

# 高压负荷开关-熔断器组合电器的转移电流

马建芬,陈才俊

(机械工业第四设计研究院,河南 洛阳 471039)

**摘要:**对高压负荷开关和熔断器组合电器的转移电流进行分析,通过计算和逐步推进的方法对组合电器的使用条件提出看法。

**关键词:**负荷开关;熔断器;组合电器;转移电流

**中图分类号:**TM564 **文献标识码:**B

## The Transfer Current of High Voltage Load Switch - Fuse Combined Electrical Apparatus

MA Jian-fen, CHEN Cai-jun

(No. 4 Design and Research Institute of Mechanical Industry, Luoyang 471039, China)

**Abstract:** The transfer current of high voltage load switch and fuse combined electrical apparatus is analyzed. By calculation and gradual approach, the view in use for the combined electrical apparatus is proposed.

**Key words:** Load switch; fuse; combined electrical apparatus; transfer current

### 1 转移电流的来历

高压负荷开关和熔断器串联的电器称负荷开关-熔断器组合电器(以下称组合电器),该组合电器常用来保护电力变压器。

熔断器具有撞击器,如果变压器发生故障,而故障电流较小,故障电流将某一相(称首开相)熔断器熔断,触发撞击器,在极短的时间内半轴机构解列,释放分闸弹簧的储能,使负荷开关的三相同时动作,切断了其余二相的故障电流,避免了缺相运行。

如果变压器发生故障引起的短路电流较大,此时熔断器熔断时间一定比刚才的短,且离散性已不突出,3个熔断器竟一起熔断了,熔断时间那么短促,以致在撞击器完成一连串机械动作,切断负荷开关前,三相短路电流都被熔断器切断了,于是就引出转移电流的概念。

IEC标准对转移电流有明确的定义,它与撞击器触发负荷开关的分闸动作时间有关,用 $T_0$ 表示分闸动作时间。 $0.9T_0$ 称 $T_{m1}$ , $T_{m1}$ 是一把“尺”,用它在指定的熔断器的最小时间-电流特性曲线(偏差为-6.5%的时间-电流特性曲线)上读取对应的电流。如三相

短路电流小于这个电流,其熔断时间一定大于 $0.9T_0$ ,使撞击器有足够的时间去撞开负荷开关,大于这个电流时,熔断时间一定小于 $0.9T_0$ ,不等撞击器完成动作过程,3个熔断器都熔断了,这里有个分界点,这个转换负荷开关和熔断器开断职能的三相对称电流(分界点)称组合电器的转移电流。

转移电流的大小,首先与分闸动作时间有关,IEC标准对 $T_0$ 选值为 $0.05 \sim 0.3s$ ,我国大多数产品则是 $0.1 \sim 0.2s$ (指气压型的负荷开关),其次与熔断器的特性有关。

转移电流应由制造厂的产品样本给出,但样本给出的往往是额定转移电流,所谓额定转移电流是熔断器配最大熔体时的转移电流,实际上所选熔体不一定是最大的,因此又有实际转移电流一说,实际转移电流就应根据制造厂提供的时间-电流特性曲线去找。

### 2 转移电流的实际应用

按照《工业与民用配电设计手册》(第三版)第217页所示,实际转移电流 $I_{tr}$ 应小于变压器低压侧母线的三相短路电流 $I_m$ ,即 $I_{tr} < I_m$ 。 $I_m$ 是折算至高压侧的值。

可以这样理解,如能满足上述条件,在变压器内部发生三相短路时,短路电流一定大于转移电流,此时由熔断器切断三相短路电流,可以保证负荷开关安全。否则我们担心负荷开关没有能力切断短路电流,这个短路电流是三相短路电流的0.87(两相短路电流与三相短路电流之比)倍。此时,负荷开关不但须具有开断负荷电流的能力,还须具有开断转移电流的能力。另一方面,由高压侧开关来断开短路发生在低压侧的短路回路,将有瞬时恢复电压(TRV),其陡度很大,负荷开关恐难承受。

具体分析一下转移电流的实用意义。假设10kV系统的短路容量为无限大,系统分别向500kVA、630kVA、800kVA、1000kVA、1250kVA干式变压器供电,500kVA、630kVA变压器的阻抗电压为4%,其余均为6%,组合电器配用的熔断器分别为50A、63A、80A、100A、125A,根据某制造厂提供的资料,上述熔断器的实际转移电流分别为410A、560A、740A、1240A、1480A(取 $T_0=0.1s$ ),经计算,当变压器低压母线发生三相短路时,短路电流分别为460A、870A、730A、920A、1150A(计算过程略)。

按上述手册要求,符合条件的仅是500kVA、630kVA变压器。以上假设系统短路容量为无限大,根据计算,对500kVA变压器,系统短路容量在71MVA时,对630kVA变压器,系统短路容量在29MVA时,也能维持低压母线的三相短路电流不小于转移电流,说明在大多数情况下,对500kVA、630kVA变压器使用组合电器是安全的。

### 3 组合电器开断转移电流的能力

负荷开关的额定电流为630A,试想800kVA变压器运行在短路容量为无限大的系统,低压侧母线的三相短路电流是730A,小于转移电流740A,则要求负荷开关开断的电流是635A( $0.87 \times 730A$ ),超过了额定开断电流630A,能不能因此说800kVA及其以上的变压器采用630A的组合电器是欠安全的?这样的结论并不全面。

按照组合电器的制造标准,有一项指标称“额定开断转移电流能力”,如某品牌的样本称:额定开断电流为630A的六氟化硫负荷开关,其开断转移电流( $\cos\phi=0.2$ )的能力为1750A,3次。

负荷开关除压气型的外,还有六氟化硫型、真空型,由于后两种采用的绝缘介质性能优越,其开断转移

电流的能力比压气型(约1300A)的大,可达2000A左右,因此六氟化硫型、真空型的组合电器用在800kVA,甚至1250kVA对开断转移电流来说是无虞的。

某地电力公司的做法:容量在800kVA以内的变压器,选用以空气作为绝缘的一般型负荷开关,容量在800~1250kVA的变压器,选用真空或六氟化硫绝缘的频繁型负荷开关。容量大于1250kVA变压器则要求选用断路器进行保护及控制。

### 4 组合电器的使用条件

对800~1250kVA变压器,如果变压器是干式的,由于 $I_m < I_{m0}$ ,无法回避TRV的威胁。如果变压器是油浸式的(阻抗电压为4.5%),对800kVA变压器,如系统短路容量在56MVA以上,能满足 $I_m > I_{m0}$ 的条件,对1000kVA变压器,即使系统短路容量为无限大,也不能满足这个条件,对1250kVA变压器,系统短路容量须在830MVA以上才能满足这个条件。以上说的均以转移电流是本文前面提到的数字( $T_0=0.1s$ 时)为条件。

但实际上,我们应考虑到:转移电流与 $T_0$ 有关, $T_0$ 由撞击器动作持续时间 $t_c$ 和负荷开关固有分闸时间 $t_f$ 构成,前者可认为是20ms,后者是65~80ms(压气型)或10~20ms(六氟化硫型、真空型),因此,压气型的 $T_0$ 可取0.1s,六氟化硫型、真空型的可取0.05s,当用六氟化硫型、真空型时,因 $T_0$ 趋小而使转移电流趋大。从某型100A熔断器的时间-电流特性曲线查到, $T_0=0.1s$ 时, $T_m=0.09s$ ,转移电流为1240A, $T_0=0.05s$ 时, $T_m=0.045s$ ,转移电流近1800A。因此不论干变或油变,均无法满足 $I_m > I_{m0}$ 的条件。因此笔者对某地电力公司的做法,将频繁型负荷开关用在800~1250kVA变压器,存在疑惑,除非将这种负荷开关的固有分闸时间或撞击器动作持续时间调大,减小其转移电流。因为 $I_m > I_{m0}$ 是一定要遵守的条件。

因此为了正确使用组合电器,必须了解下列数据,进行必要的计算:系统短路容量、变压器阻抗电压、组合电器的实际转移电流、负荷开关开断转移电流的能力。核查负荷开关开断转移电流能力,核查变压器低压母线处的三相短路电流是否大于实际转移电流。

#### 参考文献

- [1] 中国航空工业规划设计研究院,等编.工业与民用配电设计手册[5].3版.2005.10.