

PSS/E 在四川电网的应用研究

李红军¹, 杨 茹¹, 王电钢¹, 章志刚¹, 扬天波²

(1. 四川电力职业技术学院, 四川 成都 610072; 2. 成都电业局修试所, 四川 成都 610041)

摘 要: 电力系统仿真软件 PSS/E 是国际通用的先进仿真软件。引进、消化、吸收和推广使用 PSS/E 对提升四川电网安全稳定分析水平具有重要意义。开发 BPA 到 PSS/E 格式数据转换软件是获得数据的便捷途径, 仿真校验可确保所转换模型的有效性和数据的正确性。

关键词: PSS/E; 仿真; 四川电网; 应用研究

Abstract: Power system simulator for engineering (PSS/E) is an international advanced simulation software. The introduction, digestion, absorption and application of PSS/E are of great significance to upgrade the analysis level of security and stability in Sichuan power grid. Developing software to convert BPA-format data to PSS/E-format is a quick way to obtain grid data. Power system simulation can ensure the validity of converted models and the accuracy of grid data.

Key words: PSS/E; simulation; Sichuan power grid; research on application

中图分类号: TM743 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)04-0092-03

具有重要的意义。

1 引进 PSS/E 软件的必要性

电力系统计算机数字仿真已成为研究整个电力系统动态特性不可替代的工具。它是电力系统设计、规划、运行的基础。在目前的电力系统调度规划中都是以数字仿真的结果为依据, 数字仿真结果的准确度直接影响运行和规划决策的正确性^[1, 2]。

调度运行、规划设计和科学研究中, 使用单一的仿真软件作为解决问题的工具, 常常遇到这样的问题, 即现有的软件可靠性如何? 其计算精度和有效性可信吗? 为了解决这一问题, 很多单位在实践中引入第二套仿真软件进行计算校验。电力系统仿真软件 PSS/E 正是在这样的背景下被引入中国。华东电网公司率先于 1997 年引进 PSS/E 软件, 并进行了应用研究, 现已经成为华东各省市电网运行分析的主要工具^[3]。国内其他各网省公司、电力规划部门、高校、科研院所都在积极地参与引进 PSS/E 分析软件, 并研究其在本研究领域电网的应用^[4]。

随着三峡工程的竣工, 特高压工程的启动和全国电网联网的进一步推进, 四川电网作为“西电东送”的枢纽网络, 其安全稳定水平重要性日益凸显。在此形式下, 追踪世界先进技术, 引进电力系统仿真软件 PSS/E 对提升四川电网的安全稳定分析和决策水平

2 PSS/E 软件功能特点

电力系统仿真软件 PSS/E (Power System Simulator for Engineering) 是由美国电力技术公司 (Power Technologies Inc 简称 PTI 现已被西门子公司并购) 开发的商业软件, 主要用于电力系统仿真和计算。此软件自 20 世纪 70 年代推入市场后, 不断得到修改和完善。到目前为止, 世界上已经有超过 123 个国家, 1000 多家公司和研究单位在使用该软件。

与同类软件相比, PSS/E 有如下几个特点: ①仿真容量大; ②数据的国际通用性较强; ③程序模型库的完整性; ④用户自定义模型功能和程序接口功能; ⑤分析计算功能的多样性; ⑥计算方法的透明性与文档的完整性等。

3 PSS/E 基础数据的研究

3.1 四川电网数据的特点

现阶段, 四川电网以 500 kV 交流电网为骨干电网。目前正开工建设 ±500 kV、±800 kV 直流输电。1 000 kV 交流输电系统也即将开工建设。省级电网运行方式分析计算, 目前主要考虑 500 kV, 220 kV 交

流电网。但从规划和投产准备方面看,还需要将进行交直流超高压、特高压混合电网的计算分析。

四川电网电源点以水电机组多,火电机组相对较少。水电电源主要集中在西南部地区,负荷集中在中东部地区。线路长距离,重负荷输电现象较严重。部分送出回路存在低频振荡的威胁。稳定计算中,详细考虑大型水电机组的发电机模型、励磁模型、调速器模型和 PSS 模型,有助于得到更为准确的结果。

此外,500 kV 骨干网架初具规模,但仍较薄弱,部分地区仍存在 500 kV/220 kV 电磁环网。

结合上述数据特点,建成四川电网 PSS/E 基础数据后,可以开展低频振荡、交直流混合输电、柔性输电等课题的研究,并可对现有仿真软件的研究结果进行验证。

3.2 电网基础数据的建立思路

建立电网基础数据是应用电力系统仿真软件的前提。

建立电网基础数据可采用原始数据统计的方法。在电网发展初期首次采用仿真软件时,一般采用此方法。但对四川电网这样的大电网,对新引进软件进行原始数据统计来建立基础数据较为费时费力,且不利于软件间性能的相互考核。

较之前述方法,比较方便的途径是从现有软件基础数据通过转换得到。进行数据转换首先需要研究新引进软件和原使用软件数学模型间的对应关系。根据对应关系,编制相应软件,实现数据的自动转换。此方法在前期可能比较费时,但只要模型间的对应关系一旦确定,编制软件和转换的工作量就非常简洁方便了。在转换得到的基础数据上,可较为方便地实现软件间地相互考核。

目前,四川各级电力调度部门的计算主要采用的是综合程序 (PSASP)。综合程序数据基于数据库进行管理,实现数据的自动转换较繁琐。而省内科研、规划部门则使用中国版 BPA 较多。BPA 软件的计算数据基于文本文件,文本文件中各模型数据采用数据卡方式,数据具有较好的规律性。此外,中国版 BPA 软件和综合程序 (PSASP) 很多模型基本一致。

由于中国版 BPA 和 PSS/E 开发商发布的软件包没有包含相互转换数据的软件。故前期建立四川电网 PSS/E 基础数据比较便捷的思路是实现模型数据从 BPA 格式到 PSS/E 格式的转换。PSS/E 数据相对于 BPA 的数据转换结果及其分析结论可适用于综合

程序 (PSASP)。

3.3 BPA 和 PSS/E 的数据内容

BPA 数据主要以潮流数据文件 (* . dat) 和稳定数据文件 (* . swi) 两个文本文件形式出现。潮流数据包含了基本的分区控制、母线节点、线路支路、变压器支路、直流支路等信息。稳定数据则包含了发电机动态模型、励磁动态模型、调速器 (原动机动态模型、负荷静态和动态模型、序网模型等数据信息^[6,7]。

PSS/E 数据主要以潮流数据 (* . raw) 和稳定数据 (* . dyr) 两个文本形式出现。潮流数据内容和 BPA 潮流数据内容相同。但在处理某些模型上略有差异,如 PSS/E 潮流数据中只有 PV、PQ、 $V\theta$ 三种类型节点,而 BPA 根据计算中约束条件的需要,设置了 13 种类型节点;对三绕组变压器模型,BPA 主要用三个双绕组模型来等值,而 PSS/E 能处理直接处理三绕组模型^[3]。这些模型间的差异,可能导致某些电网数据不能获得完全一致的对应关系,并使仿真结果出现某些偏差。

PSS/E 稳定数据中不包含序网模型,其稳定模型种类和 BPA 大致相同。但在相关动态模型的表达和处理上仍有差异,如 PSS/E 现有模型库不能直接处理发电机四阶模型,不能处理 $X_d'' = X_q''$ 情况,而 BPA 有现成的各阶发电机模型。

对序网模型,PSS/E 专门使用一个序网数据文件 (* . seq) 来描述负序和零序网络。

由于 BPA 数据模型多,而四川电网 BPA 数据所涉及的模型有限。故早期的研究主要针对四川电网数据特有的潮流模型和稳定模型,开展 BPA 和 PSS/E 仿真模型的对比分析,并实现数据的转换。

3.4 数据转换软件的主要功能

数据转换软件从功能上讲,应能提供如下功能。

(1) BPA 与 PSS/E 数据的转换软件应能根据软件现有模型对应关系正确转换数据。

(2) 对于某些特殊的功能,不便于转换时能做出提示。如 BPA 中的故障卡,在 PSS/E 中就没有对应项,这些功能需要做出提示。

(3) 软件能具有较好的可扩展性。早期消化阶段,针对现有电网,只能转换有限的电网模型。随着电网的发展,新的设备投入,新模型建立后,应能对新模型进行相应转换。

4 PSS/E数据模型的校核

通过数据转换方式得到 PSS/E 数据后,进行模型有效性校核(或验证)非常必要,它是其应用研究项目的前提之一。校核的内容包含潮流模型和稳定模型。校核思路如图 1 所示。

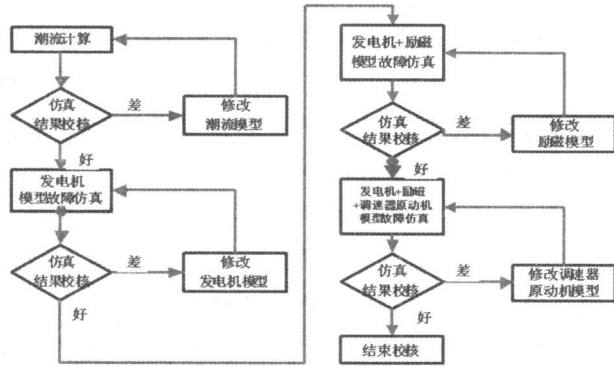


图 1 仿真校核示意图

4.1 对潮流数据的校核

对相同运行方式下的同一网络进行潮流计算,考核全网功率损耗、关键节点的电压有效值、电角度、有功功率和无功功率。用这些指标进行相互比较,得出考核结论。

4.2 对稳定数据的校核

对稳定模型的考核主要基于对同一故障进行两种软件的仿真,考察主要发电机的功角响应、主要节点的电压响应、出力响应等。用两种软件得出的功角响应和电压响应的动态曲线进行比较。

动态仿真中,参与动态过程的模型较多,为了具体确定某类模型的有效性,采取逐一比对,逐次增加的方式。首先考核只有发电机模型情况。获得较好的比对效果后,加上励磁模型,考核发电机+励磁模型的动态仿真;获得好的效果,再加调速器模型,直至获得较为满意的结果。

5 结论

PSS/E 具有先进的仿真功能,是进行科研、运行和工程实践不可多得优秀软件。建立有效的四川电网 PSS/E 基础数据,是引进和应用该软件所必须的基础研究。获得 PSS/E 基础数据后,进行电网规划、日常运行方式制定和低频振荡、交直流输电等专题研究,并对现有软件的计算结果提供有力验证,这对提升四川省电网安全运行分析水平具有重要意义。

但目前仍有一些因素制约其推广应用,如 PSS/E 还没有推出汉化版本,仍是英文界面,故障仿真步骤较繁琐,初学者上手较慢等。相信这些问题随着国内各研究单位深入研究,会得到妥善解决。

参考文献

- [1] 贺仁睦. 电力系统动态仿真准确度的探究 [J]. 电网技术, 2000, (12): 1-4.
- [2] 汤涌. 电力系统数字仿真技术的现状与发展 [J]. 电力系统自动化, 2002, (17): 66-70.
- [3] 祝瑞金, 傅业盛. 电力系统高级仿真软件 PSS/E 的消化与应用 [J]. 华东电力, 2001, (2): 8-11.
- [4] PSS/E 中国用户情况, www.pti-us.com.
- [5] PSS/E31 users manual PTI 2008.
- [6] PSD-BPA 暂态稳定程序用户手册 [S]. 中国电力科学研究院, 2007 年 5 月.
- [7] PSD-BPA 潮流程序用户手册 [S]. 中国电力科学研究院, 2007 年 5 月.

作者简介:

李红军 (1978—), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为电力系统及其自动化。

杨 茹 (1982—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为电力系统及其自动化。

王电钢 (1973—), 男, 博士, 研究方向为计算机应用。

章志刚 (1971—), 男, 副教授, 研究方向为电力系统及其自动化。

扬天波 (1980—), 男, 工程师, 研究方向为电力系统及其自动化。

(收稿日期: 2009-04-21)

强化电网建设

确保供电安全