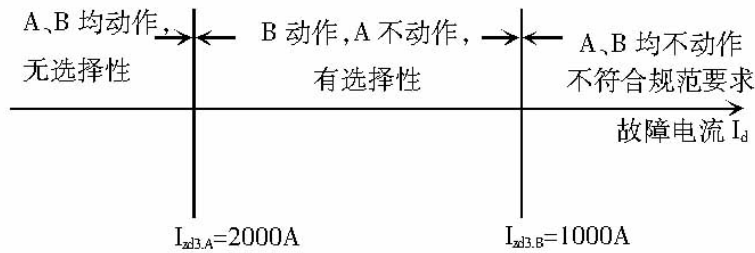


图3 上下级均为非选择型断路器的选择性分析

(5) 上级用选择型断路器，下级用熔断器

由于上级断路器具有短延时功能，一般能实现选择性动作，但必须整定正确，不仅短延时脱扣整定电流 ( $I_{zd2}$ ) 及延时时间要合适，而且还要正确整定其瞬时脱扣电流值 ( $I_{zd3}$ )。确定这些参数的原则是：

- ① 下级熔断器额定电流 ( $I_r$ ) 不宜太大；
- ② 上级断路器  $I_{zd2}$  值不宜太小，在满足式 (14) 的前提下宜整定大些，如  $I_r$  为 200 A 时， $I_{zd2}$  至少应取 2500 ~ 3000 A；
- ③ 短延时时间应整定大一些，如 0.4 ~ 0.8 s。
- ④  $I_{zd3}$  在满足动作灵敏度条件下，尽量整定大一些，以免破坏选择性。

具体方法是：在多个下级熔断器中找出额定电流最大的，最值为  $I_r$ ，短延时整定值为  $I_{zd2}$ ；假设熔断器后发生的故障电流等于或略大于  $I_{zd2}$  时，在熔断体的“时间—电流”特性曲线上查出其熔断时间为  $t$ ；再使短延时时间比  $t$  值在 0.15 ~ 0.2 s。如不符合要求，应重新选定  $I_{zd2}$  值。

(6) 上级用选择型断路器，下级用非选择型断路器

这种配合，应该具有良好的选择性，但必须正确整定各项参数，以图 4 为例，若下级断路器 B 的长延时整定值  $I_{zd1.B} = 300$  A，瞬时整定值  $I_{zd3.B} = 3000$  A；上级断路器 A 的  $I_{zd1.A}$  通常比  $I_{zd1.B}$  大很多，根据其计算电流和线路载流量确定，设  $I_{zd1.A} = 1000$  A，其  $I_{zd2.A}$  及  $I_{zd3.A}$  整定原则如下：

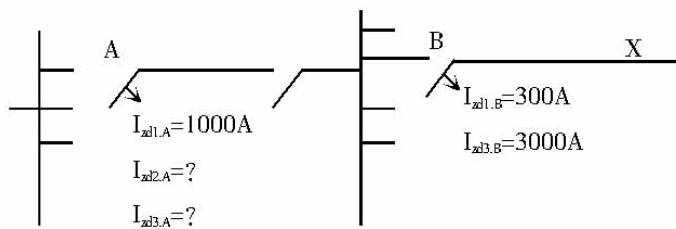


图4 选择型与非选择型断路器保护示例

- ①  $I_{zd2.A}$  整定值应符合下式要求：

$$I_{zd2.A} \geq 1.2 I_{zd3.B} \quad (18)$$

具体原因是，若  $I_{zd2.A} < I_{zd3.B}$ ，当故障电流达到  $I_{zd2.A}$  值，而小于  $I_{zd3.B}$  时，则断路器 B 不能瞬时动作，而断路器 A 经短延时动作，破坏了选择性。

1.2 是可靠系数，是脱扣器动作误差的需要。

- ② 短延时的时间没有特别要求，主要是按下级熔断器要求整定。

③  $I_{zd3}$ 、 $A$ 应在满足动作灵敏性前提下，尽量整定大些，以免在故障电流很大时导致  $A$ 、 $B$ 均瞬时动作，破坏选择性。

(7) 上级用带接地故障保护的断路器

①用零序保护方式：零序保护整定电流  $I_{zd0}$ 一般为  $I_{zd1}$ 的  $20\% \sim 100\%$ ，多为几百到一千安培，与下级熔断器和一般断路器很难有选择性。只有后者的额定电流很小（如几十安培）时，才有可能。

使用零序保护时，在满足动作灵敏性要求的前提下， $I_{zd0}$ 应整定得大一些，延时时间尽量长一些。

②剩余电流保护方式：这种方式的整定电流更小，在发生接地故障时，和下级熔断器、断路器之间没有选择性。这种保护只能要求和下级漏电电流动作保护器之间具有良好的选择性，这种方式多用于安全防护要求高的场所，所以，应在末端电路装设漏电电流动作保护器，以避免非选择性切断电路。

对为了防止接地故障引起电气火灾而设置的漏电电流动作保护器，其整定电流小到  $0.5A$ ，应是延时动作，同时，末端电路必须设有漏电电流动作保护器。如有条件时（如有专人值班维护的工业场所），前者可不切断电路而发出报警信号。

现在的智能断路器（如  $DW45$ 型），具有“保护区域选择连锁”的功能，这是利用微电子技术使保护更为完善，保证了动作灵敏性和选择性。

## 7 应用示例

为使设计人员有一个实际完整的概念，以便在设计中具体应用，用一个实例说明（见图 5）。

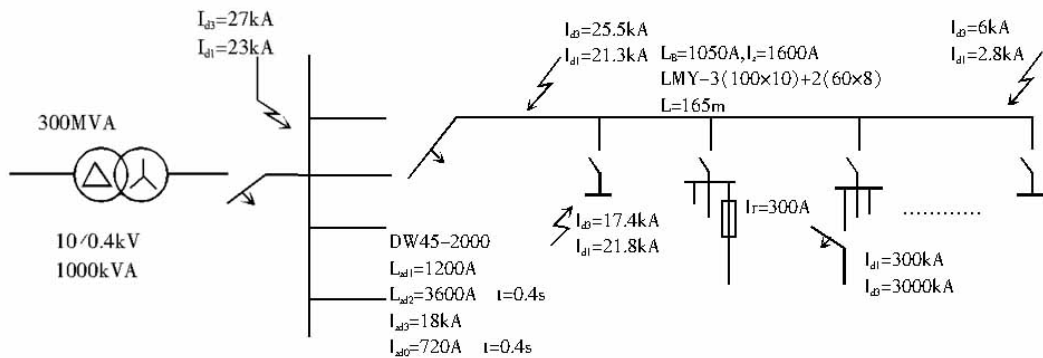


图 5 配电系统示例

例：某变电站，变压器为  $1000kVA$ ， $10/0.4kV$ ， $Dyn11$ 接线， $10kV$ 侧系统容量  $300MVA$ ，从低压屏引出的裸母干线长  $165m$ ，变压器至主断路器母线长  $10m$ ，干线计算电流  $I_B=1050A$ ，接地方式为  $TN-S$ ，干线分支连接  $10$ 个配电箱，其中最大熔断器  $I_r=300A$ ，最大的断路器  $I_{zd1}=300A$ ， $I_{zd3}=300A$ 。要求选择主保护电器类型，整定各项参数，并决定母干线截面。

设计步骤如下。

(1) 确定母干线截面。要求  $I_z > I_B$ ，考虑母干线配电范围大并考虑发展，应留较大裕量，拟采用铝母排  $LMY-3(100 \times 10) + 2(60 \times 8)$ 。其  $I_z=1600A$ （环境温度  $35^\circ C$ 时）；

(2) 计算三相短路电流  $I_{d3}$ 和接地故障电流  $I_{d1}$ 值：取有代表性的几个点计算出  $I_{d3}$ 和  $I_{d1}$ 值，标记在图 5 中；

(3) 主保护电器选型：考虑到该生产车间的重要性，这种较大的树干式配电系统保护的复杂性，选用一台智能型断路器  $DW45$ 型，框架电流  $2000A$ ，也可用  $DW15HH$

—2000型,可以得到良好的保护性能。两断路器的分断能力都远大于最大的 $I_{d3}$ 值;

(4) 主断路器参数整定:

$I_{zd1}$ 整定:按过载保护要求,应符合 $I_B \leq I_{zd1} \leq I_z$ 即 $I_{zd1}$ 应大于1050A,小1600A,取 $I_{zd1} = 1200A$ ,也可取1400A。

$I_{zd2}$ 及短延时时间整定:为保证可靠动作,应符合 $I_d \geq 1.3 I_{zd2}$ 要求,鉴于DW45断路器有接地故障保护,则符合末端相间短路电流 $I_d \geq 1.3 I_{zd2}$ 即可,即 $I_{zd2} \leq 6000A / 1.3 = 4615A$ 取 $I_{zd2} = 3 \times I_{zd1} = 3600A$ 。

$I_{zd2}$ 整定值是否与下面保护电器具有选择性?

①下级最大断路器的 $I_{zd3} = 3000A$ ,上级的 $I_{zd2}$ 整定为3600A,此值为下级 $I_{zd3}$ 的1.2倍,符合选择性要求;

②下级最大熔断器的 $I_r = 300A$ ,而上级 $I_{zd2}$ 值为300A的12倍,应能符合选择性要求,主要取决于短延时时间整定值。

短延时时间整定:假定下级最大熔断器后发生故障电流足以使上级短延时动作,即故障电流为3600A( $I_{zd2}$ 值)或略大一些,此时300A熔断体的熔断时间约为0.22s,因此,短延时时间应整定为0.4s。

注意:若主断路器不带接地保护,则 $I_{zd2}$ 值必须要保证末端的 $I_{d1}$ 能可靠动作,即 $I_{d1} \geq 1.3 I_{zd2}$ ,即 $I_{zd2}$ 应小于2.15kA,取 $I_{zd2} = 1.5A$ , $I_{zd1} = 1800A$ 。其延时时间就要大得多,否则无法保证与下级熔断器的选择性。

$I_{zd2}$ 整定:由于有短延时保护,并根据运行经验,这种安装在厂房屋架上的母线线相间短路极少,为了保证更好的选择性, $I_{zd3}$ 值可以整定得大一些,如 $I_{zd1}$ 的15倍,则 $I_{zd3} = 15 \times 1200A = 18kA$ ,这样,当最近一个配电箱母线处产生接地故障时,不致瞬时脱扣。

(4) 热稳定校验:应按式(1)校验,由于干线是裸导体,不必进行校验。

(5) 接地故障保护整定:

①采用零序电流保护:其动作整定值 $I_{zd0}$ 应符合公式(15)及(16)要求,设该干线正常运行时的三相不平衡电流为200A,而最小接地故障电流为2.8kA,为此,取 $I_{zd0} = 0.6 I_{zd1} = 0.6 \times 1200A = 720A$ ,能满足式(15)、(16)的要求。

由于 $I_{zd0}$ 整定值很小,和下级300A熔断器和 $I_{zd3} = 3000A$ 的断路器之间没有选择性,但与更小的断路器( $I_{zd3} \leq 600A$ )和熔断器( $I_r \leq 63A$ )之间可以有选择性。零序电流保护应有延时,至少为0.4s或更长。

②采用剩余电流保护:其动作电流整定值 $I_{zdG}$ 应符合式(17)的要求。因此,可取 $I_{zdG} = 0.2 I_{zd1} = 0.2 \times 1200A = 240A$ 。动作时间不小于0.4s,这样更难以和下级断路器、熔断器有选择性。

对于以上两种接地故障保护,应有以下要求:第一,必须延时动作,延时不小于0.4s;第二,应在所有末端回路均设有漏电电流保护,这样可以在末端回路发生接地故障(在所有故障中机率最大)时,动作具有选择性。

## 8 低压配电线路保护要点和总结

### 8.1 配电线路保护要点

工业和民用建筑的低压配电每一段线路(除GB50054—95规定的个别情况外)都要装设保护电器。设计时,应从下(靠用电设备侧)而上逐段线路按以下三种保护要求进行整定和校验。

### 8.2 短路保护

(1) 短路持续时间不大于5s时,绝缘导体应按式(1)进行热稳定校验;



(2) 当采用熔断器时,  $I_r$  值与绝缘导体截面符合表 5, 即满足式 (1) 的要求;

(3) 短路持续时间小于 0.1 s 时, 式 (1) 转化为下式:

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 t \quad (19)$$

式 (19) 中的  $I^2 t$  为保护电器的焦耳积分值, 从产品资料或标准中查价。

(4) 要点提示

① 导体截面较大 (如大于  $70 \text{ mm}^2$  铜线) 时, 一般能满足式 (1) 要求;

② 导体截面很小 (如  $10 \text{ mm}^2$  以下铜线), 又离容量很大的变压器 (如  $1000 \text{ kV}$  A) 很近 (如变电所低压盘引下馈线), 通常不能满足式 (1) 要求。

### 8.3 过负载保护

(1) 用断路器时, 满足  $I_{zd1} \leq I_z$ 。

(2) 用熔断器时, 满足  $I_r \leq I_z$ 。

对  $I_r < 1.6$  时, 注意按表 7 的要求, 但应用甚少。

### 8.4 接地故障保护

(1) TN 接地系统: 应满足  $Z_s \cdot I_a \leq 220 \text{ V}$

① 对熔断器, 要求  $I_d / I_r \geq K_i$  ( $K_i$  值符合表 4、表 5)。

② 对断路器瞬时脱扣器:  $I_d \geq 1.3 I_{zd3}$ ;

短延时脱扣器:  $I_d \geq 1.3 I_{zd2}$

(2) TT 接地系统应满足  $R_A \cdot I_a \leq 50 \text{ V}$

末端回路用剩余电流保护断路器, 不必作校验。

### 8.5 选择性

(1) 首级干线宜用选择型断路器 (电流较小者可用熔断器) 重点考虑两点:

① 短延时整定电流  $I_{zd2} \geq$  下级断路器  $I_{zd3}$  的 1.2 倍;

② 短延时时间应大于下级熔断体熔断时间  $0.15 \sim 0.2 \text{ s}$ 。

(2) 中间各级宜用熔断器, 按 1.6: 1 选择。

(3) 末端回路可用非选择断路器, 对笼型电动机可用 aM 型熔断器。&

### 参考文献

1 《低压配电设计规范》GB 50054—95

2 《低压熔断器基本要求》GB 13539.1—2002

3 《低压熔断器专职人员使用的熔断器的补充要求》GB/T 13539.2—2002

4 《低压熔断器第 2 部分: 专职人员使用的熔断器的补充要求, 第 1~5 篇: 标准化熔断器示例》GB/T 13539.6—2002

5 《低压开关设备和控制设备 低压断路器》GB 14048.2—2001

6 中国航空工业规划设计研究院.《工业与民用配电设计手册》(第二版) 电力出版社 1994; 12