

Study on Two-Winding Three-Phase Transformer Based on Matlab Sim Power System

WANG Xin-jie, HU Ming-qin

(Pingdingshan Power supply Company, Pingdingshan Henan Province 467001)

wangxinjie229@163.com; humingqin@163.com

Abstract: Based on the simulation in MATLAB-Simpower systems., a method defining parameters of transformer is presented. It is shown that the method is effective and correct for the course of simulation of power systems.

Key Words: Power System and Its Automation; SimPower System; Two-winding three-phase transformer; Matlab

基于 MATLAB 的两绕组三相变压器仿真分析

王信杰, 胡明钦

(平顶山供电公司, 河南平顶山 467001)

wangxinjie229@163.com; humingqin@163.com

【摘要】结合 Matlab 两绕组三相变压器具体模型, 简要分析了两绕组三相变压器工作原理, 详细介绍了各物理参数含义及其整定方法, 并利用仿真实例验证分析的有效性, 为基于 Matlab 的电力系统仿真提供有效的理论分析基础。

【关键词】电力系统及其自动化; 电力系统仿真; 两绕组三相变压器; Matlab

1. 引言

电力系统是由各种电力电子元件和机电设备组成, 当工程设计人员分析和计算电力系统的各种状态时, 需要不断的调整和改变电力系统的结构、设备及其参数设置, 传统的分析工具和方法显然不能满足这一要求。在 SimPowerSystems 中, 其提供了相当丰富的电力电子元器件以及各种机电设备的仿真模型, 如发电机、变压器、线路、母线等, 可以根据需要改变参数设置, 同时可以创建所需的其他元器件模块^[1]。在 SimPowerSystems 中不仅可以绘制电力系统接线图, 而且可以根据需要随时改变系统的结构和参数, 为研究和分析电力系统提供了有效的基础平台。

2. 双绕组三相变压器工作原理

变压器基本工作原理是电磁感应定律。绕组中感应电动势等于匝数 N 与磁通变化率 $d\Phi / dt$ 的乘积。在变压器中, 交流电每交变一次, 主磁通由正向最大值 $(+\Phi_m)$ 变成反向最大值 $(-\Phi_m)$, 又从 $-\Phi_m$ 变为

$+\Phi_m$ 。

$$\text{变化绝对值为 } |+\Phi_m - (-\Phi_m)| + |-\Phi_m - (+\Phi_m)| = 4\Phi_m \quad (1)$$

对于频率为 f 的交流电, 主磁通的平均变化率 (绝对值) 为 $4f\Phi_m$ 。此值乘以 N 正弦交流的波形因数 (有效值与整流平均值之比), 即得绕组感应电动势 (有效值) E , 为 $E = 4.44fN\Phi_m$ 。

设原、副绕组的匝数分别为 N_1 、 N_2 , 则二者产生的感应电动势分别为

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi_m \quad (2)$$

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi_m \quad (3)$$

副绕组端接入负载时, 即产生感生电流向负载供电。据楞次定律, 这一感生电流对主磁通起阻碍变化的作用。故当接入负载或负载电流增大时, 部分抵消了主磁通而使原绕组的自感电动势也减弱。又据欧姆定律, 原绕组自感电动势的减弱将导致原绕组电流增大, 使被抵消的主磁通又得到补偿, 仍保持为空载时的磁通量, 用相量可表示为

$$N_1 \dot{I}_1 + N_2 \dot{I}_2 = N_1 \dot{I}_0 = \text{常数} \quad (4)$$

式中 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 分别为原、副边电流相量， \dot{I}_0 为励磁电流相量。由于 \dot{I}_0 一般很小，故可近似认为 $N_1 \dot{I}_1 + N_2 \dot{I}_2 \approx 0$ 。于是两电流值之比 $\dot{I}_1 / \dot{I}_2 \approx N_2 / N_1 = 1/n$ 。即原、副绕组电流之比等于其匝数比的倒数。原绕组输入阻抗 Z_1 (等于 \dot{U}_1 / \dot{I}_1) 与副绕组输出阻抗 Z_2 (等于 \dot{U}_2 / \dot{I}_2) 之比近似为匝数比的平方^[1]。

3. MATLAB中的两绕组三相变压器

两绕组三相变压器块实现了一个三相变压器取代了三台单相变压器。在模块中的参数菜单输入适当的检测数据来简单地仿真饱和铁心，可以参照线性变压器模块和饱和变压器模块查找电气模型中单相变压器的详细描述。

变压器的二绕组可以连接成以下方式：Y型连接；带中性点Y型连接；Y型接地三角形连接 (D1)， Δ 落后Y30度；三角形连接(D11)， Δ 超前Y30度。符号D1和 D11是按照下列的时钟习惯设置的，如果假设Y电压相位是在12点，则D1和D11分别代表下午1点（落后Y30度）和上午11点（超前Y30度）。

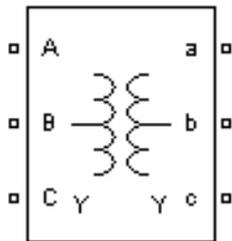


Figure 1 Two-winding three-phase transformer
图1 两绕组三相变压器示意图

根据选择方式的不同，模块的图案会自动进行更新。如果你选择了绕组1采用带中性点Y型连接方式，模块将增加输入端口n项。如果你想实现绕组2带中性点，模块将增加输出端口n项。

当被激活时，饱和特性与饱和变压器模块中所描述的是相同的，并且模块的图像是自动校正的。如果流量没有给定，初始值是自动调整的，所以仿真是以稳态开始。

各绕组的泄漏感应系数和阻抗由变压器的标称功率Pn和绕组的标称电压 (V1和V2) 为基础给出。对每个单位的解释，参见线性变压器和饱和变压器的单位。对三相变压器模块使用指定单位的参数。选择SI 制使用SI 制单位。当改变单位参数从p. u . 到SI制，或从SI到p. u .，将会自动地转换参数显示在模块的上面。

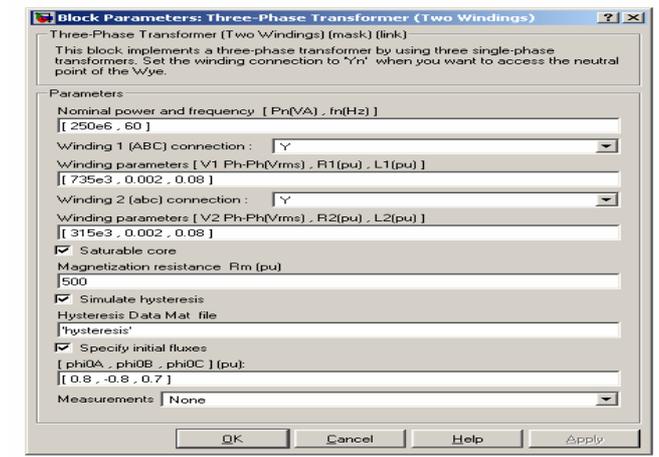


Figure 2 Main parameters
图2 参数图

指定a. mat文件包含磁滞现象模型所要用的数据。当你打开powergui中的磁滞现象设计工具，保存在hysteresis. mat文件中的默认磁滞回路和参数将显示出来。用这个文件→磁滞现象设计工具中的菜单模式来装载另一个. mat 文件。用这个文件→磁滞现象设计工具中的菜单模式保存你的模型到一个新的. mat 文件中。

在仿真时在你的模型中放置一个万用表模块来显示选择的测量法。在万用表模块中的可用测量法中，具体的方法是由模块的标签来识别的。

4. 仿真实例分析

以下电路 (图3) 应用了三相变压器模块模拟饱和铁心。两绕组连接成Y型接地结构。两绕组的中性点内

部接地。

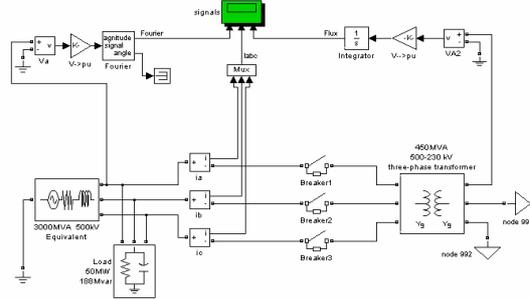


Figure 3 The system structure
图 3 电路接线图

该500kV/230kV饱和变压器给500kV系统提供电压。剩余磁通为0.8, -0.4, 0.4p.u. 被指定分到A, B, C三相。

运行仿真,第一个信号是从三相电源A相采集的电压信号,经放大,傅立叶分析变换后的4次谐波波形。

由负载参数(图4)可知,相电压为 $500 \times 103V$,有功功率 $P=50 \times 106W$,感性无功功率 $QL=0$,容性无功功率 $QC=188 \times 106Var$ 。断路器在 $t=0.05$ 秒时动作,开始时三相电流都为零,断路器动作后,在负载和变压器共同作用下电流的波形图。

第三个信号为电路经过两绕组三相变压器后,A相的电压经增益,综合波形图。一开始为一稳定值,当 $t=0.05$ 秒时,断路器动作,电压出现了波动。

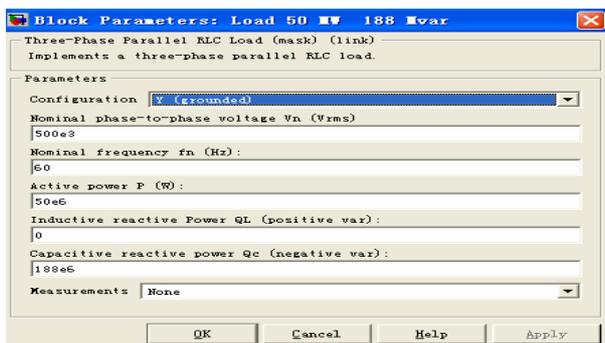


Figure 4 Parameters of load
图 4 负载参数图

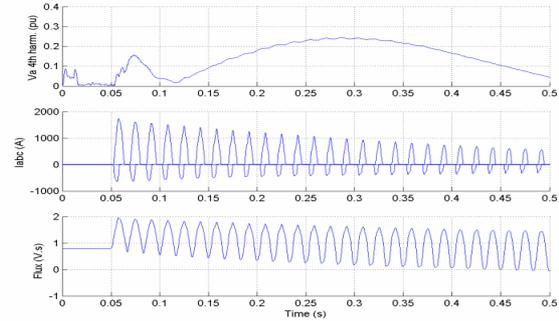


Figure 5 The results of simulation
图 5 MATLAB 仿真结果图

5.结论

通过对双绕组三相变压器的理论分析和基于MATLAB的具体模型实例仿真,进一步深化了对双绕组三相变压器基础理论和物理本质的理解,验证了结合数字仿真平台进行电力系统仿真的有效性。

References (参考文献)

- [1]. Xie Xiaorong, Jiang Qirong. Flexible AC Transmission System Theory and Application[M]. Beijing: Tsinghua Press, 2006, 9:177-17
- [2]. Chen Liyi, Gu Qiang. Power System Simulation and Development [J]. Automation of Electric Power Systems,1999, (23): 1-6.
- [3]. Hydro-Quebec TransEnergie Technologies. SymPowerSystems for use with Simulink,User'sGuideVersion4.<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdfdoc/powersys/powersys.pdf> 2005.1
- [4]. KUNDUR. Power System Stability and Contor [M].China Electric Power Press.2001.p635-66
- [5]. Xiao-Ping Li, Wen Xishan, Chen Cixuan. Single-phase transformer DC bias excitation current simulation [J]. High Voltage Engineering, 2005, 31(9):8-10.
- [6]. Zhang Shao-ru, Li Zhijun, Wu Yongjian, Zhi-Qiang Du. MATLAB and power system simulation. Hebei University of Technology, 2005, (6) :5-9