

文章编号:1671-6833(2005)02-0018-05

考虑最大负荷预测的地区电网静态安全分析研究

蔡泽祥, 侯汝锋, 尹 亮

(华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

摘 要:从面向规划的角度出发,提出了一种基于最大负荷预测的地区电网静态安全分析方法.根据面向规划的静态安全分析的特点,通过对最大负荷预测模型的建立及使用和静态安全分析的方法等进行分析,改进了年最大负荷的取值方法,并结合大量的负荷采样数据,生成了负荷特性曲线库,明确了在此基础上的软件实现方法、结构流程和功能.所开发的软件应用表明,该方法便于发现电力系统的预期网架结构在未来预测负荷水平下的安全隐患,并能辅助使用人员作出合理规划.

关键词:静态安全分析; 负荷预测; 电网规划; 地区电网; 电力系统

中图分类号: TM 715

文献标识码: A

0 引言

电力系统预想事故评定和分析在安全分析中占有举足轻重的作用.考虑到实际系统中两个或多个元件同时发生故障的概率比较小,因此对系统进行 $N-1$ 分析就显得尤为重要^[1].随着能量管理系统(EMS)技术的发展,各种高质量的安全分析软件得到了应用,为提高系统运行的安全性和经济性提供了强有力的帮助^[2,3],但在过去相当长的一段时间里,人们对地区电网的安全分析主要集中在现有实时系统、现有负荷水平下的安全分析,而对于电网在未来一段时期里的安全分析则较少关注.文献[4,5]提出的方法是在现有负荷水平上,通过多次的潮流运算,进行静态安全分析,但未能考虑负荷增长的影响.近年来,负荷管理的规范化与负荷预测技术的发展,使得负荷预测更为准确,对规划部门来说,将电力系统的最大负荷预测与电网规划结合,进行网络安全性的分析,发现网络存在的问题,作出合理的电网规划,以确保电力系统在未来负荷水平下的运行安全,具有更为重要的现实意义.

本文作者提出一种基于最大负荷预测的地区电网静态安全分析的方法,并结合使用最大负荷预测的方法,探讨在对电力系统内的变电站进行负荷预测的基础上进行静态安全分析,以及在此

基础上进行软件实现的途径.

1 面向规划的静态安全分析的特点

1.1 概述

静态安全分析亦称为“预想事故分析”.电网中的静态安全分析一般是基于 $N-1$ 准则对网络元件进行故障扫描和预处理,形成元件的故障集合,按照故障集合分别开断系统中的相关网络元件,对开断后的网络进行潮流计算,获得系统各节点、支路及网络元件的运行状态指标,根据这些指标的越界情况来检验电网是否会在事故预想情况下发生线路过负荷或电压不正常,并以此来检验电网在发生故障之后是否依然能够安全供电的能力.一般来讲,静态安全分析应满足 $N-1$ 准则,即在 N 条支路的系统中,任意一条支路发生故障断开,或变电站中某台变压器退出运行,系统仍能保证安全稳定供电,不致引起线路的过负荷或元件的电压越限^[9].与传统的静态安全分析方法相比,面向规划的、基于最大负荷预测的静态安全分析方法具有自身的特点.

1.2 负荷的可预测性

面向规划的静态安全分析侧重于对网络的未来安全性进行研究,这需要除了能在网络现有的负荷水平下进行安全分析外,还必须能对网络在未来预测负荷水平下的安全性进行分析,这涉及

收稿日期:2005-01-06;修订日期:2005-03-17

作者简介:蔡泽祥(1960-),男,江苏省南京市人,华南理工大学教授,博士生导师,主要从事电力系统保护与控制、电力系统稳定分析与控制方面的研究.

到对网络的负荷进行正确预测的问题. 因此, 必须具有能够基于历史数据来预测最大负荷的功能, 以确定变电站 (包括站内变压器) 在预测年的可能最大负荷.

1.3 设备运行指标的对比性

在历史不同的系统负荷水平下, 电网内各设备元件的运行指标情况 (负载率、电压水平等) 呈现出自身变化的趋势, 为便于发现设备元件潜在的问题 (过负荷、过电压等问题), 势必要求能对设备的运行指标作出纵向的比较.

1.4 网架的可扩展性

电网规划的任务是以未来电力负荷预测和电源规划为依据、在现有电网结构和给定的待选线路的基础上, 确定既能满足正常运行技术条件, 同时又能满足安全分析要求的安全、经济的网络规划方案. 在未来预测负荷水平下, 对网络进行静态安全分析时, 对于存在设备运行指标越界的情况, 有必要对网架进行调整 (比如增加一条线路或增加一台主变等), 然后在新的网络结构基础上, 对其安全性再次进行分析. 基于网架的可扩展性, 使规划人员能尝试不同的规划方案, 提供多种的选择供规划人员挑选, 辅助作出正确的规划.

2 最大负荷预测模型

2.1 概述

电力负荷预测可分为即期预测、短期预测、中期预测和长期预测 4 种. 目前, 对于负荷预测还没有一种公认的理想算法, 每种算法对适应某种特定需求都有自身的优势^[7]. 本文作者在采集到的大量负荷数据的基础上, 使用基于负荷特性曲线库的负荷预测模型, 对变电站 (包括站内变压器) 的最大负荷进行短期的预测.

2.2 数据的预处理

负荷历史数据是非常丰富的, 包含了大量关于负荷本身特性的信息. 但是这些数据又非常庞大而复杂, 包含着一些畸变数据^[8], 因此, 有必要对其进行适当加工处理. 同一类负荷的特性具有共通性, 对大量同一类负荷数据进行统计处理, 可以抽象出这类负荷的特性曲线. 对负荷数据, 根据《城市电力规划规范》将其分成不同的类别. 此外, 随着城市规划的发展与规范化, 变电站供电地区的用户类型可以进一步明确, 通过建立“变电站—用户类型表”, 将变电站负荷按照不同的类型细化.

2.3 年最大负荷取值方法的改进

最大负荷指标是进行负荷特性分析及电力规

划计划的重要指标. 我国最大负荷指标一般采用年最大负荷瞬时值或整点值, 实际经验表明, 据此进行的电力规划有备用裕度过大、不具有良好的经济性等优点, 所以有必要选用一个合理的接近客观实际的最大负荷值. 本文中年最大负荷 $S_{N\cdot\max}$ 采用每年逐日最大负荷 S_i 的 5 点移动平均序列的最大值, 表述为

$$S_{N\cdot\max} = \max [(S_i + S_{i+1} + S_{i+2} + S_{i+3} + S_{i+4}) / 5] \tag{1}$$

式中, $i = 1, 2, \dots, 360$.

文献^[9]的数据表明, 采用此方法得到的年最大负荷与“年瞬间最大负荷”或“年整点最大负荷”的差异在 2%~2.7% 之间; 将由此得到的 $S_{N\cdot\max}$ 作为“年最大负荷”指标, 电网超过“年最大负荷”指标的时点数不超过 10 个时点, 超过“年最大负荷”指标的天数不超过 10 天. 由此方法得到的“年最大负荷”指标能在一定程度上消除其中包含的偶然性, 更贴近客观实际.

2.4 负荷特性曲线库

电力负荷随时间不断变化, 负荷曲线可以反映一段时间内负荷随时间的变化规律, 是负荷预测和负荷特性分析的基础^[10], 同类负荷的负荷特性曲线具有很大的相似性, 不同类的负荷在不同时期的负荷特性曲线的变化中有各自的特征. 为此, 可建立负荷特性曲线库, 各曲线相互独立, 不同曲线可随意组合.

负荷特性曲线主要包括日负荷曲线、年负荷曲线和负荷成长曲线. 不同时期、不同条件下的日负荷的趋势不同^[11], 按季节的不同 (如夏季、冬季等) 和时间的不同性质 (如工作日、非工作日、长假期等) 来划分, 采用中位数法, 形成不同类型、不同性质的典型日负荷曲线; 年负荷曲线根据取值方法的不同, 划分为年平均负荷曲线和年最大负荷曲线; 负荷成长曲线展现了根据历史资料数据发掘出来的负荷的趋势和规律.

2.5 变电站 (站内变压器) 的预测最大负荷

将站内某台变压器所供用户负荷细分为 T 类, 从负荷特性曲线库中读取此 T 类负荷的成长曲线分别为 $C_{R1}, C_{R2}, C_{R3}, \dots, C_{RT}$, 此 T 类负荷在基准年的年最大负荷分别为 $S_{\max 1}, S_{\max 2}, \dots, S_{\max T}$, 则此类负荷在预测年的年最大负荷可描述为

$$S'_{\max k} = f(S_{\max}, C_{Rk}) \tag{2}$$

式中, $k = 1, 2, \dots, T$.

变压器在预测年出现的年最高负荷为

$$S'_{N\cdot\max}=\max[\sum_{k=1}^T f(S'_{\max k},Y_k)+\sum f(S_{Rm},Y_m)] \tag{3}$$

式中: Y_k 为第 k 类负荷的年最大负荷曲线, S_{Rm} 为变压器的报装新增的第 m 类负荷.

同理,选取不同的日负荷特性曲线 D_k ,变压器负荷在预测年内不同时期的日负荷曲线为

$$D'_k=f(S'_{N\cdot\max},D_k) \tag{4}$$

3 基于最大负荷预测的静态安全分析方法

3.1 负荷均分转移

静态安全分析过程中,变压器检修或退出运行(断线处理亦会导致站内变压器退出运行)或分段母线检修时,可通过站内开关操作,将失压部分负荷转移到站内其他正在运行或备用的变压器中,使得在故障情况下,各运行变压器负荷的均衡化.一个简单的变电站接线图如图 1 所示.下文将以此图为例说明故障时,负荷均分转移的方法.

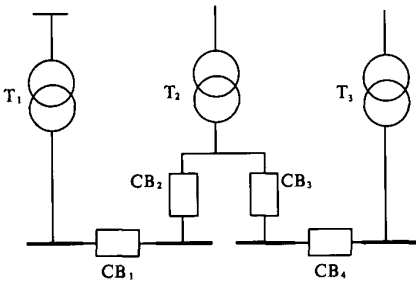


图 1 一个简单的变电站接线图

Fig. 1 A simple substation wiring diagram

在图 1 所示的接线图中,正常状态下,断路器 CB_1 、 CB_4 处于开断状态, CB_2 、 CB_3 闭合.若变压器 T_1 退出运行,根据上述方法,打开 CB_3 ,闭合 CB_1 、 CB_4 ,失压母线的负荷转移到 T_2 变,并保持 T_2 变和 T_3 变两者负荷的大致平衡.

3.2 运算流程

建立了地区电网的主接线图后,根据所收集到的各类数据(负荷数据、分类数据等),就可以进行静态安全分析,运算的流程为:

(1) 根据最大负荷预测的方法,获取变电站接线图中各台变压器在预测年所供的最大负荷,选取负荷数据(历史的、实时的或预测的);

(2) 在接线图上,由采集到的开关状态信息,设定系统的运行方式,形成预想故障集合;

(3) 假设对故障集合中的一条线路进行断线

处理将引起站内某些主变退出运行,则应根据站内负荷均分转移的原则,将失压部分负荷转移到站内其他变压器上,检查是否存在不安全运行的设备.若不存在,则转步骤 4),否则列出不安全设备及运行指标越界情况;

(4) 若故障集合中所有线路都进行了断线分析处理,则进行步骤 5),否则指向下一条线路,返回步骤 3);

(5) 假设变电站中有一台主变因事故或检修停运,根据站内负荷均分转移的原则,将失压部分负荷转移到站内其他变压器上,检查是否存在不安全运行的设备.若不存在,则转步骤 8),否则列出不安全设备及运行指标越界情况;

(6) 假设变电站中有一段下级母线因事故或检修停运,根据站内负荷均分转移的原则,将这段母线所带负荷转移到站内其他变压器上,检查是否存在不安全运行的设备.若不存在,则转步骤 7),否则列出不安全设备及运行指标越界情况;

(7) 若故障集合中该变电站中所有下级母线都分析完毕,则转步骤 8),否则指向下一段下级母线,返回步骤 6);

(8) 若故障集合中该变电站中所有主变都分析完毕,则转步骤 9),否则指向下一台主变,返回步骤 5);

(9) 若故障集合中所有变电站都分析完毕,则转步骤 10),否则指向下一座变电站,返回步骤 5);

(10) 若静态安全分析结果符合要求,则运算结束,输出结果.否则,扩展网络接线,改变网络拓扑结构,返回步骤 2).

上述分析的过程,基于故障的从重到轻、故障面从大到小的原则,可以涵盖所有的预想故障,同时也能剔除不需分析的故障情形.若一台主变退出运行,通过负荷的转移能确保失压部分负荷能继续供电,则不需考虑失去一段下级母线的情形.

4 软件实现

根据以上的论述,所开发的基于最大负荷预测的地区电网静态安全分析软件的总体结构流程如图 2 所示.软件采用模块化设计,分为 4 个模块,即数据处理模块、最大负荷预测模块、静态安全分析模块及结果输出模块.各模块之间相互独立,通过模块间接口进行通信,具有很强的可扩展性,易于维护,并利用图形表示方法,实现过程与结果的可视化^[3].

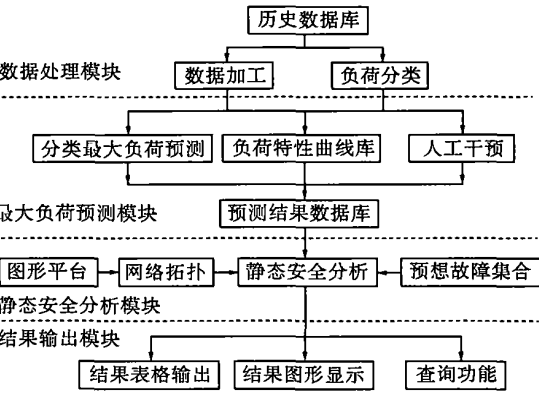


图2 软件总体结构流程图

Fig.2 How chart of software architecture

(1) 根据用户定义的原则,数据处理模块对采样得到的负荷数据进行初步的处理,可增加、修改负荷数据,对异常的数据进行平滑化处理,按照负荷分类的划分标准,将负荷数据按不同的分类存储与维护,并形成负荷特性曲线库。

(2) 最大负荷预测模块提供变电站(站内变压器)最大负荷的预测功能,考虑其所供的各分类负荷的预测最大负荷,结合使用负荷特性曲线库,计算变电站(站内变压器)预测最大负荷。

(3) 静态安全分析模块提供了基于图形平台的静态安全分析功能,元件属性的维护可通过鼠标操作,在图形平台上方便高效地进行;网络拓扑是静态安全分析的基础,在图形平台上通过从图形到拓扑的运算,根据系统的一次主接线图自动获得,并且通过控制开关元件的开合状态的变化,实现网络拓扑的动态更新,对整个网络进行故障扫描,形成预想故障集合。

(4) 结果输出模块主要对静态安全分析结果、最大负荷预测结果等数据进行报表的生成、维护等管理以及图形显示,结果数据可以输出到Excel表,也可在图形平台的主接线图上直接显示,不满足静态安全分析的元件可以进行不同的着色显示,不同的分析结果可以在Excel表或主接线图上进行比较显示,使用人员可以直观地进行比较。

5 结束语

本文作者提出了一种基于最大负荷预测的地区电网静态安全分析方法,概括了面向规划的静

态安全分析的特点,描述了最大负荷预测的模型,阐述了进行静态安全分析方法的具体步骤,确定了软件的具体实现方法。基于本文的思路,为广州供电分公司开发了相应的静态安全分析软件,可满足规划、运行人员的需求。实际应用表明,该软件对发现网络的安全隐患,提高电网运行的安全性具有一定的作用,同时也验证了这一方法的正确性及有效性。

参考文献:

[1] 范荣全,朱继忠,徐国禹. 预计负荷变化时 N 及 $N-1$ 有功静态安全域计算[J]. 电力系统及其自动化学报, 1994, 9(4): 39~46.

[2] 王海宁,刘广一,王兴,等. 能量管理系统(EMS)第10讲:网络安全分析软件(1)——预想故障分析与安全约束调度[J]. 电力系统自动化, 1997, 21(10): 76~79.

[3] ZHANG B M, WANG S Y, XIANG N D, et al. A security analysis and optimal power flow package with real-time implementation in northeast china power system[R]. Hong Kong: Proceedings of the International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, 1993.

[4] 何银菊,宋玮,周庆捷,等. 面向对象的电力系统潮流计算与静态安全分析[J]. 电网技术, 2001, 25(8): 11~14.

[5] 窦永康. 地调系统静态安全分析应用软件的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(5): 64~66.

[6] 张俊芳,吴军基,康明才. $N-1$ 安全输电网优化规划[J]. 继电器, 2000, 28(9): 25~27.

[7] 赖晓平,周鸿兴,田发中. 电力系统短期负荷预测的混合模型神经网络方法[J]. 电网技术, 2000, 24(1): 47~51.

[8] 胡子珩,陈晓平,刘顺桂,等. 深圳电网自动运行的短期负荷预测系统[J]. 电网技术, 2003, 27(5): 21~25.

[9] 赵希正. 中国电力负荷特性分析与预测[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[10] 高山,单渊达. 小波奇异性检测在负荷数据纠错和平滑处理中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(11): 105~108.

[11] 姜勇. 南京地区春节负荷特性分析及其预测方法[J]. 电网技术, 2003, 27(5): 72~74.

[12] 邱家驹,钱源平,刘艳. 基于地理信息系统的电力系统静态安全分析可视化方法[J]. 中国电机工程学报, 1999, 19(5): 62~66.

Research on Security Analysis of District Power Net work
Considering the Maxi mal Load Forecasting

CAI Ze -xiang ,HOU Ru -feng ,YIN Liang

(College of Electric Power ,South China University of Technology ,Guangzhou 510640,China)

Abstract : From the point of view of planning , a maxi mal load forecasting based security analysis method for district power network is proposed . Here , the feature of planning oriented security analysis , the establishment and use of maxi mal load forecasting model and the method of security analysis are researched , and the method to acquire the value of annual peak load is improved . Based on a lot of sampled load data , a warehouse of load characteristics is formed , on the basis of which the realization method of this software , its architecture and flow chart and functions are determined . The applications of the developed software show that by using the proposed security planning method it is convenient for the anticipate district power network structure to discover the hidden trouble of system security under forecasted future load level and to assist the user to work out reasonable planning .

Key words : security analysis ; load forecasting ; network planning ; district power network ; power system

(上接第 17 页)

Three phase Active Power Filter Based on Nonlinear PID Control

ZHAO Guo -sheng¹ , WEI Zhi -gang²

(1.School of Electrical Engineering ,Zhengzhou University , Zhengzhou 450052, China ;2.Shuiye Iron and Steel Company ,Anyang Iron and Steel Group ,Anyang 450004,China)

Abstract : In this paper , voltage mode three phase active power filter employing nonlinear PID control theory is pro - posed . The discrete differential control equations of three phase active power filter are derived by using the nonlinear tracking -differentiator and nonlinear combination of traditional PID control signals . The MATLAB simulation of discrete differential equations of traditional PID and nonlinear PID is made . The results prove nonlinear PID control has good perfor mance than traditional PID control .

Key words : three phase active power filter ; nonlinear PID control ; nonlinear tracking differentiator