

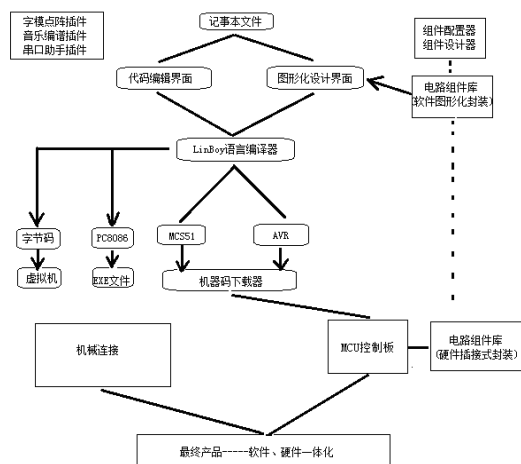


图2 Link Boy 系统结构

4.2 图形化编译器

编译系统主要负责将图形化程序转换成能被控制器识别的图形化指令代码，即类C语言代码。编译器将图形化程序翻译成图形化指令代码，由二维空间的图片对象组成，图片对象之间按照一定的逻辑顺序连接。一个图片对象，包括图片属性信息、语法属性信息和语义属性信息3种信息。其中，图片属性信息定义图片固有的属性，例如空间位置、大小形状等；语法属性信息定义图片与图片之间的逻辑关系，例如选择、循环等控制结构的图片对象；语义属性信息定义图片对象的含义，例如获取采样值、设置传输关系等。编译过程，为选择编译事件，从该事件所对应程序的类C代码中读取字符，产生对应的目标代码，保存、编译完成。

4.3 图形化编程模块

Link Boy 每个模块可以看作是硬件对应的图标，可以直接使用。每个电子模块被放入图形用户界面后，系统会自动导入相应的驱动，甚至每个模块的初始化将被系统自动执行，用户可以直接对各模块进行操作，可以拖动模块，改变电路连接关系，添加、删除模块。各电子模块，按照功能可分为硬件模块类、软件模块类、数据类3种大类，每个大类中包括一系列具体模块，如输入类中包括单个按钮、双按钮、游戏手柄等；通信类包括串口通信组件、485通信组件、USB通信组件、无线通信组件等。使用连线将各模块连接，系统会将连接端口自动配置生成代码。

5 Link Boy 平台应用

使用 Link Boy 电子积木创意平台编写、执行程序的流程如下：

- ① 编写图形化程序，保存在记事本；
- ② 通过 USB 接口将主控制板与计算机连接；
- ③ 清除原有程序，上传新程序；

④ Link Boy 板按照程序工作。

图3是液晶屏计时显示的实例。

```
//[图形界面]。  
//以下配置信息和程序代码由图形界面自动生成，请勿手动修改  
  
#include ModuleLib system\sys.txt;  
#cpu = 0;  
#setlanguage chinese;  
public 控制器 =  
#include ModuleLib Xhardware\MEGA32\MEGA32.B;  
#setlanguage chinese;  
public 电源5V =  
#include ModuleLib Xhardware\power\power.B;  
#setlanguage chinese;  
public 屏幕 =  
#include ModuleLib Xhardware\lcd1602\text.B;  
#setlanguage chinese;  
public 文字显示引擎 =  
#include ModuleLib engine\Text\Text.B;  
#setlanguage chinese;  
public 定时器 =  
#include ModuleLib software\timer\timer.B;  
  
//*****  
OS0 =  
#include ModuleLib system\os\BOARD.txt;  
uint8 x0_OS_R0 = #const 2; OS0.RUN_NUMBER = x0_OS_R0;  
uint8 x0_OS_R1 = #const 0; OS0.RUN100us_NUMBER = x0_OS_R1;  
#.start = main0;  
#.OS = OS0;  
void main0()  
{  
    OS0.OS_init();  
    控制器.OS_init();  
}
```

图3 液晶屏计时显示项目的记事本部分内容

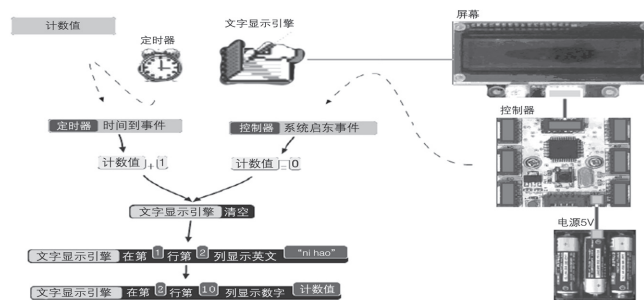


图4 液晶屏计时显示项目的图形化编程界面

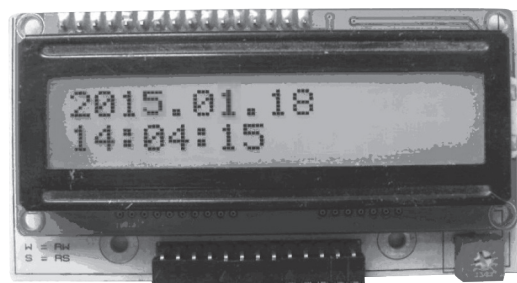


图5 液晶屏计时显示项目实物图形显示界面

6 结论

通过对电子积木平台运行机制的分析，提出了事件触发、协作式调度内核的模型，给出了开发图形化语言环境的一种实现方法。图形化程序的二维特性，为保证软件开发中分析、设计、编程各阶段信息的一致性提供了极好的解决契机。除了将图形化分析设计结果线性化、形式化外，还可将面向对象技术引入其中。通过代码的图形化，让学习者进入了工程思维方式，让编程就像拼图一样形象的表示出来，真正地让工程师专心进入到设计状态。

(下转第29页)

安全校核应用中暂态稳定校核的技术探讨

Study on Technology of Transient Stability Verification in Security Check Application

徐丹^{1,2}, 都洪基¹, 谢恩彦²

1. 南京理工大学 自动化学院 (江苏南京, 210094)

2. 国电南瑞科技股份有限公司 电网调控技术分公司 (江苏南京, 211106)

Xu Dan^{1,2}, Du Hongji¹, Xie Enyan²

1. Faculty of Automation, Nanjing University of Science & Technology (Jiangsu, Nanjing, 210094, China);

2. Power-control Technology Molecular Company, NARI Technology Co.Ltd. (Jiangsu, Nanjing, 211106, China)

摘要: 为实现电网安全与经济运行, 对调度计划进行安全校核具有重要意义。基于 SOA 架构, 对电网调度支持系统中的安全校核应用的结构和功能进行介绍, 然后分析了安全校核应用中的暂态稳定校核的主要功能和工作原理, 最后简单说明了其技术特点。通过暂态稳定校核, 可以提高系统的暂态稳定性。

关键字: 安全校核 暂态稳定校核 调度计划

Abstract: In order to achieve safe and economic operation of the power grid, It is important to check security for scheduling plan. Based on SOA, structure and function of security check applications in grid scheduling support system were introduced. Then the main function and works of transient stability check were analyzed. At last, its technical features were simply illustrated. Checking transient stability can improve transient stability of the system.

Key words: Security check, Transient stability check, Scheduling plan

中图分类号: TM734 文献标识码: A 文章编号: 1561-0349 (2015) 06-0033-03

0 引言

随着电力系统的规模和复杂度的不断升级, 现代电力系统的运行变得越来越复杂, 同时, 对于电力系统的安全稳定性的要求也越来越高。电网规模的扩大导致电网动态特性更加复杂多变, 发生由暂态失稳而引发的大停电事故更加频繁。电网规模的扩大带来巨大经济效益的同时, 新的技术问题也随之出现了, 如: 长距离弱联络线并列运行, 形成输电瓶颈, 降低了系统的稳定裕度。研究表明, 诸多大停电事故是由暂态失稳引起的, 目前的暂态稳定紧急控制策略, 多是基于预想事故集指定的, 缺乏有效的在线稳定分析软件是错失紧急控制时机、从而引发大停电事故的重要原因之一^[1,2]。因此, 加强大电网安全稳定性的研究十分重要。

1 安全校核应用的结构和功能

安全校核应用类 (SCS), 是智能电网调度技术支持系统

的四大应用类之一, 为发电计划、检修计划和临时操作提供多维度安全分析支撑。

电网调度最基本的要求是安全运行, 随着大区电网互联的快速发展、特高压电网建设的稳步推进, 电网调度运行的技术水平和复杂程度越来越高。加之节能发电调度的试点和推进, 要求进一步挖掘电网输电能力, 提高电网运行经济性, 电网运行的难度越来越大。安全校核功能用于对电网进行一系列的安全分析计算, 全面分析电网在各种运行方式下的安全状况。安全校核是保证特大电网安全稳定的一道重要防线, 是保障电网安全、稳定、优质、经济生产运行的重要基础。

安全校核的主要应用, 包括检修计划安全校核、调度计划安全校核和电网运行操作安全校核, 是对各种预想运行方式和实时运行方式下的电网安全分析。安全校核需要调度中心各部门以及各级调度中心, 进行更加密切的协调配合和精细化分工, 在合理利用各类计划数据的基础上, 形成准确的

分析结果。

SCS 总体结构如图 1 所示。SCS 构建在一体化电网调度技术支持系统基础平台之上，通过基础平台与能量管理系统（EMS）、调度计划系统（OPS）、调度管理系统（OMS）等，应用实现横向数据共享和服务共享，并实现国调、网调、省调之间的数据共享和服务共享^[3]。

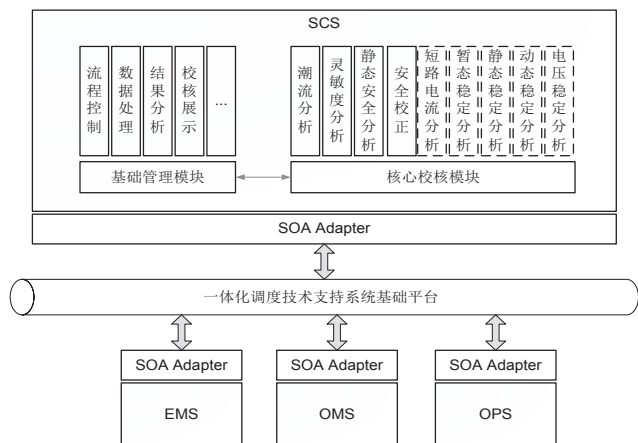


图 1 SCS 总体结构图

安全校核应用通过基础平台 SOA 架构提供的服务，从中心内部获得基础数据，经过校核计算后，将校核结果通过基础平台与 EMS、OPS、OMS 等应用系统进行数据交换，以实现跨平台应用系统间的数据共享^[4]。

基础管理模块，通过流程控制实现对安全校核的流程管理与配置；通过数据处理，实现对基础数据的检验，保证数据的准确性和完整性；通过统计分析，实现校核结果分析，为用户提供计划编制决策依据；通过校核展示，以可视化手段展现校核结果^[3]。

校核计算是安全校核的核心模块，提供潮流计算、灵敏度分析、静态安全分析、短路电流分析、暂态稳定分析等安全分析计算服务，满足多种安全指标分析计算。安全校正服务根据安全分析反馈结果，对调度计划进行校正计算，形成满足安全要求的调度计划^[3]。本文主要探讨的是 SCS 核心校核模块中的暂态稳定校核技术。

2 暂态稳定校核的主要功能

电力系统暂态稳定，是指电力系统受到大干扰后、各同步发电机保持同步运行并过渡到新的或恢复到原来稳态运行方式的能力^[5]。暂态稳定计算是分析电力系统的有效手段，在系统设计、规划、运行和调度等方面有广泛的应用^[6]。

暂态稳定校核根据暂态稳定故障集，计算分析电力系统受到大干扰后，各同步发电机保持同步运行并过渡到新的或恢复到原来的稳态运行方式的能力。它与其他应用的数据逻辑关系如图 2 所示。

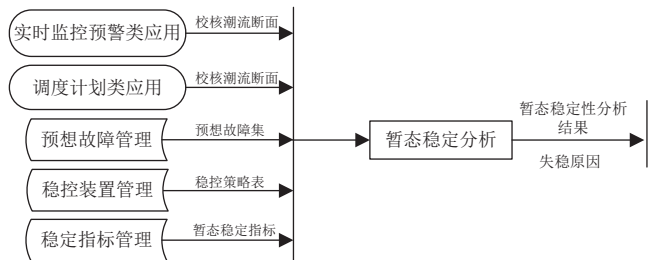


图 2 暂态稳定校核数据逻辑关系图

(1) 图 2 中的输入数据包括

- ① 待校核断面数据。
- ② 电网安全稳定计算模型和参数，如发电机、直流系统、负荷模型参数等。
- ③ 预想故障集。
- ④ 稳控装置状态及策略表。
- ⑤ 计算控制参数：仿真时间长度，计算步长等。
- ⑥ 暂态稳定阈值。

(2) 图 2 中的输出数据包括

- ① 与预想故障对应的暂态功角稳定裕度。
- ② 安全稳定模式：与暂态功角稳定模式对应的敏感机组。
- ③ 预想故障按暂态稳定裕度的排序结果及预警。
- ④ 不安全的校核时间断面。

针对调度计划提供待校核数据断面，进行暂态稳定性校核，调度员或计划方式人员需提交准备好的断面数据、各设备动态参数，并设置相应的评估故障集，求取各故障暂态功角稳定性，输出各算例功角稳定裕度和稳定计算模式。

(3) 暂态稳定校核的主要功能

① 根据扩展等面积准则（EEAC）量化分析理论和安全稳定导则规定的判稳原则，自动判别系统的暂态稳定性，包括暂态功角稳定性。

② 实现常用系统元件模型，包括同步机、励磁系统、调速器、PSS、马达、静补、直流等固定模型，并在计算中采用详细模型。

③ 能同时考虑多重三相对称 / 不对称故障，在不对称故障下考虑输电线零序互感的影响。

④ 能模拟安全自动控制装置和安全稳定控制装置的动作行为，可根据电网运行方式智能匹配策略表。

⑤ 实现交直流混合电力系统计算分析。

3 暂态稳定校核的工作原理

暂态功角稳定裕度和模式分析采用 EEAC 方法，根据全网在预想故障下的发电机摇摆曲线，划分互补群。针对系统互补群的划分，通过互补群惯量加权平均角度相对值变换（CCCOI-RM），将 n 机系统观察空间映射到相应的单机空间，

在 P-δ 平面上, 等值的单机无穷大 (OMIB) 系统的稳定性可以用暂态功角稳定裕度 η 来描述:

$$\eta = \begin{cases} \frac{A_{\text{dec}} - A_{\text{inc}}}{A_{\text{dec}}} \times 100\%, & A_{\text{dec}} > A_{\text{inc}} \\ \frac{A_{\text{dec}} - A_{\text{inc}}}{A_{\text{inc}}} \times 100\%, & A_{\text{dec}} \leq A_{\text{inc}} \end{cases}$$

式中: A_{inc} 表示动能增加面积, A_{dec} 表示动能减少面积。如果 $A_{\text{dec}} > A_{\text{inc}}$, 则系统功角稳定; 如果 $A_{\text{dec}} < A_{\text{inc}}$, 则系统失去功角稳定; 如果 $A_{\text{dec}} = A_{\text{inc}}$, 则系统功角临界稳定。

暂态稳定校核计算流程如图 3 所示。

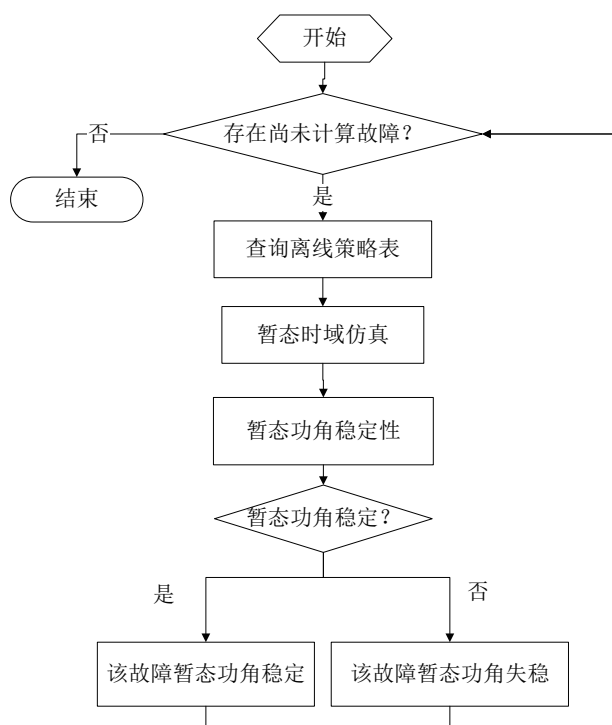


图 3 暂态稳定校核计算流程图

4 暂态稳定校核的技术特点

暂态评估采用了基于并行处理的技术, 以提高多预想故障的评估计算效率。通过对仿真曲线进行数据挖掘, 给出每个预想故障的暂态功角稳定裕度和主导模式。

暂态稳定校核的计算量大, 利用并行机制实现, 将计算任务分配到多个硬件资源上完成, 实现计算任务的并行。并行技术, 具有如下一些技术特点。

(1) 计算任务动态分配

在安全校核计算中, 各时段的计算任务有可能存在差异, 计算时间也就不尽相同。采用任务动态分配策略, 即先完成

先分配, 可以减少计算资源的等待时间, 提高计算效率。

(2) 计算过程实时监测

提供极其方便的图形手段展示各周期计算任务的状态及过程。

(3) 计算资源状态心跳机制

各计算资源周期更新注册信息, 为服务主备切换、系统异常等情况提供自身解决方案。

5 结论

暂态稳定分析对校核断面采用基于数值积分的时域仿真与 EEAC 相结合的方法, 分析其受到大干扰后, 各同步发电机保持同步运行并过渡到新的或恢复到原来稳态运行方式的能力, 得出系统的暂态稳定结论。暂态稳定校核是智能电网调度技术支持系统 SCS 应用中重要的一部分, 从目前的研究来看, 暂态稳定校核为后续辅助决策提供稳定计算校核结果, 若暂态稳定计算校核结论为暂态失稳的校核断面, 则自动计算辅助决策调整方案, 从而提高系统的暂态稳定性。

参考文献

- [1] 张兆平. BPA-EMTP 非原型振荡产生机理探讨 [J]. 电力与电工, 1992, 2: 16-19.
- [2] 孙小舟. 使用“BPA 电力系统分析程序”的体会 [J]. 电力建设, 1998(11): 34-35.
- [3] 郑杰, 杨占勇, 张传成, 杨清波. 电力调度支持系统中安全校核应用的设计与实现 [J]. 计算机应用与软件, 2012, 29(6): 209-211.
- [4] 邹保平, 周亮. 电网企业数据服务研究 [J]. 电力信息化, 2010, 8(9): 30-32.
- [5] 中国电力科学研究院. PSASP7.0 暂稳计算用户手册 [Z]. 北京: 中国电力科学研究院, 2006.
- [6] 李亚楼, 吴中习. Matlab 模型接入 PSASP 暂态稳定计算模块的方法 [J]. 电网技术, 2008, 32(19): 31-36.

作者简介

徐 丹 (1991 -), 女, 江苏苏州, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统智能调度自动化系统。

都洪基 (1955 -), 男, 江苏南京, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护及安全自动装置。

谢恩彦 (1968 -), 男, 江苏南京, 高级工程师, 主要从事 EMS 系统、SCADA 应用和保护信息系统的研究与开发。