

## 基于 CM模型的短路电流实时监视软件

王婷婷,许旭锋

(浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027)

**摘要:** 介绍了基于公共信息模型 (CM)的短路电流实时监视软件的结构算法及实现中的关键技术。提出了一种针对 CM数据库特点的快速计算断路器上短路电流的方法,并用实例来进一步证明。本软件遵循 IEC61970标准,考虑目前 EMS运行状况而设计,满足开放式能量管理系统发展的需要,是一种“即插即用”的 EMS软件。

**关键词:** CM; 实时监视; 断路器遮断容量; 短路电流

**中图分类号:** TM713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)09-0041-04

### 0 引言

随着电力配电自动化的发展,电网实时监视成为可行的手段,已经得到重视。近年来电能需求的日益增加,大功率电源投入运行,自耦变压器的使用等原因使短路电流不断增大,同时短路电流又随着开关的运行状态变化而变化,断路器上的短路电流随时有接近或超过其遮断容量的可能,成为电网安全运行的严重隐患。因此有必要实时校核流经断路器上短路电流的大小,如发生越限及时通知运行人员采取相应措施。

配电自动化系统有效运行需要多种子系统(如:EMS、DMS等)同时进行,每种子系统又包括很多应用软件(如:NA、SCADA等),这些子系统或应用软件可能由不同的厂商开发,因此它们的软件平台、数据库、通讯协议和应用程序接口都不同。每个厂家用其定义的私有数据结构、接口和通讯协议来描述电力系统资源,使得各系统和应用软件之间数据交换存在壁垒而无法进行信息共享造成信息资源的浪费,多种操作系统、多种网络协议、多种数据库难以管理和维护,二次开发往往受制于原来购买的厂家。为此 IEC61970标准提供了一种完善的解决方法,它规定标准的能量管理系统应用程序接口(EMS-APD),使各种应用软件或系统能够不依赖信息的内部表示而方便地存取公共数据和交换信息,实现面向对象应用程序的“即插即用”,完成对EMS的集成,使之成为开放式系统。

基于CM(Common Information Model)的短路电流实时监视软件按照 IEC 61970标准定义其接口,从基于CM的适配器中读取所需数据。软件在三

种触发方式下运行,按照一定的用户要求计算当前运行方式下流经每个断路器的短路电流,将其与断路器的遮断容量进行比较,并把结果在自行设计的界面输出。

### 1 基于 CM的实时监视软件简介

CM使用统一建模语言(UML)将电力系统的实体类型抽象为包含一个或多个类图的一组包,用图形表示该包中的所有类及它们的关系,再根据类的属性及与其它类的关系用文字形式定义各类并描述和识别类的具体实例的属性。CM中的类描述了EMS各种应用软件共同感兴趣的对象属性,类间的关系包括泛化关系,依赖关系和关联关系。如果用CM作为整个EMS数据库内部标准,就要将EMS的平台和应用都重新建立在基于CM的schema上。因为目前IEC61970标准中只有301部分是最终定稿,还有一部分正处于讨论阶段,而且目前不同厂商开发的EMS系统及其应用软件比较成熟,将它们完全重新定义为CM模型条件尚不完全具备。如图1所示,本文设计中,保存原来的EMS数据库,使用基于CM结构的内存作为数据适配器,通过CM/XML导入静态数据(如存储在网络数据库中的系统网络模型,设备参数等基本数据);通过GDA服务器提供标准的CIS接口导入EMS中的动态数据(如SCADA数据的实时遥信开关开合状态,网络拓扑分析软件计算结果等),供应用软件访问。

短路电流实用计算是本软件的基础,只考虑简单故障。按照CM定义短路电程序使用的类,基于CM模型的短路电流实时监视软件在响应触发之后运行,先从基于CM的内存库中读取所需数

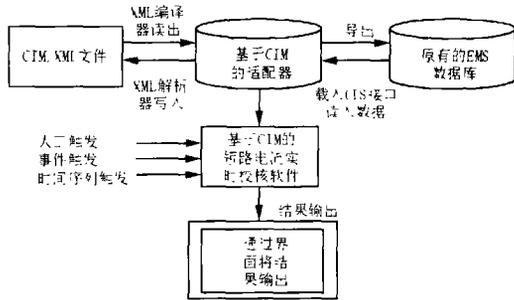


图 1 基于 CM 的短路电流实时监视软件和各数据库的关系

Fig 1 The relation between a CM based real-time short circuit current check application and databases

据,并按照网络拓扑结构形成零序电气岛;在节点优化之后形成节点导纳矩阵,采用十字链表法存储稀疏阵,对其进行三角分解;然后计算出各母线短路时的短路电流,按照断路器的分类原则,将母线上的短路电流转化为断路器上的短路电流;再把短路电流和断路器的遮断容量进行比较,判断是否存在断路器越限或重载的情况;将结果在界面上输出,如发生越限情况及时向运行人员发出警告信息。在运算过程中需要对这个电网的每个节点(也就是实际电网中的母线)做一次事故预想,会出现对于同一个零序导纳矩阵进行多次求解的情况。解决这个问题的方法就是在求解导纳矩阵之前对整个网络进行零序网的拓扑分析,建立节点和零序电气岛之间的关系,这样可以提高程序运行速度。

## 2 基于 CM 的实时监视软件实现中的关键技术

### 2.1 短路电流程序中用到 CM 的各个包及其类之间的联系

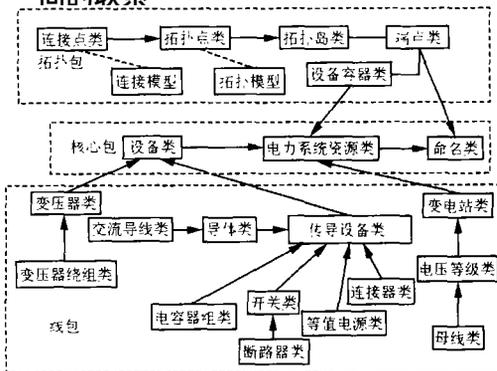


图 2 短路电流程序中用到的类以及 CM 中对象的对应关系

Fig 2 Classes used in the program and the corresponding CM classes

短路电流程序中用到 CM 包有核心包 (core), 线包 (W irs)和拓扑包 (Topology) (见图 2)。核心包包含核心命名,其他包中的大部分具有依赖于本包的关联和普遍化;拓扑包是核心包的扩展,它与连接点类 (ConnectivityNode)建立连接模型 (Switch/Node Model)和拓扑点类 (TopologicaNode)建立拓扑模型 (Bus/Branch Model);线包是核心包和拓扑包的扩展,建立了输配电网的电气特征的信息模型,用于网络应用,例如状态估计、潮流及最优潮流。每个电气元件包含端点类 (Terminal),在连接模型中,电气元件之间通过端点连接成连接点,经过电网拓扑分析后得到的母线节点模型中,等电位的连接点合并成为一个拓扑点,所有相连的带电拓扑点组成拓扑岛类 (TopologicalIsland)。核心包中的电力系统资源 (PowerSystemResource),设备容器 (Equipment Container)和传导设备 (ConductingEquipment)被短路电流程序及这些实体的公共集合所共享。变电站类 (Substation)包括电压等级类 (VoltageLevel)和变压器类 (PowerTransformer),变压器类连接不同的电压等级类;每个电压等级类下排列着:开关类 (Switch)、发电机类 (Generator)、等值电源类 (EquivalentSource)、电容器组类 (Compensator)。在变压器类下可以定义变压器绕组类 (Transformer Winding)。

### 2.2 基于 CM 模型的断路器分类

短路电流计算得到的是节点模型中拓扑节点的电流,断路器上的短路电流还需根据短路点所在的位置来确定,这是整个断路器实时校核软件中关键的一步,针对不同数据库中关于断路器对象属性的描述不同,处理方法也不一样。

每个断路器类定义中添加一个相邻电气设备列表,该列表表示如下:

```
neighborequipment { equipmentleft, equipmentright }
```

其中 equipmentleft 和 equipmentright 分别表示该断路器相邻两端的电气设备类。选取相邻电气设备的优先级为:母线类 (Busbarsection)、除母线和断路器外的其它电气设备、断路器类。根据断路器的相邻电气设备列表中是否有母线类,把断路器分为两种类型:

(1)断路器相邻设备列表中包含一个母线类。计算  $I_k - I_{equipment}$  和  $I_{equipment}$  的值 ( $I_k$  为母线短路电流值,  $I_{equipment}$  为流经该断路器所连电气设备的短路电流值),并取两者中较大值作为该断路器的校核电

流。这类断路器主要有:线路断路器、发电机断路器、电容电抗断路器等。

(2) 断路器相邻设备列表中包含两个母线类。由于母线上电流流动在短路瞬间较为复杂,因此不用列出相邻两端电气设备列表,流经此类断路器上的电流用  $I_k$  校核。这类断路器有:母联断路器、分段断路器等。

(3) 断路器相邻设备列表中没有包含母线类。计算  $I_{equipmentleft}$  和  $I_{equipmentright}$  的值 ( $I_{equipmentleft}$ 、 $I_{equipmentright}$  为流经该断路器两侧电气设备的短路电流值),并取两者中较大值作为该断路器的校核电流。这类断路器有中间断路器等。

按照以上断路器分类方法,由母线上的短路电流计算流经断路器的短路电流的处理步骤为:

- (1) 计算拓扑节点(即母线)上的短路电流  $I_k$ 。
- (2) 按照“拓扑节点类 连接点类 端点类 传导设备类 断路器类”顺序遍历所有连接在该拓扑节点上的断路器。
- (3) 在遍历过程中,记录下的每个断路器所连接的除隔离开关外的相邻电气设备,并根据优先级将它们存入相邻电气设备列表,由此区分出两类不同的断路器。

(4) 为了获得流经断路器上的最大短路电流,需考虑断路器两侧不同位置发生短路时的情况。按照本文的断路器分类方法,计算断路器上流过的短路电流,取其中最大值和该断路器的遮断容量进行比较。

### 2.3 算例

如图 3 所示,假设图中的开关断路器都处于闭合状态。此接线方式经过拓扑分析后,合并为一个拓扑节点 TN。

(1) 假设 TN 在某种短路方式下短路电流的计算值为  $I_k$ 。

(2) 按照本文的遍历搜索方法,由 TN 搜索得到连接点有: CN1、CN2、CN3、CN4、CN5、CN6,每个连接点对应的端点和电气元件如图 4 所示。

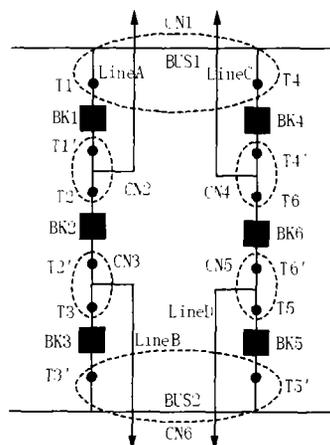


图 3 一台半断路器接线方式

Fig 3 Breaker-and-a half configuration

由图 3 断路器 BK1 的两个端点为 T1 和 T1', 下面以计算流经 BK1 的短路电流为例:连接点 CN1 对应的端点有 BUS1、T1、T4, 对应的电气元件有 BUS1、BK1、BK4; 连接点 CN2 对应的端点有 T1、T2、LineA, 对应的电气元件有 BK1、BK2、LineA。断路器 BK1 的 T1 侧对应的相邻元件有 BUS1、BK4, 按照优先级将 BUS1 存入 equipmentleft; T1 侧对应的相邻元件有 BK2、LineA, 按照优先级将 LineA 存入 equipmentright 中。即 BK1 的相邻电气设备列表为 neighborequipment{ BUS1、LineA }。同理可得:

- BK2: neighborequipment { LineA、LineB };
- BK3: neighborequipment { BUS2、LineB };
- BK4: neighborequipment { BUS1、LineC };
- BK5: neighborequipment { LineC、LineD };
- BK6: neighborequipment { BUS2、LineD }。

(3) 由上述相邻电气设备列表,将 BK1、BK3、BK4、BK6 归为第一类, BK2、BK5 归为第三类。

(4) 对于第一类断路器,计算并比较  $I_k - I_{lineA}$  和  $I_{lineA}$  的值,取大者作为流经 BK1、BK3、BK4、BK6 的短路校核电流;对于第三类断路器,计算并比较  $I_{lineA}$  和  $I_{lineB}$  的值,取大者作为流经 BK2、BK5 的短路校核电流。

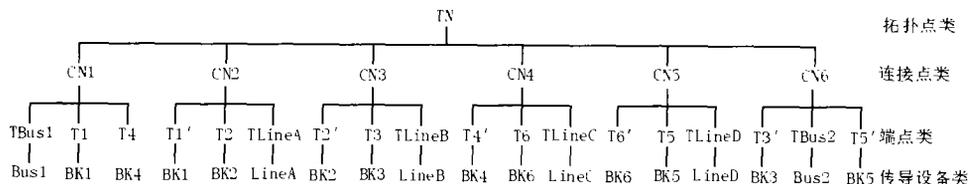


图 4 类间关系的树状图

Fig 4 The tree diagram of relation between classes

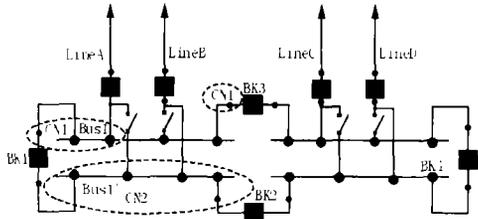


图 5 220 kV 变电站电气接线图

Fig 5 220 kV substation electric wiring diagram

对于第二类断路器的分析如图 5 所示,按照上述方法可得母联断路器 BK1 为第二类断路器,用  $I_k$  作为流经 BK1 的短路电流,和遮断容量相比较。

### 3 结论与展望

随着对开放式系统需求的日益增加,新一代的 EMS 系统及其应用软件将按照 IEC61970 标准运行 and 开发。本文介绍的基于 CM 的短路电流实时监控软件正是以开放式应用软件为目的而设计的,用 CM 模型来定义程序中用到的类。考虑到软件的实时性要求,在设计过程中,坚持速度优先、兼顾精度的设计理念。此外,本软件对于断路器上短路电流的计算,根据 CM 中类的定义及其关系,提出了一种新的可行方法。

### 参考文献:

- [1] 于尔铿,刘广一,周京阳. 能量管理系统 [M]. 北京:科学出版社,1998  
YU Er-keng, LU Guang-yi, ZHOU Jing-yang Energy Management System [M]. Beijing: Science Press, 1998
- [2] IEC 61970, Energy Management System Application Program Interface (EMS2API), Part I CC-API Guidelines Preliminary Draft [S].
- [3] IEC 61970, Energy Management System Application Program Interface (EMS2API), Part 301: Common Information Model (CM) Base Draft Revision 5 [S].
- [4] IEC 61970, Energy Management System Application Program Interface (EMS2API), Part 401: CIS Schema Draft Revision 2 [S].

收稿日期: 2005-12-14; 修回日期: 2005-12-29

作者简介:

王婷婷 (1982 - ), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统分析; E-mail: wzwangtingting@163.com

许旭锋 (1981 - ), 男, 博士研究生, 研究方向为电力系统规划。

## Real-time check of circuit breaker interrupting capacity based on CM

WANG Ting-ting, XU Xu-feng

(School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** A CM based real-time short circuit current check application is introduced in this paper, as well as its specified structure, critical steps of the algorithm and the implementation. And a new method based on CM database that calculates the breakers short circuit current is illustrated by examples. Considering energy management system's present operation state, this software complies with Standard IEC61970 to satisfy the development of the opening EMS, which is a sort of plug-in EMS software.

**Key words:** CM; real-time; circuit breaker interrupting capacity; short-circuit current

(上接第 36 页 continued from page 36)

## Load frequency control identification using wavelet neural networks in power system

LI Zheng, DU Cheng-tao, YANG Wen-huan

(College of Electrical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200031, China)

**Abstract:** This paper builds a load frequency control model in power system and identify this model using NARMA of WNN. The numbers of neurons in layer and the feedback orders using the Akaike Final Prediction Error and its Information Criterion are selected. Simulations shows that the method is highly effective.

**Key words:** wavelet neural networks; load frequency control; NARMA model