

智能开票系统中最大动作元件集方法的研究

梁磊, 陈超英

(天津大学电气自动化与能源工程学院, 天津 300072)

摘要: 通过对综合操作命令的归纳, 提出用最大动作元件集的概念来智能分析、产生倒闸操作票的方法。在此基础上, 给出了智能分析系统的功能模块, 并详细讲述了求解和过滤最大动作元件集的过程。

关键词: 最大动作元件集; 智能开票系统; 综合操作命令

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2001)12-0027-03

1 引言

发电厂、变电所的倒闸操作票中除了包括一次设备的开合位置变化外, 还要考虑到二次设备的命令票以及各地区内部规定的一些特殊命令票。我们不妨把它们分为以下(见表 1)四类。其中基本票的票令语言非常规范, 可归纳为:

动词(拉开, 合上) + 动作元件名称 + 名词(开关, 刀闸, 接地刀闸)。

由于二次设备的操作总是附属于一次设备, 可以在形成一次设备的操作票基础上再插入其它类型的票令。所以本文着重分析基本票的智能形成。我们把一个综合操作命令下所有的基本票中涉及到的元件定义为动作元件集。

表 1 操作票分类

单一票令种类	分类说明	举例
基本票	拉开、合上开关、刀闸、接地刀闸的开合操作	拉开 110kV 甲线 8832 开关
保护票	停用、投入保护压板等的操作	停用 220kV 母差保护切自红甲线 8811 开关保护压板
保险票	拉开、合上元件保险、直流小开关等的操作	拉开 220kV 自红甲线 8811 开关控制直流保险
特殊票	不属于上述三类的单一票令	按工作票要求布置其他安全措施; 汇报值长

2 最大动作元件集的定义

2.1 元件的四种状态及状态间的转化

综合操作命令对应着电气主接线图中某一高压设备从初始到终止状态的一个操作任务, 是一组逐项操作命令的集合。综合操作命令的基本类型:

(元件名称) 由(初态) 转(终态)

其中, 元件名称是开关、变压器、母线等元件名称; 初态、终态是元件的状态, 从最高状态到最低状

态依次包括运行态、热备用态、冷备用态、检修态。运行态指元件带电; 冷备用态指元件是备用状态, 各侧开关、刀闸均是断开位置; 检修指元件是检修状态, 各侧开关、刀闸均是断开位置, 检修设备由现场根据工作需要设置有安全措施, 通常接地刀闸是合上位置; 热备用指元件在备用状态, 各侧开关均在断开位置, 各侧刀闸至少有一侧在合闸位置, 一经操作开关, 元件即带有电压(开关两侧刀闸在合闸位置, 母线的母联开关两侧刀闸或单母分段开关两侧刀闸及电源开关两侧刀闸至少有一组在合闸位置)。元件状态的转化可以通过开关、刀闸、接地刀闸元件拉开、合上位置的变化来实现, 请参见图 1。

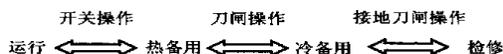


图 1 元件状态的转换

2.2 最大动作元件集

如前所述, 不考虑保护、保险和特殊票后, 下达综合操作命令包括的逐项操作只涉及开关、刀闸、接地刀闸这三类元件的开合位置变化, 我们称之为动作元件集合。从图 1 可知, 在运行方式一定的情况下, 以设备由运行转检修得到的动作元件集为该设备的最大动作元件集, 该元件在其它综合操作命令下得到的动作元件集均为最大动作元件集合的子集。所以在智能分析时, 我们先假设设备的操作任务是由“运行到检修”的, 由此得到最大动作元件集合, 再根据具体的操作类型过滤不需要的元件操作。

2.3 动作元件的过滤规则

假设 X_1 代表元件的初始状态, X_2 代表元件的终止状态, $X_1, X_2 \in \{1, 2, 3, 4\}$, 其中 1—运行态, 2—热备用态, 3—冷备用态, 4—检修态。用逻辑型数组元素 $W(1)$ 、 $W(2)$ 、 $W(3)$ 分别代表开关、刀闸、接地刀闸集是否保留, 当 $W = \text{False}$ 时, 表示该元件集应

被过滤掉。具体算法为：

- (1) 初始化: $W = \text{False}$
- (2) 若 $X1 > X2$, 则 $X1, X2$ 互换。
- (3) 循环 I 以 1 为步长, 从 0 到 $(X2 - X1 - 1)$ 反复执行下句:

$W(X1 + I) = \text{True}$

- (4) 结束

以“开关由检修到热备用”的操作命令为例：

步骤 1: $W = \text{False}$, $X1 = 4$, $X2 = 2$

步骤 2: $X1 > X2$

$X1, X2$ 互换 $X1 = 2, X2 = 4$

步骤 3: $X2 - X1 - 1 = 1$

循环 $I = 0$ 到 1, 反复执行下句:

$\{W(2 + I) = \text{True}\}$

结果: $W(2) = \text{True}$, $W(3) = \text{True}$, $W(1) = \text{False}$;

选用刀闸和接地刀闸操作, 开关操作应该被过滤掉。

3 最大动作元件集的求解

3.1 功能框架

求解最大动作元件集是在绘制电气主接线图、对其电网络实现拓扑分析的基础上进行的。而求解最大动作元件集是本智能倒闸操作系统的核心。本系统的功能模块见图 2。数据库以元件为组织单位。元件按其类型不同存入不同的元件表中, 每一元件表包括元件的索引、在图形中的物理位置、名称、编号、颜色(代表电压等级), 见图 2。利用自行开发的图形系统, 以各高压电器元件为单位, 绘制出电气主接线图。在绘制图形的同时, 元件的相关信息自动录入上述的数据库中。对图形的修改, 相当于对数据库相应内容的修改。所以图形绘制系统是用户与数据库之间的界面, 它简化了专业而繁琐的数据库录入工作。

3.2 拓扑结构与供电路径集的形成

根据元件在电气主接线图中的坐标位置, 可以判断元件的相连关系。把母线、发电机、电容、线路

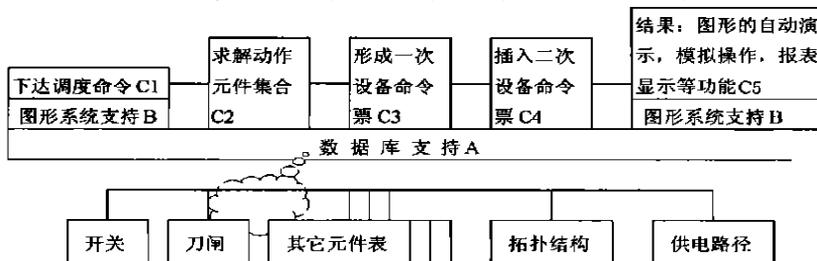


图 2 智能倒闸操作功能模块与数据库结构

等元件(点元件)用点表示, 而把开关、刀闸和变压器(边元件)用边表示, 电气主接线就被转化为图论意义上的线性网络。再利用深度第一搜索法把图中各点系统地编号(我们称之为节点号), 形成拓扑结构。在拓扑结构表中, 点元件只有一个节点编号, 而边元件则有两个或三个节点编号, 而相连元件的连接侧(关联点)具有相同的节点编号。

在拓扑结构的基础上, 我们以潮流始端(发电机、进线等电源)为起点, 以潮流末端(PT、出线、母线等)为终点, 求出所有供电路径的集合。我们知道, 深度第一搜索法是从一个点 A 通过一未被访问的边, 尽快地进行到一个尚未去过的邻点 B, 同时形成 A-B 的方向。这种随机性的选择有时会与潮流实际的走向发生矛盾。以简化的双母线带旁路接线形式为例, 如图 3 所示: 从 5 点开始搜索, 5-6-2-1 的搜索结果是我们不希望看到的, 正确的搜索结果应是: 5-6-2-3-4, 4-3-2-6-5, 4-3-2-1。所以我们要结合拓扑结构, 人为地添加搜索的限制条件, 一旦满足这样的条件, 搜索退回到原来的出发点。比如上例, 当从 5 号母线搜索到 1 号旁母线时, 我们判定中间没有经过开关, 是错误的潮流走向, 则该条路径被删除。在搜索供电路径的同时, 还要判断供电路径的流通性。流通性是由开关、刀闸的开合位置决定的。如果该条路径上没有断开点(拉开的开关或刀闸), 该条路径是流通的。

3.3 最大动作元件集的求解和过滤

求解和过滤的过程是同时进行的。我们把求解动作元件集的过程划分为五个模块, 且这五部分有一定的次序。见下图 4, 五个模块的选用与否取决于综合操作命令的不同。比如, 简化的双母线带旁路接线形式, 当执行出线开关检修, 旁路开关带出线的命令时, 这五个模块都选用了。过滤模块由前节讲述方法构成。例, 出线开关检修, 求得开关、刀闸分别压入开关堆栈、刀闸堆栈, 由前可知 $W(1)$ 代表开关、 $W(2)$ 代表刀闸。当出线开关是由运行到检修

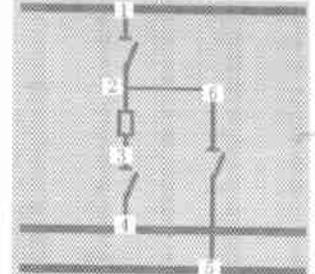


图 3 供电路径搜索

时,由过滤模块得 $W(1) = \text{True}$, $W(2) = \text{True}$, $W(3) = \text{False}$,过滤掉(即跳过不执行)接地刀闸操作模块即可。而当开关是从热备用到运行时,由过滤模块的 $W(1) = \text{True}$, $W(2) = \text{False}$, $W(3) = \text{False}$,确定刀闸须被过滤掉,从刀闸堆栈中弹出并删除刀闸,对接地刀闸的处理同上。

供电路径的调整是必不可少的。如果检修元件的潮流下端有其它元件,前者的检修也会造成后者的停电。为了使停电范围尽可能小,需选择其它的供电路径。我们先从供电路径集中删除检修元件所在的路径,再从剩下的不流通过程中选择能给下端元件供电的。把选出的路径上的断开点(拉开的开关、刀闸)分别压入刀闸、开关堆栈,构成动作元件集的一部分。

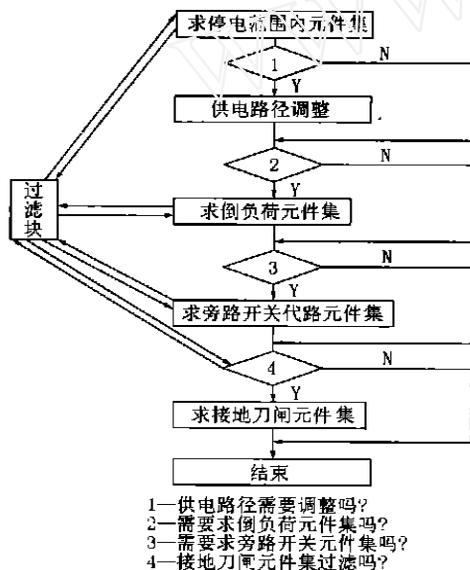


图4 最大动作元件集的求解过程

4 动作元件集的排序和翻译

4.1 动作元件集的排序

动作元件集的顺序由三个因素决定。首先要考虑综合操作命令,具体的操作类型决定不同模块产生的动作元件堆栈弹出动作元件的前后次序。其次,在各堆栈内部要考虑动作元件的电压等级。一般情况下,设备元件状态变化由最高等级向最低等级状态变化时,低电压等级设备状态优先变化;逆向时,高电压等级设备状态优先变化。而在刀闸类堆栈内部开关两侧刀闸的拉开顺序遵循当元件由高等级状态向低等级状态变化时,电源侧刀闸优先变化;反之,非电源侧刀闸优先变化。

4.2 动作元件集的翻译

动作元件集的翻译过程就是把从堆栈中弹出的动作元件信息翻译成具体基本票语言的过程。在引言中我们曾提到基本票由动词(拉开、合上),主语(动作元件的名称和编号),名词(开关、刀闸、接地刀闸)三部分组成。堆栈中存入的信息包括元件的类型,索引和对元件进行的操作(拉开、合上)。从堆栈弹出元件时,根据元件的类型访问数据库中相应的元件表,根据元件的索引找到主语,把三者连接成字符串就形成了基本票。

5 综合操作命令的实现

综合操作命令不仅限于最初提到的基本类型。其中大多数能归纳为基本类型的变形,从而用求解最大动作元件集的方法写出倒闸操作票。

(1) 变压器轮停,见下例:

(变压器 A)由检修转运行后,(变压器 B)由运行转冷备用。

(2) 变压器不同电压等级侧开关操作完了的状态不一致,见下例:

(#1 主变 110kV 侧)由运行转热备用,(35kV 侧)由运行转冷备用。

(3) 倒母线,见下例:

(母线 A)由检修转运行后,(母线 B)由运行转检修。

(母线 A)所有元件倒到(母线 B)运行。

(设备名称)由(母线 A)倒到(母线 B)运行。

(4) 用旁路开关进行代送的操作,见下例:

(代送开关名称及编号)代(被代送开关名称及编号),(被代送开关名称及编号)由运行转检修。

(被代送开关名称及编号)由检修转运行,(代送开关名称及编号)由运行转冷备用。

还有个别的综合操作命令,例如:发电机与系统并列,发变组与系统解列,不宜采用本文的方法。由于在一个发电厂或变电所中,这样的操作类型较少(一般只有一、两张这样的命令票),建议先采用人工写票,再存入归档的方法以备后用。

6 结论

本文在对综合操作命令归纳分析的基础上,结合网络拓扑理论,提出了倒闸操作的最大动作元件集概念并由此导出并实现了求解和过滤最大动作元件集的过程,编制了智能分析系统的功能模块。

(下转第 33 页)

合保护装置,已经顺利通过了动态模拟实验,实验结果表明:以序分量为判据基础、结合热积累模型,并辅以其它保护功能的微机型综合保护装置,可以很好地反应异步电动机各类常见故障,具有较高的保护准确性和灵敏度,可靠性高,多次模拟各种故障时,均不发生误动或拒动。该装置采用多 CPU 结构和大屏幕液晶显示,能对异步电动机的运行进行测量、监视和开关操作,并具有 CANbus 通信功能,可作为全分散式的变电站自动化系统的一个智能模块,也可独立安装于相应的开关柜中,具有良好的应用前景。

参考文献:

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用. 北京:中国

电力出版社,1996,12.

- [2] 王禹民,蔡泽祥. 高压异步电动机的故障诊断及综合保护. 电网技术,1996,20(3).
- [3] 黄益庄. 变电站综合自动化技术. 中国电力出版社,2000.
- [4] 郎兵,李继红. 电动机综合保护中过负载保护模型的研究. 电力情报,1998,(4).
- [5] Murty VVS Yalla. A digital multifunction protective relay, IEEE Transactions on Power Delivery, 1992,7(1).

收稿日期: 2001-07-03

作者简介: 李璇华(1977-),女,硕士研究生,研究方向为微机保护; 黄益庄(1938-),女,教授,研究方向为电力系统自动化、微机保护; 唐晓泉(1965-),男,博士,研究方向为电力系统自动化。

Motor fault analysis and integrated protection scheme

LI Xuan-hua, HUANG Yi-zhuang, TANG Xiao-quan, ZHANG Nan

(Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Based on the detailed analysis of various fault characteristics of asynchronous motor, this paper brings forward an integrated micro computer protection scheme which has sequence components as the basic protection criteria, and integrates heat accumulation and diffusion model. In this paper, concrete implementation of the protection scheme is also expounded, especially for the heat overload protection. A protection device based on this scheme has already passed dynamic simulation experiments to prove its validity.

Keywords: motor fault; protection; sequence component; overload

(上接第 29 页)

根据本文方法编制的大庆热电厂智能倒闸操作票系统,经实际测试表明本文提出的方法是正确的、可行的。

参考文献:

- [1] 孙雅明,张沛. 电力系统的知识获取和知识库的维护管理. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十一届学术年会论文集,1995:1100~1105.
- [2] 陈允平,周理. 计算机生成操作票的理论与实践. 电网

技术,1996,(2):39~42.

- [3] 范锡普. 发电厂电气部分. 北京:水利电力出版社,1982.

收稿日期: 2001-05-07

作者简介: 梁磊(1976-),男,硕士,主要从事电力系统继电保护的研究; 陈超英(1957-),男,教授,博士生导师,现从事电力系统继电保护、交直流系统的数字仿真以及电力系统故障测距等方面的研究。

Research on maximum set of operational devices in intelligent tickets system

LIANG Lei, CHEN Chao-ying

(Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: On the basis of summary of integrated operational commands, this paper offered a method which can intelligently analyze and create dispatching tickets by concept of maximum set of operational devices. Also in this paper, functional modules used for intelligently analyzing system are offered and procedures of solving and filtering maximum set of operational devices are described in detail.

Keywords: maximum set of operational devices; intelligent tickets system; integrated operational command