

# F-C 真空接触器在电动机保护中的整定计算

杨捷<sup>1</sup>, 姚娟<sup>1</sup>, 唐宇<sup>2</sup>

(1. 河南机电高等专科学校, 河南 新乡 453002; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** F-C 真空接触器在 1 200 kW 以下电动机保护中得到了越来越多的应用, 但是, 保护整定和保护配合不当将引起保护的误判, 严重影响该设备的可靠性和应用性。该文介绍了 F-C 真空接触器的特点, 保护的整定计算方法, 限流熔断器的选择, 最后通过 F-C 真空接触器保护的动曲线、电动机的过负荷曲线以及熔断器安-秒特性曲线分析了保护的配合方法, 该方法实用有效。

**关键词:** 真空接触器; 保护整定; 电动机

## Setting calculation methods with F-C vacuum contactor in the electric motor protection

YANG Jie<sup>1</sup>, YAO Juan<sup>1</sup>, TANG Yu<sup>2</sup>

(1. Henan Mechanical and Electrical Engineering College, Xinxiang 453002, China;

2. XJ Electric CO., Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** F-C vacuum contactor has been more and more applied in electric motor protection below 1200 kW. However, the protection setting and the unsuitability of protection will cause misjudgment which will seriously affect the reliability and utility of the equipment. This paper introduces characteristics of the F-C vacuum contactor, method of calculating protection setting, and selection of the limiting current fuse. In virtue of F-C the curve, motor overload curve and fuse current-second curve, it analyzes the protection coordinate method which is effective.

This project is supported by National Natural Science Foundation of Henan Province(No.0411015000).

**Key words:** vacuum contactor; protection setting; electric motor

中图分类号: TM722 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)16-0077-03

## 0 引言

由于真空接触器的结构简单, 体积小, 价格低, 不污染, 不爆炸, 能频繁操作等优点, 在容量为 1 200 kW 以下的电动机控制回路中, 部分替代断路器得到了越来越多的应用。但是, 如果保护整定不当将可能引起熔断器的频繁熔断, 影响设备的正常运行, 严重的引起真空接触器的爆炸, 酿成事故。针对这些问题, 本文详细介绍了真空接触器用于电动机保护的整定计算方法以及保护之间配合的原则。

## 1 F-C 真空接触器的特点

F-C 真空接触器是真空接触器和熔断器的组合电器, 具有真空接触器和熔断器两方面的优势<sup>[1]</sup>。真空接触器触头采用 AgWC 或 CuWTe 材料, 具有截流值低, 功耗小, 操作频率高, 寿命长等优点;

限流式熔断器能够在短路电流达到第一个波峰前熔断, 具有灭弧能力强、开断电流大、价格低廉的优点。由于集中真空接触器和熔断器的优点, 所以和断路器相比 F-C 真空接触器在一些领域优势十分明显:

(1) 切断故障电流速度快。断路器的全开断时间需要 100 ms 左右, 而 F-C 真空接触器切断故障电流只需要半个周期, 即 10 ms 以内, 这将减轻被保护负载设备短路冲击的影响, 减少电动机绕组绝缘故障。

(2) 截流过电压低。真空开关开断小电感电流时, 由于弧柱扩散速度太快, 阴极斑点附近的金属蒸气压力和温度急剧下降, 金属质点的蒸发不能维持弧柱的扩散, 造成电弧电流不是在电流自然过零时熄灭, 而是在到达零点之前的某一瞬时值时发生强制熄弧突然下降为零, 从而形成截流, 产生较高的截流过电压。由于真空接触器触头采用 AgWC 或 CuWTe 材料, 其截流过电压值低, 一般在截流值小

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目 (0411015000)

于 1 A 时,产生的截流过电压不超过额定电压的 1.3 倍,在截流值小于 10 A 时,产生的截流过电压不超过额定电压的 3.1 倍。根据文献[1]可知产生截流过电压的公式如下:

$$U_m = \sqrt{U_0^2 + (I_{ch}Z)^2}$$

式中:  $U_0$  为截流时电容初始电压,  $I_{ch}$  为截流电流的有效值, 并且  $Z=L/C$ 。

在容量为 1 200 kW 以下的电动机控制回路中,特征阻抗  $Z$  较大, 并且电动机容量越小  $Z$  越大,产生的截流过电压越高, 所以, 在中小型电动机控制回路中采用 F-C 真空接触器更合适。

(3) 经济性好。使用 F-C 真空接触器比使用断路器占地面积小; F-C 真空接触器的机械寿命在 300 万次, 电寿命在 60 万次, 而断路器的机械寿命在 1 万次, 电寿命更短; F-C 真空接触器的价格是断路器价格的一半左右。另外, 由于熔断器的限流特性,可以降低负载的动稳定性和热稳定性, 进一步降低工程的造价。

## 2 电动机保护整定计算

F-C 真空接触器提高的电动机保护包括电流速断保护, 纵联差动保护, 单相接地保护, 过负荷保护等<sup>[2-4]</sup>。

已知参数: 电动机额定电压为 6 kV, 额定功率为 850 kW, 运行额定电流为  $I_{NM}=97$  A,  $K_{st}=5.8$ ,  $\cos\varphi=0.89$ , 起动时间 6 s (此为推荐值, 建议电动机启动时间最好实测), 起动电流为 600 A, CT 变比为 150/5, 在最小运行方式下, 电动机出口端三相短路电流  $I_{Kmin}^{(3)}=9\ 000$  A。实现电流速断和过负荷保护, 采用两相电流差接线。

### 2.1 电流速断保护<sup>[5]</sup>

(1) 按躲过电动机的最大启动电流整定

$$I_{OP.1} = K_{rel} I_{st.max} = K_{rel} K_{st} I_{NM}$$

式中:  $K_{rel}$  为可靠系数,  $K_{st}$  为启动系数,  $I_{st.max}$  为电动机的最大启动电流,  $I_{NM}$  为额定电流。

$K_{rel}$  取 2, 则:

$$I_{OP.1} = K_{rel} K_{st} I_{NM} = 2 \times 5.8 \times 97 \approx 1125$$
 A

(2) 灵敏度校验

按系统最小运行方式下, 电动机出口端最小两相短路电流流过保护时校验, 即

$$K_{min} = \frac{I_{Kmin}^{(2)}}{I_{OP.1}^{(2)}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \times 9000}{\sqrt{3} \times 1125} = 3.99 \geq 2$$

电流速断保护接线简单, 动作迅速, 是电动机最严重的相间短路的主保护, 可以很好地避免电动机严重烧损。

### 2.2 过负荷保护

根据电动机允许过热条件, 电动机的过负荷保护应当具有反时限特性, 反时限保护整定计算比较复杂, 但是反时限过负荷保护和熔断器更容易配合, 能够用较短的平均动作时间切除故障, F-C 真空接触器普遍采用反时限过负荷保护。

(1) 动作电流整定

$$I_{op.r} = \frac{K_{rel} K_w}{K_{re} K_i} I_{NM} = \frac{1.2 \times \sqrt{3}}{0.85 \times 30} \times 97 = 8$$
 A

式中:  $K_w$  为保护装置接线系数,  $K_{re}$  为保护装置返回系数,  $K_i$  为电流互感器变比。

(2) 反时限特性的确定<sup>[6]</sup>

$$t_{OL} = \frac{150}{\left(\frac{2I_{op.r}K_i}{K_w I_{NM}}\right)^2 - 1} = \frac{150}{\left(\frac{2 \times 8 \times 30}{\sqrt{3} \times 97}\right)^2 - 1} = 20.9$$
 s

### 2.3 单相接地保护

绝大部分电机是起动过程中或起动后 2 min 内出现接地故障, 尤其出现单相接地故障后, 因保护装置不动作而烧坏电机情况占故障电机的近 50%。

按 GB50062-1992 规定, 电动机的单相接地电流大于 5 A 时, 应装设单相接地保护。

### 2.4 其它保护

除了上述保护外, 当电动机的容量在 2 000 kW 以上, 或者很重要但电流速断灵敏度不能满足要求时, 若具有 6 个引出线, 可装设纵差动保护, 根据电动机厂家的实际要求进行整定即可。

## 3 限流熔断器的选择

用于电动机保护的熔断器必须依据使用条件来选择, 应考虑的数据有: 工作电压, 启动电流, 启动时间, 每小时启动次数, 电动机满负荷电流, 安装现场的短路电流。

短路保护通过熔断器实现, 通常选择比电动机更高的额定电流以避免启动电流的影响, 但不能同时进行过负荷保护。因此必须有反时限或定时限继电器对过负荷进行保护。接触器、电流互感器、电缆、电动机本身及电路中其他设备可能会受到因长期过负荷或允通能量超过耐受能量而造成损害。为避免损害, 熔断器的脱扣与其他保护继电器须良好配合, 在电流时间特性曲线上, 要使继电器曲线和

熔断器曲线交于一点。

根据文献[7]按照上述方法选择的电动机容量、启动次数、启动时间与熔断器关系如表 1 所示。

限流熔断器熔体的选择要考虑三方面因素：躲过电动机允许的正常过负荷电流；躲过电动机低压侧电动机自启动引起的尖峰电流；躲过电动机励磁

涌流的影响。熔体额定电流计算公式如下：

$$I_{FEN} = (1.5 \sim 2)I_{NM}$$

可知其对应的安-秒特性曲线如图 1 中曲线 2 所示。

表 1 电动机容量、熔断器额定电流、启动时间和电流一览表

Tab.1 Motor capacity, fuse current rating, acting time and current schedule

电动机功率/kW	启动时间/s	启动电流/A	熔断器熔体额定电流/A				
			2*	4*	8*	16*	32*
400	6	300	160	160	160	160	160
500	6	400	160	160	160	200	200
630	6	500	200	200	200	224	224
800	6	600	224	224	224	224	224
1 000	6	750	250	250	250	250	250
1 250	6	950	315	315			
400	15	300	160	160	160	200	200
500	15	400	200	200	200	224	224
630	15	500	224	224	224	224	224
800	15	600	224	224	224	250	250
1 000	15	750	315	315	315		
1 250	15	950					
400	60	300	200	200	200	200	200
500	60	400	224	224	224	250	250
630	60	500	224	250	250	315	315
800	60	600	250	315	315	315	315
1 000	60	750					
1 250	60	950					

注：\*为启动频次，次/h

#### 4 F-C 真空接触器保护配合

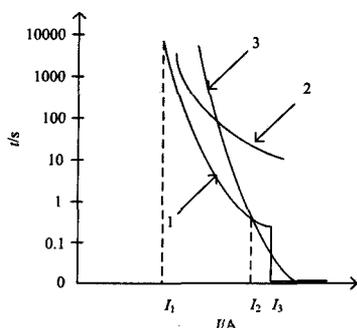


图 1 曲线图

Fig.1 Different curves

接触器和限流熔断器的良好配合是 F-C 真空接触器可靠工作的关键。在图 1 中曲线 1 是 F-C 真空接触器保护动作曲线，曲线 2 是电动机的过负荷曲线，曲线 3 是熔断器的安-秒特性曲线。在  $I_1$  和  $I_2$  之间，故障电流小于接触器的遮断电流，出现故障时由保护装置动作于接触器跳闸；在电流大于  $I_3$  之

后，熔断器动作时间大于保护装置动作时间，出现故障时由保护装置动作于接触器跳闸，但是由于故障电流大于接触器的遮断电流，真空断路器无法断开故障电流，严重的还会引起 F-C 真空接触器爆炸，所以，此时应该在出现故障时闭锁保护装置，由熔断器动作断开故障电路。

#### 5 结论

F-C 真空接触器取代断路器应用在 1 200 kW 以下电动机的保护电路中有很多优点，但是保护整定和配合比较烦琐，本文给出了主要保护的整定计算方法。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电动机过负荷曲线的左侧；当电流超过 F-C 真空接触开关遮断电流时，熔断器的安-秒曲线必须在电动机过负荷曲线的左侧。因此，电动机的保护与 F-C 真空接触开关的配合是合适的，是经济实用的。

(下转第 83 页 continued on page 83)

维护方便: 通信网络由中国移动或者通信公司负责, 用户只负责通信费用的支付。软件设定要易学易懂。

无限通信: 由于无线网络基本实现了无缝覆盖, 所以系统在通信上几乎不受任何限制。

成本节约: 利用当地移动或联通公司的网络系统, 不需要任何建设成本, 只支付一定的网络费用即可。

运行可靠: 系统不受外部环境和天气的影响, 运行可靠。

安全性有待进一步验证: 系统要有周密的安全机制, 完善的系统日志, 多重安全关口, 数据安全保密, 但和光纤的专线通道相比, 数据的安全性有待进一步验证, 可以考虑在线路两端加装信号加密装置。

速度慢: 带宽较窄, 需要运营商提供高的优先级, 在需要运营商提供服务的数据流量较大时能保证系统数据正常传送。

## 6 结论

该调度备用通道已应用于河南许昌供电公司, 运行情况良好。从实际应用情况看, 采用 GPRS + VPN 的解决方案使电力调度数据的通信成为可能, 并且传输安全可靠, 运行维护的成本大大降低。GPRS 技术在电力通信行业中有广泛的应用前景, 值得进一步开发和应用。

(上接第 79 页 continued from page 79)

## 参考文献

- [1] 杜志勇. 低厂变保护整定计算和开关配合情况分析[J]. 继电器, 2005, 33(21):27-31.  
DU Zhi-yong. Analysis of LV Transformer's Protection Setting and Switch Allocation[J]. Relay, 2005, 33(21):27-31.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [3] 李宏任. 实用继电保护[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 刘介才. 工厂供电[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [5] 王翠霞. 关于微机型电动机保护定值的整定计算[J]. 电气传动自动化, 2008, 30(1):58-60.  
WANG Cui-xia. Calculation of Protection Setting for Microprocessor-type Motor[J]. Electric Drive Automation, 2008, 30(1):58-60.
- [6] 窦乘果, 彭鹏, 赵梦华, 等. 微机式反时限过电流保护整定配合的辅助计算软件[J]. 电力自动化设备, 1998, 20(11):9-11.

## 参考文献

- [1] 唐伟, 张建波, 范文宾. 基于 GPRS 技术的远程抄表系统设计[J]. 电力系统通信, 2004, (11):38-41.  
TANG Wei, ZHANG Jian-bo, FAN Wen-bin. The Design of the Remote Readout Meter System Based on GPRS Wireless Data Transmission[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2004, (11):38-41.
- [2] 全茜, 郑雪峰. 基于 GPRS 的电力线路监控系统[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(11):195-197.  
QUAN Qian, ZHENG Xue-feng. Design of Power Line Monitoring System Based on GPRS Technology[J]. Computer Engineering and Design, 2005, 26(11):195-197.
- [3] Lee W C Y. Mobile Communications Engineering: Theory and Applications(Second Edition)[M]. McGraw-Hill Education(Asia)Co. 1997
- [4] Haller N, Metz C. A One-Time Password System[Z]. RFC2289, IETF, 1998.

收稿日期: 2008-09-18; 修回日期: 2008-10-27

作者简介:

王亚非(1975-), 女, 工程师, 主要从事电力通信调度自动化工作; E-mail: 2616646@163.com

胡四全(1976-), 男, 工程师, 主要从事电力系统自动控制研发工作;

马力(1976-), 男, 工程师, 主要从事电力继电保护工作。

DOU Cheng-guo, PENG Peng, ZHAO Meng-hua, et al. A Simplified Microprocessor-Based Inverse Time Overcurrent Relays Setting and Coordination Method[J]. Electric Power Automation Equipment, 1998, 20(11):9-11.

- [7] 沈兴元. 高压真空接触器-高压限流熔断器组合电器在发电厂中的应用[J]. 电力设备, 2006, 7(2):72-75.  
SHEN Xing-yuan. Application of HV Vacuum Contactor Current Limiting Fuse Combined Electrical Apparatus in Power Plant[J]. Electrical Equipment, 2006, 7(2):72-75.

收稿日期: 2008-09-27; 修回日期: 2009-01-21

作者简介:

杨捷(1976-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为电力系统自动化; E-mail: yangtj56@163.com

姚娟(1978-), 女, 讲师, 研究方向为电力系统自动化;

唐宇(1979-), 女, 助理工程师, 研究方向为电力系统继电保护。