

ICS 29.240
K 45
备案号: 53923-2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1502 — 2016

厂用电继电保护整定计算导则

Guide of calculating settings of relay protections for auxiliary
system of power plant

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 总则 1

4 高压厂用变压器保护整定计算 2

5 低压厂用变压器保护整定计算 16

6 高压厂用馈线保护整定计算 24

7 高压厂用电动机保护整定计算 29

8 高压厂用母线保护整定计算 37

9 低压厂用电系统（0.4kV 部分）保护整定计算 37

10 备用电源切换装置整定计算 42

附录 A（资料性附录） 常用电容电流计算 45

前 言

本标准依据 GB 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业继电保护标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：南京南瑞继保电气有限公司、华北电力科学研究院、中国南方电网公司电力调度控制中心、华能海门电厂、向家坝电厂、江苏方天电力技术有限公司、华能南京金陵发电有限公司、国电南京自动化股份有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司、许继电气股份有限公司、江苏金智科技股份有限公司、上海利乾电力科技有限公司、北京中恒博瑞数字电力科技有限公司。

本标准主要起草人：严伟、陈俊、梁玉枝、陆明、王栎涛、陈邦强、陈飞文、刘洪、范立新、潘长春、葛爱茹、郭自刚、乐凌志、任小勇、郭宝甫、丁宁。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

厂用电继电保护整定计算导则

1 范围

本标准规定了厂用电系统继电保护的整定计算原则和方法，作为设计、科研、运行、调试和制造部门整定计算的依据。

本标准包含高压厂用变压器保护、低压厂用变压器保护、高压厂用馈线保护、高压厂用电动机保护、高压厂用母线保护、低压厂用电系统（0.4kV 部分）保护以及备用电源切换装置的整定计算。

本标准适用于火力、水力发电厂厂用电系统继电保护的整定计算，其他类型的厂用电系统保护整定计算可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1208—2006 电流互感器

GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 14598.151—2012 量度继电器和保护装置 第 151 部分：过欠电流保护功能要求

GB/T 14598.15—1998 电气继电器 第 8 部分：电热继电器

3 总则

3.1 本标准作为厂用电系统继电保护整定计算的基本依据，设计、科研、运行、调试和制造部门应共同遵守。

3.2 厂用电系统继电保护整定计算的主要任务：在工程设计阶段保护装置选型时，确定保护装置的技术规范；对现场实际应用的保护装置，通过整定计算，确定其运行参数（给出定值）。从而使继电保护装置正确地发挥作用，防止事故扩大，维持厂用电系统的稳定运行。

3.3 厂用电继电保护装置应满足可靠性、选择性、灵敏性及速动性的基本要求，正确而合理的整定计算是实现上述要求的关键，具体原则为：

- a) 保护定值应满足可靠性要求。对于过电流保护，应按最大运行方式或正常运行时可能出现的最大电流进行计算，并选用合理的可靠系数。
- b) 保护定值应满足选择性要求。各级保护间应要求动作值和动作时间逐级可靠配合。因配合级数过多影响上级保护的快速性时，可缩短时间级差。时间级差可取 $0.2s \sim 0.5s$ ，不应小于 $0.2s$ 。厂用馈线两端保护应有定值和时间上的配合，但当保护配合困难或因配合级数过多影响上级保护的快速性时，厂用馈线两端保护可不考虑定值和时间的配合。

当保护定值配合存在困难，比如零序保护需要与下一级相间保护配合时，为避免因这种配合带来上级保护灵敏度不够的情况，上级保护宜按最小灵敏度要求计算定值并校验可靠性是否满足要求。同时应对这一不满足配合要求的情况做出书面说明，并建议修改整体保护配置方案。

- c) 保护定值应满足灵敏性要求。对于过电流保护，在满足可靠性要求的前提下，保护定值应取较小值；应按最小运行方式最小故障电流值验算保护的灵敏系数，并确保灵敏系数满足本

DL/T 1502—2016

保护要求。

d) 保护定值应满足速动性要求,在满足选择性要求前提下,保护动作时间宜取较小值。

3.4 本标准不对厂用电系统继电保护的配置进行规定;不列举保护装置的具体型式;按不同原理的保护分类编制;整定计算方法适用于国内通用的主要保护原理,本标准所列原理之外的保护,其整定计算方法可参考制造厂家技术说明书。

3.5 部分保护装置的动作时间根据 GB/T 14285—2006 给出;对于未给出动作时间的保护装置,其动作时间应根据设备条件及厂用电系统的具体情况决定。

3.6 与运行方式有关的继电保护的整定计算,应以常见的运行方式为计算用运行方式。常见运行方式是指正常运行方式和被保护设备相邻一回线或一个元件停运的正常检修方式。对于运行方式变化较大的系统,应根据具体情况确定整定计算所依据的运行方式。

3.7 电流定值应高于微机保护的最小采样精度,对于保护级电流互感器不应低于 $0.05 I_n$ (I_n 为电流互感器二次额定电流,如 1A 或 5A)。

3.8 根据 GB/T 14285—2006 的规定,按照故障和异常运行方式性质的不同,本标准所列各项保护分别动作于:

- a) 跳闸,跳开断路器。
- b) 信号,发出声光信号。
- c) 启动切换厂用电电源,启动厂用工作电源供电切换到备用电源供电。
- d) 闭锁切换厂用电电源,闭锁厂用工作电源供电切换到备用电源供电。
- e) 停机:断开发电机或发电机变压器组断路器,灭磁,关闭原动机主汽门或导水叶,断开厂用分支断路器。

4 高压厂用变压器保护整定计算

4.1 纵联差动保护

4.1.1 差动保护基本原理

高压厂用变压器装设纵联差动保护作为变压器内部故障的主保护。主要反应变压器绕组内部、套管和引出线的相间和接地短路故障,以及绕组的匝间短路故障。

由于各保护装置厂家产品的计算公式和动作特性不尽相同,因此本标准仅列出典型差动保护的相关内容。

变压器纵差保护应遵循 GB/T 14285—2006 的技术要求。

变压器差动保护原理接线如图 1 所示, \dot{I}_H 为从高压侧流入变压器的电流(相应的 TA 二次三相电流分别为 \dot{I}_{Ia} 、 \dot{I}_{Ib} 、 \dot{I}_{Ic}), \dot{I}_{LA} 为从低压侧 A 分支流入变压器的电流(相应的 TA 二次三相电流分别为 \dot{I}_{IIa} 、 \dot{I}_{IIb} 、 \dot{I}_{IIc}), \dot{I}_{LB} 为从低压侧 B 分支流入变压器的电流(相应的 TA 二次三相电流为 \dot{I}_{IIIa} 、 \dot{I}_{IIIb} 、 \dot{I}_{IIIc})。差动电流 I_d 、制动电流 I_{res} 的计算公式见式(1):

$$\begin{cases} I_d = |\dot{I}_I + \dot{I}_{II} + \dot{I}_{III}| \\ I_{res} = \frac{|\dot{I}_I| + |\dot{I}_{II}| + |\dot{I}_{III}|}{2} \end{cases} \quad (1)$$

式中:

\dot{I}_I , \dot{I}_{II} , \dot{I}_{III} ——折算到基准侧的各侧流入差动回路的电流。

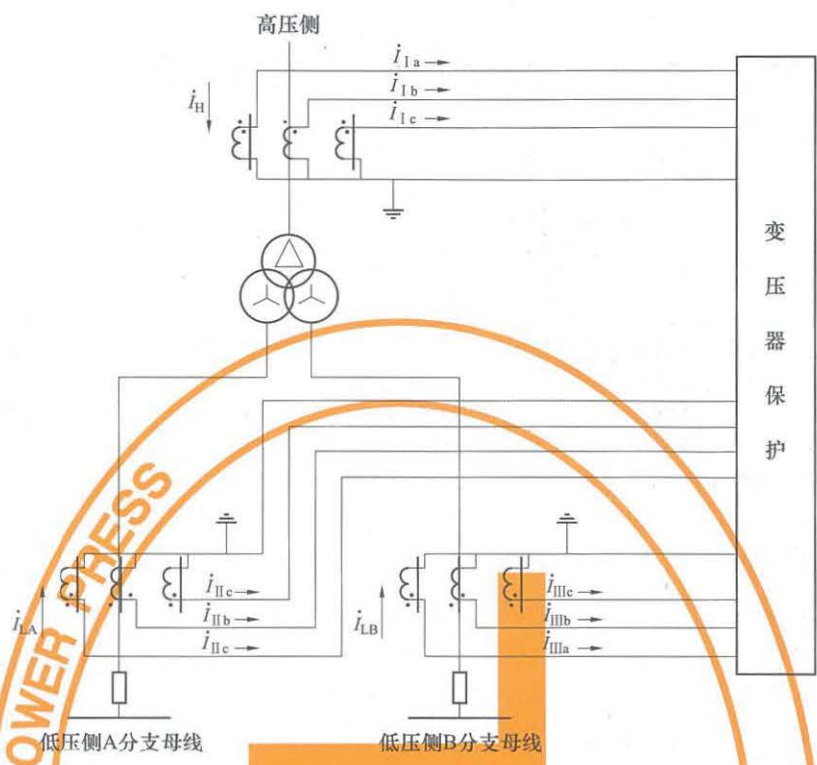


图 1 高压厂用变压器差动保护原理接线示意图

4.1.2 纵差保护整定计算内容

- a) 纵差保护相关变压器参数收集，这些参数包括变压器的额定容量、各侧额定电压、电流互感器变比等；
- b) 短路电流计算；
- c) 纵差保护动作特性参数整定计算；
- d) 纵差保护灵敏度校验；
- e) 其他定值的推荐，如谐波制动比（对谐波制动原理的差动保护）、闭锁角（对间断角原理的差动保护）的推荐。

4.1.3 变压器参数计算

变压器保护装置应能通过额定容量、各侧额定电压、电流互感器变比等参数自动计算出各侧二次额定电流、差动保护计算用平衡系数等相关参数。

与纵差保护有关的变压器参数计算，可按表 1 所列的公式和步骤进行。在表 1 中做了如下设定：分裂绕组变压器，额定容量为 S_N ，绕组接法为 Dyn1yn1。

表 1 变压器参数计算表（以分裂绕组变压器为例）

| 序号 | 名 称 | 高压侧 | 低压侧 A | 低压侧 B |
|----|----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 一次额定电压 | U_{NH} | U_{NLA} | U_{NLB} |
| 2 | 一次额定电流 | $S_N / \sqrt{3}U_{NH}$ | $S_N / \sqrt{3}U_{NLA}$ | $S_N / \sqrt{3}U_{NLB}$ |
| 3 | 各侧绕组接线方式 | D | Y | Y |
| 4 | 电流互感器一次值 | I_{HIn} | I_{LAIn} | I_{LBIn} |

DL / T 1502 — 2016

表 1 (续)

| 序号 | 名 称 | 高压侧 | 低压侧 A | 低压侧 B |
|--|----------|---|---|---|
| 5 | 电流互感器二次值 | I_{H2n} | I_{LA2n} | I_{LB2n} |
| 6 | 二次额定电流 | $I_{eH} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{NH}} \frac{I_{H1n}}{I_{H2n}}$ | $I_{eLA} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{NLA}} \frac{I_{LA1n}}{I_{LA2n}}$ | $I_{eLB} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{NLB}} \frac{I_{LB1n}}{I_{LB2n}}$ |
| 7 | 平衡系数 | $k_H = 1$ | $k_{LA} = k_H I_{eH} / I_{eLA}$ | $k_{LB} = k_H I_{eH} / I_{eLB}$ |
| 注 1: 对于通过软件实现电流相位和幅值补偿的微机型保护, 各侧电流互感器二次均按 Y 接线。 注 2: 比例差动保护的具体整定方式应参考装置的说明书。 注 3: 基准侧的选取及平衡系数的计算方法与装置的具体实现有关, 以上仅是以高压侧为基准侧作为示例进行平衡系数计算的, 其中平衡系数和二次额定电流满足: $k_H I_{eH} = k_{LA} I_{eLA} = k_{LB} I_{eLB}$ 。 | | | | |

4.1.4 短路电流计算

变压器纵差保护整定计算, 需做以下两种运行方式下的短路电流计算: ① 在系统最大运行方式下, 变压器外部短路时, 计算通过变压器的最大穿越性短路电流 (通常是三相短路电流), 其目的是为计算差动保护的最大不平衡电流和最大制动电流; ② 在系统最小运行方式下, 计算纵差保护区内最小短路电流 (两相或单相短路电流), 其目的是为计算差动保护的最小灵敏系数。

4.1.5 比率制动式纵差保护的整定计算

4.1.5.1 比率制动式纵差保护动作特性参数的整定计算

以单折线特性为示例进行说明。

带比率制动特性的纵差保护的动作特性, 通常用直角坐标系上的折线表示。该坐标系纵轴为保护的动作电流 I_{op} , 横轴为制动电流 I_{res} , 如图 2 所示。折线 ACD 的左上方为保护的動作区, 折线右下方为保护的制动区。

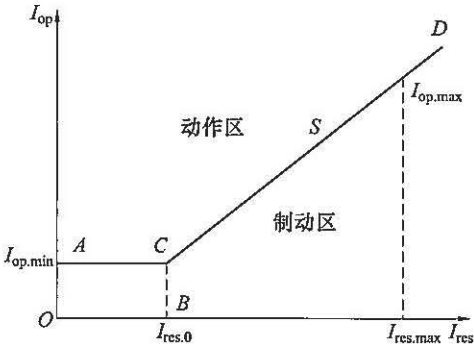


图 2 纵差保护动作特性曲线图

这一动作特性曲线由纵坐标 OA , 拐点的横坐标 OB , 折线 CD 的斜率 S 三个参数所确定。 OA 表示无制动状态下的动作电流, 即保护的最小动作电流 $I_{op.min}$ 。 OB 表示起始制动电流 $I_{res.0}$ 。

制动特性的动作区可用式 (2) 表示:

$$\begin{cases} I_{op} \geq I_{op.min} & (I_{res} \leq I_{res.0} \text{ 时}) \\ I_{op} \geq I_{op.min} + S(I_{res} - I_{res.0}) & (I_{res} > I_{res.0} \text{ 时}) \end{cases} \quad (2)$$

目前工程实际应用上有两种整定计算方法来确定动作特性的三个参数, 现分述如下。

a) 第一种整定算法。折线上任一点动作电流 I_{op} 与制动电流 I_{res} 之比 $I_{op} / I_{res} = K_{res}$ 称为纵差保护的制动系数。由式 (2) 可导出, 制动系数 K_{res} 与折线斜率 S 之间的关系如式 (3) 式 (4) 所示:

$$S = \frac{K_{res} - I_{op.min} / I_{res}}{1 - I_{res.0} / I_{res}} \quad (3)$$

$$K_{res} = S(1 - I_{res.0} / I_{res}) + I_{op.min} / I_{res} \quad (4)$$

从图 2 可见,对于动作特性具有一个拐点的纵差保护,折线的斜率 S 是一个常数,而制动系数 K_{res} 则是随制动电流 I_{res} 而变化的。在实际应用中,保护装置可通过直接整定折线的斜率来满足制动系数的要求。具体整定计算方法为:

- 1) 纵差保护最小动作电流的整定计算。最小动作电流应大于变压器正常运行时的差动不平衡电流,即:

$$I_{op.min} = K_{rel}(K_{cr} + \Delta U + \Delta m)I_e \quad (5)$$

式中:

- I_e ——变压器基准侧二次额定电流;
- K_{rel} ——可靠系数,取 1.3~1.5;
- K_{cr} ——电流互感器的比误差,10P 型取 0.03×2 ,5P 型和 TP 型取 0.01×2 ;
- ΔU ——变压器调压引起的误差,取调压范围中偏离额定值的最大值(百分值);
- Δm ——由于电流互感器变比未完全匹配产生的误差,初设时取 0.05。

在工程实用中,还应考虑外部故障切除时的不平衡电流,可选取 $I_{op.min} = (0.4 \sim 0.6) I_e$ 。

根据实际情况(现场实测不平衡电流)确有必要时,在满足灵敏度要求的前提下,最小动作定值也可大于 $0.6 I_e$,但不宜大于 $0.8 I_e$ 。

- 2) 起始制动电流的整定计算。起始制动电流 $I_{res,0}$ 的整定计算需结合纵差保护动作特性,可取 $I_{res,0} = (0.4 \sim 1.0) I_e$ 。
- 3) 动作特性折线斜率 S 的整定计算。纵差保护的動作电流应大于外部短路时流过差动回路的不平衡电流。变压器种类不同,不平衡电流计算也有较大差别,下面给出普通双绕组和分裂绕组变压器差动保护回路最大不平衡电流 $I_{unb.max}$ 计算公式。

双绕组变压器:

$$I_{unb.max} = (K_{ap} K_{cc} K_{cr} + \Delta U + \Delta m) I_{k.max} / n_a \quad (6)$$

式中:

- K_{cr} , ΔU , Δm 的含义同式(5),但 $K_{cr} = 0.1$;
- K_{cc} ——电流互感器的同型系数, $K_{cc} = 1$;
- $I_{k.max}$ ——低压侧外部短路时,最大穿越短路电流周期分量;
- n_a ——电流互感器的变比;
- K_{ap} ——非周期分量系数,两侧同为 TP 级电流互感器取 1.0,两侧同为 P 级电流互感器取 1.5~2.0。

分裂绕组变压器:

$$\begin{cases} I_{unb.max} = (K_{ap} K_{cc} K_{cr} + \Delta U + \Delta m) I_{k.max} / n_a \\ I_{k.max} = \max(I_{kLA.max}, I_{kLB.max}) \end{cases} \quad (7)$$

式中:

- K_{cc} , K_{cr} , ΔU , Δm , n_a 含义同式(6);
- $I_{kLA.max}$ ——低压侧 A 分支外部短路时,流过高压侧、低压 A 分支绕组的最大穿越短路电流周期分量;
- $I_{kLB.max}$ ——低压侧 B 分支外部短路时,流过高压侧、低压 B 分支绕组的最大穿越短路电流周期分量。

差动保护的動作电流:

DL / T 1502 — 2016

$$I_{op,max} = K_{rel} I_{unb,max} \quad (8)$$

最大制动系数:

$$K_{res,max} = I_{op,max} / I_{res,max} \quad (9)$$

最大制动电流:

$$\begin{cases} I_{res,max} = I_{k,max} & \text{双绕组变压器} \\ I_{res,max} = \max(I_{kLA,max}, I_{kLB,max}) & \text{分裂绕组变压器} \end{cases} \quad (10)$$

式中 $I_{k,max}$ 含义同式 (6), $I_{kLA,max}$ 、 $I_{kLB,max}$ 含义同式 (7)。根据 $I_{op,min}$ 、 $I_{res,0}$ 、 $I_{res,max}$ 、 $K_{res,max}$ 按式 (3) 可计算出差动保护动作特性曲线中折线的斜率 S , 当 $I_{res,max} = I_{k,max}$ 时有:

$$S = \frac{I_{op,max} - I_{op,min}}{I_{k,max} / n_a - I_{res,0}} \quad (11)$$

b) 第二种整定算法。

此方法不考虑负荷状态和外部短路时电流互感器误差 K_{cr} 的不同, 使不平衡电流完全与穿越性电流成正比变化, 如图 3 所示, 比率制动特性 CD 通过原点, 从而制动系数 K_{res} 为常数; 当 K_{res} 和 $I_{res,0}$ 确定后, $I_{op,min}$ 随之确定, 不必另作计算。

具体整定计算方法为:

1) 按下式计算制动系数 K_{res} , 即:

$$K_{res} = K_{rel} (K_{ap} K_{cc} K_{cr} + \Delta U + \Delta m) = S \quad (12)$$

式中:

K_{rel} 、 K_{ap} 、 K_{cc} 、 K_{cr} 、 ΔU 、 Δm 的含义及取值同式 (5) 和式 (6) 但 $K_{cr} = 0.1$ 。

2) 画一条通过坐标原点斜率为 K_{res} 的直线 OD (见图 3), 在横坐标上取 $OB = (0.4 \sim 1.0) I_c$, 此即起始制动电流 $I_{res,0}$ 。

3) 在直线 OD 上对应 $I_{res,0}$ 的 C 点纵坐标值 OA 为最小动作电流 $I_{op,min}$ 。

折线 ACD 即为差动保护的动作特性曲线。

上述两种整定计算方法中, 如果 $I_{op,min}$ 和折线 CD 斜率 S 的整定不是连续调节的, 则 $I_{op,min}$ 和 S 的整定值应取保护装置能整定且略大于计算值的数值。

4.1.5.2 灵敏度校验

纵差保护的灵敏系数应按最小运行方式下, 差动保护区内变压器引出线上两相金属性短路计算。图 4 为纵差保护灵敏系数计算说明图。根据计算最小短路电流 $I_{k,min}$ 、相应的制动电流 I_{res} 和动作电流 I'_{op} , 可计算灵敏系数 K_{sen} 。

$$K_{sen} = I_{k,min} / I'_{op} \quad (13)$$

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

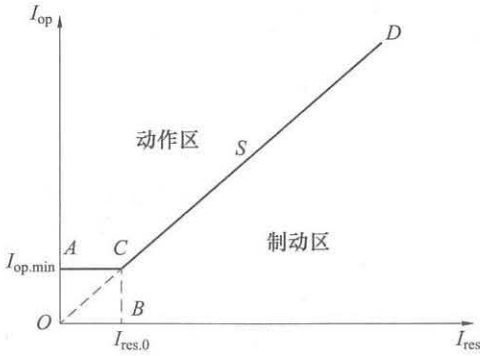


图 3 第二种整定算法纵差保护动作特性曲线图

4.1.6 变斜率纵差保护的整定计算

4.1.6.1 变斜率纵差保护动作特性参数的整定计算

变斜率纵差保护的基本工作原理与比率制动式纵差保护相同，只是制动特性是变斜率的。变斜率纵差保护的动作特性通常用直角坐标系上的曲线表示。该坐标系纵轴为保护的动作电流 I_{op} ；横轴为制动电流 I_{res} ，如图 5 所示。曲线的左上方为保护的動作区，曲线右下方为保护的制动区。

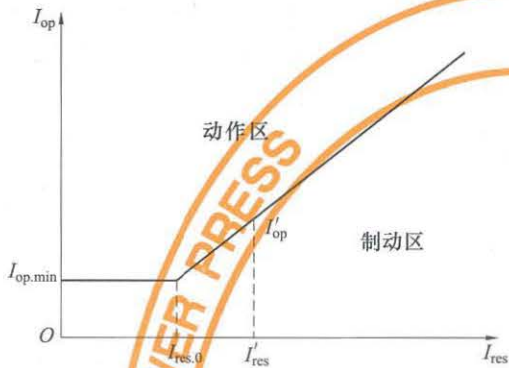


图 4 纵差保护灵敏系数计算说明图

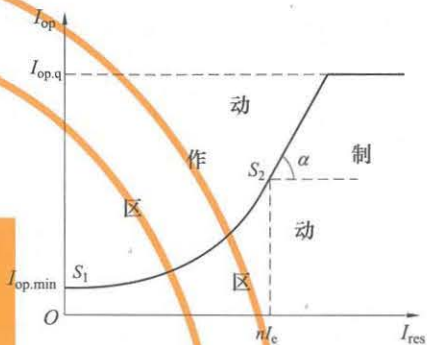


图 5 变斜率制动特性

这一动作特性曲线由最小动作电流 $I_{op.min}$ 、起始斜率 S_1 、最大斜率 S_2 三个参数所确定。当制动电流 $I_{res} \leq nI_e$ 时，制动特性斜率随 I_{res} 的增大而增大（称变斜率）；当制动电流 $I_{res} > nI_e$ 时，制动特性斜率固定为最大斜率 S_2 ， n 为常数，具体值参见厂家技术说明书。图 5 中， $I_{op.q}$ 为差动速断最小动作电流。变斜率纵差保护制动特性的动作区可用式（14）表示：

$$\begin{cases} I_{op} \geq I_{op.min} + \left(S_1 + S_{\Delta} \frac{I_{res}}{I_e} \right) I_{res} & (I_{res} \leq nI_e \text{ 时}) \\ I_{op} \geq I_{op.min} + (S_1 + nS_{\Delta})nI_e + S_2(I_{res} - nI_e) & (I_{res} > nI_e \text{ 时}) \end{cases} \quad (14)$$

式中：

S_{Δ} ——比率制动系数增量， $S_{\Delta} = (S_2 - S_1) / 2n$ 。

变斜率制动特性整定计算方法为：

- a) 确定最小动作电流 $I_{op.min}$ 。按躲过变压器正常运行时的差动不平衡电流整定，参见式（5）。在工程实用中，还应考虑外部故障切除时的不平衡电流，可选取 $I_{op.min} = (0.4 \sim 0.6) I_e$ 。根据实际情况（现场实测不平衡电流）确有必要时，最小动作定值也可大于 $0.6I_e$ 。
- b) 确定起始斜率 S_1 。因不平衡电流由电流互感器相对误差确定，所以 S_1 应为：

$$S_1 = K_{rel} K_{cc} K_{cr} \quad (15)$$

当 $K_{rel} = 1.5$ 、 $K_{cc} = 1.0$ 、 $K_{cr} = 0.1$ 时， $S_1 = 0.15$ 。工程上可取 $S_1 = 0.1 \sim 0.2$ 。

- c) 确定最大斜率 S_2 。按区外短路故障最大穿越性短路电流作用下可靠不误动条件整定，计算步骤如下：

- 1) 计算差动回路最大不平衡电流 $I_{unb.max}$ ，双绕组变压器见式（6），分裂绕组变压器见式（7）。
- 2) 计算最大制动电流 $I_{res.max}$ ，参见式（10）。
- 3) 根据变斜率制动特性的式（14），应满足如下关系式：

$$I_{op.min} + (S_1 + nS_{\Delta})nI_e + S_2(I_{res.max} - nI_e) \geq K_{rel} I_{unb.max} \quad (16)$$

DL/T 1502 — 2016

4) 计及 $S_{\Delta} = (S_2 - S_1) / 2n$, 上式可简化为

$$S_2 \geq \frac{K_{\text{rel}} I_{\text{unb.max}} - [I_{\text{op.min}} + (n/2) S_1 I_c]}{I_{\text{res.max}} - (n/2) I_c} \quad (17)$$

式中, 取可靠系数 $K_{\text{rel}} = 2$ 。在工程上, 可取 $S_2 = 0.5 \sim 0.8$ 。

4.1.6.2 灵敏度校验

纵差保护的灵敏系数应按最小运行方式下差动保护区内变压器引出线上两相金属性短路计算。根据计算最小短路电流 $I_{\text{k.min}}$ 和相应的制动电流 I_{res} , 在动作特性曲线上查得对应的动作电流 I'_{op} , 计算灵敏系数 K_{sen} 。

$$K_{\text{sen}} = I_{\text{k.min}} / I'_{\text{op}} \quad (18)$$

要求 $K_{\text{sen}} \geq 1.5$ 。

4.1.7 纵差保护的其他辅助整定计算及经验数据的推荐

4.1.7.1 差动速断保护的整定计算

差动速断保护是纵差保护的一个辅助保护。当内部故障电流很大时, 防止由于电流互感器饱和判断的闭锁可能引起纵差保护延迟动作。差动速断保护的整定值应按躲过变压器可能产生的最大励磁涌流或外部短路最大不平衡电流整定, 可取:

$$I_{\text{op.q}} = K I_c \quad (19)$$

式中:

$I_{\text{op.q}}$ ——差动速断保护的动作电流;

I_c ——变压器的基准侧二次额定电流;

K ——倍数, 视变压器容量和系统电抗大小, 推荐值如下: 6300kVA 及以下 7~12, 6300kVA~31 500kVA, 4.5~7.0; 40 000kVA~120 000kVA, 3.0~6.0; 容量越大, 系统电抗越大, K 取值越小。

按正常运行方式保护安装处电源侧两相短路计算灵敏系数 K_{sen} , 要求 $K_{\text{sen}} \geq 1.2$ 。

4.1.7.2 二次谐波制动系数的整定计算

利用二次谐波制动来防止励磁涌流误动的纵差保护中, 整定值指差动电流中的二次谐波分量与基波分量的比值, 通常称这一比值为二次谐波制动系数。根据经验, 二次谐波制动系数可整定为 0.15~0.20, 特殊情况下可调整。

4.1.7.3 涌流间断角的推荐值

按鉴别涌流间断角原理构成的变压器差动保护, 根据运行经验, 闭锁角可取为 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。有时还采用涌流导数的最小间断角 θ_d 和最大波宽 θ_w , 其闭锁条件为 $\theta_d \geq 65^\circ$ 、 $\theta_w \leq 140^\circ$ 。

4.2 低压侧分支过电流保护

4.2.1 限时电流速断保护的整定计算

高压厂用变压器低压侧每个分支均可设置两段过电流保护, 作为本分支母线及相邻元件的相间短

路故障的后备保护。限时电流速断保护的整定计算方法为：

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流定值 I_{op} 可按如下方法计算，并取最大值：

1) 按躲过本分支母线所接需参与自启动的电动机自启动电流之和整定，即：

$$I_{op} = K_{rel} K_{zq} I_e \quad (20)$$

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{S_{T.N}}{K_{st.\Sigma} S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (21)$$

式中：

K_{rel} ——可靠系数，取 1.15~1.2；

I_e ——高压厂用变压器低压侧分支线的二次额定电流；

K_{zq} ——需要自启动的全部电动机在自启动时的过电流倍数；

$U_k \%$ ——以高压厂用变压器低压分支绕组额定容量为基准的阻抗电压百分值，对于分裂绕组变压器，用半穿越阻抗值；

$K_{st.\Sigma}$ ——电动机自启动电流倍数，与备用电源切换时间有关，备用电源为慢速切换时取 5，备用电源为快速切换时取 2.5~3；

$S_{T.N}$ ——高压厂用变压器低压分支绕组额定容量；

$S_{M.\Sigma}$ ——需要自启动的电动机额定视在功率的总和；

$U_{M.N}$ ——高压电动机的额定电压；

$U_{T.N}$ ——高压厂用变压器低压分支绕组的额定电压。

2) 按躲过本分支母线上最大容量电动机启动电流整定，即：

$$I_{op} = K_{rel} [I_E + (K_{st} - 1) I_{M.N.max}] / n_a \quad (22)$$

式中：

K_{rel} ——可靠系数，取 1.15~1.2；

I_E ——高压厂用变压器低压侧分支线的一次额定电流；

K_{st} ——直接启动最大容量电动机的启动电流倍数，可取 6 倍~8 倍；

$I_{M.N.max}$ ——直接启动最大容量电动机的额定电流；

n_a ——高压厂用变压器低压侧分支电流互感器变比。

3) 按与下一级速断或限时速断的最大动作电流 $I_{op.dow.max}$ 配合整定，即：

$$I_{op} = K_{co} I_{op.dow.max} / n_a \quad (23)$$

式中：

n_a 的含义同式 (22)；

K_{co} ——配合系数，取 1.15~1.20。

4) 按与 FC 回路最大额定电流的高压熔断器瞬时熔断电流 I_K 配合整定，即：

$$I_{op} = K_{rel} I_K / n_a = K_{co} \times (20 \sim 25) I_{FU.N.max} / n_a \quad (24)$$

式中：

n_a 的含义同式 (22)；

K_{co} ——配合系数，取 1.15~1.20；

DL/T 1502 — 2016

$I_{FU.N.max}$ ——下一级 FC 高压熔断器最大额定电流。

- b) 动作时间定值的整定计算。按与下一级速断或限时速断的最大动作时间 $t_{op.dow.max}$ 配合整定，即： $t = t_{op.dow.max} + \Delta t$ ， Δt 为时间级差。
- c) 出口方式。保护动作于跳开高压厂用变压器低压侧本分支断路器，闭锁备用电源切换。
- d) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为：

$$K_{sen} = I_{k.min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (25)$$

式中：

$I_{k.min}^{(2)}$ ——最小运行方式下，高压厂用变压器低压侧本分支母线两相金属性短路电流。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

4.2.2 分支过电流保护的整定计算方法

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流定值 I_{op} 可按下述方法计算，并取最大值：
- 1) 按躲过本分支母线所接需参与自启动的电动机自启动电流之和整定，同 4.2.1。
 - 2) 按躲过本分支母线上最大容量电动机启动电流整定，同 4.2.1。
 - 3) 按与下一级限时速断或过流保护的最大动作电流配合整定，即：

$$I_{op} = K_{co} I_{op.oc.max} / n_a \quad (26)$$

式中：

K_{co} ——配合系数，取 1.15~1.20；

$I_{op.oc.max}$ ——下一级限时速断或过流保护的最大动作电流；

n_a ——高压厂用变压器低压侧分支电流互感器变比。

动作电流定值取上述三种计算方法中的最大值。

- b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按与下一级限时速断或过流保护的最大动作时间 $t_{op.oc.max}$ 配合整定，取： $t = t_{op.oc.max} + \Delta t$ ，其中 Δt 为时间级差。
- c) 出口方式。保护动作于跳开高压厂用变压器低压侧本分支断路器，闭锁备用电源切换。
- d) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为：

$$K_{sen} = I_{k.min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (27)$$

式中：

$I_{k.min}^{(2)}$ ——最小运行方式下，高压厂用变压器低压侧本分支母线两相金属性短路电流。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

4.2.3 分支复合电压闭锁过电流保护的整定计算

当高压厂用变压器低压侧过流保护灵敏度不满足要求时，也可装设复合电压闭锁过电流保护，复合电压取低压侧分支电压。

分支复合电压闭锁过电流保护的整定计算方法如下。

- a) 复合电压的整定计算。复合电压闭锁元件包含低电压闭锁元件和负序电压闭锁元件，其整定计算方法为：
- 1) 低电压定值的整定计算。低电压定值 U_{op} 按躲过高压厂用变压器低压侧本分支母线电动机启动时出现的最低电压整定，可取：

$$U_{op} = (0.55 \sim 0.6) U_n \quad (28)$$

式中:

U_n ——高压厂用变压器低压侧本分支母线二次额定线电压。

- 2) 负序电压定值的整定计算。负序电压定值 $U_{op,2}$ 按躲过正常运行时出现的不平衡电压整定, 不平衡电压值可实测确定。无实测值时, 可取:

$$U_{op,2} = (0.06 \sim 0.08) U_n \quad (29)$$

式中:

U_n ——高压厂用变压器低压侧本分支母线二次额定电压。依据保护厂家说明书取线电压或相电压。

- b) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 按躲过本分支线的额定电流整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} I_e / K_r \quad (30)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.15~1.20;

K_r ——返回系数, 取 0.85~0.95;

I_e ——高压厂用变压器低压侧分支线的二次额定电流。

- c) 灵敏度校验。分支复合电压闭锁过电流保护的灵敏度校验包含电流元件、相间低电压元件和负序电压元件的灵敏度校验, 其校验方法如下:

- 1) 电流元件的灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k.min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (31)$$

式中:

$I_{k.min}^{(2)}$ ——最小运行方式下, 高压厂用变压器低压侧分支母线两相金属性短路电流;

n_a ——高压厂用变压器低压侧分支电流互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

- 2) 相间低电压灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = U_{op} n_v / U_{k.max} \quad (32)$$

式中:

$U_{k.max}$ ——高压厂用变压器低压侧分支母线最长电缆末发生金属性三相短路时, 保护安装处的最高电压;

n_v ——高压厂用变压器低压侧本分支母线电压互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 1.3$ 。

- 3) 负序电压灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = U_{k2.min} / (U_{op,2} n_v) \quad (33)$$

式中:

$U_{k2.min}$ ——高压厂用变压器低压侧分支母线最长电缆末两相金属性短路时, 保护安装处的最小负序电压值;

n_v ——高压厂用变压器低压侧本分支母线电压互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 1.3$ 。

- d) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按与下一级过流保护的最大动作时间 $t_{op.oc.max}$ 配合整定, 即 $t = t_{op.oc.max} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

- e) 出口方式。保护动作于跳开高压厂用变压器低压侧本分支断路器, 闭锁备用电源切换。

DL / T 1502 — 2016

4.3 低压侧单相接地保护

4.3.1 中性点不接地系统

在中性点不接地系统中, 高压厂用变压器低压侧可设置零序电压保护, 整定计算方法为:

a) TV 开口三角电压单相接地保护动作电压的整定计算

$$U_{op,0} = U_{on} \times 10\% \quad (34)$$

式中:

$U_{op,0}$ ——TV 二次侧动作电压;

U_{on} ——低压侧单相金属性接地时 TV 开口三角的零序电压。

b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 可取 1s~3s。

c) 出口方式。保护动作于信号。

4.3.2 中性点经小电阻接地系统

4.3.2.1 计算方案一

计算方案一具体方法如下:

a) 中性点零序过流保护动作电流定值的整定计算。按与下一级单相接地保护最大动作电流 $3I_{0,l,max}$ 配合整定, 即:

$$I_{op,0} = K_{co} \cdot 3I_{0,l,max} / n_{a0} \quad (35)$$

式中:

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.20;

n_{a0} ——高压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

b) 中性点零序过流保护动作时间定值的整定计算。零序过流保护一时限, 按与下一级零序过流保护最长动作时间 $t_{0,l,max}$ 配合整定, $t_{0,op1} = t_{0,l,max} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

零序过流保护二时限, 按与零序过流保护一时限动作时间配合整定, $t_{0,op2} = t_{0,op1} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_k^{(1)} / (3n_{a0}I_{op,0}) \quad (36)$$

式中:

$I_k^{(1)}$ ——高压厂用变压器低压侧单相接地流过中性点接地电阻的零序电流;

n_{a0} ——高压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 2$ 。

d) 出口方式。零序过流保护一时限动作于跳本分支断路器、闭锁备用电源切换。零序过流保护二时限动作于停机、启动备用电源切换。

4.3.2.2 计算方案二

计算方案二是根据灵敏度反推动作电流, 其整定计算方法为:

a) 中性点零序过流保护动作电流定值的整定计算。动作电流定值应按单相接地短路时保护有足够灵敏度计算, 即:

$$I_{op,0} = I_k^{(1)} / (n_{a0} K_{sen}) \quad (37)$$

式中:

$I_k^{(1)}$ ——高压厂用变压器低压侧单相接地流过中性点接地电阻的零序电流;

K_{sen} ——灵敏系数, 取 2~3;

n_{a0} ——高压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

该方法计算出的保护动作值应满足与下级零序保护的配合要求。

b) 中性点零序过流保护动作时间定值的整定计算。同 4.3.2.1。

c) 出口方式。同 4.3.2.1。

4.4 高压侧过流保护

4.4.1 电流速断保护的整定计算

高压侧电流速断保护, 作为变压器绕组及高压侧引出线的相间短路故障的快速保护。当电流速断保护灵敏度不满足要求时, 应装设纵联差动保护。

电流速断保护的整定计算方法如下:

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 可按如下方法计算, 并取最大值:

1) 按躲过高压厂用变压器低压侧出口三相短路时流过保护的最大短路电流整定, 其计算公式为:

$$I_{op} = K_{rel} I_{k,max}^{(3)} / n_a \quad (38)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 可取 1.2~1.3;

$I_{k,max}^{(3)}$ ——高压厂用变压器低压侧出口三相最大短路电流, 折算到高压侧的一次电流;

n_a ——高压厂用变压器高压侧电流互感器变比。

2) 按躲过变压器可能产生的最大励磁涌流整定, 参见式 (19)。

b) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k,min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (39)$$

式中:

$I_{k,min}^{(2)}$ ——最小运行方式下, 高压厂用变压器高压侧出口两相金属性短路电流。

要求 $K_{sen} \geq 2$ 。

c) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 可取 0~0.2s。

d) 出口方式。动作于停机及启动备用电源切换。

当高压厂用变压器高压侧有断路器时, 动作于跳开高压厂用变压器各侧断路器及启动备用电源切换。

4.4.2 定时限过电流保护的整定计算

4.4.2.1 动作电流定值的整定计算

高压侧定时限过电流保护作为变压器及相邻元件的相间短路故障的后备保护。当定时限过电流保护灵敏度不满足要求时, 应装设复合电压闭锁过电流保护, 复合电压取低压侧各个分支电压。动作电流定值应按以下方法计算, 并取最大值:

DL/T 1502 — 2016

a) 按躲过高压厂用变压器所带负荷需要自启动的电动机最大启动电流之和整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} K_{zq} I_e \quad (40)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.15~1.25;

I_e ——高压厂用变压器高压侧的二次额定电流;

K_{zq} ——需要自启动的全部电动机在自启动时的过电流倍数。

K_{zq} 可由下列公式求出:

1) 当备用电源为明备用接线时, K_{zq} 的计算为:

——未带负荷时:

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{S_{T.N}}{K_{st.\Sigma} S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (41)$$

式中:

$U_k \%$ ——高压厂用变压器的阻抗电压百分值;

$K_{st.\Sigma}$ ——电动机自启动电流倍数, 与备用电源切换时间有关, 备用电源为慢速切换时取 5, 备用电源为快速切换时取 2.5~3.0;

$S_{T.N}$ ——高压厂用变压器的额定容量;

$S_{M.\Sigma}$ ——需要自启动的电动机额定视在功率的总和;

$U_{M.N}$ ——高压电动机的额定电压;

$U_{T.N}$ ——高压厂用变压器低压分支绕组的额定电压。

——已带一段或几段厂用负荷, 再投入另一段厂用负荷时:

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{0.7 S_{T.N}}{1.2 K_{st.\Sigma} S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (42)$$

2) 当备用电源为暗备用时, K_{zq} 的计算为:

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{S_{T.N}}{0.6 K_{st.\Sigma} S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (43)$$

b) 按躲过低压侧一个分支负荷自启动电流和其余分支正常负荷总电流整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} (\Sigma I_{qd} + \Sigma I_{fl}) / n_a \quad (44)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.15~1.25;

ΣI_{qd} ——低压侧一个分支负荷自启动电流, 折算到高压侧的一次电流;

ΣI_{fl} ——低压侧其余分支正常负荷总电流, 折算到高压侧的一次电流;

n_a ——高压厂用变压器高压侧电流互感器变比。

c) 按与低压侧分支过流保护的動作电流配合整定, 即:

$$I_{op} = K_{co} (K_{bt} I_{opl} + \Sigma I_{fl}) / n_a \quad (45)$$

式中:

ΣI_{fl} 的含义同式 (44);

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.25;

I_{opl} ——低压侧分支过流保护的最大動作电流, 折算到高压侧的一次电流;

K_{bt} ——变压器绕组接线折算系数, Dy1 接线 $K_{bt} = 2/\sqrt{3}$, Dd 或 Yy 接线 $K_{bt} = 1$ 。

4.4.2.2 灵敏度校验

灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k.min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (46)$$

式中:

$I_{k.min}^{(2)}$ ——最小运行方式下, 高压厂用变压器低压侧分支母线两相金属性短路电流, 折算到高压侧的一次电流。

要求 $K_{sen} \geq 1.3$ 。

4.4.2.3 动作时间定值的整定计算

动作时间 t 按与低压侧分支过流保护的最大动作时间 $t_{op.dow.max}$ 配合整定, 即 $t = t_{op.dow.max} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

为保证高压厂用变压器热稳定, 高压侧过电流保护的動作时间不宜超过 2s。

4.4.2.4 出口方式

保护动作于跳开高压厂用变压器各侧断路器或动作于停机、闭锁备用电源切换。

4.4.3 复合电压闭锁过电流保护的整定计算方法

a) 复合电压的整定计算。复合电压取低压侧各个分支的电压, 整定计算方法见 4.2.3 复合电压部分。

b) 过电流保护动作值。动作电流定值按下述方法计算, 并取最大值:

1) 按躲过额定电流整定, 即:

$$I_{op} = \frac{K_{rel}}{K_r} I_c \quad (47)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.2~1.3;

K_r ——返回系数, 取 0.85~0.95;

I_c ——高压厂用变压器高压侧二次额定电流。

2) 与低压侧分支复合电压闭锁过流保护配合。若低压侧分支装设复合电压闭锁过流保护, 动作电流 I_{op} 应与低压侧分支复合电压闭锁过流保护配合, 即:

$$I_{op} = K_{co} (K_{bt} I_{opf} + \Sigma I_{fl}) / n_a \quad (48)$$

式中:

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.25;

I_{opf} ——低压侧分支复合电压闭锁过流保护的最大动作电流, 折算到高压侧的一次电流;

K_{bt} ——变压器绕组接线折算系数, Dy1 接线 $K_{bt} = 2/\sqrt{3}$, Dd 或 Yy 接线 $K_{bt} = 1$;

ΣI_{fl} ——低压侧其余分支正常负荷总电流, 折算到高压侧的一次电流。

c) 灵敏度校验。复合电压闭锁过流保护的灵敏度校验包含电流元件、低电压元件和负序电压元件的灵敏度校验, 具体方法为:

DL/T 1502 — 2016

1) 电流元件的灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{\text{sen}} = I_{\text{k.min}}^{(2)} / (n_a I_{\text{op}}) \quad (49)$$

式中:

$I_{\text{k.min}}^{(2)}$ ——最小运行方式下, 高压厂用变压器低压侧分支母线两相金属性短路电流, 折算到高压侧的一次电流;

n_a ——高压厂用变压器高压侧电流互感器变比。

要求 $K_{\text{sen}} \geq 1.3$ 。

2) 相间低电压灵敏度校验。见 4.2.3 相间低电压灵敏度校验。

3) 负序电压灵敏度校验。见 4.2.3 负序电压灵敏度校验。

d) 动作时间整定计算。动作时间 t 按与低压侧分支过流保护的最大动作时间 $t_{\text{op.dow.max}}$ 配合整定, 即:

$$t = t_{\text{op.dow.max}} + \Delta t \quad (50)$$

e) 出口方式。保护动作于跳开高压厂用变压器各侧断路器或动作于停机、闭锁备用电源切换。

4.5 过负荷保护整定计算方法

a) 动作电流 I_{op} 按躲过高压侧额定电流下可靠返回条件整定, 即:

$$I_{\text{op}} = \frac{K_{\text{rel}}}{K_{\text{r}}} I_{\text{e}} \quad (51)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.05~1.10;

K_{r} ——返回系数, 取 0.85~0.95;

I_{e} ——高压厂用变压器高压侧二次额定电流。

b) 动作时间可取 10s~15s, 动作于信号。

5 低压厂用变压器保护整定计算

5.1 纵联差动保护

低压厂用变压器差动保护原理及定值整定计算与高压厂用变压器差动保护整定计算相同。

对于负荷为晶闸管或高频电源负载的变压器, 如静电除尘变压器等, 最小动作电流定值 $I_{\text{op.min}}$ 可取较大值, 即 (0.8~1) I_{e} 。制动斜率可取 0.5~0.6。

5.2 过电流保护

5.2.1 电流速断保护 (过流 I 段)

大型发电机组低压厂用变压器综合保护可设置三段过电流保护, 其中第一段为电流速断保护, 第二段为定时限过电流保护, 第三段为低压厂用变压器、低压母线及下一级设备经过渡电阻短路故障电流小于定时限过电流保护动作电流的辅助保护。第三段可采用反时限过流保护。

电流速断保护的整定计算方法为:

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 应按以下方法进行计算, 并取最大值:

1) 按躲过变压器低压侧出口三相短路时流过保护的最大短路电流整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} I_{k.max}^{(3)} / n_a \quad (52)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 可取 1.3;

$I_{k.max}^{(3)}$ ——低压厂用变压器低压侧出口三相最大短路电流, 折算到高压侧的一次电流;

n_a ——低压厂用变压器高压侧电流互感器变比。

2) 按躲过变压器励磁涌流整定, 可取 $(7 \sim 12) I_c$, I_c 为变压器二次额定电流。

b) 动作时间定值的整定计算。当低压厂用变压器高压侧采用断路器时, 动作时间可取 $0 \sim 0.1s$ 。当采用高压熔断器、接触器时, 在熔断器动作时间基础上增加延时, 或取经验值 $0.3s \sim 0.4s$; 如有大电流闭锁功能时, 其动作时间不需考虑电流速断保护与高压熔断器熔断时间配合, 不需要增加短延时。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k.min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (53)$$

式中:

$I_{k.min}^{(2)}$ ——最小运行方式下, 低压厂用变压器高压侧出口两相金属性短路电流。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

5.2.2 定时限过电流保护的整定计算

5.2.2.1 动作电流定值的整定计算

动作电流 I_{op} 可按下述方法计算, 并取最大值:

a) 按躲过低压厂用变压器所带负荷需要自启动的电动机最大启动电流之和整定:

$$I_{op} = K_{rel} K_{zq} I_c \quad (54)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 $1.15 \sim 1.25$;

I_c ——低压厂用变压器高压侧的二次额定电流;

K_{zq} ——需要自启动的全部电动机在自启动时的过电流倍数, 可由下文所列公式求出。

1) 当备用电源为明备用接线时, K_{zq} 的计算公式为:

——未带负荷时:

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{S_{T.N}}{K_{st.\Sigma} S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (55)$$

式中:

$U_k \%$ ——低压厂用变压器的阻抗电压百分值;

$K_{st.\Sigma}$ ——电动机启动电流倍数, 可取 5;

$S_{T.N}$ ——低压厂用变压器的额定容量;

$S_{M.\Sigma}$ ——需要自启动电动机额定视在功率的总和;

$U_{M.N}$ ——低压电动机的额定电压;

$U_{T.N}$ ——低压电动机所连接母线的额定电压。

——已带一段厂用负荷, 再投入另一段厂用负荷时:

DL/T 1502—2016

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{0.7S_{T.N}}{1.2K_{st.\Sigma}S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (56)$$

2) 当备用电源为暗备用时, K_{zq} 的计算为:

$$K_{zq} = \frac{1}{\frac{U_k \%}{100} + \frac{S_{T.N}}{0.6K_{st.\Sigma}S_{M.\Sigma}} \left(\frac{U_{M.N}}{U_{T.N}} \right)^2} \quad (57)$$

b) 按躲过低压侧一个分支负荷自启动电流和其余分支正常负荷总电流整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} (\Sigma I_{qd} + \Sigma I_{fl}) / n_a \quad (58)$$

式中:

ΣI_{qd} —— 低压侧一个分支负荷自启动电流, 折算到高压侧的一次电流;

ΣI_{fl} —— 低压侧其余分支正常负荷总电流, 折算到高压侧的一次电流。

c) 按与低压侧分支过流保护的動作电流配合整定, 即:

$$I_{op} = K_{co} (K_{bt} I_{opL} + \Sigma I_{qyfl}) / n_a \quad (59)$$

式中:

K_{co} —— 配合系数, 取 1.15~1.25;

I_{opL} —— 低压侧一个分支过流保护的最大動作电流, 折算到高压侧的一次电流;

K_{bt} —— 变压器不同灵敏系数, Dy11 接线 $K_{bt} = 2/\sqrt{3}$, Yy 接线 $K_{bt} = 1$;

ΣI_{qyfl} —— 低压侧其余分支正常负荷总电流, 折算到高压侧的一次电流。

5.2.2.2 灵敏度校验

灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k.min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (60)$$

式中:

$I_{k.min}^{(2)}$ —— 最小运行方式下, 低压厂用变压器低压侧母线两相金属性短路折算到高压侧的一次电流。

要求 $K_{sen} \geq 1.3$ 。

5.2.2.3 動作时间定值的整定计算

動作时间 t 按与下一级过流保护的最大動作时间 $t_{op,dow,max}$ 配合整定, 即 $t = t_{op,dow,max} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

5.2.2.4 出口方式

保护動作于跳开低压厂用变压器各侧断路器。

5.2.3 反时限过电流保护定值的整定计算

根据 GB/T 14598.151—2012 规定, 常用反时限有以下三个标准特性方程:

特性 1 (一般反时限):

$$t_{op} = \frac{0.14}{(I/I_{op,set})^{0.02} - 1} T_{op,set} \quad (61)$$

特性 2 (非常反时限):

$$t_{\text{op}} = \frac{13.5}{(I/I_{\text{op.set}}) - 1} T_{\text{op.set}} \quad (62)$$

特性 3 (极端反时限):

$$t_{\text{op}} = \frac{80}{(I/I_{\text{op.set}})^2 - 1} T_{\text{op.set}} \quad (63)$$

式中:

t_{op} ——保护动作时间;
 I ——流过保护安装处的电流;
 $I_{\text{op.set}}$ ——反时限过流电流定值;
 $T_{\text{op.set}}$ ——反时限过流动作特性时间常数。
 反时限过电流保护的整定计算方法为:

a) 反时限过流电流定值的计算。动作电流 I_{op} 按躲过厂用变压器高压侧额定电流或正常最大负荷电流计算, 即:

$$I_{\text{op}} = \frac{K_{\text{rel}}}{K_{\text{r}}} I_{\text{e}} \quad (64)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.1~1.2;
 I_{e} ——厂用变压器高压侧二次额定电流;
 K_{r} ——返回系数, 取 0.85~0.95。

整定计算时, 需考虑与下一级过流保护配合。

b) 动作特性曲线的选取。根据所带负荷特性选取动作特性曲线。

c) 极端反时限过流动作特性时间常数 $T_{\text{op.set}}$ 整定计算。极端反时限过流动作特性时间常数 $T_{\text{op.set}}$ 按以下两个原则进行计算, 并取最大值。

1) 按躲过电动机自启动时间计算, 即:

$$T_{\text{op.set}} = \frac{K_{\text{rel}} t_{\text{st.}\Sigma}}{80} [(I_{\text{st.}\Sigma}/I_{\text{op}})^2 - 1] \quad (65)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.2~1.5;
 $t_{\text{st.}\Sigma}$ ——电动机自启动时间;
 $I_{\text{st.}\Sigma}$ ——低压厂用变电动机自启动电流;
 I_{op} ——反时限过流电流定值, 含义同式 (64)。

2) 按与下一级定时限保护最长动作时间或反时限保护特性配合计算。按与下一级定时限保护最长动作时间配合时, 计算公式为:

$$T_{\text{op.set}} = \frac{t_{\text{op.max}} + \Delta t}{80} [(I_{\text{k}}^{(3)}/I_{\text{op}})^2 - 1] \quad (66)$$

式中:

$t_{\text{op.max}}$ ——下一级定时限保护最长动作时间;
 Δt ——时间级差;
 $I_{\text{k}}^{(3)}$ ——下一级保护出口处三相短路电流;
 I_{op} ——反时限过流电流定值, 含义同式 (64)。

按与下一级反时限保护特性配合时, 计算公式为:

DL/T 1502—2016

$$T_{\text{op.set}} = \frac{t_k + \Delta t}{80} [(I_k^{(3)} / I_{\text{op}})^2 - 1] \quad (67)$$

式中:

$I_k^{(3)}$ 、 Δt 、 I_{op} 含义同式 (66)。

t_k ——下一级反时限保护出口处三相短路电流 $I_k^{(3)}$ 对应的动作时间 (由下一级反时限保护特性曲线计算)。

需考虑与下一级过流保护配合。如果上下级反时限特性曲线不一致, 需校核两套反时限曲线在配合范围内不应相交。

d) 非常反时限及一般反时限过流动作特性时间常数 $T_{\text{op.set}}$ 计算。参考极端反时限过流动作特性时间常数 $T_{\text{op.set}}$ 计算。

5.2.4 FC 回路大电流闭锁跳闸出口功能定值的整定计算

闭锁电流整定值 I_{art} 的计算公式为:

$$I_{\text{art}} = I_{\text{brk.FC}} / (K_{\text{rel}} n_a) \quad (68)$$

式中:

n_a ——电流互感器变比;

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.3~1.5;

$I_{\text{brk.FC}}$ ——接触器允许断开电流。

5.3 负序过流保护

5.3.1 负序过流 I 段

负序过流 I 段的整定计算方法如下。

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流可按下述方法计算, 并取最大值:

1) 动作电流 $I_{\text{op.2.I}}$ 按低压厂用变压器低压侧出口两相短路有 1.5 灵敏度条件整定, 即:

$$I_{\text{op.2.I}} = \frac{I_k^{(2)}}{1.5} / n_a \quad (69)$$

式中:

$I_k^{(2)}$ ——最小运行方式下, 低压厂用变压器低压侧出口两相金属性短路, 折算到高压侧的最小负序电流;

n_a ——变压器高压侧 TA 变比。

2) 按躲过高压系统非全相运行或高压母线相邻设备不对称故障时引起的负序电流整定。由于高压系统非全相运行或高压母线上相邻设备不对称故障带来负序电流不会超过变压器的 $(0.6 \sim 0.8)I_e$, 因此, 考虑一定的可靠系数, 动作电流 $I_{\text{op.2}}$ 可取:

$$I_{\text{op.2.I}} = (0.8 \sim 1.0)I_e \quad (70)$$

式中:

I_e ——变压器高压侧二次额定电流。

b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 $t_{\text{op.2.I}}$ 按与下一级速断保护最大动作时间 t_L 配合整定, 即:

$$t_{\text{op.2.I}} = t_L + \Delta t \quad (71)$$

式中:

Δt ——时间级差。

5.3.2 负序过流Ⅱ段

负序过流Ⅱ段的整定计算方法如下。

a) 动作电流定值的整定计算:

- 1) 按躲过正常运行时的不平衡电流整定;
- 2) 按低压厂用变压器正常最大负荷时 TA 断线不误动条件整定。

动作电流 $I_{\text{op},2,\text{II}}$ 按以上两条原则计算, 并取最大者, 可取:

$$I_{\text{op},2,\text{II}} = (0.35 \sim 0.40) I_c \quad (72)$$

式中:

I_c —— 低压厂用变压器高压侧的二次额定电流。

b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 $t_{\text{op},2,\text{II}}$ 按与高压系统非全相运行及高压母线相邻设备非对称故障切除最长时间 t_{opH} 配合整定, 即:

$$t_{\text{op},2,\text{II}} = t_{\text{opH}} + \Delta t \quad (73)$$

式中:

Δt —— 时间级差。

5.4 高压侧单相接地零序电流保护

5.4.1 中性点不接地系统单相接地保护整定计算

a) 动作电流的整定计算。动作电流 $I_{\text{op},0}$ 按躲过与低压厂用变压器直接联系的其他设备发生单相接地时, 流过保护安装处的接地电流整定, 即:

$$I_{\text{op},0} = K_{\text{rel}} \times [I_k^{(1)} / n_{a0}] = K_{\text{rel}} \times (3I_c / n_{a0}) \quad (74)$$

式中:

K_{rel} —— 可靠系数, 保护动作于跳闸时取 3~4, 保护动作于信号时取 2.0~2.5;

$I_k^{(1)}$ —— 高压侧单相接地时被保护设备供给短路点的接地电流一次值 (电容电流);

I_c —— 被保护设备的单相电容电流一次值;

n_{a0} —— 零序电流互感器变比。

b) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{k\Sigma}^{(1)} - I_k^{(1)}}{I_{\text{op},0} n_{a0}} \quad (75)$$

式中:

$I_k^{(1)}$ 、 n_{a0} 的含义同式 (74);

$I_{k\Sigma}^{(1)}$ —— 被保护设备发生单相接地时, 故障点总的接地电容电流一次值。

要求 $K_{\text{sen}} \geq 1.3$ 。

c) 动作时间的整定计算

- 1) 当 3kV~10kV 单相接地电流大于 10A 时, 保护动作于跳闸, 动作时间可取 0.5s~1.0s。
- 2) 当 3kV~10kV 单相接地电流小于 10A 时, 300MW 及以上机组, 根据计算如果能满足选择性 with 灵敏性要求时, 建议作用于跳闸方式, 动作时间取 0.5s~1.0s。
- 3) 当 3kV~10kV 接地电流小于 10A 时, 根据计算, 如不能很好地满足选择性与灵敏性要求时, 动作于信号方式, 动作时间取 0.5s~2.0s。

DL / T 1502 — 2016

5.4.2 中性点经小电阻接地系统单相接地保护整定计算

5.4.2.1 计算方案一

计算方案一的整定计算方法为：

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 可按如下方法计算，并取最大值：

- 1) 按躲过与低压厂用变压器直接联系的其他设备发生单相接地时，流过保护安装处的接地电流整定，参见 5.4.1 式 (74)。
- 2) 按躲过低压厂用变压器最大负荷及低压侧母线三相短路时最大不平衡电流计算，即：

$$I_{op,0} = K_{rel} I_{unb} / n_{a0} \quad (76)$$

式中：

K_{rel} ——可靠系数，取 1.3；

I_{unb} ——低压厂用变压器最大负荷及低压侧母线三相短路时最大不平衡电流一次值，可取 $(0.10 \sim 0.15) I_{T.N}$ ；

$I_{T.N}$ ——低压厂用变压器高压侧一次额定电流；

n_{a0} ——零序电流互感器变比。

无实测值时，可按经验公式简化整定为：

$$I_{op,0} = K_{ub} (I_{T.N} / n_{a0}) \quad (77)$$

式中：

K_{ub} ——不平衡电流系数，取 $(0.05 \sim 0.15)$ 。

小容量低压厂用变压器 K_{ub} 取较大系数，大容量低压厂用变压器 K_{ub} 取较小系数。

未配置专用零序 TA 时， K_{ub} 可大于 0.2。

动作电流取两者较大值，一次值宜不小于 10A。

b) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为：

$$K_{sen} = I_k^{(1)} / (I_{op,0} n_{a0}) \quad (78)$$

式中：

$I_k^{(1)}$ ——低压厂用变压器高压侧电缆末端单相接地电流一次值；

n_{a0} ——零序电流互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 2$ 。

c) 动作时间定值的整定计算：

- 1) 对于断路器：可取 $0 \sim 0.1s$ 。
- 2) 对于 FC 回路：
 - 保护装置有大电流闭锁保护跳闸出口功能时，可取 $0.05s \sim 0.10s$ 。
 - 保护装置无大电流闭锁保护跳闸出口功能时，需根据熔断器熔断特性计算延时，可取 $0.3s$ 。

5.4.2.2 计算方案二

计算方案二是根据灵敏度反推动作电流，其整定计算方法为：

a) 动作电流定值的整定计算，动作电流 $I_{0,op}$ 按单相接地短路时保护有足够灵敏度计算，即：

$$I_{op,0} = I_k^{(1)} / (n_{a0} K_{sen}) \quad (79)$$

式中:

$I_k^{(1)}$ ——低压厂用变压器高压侧电缆末端单相接地流过中性点接地电阻的零序电流;

K_{sen} ——灵敏系数, 取 5~6;

n_{a0} ——低压厂用变压器高压侧中性点零序电流互感器变比。

该方法计算出来的保护动作值应满足躲过低压厂用变压器最大负荷及低压侧母线三相短路时最大不平衡电流及正常最大电容电流要求。

b) 动作时间定值的整定计算。同 5.4.2.1。

5.5 低压侧中性点直接接地系统单相接地保护

低压侧中性点直接接地系统单相接地保护的整定计算方法为:

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 可按如下方法计算, 并取最大值:

1) 按躲过低压厂用变压器最大负荷的不平衡电流计算, 即:

$$I_{op,0} = K_{rel} I_{unb} / n_{a0} \quad (80)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.3~1.5;

I_{unb} ——变压器最大负荷的不平衡电流一次值, 可取 $(0.2 \sim 0.5) I_E$, I_E 为变压器低压侧一次额定电流;

n_{a0} ——低压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

2) 与低压厂用变压器低压侧下一级保护配合, 即:

——下一级有零序过电流保护时, 应与零序过电流保护最大动作电流配合, 即:

$$I_{op,0} = K_{co} I_{op,0,L,max} / n_{a0} \quad (81)$$

式中:

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.20;

$I_{op,0,L,max}$ ——下一级零序过电流保护最大动作电流一次值;

n_{a0} ——低压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

——下一级无零序过电流保护时, 应与相电流保护最大动作电流配合, 即:

$$I_{op,0} = K_{co} I_{op,L,max} / n_{a0} \quad (82)$$

式中:

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.20;

$I_{op,L,max}$ ——下一级相电流保护最大动作电流一次值;

n_{a0} ——低压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按与下一级零序保护最长动作时间 $t_{op,L,max}$ 配合整定, 即: $t = t_{op,L,max} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

当下一级无零序保护时, 应与下一级相电流保护最长动作时间 $t_{op,max}$ 配合整定, 即: $t = t_{op,max} + \Delta t$, Δt 为时间级差。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_k^{(1)} / (I_{op,0} n_{a0}) \quad (83)$$

DL / T 1502 — 2016

式中:

$I_k^{(1)}$ ——变压器低压母线单相接地短路电流一次值;

n_{a0} ——低压厂用变压器低压侧中性点零序电流互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 2$ 。

6 高压厂用馈线保护整定计算

6.1 纵联差动保护

高压厂用馈线纵差动保护的单斜率比率制动特性动作判据与式(2)相同,动作特性图参见图2。其整定计算方法为:

a) 最小动作电流定值的整定计算。最小动作电流 $I_{op.min}$ 的计算公式为:

$$I_{op.min} = (0.3 \sim 0.8) I_e \quad (84)$$

式中:

I_e ——线路二次额定负荷电流。

b) 制动系数的整定计算。制动系数 S 取 $0.3 \sim 0.8$, 可取 0.5 。

c) 拐点电流的整定计算。拐点电流 $I_{res.0}$ 的计算公式为:

$$I_{res.0} = (0.8 \sim 1) I_e \quad (85)$$

d) 差动速断动作电流的整定计算。差动速断动作电流按躲过区外故障时最大不平衡电流整定,可取 $(3 \sim 5) I_e$ 。

e) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_k^{(2)} / I_{d.op} \quad (86)$$

式中:

$I_{d.op}$ ——差动保护动作电流;

$I_k^{(2)}$ ——线路末端最小两相短路电流二次值。

要求 $K_{sen} \geq 2$ 。

6.2 过流保护整定计算

6.2.1 电流速断保护整定计算方法

a) 动作电流定值的整定计算。为了保证选择性,电流速断保护的動作范围不能超过被保护线路的末端。电流速断保护的動作电流,按躲过被保护线路末端短路时流过保护装置的最大短路电流整定,即:

$$I_{op} = K_{rel} I_{k.max}^{(3)} / n_a \quad (87)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数,取 $1.2 \sim 1.3$;

$I_{k.max}^{(3)}$ ——被保护线路末端三相短路电流一次值;

n_a ——电流互感器变比。

b) 動作时间取 $0 \sim 0.1s$ 。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k.i}^{(2)} / (I_{op} n_a) \quad (88)$$

式中:

$I_{k.i}^{(2)}$ ——最小运行方式下被保护线路始端两相短路电流一次值;

n_a ——电流互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

d) 当短线路的速断保护灵敏度不能满足要求时,宜做如下处理:

——对配置有差动保护的可以退出电流速断保护;

——对未配置差动保护且馈线带有重要负荷的也可退出电流速断保护;

——对未配置差动保护且馈线所带负荷短时停电不影响机组正常运行的,即Ⅱ类或Ⅲ类负荷的,可以考虑投电流速断保护,动作电流按保护安装处两相故障有灵敏度进行计算,但可能会牺牲保护的选择性。

6.2.2 限时电流速断保护整定计算

限时电流速断保护的整定计算方法为:

a) 动作电流定值的整定计算。限时电流速断保护应要求保护本线路的全长,因而必然延伸至下一段线路或设备,为了保证保护动作的选择性,动作电流 I_{op} 应按以下两个原则计算,并取最大值。

1) 按与下一级电流速断或限时电流速断保护配合计算,即:

$$I_{op} = K_{co} \frac{I_{op,dow,max}}{n_a} \quad (89)$$

式中:

K_{co} ——配合系数,取 1.1~1.2;

$I_{op,dow,max}$ ——下一级速断或限时速断保护的最大动作电流一次值;

n_a ——电流互感器变比。

2) 按躲过下一级母线所带负荷的自启动电流计算,即:

$$I_{op} = K_{rel} \frac{I_{st\Sigma}}{n_a} \quad (90)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数,取 1.15~1.20;

$I_{st\Sigma}$ ——所接电动机的自启动电流一次值;

n_a ——电流互感器变比。

b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按与下一级电流速断或限时电流速断保护时间 $t_{op,dow,max}$ 配合计算:

$$t = t_{op,dow,max} + \Delta t \quad (91)$$

式中:

Δt ——时间级差。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k,min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (92)$$

式中:

$I_{k,min}^{(2)}$ ——最小运行方式下,高压厂用馈线末端两相金属性短路电流。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

DL / T 1502 — 2016

6.2.3 定时限复合电压闭锁过电流保护整定计算方法

a) 复合电压的整定计算。复合电压的整定计算包括低电压定值和负序电压定值的整定计算。

1) 低电压定值的整定计算。低电压定值 U_{op} 按躲过下级母线上电动机启动时出现的最低电压整定, 可取:

$$U_{op} = (0.55 \sim 0.6) U_n \quad (93)$$

式中:

U_n —— 母线二次额定线电压。

2) 负序电压定值的整定计算。负序电压定值 $U_{op,2}$ 按躲过正常运行时出现的不平衡电压整定, 不平衡电压值可实测确定。无实测值时, 可取:

$$U_{op,2} = (0.06 \sim 0.08) U_n \quad (94)$$

式中:

U_n —— 母线二次额定电压, 依据保护厂家说明书取线电压或相电压。

b) 动作电流定值的整定计算。按躲过正常最大负荷电流整定:

$$I_{op} = K_{rel} I_e / K_r \quad (95)$$

式中:

K_{rel} —— 可靠系数, 取 1.3~1.5;

K_r —— 返回系数, 取 0.85~0.95;

I_e —— 线路二次额定电流。

c) 灵敏度校验。

1) 电流元件的灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 的计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k,min}^{(2)} / (n_a I_{op}) \quad (96)$$

式中:

$I_{k,min}^{(2)}$ —— 最小运行方式下, 线路末端两相金属性短路电流;

n_a —— 高压馈线电流互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

2) 相间低电压灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 的计算公式为:

$$K_{sen} = U_{op} n_v / U_{k,max} \quad (97)$$

式中:

$U_{k,max}$ —— 本高压馈线末端发生三相短路时, 保护安装处的最高电压;

n_v —— 母线电压互感器变比。

要求 $K_{sen} \geq 1.2$ 。

3) 负序电压灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 的计算公式为:

$$K_{sen} = U_{k2,min} / (U_{op,2} n_v) \quad (98)$$

式中:

$U_{k2,min}$ —— 本高压馈线末端发生两相短路时, 保护安装处的最小负序电压值。

要求 $K_{sen} \geq 1.5$ 。

d) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按与下一级过电流保护时间 $t_{op,dow,max}$ 配合计算, 即:

$$t = t_{\text{op.dow.max}} + \Delta t \quad (99)$$

式中:

Δt ——时间级差。

6.3 单相接地零序过电流保护

6.3.1 中性点不接地系统单相接地保护整定计算方法

a) 动作电流 $I_{\text{op},0}$ 整定值计算:

1) 按躲过与馈线电源侧相连的设备发生单相接地时, 流过保护安装处的单相接地电流整定, 即:

$$I_{\text{op},0} = K_{\text{rel}} \frac{I_{\text{k}}^{(1)}}{n_{\text{a0}}} \quad (100)$$

$$I_{\text{k}}^{(1)} = 3I_{\text{c}} \quad (101)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 保护动作于跳闸时取 2.5~4.0, 保护动作于信号时取 2.0~2.5;

n_{a0} ——零序电流互感器变比;

$I_{\text{k}}^{(1)}$ ——馈线电源侧相连设备发生单相接地时, 被保护馈线及与馈线相连的下级设备供给短路点的单相接地电流一次值;

I_{c} ——被保护馈线及与馈线相连的下级设备的单相电容电流一次值总和。

2) 按与相邻下级被保护设备单相接地零序过电流保护配合, 即:

$$I_{\text{op},0} = K_{\text{co}} \frac{I_{\text{op},0,\text{L.max}}}{n_{\text{a0}}} \quad (102)$$

式中:

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.20;

n_{a0} ——零序电流互感器变比;

$I_{\text{op},0,\text{L.max}}$ ——相邻下级被保护设备单相接地零序过电流保护最大动作电流一次值。

b) 动作时间的整定计算。与相邻下级被保护设备单相接地零序过电流保护最长动作时间 $t_{\text{op,L.max}}$ 配合, 即:

$$t_{\text{op}} = t_{\text{op,L.max}} + \Delta t \quad (103)$$

式中:

Δt ——时间级差。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 的计算公式为:

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k},\Sigma}^{(1)} - I_{\text{k}}^{(1)}}{I_{\text{op},0} n_{\text{a0}}} \quad (104)$$

式中:

K_{sen} ——灵敏系数;

n_{a0} ——零序电流互感器变比;

$I_{\text{k},\Sigma}^{(1)}$ ——被保护设备发生单相接地时, 故障点总的接地电容电流一次值。

要求 $K_{\text{sen}} \geq 1.5$ 。

DL/T 1502—2016

6.3.2 中性点经小电阻接地系统单相接地保护整定计算方法

6.3.2.1 计算方案一

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 可按下述方法计算, 并取最大值:

1) 按躲过与馈线电源侧相连的设备发生单相接地时, 流过保护安装处的单相接地电流整定, 即:

$$I_{op,0} = K_{rel} \frac{I_k^{(1)}}{n_{a0}} \quad (105)$$

式中:

n_{a0} ——零序电流互感器变比;

K_{rel} ——可靠系数, 保护动作于跳闸时取 2.5~4.0, 保护动作于信号时取 2.0~2.5;

$I_k^{(1)}$ ——馈线电源侧相连设备发生单相接地时被保护馈线及与馈线相连的下级设备供给短路点的单相接地电流一次值, 计算公式同式 (99)。

2) 按躲过最大负荷时不平衡电流计算, 即:

$$I_{op,0} = (K_{rel} I_{unb}) / n_{a0} \quad (106)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.3;

I_{unb} ——最大负荷时不平衡电流;

n_{a0} ——零序电流互感器变比。

无实测值时, 可按经验公式简化整定为:

$$I_{op,0} = K_{ub} \frac{I_N}{n_{a0}} \quad (107)$$

式中:

K_{ub} ——不平衡电流系数, 取 0.05~0.15。未配置专用零序 TA 时, K_{ub} 可大于 0.15。

I_N ——馈线一次额定电流。

3) 与相邻下级被保护设备单相接地零序过电流保护配合, 即:

$$I_{op,0} = K_{co} \frac{I_{op,0,L,max}}{n_{a0}} \quad (108)$$

式中:

K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.20;

n_{a0} ——零序电流互感器变比;

$I_{op,0,L,max}$ ——相邻下级被保护设备单相接地零序过电流保护最大动作电流二次值。

b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按与相邻下级被保护设备单相接地零序过电流保护最长动作时间 $t_{op,L,max}$ 配合整定, 即:

$$t = t_{op,L,max} + \Delta t \quad (109)$$

式中:

Δt ——时间级差。

c) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 的计算公式为:

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_k^{(1)}}{n_{a0} I_{\text{op},0}} \quad (110)$$

式中:

n_{a0} ——零序电流互感器变比;

$I_k^{(1)}$ ——馈线末端单相接地电流一次值。

要求 $K_{\text{sen}} \geq 2$ 。

6.3.2.2 计算方案二

计算方案二是根据灵敏度反推动作电流,其整定计算方法为:

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{\text{op},0}$ 按单相接地短路时保护有足够灵敏度计算,即:

$$I_{\text{op},0} = \frac{I_k^{(1)}}{n_{a0} K_{\text{sen}}} \approx \frac{1}{n_{a0} K_{\text{sen}}} \frac{U_B}{\sqrt{3} R} \quad (111)$$

式中:

$I_k^{(1)}$ ——馈线末端单相接地零序电流一次值;

U_B ——馈线末端母线额定电压,如 6.3kV;

K_{sen} ——灵敏系数,取 4~5;

R ——中性点接地电阻的阻值, Ω ;

n_{a0} ——馈线末端零序电流互感器变比。

该方法计算出来的保护动作值应满足与下一级单相接地保护定值配合要求,并可靠躲过最大负荷时的最大不平衡电流值。

b) 动作时间的整定计算同 6.3.2.1。

7 高压厂用电动机保护整定计算

7.1 电动机二次额定电流和启动时间的计算

电动机二次额定电流,宜取铭牌值。

电动机启动时间为电动机从启动到转速达到额定转速的时间,宜以实测值为准;如无实测值,考虑裕度,可整为最长启动时间的 1.2 倍。

7.2 差动保护

7.2.1 比率差动保护

7.2.1.1 单斜率比率差动保护整定计算方法

- 最小动作电流的整定计算。最小动作电流按躲过电动机正常运行时差动回路最大不平衡电流整定,可取 $(0.3 \sim 0.5) I_e$, I_e 为电动机二次额定电流。
- 最小制动电流的整定计算。最小制动电流可取 $0.8 I_e$ 。
- 比率制动系数的整定计算。比率制动系数按躲过电动机最大启动电流下差动回路不平衡电流整定,可取 $(0.4 \sim 0.6)$ 。
- 灵敏度校验。灵敏系数应按最小运行方式下差动保护区内两相金属性短路计算。根据计算最小短路电流 $I_{k,\min}^{(2)}$ 和相应的制动电流 I_{res} , 在动作特性曲线上查得对应的动作电流 $I_{\text{d,op}}$, 计算灵敏系数 K_{sen} :

DL/T 1502 — 2016

$$K_{\text{scn}} = I_{\text{k.min}}^{(2)} / I_{\text{d.op}} \quad (112)$$

要求 $K_{\text{scn}} \geq 1.5$ 。

- e) 差动速断电流定值的整定计算。差动速断电流定值按躲过区外故障和电动机启动时最大不平衡电流计算，可取 $(4 \sim 6) I_{\text{e}}$ 。

7.2.1.2 双斜率比率制动差动保护整定计算方法

- 最小动作电流整定计算方法同单斜率比率制动差动保护。
- 拐点电流的整定计算：
 - 第一拐点取 $(0.8 \sim 1.0) I_{\text{e}}$ 。
 - 第二拐点取 $(2.0 \sim 4.0) I_{\text{e}}$ 。
- 制动系数的整定计算。根据经验制动斜率， S_1 取 $0.4 \sim 0.5$ ， S_2 取 $0.6 \sim 0.7$ 。
- 灵敏度计算公式和灵敏度要求同 7.2.1.1。
- 差动速断动作电流整定计算同 7.2.1.1。

7.2.2 磁平衡纵差动保护

7.2.2.1 基本原理

磁平衡纵差动保护是利用磁平衡原理实现的一种差动保护，也称之为“自平衡纵差动保护”。其原理接线图如图 6 所示。将电动机定子绕组始端和同相中性点端的引线分别引入、引出磁平衡电流互感器的环形铁芯各一次。正常运行时，流入各相始端电流与流入中性点端电流为同一电流，磁平衡电流互感器中不产生电流保护不动作。电机内部故障时，磁平衡被破坏，电流互感器二次侧产生电流。当电流超过定值时保护动作，切除故障。

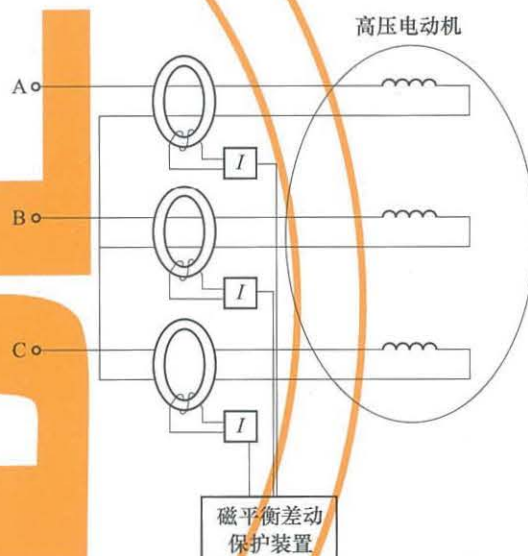


图 6 电动机磁平衡保护接线原理图

7.2.2.2 整定计算方法

- 磁平衡差动保护动作电流的整定计算。动作电流 I_{op} 应按以下两条原则进行计算，并取最大值，且在工程中宜不低于 $0.1 I_{\text{e}}$ ：
 - 按躲过电动机启动时产生的最大磁不平衡电流计算，即：

$$I_{\text{op}} = K_{\text{rel}} \frac{I_{\text{unb.max}}}{n_a} = K_{\text{rel}} K_{\text{cr}} K_{\text{st}} I_{\text{e}} \quad (113)$$

式中：

- K_{rel} ——可靠系数，可取 $1.5 \sim 2.0$ ；
 - $I_{\text{unb.max}}$ ——电动机启动时的最大不平衡电流一次值；
 - K_{cr} ——电动机两侧磁不平衡误差，根据实测值最大取 0.5% ；
 - K_{st} ——电动机启动电流倍数，可取 7 ；
 - n_a ——磁平衡差动保护电流互感器变比；
 - I_{e} ——电动机二次额定电流。
- 按躲过外部单相接地时的不平衡电流，即：

$$I_{op} = K_{rel} \omega \sqrt{(C_{M1} + C_{M0}/2)^2 + \frac{3}{4} C_{M0}^2 (U_{jN}/\sqrt{3})} \quad (114)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 可取 1.1~1.3;

ω ——角频率;

C_{M1} ——定子绕组每相正序电容;

C_{M0} ——定子绕组每相零序电容;

U_{jN} ——电动机电压取电网平均额定线电压, $U_{jN} = 1.05U_N$, U_N 为该电压级电网额定线电压。

b) 动作时间定值的整定计算。为了躲过电容暂态过程的影响, 动作时间定值可取 100ms~120ms。

7.3 电流速断保护

以典型的“高低定值”动作判据为例说明其整定计算方法, 其他判据的整定计算可参考此判据进行。“高低定值”动作判据是指电动机启动时按高定值动作, 启动结束后按低定值动作。其具体整定计算方法为:

a) 动作电流高定值的整定计算。动作电流高定值 $I_{op,h}$ 按躲过电动机最大启动电流整定, 即:

$$I_{op,h} = K_{rel} K_{st} I_e \quad (115)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.5;

K_{st} ——电动机启动电流倍数 (在 6~8 之间), 应按实测值计算, 如无实测值可取 $K_{st} = 7$;

I_e ——电动机的二次额定电流。

b) 动作电流低定值的整定计算。动作电流低定值可按如下方法计算, 并取最大值:

1) 按躲过电动机自启动电流计算, 即:

$$I_{opl} = K_{rel} K_{ast} I_e \quad (116)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数取 1.3;

K_{ast} ——电动机自启动电流倍数, 应按实测值计算, 可取 5;

I_e ——电动机的二次额定电流。

2) 按躲过区外出口短路时最大电动机反馈电流计算, 即:

$$I_{opl} = K_{rel} K_{fb} I_e \quad (117)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数取 1.3;

K_{fb} ——区外出口短路时最大反馈电流倍数, 可取 6。

c) 动作时间定值的整定计算: 对于全部采用断路器的方式, 动作时间取 0~0.06s。

对于采用 FC 回路的方式, 当保护装置无大电流闭锁跳闸出口功能时, 需根据熔断器特性计算延时。当熔件额定电流小于 200A 时也可简化计算取 0.3s。当有大电流闭锁跳闸出口功能时, 动作时间可取 0.05s~0.10s。

d) 灵敏度校验。灵敏系数 K_{sen} 计算公式为:

$$K_{sen} = I_{k,min}^{(2)} / (I_{op,set} n_a) \quad (118)$$

式中:

$I_{k,min}^{(2)}$ ——电动机入口最小两相短路电流一次值;

DL / T 1502 — 2016

$I_{op.set}$ ——电流速断保护动作电流;

n_a ——电流互感器变比。

要求 $K_{scn} \geq 2$ 。

e) 闭锁电流定值的整定计算。有大电流闭锁跳闸出口功能时, 闭锁电流定值 I_{art} 可按式 (119) 计算:

$$I_{art} = I_{brk} / (K_{rel} n_a) \quad (119)$$

式中:

I_{brk} ——接触器允许断开电流;

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.3~1.5;

n_a ——电流互感器变比。

7.4 电动机长启动及堵转保护

7.4.1 电动机长启动保护整定计算方法

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 的计算公式为:

$$I_{op} = K_{rel} I_e \quad (120)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 可取 1.5~2.0;

I_e ——电动机二次额定电流。

b) 电动机启动时间定值的整定计算。电动机启动时间 $t_{st.set}$ 的计算公式为:

$$t_{st.set} = t_{st.max} + \Delta t \quad (121)$$

式中:

$t_{st.max}$ ——实测电动机启动时间最大值;

Δt ——时间级差, 可取 2s~5s。

c) 出口方式。动作于跳闸。

7.4.2 堵转保护

a) 动作电流可取 (1.3~2.0) I_e 。

b) 动作时间的整定计算:

1) 对电动机启动过程中退出的堵转保护, 按躲过电动机自启动时间计算;

2) 对电动机启动过程中不退出的堵转保护, 按躲过电动机启动时间计算。

c) 出口方式: 动作于跳闸。

7.5 过负荷保护

过负荷保护的整定计算方法。

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 按躲过电动机额定电流计算, 计算公式为:

$$I_{op} = (K_{rel} / K_r) I_e \quad (122)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.05~1.10;

K_r ——返回系数, 取 0.85~0.95;

I_e ——电动机二次额定电流。

- b) 动作时间可取 1.1 倍最长启动时间。
- c) 出口方式：动作于信号或跳闸。

7.6 负序过流保护

7.6.1 无外部短路故障闭锁负序电流保护

无外部短路故障闭锁时，宜装设两段负序电流保护。其整定计算方法为：

- a) 负序电流 I 段保护电流定值的整定计算。按躲过相邻设备两相短路时正常电动机负序电流计算。由于相邻设备两相短路时正常电动机负序电流为 $(3\sim 4) I_e$ ，则动作电流 $I_{op.2.I}$ 的计算公式为：

$$I_{op.2.I} = K_{rel} \times (3\sim 4) I_e \quad (123)$$

式中：

K_{rel} ——可靠系数取 1.2~1.3；

I_e ——电动机二次额定电流。

动作时间取 0.2s~0.4s。

- b) 负序电流 II 段保护电流定值的整定计算。电流定值 $I_{op.2.II}$ 的整定计算应考虑以下两个原则：

1) 按躲过正常运行时不平衡电压产生的负序电流整定，即 $I_{op.2.II} = 20\%I_e \sim 30\%I_e$ ；

2) 按躲过 TA 二次回路断线条件整定，即 $I_{op.2.II} = 33\%I_e$ ；

根据以上两个原则，并考虑可靠系数，则动作电流为： $I_{op.2.II} = 50\%I_e \sim 100\%I_e$ 。

动作时间 $t_{op.2.II}$ 按躲过高压系统非全相运行和母线上相邻设备相间故障保护后备段动作时间，即：

$$t_{op.2.II} = t_2 + \Delta t \quad (124)$$

式中：

t_2 ——厂用高压系统相间后备段动作时间；

Δt ——时间级差。

7.6.2 有外部短路故障闭锁负序电流保护

有外部短路故障闭锁时，负序保护宜设两段保护：一段跳闸，一段信号。其整定计算方法为：

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流定值的整定计算应考虑以下两个原则：

1) 按躲过正常运行时不平衡电压产生的负序电流整定，即 $I_{op.2} = 20\%I_e \sim 30\%I_e$ ；

2) 按躲过 TA 二次回路断线条件整定，即 $I_{op.2} = 33\%I_e$ ；

根据以上两个原则，当负序电流保护为两段式时，动作电流分别为：

$$\begin{cases} I_{op.2.I} = 50\%I_e \sim 100\%I_e \\ I_{op.2.II} = 35\%I_e \sim 40\%I_e \end{cases} \quad (125)$$

- b) 动作时间定值的整定计算。I 段动作于跳闸，动作时间取 0.2s~0.4s；II 段动作于信号，动作时间取 2s~5s。

7.7 热过载保护

7.7.1 热过载保护模型

由于各保护装置厂家产品的热过载保护模型不尽相同，因此本标准仅列出基于 GB/T 14598.15—1998 的热过负荷模型。其他保护模型的整定计算方法可参考制造厂家技术说明书。

DL/T 1502—2016

热过载保护模型公式为:

$$t = \tau \ln \frac{I_{eq}^2 - I_p^2}{I_{eq}^2 - (kI_B)^2} \quad (126)$$

式中:

- t ——热过载保护动作时间;
- τ ——时间常数, 反映电动机的过负荷能力;
- I_B ——基本电流, 使用额定电流或由制造厂家规定;
- k ——常数, 该常数乘以基本电流表示与最小动作电流准确度有关的电流值;
- I_{eq} ——引起发热的等效电流;
- I_p ——热过载前电动机发热状态的等效电流, 若电动机热过载前处于冷状态 (如电动机启动时), 则 $I_p = 0$;
- I_{eq} ——引起发热的等效电流, 可用式 (127) 计算。

$$I_{eq} = \sqrt{K_1 I_1^2 + K_2 I_2^2} \quad (127)$$

式中:

- I_1 ——电动机的正序电流;
- I_2 ——电动机的负序电流;
- K_1 ——正序电流发热系数, 电动机启动过程中可取 0.5, 电动机启动结束后可取 1.0;
- K_2 ——负序电流发热系数。

7.7.2 整定计算

热过载保护的整定计算方法如下。

- a) 基本电流 I_B : 基本电流的整定范围为 0.8 倍~1.1 倍电动机额定电流, 可取额定电流。
- b) 常数 k : 取值范围为 1.0~1.3, 可取 1.05。
- c) 负序电流发热系数 K_2 : 可取 6。
- d) 发热时间常数 τ : 应由电动机厂提供, 如果厂家没有提供, 可按下述方法之一进行估算。
 - 1) 根据厂家提供的电动机热限曲线或过负荷能力数据进行计算, 计算公式为:

$$\tau = \frac{t}{\ln \left[\frac{I^2}{I^2 - (kI_B)^2} \right]} \quad (128)$$

式中:

- t ——过负荷允许的时间;
- I ——过负荷电流值。

当有多组数据时, 应取最小的 τ 值。

- 2) 根据堵转电流 I_{stop} 和允许堵转时间 t 进行计算, 计算公式为:

$$\tau = \frac{t}{\ln \left[\frac{I_{stop}^2}{I_{stop}^2 - (kI_B)^2} \right]} \quad (129)$$

式中:

- I_{stop} ——堵转电流;
- t ——电动机允许堵转时间。

- 3) 根据启动电流下的定子温升进行计算, 计算公式为:

$$\tau = \theta_c K^2 T_{\text{start}} / \theta_0 \quad (130)$$

式中:

- θ_c ——电动机的额定温升;
- K ——启动电流倍数;
- θ_0 ——电动机启动时的温升;
- T_{start} ——电动机的启动时间。
- e) 散热时间倍数, 可取 4。
- f) 过热报警系数, 可取 0.7~0.8。

7.8 单相接地保护

7.8.1 中性点不接地系统单相接地保护整定计算方法

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{\text{op},0}$ 按躲过与电动机直接联系的其他设备发生单相接地时, 流过保护安装处的单相接地电流整定, 即:

$$I_{\text{op},0} = K_{\text{rel}} \frac{I_k^{(1)}}{n_{a0}} \quad (131)$$

$$I_k^{(1)} = 3I_c \quad (132)$$

式中:

- $I_{\text{op},0}$ ——单相接地保护动作电流;
- K_{rel} ——可靠系数, 保护动作于跳闸时取 3~4, 保护动作于信号时取 2.0~2.5;
- $I_k^{(1)}$ ——单相接地时被保护设备供给短路点的单相接地电流一次值;
- I_c ——被保护设备的单相电容电流一次值。
- b) 灵敏度校验, 要求灵敏度满足以下条件:

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{kc},\Sigma}^{(1)} - I_k^{(1)}}{I_{\text{op},0} n_{a0}} \quad (133)$$

式中:

- $I_{\text{kc},\Sigma}^{(1)}$ ——被保护设备发生单相接地时, 故障点总的接地电容电流一次值。
- 要求 $K_{\text{sen}} \geq 1.5$ 。

- c) 动作时间定值的整定计算; 动作于跳闸时, 取 0.5s~1.0s。动作于信号时, 取 0.5s~2.0s。

7.8.2 中性点经小电阻接地系统单相接地保护整定计算方法

7.8.2.1 计算方案一

- a) 动作电流定值的整定计算, 动作电流 $I_{\text{op},0}$ 可按如下方法计算, 并取最大值。
- 1) 按躲过区外单相接地电流 $I_k^{(1)}$ 计算, 即:

$$I_{\text{op},0} = K_{\text{rel}} (I_k^{(1)} / n_{a0}) \quad (134)$$

式中:

- K_{rel} ——可靠系数, 取 1.1~1.15;
- 其他各变量定义同前。
- 2) 按躲过电动机启动时最大不平衡电流计算:

DL/T 1502 — 2016

$$I_{op,0} = K_{rel} I_{unb} / n_{a0} \quad (135)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.3;

I_{unb} ——电动机启动时最大不平衡电流一次值;

n_{a0} ——零序电流互感器变比。

无实测值时, 可按下列经验公式简化整定:

$$I_{op,0} = K_{ub} (I_{M,N} / n_{a0}) \quad (136)$$

式中:

K_{ub} ——不平衡电流系数, 取 0.05~0.15。小容量电动机取较大系数, 大容量电动机取较小系数。

未配置专用零序 TA 时, K_{ub} 可大于 0.15。

动作电流一次值宜在 10A 以上。

b) 灵敏度校验。要求灵敏度满足以下条件:

$$K_{sen} = I_{k,\Sigma}^{(1)} / I_{op,0} \quad (137)$$

式中:

$I_{k,\Sigma}^{(1)}$ ——电动机入口单相接地电流二次值;

K_{sen} ——灵敏系数。

要求 $K_{sen} \geq 2$ 。

c) 动作时间定值的整定计算:

1) 对于断路器: 可取 0~0.1s。

2) 对于 FC 回路: 保护装置有大电流闭锁保护跳闸出口功能时, 可取 0.05s~0.10s。保护装置无大电流闭锁保护跳闸出口功能时, 需根据熔断器熔断特性计算延时, 也可简化计算取 0.3s。

7.8.2.2 计算方案二

计算方案二是根据灵敏度反推动作电流, 其整定计算方法如下。

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 按单相接地短路时保护有足够灵敏度计算, 即:

$$I_{op,0} = \frac{I_k^{(1)}}{n_{a0} K_{sen}} \approx \frac{1}{n_{a0} K_{sen}} \frac{U_B}{\sqrt{3}R} \quad (138)$$

式中:

$I_k^{(1)}$ ——电动机单相接地零序电流;

U_B ——电动机母线额定电压, 如 6.3kV;

K_{sen} ——灵敏系数, 取 5~6;

R ——中性点接地电阻的阻值, Ω ;

n_{a0} ——电动机零序电流互感器变比。

该方法计算出来的保护动作值应大于最大负荷下不平衡电流和区外故障带来最大不平衡电流。

b) 动作时间定值的整定计算。同 7.8.2.1。

7.9 低电压保护

低电压保护的整定计算方法为:

a) 对于 I 类电动机, 当装有自动投入的备用机械时, 或为保证人身和设备安全在电源电压长时间消失后须自动切除时, 应装设 9s~10s 时限的低电压保护, 动作于跳闸。

- b) 为了保证接于同段母线的 I 类电动机自启动, 对不要求自启动的 II、III 类电动机和不能自启动的电动机宜装设 0.5s 时限的低电压保护, 动作于跳闸。
 - c) 对于涉及公共安全及重大设备安全的电动机, 不宜投入低电压保护。
- 低电压保护整定值见表 2。

表 2 低电压保护整定值

| 电动机分类 | 电压整定值 (额定电压的百分数) | |
|-------------|------------------|---------|
| | 高压电动机 | 低压电动机 |
| I 类电动机 | 45%~50% | 40%~45% |
| II、III 类电动机 | 65%~70% | 60%~70% |

8 高压厂用母线保护整定计算

8.1 低电压保护

母线低电压保护整定计算原则与电动机低电压保护相同。

8.2 过电压保护

母线过电压保护电压定值可取 1.3 倍额定电压。

动作时间定值可取 2s, 动作于信号或跳闸。

8.3 母线零序过电压保护

母线零序过电压保护电压定值按躲过正常运行的最大不平衡电压整定, 可取 0.10 倍~0.15 倍 TV 开口三角的零序电压二次值。延时 2s~5s, 动作于信号。

8.4 弧光保护

采用弧光保护作为高压厂用母线快速保护, 其整定计算方法为:

- a) 电流定值的整定计算。电流定值应按躲过母线正常运行时电源进线的最大负荷电流整定。

$$I_{op} = (1.1 \sim 1.3) I_e \tag{139}$$

式中:

I_e ——母线正常运行时电源进线的最大负荷电流二次值。

- b) 动作时间定值的整定计算。动作时间不需要和其他保护相配合, 可取 0~20ms。

- c) 出口方式。动作于跳所接母线分支断路器 (或进线断路器)、闭锁快切。

9 低压厂用电系统 (0.4kV 部分) 保护整定计算

9.1 低压厂用变压器低压侧开关保护

9.1.1 长延时过流保护整定计算方法

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 按躲低压厂用变压器低压侧额定电流整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} I_E / K_r \tag{140}$$

DL / T 1502 — 2016

式中:

- K_{rel} ——可靠系数, 可取 1.1~1.2;
 K_{r} ——返回系数, 可取 0.85~0.95;
 I_{E} ——厂用变压器低压侧一次额定电流。

b) 动作时间定值的整定计算。

1) 定时限动作时间整定计算应考虑以下两个原则:

- ① 与下级保护最长动作时间配合计算。
- ② 按躲过 PC 段上电动机最大自启动时间配合计算。

动作时间取上述时间最大值与级差时间之和, 级差时间可取 0.2s~0.3s。

2) 反时限动作特性时间常数的整定计算。根据所选反时限特性, 与下级保护配合计算。

9.1.2 短延时过流保护

短延时过流保护的整定计算方法如下。

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 可按如下方法计算, 并取最大值:

1) 与下级瞬时或短延时保护最大动作电流 $I_{\text{op.max}}$ 配合, 即:

$$I_{\text{op}} = K_{\text{co}} I_{\text{op.max}} \quad (141)$$

式中:

- K_{co} ——配合系数, 取 1.15~1.20;
 $I_{\text{op.max}}$ ——下级瞬时或短延时保护最大动作电流一次值。

2) 按躲过所带电动机整组自启动电流 I_{ast} 整定, 即:

$$I_{\text{op}} = K_{\text{rel}} I_{\text{ast}} \quad (142)$$

式中:

- K_{rel} ——可靠系数, 取 1.15~1.20;
 I_{ast} ——所带电动机最大自启动电流一次值。

b) 动作时间定值的整定计算:

- 1) 定时限动作时间与下级短延时保护最长动作时间配合计算。
- 2) 反时限动作时间常数的整定。根据所选反时限特性, 与下一级保护配合计算。如与下一级保护不能配合则可退出本保护。

c) 灵敏度校验。PC 段母线两相短路灵敏系数不应低于 2。

9.2 低压厂用馈线保护 (包括 PC—PC 联络线、PC—MCC 线路、MCC—MCC 联络线)

9.2.1 长延时电流保护整定计算方法

a) 动作电流 I_{op} 按躲过馈线最大负荷电流整定, 即:

$$I_{\text{op}} = K_{\text{rel}} I_{\text{E}} / K_{\text{r}} \quad (143)$$

式中:

- K_{rel} ——可靠系数, 取 1.15~1.20;
 I_{E} ——馈线最大负荷电流一次值;
 K_{r} ——返回系数取 0.85~0.95。

b) 动作时间定值的整定计算。

1) 定时限动作时间定值的整定计算:

① 与下级保护最长动作时间配合计算;

② 按躲过所带电动机自启动时间计算。

动作时间取上述时间最大值与级差时间之和。

2) 反时限过流动作特性时间常数的整定计算。根据所选反时限特性,与下级保护配合计算。

9.2.2 短延时电流保护

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 可按如下方法计算,并取最大值:

1) 与下级瞬时或短延时保护最大动作电流 $I_{op,max}$ 配合,即:

$$I_{op} = K_{co} I_{op,max} \quad (144)$$

式中:

K_{co} ——配合系数,取 1.15~1.20;

$I_{op,max}$ ——下级瞬时或短延时保护最大动作电流一次值。

2) 按躲过所带电动机最大自启动电流 I_{ast} 整定,即:

$$I_{op} = K_{rel} I_{ast} \quad (145)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数,取 1.15~1.20;

I_{ast} ——所带电动机最大自启动电流一次值。

b) 动作时间定值的整定计算。

1) 定时限动作时间与下级短延时保护最长动作时间配合计算。

2) 反时限动作时间常数的整定。根据所选反时限特性,与下一级保护配合计算。

c) 灵敏度校验。馈线末端两相短路灵敏系数不低于 2。

9.2.3 单相接地零序过流保护

9.2.3.1 直接接地系统接地保护

直接接地系统接地保护的整定计算方法如下。

a) 动作电流可按如下方法计算,并取最大值:

1) 按躲过馈线最大负荷的不平衡电流计算。

2) 与下一级保护配合:下一级有零序过电流保护时,按与零序过电流保护最大动作电流配合;下一级无零序过电流保护时,按与相电流保护最大动作电流配合。

b) 动作时间定值的整定计算。

1) 下一级有零序过电流保护时,按与下一级单相接地零序过电流保护最大动作时间配合计算,级差时间可取 0.2s~0.3s。

2) 下一级无零序过电流保护时,按与下一级相电流保护最大动作时间配合计算,级差时间可取 0.2s~0.3s。

c) 灵敏度校验。馈线末端单相接地灵敏系数不低于 2。

d) 出口方式。保护动作于跳闸。

9.2.3.2 中性点经电阻接地系统接地保护整定计算方法

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 可按如下方法计算,并取最大值:

1) 按单相接地时保护有足够灵敏度计算,即:

$$I_{op,0} = I_k^{(1)} / (n_{a0} K_{sen}) \quad (146)$$

DL / T 1502 — 2016

式中:

$I_k^{(1)}$ ——低压厂用馈线单相接地零序电流一次值;

K_{sen} ——灵敏系数, 取 5~6;

n_{a0} ——零序电流互感器变比。

2) 按躲过最大负荷下不平衡电流计算。

b) 动作时间定值可取 2s~5s。

c) 出口方式。保护动作于信号。

9.3 低压电动机保护

9.3.1 长延时保护整定计算方法

a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 按躲过电动机额定电流计算, 即:

$$I_{op} = K_{rel} I_E \quad (147)$$

式中:

K_{rel} ——可靠系数, 取 1.15~1.20;

I_E ——电动机一次额定电流。

b) 动作时间定值的整定计算。定时限动作时间按躲过电动机启动时间计算。

反时限过流动作特性时间常数根据所选反时限特性决定。

9.3.2 瞬时保护整定计算方法

a) 动作电流按 8 倍~12 倍电动机额定电流计算。

b) 动作时间可取 0s。

9.3.3 其他低压电动机保护

其他低压保护参照高压电动机对应保护或保护装置厂家说明书整定。

9.4 柴油发电机保护

9.4.1 柴油发电机差动保护整定计算方法

a) 差动保护启动电流定值的整定计算。按躲过外部三相短路故障时的最大不平衡电流整定, 即:

$$I_{op} = K_{rel} I_{unb} \quad (148)$$

$$I_{unb} = (K_{ap} K_{cc} K_{er} + \Delta m) I_K / n_a \quad (149)$$

式中:

I_{op} ——差动保护动作电流;

K_{rel} ——可靠系数, 可取 1.3~1.5;

I_{unb} ——外部三相短路故障时通过保护的最大不平衡电流, 可按式 (149) 计算;

K_{ap} ——非周期分量系数, 可取 1.2~1.3;

K_{cc} ——电流互感器同型系数;

K_{er} ——电流互感器综合误差, 可取 0.03~0.06;

Δm ——通道调整误差, 可取 0.01~0.02;

I_K ——外部三相短路故障时通过保护的最大短路电流;

n_a ——电流互感器变比。

- b) 差动保护动作时间定值的整定计算。动作于停柴油发电机(跳断路器、关原动力油门),考虑到差动保护作为主保护的快速性,延时可取 0~0.2s。
- c) 灵敏度校验。按机端两相短路计算其灵敏度不小于 2。

9.4.2 柴油发电机零序过流保护

9.4.2.1 中性点经电阻接地系统零序过流保护的整定计算方法

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 按柴油发电机接地时有可靠灵敏度整定,即:

$$I_{op,0} = \frac{1}{K_{sen}} \frac{U_n}{R_0 \sqrt{3}} \frac{1}{n_{a0}} \quad (150)$$

式中:

- K_{sen} ——灵敏系数,取 2.0~2.5;
- R_0 ——柴油发电机中性点接地电阻值;
- n_{a0} ——中性点零序电流互感器变比;
- U_n ——柴油发电机机端额定电压一次值。

- b) 动作时间定值的整定计算。对于小电流接地系统可动作于信号,动作时间可取 0.5s~1.0s。对于大电流接地系统则可动作于跳闸,动作时间可取 0~0.1s。

9.4.2.2 中性点不接地系统零序过流保护的整定计算方法

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 $I_{op,0}$ 按躲过柴油发电机正常运行时最大不平衡电流计算,即:

$$I_{op,0} = K_{rel} I_{unb} / n_{a0} \quad (151)$$

式中:

- K_{rel} ——可靠系数,取 1.3;
- I_{unb} ——正常运行时最大不平衡电流一次值;
- n_{a0} ——零序电流互感器变比。

无实测值时,可按经验公式简化整定为:

$$I_{op,0} = K_{ub} I_e \quad (152)$$

式中:

- K_{ub} ——不平衡电流系数,取 0.1~0.2;
- I_e ——柴油发电机二次额定电流。

- b) 动作时间定值的整定计算。对于中性点不接地系统可动作于信号,动作时间可取 0.5s~1.0s。

9.4.3 柴油发电机过电流保护整定计算方法

- a) 动作电流定值的整定计算。动作电流 I_{op} 按柴油发电机额定工作电流二次值进行整定,即:

$$I_{op} = K_{rel} / K_r I_e \quad (153)$$

式中:

- K_{rel} ——可靠系数,可取 1.2~1.5;
- K_r ——返回系数,可取 0.85~0.95;
- I_e ——柴油发电机额定工作电流二次值。

DL / T 1502 — 2016

- b) 动作时间定值的整定计算。动作于停柴油发电机（跳断路器、关原动力油门），可取 5s~10s。

9.4.4 柴油发电机逆功率保护整定计算方法

- a) 动作功率定值的整定计算：按柴油发电机额定功率的 5% 整定。
b) 动作时间定值的整定计算：动作于停柴油发电机（跳断路器、关原动力油门），可取 2s~3s。

9.4.5 柴油发电机失磁保护整定计算方法

- a) 动作功率定值的整定计算：柴油机失磁后，会吸取感性无功功率，故动作功率可按柴油发电机额定无功功率的 10% 进行整定。
b) 动作时间定值的整定计算：动作于停柴油发电机（跳断路器、关原动力油门），可取 2s~3s。

10 备用电源切换装置整定计算

10.1 备用电源自动投入装置整定计算方法

- a) 工作电源无压定值可取 $(0.25 \sim 0.30) U_n$ ， U_n 为母线电压二次额定值。
b) 工作电源与备用电源有压定值可取 $0.7 U_n$ 。
c) 工作电源无压跳闸时间定值宜大于本级线路电源侧后备保护动作时间。
d) 充电时间定值可取 15s~25s。
e) 母线失压后放电时间定值可取 15s。
f) 自动合备用电源断路器合闸时间定值可取 0s。
g) 分、合闸脉冲时间定值应能保证可靠分、合闸，经实测可取 0.2s~0.5s。

10.2 保安段低电压切换整定计算方法

- a) 动作电压定值的整定计算。动作电压 U_{op} 按与低电压保护定值配合整定，即：

$$U_{op} = (1 / K_{co}) U_{low.set} \quad (154)$$

式中：

K_{co} ——配合系数，可取 1.2~1.3；

$U_{low.set}$ ——低电压保护动作定值。

- b) 动作时间定值的整定计算。动作时间 t 按躲过高压厂用变压器低压分支相间故障保护后备段动作时间整定，即：

$$t = t_{backup} + \Delta t \quad (155)$$

式中：

t_{backup} ——高压厂用变压器低压分支相间后备保护动作时间；

Δt ——时间级差。

10.3 厂用电电源快速切换装置

10.3.1 并联切换

并联切换频差定值可取 0.05Hz~0.20Hz；并联切换压差定值可取 $(0.05 \sim 0.15) U_n$ ；并联切换相差定值可取 $10^\circ \sim 15^\circ$ ；并联跳闸延时定值可取 0.10s~1.00s。

10.3.2 同时切换

同时切换合备用延时定值可取 20ms~50ms。

10.3.3 快速切换整定计算方法

- a) 快切频差定值的整定计算：快切频差 Δf 可按实测数据选定。如无实测数据，可按式 (156) 计算：

$$\Delta f = K_{\text{rel}} \Delta f_{\text{max}} \quad (156)$$

式中：

K_{rel} ——可靠系数，可取 1.3~1.5；

Δf_{max} ——快切过程中实际最大频差值，可取 1Hz。

根据工程经验，快切频差 Δf 可取 1.5Hz。

- b) 快切相角差：快切相角差 δ 指发合令时刻的相差， δ 的计算公式为：

$$\delta = \delta_{\text{lim}} - \delta_{\text{on}} = \delta_{\text{lim}} - \Delta f_{\text{re}} t_{\text{on}} \times 360^\circ \quad (157)$$

式中：

δ_{lim} ——允许合闸极限角（指断路器已合上点），可取 60° ；

δ_{on} ——合闸过程角，按快切过程中实际频差 Δf_{re} （Hz）和断路器合闸时间 t_{on} （s）计算而得。如无实测数据， Δf_{re} 可取 1Hz。

根据工程经验，快切相角差 δ 可取 $20^\circ \sim 40^\circ$ 。

10.3.4 同相位切换定值的整定计算方法

- a) 同相位切换频差。频差定值可取 4Hz~5Hz。
b) 同相位切换越前时间。越前时间应整定为断路器的合闸时间。
c) 同相位切换越前相角。越前相角 δ 的计算公式为：

$$\delta = \Delta f_{\text{re2}} t_{\text{on}} \times (-360^\circ) \quad (158)$$

式中：

Δf_{re2} ——同相位切换过程中实际平均频差，对于 300MW 及以上机组的 6kV 厂用电系统， Δf_{re2} 在 2.0Hz~3.0Hz；

t_{on} ——断路器合闸时间。

根据工程经验，越前相角 δ 可取 $85^\circ \sim 90^\circ$ 。

10.3.5 残压切换

残压切换电压定值可取 $(0.2 \sim 0.4) U_n$ 。

10.3.6 长延时切换

长延时切换延时定值可取 3s~9s。

10.3.7 失压启动

失压启动电压定值可取 $(0.3 \sim 0.7) U_n$ 。

失压启动延时定值应躲过工作母线出线相间短路后备保护最大动作时间 $t_{\text{op.set.max}}$ ，即 $t_{\text{op}} = t_{\text{op.set.max}} + \Delta t$ ，可取 0.5s~2s。

DL / T 1502 — 2016

10.3.8 后备电源监视

后备失电电压定值可取 $(0.7 \sim 0.8) U_n$ ；
后备失电延时定值可取 $0.2s \sim 0.5s$ 。

附录 A
(资料性附录)
常用电容电流计算

A.1 高压厂用电系统电容电流计算

高压厂用电系统的电容以电缆的电容为主。具有金属保护层的单位长度三芯电缆的电容值见表 A.1。

表 A.1 具有金属保护层的三芯电缆每相对地电容值 μF / km

| 电缆截面积 mm ² | U _n | | | |
|--------------------------|----------------|------|------|------|
| | 1kV | 3kV | 6kV | 10kV |
| 10 | 0.35~0.355 | — | 0.2 | — |
| 16 | 0.39~0.40 | 0.3 | 0.23 | — |
| 25 | 0.50~0.56 | 0.35 | 0.28 | 0.23 |
| 35 | 0.53~0.63 | 0.42 | 0.31 | 0.27 |
| 50 | 0.63~0.82 | 0.46 | 0.36 | 0.29 |
| 70 | 0.72~0.91 | 0.55 | 0.40 | 0.31 |
| 95 | 0.77~1.04 | 0.56 | 0.42 | 0.35 |
| 120 | 0.81~1.16 | 0.64 | 0.46 | 0.37 |
| 150 | 0.86~1.11 | 0.66 | 0.51 | 0.44 |
| 185 | 0.86~1.21 | 0.74 | 0.53 | 0.45 |
| 240 | 1.18 | 0.81 | 0.58 | 0.46 |

将求得的电缆总电容值乘以 1.25 即为全系统总的电容近似值（即包括厂用变压器绕组、电动机以及配电装置等的电容）。单相接地电容电流可由下式求出：

$$I_c = \sqrt{3}U_n \omega C \times 10^{-3} \tag{A.1}$$

式中：

- I_c ——单相接地电容电流，A；
- U_n ——厂用电系统额定线电压，kV；
- ω ——角频率，ω = 2πf；
- C ——厂用电系统每相对地电容，μF。

A.2 6kV~10kV 电缆和架空线路电容电流计算

6kV~10kV 电缆和架空线路的单相接地电容电流 I_c 也可通过下式求出近似值：
对于 6kV 电缆线路：

DL / T 1502 — 2016

$$I_c = \frac{95 + 2.84S}{2200 + 6S} U_n \tag{A.2}$$

对于 10kV 电缆线路:

$$I_c = \frac{95 + 1.44S}{2200 + 0.23S} U_n \tag{A.3}$$

式中:

S ——电缆截面积, mm^2 ;
 U_n ——厂用电系统额定线电压, kV 。

对于 6kV 架空线路:

$$I_c = 0.015 \tag{A.4}$$

对于 10kV 架空线路:

$$I_c = 0.025 \tag{A.5}$$

式 (A.4) 和式 (A.5) 中, I_c 单位均为 A/km 。
为简便计算, 6kV~10kV 电缆线路的单相接地电容电流还可以采用表 A.2 的数值。

表 A.2 6kV~10kV 电缆线路单位长度的电容电流 A/km

| 电缆截面积 mm^2 | U_n | |
|------------------------|-------------|------|
| | 6kV | 10kV |
| 10 | 0.33 | 0.46 |
| 16 | 0.37 | 0.52 |
| 25 | 0.46 | 0.62 |
| 35 | 0.52 | 0.69 |
| 50 | 0.59 | 0.77 |
| 70 | 0.71 | 0.9 |
| 95 | 0.82 (0.98) | 1.0 |
| 120 | 0.89 (1.15) | 1.1 |
| 150 | 1.1 (1.33) | 1.3 |
| 185 | 1.2 (1.5) | 1.4 |
| 240 | 1.3 (1.7) | — |

注: 括号内为实测值。

A.3 380V 厂用电系统单相对地电容和单相接地电容电流计算

380V 厂用电系统的接地电容电流一般不超过 1A, 其数值的大小与电缆的选型有关。当采用全塑型电缆时, 其接地电容电流已经接近于零。

采用具有金属保护层的 1kV 电缆, 其每相对地电容值如表 A.3 所示。根据部分工程低压厂用电系统电缆长度汇总计算, 并取平均值。一台低压厂用变压器所配配电网路的单相对地电容和单相接地电容电流如表 A.3 所示。

表 A.3 50MW~300MW 机组低压厂用网络的单相对地电容和单相接地电容电流

| 单机容量 MW | 变压器容量 kVA | 单相对地电容 μF | 单相接地电容电流 A |
|------------|--------------|-------------------------|---------------|
| 50 | 800 | 1.0 | 0.21 |
| 100 | 1000 | 1.5 | 0.31 |
| 125 | 1000 | 2.7 | 0.56 |
| 200 | 1000 | 3.7 | 0.77 |
| 300 | 1000 | 6.5~8.2 | 1.35~1.78 |

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
厂用电继电保护整定计算导则
DL/T 1502—2016

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2016年6月第一版 2016年6月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 3.25印张 93千字
印数 0001—1000册

*

统一书号 155123·3070 定价 27.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3070