# 低厂变保护整定计算和开关配置情况分析

杜志勇
(华润电力登封有限公司,河南 登封 452473)

**摘要**: 通过分析低厂变保护的发展现状、开关与保护的配置方案、华润电力登封有限公司的低厂变保护的整定计算和西门子 F-C真空接触器开关的使用情况,阐明低厂变保护的反时限曲线、变压器过负荷曲线、高压熔断器的安—秒曲线三者之间的配合是合理的,同时也介绍了保护的整定与 F-C真空接触器开关配合是否合理的一种方法。并简单介绍高压限流熔断器的选择方法和实际应用注意事项。

**关键词**: 微机保护; 真空接触器开关; 安-秒曲线; 熔断器

**中图分类号**: TM772 **文献标识码**: B **文章编号**: 1003-4897(2005)21-0027-05

## 0 引言

低厂变一般配置速断、过流、零序等保护,并与少油断路器或真空断路器配合。随着微机保护装置的广泛应用以及新型开关的出现,F-C真空接触器开关也应用到了变压器上。于是就出现了高压限流熔断器与保护装置之间的配合和选用的问题,下面针对此问题作一个简单的分析和介绍。

## 1 低厂变保护的发展现状与保护配置情况

### 1.1 低厂变保护的发展现状

电力系统的飞速发展对继电保护提出了更高的要求,电子技术、计算机技术与通信技术在继电保护中得到了新的应用。对于低厂变保护发展可分为:电磁式继电保护、晶体管继电保护、集成电路继电保护、微机保护 4个历史阶段。

熔断器是最早的、最简单的过载保护,后来出现了反映电流超过一定值的过电流保护。19世纪 90年代出现了装于断路器上并直接作用于断路器一次式的电磁型过电流继电器,20世纪初,随着电力系统的发展,继电器才开始广泛应用于电力系统的保护。这个时期可认为是继电保护技术发展的开端。50年代我国出现了感应型过电流继电器。这是电磁式继电保护的时代,为我国继电保护技术的发展奠定了坚实基础。自 50年代末,晶体管继电保护已开始研究。60年代中到 80年代中是晶体管继电保护蓬勃发展和广泛采用的时代。从 70年代中,集成运算放大器的集成电路保护已开始研究。到 80年代末集成电路保护已形成完整系列,逐渐取代晶体管保护。到 90年代初集成电路保护的研制、生产、应用仍处于主导地位,这是集成电路保护的时代。从 70年代末开始了微机保护的研究,90年代中期进入了微机保护的应用时代。

微机保护以它体积小、接线简单、功能齐全、运行可靠、维护和校验方便等优势,成为以后发展的必然趋势。

### 1.2 低厂变保护配置情况

低厂变开关一般选用少油断路器或真空断路器,由于真空断路器维护量小,机构简单可靠,因此得到了广泛应用,而少油断路器基本不用。近年来又出现了 F-C真空接触器开关,应用范围由电动机发展到低厂变。现代大型电厂已将真空断路器和 F-C真空接触器开关作为高压厂用系统主开关。

F-C真空接触器开关与真空断路器相比,它的体积小,仅为真空断路器的一半,且造价低。对于频繁启动的电动机具有良好的启动性能,这是它的优点。但接触器没有断弧能力,无法切断短路电流,只能靠熔断器切断短路电流,每次故障后若一相熔断,须三相同时更换,熔断器与保护装置的配合也比较困难。

根据负荷性质、保护装置的配置情况来选择真空断路器或 F-C真空接触器开关,既保证合理的造价,又可充分发挥它的作用。F-C真空接触器开关配置 MTPR-10H2型微机保护装置,由熔断器来开断过载电流和短路电流,保护装置动作于高压真空接触器断开过载电流(此过载电流对高压真空接触器在额定开断电流范围内)和正常工作电流。真空接触器可远方开合。因此,配合后其性能、价格比断路器、隔离开关加常规保护优越,并可以缩小占地面积。

## 2 低厂变保护整定计算

### 2.1 低厂变技术参数

变压器型号: SCB9 - 1250/10;

变压器参数: $S_e$ = 1 250 kVA, $U_e$ = 6.3 ±2 × 2.5% /0.4 kV, $U_d$ = 6%, $I_e$ = 114.6/1 804 A;

开关类型: F + C;

熔断器型号: XRNT1 - 12 kV/160 A;

电流互感器型号及变比: LZZBJ9 - 6/0.5, 5P10 200/5;

保护型号: MTPR - 10H2;

接触器一次遮断额定电流 $I_{Se}$ = 400 A;

最小方式下 d1点的两相短路电流 $I_{d\,min}^{(2)}$ = 16 071 A;

最大方式下 d2点的三相短路电流 $I_{d\,max}^{(3)}$ = 1 771 A

### 2.2 保护定值整定计算

#### 2.2.1 变压器高压侧二次额定电流

$$I_s = \frac{I_e}{n_I} = \frac{114.6}{200/5} = 2.87\ \text{A}$$

,其中 $I_s$ 为变压器二次额定电流。

#### 2.2.2 接触器二次遮断电流

$$I_z = K_k \times \frac{I_{Se}}{n_I} = 1.5 \times \frac{400}{200/5} = 15\ \text{A}$$

,其中 $K_k$ 为可靠系数。换算到一次值 $I_{Z1}$ = 15 × 40 = 600 A。

#### 2.2.3 电流速断保护

低厂变的速断保护一般按躲过系统最大运行方式下变压器低压母线三相短路电流或低厂变励磁涌流来整定,故其保护范围是从保护安装处到变压器的高压绕组。

速断保护的优点是接线简单,动作迅速,但存在以下缺点:

作为变压器内部故障的保护其保护范围是很有限的。因最大运行方式须躲过低压侧外短路,故最小运行方式下保护范围更小。

从变压器的低压绕组到低压断路器之间的故障要靠过电流保护来切除,切断故障较慢,对系统安全运行不利。

1)按躲过系统最大运行方式下变压器低压母线三相短路时,流过保护装置的短路电流整定。

图 1为短路电流计算的短路点图,速断保护按躲 d2点三相短路电流整定,校验保护灵敏度为 $K_{lm} = \frac{I_{d\,min}^{(2)}}{I_{DZ}} \geq 2$。

保护装置的二次动作电流 $I_{dz\,j} = K_k \times K_{jx} \times \frac{I_{d\,max}^{(3)}}{n_I}$ = 1.5 × 1 × $\frac{1\,771}{200/5}$ = 66.41 A。

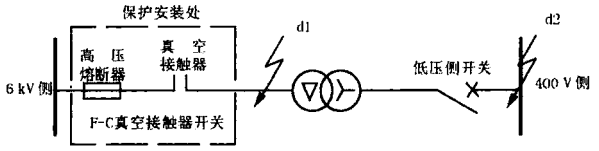


**图 1 低厂变短路电流计算点图**

Fig 1 Short current accounting place of LV transformer

2) 按躲过空投低厂变时的励磁涌流整定

$$I_{dz\,j} = K_{jx} \times \frac{5I_e}{n_I} = 1 \times \frac{5 \times 114.6}{200/5} = 14.325\ \text{A},$$

取 $I_{dz\,j}$ = 67 A $I_{DZ}$ = 67 × 40 = 2 680 A,

$$K_{lm} = \frac{I_{d\,min}^{(2)}}{I_{DZ}} = \frac{16\,070}{2\,680} = 5.99 > 2。$$

速断保护定值: $I_{dz\,j}$ = 67 A, $t_{dz\,j}$ = 0 s动作于高、低压侧开关跳闸。

式中: $K_{jx}$为接线系数; $K_{lm}$为灵敏系数; $I_{d\,max}^{(3)}$为最大运行方式下变压器低压侧母线上 d2点发生三相短路时的三相短路电流。$I_{d\,min}^{(2)}$为最小运行方式下保护安装处 d1点发生两相短路时的两相短路电流。

#### 2.2.4 反时限过流保护

由于低厂变低压侧母线上接的都是末级负荷,即电动机和馈线负荷,该负荷大部分是自带的反时限电流保护,故低厂变过流保护采用反时限,按躲过变压器可能出现的最大负荷电流(电动机自启动等引起的最大负荷电流)来整定,该反时限过流保护兼有速断保护功能。其保护范围是从保护安装处到末级负荷,作为低压厂变内部及其相邻元件线路短路的后备保护。

$$I_{dz\,j} = K_k \times K_{jx} \times \frac{I_e}{K_{fh} \times n_I} =$$

$$1.14 \times 1 \times \frac{114.6}{0.9 \times 200/5} = 3.629\ \text{A}$$

取 $I_{dz\,j}$ = 3.7 A, τ = 90 s,投二次曲线。对应于一次 $I_{DZ}$ = 3.7 × 40 = 148 A。

根据顺特变压器厂提供的变压器过载曲线(环境温度 $\theta_R$ = 40℃)

取 $P_V = 0.7P_n$, $n = \frac{P_V}{1.1P_n} = \frac{0.7P_n}{1.1P_n} = 0.64$, 按 $n = 0.8$查变压器过载曲线知:

变压器过载 3.5倍时允许运行 370 s。

$$t=\frac{\tau}{\left(\frac{I_d}{I_{dzj}}\right)^2-1.05^2}=\frac{90}{3.5^2-1.05^2}=8.07\ s。$$

式中：$K_{fh}$为返回系数；$P_n$为变压器的额定容量；$P_V$为变压器初始容量；τ为保护装置的时间常数。

2.2.5　高压侧接地保护 $I_{0dzj}$，$t_{0dzj}$

变压器高压侧接地保护用来保护该绕组的内部及出线上的接地短路，也可作为相邻母线和线路接地短路的后备保护。

按一次侧电流为 10 A时保护动作整定：

$I_{0dzj}=10$ A，$t_{0dzj}=0.3$ s。

保护整定为 $I_{0dzj}=10$ A(一次值)，$t_{0dzj}=0.3$ s定时限延时动作于高、低压侧开关跳闸。

2.2.6　本体温度保护

投入，按厂家提供的定值为准。

2.2.7　FC方式

投入。在不同的故障下，短路电流有可能大于真空接触器的遮断电流，此时电流速断保护、反时限过流保护在熔断器熔断前动作跳闸，会烧毁接触器，因此要加相应的闭锁。FC方式投入，是指一次回路电流超过接触器遮断电流 $I_{Z1}$（$I_{Z1}=15\times40=600$ A）时，保护装置被闭锁，故保护装置可靠不动作。速断保护在 F-C真空接触开关回路已失去其意义，但厂家为使产品的统一才设置了 FC方式的投退方式。这也正说明低厂变保护装置与 F-C真空接触器开关配合的弊端。

## 3　低厂变保护整定计算结果分析

保护装置的反时限启动二次电流为 $I_{dzj}=3.7$ A，折算到一次为 $I_{DZ}=3.7\times40=148$ A。再根据选择的保护装置二次曲线 τ = 90 s，公式 $t=\frac{\tau}{(I_d/I_{dzj})^2-1.05^2}$算出曲线上几个典型点的一次电流值和对应的动作时间，绘制在安-秒曲线坐标内，具体点见表 1。将变压器过负荷曲线也绘在安-秒曲线坐标内。

表 1　一次电流值和对应的动作时间

Tab.1　Primary current value and opposite acting time

| | 第一点 | 第二点 | 第三点 | 第四点 | 第五点 | 第六点 | 第七点 | 第八点 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 电流/A | 300 | 600 | 900 | 1 200 | 1 600 | 2 000 | 2 400 | 2 800 |
| 时间/s | 29.9 | 5.87 | 2.50 | 1.40 | 0.78 | 0.50 | 0.34 | 0.25 |

图 2是 MTPR-10H2型保护装置的反时限曲线、XRNT1-12 kV/160 A熔断器的安-秒曲线及变压器的过负荷曲线图，曲线 1为保护装置的反时限曲线，曲线 2为变压器的过负荷曲线，曲线 3为熔断器的安-秒曲线。

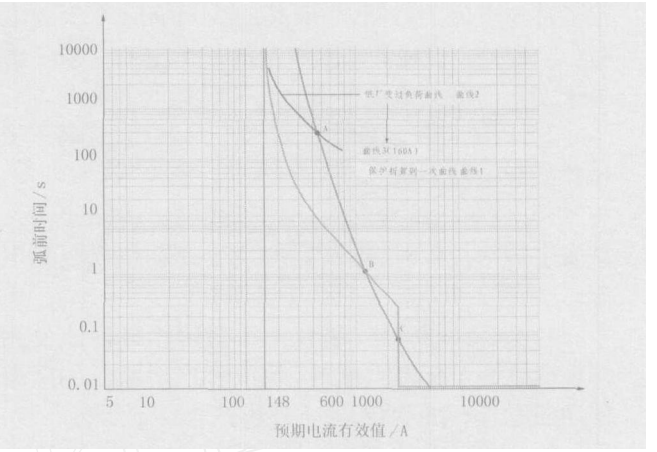


图 2　曲线图

Fig.2　Different curves

由图 2可以看出，速断保护的一次动作电流为 2 680 A，对应于熔断器的熔断时间在 0.1 s以下，但保护装置动作时间更短。这时若保护装置动作于真空接触器，由于真空接触器没有断弧能力，不仅断不开故障电流，还会被电弧烧毁，最后还要靠熔断器断开故障电流，因此保护装置和熔断器的配合非常重要。合适的配合应是当短路故障电流超过真空接触器的遮断电流时应由熔断器断开故障电流，否则由保护装置作用于真空接触器断开。

由变压器保护定值计算可知，保护装置的动作电流范围应在 148～600 A之间，此范围内保护装置在熔断器熔断之前动作，同时还比变压器过负荷允许时间提前动作。因此在真空接触器的遮断电流内，由保护装置断开变压器允许的过载电流；当超过真空接触器的遮断电流 600 A时，由熔断器断开变压器的过载电流或短路电流，此时由于 FC方式投入，保护装置被闭锁，而且也在变压器过负荷允许时间之前动作。显然，保护装置的整定结果与一次开关的配合方式完全符合《继电保护和安全自动装置技术规程》的要求。

## 4　高压限流熔断器的选择方法和实际应用注意事项

### 4.1　高压限流熔断器的选择方法

为了使变压器得到合适的保护，一般要根据变压器的特定任务来选择熔断器，其主要参数有变压器的满载电流、允许过载电流及浪涌冲击电流，还应结合下述原则进行。

1) 熔断器的安-秒特性曲线应该位于变压器

浪涌冲击电流的右侧,一般其曲线间隔应为 25%左右 (电流方向),对于变压器浪涌冲击电流一般考虑等于变压器满载电流的 12倍,其持续时间为 0.1 s。

2) 限流熔断器的电流等级应足够高,且高于变压器满载电流等级。

3) 当变压器发生内部故障或副边线圈接头区域发生短路故障时,熔断器应能迅速动作以隔离电源。

4) 如果熔断器安装在一个封闭柜体内或使用环境温度高于标准要求时,均应考虑熔断器的降熔使用问题,以保证熔断器不在过热条件下运行。

按 IEC标准的规定,熔断器可在环境温度为 -25℃～40℃之间的范围正常工作,而当温度低于 -25℃时熔断器的机械性能将受到影响,而当温度高于 +40℃时每升高 1℃熔断器额定电流就应降低 1%使用。

对于安装在封闭柜体中的三相熔断器,由于三相熔断器温升之间互相干扰,熔断器额定电流一般应降容 10%使用,额定电流低于 20 A的熔断器可不考虑。

5) 如图 3所示,高压侧熔断器的安 -秒特性和低压侧的保护装置特性 (折算到高压侧)的交点为 B,为使变压器高压侧的熔断器和低压侧的熔断器或保护装置间有一个良好的配合,其对应的电流值应大于低压侧短路引起高压侧的最大故障电流值。

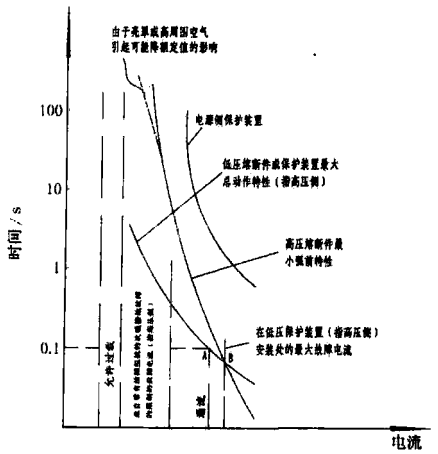


**图 3 HV/LV变压器回路的保护特性**

Fig 3 HV/LV protection characterisic of the transformer circuit

### 4.2 安装与更换

在安装前首先应检查熔断器外观是否良好、清洁。如果熔断器遭受过摔落或剧烈震动后,则应检查其电阻值。

在安装时,要注意熔断器上所标明的撞击器方向,以便安装在正确位置上,然后锁紧底部弹簧卡圈及螺栓,防止接触过松。

在三相系统里,当一个熔断器发生动作后,一般三个熔断器均应更换,除非能证实仅有一个熔断器通过了短路电流。这主要是因为尽管其它两个熔断器未熔断,但有可能已经严重损伤而接近损坏。

如果熔断器选择得当,应很少发生动作,否则很可能是系统的选择配合不当或熔断器的计算选择有误,应进一步地检查和计算。选择合理的熔断器,其寿命可在 20年以上。还可在检修设备时,用测量熔断器内阻的变化来判断其是否老化,内阻变化范围应在 ±10%之内,以便及时更换。

## 5 结束语

通过保护整定计算以及对三种曲线的分析可知,当电流在保护装置的启动电流和 F-C真空接触开关遮断电流之间时,保护装置的反时限曲线必须在低厂变过负荷曲线的左侧;当电流超过 F-C真空接触开关遮断电流时,熔断器的安 -秒曲线必须在低厂变过负荷曲线的左侧。因此,万利达保护与 F-C真空接触开关的配合是合适的。另外熔断器的选择不但与变压器的满载电流、允许过载电流及浪涌冲击电流有关,还与环境温度、封闭安装产生的降容等因素有关。

在本例中,微机保护装置也可起到保护作用,配合也正确,但熔断器本身就是一种既简单,又具有反时限特性的保护装置,因此微机保护装置的作用并不明显,反而显得多余。如果真空接触器与高压熔断器配合,真空断路器与微机保护装置配合会更为经济合理些。

**参考文献**:

[1] 王梅义. 高压电网继电保护运行技术 [M]. 北京:电力工业出版社, 1981.
WANG Mei-yi. Relay Protection Running Technique of HV Electric Network[M]. Beijing: Electric Power Industry Press, 1981.

[2] 沈国荣. 工频变化量方向继电器原理的研究 [J]. 电力系统自动化, 1983, 7(1).
SHEN Guo-rong. Study of Orientation Relay of 50 Hz Diversification Quantity[J]. Automation of Electric Power Systems, 1983, 7(1).

[3] 葛耀中. 数字计算机在继电保护中的应用 [J]. 继电器, 1978, 6(3).

GE Yao-zhong. Application of Digital Computer in the Relay Protection[J]. Relay, 1978, 6(3).

[4] 杨奇逊. 微型机继电保护基础 [M]. 北京:水利电力出版社, 1988.
YANG Qi-xun. Basic of Microprocessor-based Protection Equipment[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1988.

[5] 微机保护、自动装置产品汇编合订本 [Z]. 珠海万力达电气有限公司, 2002.
Production Corpus for Collected Edition of Microprocessor-based Protection Equipment, Automechanism [Z]. Zhuhai Wanlida Electric Co., Ltd, 2002.

[6] 王季梅. 高压限流熔断器的合理选用 [Z]. 西安:西安熔断器制造公司, 2003.
WANG Ji-mei. Logical Use of HV Current Limiting Fuse [Z]. Xi′an: Xi′an Fusegear Manufacture Co., Ltd, 2003.

[7] 卓乐友. 电力工程电气设计手册 (2) [M]. 北京:中国电力出版社, 2001.
ZHUO Le-you. Electric Design Handbook of Electric Power Engineering, Part Ⅱ [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.

**收稿日期**: 2005-03-22; **修回日期**: 2005-05-17

**作者简介**:
杜志勇 (1974 - ),男,助理工程师,从事继电保护工作。
E-mail: zdu@www.cr-dengfeng.com

## Analysis of LV transformer's protection setting and switch allocation

DU Zhi-yong
(Dengfeng Branch, China Resources Electric Power Co., Ltd, Dengfeng 452473, China)

**Abstract:** This paper presents the cooperation of the inverse time limit curve of LV auxiliary transformer, the overload curve of transformer and the A-S curve of HV fuse based on analysis of the development of LV auxiliary transformer protection, LV auxiliary transformer protection setting in Dengfeng Branch, and the use of Siemens F-C vacuum contactor switch. A method is introduced to check whether the matching of the relaying protection and the F-C vacuum contactor switch is reasonable. How to choose the HV fuse and the instructions in application are also put forword.

**Key words:** microprocessor-based protection; switch of vacuum contactor; A-S curve; fuse

## 我国第一条 750 kV输变电工程安全稳定运行

我国第一条 750 kV输变电工程顺利投产以来,目前已经安全、稳定运行 17天。

据了解,750 kV输变电示范工程投运后,输变电设备运行正常,未发生事故跳闸等异常情况。自 9月 26日工程投运始,截至 10月 13日,我国第一条 750 kV输变电工程已安全运行 17天。投运运行后 750 kV线路电压均在合格范围之内。自投运以来,设备、线路巡视均严格按规定进行。

750 kV输变电示范工程投运后,兰州、西宁输变电运行工区认真开展技术监督,做好运行监视工作。在投运的半月内每天进行一次色谱分析,同时进行 A、B、C三相间色谱比较分析。严密监测变压器油含水量,每次进行色谱分析时进行微水测量工作。运行人员坚持每运行班巡视一次,对检测数据进行分析;坚持每天进行一次红外测试,重点监测变压器套管及接头、油箱、潜油泵的温度等并定期进行夹件及铁心接地电流监测,数据也均正常。同时,还加强了对 750 kV GIS、电压互感器、避雷器等设备新投运行期间的巡视检查和运行维护工作,设备运行正常。

750 kV输变电示范工程是目前国内最高电压等级,也是世界上海拔最高的 750 kV输变电工程,填补了我国 500 kV以上电压等级的空白,标志着我国电力工业发展到了一个新阶段,并跨入世界先进行列。这是我国自己第一次设计、第一次建设、第一次设备制造、第一次运行管理的具有世界先进水平的输变电工程,充分体现了我国电网发展在科研、设备制造、工程设计以及施工建设等方面的能力和潜力,为我国发展特高压电网,建设坚强国家电网奠定了坚实基础。