

# 一种集中监控模式下电网故障诊断算法

蒋宇<sup>1</sup>, 李明<sup>2</sup>, 张勇<sup>1</sup>, 胡鹤轩<sup>3</sup>

(1.江苏电力调度控制中心, 江苏南京 210024; 2.江苏省电力公司检修分公司, 江苏南京 210019;

3.河海大学能源电气学院, 江苏南京 210098)

**摘要:**针对全国范围内正在快速推进的“大运行”改革下电网管理、控制模式的变革,从工程实际出发指出了集中监控模式下故障异常分析时出现的新问题,进而提出了基于离散事件系统的电网故障诊断分析新方法。采用基于离散事件系统理论的故障诊断原理,进行了算例推演以及实际故障的仿真,初步验证了该电网故障诊断新方法的可行性。

**关键词:**集中监控;离散事件系统;故障;分析

**中图分类号:**TM711

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2013)01-0056-03

随着江苏电网“大运行”体系改革试点工作的完成,其事故处理模式发生了根本性变革。对电网事故异常的监视和分析,从传统的以变电站为独立单元的分散模式转变为各级调度机构大规模、远方集中的故障监视和分析模式。新模式带来故障信息量巨大以及故障遥信量不正确、丢失等问题。基于离散事件系统的故障诊断方法模型能自动生成可以辨识所有类型故障的故障诊断器,对所有故障假设逐一扫描。与传统的基于专家系统(ES)<sup>[1]</sup>、人工神经网络<sup>[2]</sup>、优化算法<sup>[3]</sup>、以及同属于离散事件系统范畴的 Petri 网络的故障诊断方法相比,该方法具有建模简单、完全覆盖所有故障假设的优点。文中针对电网集中监控模式,提出了一种基于离散事件系统的电网故障诊断方法。

## 1 集中监控模式

### 1.1 集中监控的特点

国内电网事故异常的传统诊断模式是以单个变电站为基础的孤立诊断模式,即故障发生后由各变电站值班人员单独对本站事故进行分析,再将诊断结果汇报给值班调度员。传统故障诊断流程如图 1 所示。

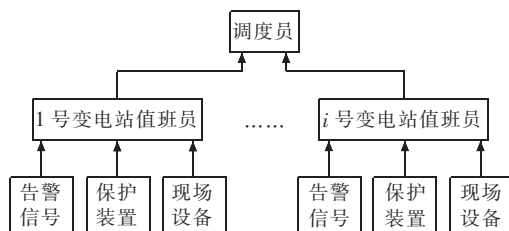


图1 传统故障异常诊断模式

在新的集中监控模式下,故障诊断是以各级调度机构为中心的远程方式进行故障的监视和诊断。江苏省调的集中监控范围包括全省 500 kV 输电网及 33 个 500 kV 变电站(包括站内 220 kV, 110 kV, 35 kV 系统)的全部一、二次设备,其诊断流程如图 2 所示。

收稿日期:2012-08-10;修回日期:2012-09-25

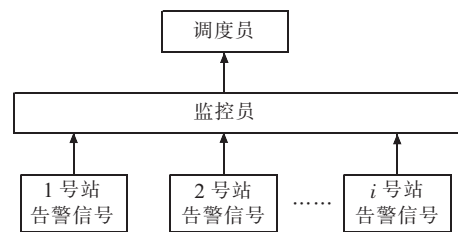


图2 “大运行”后故障异常诊断模式

集中监控模式是在广域测量技术上的一次行业制度革新,具有全面、高效的技术特点,因此在国际上被广泛采用,例如美国 PJM 公司和英国 NG 公司。集中监控模式改变了以往只能根据单个变电站的信号进行电网故障诊断的孤立模式,取而代之的是全网统筹、协调的综合诊断模式。

### 1.2 新模式下电网故障诊断的问题

在传统的以站为单位的监控模式下,故障异常的影响范围只局限于单个变电站内的设备,设备数量少,因此值班人员进行故障诊断时需要分析的警告信息量是适当的。而在集中监控模式下,由于接入监控系统的设备数量庞大、电网中各部分之间电气上的强联系特性,在电网发生故障、异常时往往伴随海量的警告信号上传,造成监控人员很难及时准确地发现并判断出电网的真实故障情况。

此外,新模式下监控人员不在设备现场,因此远方监控值班人员掌握不到保护和装置设备的准确、详细情况,存在警告信号丢失和误发的可能。

## 2 离散事件系统

离散事件系统(DES)的故障诊断方法,首先需要针对目标系统进行建模,构建故障分析器,随后根据观测到的系统状态的跳转情况,通过诊断器自动推导出已发生的电网故障。

### 2.1 故障诊断流程

故障诊断流程如图 3 所示。

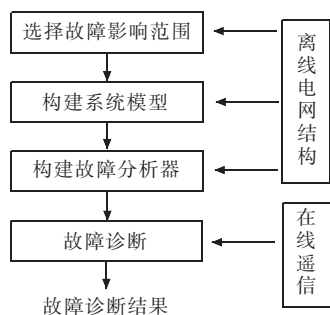


图3 离散事件系统故障诊断流程

## 2.2 离散事件模型的建模方法

首先根据观测到的故障信息及继电保护选择性配置原则,选定故障影响范围。根据选定的范围,将局部故障电网系统定义为如下的有限自动机:

$$G(X, \Sigma, \delta, x^0, x^m, Y, \lambda) \quad (1)$$

式中: $X$ 为系统 $G$ 的状态集合( $x^0$ 为在线观测到的系统初始状态, $x^m$ 为最终状态); $\Sigma$ 为引起系统状态发生转变的事件; $\delta: X \times \Sigma \rightarrow X$ 为系统 $G$ 自身的状态跳转映射; $Y$ 为保护、开关状态变化的观测集合,包括 $H_i$ 为开关 $i$ 的动作序列, $S_j$ 为保护 $j$ 的动作序列,有:

$$Y \subseteq \prod_{j=1}^m H_j \times \prod_{i=1}^n S_i \quad (2)$$

$$\lambda: X \rightarrow Y \quad (3)$$

## 2.3 构建故障分析器

根据电网系统 $G$ ,以穷举的方法对局部电网系统可能发生的所有类型的故障进行穷举,获得表征故障类型状态的集合 $K$ ,则构建的系统故障诊断器如式(4)、(5)、(6)、(7)所示:

$$K = \{F_N, F_1, \dots, F_k\} \quad (4)$$

$$F_i = X_{F_i} = \{x_i^0, x_i^1, \dots, x_i^m\}, i \in \{N, 1, \dots, k\} \quad (5)$$

$$X = X_N \cup X_{F_1} \dots \cup X_{F_k} \quad (6)$$

$$\kappa: X \rightarrow K \quad (7)$$

其中 $F_k$ 表示发生第 $k$ 类故障时系统 $G$ 所包含的状态集合。

## 2.4 故障诊断过程

通过数据采集与监视控制(SCADA)系统和能量管理系统(EMS),故障诊断系统接收到故障遥信量集合为:

$$Y = \{y(1), y(2), \dots, y(n)\} \quad (8)$$

其中 $y(i)$ 表示第 $i$ 次观测到的保护和设备动作行为。

根据已经建立的故障诊断器模板,按图4所示诊断过程,逐个对故障假设 $F_i$ 进行扫描。根据 $\forall x \in X$ , if  $x \in F_i$  then  $K(x) = F_i$ 的推理规则,有:

$$y(1) \rightarrow x \xrightarrow{\kappa} K(1) \quad (9)$$

$$y(2) \rightarrow x \xrightarrow{\kappa} K(2) \quad (10)$$

$$y(n) \xrightarrow{\kappa} x \xrightarrow{\kappa} K(n) \quad (11)$$

$$\kappa: X \rightarrow K \quad (12)$$

诊断系统输出故障诊断结果为 $K(n) = F_k$ 。

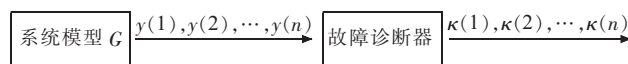


图4 故障诊断过程

## 3 故障诊断实例

### 3.1 算例验证

以文献[4]所述的江苏电网一次实际故障为例,验证该算法。如图5所示,220 kV 谏壁 L2551 线发生单相接地故障,两侧断路器的高频保护动作,常州变侧2402号断路器跳闸,但谏壁变侧2205号断路器拒动,引起谏壁变1号母线失灵保护动作,跳开母联2210号断路器和2204号断路器,但谏壁变2203号断路器拒动作,引起L2553三井变侧零序II段保护动作,跳开三井变2301号断路器。同时电网中发生了丹阳变2103号断路器零序II段误动作造成小环网解列的复杂故障。故障诊断的结果如表1所示。

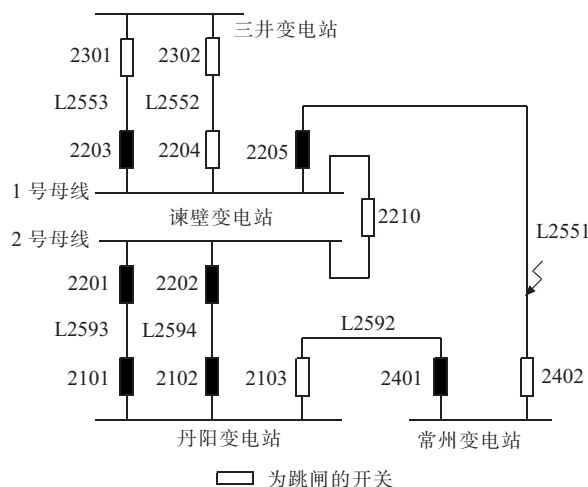


图5 电网接线

表1 故障诊断结果

序号	变电站名	故障
1	常州变电站	L2551 线路故障
2	丹阳变电站	2103 号断路器零序 II 段误动作
3	谏壁变电站	L2551 线路故障
4	谏壁变电站	2205 号断路器拒动
5	谏壁变电站	2203 号断路器拒动

### 3.2 实例验证

以江苏省调开展集中监控业务以来的实际电网事故作为案例,用文中所述算法进行仿真计算。2011年江苏省调集中监控业务内总计发生36次电网事故,由于篇幅所限仅列出部分仿真计算结果,如表2所示。

表 2 故障仿真计算结果

序号	变电站名	实际故障过程	仿真诊断结果
1	吴江变电站	220 kV 误慈 2k57 线 短路故障	220 kV 误慈 2k57 线故障
2	车坊变电站	220 kV 车宝 2992 线 C 相单相短路	220 kV 车宝 2992 线 C 相故障
3	盐都变电站	500 kV 田盐 5215 线 A 相瞬时故障	500 kV 田盐 5215 线 A 相故障
4	张家港变电站	220 kV 家新 2K41 线 B 相瞬时故障	220 kV 家新 2K41 线 B 相故障
5	晋陵变电站	500 kV 江陵 5292 线 A 相瞬时故障	500 kV 江陵 5292 线 A 相故障
...	...	...	...
35	张家港变电站	220 kV 家沙 2K43 线 C 相单相短路	220 kV 家沙 2K43 线 C 相故障
36	吴江变电站	35 kV3 号主变 2 号 电容器熔丝熔断,导 致不平衡保护 A 相 动作 332 开关跳闸	35 kV3 号主变 2 号电容器故障

#### 4 结束语

江苏电网作为国家电网公司“大运行”改革试点单位,在全国率先完成了以高效化、专业化为方向的转变过程。电网管理方式的变革必然带来电网故障异常处理模式及分析技术方法的变化,文中针对国内电网管

理结构发生变化的情况,提出基于离散事件系统的集中监控模式下的故障异常分析与辅助决策系统。该方法的工程化应用,不但可以为陆续在全国电网企业推进的调度集中监控业务,提供运行经验和技术支持;还可以为离散事件系统方法,在电网故障异常诊断中的先期研究。

#### 参考文献:

- [1] 李雄刚.故障诊断专家系统在电力系统中的运用[J].广东电力,1999,2(2):39-41.
- [2] 顾雪平,盛四清,张文勤,等.电力系统故障诊断神经网络专家系统的一种实现方式[J].电力系统自动化,1995,19(9):26-30.
- [3] HERTZ A, KOBLER D.A Framework for the Description of Evolutionary Algorithms[J].European Journal of Operational Research,2000,126(1):1-12.
- [4] 周昕,殷芸辉.新型电网故障诊断专家系统的设计[J].江苏电机工程,2007,26(3):15-17.

#### 作者简介:

蒋宇(1980),男,四川自贡人,工程师,从事电网运行管理工作;  
李明(1981),男,安徽淮南人,助理工程师,从事变电运行工作;  
张勇(1968),男,江苏南京人,高级工程师,从事电网运行管理工作;  
胡鹤轩(1975),男,江苏南京人,副教授,研究方向为电力系统及其自动化。

### A New Grid Fault Analysis Method under the Centralized Monitoring

JIANG Yu<sup>1</sup>, LI Ming<sup>2</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>, HU He-xuan<sup>3</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Dispatching and Control Center, Nanjing 210024, China; 2. Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 210019, China; 3. College of Electrical and Energy, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** In the view that the change of network management and control mode is carried forward on a national scale under the reform, the new problems existing in abnormal failure analysis under centralized monitoring mode from the point of engineering reality are proposed. The new solution to fault diagnosis analysis of Power system based on the discrete event system theory. Some simulation works have been done on some real failure examples in Jiangsu Grid and have gained satisfied results.

**Key words:** centralized monitoring; fault and abnormal analysis; discrete event system

(上接第 55 页)

### Automatic Testing Method of Intelligent Relay Protection Device

HU Zai-chao, YAO Liang, ZHANG Yao

(Guodian Nanjing Automation Co. Ltd., Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Through the comparison of the testing methods of traditional relay protection devices, an automatic testing method is introduced. It is based on IEC 61850 communication standard and applied to the relay protection in intelligent substations. In this method, modular testing unit is designed targetedly with the standard logical node and data objects in relay devices. The method is interoperable and information-sharing, satisfying relay protection devices produced by different factories. Further more, taking the characteristics of intelligent relay protection device into account, function testing unit can make use of sampled values (SV) and general object-oriented substation event (GOOSE) packets, so it is able to ensure the quality and speed of product development and engineering operation. The testing progress includes set of value parameters and function's investment or retirement, test project switching, saving test datas, test result analysis and assessment report formation. All these is automatic, so the automatic testing method can improve the efficiency of test work on depth and breadth.

**Key words:** IEC 61850; intelligent substation; relay protection; automatic test