

供配电系统智能求解中知识库的描述

居荣, 唐小波

(南京师范大学电气与电子工程学院, 210042, 南京)

[摘要] 结合开发供配电系统智能软件的思路, 介绍了智能求解中所需知识库的描述方法.

[关键词] 供配电系统, 智能求解, 知识表示

[中图分类号] TM72, [文献标识码] B, [文章编号] 1672- 1292- (2003) 02- 0050- 04

目前专家系统技术在各个领域已得到了广泛的应用, 特别在电力系统智能求解方面发展很快, 如调度自动化、无人值班、故障判断、倒闸操作等. 一个智能系统的性能高低, 取决于知识库中知识的完善程度和良好的组织结构, 特别是在求解复杂问题时最为关键. 因此, 对供配电系统智能求解中知识表达方式的研究至关重要, 应当根据求解问题的特点选择合适的知识描述方法. 本文根据作者自行开发供配电系统智能软件的思路, 介绍了智能求解中所需知识库的描述方法.

1 知识的表结构描述

电力系统, 特别是供配电系统, 出线较多、结构复杂, 因此在其智能求解过程中, 首先要解决的问题便是对所求解的电气网络结构的描述. 网络结构的描述是整个求解过程的联接纽带, 是图形的量化过程. 一个供配电系统, 通常由多条线路组成, 而某一条线路又由多个电气器件联接而成, 即: 供配电系统 \rightarrow 多条线路 \rightarrow 多个电气器件. 因此, 可以将一条线路作为一个单元, 利用表结构描述如下:

Branch(节点 1, 节点 2, 支路号, 有无电流, [“ 器件 1 类型, 器件 1 编号, 开合状态, 能否工作”, ..., “ 器件 n 类型, 器件 n 编号, 开合状态, 能否工作”]).

利用此方法前, 需对已有电气网络图的节点进行编号, 通过节点将所有支路有机地联系起来. 支路号为了与现场实际吻合, 一般取主要开断器件的编号, 如有断路器的取该断路器编号, 对避雷器(PT)回路可取相应隔离开关编号, 也可根据用户的习惯编号. 以下是一个典型一次系统的电气网络结构描述(如图1所示).

branch(1, 2, 311, 1, [“ NMQS, 311- 2, on, work”, “ GDQF, 311, on, work”, “ NMQS, 311- 4, on, work”])

branch(3, 4, 312, 0, [“ NMQS, 312- 2, off, work”, “ GDQF, 312, off, work”, “ NMQS, 312- 5, off, work”])

branch(2, 4, 345, 0, [“ NMQS, 345- 4, off, work”, “ GLQF, 345, off, work”, “ NMQS, 345- 5, off, work”])

branch(2, 5, 601, 1, [“ TMQS, 301- 4, on, work”, “ TM, 1, on, work”, “ HDQF, 601, on, work”])

branch(4, 6, 602, 0, [“ TMQS, 302- 5, off, work”, “ TM, 2, off, work”, “ HDQF, 602, off, work”])

branch(5, 6, 120, 1, [“ HLQF, 120, on, work”])

branch(5, 7, 612, 0, [“ HDQF, 612, off, work”])

branch(6, 8, 621, 0, [“ HDQF, 621, off, work”])

branch(7, 9, 611, 0, [“ HDQF, 611, off, work”])

branch(6, 10, 622, 0, [“ HDQF, 622, off, work”])

branch(3, 12, 349, 1, [“ KGPT, 349, on, working”])

收稿日期: 2003- 03- 17.

基金项目: 江苏省教育厅自然科学研究基金项目(2001DQYSJB111) 资助.

作者简介: 居荣, 1964-, 南京师范大学电气与电子工程学院副教授, 硕士, 主要从事专家系统技术在电力系统中的应用的教学与研究.

```
branch(4, 13, 359, 0, ["KGPT, 359, off, working"])
```

```
branch(5, 14, 649, 1, ["CJPT, 649, on, working"])
```

```
branch(6, 15, 659, 1, ["CJPT, 659, on, working"])
```

2 知识的谓词逻辑描述

在电力系统智能求解过程中, 所用到的知识库中的知识, 可以分为两大类: 一类是随着系统运行状态的变化而变化的事实集合; 另一类是一些不变的公共规则与推理策略. 其中事实主要用来描述电气线路中最基本的单元——电气元件的基本信息, 如: 元件的类型、当前的状态等; 而规则与推理策略则用以描述智能求解的机理, 形成推理网络. 对于这两类知识

采用谓词逻辑表示法进行描述非常有效, 因为谓词具有明确的形式语义, 良好的可理解性, 并且具有丰富的演义推理规则, 尤其适用于基于规则的智能求解系统中知识的表示.

在作者开发的“变电所倒闸操作票自动生成系统”专家系统中便采用了一阶谓词方法描述智能求解过程中所需大量事实与规则, 如对编号为 3025 的隔离开关, 描述如下:

```
State(3025, "off").
```

```
Condition(3025, "working").
```

```
.....
```

对合上支路 A 的操作规则描述如下:

```
tum_on_branch(A) :-
```

```
off(A),
```

```
turn_on A 支路的隔离开关,
```

```
retract(off(A)),
```

```
turn_on A 支路的油开关,
```

```
assert(on(A)).
```

合上 A 支路的隔离开关 X 的规则如下:

```
tum_on_Isoswitch(X) :-
```

```
In_branch(X, A),
```

```
Off(A),
```

```
Type(X, "Iso_switch"),
```

```
State(X, "off"),
```

```
Condition(X, "working"),
```

```
Retract(state(X, "off")),
```

```
Assert(state(X, "off")).
```

3 知识的框架结构描述

知识的表结构和谓词逻辑表示都有一个共同的缺点, 就是不能很好地表示知识之间的有机联系. 在电力系统当中许多知识之间存在着一种层次结构, 例如图 2 所示的一供配电系统故障诊断的知识结构图. 供配电系统中的故障包括变压器故障、母线故障、发电机故障、进线故障和出线故障, 而出线故障包含多条线路, 每一条线路的故障信息又包括电压、电流、连接母线编号、断路器编号……这一类知识的一

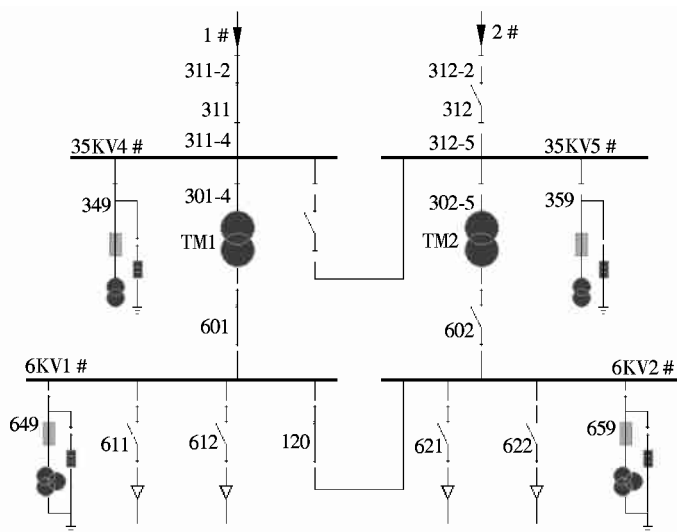


图 1 典型一次系统

个特点便是结构定型, 具有较好的层次性.

对于这一类知识可以用框架结构来描述. 框架结构的顶层是固定的, 表示某个固定的概念、对象或事件, 其下层又由一些称为槽的结构组成. 每个槽可以按实际情况被一定类型的实例或数据所填充(或称赋值), 每个槽值一般都预先规定赋值的条件, 还可规定不同槽的槽值之间应满足的条件. 所以框架是一种层次的数据结构, 框架下层的槽可以看成是一种子框架, 子框架本身还可以进一步分层次.

框架结构的特点主要体现在具有模块性, 可以自由修改、增删框架内容; 框架的层次结构提供了继承特性, 框架的属性及附加过程都可以从高层次的框架继承下来; 通过附加过程信息, 不仅提供了附加的推理机制, 还可以进行矛盾检测, 用于知识库一致性的维护; 框架结构的推理方法, 体现了人类观察分析事物的思维活动, 其推理决策易为人们所接受; C++ 中的类、结构体及链表等提供了现成的功能实现框架结构.

作者曾利用框架结构的知识表示方法成功开发了“常化厂供配电系统故障诊断系统”, 在该系统中建立了如下故障诊断知识框架:

```
class basic_ class{          /* 故障框架(fault 基类) */
    friend class Ctransformer;
    friend class Cinline;
    friend class Coutline;
    friend class Cbusbar;
    friend class Cgenerator;
}

class Coutline: public basic_ class{ /* Coutline 出线故障框架(子类) */
    bool current;
    bool voltage;
    bool breaker;
    friend class Cline;
}

class Cline_ : public Coutline{ /* 具体的出线故障框架 */
    bool current;
    bool breaker;
    bool voltage;
    struct * lineno;
    struct * breakemo;
    struct * busno;
}

struct busno{                /* 失压母线编号结构体 */
    string name;
    float cf;
}
```

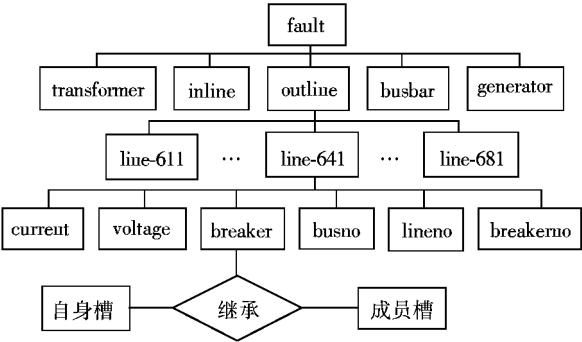


图 2 框架结构图

其结构图如图 2 所示, fault 为超类或称为基类, 出线故障 outline 是根类的一个子类, 具体的出线故障则是子类下的一个单元. 一个类中所包含的槽可以被子类、别的类或单元所继承, 基类槽可被其他任何类所继承.

框架在推理时, 就是根据已知信息, 到知识库中去寻找目标框架, 为问题求解提供决策依据. 例如, 寻找某一故障, 其现象为: 氯乙烯变电所母线失压, 线路 641 过电流. 框架匹配的过程是根据上述信息, 通过与知识库中的框架进行匹配, 找出一个或几个与该信息相关的候选框架, 然后进行评估, 以决定候选框架的取舍. 若用户再输入断路器 641 跳闸, 则推出“出线 641 短路”.

4 不精确知识的可信度描述

知识库中的知识主要来源于经验. 这些经验属于启发性知识, 相对于逻辑性知识来说往往没有严谨的理论依据, 是不稳定的, 因而没有正确性保证, 推导出的结论常常由于各个供电系统具体情况不同而不再正确. 例如, 变压器进线断路器跳闸, 其原因根据继电保护原理推论应是变压器内部故障或者变压器出口处短路. 而根据事实可知进线开关跳闸常常是由于进线套管故障引起的, 但同时也不能排除其他故障的可能性.

因此, 用可信度 CF 来评估知识库中推理规则的正确性. 可信度 CF 的取值范围为 $0 \sim 1$, $CF = 0$, 表示结论为假; $CF = 1$, 表明结论为真. 该值由运行人员的多年经验和大量实例分析确定. 可信度的引入不仅提高了结论的正确性, 还能有效地解决推理中的冲突问题.

[参考文献]

- [1] 居荣. 智能性倒闸操作模拟系统[J]. 电力建设, 1997, (11): 42~44.
- [2] 居荣, 唐小波. 供配电系统故障诊断专家系统的研制[J]. 电气自动化, 2003, 25(1): 30~32.

Representation of Knowledge Base in Intelligent Solution of Distribution Power System

Ju Rong, Tang Xiaobo

(College of Electrical and Electronic Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

Abstract: The representation methods of the knowledge base in the intelligent solution are introduced with the idea in developing intelligent software of customer side.

Key words: distribution power system, intelligent solution, knowledge representation

[责任编辑: 严海琳]