

文章编号:1671-6833(2006)02-0081-03

感应电机鼠笼转子断条故障的仿真分析

蒋建东¹, 魏臻珠¹, 冯涛²

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南省商丘供电公司变电检修部, 河南 商丘 476000)

摘 要: 介绍了感应电机模型在 EMTP (Electromagnetic Transient Program) 中的实现方法及转子断条故障的模拟方法. 对转子不同根数的断条故障进行了仿真, 分析了转子电流及定子电流边频分量的变化规律. 得出了如下结论: 转子导条断裂后, 转子导条电流增大; 断条数越多, 转子导条电流增大越明显; 离故障位置越近的导条, 电流增大越大, 越远的增大越小. 定子电流中的边频分量随着断条数的增加而增加, 但断条数增加到一定数量, 反而减小.

关键词: 感应电机; 转子断条; 仿真

中图分类号: TM 307

文献标识码: A

0 引言

电动机是电力系统等重要生产过程的关键辅机设备, 供电系统 90% 的电是通过电动机消耗的, 其运行状况对于电力系统的安全运行具有很大的影响. 转子断条故障是感应电机的常见故障之一, 由于断条故障发生的初期并不出现明显的电气量和温度的变化, 常规的基于检测故障信号 (如温度、电流电压幅值、故障序分量等) 明显变化的保护很难起作用, 而等到故障扩大, 严重到使保护动作时, 电动机已严重烧损. 因此, 通过鼠笼转子断条故障的研究, 进一步认识转子导条断裂故障的故障机理, 是实现感应电机断条故障诊断及保护的有效方法.

目前, 人们对鼠笼转子断条故障的研究主要集中在两个方面: 一方面是基于先进信号处理方法实现对微弱突变信号的检测, 如瞬时功率分析^[1]、小波分析^[2]等方法. 另一方面通过对鼠笼断条故障的定量分析^[3,4], 正确认识鼠笼转子断条故障的机理及发展趋势, 建立有效的故障判据, 并为上面所说的各种先进信号处理方法提供验证手段. 对鼠笼转子断条故障的定量分析可以采用动模实验的方法, 也可以使用计算机仿真的方法. 动模实验必须破坏电机, 难以反复进行, 且实验结果受实验环境的干扰较大. 随着计算机技术和数值算法的发展, 仿真方法越来越得到大家的认可.

作者介绍了在 EMTP 中感应电机模型的实现

方法及转子导条断裂故障的模拟方法. 对不同根数的导条断裂故障进行了仿真, 分析了定子电流中边频分量及转子导条电流的变化规律.

1 感应电机模型的建立及转子断条故障的模拟方法

根据交流电机多回路理论^[5], 可把感应电机看作具有相对运动的网络, 按定子侧 3 个绕组支路, 转子侧 n (n 为鼠笼转子导条数) 个导条回路, 1 个端环回路, 列写感应电机的基本方程. 然后利用 Park 变换方法, 把感应电机基本方程变换成 dq0 坐标系下的可以在 EMTP 等电磁暂态计算程序中实现的方程形式 (电感系数阵为常数阵, 电压方程中含有旋转电势). 在 EMTP 中利用具有集中参数的 RC 等值电网模拟转子运动方程; 用支路耦合网络模拟回路方程; 两个电气网络之间电气量的交互通过 EMTP 中的 MODELS 模块来实现, MODELS 模块以耦合阻抗网络的各支路电流作为输入量, 在其中计算旋转电势和电磁转矩, 并分别作为 MODELS 模块的输出信号与模拟旋转电势的电压源和模拟电磁转矩的电流源相对应.

这样就基于 EMTP 中的基本元件模型实现了感应电机模型, 如图 1 所示. 对鼠笼转子导条断裂故障的模拟只需令其相应的导条阻抗为一个无穷大值即可实现. 图中, r_s 、 r_b 、 r_r 分别为定子绕组、转子导条和转子每段端环的电阻; L_s 和 M_s 分别为定子绕组的自感系数和定子绕组的互感系数;

收稿日期: 2006-01-04; 修订日期: 2006-03-03

作者简介: 蒋建东 (1975-), 男, 河南南阳人, 郑州大学讲师, 博士, 主要从事电力系统分析与控制方面的研究.

L_b 、 L_e 和 L_r 分别为转子导条漏磁自感系数、每段端环漏磁自感系数、不考虑漏磁自感系数时的转

子导条回路自感系数,电感系数的计算方法见文献[5].

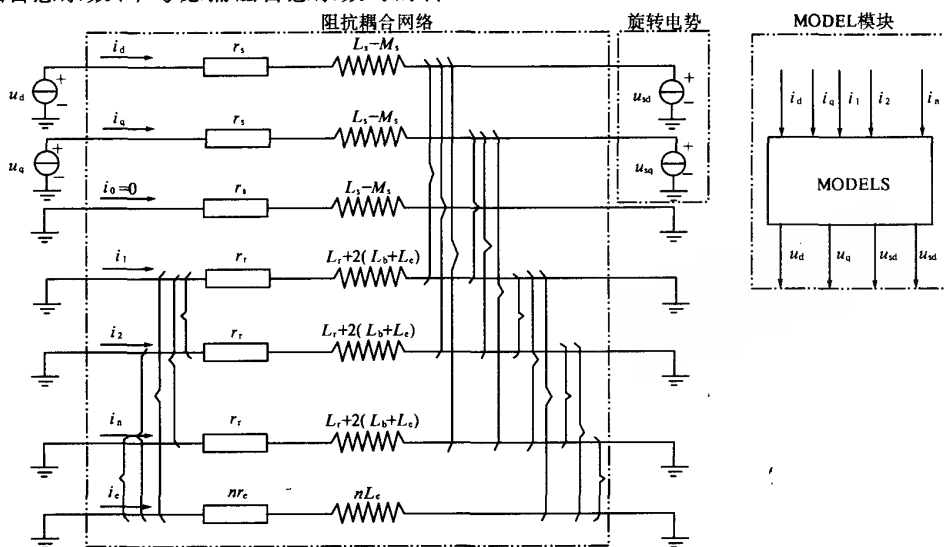


图 1 感应电机模型在 EMTP 中的实现

Fig.1 Implementation of the induction motor model in EMTP

2 转子断条故障对转子导条电流影响的分析

本文用一个 2.2 kW 的电机参数(转子导条数为 28,极对数为 2)对导条断裂故障进行了仿真,其仿真结果如图 2 所示,纵轴为转子导条电流,横

轴为导条相对位置.其中图 2(a)为鼠笼转子没有故障时导条电流的分布情况,图 2(b)为转子一根导条断裂时导条电流的分布情况,图 2(c)为转子相邻两根导条断裂时导条电流的分布情况,图 2(d)为转子相邻三根导条断裂时导条电流的分布情况.

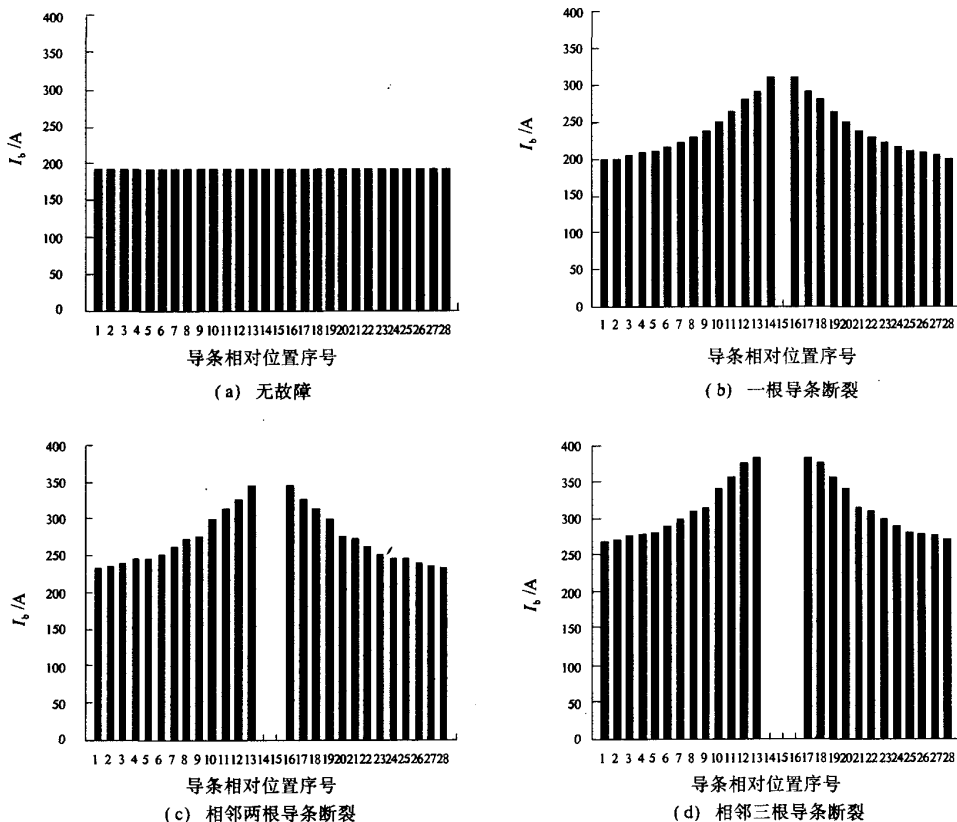


图 2 转子导条断裂后导条电流变化情况

Fig.2 Representation of rotor bar currents with broken bars

从图2可以看出:导条断裂后,转子导条电流增大;故障情况越严重,转子导条电流增大越明显;离故障位置越近的导条,电流增大越大,越远的增大越小.由此我们可以得出如下结论:鼠笼断条后,与其相邻的导条上的电流增大最多,在电磁力与热应力的作用下,使其成为最可能断裂的导条,从而使鼠笼相邻导条断裂故障成为最有可能发生的故障,这是与鼠笼转子的实际故障情况相符的.

3 转子导条断裂故障对定子电流边频分量影响的分析

转子导条断裂后定子稳态电流频谱中出现的频率为 $(1-2s)f_1$ (f_1 为基波分量的频率)的边频分量是断条故障的最重要特征^[6].表1给出了 m 根相邻导条断裂时边频分量幅值与基波分量幅值的比值 k .

表1 导条断裂时定子电流边频分量与基波分量幅值之比

Tab.1 The amplitude ratio of current $(1-2s)f_1$ and f_1 with broken bars

m /根	k /%	m /根	k /%
1	1.2	6	5.3
2	1.7	7	6.5
3	2.6	8	5.9
4	3.1	9	4.8
5	4.4		

由表1可以看出,随着断条根数的增加,边频分量与基波分量幅值之比增加,与实验所得到的结论相符合.但断条数增加到一定根数后,边频分量与基波分量幅值之比反而减小.通过对不同电

机的仿真分析,此断条根数大概等于每极导条数.

4 结论

本文介绍了在EMTP中感应电机模型的实现方法和鼠笼转子故障的模拟方法.对鼠笼转子故障后定子电流中边频分量及转子导条电流的变化情况进行了仿真分析,仿真结果表明:鼠笼转子故障后,转子导条电流增大;且故障情况越严重,转子导条电流增大越明显;离故障位置越近的导条,电流增大越大,越远的增大越小.随着断条根数的增加,边频分量与基波分量幅值之比增加;但增加到一定根数后,边频分量与基波分量幅值之比反而减小.通过对不同电机的仿真分析,此断条根数大概等于每极导条数.

参考文献:

- [1] 侯新国,吴正国,夏立,等.瞬时功率分解算法在感应电机定子故障诊断中的应用[J].中国电机工程学报,2005,3(25):110~115.
- [2] 李天云,李楠,赵妍.基于解析小波变换方法的鼠笼型异步电动机转子断条检测新方法[J].电力自动化设备,2004,12(24):16~19.
- [3] 孙丽玲,李和明,许伯强.基于多回路数学模型的异步电动机内部故障瞬变过程[J].电力系统自动化,2004,23(28):35~40,75.
- [4] 蒋建东,蔡泽祥.考虑笼型转子实际结构的感应电动机建模研究[J].电工技术学报,2004,10(19):74~79.
- [5] 高景德,王祥珩,李发海.交流电机及其系统的分析[M].北京:清华大学出版社,1993.
- [6] 沈标正.电机故障诊断技术[M].北京:机械工业出版社,1996.

The Simulation and Analysis of Induction Motor Broken Bar Fault

JIANG Jian - dong¹, WEI Zhen - zhu¹, FENG Tao²

(1.School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2.Shangqiu Power Supply Company, Shangqiu 476000, China)

Abstract: The implementation of induction motor model in EMTP and the broken bar simulation method is introduced in this paper. Then the variations of rotor bar currents and the $(1-2s)f_1$ component of stator current under different number broken bars are studied. Some conclusions drawn are as follows: After the broken bars, the rotor bar currents become bigger; the more serious the fault the bigger the bar currents change; the colser the relative position to the fault position, the bigger the bar current increases. The $(1-2s)f_1$ component of stator current increases when the number of continuously broken bars increase; but, when the number of broken bars exceeds a certain number, the $(1-2s)f_1$ component will decrease with the increase of broken bars.

Key words: induction motor; broken bar fault; simulation