

文章编号: 1005-8451 (2008) 10-0012-03

基于 MATLAB/Simulink 的客运专线牵引供电系统建模

褚晓锐, 胡 可

(西昌学院 工程技术系, 西昌 615013)

摘 要: 以国内客运专线牵引供电系统为研究对象, 制定牵引供电系统分解原则, 按照模块化设计的方法, 基于 MATLAB/Simulink 建立客运专线牵引供电系统的仿真模型, 为用作牵引供电系统负载状态数字仿真搭建实验平台。

关键词: 客运专线; 牵引供电系统; 馈线保护; 模型

中图分类号: U246.6

文献标识码: A

Passenger Dedicated Line's Traction Power Supply System modeling based on MATLAB/Simulink

CHU Xiao-rui, HU Ke

(Engineering Department of Xichang College, Xichang 615013, China)

Abstract: It was taken passenger dedicated line's Traction Power Supply System as an object of study, in accordance with decomposition principle of Traction Power Supply System, according to methods of modular design, established simulation model of passenger dedicated line's Traction Power Supply System based on MATLAB/Simulink, in order to build platform of Traction Power Supply System's load condition on digital simulation tests.

Key words: passenger dedicated line; Traction power Supply System; protection of feeder; model

基于我国对客运专线设计进行了多年的前期研究, 以及有已经建成的客运专线的成功经验, 我国拟建的客运专线牵引供电系统的技术特点在于供电系统的安全、可靠性高和高度自动化, 接触网系统的高平顺性和良好的受流特性, 客运专线牵引供电系统拟采用 AT 供电方式、简单链型悬挂方式和基于网络化、分层化管理的电力调度系统。以京津客运专线为例进行分析。京津客运专线是城际铁路线, 长约 120 km。大部分为高架线, 最大设计速度为 350 km/h, 最大运营速度为 300 km/h。沿线共设 5 座车站, 其中北京南和天津为始发站, 其余 3 座为中间站。车辆检修基地将建在天津。为了满足客流预测的需求, 用于运营的电动车组将以长、短两种编组方式, 分别可载客 1 200 人和 600 人。列车运营的最小行车间隔应为 3 min。调度和运行控制应采用先进的自动信号和微机联锁系统。

1 牵引供电系统方案

京津客运专线 2×25 kV 牵引供电系统由 2 座

牵引变电所和 4 个供电臂构成, 每座变电所设置两台变压器, 每个变电所的单台变压器向两个供电臂供电, 第 2 台牵引变压器保持备用功能。两段短供电臂分别设置在线路的两端, 即北京站和天津站。

2 牵引供电系统分解原则

牵引供电系统是一个复杂的系统, 但是无论如何复杂, 都是有基本的目的。例如地域性, 可靠性, 经济性, 灵活性和历史条件等, 而现实存在的牵引供电系统就是在这些目的共同作用下形成的。为了分析问题简单化, 为此制定了牵引供电系统分解原则。

(1) 忽略牵引供电系统设计中, 与保护无关的设计目的;

(2) 以典型的微机保护的独立作用范围, 作为子系统的主要部分;

(3) 只针对暂态电磁网络, 在网络拓扑的改变中忽略调度干预;

(4) 充分考虑 RTDS (实时数字仿真器) 的工作能力, 折衷考虑元件和网络复杂度。

收稿日期: 2008-05-06

作者简介: 褚晓锐, 讲师; 胡 可, 在读硕士研究生。

3 模块化的设计方法

将牵引供电系统划分为若干个不同的相对独立的小系统模块，正是体现了抽象的原则，这种方法已经被人们广泛接受。把系统设计中的抽象结果转化成模块，不仅可以保证设计的逻辑正确性，而且更适合后续开发。各个模块分别编制，只要明确模块之间的接口关系，模块内部细节的具体实现可以单独设计，而各模块之间不受影响。

进一步分析作为重点的馈线保护，馈线保护包括：(1) 距离保护；(2) 电流速断保护；(3) 过电流保护；(4) 电流增量保护；(5) 反时限过负荷保护。这样的分类是根据不同的保护原理，或者是根据对不同的故障所作的分类。对于保护装置数字动模试验来说，这些故障对应在建好的动模试验系统上的日常工作，在建好的动模试验模型上的某处设置一个故障，来检验保护装置动作与否。

4 牵引供电系统模型的建立

根据京津城际轨道交通工程的原型， $2 \times 25\text{ kV}$ 牵引供电系统选用了如下相关参数。

- (1) 供电电源的参数
- 供电电压采用 220 kV ，短路容量为 8.5 GVA 。
- (2) 变压器参数
- 牵引变压器参数如表 1，AT 变压器参数如表 2。

表 1 牵引变压器参数表

| 名称 | 额定容量(MVA) | 空载变压比(kV/kV) | 短路阻抗(%) | 次边绕组负载损耗(kW) |
|-------|-----------|---------------|---------|--------------|
| 牵引变压器 | 63 | 220/27.5/27.5 | 8.6 | 225 |

表 2 AT 变压器参数表

| 名称 | 额定容量 P (MVA) | 等效漏电阻 R (Ω) | 等效漏电抗 X (Ω) | 空载变压比 U (kV/kV) | 短路阻抗 ($U_k\%$) | 负载损耗 (kW) |
|------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------|------------------|-----------|
| AT01 | 8.5 | 0.2 | j0.9 | 27.5/27.5 | 1.8 | 15 |
| AT02 | 17.0 | 0.2 | j0.9 | 27.5/27.5 | 1.8 | 15 |

- (3) 2 个供电臂的长度 (FS)

FS1: 30 km ，FS2: 30 km 。

- (4) 牵引变电所 1 在没有越区供电时，所辖的线路总长为 60 km 。

- (5) AT 变压器位置

AT1: $0\text{ km}\sim 15\text{ km}$ ，AT2: $15\text{ km}\sim 30\text{ km}$ ，AT3: 30

$\text{km}\sim 45\text{ km}$ ，AT4: $45\text{ km}\sim 60\text{ km}$ 。

- (6) 接触网设置 4 个 AT 段，在 AT 处上下行全并联，并考虑上下行有互感，忽略 AT 漏抗和钢轨对地泄漏。采用的线路参数如表 3。

表 3 线路参数表

| | T1 | F1 | R1 | T2 | F2 | R2 |
|----|------------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|
| T1 | $0.2314+j0.6831$ | $0.050+j0.4133$ | $0.05+j0.3137$ | $0.05+j0.3288$ | $0.05+j0.3169$ | $0.05+j0.2918$ |
| F1 | $0.05+j0.4133$ | $0.212+j0.7463$ | $0.05+j0.3053$ | $0.05+j0.3169$ | $0.05+j0.3079$ | $0.05+j0.2802$ |
| R1 | $0.05+j0.3137$ | $0.050+j0.3050$ | $0.14+j0.5826$ | $0.05+j0.2918$ | $0.05+j0.2802$ | $0.05+j0.3140$ |
| T2 | $0.05+j0.3288$ | $0.05+j0.3169$ | $0.05+j0.2918$ | $0.2314+j0.6831$ | $0.050+j0.4133$ | $0.05+j0.3137$ |
| F2 | $0.05+j0.3169$ | $0.05+j0.3079$ | $0.05+j0.2802$ | $0.050+j0.4133$ | $0.212+j0.7463$ | $0.05+j0.3053$ |
| R2 | $0.05+j0.2918$ | $0.05+j0.2802$ | $0.05+j0.3140$ | $0.05+j0.3137$ | $0.05+j0.3053$ | $0.14+j0.5826$ |

根据以上参数，基于 MATLAB/Simulink 建立牵引变电所模型如图 1 和 2，AT 变压器模型如图 3、图 4 和图 5；供电臂的模型如图 6；接触网模型如图 7。

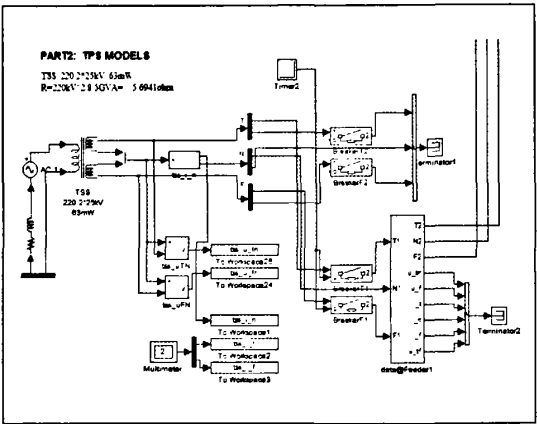


图 1 牵引变电所的 Simulink 模型图



图 2 牵引变压器的 Simulink 模型参数

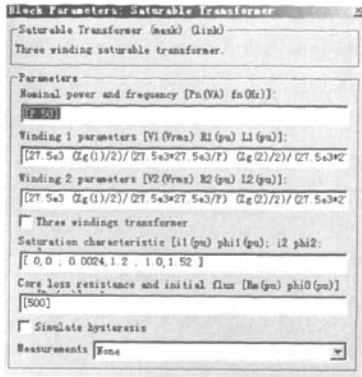


图3 AT变压器的Simulink模型参数

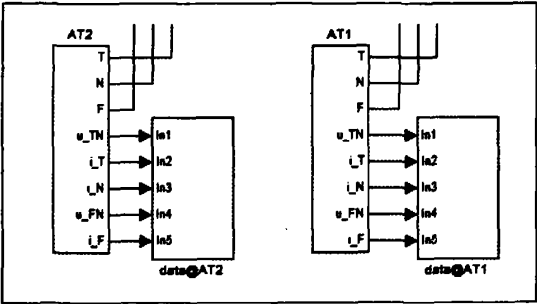


图4 AT变压器的Simulink模型图

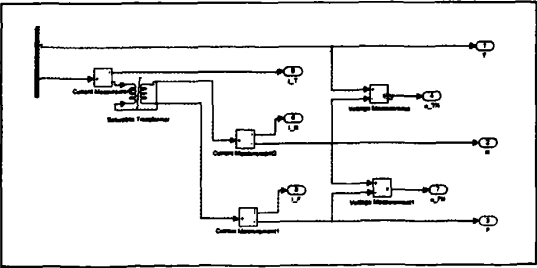


图5 AT变压器的Simulink模块内部模型图

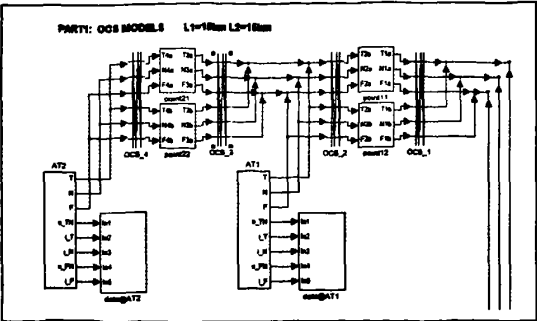


图6 供电臂的Simulink模型图

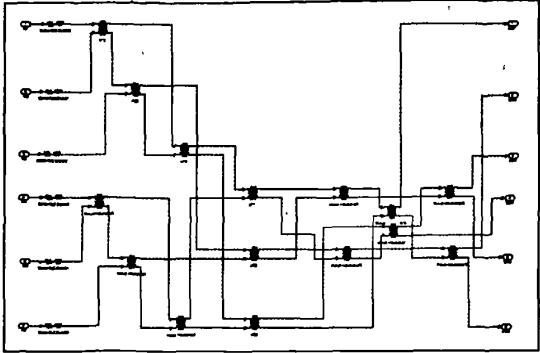


图7 接触网模块内部的Simulink模型图

为了模拟保护测试，根据京津高速牵引网原型，在高压进线、中压馈线出口、中压母线等处设立电压互感器和电流互感器以及断路器等。

据此在Matlab/Simulink中建立的客运专线牵引供电系统仿真模型，如图8，可用作牵引供电系统负载状态实验的平台。

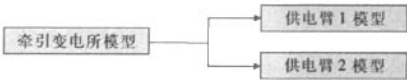


图8 客运专线牵引供电系统模型框图

5 结束语

本文基于MATLAB/Simulink中建立了客运专线牵引供电系统仿真模型，可用作牵引供电系统负载状态数字仿真搭建实验平台；该牵引供电系统模型为模块化的设计，可以较方便地组合为不同的供电方案；模型采用了AT供电方式、简单链型悬挂方式的实际参数，代表了我国客运专线牵引供电系统的发展方向。

参考文献：

- [1] 潘启敬. 牵引供电系统继电保护[M]. 北京：中国铁道出版社，1996：78-117.
- [2] 洪乃刚. 电力电子和电力拖动系统的MATLAB仿真[M]. 北京：机械工业出版社，1996：30-72.
- [3] 吴命利. SCOTT接线牵引变压器运行特性与等值模型研究[J]. 电工技术学报，2003，18（4）：44-47.
- [4] 王 舟，陈 楠. 数字仿真技术在电力系统中的应用及常用的几种数字仿真工具[J]. 继电器，32（21）：73-74.
- [5] 郑三立. 电力系统数模混合实时仿真技术的现状与发展[J]. 现代电力，2004，21（6）：78-80.