

文章编号:1671-6833(2005)02-0039-04

实用短路计算与电气设备选择一体化程序研究

许 珉¹, 王 侠², 李 耀³, 韦兴龙³

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 南阳供电局, 河南 南阳 473000; 3. 黄河科技学院信息工程学院, 河南 郑州 450000)

摘 要: 基于三相短路和不对称短路时短路电流实用短路计算的计算机算法, 以及电力系统图形程序的设计方法, 将电气设备选择计算与电气主接线、电网短路计算有机地结合在一起, 研究开发了基于数据库、专家系统和电力系统图形的电力系统实用短路计算与电气设备选择计算一体化程序。该程序的短路计算与电气设备选择计算在电力系统图形界面上进行, 其结果以报表形式打印输出。

关键词: 电气设备; 数据库; 专家系统; 实用短路计算

中图分类号: TM 744

文献标识码: A

0 引言

我国电力工业一直以较快的速度发展, 电力工业的高速发展, 必然要新建大量的电厂, 在发电机装机容量规模扩大的同时, 其配套的输变电工程数量更大, 要进行大量的电厂、变电站的设计, 而电气部分设计在电厂、变电站的设计中又是主体设计。由于在运行时, 电气设备中都存在着不同形式的能量与功率损耗, 设计时需要进行电气设备的长期发热和短时发热计算, 使它们不致因发热而损坏; 另外, 载流导体间存在相互作用力(电动力), 在电力系统发生故障时, 短路电流产生的很大的电动力有可能将电气设备损坏, 设计时也需要进行短路电流和电动力的计算, 供选择电气设备时用^[1,3]。因此, 短路计算和电气设备选择计算对电力工程设计是否正确, 运行是否安全可靠起重要作用。但是, 短路计算和电气设备计算工作量大, 系统复杂, 内容杂乱, 涉及的知识多, 又要求有丰富的工程设计经验, 这使得设计人员设计效率低, 容易出错。将信息技术和计算机技术用于电气工程设计, 可以大大减轻设计人员的劳动强度, 减少设计中的错误, 提高设计效率和正确性。将内容杂乱的电气设备选择计算与电气主接线、电网短路计算有机地结合在一起, 研究开发可视化电力系统短路计算、电气主接线绘制、电气一次

设备库与电气设备选择计算一体化的计算机辅助设计计算及专家系统程序具有重要意义。国外和国内在应用运算曲线的短路计算上有差别, 在短路电流热效应的计算方法上也不相同, 国外的计算方法经实践证明并不适合在国内使用。

1 图形程序的开发与形成网络拓扑连接关系的方法

图形界面作为一种直观、方便、高效的人机交互手段, 在电力系统的各类软件中已经得到了广泛的应用。电力系统接线图是联系短路计算和电气设备选择的关键环节, 是网络参数和电气设备选择计算的交互界面, 也是实现整个发电厂和变电站电气设备自动选择的基础。面向对象程序设计思想更接近人的思维活动, 利用这种先进的程序设计思想, 可以增加软件的可扩充性和可重用性及可维护性, 大大提高软件的生产效率。本程序^[3]开发了基于数据库和面向对象的电力系统图形程序, 电力系统接线图的元件绘制可以在图形上输入元件参数, 可以实现元件的旋转、移动、改变颜色、删除、块移动、母线和导体的拉长与缩短和修改文本。程序中采用自适应连接技术, 相距很近的节点自动连接在一起, 使用户可以方便地建立电力系统接线图并自动形成三序网络, 自动进行节点编号, 自动进行接线拓扑分析形成计算网

收稿日期: 2005-01-08; 修订日期: 2005-02-20

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(004061300)

作者简介: 许 珉(1956-), 男, 河南省开封市人, 郑州大学副教授, 主要从事电力系统监视与控制的教学与研究。

络^[3],用户还可以方便地改变运行方式,进行不同运行方式下的短路电流计算.网络拓扑关系形成采用作“标记法”的深度优先搜索法,对已搜索过的支路作标记,不需要形成邻接矩阵,节省内存,简单方便.

2 实用短路电流计算

选择电气设备进行验算时需要用短路后不同时刻的短路电流,即计及暂态过程,采用短路电流实用计算方法^[3,4].它是根据同步电机过渡过程的理论结合我国电力系统情况提出的.电气设备选择的短路电流计算条件要求短路种类一般按三相短路,若其它种类短路较三相短路严重时,则应按最严重的情况计算,因此用于电气设备校验的短路计算应包括三相短路和不对称短路计算.

2.1 三相短路实用计算的计算机算法

用计算机进行短路实用计算,关键是转移阻抗的计算机计算.如果系统第*i*个电源其端点为*i*,内阻抗为*x_i*,*X_{ff}*和*X_{if}*分别是短路点*f*的自阻抗和*i*点到短路点*f*的互阻抗(略去电阻),令系统处于无源状态,仅短路点*f*有电流源*I_f*注入时,由自阻抗的定义得短路点*f*的电压为

$$U_f = X_{ff} I_f,$$

由互阻抗的定义可得节点*i*的电压为

$$U_i = X_{if} I_f,$$

根据转移阻抗的定义可知,

$$\frac{U_i}{x_i} = \frac{U_f}{x_{if}},$$

从而有
$$\frac{X_{if} I_f}{x_i} = \frac{X_{ff} I_f}{x_{if}},$$

故可以求出电源对故障点转移阻抗(略去电阻)为

$$x_{if} = \frac{X_{ff}}{X_{if}} x_i,$$

因此,只要计算出网络节点阻抗元素就能精确算出复杂网络中任意电源对短路点的转移阻抗.

2.2 不对称短路时短路电流实用计算的计算机算法

在不对称短路的实用计算中,正序等效定则不仅适用于计算起始次暂态电流和稳态电流,而且也适用于计算短路暂态过程中任一时刻的周期电流值.因此,运算曲线也可以用来确定不对称短路过程中任意时刻的正序电流*I_{a1}*.在发生各种不对称短路时,故障点的正序电流相当于短路点*f*

经一个附加电抗*X_Δ⁽ⁿ⁾*后发生三相短路时的短路电流,因此,在正序网络中的短路点*f*处接入一个附加电抗*X_Δ⁽ⁿ⁾*(相当于追加一个树支)引出新节点*q*,计算电源对*q*点的转移电抗,然后用运算曲线计算*q*点的三相短路时任意时刻的电流,即不对称短路时的正序电流*I_{a1}*.再利用*I_f⁽ⁿ⁾ = m⁽ⁿ⁾ I_{a1}⁽ⁿ⁾*(*m⁽ⁿ⁾*是比例系数)即可计算出不对称短路时故障相短路电流.

略去电阻,用纯电抗表示各元件,作出各序等值网络,计算出各序网络中短路点的输入电抗*X_{1Σ} = X_{ff}*、*X_{2Σ}*和*X_{0Σ}*,根据短路的不同类型组成附加电抗*X_Δ⁽ⁿ⁾*,于是,不对称短路时的正序计算电抗便可由下式确定:

$$X_{js,i}^{(n)} = \frac{X_{qq}}{X_{iq}} \times x_i \times \frac{S_N}{S_B}.$$

由支路追加法可知式中新追加的支路*q*点的自阻抗为

$$X_{qq} = X_{ff} + X_{\Delta}^{(n)},$$

节点*i*和节点*q*间的互阻抗为

$$X_{iq} = X_{if},$$

故

$$X_{js,i}^{(n)} = \frac{X_{qq}}{X_{iq}} \cdot x_i \cdot \frac{S_N}{S_B} = \frac{X_{ff} + X_{\Delta}^{(n)}}{X_{if}} \cdot x_i \cdot \frac{S_N}{S_B} = (1 + \frac{X_{\Delta}^{(n)}}{X_{1\Sigma}}) x_{if} \frac{S_N}{S_B},$$

式中:*S_N*为第*i*台发电机的额定容量;*S_B*为基准容量;*x_{if}*是第*i*个等值电源对短路点*f*的三相短路的转移电抗.

2.3 可视化实用短路电流计算

可视化实用短路电流计算的主要功能为:在图形界面上输入各电气元件的参数;自动形成各序网络;能计算三相短路、两相短路、两相短路接地和单相短路接地短路后0、*t_k*/2和*t_k*时刻的短路电流*I''*、*I_{t_k/2}}*和*I_{t_k}*.计算短路电流在电力系统接线图上进行,短路点可以选择在母线、线路与电缆的端点或中间.用户还可以通过设置断路器的状态,方便地改变运行方式,进行不同运行方式下的短路电流计算.短路电流计算结果以报表形式输出.

3 电气一次设备库管理程序

利用关系型数据库开发了电气一次设备库管理程序用来建立各种电气一次设备技术参数.电气一次设备库根据常用的电气一次设备的类型,型号、装置地点、电压等级等作为分类检索条件,

存储各生产厂家产品技术说明中提供的产品规范及保证值,为可视化实用短路电流计算电气设备选择计算提供数据支持.

4 电气设备选择计算及专家系统

4.1 电气设备选择计算

电气设备选择计算实现了可视化,可以实现自动选择和人机交互选择.交互方式选择设备时,在主接线图上进行,可以选择计算矩形导体、槽形导体、管形导体、钢芯铝绞线和电力电缆;还可以选择计算常用电器设备,如断路器、隔离开关、电抗器、电流互感器、穿墙套管和支柱绝缘子^[5,9].选择计算结果可以输出打印,以便于教学或设计时参考.断路器、隔离开关选择计算界面如图1所示.

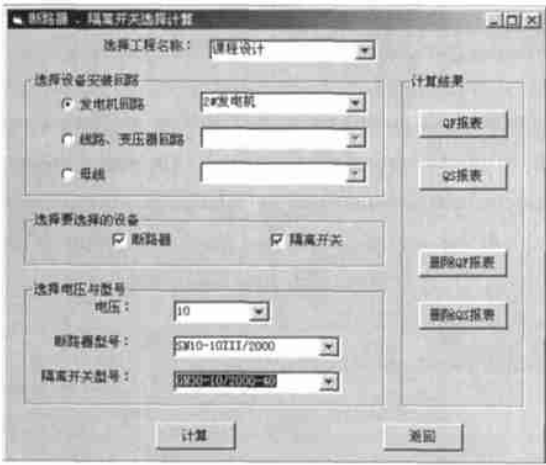


图1 断路器和隔离开关选择计算界面

Fig. 1 The interface of QF and QS selection calculation

4.2 电气设备选择计算中的数据查询与操纵

电气设备计算机辅助选择计算所需数据和计算结果全部存储在数据库中,原因之一是电气设备选择计算中需要进行大量的将计算值与电气设备库中的厂家规范值匹配,比较大小.用数据库存储数据,结构化查询语言SQL 非常方便.使用SQL 条件查询数据,准确快速,还可以对数据库进行添加,修改和删除等管理.原因之二是电气设备选择计算结果需要以报表的形式输出.设计基于数据库的报表,采用可视化的设计方法较为简单.因此使用数据库存储数据为电气设备的选择计算提供了很大的方便性,利用SQL 语言使得电气设备的选择计算更是得心应手.

4.3 电气设备选择计算专家系统^[7]

电力设备随着科技的发展,不断有新型号设备出现.本系统的电气一次设备库对用户开放,不

断添加新的设备.电力工程设计中也有一项基本要求就是采用新技术新产品.由于电气一次设备库中有许多不类型、不同型号的设备,实现变电站全部电气设备的自动选择出现了能否选择到新设备的问题;在实际工程设计中,选择电气设备需要留有一定的裕度;电气设备选择计算还涉及到国家的政策、产品的价格和应综合考虑的问题.这些都是不确定因素,要解决这些问题可以借助于专家系统.用户只需要修改专家系统,添加新的规则,便可自动选择出用户满意的、新型的、符合国家产业政策及设备.电气设备选择计算专家系统由以下几部分组成:

(1) 知识库和数据库.利用关系型数据库建立知识库并对用户开放,将数据库和知识库有机地结合起来,用户通过对数据库的操作,方便的实现知识的添加,删除和修改.还利用数据库存放结果.

(2) 推理机.使用数据库的查询功能,可以方便地在知识库中查询所需要的专家经验,并进行解释,控制选择结果.

(3) 人机界面.实现人机对话和电气设备选择结果报表输出.

4.4 短路电流计算与电气设备选择计算中的报表设计

短路电流计算与电气设备选择计算中的选择计算结果必须能打印输出,才能方便用户使用,因此,输出报表的设计是本文的一个重要环节.本文采用数据环境设计器和数据报表设计器设计了功能复杂,输出信息丰富的报表,可以实现满足多个条件的条件输出报表和分组复杂报表,满足了工程设计的需要.由于所有网络的短路电流计算结果存在同一个表中,打印输出时,只能输出所选择的网络,故设计了条件输出报表,只有所选择网络的短路电流计算结果才能输出.另外,流向故障点的各支路短路电流需要求和,该报表被设计成了分组报表.

5 结束语

本文作者将电气设备选择计算与电气主接线、电气一次设备库和实用短路计算有机地结合在一起,开发了基于数据库和电力系统图形的电力系统实用短路计算、电气一次设备库与电气设备选择计算一体化计算机辅助设计及专家系统程序,可用于电力工程设计中,具有实用价值.短路电流计算结果和电气设备选择计算结果以报表的

形式输出, 便于工程设计和教学中使用. 该程序具有较强的实用性和较好的应用前景.

参考文献:

[1] 刘 伟, 许 珉, 杨宛辉. 面向对象的电力系统图形程序设计方法[J]. 继电器, 2003, 31(11) : 44~47.

[2] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.

[3] 西安交通大学, 西北电力设计院, 西北勘测设计院.

短路电流实用计算方法[M]. 北京: 电力工业出版社, 1982.

[4] 华北电力学院. 电力系统故障分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 1980.

[5] 范锡普. 发电厂电气部分[M]. 第二版. 北京: 中国电力出版社, 1995.

[6] DLGJ 14—85, 导体和电器选择设计技术规定[S].

[7] 杨宛辉, 许 珉. 变电站计算机仿真培训专家系统开发与应用[J]. 继电器, 1999, 27(2) : 32~34.

Integrative Program Research with Practical Short Circuit Calculation and Electric Equipment Selection

XU Mn¹, WANG Xia², LI Yao³, WEI Xing-long³

(1.School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China ; 2.Nanyang Power Supply Bureau, Nanyang 473000,China ; 3.School of Information Engineering, Huanghe Technology College, Zhengzhou 450000, China)

Abstract : This paper analyzes the computer algorithm of practical short circuit calculation based on three phase short and unsymmetrical short and a kind graphic programming in power system is introduced . The research combines selection calculation of electrical equipment with electrical main connection and calculation of short circuit . The integrative program that is used to calculate short circuit current and to select electrical equipment is researched . based on database , expert system and electrical graphics . Short circuit calculation and electric equipment selection are completed in the graphical interface .The results are printed in the form of statement .

Key words : electric equipment ; database ; expert system ; practical short circuit calculation