

· 电网技术 ·

## 变频调速系统中电动机继电保护整定计算研究

李 健<sup>1</sup>, 覃昭安<sup>1</sup>, 仲 浩<sup>1</sup>, 罗玉春<sup>2</sup>

(1. 嘉兴电力局, 浙江 嘉兴 314033; 2. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘 要:** 在分析系统变频运行对电动机主要影响的基础上, 对电动机的启动超时保护、电流速断保护和低电压保护进行了整定计算; 针对变频运行时电动机主保护缺失问题, 提出采用采样值差动保护作为电动机主保护的解决方案。

**关键词:** 电动机保护; 整定计算; 高压变频器

**中图分类号:** TM77

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2010)04-0025-03

近年来, 由于受负荷结构变化的影响, 电网的峰谷差越来越大<sup>[1-4]</sup>。为此很多发电机组, 甚至大容量、高参数的机组都要参与调峰运行。频繁的调峰任务使得高压辅助电动机的启、停次数增加, 电动机因受冲击造成绝缘损坏的情况逐年递增; 另一方面, 采用调整挡板、阀门开度的办法进行输出量调节, 导致辅机长期运行在低效率工作区, 造成能源浪费严重。为了改善电动机的运行环境, 同时为了降低厂用电率, 《十一五十大重点节能工程实施意见》<sup>[5]</sup>提出推广变频调速技术, 重点对大中型变工况电机系统进行调速改造。目前, 越来越多的电厂在进行高压电动机采用变频器调速的技术改造<sup>[6]</sup>。变频改造后, 传统电机保护因不能满足需要而使得电机的安全性受到威胁。有针对性地对变频系统中电动机的保护问题进行分析, 是当前高压变频调速技术实用化过程中亟待解决的重要课题。

## 1 变频运行工况电动机特点研究

为了使电动机保护整定计算有据可依, 下面研究电动机变频运行对保护产生的影响。

(1) 厂用辅机采用变频装置后的电气接线如图 1 所示。变频运行方式下机组启动时, 启动电流从零开始平滑上升, 由工频启动的 6~8 倍额定电流降到不超过额定电流<sup>[7,8]</sup>, 启动电流显著减小, 同时启动时间有所延长。毫无疑问, 这会对按照躲过启动时间和启动电流整定的保护产生影响。

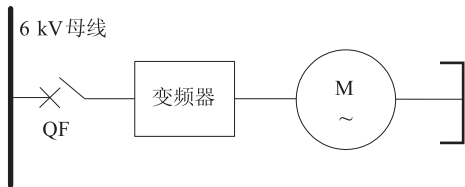
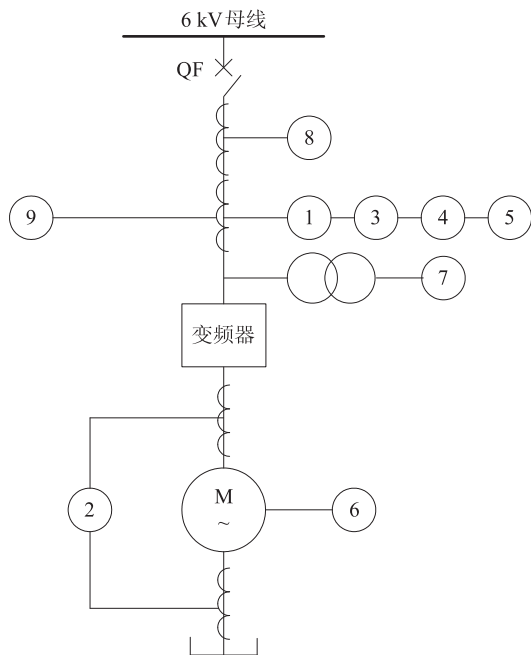


图 1 变频系统电气接线

(2) 在不考虑各种微小扰动时, 工频运行方式

下输入电动机的电流频率保持在 50 Hz; 而变频运行方式下变频器输出电流频率将根据现场运行情况不断调整 and 变化<sup>[9]</sup>。微机保护装置的数字信号处理基于傅里叶变换。

在电流中高次谐波成分的干扰下, 使用傅氏算法并不能得到准确的电流值<sup>[10]</sup>。考虑到即便在变频运行方式下, 变频器输入侧电流依然为工频量, 因此电流速断保护、过负荷保护等保护可在变频器输入侧测量电动机保护需要的电流, 电动机变频运行方式下保护配置如图 2 所示。



1 为电流速断保护; 2 为某种形式的差动保护; 3 为过电流保护; 4 为过负荷保护; 5 为过热保护; 6 为温度保护; 7 为低电压保护; 8 为单相接地保护; 9 为长启动保护

图 2 变频运行方式下电动机保护配置

(3) 对于差动保护, 目前都是针对工作频率为工频附近设计的。

在电流信号频率宽范围变化的情况下, 保护软件对电流信号进行分析和处理时, 无论进行频率跟

踪还是保持采样率不变,都无法保证差动保护的动作正确性<sup>[6]</sup>。为此许多电厂的机组在变频运行时,差动保护不得不退出运行,造成原本需要配置差动保护的高压电动机灵敏度不满足要求。对于上述电动机,需要采用某种适应频率宽范围变化的差动保护,以确保机组的安全运行。

## 2 变频运行方式下电动机保护整定计算

### 2.1 启动超时保护

电动机启动时间为电动机从启动到达到额定转速的时间。电动机在变频启动时,电流由零突然增大,随后电流将逐渐减小,在电动机启动完成后,启动超时保护自动退出。

变频调速前,电动机启动时间相对较短;变频调速后,启动电流缓慢爬升,电动机启动时间有所延长。考虑留有裕度,电动机的启动时间应调整为工频启动方式下最长启动时间  $t_{qd,max}$  的 1.3 倍。变频方式下电动机的启动时间  $t_{zd}$  整定如下:

$$t_{zd} > 1.3t_{qd,max} \quad (1)$$

若在  $1.3t_{qd,max}$  时间内,  $\max(I_a, I_b, I_c) < 1.125I_{em}$  ( $I_a, I_b, I_c$  分别为电动机 a, b, c 三相电流;  $I_{em}$  为电动机额定电流), 启动超时保护不动作; 若在  $1.3t_{qd,max}$  时间内,  $I_{max} > 1.125I_{em}$ , 视为启动失败, 启动超时保护动作。

### 2.2 电流速断保护

厂用高压辅机变频改造后, 保护出口的冲击电流主要是高压变频器投入后移相变压器空载合闸时的励磁冲击电流, 故电机的电流速断保护可以按照躲过移相变压器空载合闸时励磁涌流的方法整定。通常只知道电机的额定电流  $I_{em}$ , 考虑到变频器本身的一定损耗, 可以把电机的额定电流  $I_{em}$  乘以系数来作为移相变压器的额定电流。根据计算, 通常取  $1.05I_{em}$  来作为移相变压器的一次额定电流来进行整定。

从现场 DHVECTOL-HI 多电平单元串联电压源型变频器投运启动时所录电气量波形可以看出, 变频器高压充电时, 移相变压器励磁涌流可以达到其额定电流的 5~6 倍。

为此, 可按 6 倍移相变压器额定电流对电动机电流速断保护进行整定。

另外, 传统的电动机电流速断保护为了躲开大的启动电流, 整定值往往较大, 在运行时灵敏度不太理想。为此, 可将电流速断动作电流在电动机启动过程和运行过程按不同方式整定: 在规定的启动时间内取高定值, 以躲开大的启动电流; 启动结束后取低定值, 此时只需考虑躲开正常运行时的最大

负荷电流, 这样既可以避开电动机启动开始瞬间的暂态峰值电流, 又提高了电流速断保护在正常运行状态下的灵敏度。

综上所述, 应用高压变频器后电机的速断保护整定如下。

在电动机启动过程中:

$$I_{sdg} = 6 \times 1.05I_{em} \quad (2)$$

在电动机启动结束后:

$$\begin{cases} I_{sdl} = (1.0 \sim 1.2)I_{fh,max} \\ t \geq 1.3t_{qd,max} \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $I_{fh,max}$  为电动机正常运行时的最大负荷电流。

### 2.3 低电压保护

对于发电厂的重要辅机, 要确保当接在母线上的电动机成组自启动时能够持续运行, 则低电压动作定值不应大于  $70\%U_{em}$  ( $U_{em}$  为电动机额定电压)。对电压源型变频器而言, 它有大容量的高压电容器作为整流滤波环节。

由于该电容具有一定的储能作用, 因此变频器在电压降低情况下仍然具备一定的带载能力, 而且装置内滤波电容越大、负荷运行频率越低、输出功率越小, 则可维持的时间越长。从现场 DHVECTOL-HI 多电平单元串联电压源型变频器瞬停试验时所录的电气量波形可以看出变频器在电压降低情况下仍然具备一定的带载能力。因此系统在变频方式下运行时, 保护动作时间的设置应该比工频运行时长, 这样才能保证在系统外部故障导致瞬时暂态欠压时电动机不会造成跳闸停机。

根据以上分析, 对于变频状态的电动机的低电压保护, 在动作电流的整定上与工频运行方式下相同, 而在动作时间上应有适当的延时。

对于中间煤仓制粉系统的磨煤机、灰渣泵、灰浆泵、碎煤机等电动机, 低电压保护的动作为:

$$U_{dz} = (0.6 \sim 0.7)U_{em} \quad (4)$$

动作时限为 1.5 s。

对于具有自动投入备用机械的给水泵、凝结水泵和循环水泵的电动机, 以及送风机和直吹炉制粉系统磨煤机的电动机, 低电压保护的动作为:

$$U_{dz} = (0.4 \sim 0.45)U_{em} \quad (5)$$

动作时限为 10 s。

### 2.4 采样值差动保护

根据常规相量差动保护由于频率宽范围变化而无法应用这个原因, 采用与频率无关的采样值差动保护作为电动机的主保护。采样值差动保护就是利用电流采样的瞬时值来实现基于相量的常规电流差动保护动作判据<sup>[11,12]</sup>。

同相量差动相比, 采样值差动不需要计算采样

电流的有效值,所以不需要经过傅氏计算,它只是根据各个采样点瞬时值满足差动判据的情况来决定动作与否,因此可作为变频电动机的主保护。为防止短时干扰下采样值差动保护误动作,不容许仅凭一个采样值的判别结果马上作出跳闸判别,而是采用重复多次判断的方法,具体说就是连续  $R$  次采样判决中有  $S$  次及以上符合动作条件则判决输出动作信号,根据文献[13]的研究, $R$  及  $S$  的选取应满足以下关系:

$$\begin{cases} R \geq S+2 \\ S > 0.27N \end{cases} \quad (6)$$

式中:  $N$  为周波采样点数。

和常规差动保护一样,为躲过电动机正常运行时不平衡电流的影响,采样值差动保护采用非线性的制动特性,动作曲线如图 3 所示(以两折线为例)。

采样值差动保护动作特性参数可参经常规相量差动保护进行设置。本文将斜率定值整定为  $K = 0.6$ 。

最小动作电流  $i_{d0}$  按照 0.3 倍负载额定电流选取。差动拐点电流  $I_g$  的整定,可取  $(1.0 \sim 1.1)I_{em}$ 。

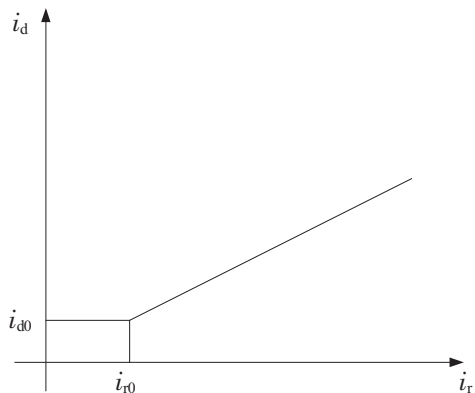


图 3 采样值差动动作特性

### 3 结束语

目前,高压变频器在电厂中应用已逐步推广。技术人员在积极采用这一先进节能设备的同时,一定要关注由于变频器应用而带来的保护配置和整定计算问题,确保高压变频器在电厂中能够安全可靠运行,从而发挥其巨大的节能和调节特性。

#### 参考文献:

- [1] 李林峰. 广西电网调峰问题分析[J]. 广西电力, 2003(1): 58-59, 71.
- [2] 王建雄. 湖南电网 2007 年运行情况[J]. 湖南电力, 2008, 28(1): 63-64.
- [3] 陈兴兴. 提高国产 300 MW 机组调峰运行的经济性[J]. 上海电力, 2002(1): 37-40.
- [4] 康家义, 卢 仪, 张 涛, 等. 贵州电网的调峰(一)—贵州电网调峰现状及未来[J]. 贵州电力技术, 2000, 3(1): 4-7.
- [5] 赵家荣. 十一五十大重点节能工程实施意见读本[M]. 北京: 中国发展出版社, 2007.
- [6] 李 健, 朱 彪, 梅兴虎, 等. 应用高压变频器后电动机继电保护新问题[J]. 江苏电器, 2008(10): 21-23.
- [7] 冯叶亮, 马文雨, 魏建法. 高压变频器在大功率电动机上的调速节能应用[J]. 电气应用, 2009(10): 56-59.
- [8] 马习朋. 第三代核电 AP1000 主冷却剂泵的变频设计方案探讨[J]. 电力设备, 2007, 8(12): 20-23.
- [9] 胡 刚, 王 翔, 张 哲, 等. 三电平高压变频调速系统保护原理研究[J]. 水电能源科学, 2007, 25(5): 131-134.
- [10] 张 超, 张艳艳, 黄生睿. 大容量变频器对电动机继电保护的影响[J]. 继电器, 2007, 35(17): 9-11.
- [11] 袁荣湘, 陈德树, 马天皓, 等. 采样值电流差动保护原理的研究[J]. 电力自动化设备, 2000(20): 1-3.
- [12] 陈德树, 马天皓, 刘 沛, 等. 采样值电流差动微机保护的一些问题[J]. 电力自动化设备, 1996(60): 3-8.
- [13] 杨经超, 尹项根, 陈德树, 等. 采样值差动保护动作特性的研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(9): 71-77.

#### 作者简介:

李 健(1983-), 男, 安徽宿州人, 硕士, 从事变电运行工作。

## Research on the Setting Calculation for Motor Relay Protection After Application of High-voltage Converters

LI Jian<sup>1</sup>, QIN Zhao-an<sup>1</sup>, ZHONG Hao<sup>1</sup>, LUO Yu-chun<sup>2</sup>

(1. Jiaxing Electric Power Bureau, Jiaxing 314033, China;

2. NARI Technology Development Limited Company, Nanjing 210000, China)

**Abstract:** For the past few years the wide application of High-voltage converters in power plants has a significant impact on traditional motor relay protection. Setting calculation for motor protection such as instantaneous overcurrent protection and under-voltage protection are carried out based on analysis of motor parameters when the system works in frequency-conversion mode. In connection with the problem that traditional current phasor differential protection can't be used any more when motors work in Frequency-Conversion mode, sampled value differential protection principle is presented as the main protection.

**Key words:** motor relay protection; setting calculation; high-voltage converter