

考虑电压暂降波形起始点特征的交流接触器暂降敏感度分析

董 瑶

(四川省电力公司遂宁公司,四川 遂宁 629000)

摘要:在提出电压暂降作用下,考虑暂降电压波形起始点特征的交流接触器建模方法,用PSCAD/EMTDC仿真程序分析电压暂降过程中,暂降波形起始点对交流接触器响应特征的影响和接触器的电压暂降穿越能力。用交流接触器暂降穿越能力曲线识别交流接触器故障区域内的敏感度水平,利用建立的仿真模型对不同波形起始点特征的电压暂降进行了仿真,仿真结果证明提出的方法的正确性,对于准确评估电压暂降作用下的交流接触器的响应特性具有一定指导意义。

关键词:电压暂降;敏感度;交流接触器;穿越能力;仿真建模

Abstract: The modeling method of AC contactor considering starting point features of voltage sag waveform is presented. The influence of starting point of voltage sag waveform on response characteristics of AC contactor and its ride-through capability during voltage sag are analyzed with PSCAD/EMTDC simulation software. The ride-through capability curve is used to identify the sensitivity level in the fault area of AC contactor. The simulation for voltage sag of starting point features of various waveforms is carried out by the established simulation model. The simulation results are also validated with the ride-through capability curve of the experimental results.

Key words: voltage sag; sensitivity; AC contactor; ride-through capability; simulation modeling

中图分类号:TM 714.2 文献标志码:B 文章编号:1003-6954(2011)06-0075-03

0 引言

随着电力负荷结构的改变,大量交流接触器在工业用户中得到应用,该设备对电压暂降非常敏感,已引起了学术界和工业界的广泛重视,研究广泛应用的交流接触器对电压暂降的响应特性已成为国内外电能质量领域的重要课题之一。交流接触器作为一种机电设备,主要用于工业生产过程设备中,如电动机、加热器,主要用以连通或切断电路,以达到控制工业设备的目的。交流接触器是对电能质量扰动最敏感的设备之一,尤其对发生频繁电压暂降很敏感。当交流接触器经受电压暂降影响时,工业过程控制系统可能被中断,并可能造成巨大损失。因此,分析和研究暂降作用下的交流接触器的特性,对于预测和评估电压暂降可能导致的影响和损失具有重要意义。在电压暂降过程中,影响交流接触器运行特性或响应特性的因素不仅包括常用电压暂降幅值和持续时间特征,暂降波形起始点(point-on-wave)特征的影响

更突出。虽然现有文献中已对电压暂降引起很多特性进行了研究,对交流接触器的响应特性也进行一些调查和测试,但专门针对暂降波形起始点特征对交流接触器的影响的研究还很少。因此,研究电压暂降作用下,考虑暂降波形起始点特征的交流接触器建模和响应特性分析方法具有重要理论价值和工程意义。

在IEEE标准Std. 1346-1998中,提出了电压暂降的波形起始点特征和相位跳变等特征,但是,提出的这些特征并非针对低压电器设备,而当发生较严重的电压暂降时,暂降幅值、暂降持续时间、暂降波形起始点和相位跳变等特征对交流接触器均有很大影响,单纯考虑幅值和持续时间很难准确反映交流接触器的电压暂降响应特性。当交流接触器被用于电动机投切时,这种情况在工业生产中应用非常广泛,对电动机启动时,电压暂降的不同特征对不同接触器的影响进行了测试,发现,当发生较严重(暂降幅值较小,这里采用的IEEE标准中定义的暂降幅值概念,为电压暂降时的剩余电压有效值)接触器对暂降的波形起始点特征更加敏感。对于持续时间较短的电压暂

降 波形点特征为 900 时的敏感度曲线受的影响最严重 波形点在 00 的敏感度曲线受的影响最小 也就是说 电压暂降波形点分别为 900 和 00 时交流接触器的电压暂降穿越能力分别为最差和最好。大量的研究集中于大型电动机起动时不同的暂降特征的测试和调查 很少有文献针对交流接触器在溃奖状态下的建模和有效提升接触器暂降穿越能力的改善方面。

利用通用的 PSCAD/EMTDC 电磁暂态仿真软件 针对电压暂降的波形起始点特征对交流接触器的影响进行深入研究 提出了接触器建模方法 并进行了实际仿真 证明了提出的建模方法的正确性 为改进交流接触器的电压暂降穿越能力提供了重要依据和分析方法 有一定应用价值。

1 交流接触器模型及算法

为了分析交流接触器的特性 仿真不同的响应特性 就必须建立交流接触器的数学模型。在交流接触器模型的机电系统中 电枢与结构之间的吸附力可用式(1)刻画。

$$F \frac{\partial W}{\partial x} = - \frac{1}{2} \varphi^2 \frac{\partial R}{\partial x} \quad (1)$$

式中 W 为磁场能; φ 为接触器的瞬时磁通; R 为总的磁阻; x 是气隙距离(m)。

用通用 PSCAD/EMTDC 仿真软件建立电压暂降发生器和交流接触器模型 用不同暂降幅值、持续时间和波形点特征进行仿真。仿真时 电压暂降特征受暂降发生器参数控制 这些参数包括电压源、标称电压的百分比、产生暂降的时间、暂降持续时间和暂降控制器的波形点等。

暂降发生器给交流接触器提供电流的仿真电路如图 1 电压暂降设置为幅值为标称电压的 40% 在 0.1 s 处发生 持续时间为 0.1 s 发生暂降时的波形起始点位置为 900 见图 2(a) 相应的接触器线圈电流有效值的变化如图 2(b)。

交流接触器电气状态和电流信号如图 3 可见 在图 3(b) 中开关闭合提供电流时 接触器的状态为 0 相反 接触器断开时的状态为 1 此时的输出电流为 0 接触器脱开。当接触器脱开时 即使电压暂降回复到正常电压值 接触器仍然保持不充电状态 只有通过手段方式 接触器才能动作。因此 可以得到一个结论 即: 在电压暂降条件下 由于接触器模型的电气

触头断开 接触器不会动作。

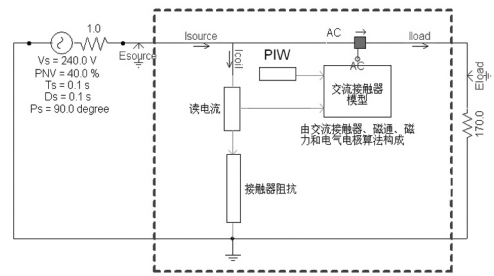


图 1 交流接触器在 PSCAD/EMTDC 中的仿真电路

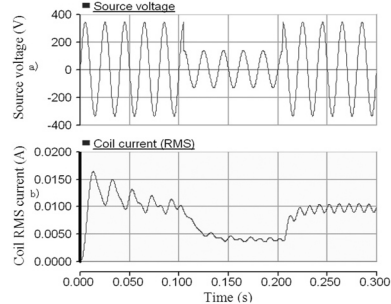


图 2 交流接触器的电源电压和线圈电流

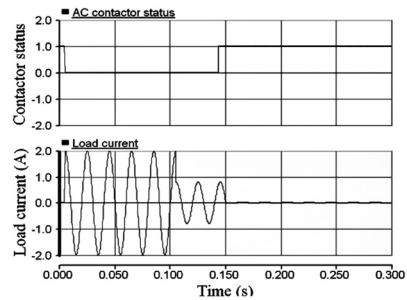


图 3 交流接触器状态与电流信号

2 结果与讨论

通过使用提出的仿真模型验证了交流接触器的对电压暂降的敏感度和动态特性 用 PSCAD/EMTDC 软件建立了交流接触器的电压暂降穿越能力以及敏感度仿真模型 根据建立的交流接触器电压暂降敏感度仿真模型的仿真结果得到了典型电压耐受曲线 如图 4 曲线的上部区域为正常运行区域 下面部分为不可接受区域 即接触器的故障区域。引入接触器的电压耐受曲线来描述交流接触器的特性和对电压暂降波形起始点特征的响应特性。图 4 中分别给出了暂降波形起始点分别为 00、300、600 和 900 时交流接触器的响应特性。这些曲线说明了交流接触器对暂降幅值、持续时间等暂降特征的响应特性 接触器的电压暂降穿越能力曲线在暂降幅值 - 持续时间平面上被分为两个区域 即正常运行区域和故障区域。例如: 当波形起始点为 900 时 57.5% 的暂降幅值下接

触器正常运行,暂降幅值低于该值时接触器故障,注意,暂降发生瞬间决定暂降持续时间,近似为1/8周。当波形起始点在00时,接触器能耐受幅值为42.5%、储蓄时间3周的暂降。类似地,在波形起始点为300和600时,暂降幅值分别低于55%和53%,持续时间为2周时,交流接触器分别开始故障。

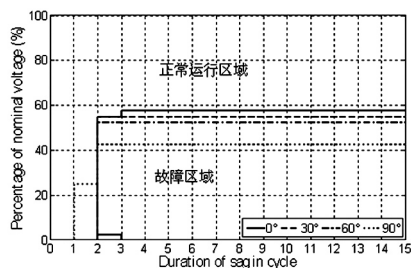


图4 波形起始点分别为00 300 600和900时仿真得到的电压耐受曲线

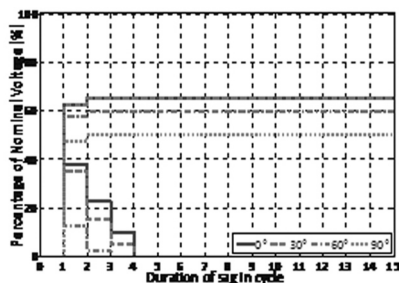


图5 波形点为00 300 600和900的试验电压耐受曲线

将仿真得到的穿越能力曲线与试验结果进行比较如图5,结果证明,在PSCAD/EMTDC中建立的交流接触器模型正确,从比较结果中可以发现,根据仿真结果得到的交流接触器暂降穿越能力曲线与试验得到的结果非常吻合。交流接触器的敏感度可以通过更高波形起始点、更高暂降剩余电压和更短的持续时间下的穿越能力曲线得到更好的评估,因此,可以发现,暂降的波形起始点是影响接触器敏感度的主要特征。

3 结论

提出了评估电压暂降敏感度的交流接触器仿真模型,仿真结果证明了交流接触器在电压暂降过程中的电压敏感度特性,证明该特性主要受暂降波形起始点特征的影响,交流接触器的敏感度水平可用其电压耐受曲线来表示,并可用该曲线预测接触器的运行特性和故障区域。根据仿真得到的交流接触器的电压耐受曲线,可以得到一个结论,即波形起始点对应的角度越大交流接触器的暂降穿越能力越强。

参考文献

[1] Bansidhar E. K., Ashok A. G. (2007). Investigation of

Cost Effective Method to Improve Voltage Sag Ride – Through Capability of Ac Coil Contactors, Proc. of IET – UK Int. Conf. on Information and Communication Technology in Electrical Sciences (ICTES 2007): 452 – 457.

[2] Chi, C. T., Yin, S. A. (2008). Stability Evaluation of an Electromagnetic Contactor during Voltage Sag, Proc. of 10th Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision: 571 – 575.

[3] Collins, E. R. Jr, Bridgwood, M. A. (1997). The Impact of Power System Disturbances on AC – Coil Contactors, Proc. of IEEE Textile, Fiber and Film Industry Technical Conference: 1 – 6.

[4] Collins, E. R. Jr, Zapardiel, F. (1997). An Experimental Assessment of AC Contactor Behavior during Voltage Sags, Proc. of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2: 439 – 444.

[5] Djokic, S., Milanovic, J. V. (2005). Sensitivity of Electrical Equipment to Voltage Sags and Short Interruption Recommendation for Testing, Electrical Power Quality and Utilisation, 11: 17 – 32.

[6] Djokic, S. Z., Milanovic, J. V. (2006). Advanced Voltage Sag Characterisation. Part I: Phase Shift, Proc. of IEEE Generation Transmission Distribution, 153: 423 – 430.

[7] Gomez, J. C., Morcos, M. M. (2007). Contactor Immunity Related to Voltage Sag, 19th Int. Conf. on Electricity Distribution, 167: 1 – 4.

[8] IEEE STD 1346 – 1998, IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment, Institute of Electrical and Electronics Engineers / 01 – May – 1998 / 44 pages, ISBN: 0738101842.

[9] McGranaghan, M., Mueller, D., Samoty, M. (1993). Voltage Sags in Industrial Systems, IEEE Transactions on Industry Application, 29: 397 – 403.

[10] Pedra, J., Corcoles, F., Sainz, L. (2002). Study of AC Contactor during Voltage Sag, Proc. of the Int. Conf. on Harmonics and Quality of Power, 2: 565 – 570.

[11] Shareef, H., Mohamed, A., Marzuki, N. (2009). Analysis of Personal Computer Ride – Through Capability during Voltage Sags, Electric Power Systems Research, 79.

[12] Wada, M., Yoshimoto, H., Kitaide, Y. (2002). Dynamic Analysis and Simulation of Electromagnetic Contactors with AC Solenoids, Industrial Electronics Society, Proc. of I.

(收稿日期:2011 – 11 – 30)