

基于 PSD-BPA 的暂态稳定控制批处理计算方法的实现

常宝立¹, 徐光虎², 易杨³, 李敏¹, 夏彦辉¹, 何俊峰¹

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 南京 211102; 2. 中国南方电网电力调度控制中心, 广州 510623;

3. 广东电网公司电力调度控制中心, 广州 510600)

摘要: 为了应对暂态稳定性分析、暂态稳定控制策略研究、稳控定值计算等工作量大、效率低的问题, 以 PSD-BPA 的暂态稳定仿真程序(SWNT)为基础, 通过自定义相关数据卡和故障文件, 采用工程-方式的数据管理模式, 结合系统稳定性的自动判别方法, 实现了多方式、多故障的暂态稳定控制批处理计算功能。该实现方法能明显提高工作效率。

关键词: PSD-BPA; 暂稳控制; 批处理计算

中图分类号: TM712

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2014)05-0048-03

为保证电网安全可靠运行, 对电网稳态、暂态问题的分析越来越细致和深入^[1,2]。目前, 我国电力调度运行机构、电力系统的规划、设计、试验等相关单位和各高校在进行电网分析研究时, 广泛使用中国电力科学研究院开发的 PSD-BPA 机电暂态仿真软件包^[3,4]。在对电网进行年度方式计算、暂态稳定控制策略研究、稳控定值计算等工作时, 需要考虑多种检修方式和多种故障, 计算量很大, 为了提高工作效率, 文中研究了通过调用 PSD-BPA 的暂态稳定仿真程序(SWNT), 来实现暂态稳定控制(简称暂稳控制)批处理计算功能。

1 工程-方式的数据管理模式

对电网进行暂态稳定性分析、暂稳控制策略研究、稳控定值计算等工作时, 会涉及大量检修方式和仿真故障。为了便于实现多方式、多故障的暂稳控制批处理计算, 文中采用工程-方式的数据管理模式。

一个工程中可以包含多个方式, 每个方式包含该方式下的数据文件和结果文件, 如图 1 所示。各文件的物理存储对应于 Windows 操作系统的文件夹, 工程对应为父文件夹, 方式为父文件夹下的子文件夹。通过加载、卸载方式等操作管理工程中包含的方式, 加载、卸载文件等操作管理方式中包含的文件。

这种管理模式使得数据变得清晰明了, 且便于进行多方式、多故障的批处理计算。启动方式计算时, 只计算该方式下的多个故障; 启动工程计算时, 则计算工程中包含的多个方式, 每个方式都执行自身的多故障计算。

2 系统稳定性自动判别

为了实现暂稳控制的批处理计算, 需要明确获知故障后系统是否稳定, 才能自动执行对应的控制措



图 1 工程-方式数据管理模式

施。由于 SWNT 程序并未提供稳定性的自动判别, 所以需要手动查看计算结果曲线来进行判断, 当进行大量故障分析时, 工作量很大。对此, 文中实现了由程序读取 PSD-BPA 计算结果文件来自动进行系统稳定性判别的功能。常规的稳定性判别主要涉及以下几个方面。

(1) 功角稳定。PSD-BPA 暂稳仿真后结果文件中会输出系统内最大的功角差, 即使故障后电网分成 2 个孤立网络, PSD-BPA 程序也会自动选取 2 个孤网内部功角差最大的值。所以, 通过判断结果文件中最大功角差是否超过一定数值来判别系统是否功角失稳。

(2) 频率稳定。PSD-BPA 暂稳仿真后结果文件中会输出系统内的最高、最低频率, 可以通过读取故障切除后的频率结果, 判断最高、最低频率是否超出指定的上下限来判别系统是否频率失稳。

(3) 暂态电压低。PSD-BPA 提供了最低暂态电压输出(BV)卡来进行暂态电压低的判别, 判别结果保存在结果文件中, 可以通过设置该卡, 并读取结果文件来进行判别。

(4) 动态稳定。虽然 PSD-BPA 提供了暂稳计算时对相关曲线进行 Prony 分析的功能, 但使用起来并不方便, 且没有提供配套的程序对计算结果进行校核和后续

分析。因此文中采取将需要进行 Prony 分析的曲线在输出卡中设为 7 (依据中国电力科学研究所的《PSD-BPA 暂态稳定程序 4.15 版用户手册》), 计算完毕后, 调用专门开发的暂稳仿真结果曲线查看工具(简称曲线工具), 自动从对应的 SWX 文件中读取曲线数据进行 Prony 分析, 并根据自定义数据卡中设定的频率范围、振荡模式幅值范围、最小阻尼比, 对结果进行自动筛选, 筛选出主导振荡模式, 并判断这些模式是否为弱阻尼, 从而自动实现系统动态稳定的判别。

(5) 过载问题。BPA 提供了寻找过载线路(OLT)卡进行支路过载的判别, 其采用比较支路的实际电流与额定电流来判断支路是否过载, 并将结果输出到结果文件中。而对于变压器支路, 一般采用视在功率进行过载判断, 通过填写自定义数据片设定需要判断过载的变压器支路, 计算时程序自动生成变压器支路有功、无功的输出卡, 然后调用曲线工具从结果文件中读取功率值计算其视在功率, 进而判断其是否过载。

(6) 故障后恢复电压。在某些情况下对电网中一些关键节点电压, 需要判断故障后是否恢复到指定范围内。通过填写自定义数据片设定需要判断恢复电压的母线, 计算时程序自动生成母线电压的输出卡, 然后调用曲线工具从结果文件中读取母线电压, 进行判断。

由上所述, 为了实现系统稳定性的自动判别, 需自定义卡片设置相关参数。对此定义了 NR_SC 卡用于功角、频率、暂态电压低的判断; NR_PY 卡用于动态稳定判断; NR_OL 卡用于变压器和线路过载的判断; NR_VR 卡用于故障后母线恢复电压的判断。

暂稳仿真计算完毕后调用曲线工具进行稳定性判别, 稳定性判别的流程如图 2 所示。

3 暂稳控制批处理计算

在进行系统稳控策略研究时, 对于存在稳定问题的故障, 需根据电网的特性及分析人员的经验, 制定出对应的控制策略, 此时还需通过暂稳控制计算对策略的可行性进行验证。以常用的切机策略为例, 需选定可切的机组, 然后计算为了保证系统稳定所需的切机量, 再进一步分析切机量是否合适。计算过程中需手动多次修改切机卡, 工作较为繁琐。

对此, 通过设定每个故障对应的控制集, 在暂稳仿真计算完后, 自动判断系统是否稳定, 如不稳定, 则逐条执行控制集中的控制策略, 直至系统稳定或所有策略执行完毕。

为了实现故障与控制措施集的关联, 自定义了故障组 NR_FG 卡, 卡中定义了故障名称、所用控制措施集名称等信息; 控制措施集 NR_CS 卡, 卡中定义了控制措施集名称; 以及控制卡 NR_KZ 卡, 用于定义控制

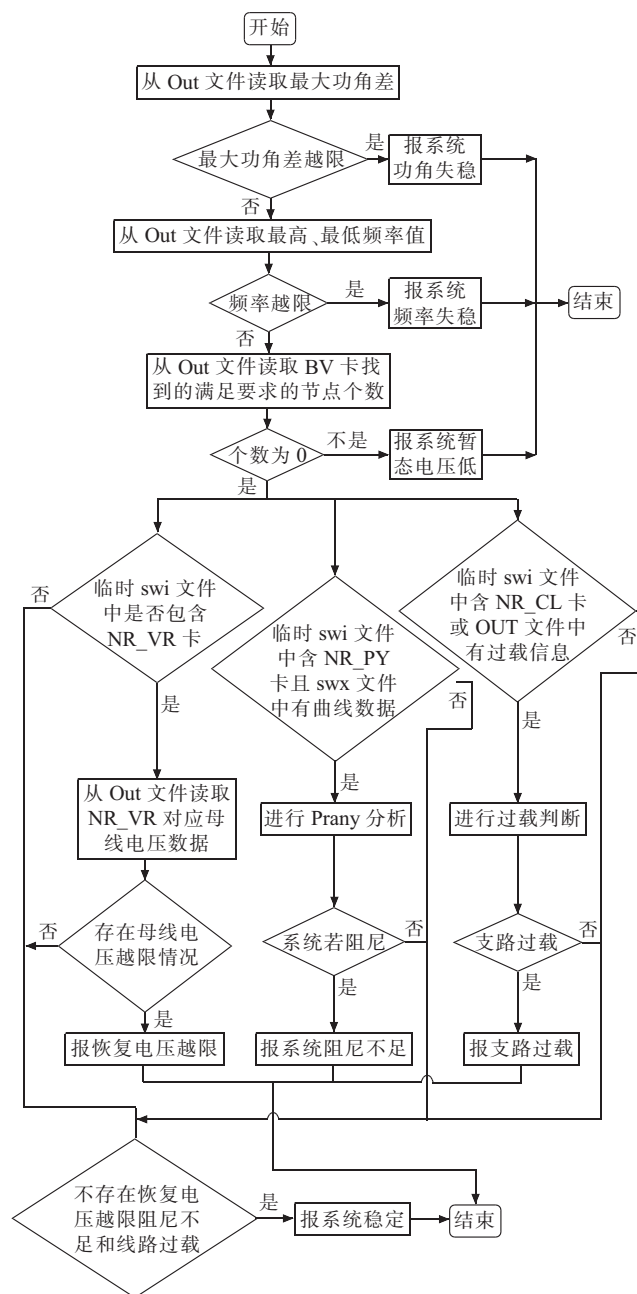


图 2 系统稳定性判别流程

集中包含的控制措施, 包含: 切机、切负荷和切线路。将所有的自定义卡片放置在自定义的故障文件中, 其文件内容如图 3 所示。

暂稳控制的批处理计算的实现过程如下:

(1) 在计算前程序自动识别自定义故障文件, 解析相关的卡片, 将控制卡转化成 BPA 格式的故障卡。

(2) 逐一进行故障计算, 计算时将故障文件中的故障卡(包含本次计算所需的控制卡), 输出卡和暂稳判别卡, 与 swi 文件中暂稳参数卡拼接成临时 swi 文件(程序自动提取 swi 文件中对应的卡片), 临时 swi 文件名设为故障名, 对该文件调用 SWNT 进行暂稳仿真计算。

(3) 调用曲线工具进行稳定性判别, 如不稳定则增

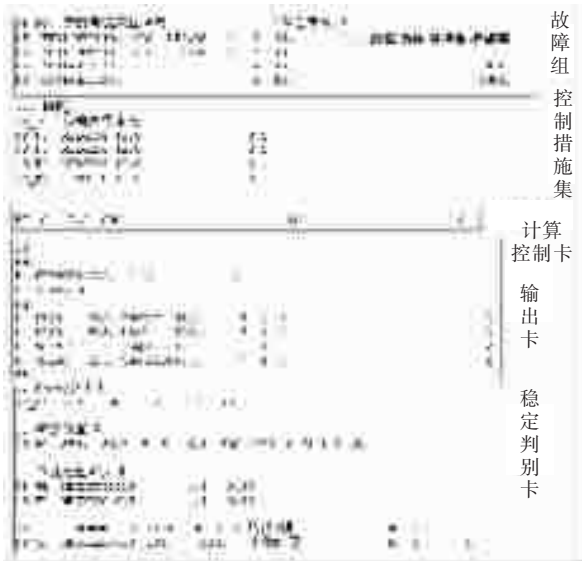


图3 自定义故障文件

加一条控制措施,继续计算;如稳定则计算下一个故障。

单方式下多故障的暂稳控制批处理计算的执行流程如图4所示。如果工程包含多个方式,可从工程中启动计算,实现多方式、多故障的暂稳控制批处理计算。

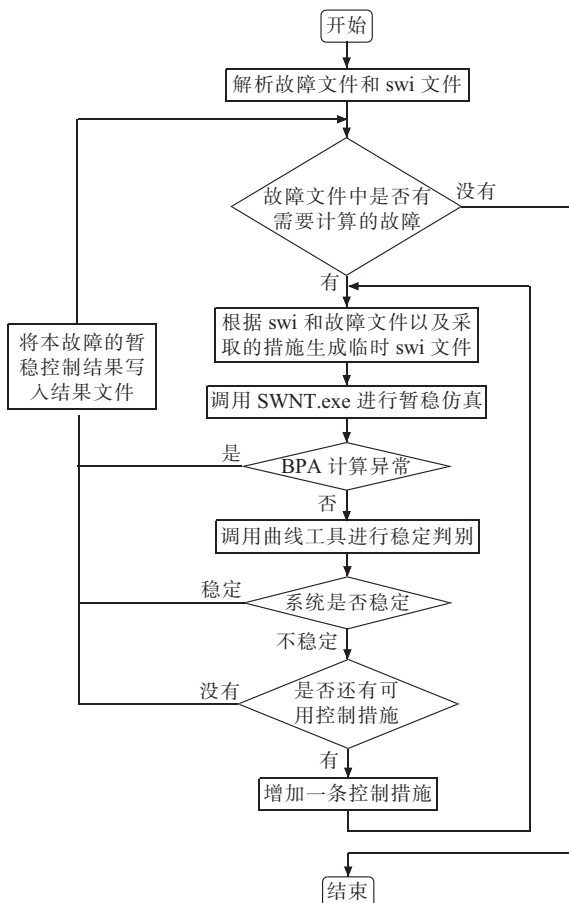


图4 暂稳控制批处理计算流程

4 软件实现及应用

根据上述设计方案,采用 VC++ 编制了多方式、多

故障的暂稳控制批处理计算软件。

为了方便对计算结果的统一查看以及后期计算结果的研究、整理,软件对计算结果自动汇总至 Excel 表格。表格中主要包含如下信息:方式名、故障名、稳定情况、稳控措施采取的切机和切负荷量、弱阻尼情况、恢复电压越限情况、元件过载情况。软件还具备按方式和按故障显示计算结果的功能。按方式显示计算结果能了解该方式下电网存在的问题;按故障显示计算结果能了解当前故障在所有方式下产生的影响及所需的控制措施量,有利于稳控策略的制定和稳控定值的设置。计算结果能方便地拷贝至 Excel 文件中。该软件在南方电网总调、广东中调、云南中调、广东省电力设计院、广东省电科院等相关单位的日常工作中得到了广泛的应用,通过该软件的应用,能明显提高工作效率。

以 2012 年广东电网粤东及珠三角地区稳控策略研究为例,分析了夏季大负荷、夏季小负荷方式,每种方式下分别考虑 500 kV 沙角电厂开环和合环的情况,共 4 个基础极限方式。对于每个基础方式,考虑了单回 500 kV 线路、部分双回 500 kV 线路、部分 500 kV 主变检修的情况,共 50 个极限方式,在极限方式调整时,计算了 40 个 $N-1$ 故障,然后计算约 40 个 $N-2$ 故障。对应于 4 个基础方式,共计算了约 16 000 个故障,同时对于其中约 10 个 $N-2$ 故障进行了暂稳控制措施量的计算。如采取手动逐个故障进行计算并统计计算结果,工作量非常大,需花费约 1 个人 8 个月的时间。采用该软件,主要工作量为极限方式数据的调整、方式安排和控制措施优化,实际花费了 1 个人 2 个月的时间。

5 结束语

采用工程-方式的数据管理模式,通过自定义相关数据卡和故障文件,实现了系统稳定性的自动判别,暂稳控制措施与故障的关联,并设计了多方式、多故障的暂稳控制批处理计算的执行流程。根据该设计方案,开发了对应的软件,核心计算采用 PSD-BPA 的 SWNT 程序,保证仿真结果的准确性,软件在多个相关单位的实际应用中表明,其明显提高了工作效率。

参考文献:

- [1] 丁留宝,王健. 银东直流西北侧电网稳定控制系统实现[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(1): 37-39.
- [2] 向昌明,谢晓清. 基于感应电动机的暂态电压稳定判据的研究[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(6): 38-41.
- [3] 李广凯,李庚银. 电力系统仿真软件综述[J]. 电气电子教学学报, 2005, 27(3): 61-65.
- [4] 潘福,韩伟强,张建设. 南方电网系统仿真工具应用的分析研究[J]. 南方电网技术, 2005, 1(1): 14-18.

估中,取得了良好的效果。该方法利用系统状态量在临界点附近非连续变化的特征,采用突变决策归一化公式提取系统突变级数,避免了常规的评估方法对评价指标采用权重的方式,减少了决策的主观性,使决策更符合实际。该方法具有严格的理论基础,计算简易,操作性与实用性较强,并且不使用权重,能消除评估过程中人为因素的影响,为配电网规划方案的综合评估提供了一个新的思路。

参考文献:

- [1] 肖峻,王成山,周敏.基于区间层次分析法的城市电网规划综合评判决策[J].中国电机工程学报,2004,24(4):50-57.
- [2] 陈天宇,肖峻,王成山.基于模糊层次分析法的城市电网规划综合评判[J].电力系统及其自动化学报,2003,15(4):83-88.
- [3] 高庆敏,张乾业.基于SE-DEA的交叉效率模型的城市电网规划综合评判决策[J].电力系统保护与控制,2011,39(8):60-64.
- [4] AMOLD V I. Catastrophe Theory [M]. Berlin:Springer Verlag, 1986:42-45.
- [5] 申金山,吕康娟,张晓阳.基于突变理论的城市空间拓展决策方法与应用[J].河南科学,2005,23(6):61-64.
- [6] DOUA W, GHOSE S. A Dynamic Nonlinear Model of Online Retail Competition Using Cusp Catastrophe Theory [J]. Journal of Business Research, 2006, 59(7):838-848.
- [7] RAFTOYIANNIS I G. Dynamic Buckling of a Simple Geometrically Imperfect Frame Using Catastrophe Theory [J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2006, 48(10):1021-1030.
- [8] 官凤强,李夕兵,高科.地下工程围岩稳定性分类的突变级数法研究[J].中南大学学报(自然科学版),2008,39(5):1081-1086.
- [9] 肖峻,崔艳妍,王建民,等.配电网规划的综合评价指标体系与方法[J].电力系统自动化,2008,32(15):36-40.

作者简介:

季晓明(1974),男,江苏南京人,工程师,从事电网运行与管理工作;
成乐祥(1984),男,江苏南京人,工程师,从事配电网规划、智能配电网研究工作。

Synthetical Assessment on Distribution Network Planning Scheme Based on Catastrophe Theory

Ji Xiaoming¹, Cheng Lexiang²

(1.Suqian Power Supply Company, Suqian 223800,China;2.Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

Abstract: To evaluate distributed network planning scheme effectively, a 3-class evaluation system including technical and economic aspects is established. A catastrophe theory based synthetical assessment on distributed network planning scheme is proposed. The proposed method adopts normalized formula to extract catastrophe progression under the assumption that the state variables near the critical point do not vary continuously. Therefore, it differs from ordinary methods in terms of using indices weights, so that subjective factors are avoided and decision obtained are more objective. Finally, the effectiveness and accuracy of the proposed method is verified by comparing with other methods on an actual distributed network.

Key words: distribution network planning; synthetical assessment; catastrophe theory; optimal selection; catastrophe progression

(上接第50页)

作者简介:

常宝立(1981),男,河北唐山人,工程师,从事电力系统分析与控制工作;
徐光虎(1974),男,安徽合肥人,高级工程师,从事电力系统安全稳定分析与控制工作;
易杨(1983),女,四川成都人,硕士,工程师,从事电网分析和运

行控制工作;

李敏(1982),女,湖南娄底人,硕士,工程师,从事电力系统分析与控制工作;
夏彦辉(1982),男,河南开封人,硕士,工程师,从事电力系统分析与控制工作;
何俊峰(1978),男,湖南郴州人,硕士,工程师,从事电力系统分析与控制工作。

Realization of Batch Calculation of Transient Stability Control Based On PSD-BPA

CHANG Baoli¹, XU Guanghu², YI Yang³, LI Min¹, XIA Yanhui¹, HE Junfeng¹

(1. Nari-relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China; 2. CSG Power Dispatching Control Centre, Guangzhou 510623, China; 3. Guangdong Power Dispatching Center, Guangzhou 510600, China)

Abstract: The calculations related to transient stability analysis and transient stability control are time-consuming and low-efficiency. To deal with these problems, in this paper, the batch calculation of transient stability control for multi-case and multi-fault is realized. This method is based on the SWNT program in PSD-BPA software, the project-case data management, the custom defined data cards and fault file and the automatic identification of system stability. The method significantly improves calculation efficiency.

Key words: PSD-BPA; Transient Stability Control; Batch Calculation