

измерений и сужении диапазонов возможных значений переменных в нормальных режимах работы.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены различные способы выбора замещающих значений при выявлении недостоверных результатов измерений аналоговых переменных, характеризующих состояние электро- и теплоэнергетических объектов.

2. Разработан метод синтеза оптимальных замещающих значений с минимальной дисперсией ошибки замещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Под ред. И. Р. Арамановича. — М.: Наука, 1974. — 832 с.

2. Анищенко В. А. Фильтрация и экстраполяция колебаний мощности межсистемной электропередачи // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. — 1978. — № 3. — С. 74–80.

3. Анищенко В. А. Оценивание состояния энергетического объекта с предварительной идентификацией грубых и систематических ошибок измерений // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). — 1994. — № 7–8. — С. 29–34.

4. Петров В. В., Анищенко В. А. Приближение несовместного режима электроэнергетической системы // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. — 1976. — № 4. — С. 152–155.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 13.04.2000

УДК 621.311

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ОШИБОК СИГНАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЙ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ И ИЗМЕРЕНИЙ АНАЛОГОВЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Инж. ШУТОВ А. Л.

Белорусская государственная политехническая академия

Цель исследования. В статье рассматриваются методика и алгоритмы диагностики недостоверных измеряемых данных на основе разработанной в [1, 2] полной математической модели сигнализации положений коммутационных электрических аппаратов и измерений аналоговых переменных.

Одной из составляющих, определяющих надежность функционирования систем электроснабжения промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства, является надежность сигнализации положений коммутационных электрических аппаратов (автоматических выключателей, разъединителей и их заземляющих ножей), а также измерений аналоговых переменных.

Традиционный подход к решению задачи надежности измерительной информации заключается в повышении надежности элементной базы технических средств (датчиков, каналов передачи информации, вычислительных комплексов, обрабатывающих и отображающих результаты измерений) и их правильной эксплуатации, в том числе своевременном проведении планово-предупредительных ремонтов.

Вместе с тем надежность измерительной информации можно повысить путем оперативного обнаружения ошибочных результатов (отказов) сигнализации методами функциональной диагностики. При этом ошибки сигнализации обнаруживаются с запаздыванием, обусловленным частотой опроса пассивных датчиков дискретной информации, или практически без задержки при использовании инициативных датчиков. Возможность функциональной диагностики обусловлена наличием информационной избыточности. Последняя достигается совместным рассмотрением результатов сигнализации и измерений связанных с ними аналоговых переменных (токов, напряжений, мощностей).

Классификация методов диагностики. Возможны два подхода к диагностике ошибок сигнализации и измерений:

1) предполагается, что идентификация наиболее вероятных истинных непротиворечивых состояний и локализация отказавших каналов, соответствующих различным потенциально возможным ошибочным противоречивым состояниям, осуществляются заранее и их результаты постоянно хранятся в памяти ЭВМ;

2) идентификация наиболее вероятного истинного состояния и локализация отказавших каналов производится в темпе процесса контроля в каждом цикле опроса информации при появлении конкретного измеренного противоречивого состояния результатов сигнализации и измерений.

Рассмотренные подходы могут быть применены для решения следующих задач [3, 4]:

совместной диагностики ошибок сигнализации положений коммутационных аппаратов и аномально больших погрешностей связанных с ними измерений аналоговых переменных;

диагностики ошибок сигнализации положений коммутационных аппаратов при достоверных измерениях аналоговых переменных, предварительно прошедших контроль достоверности по известным алгоритмам [5].

Рассмотрим организацию диагностической процедуры, используемой для решения указанных задач.

Принципы организации диагностической процедуры. Математическая модель сигнализации и измерений предполагает составление таблиц непротиворечивых и противоречивых состояний значений переменных. В процессе диагностических операций результаты сигнализации и измерений сравниваются с табличными состояниями. Результаты этой процедуры являются диагностическими признаками, по которым выявляются недостоверные данные. Совпадение в итоге поэлементного сравнения результатов сигнализации и измерений с одним из противоречивых табличных состояний или несовпадение ни с одним из непротиворечивых означает наличие одного или нескольких отказов.

Неисправности сигнализации могут быть двух типов:

ошибки типа «отключено», когда сигнализация показывает отключенное состояние при фактически включенном аппарате;

ошибки типа «включено», когда сигнализация показывает включенное состояние при фактически отключенном аппарате.

Если результаты измерений аналоговых переменных не прошли предварительно свой внутренний контроль, то их возможные ошибки при совместном рассмотрении с результатами сигнализации дискретных переменных могут быть следующими:

«нет сигнала», когда измерение показывает отсутствие аналоговой переменной, а на самом деле последняя присутствует;

«есть сигнал», когда измерение показывает присутствие аналоговой переменной во время ее фактического отсутствия.

Предполагаются известными априорные вероятности $P^*(A_i)$ существования истинных непротиворечивых состояний A_i , обусловленных технологическими режимами работы объекта контроля, и априорные вероятности отказов контролируемых элементов (каналов сигнализации и измерений) q_i^* . Также предполагается равенство вероятностей ошибок типа «отключено» и «включено» для дискретных переменных и «нет сигнала» и «есть сигнал» — для аналоговых переменных.

Функция перехода от непротиворечивого состояния A_i к противоречивому B_j выглядит следующим образом [1]:

$$F_{ji} = \prod_{l=1}^{k_{ji}} b_l, \quad j = 1, \dots, M; \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, H,$$

где b_l — событие, заключающееся в том, что в l -м результате сигнализации или измерения присутствует ошибка;

k_{ji} — число элементов в j -м ошибочном состоянии B_j , значениями которых оно отличается от истинного состояния A_i ;

H — число непротиворечивых состояний;

M — число противоречивых состояний.

Тогда вероятность функции перехода (1) будет

$$Q(F_{ji}) = \prod_{l=1}^{k_{ji}} q_l, \quad j = 1, \dots, M; \quad (2)$$

$$i = 1, \dots, H,$$

где $q_l = q_l^* \gamma_l$ — приведенная вероятность присутствия в l -м результате сигнализации или измерения ошибки с учетом априорной вероятности ошибки и технологической значимости данной переменной γ_l .

Количество функций переходов для конкретной схемы электроснабжения определяется как произведение числа непротиворечивых состояний на число противоречивых состояний

$$N = HM. \quad (3)$$

Исходные непротиворечивые состояния, имеющие априорные нормированные вероятности $P(A_i)$, можно охарактеризовать с точки зре-

ния степени их близости к каждому из противоречивых состояний. Для этого вводится понятие результирующей вероятности R_{ji} , представляющее собой произведение вероятности i -го непротиворечивого истинного состояния $P(A_i)$ на вероятность функции перехода к нему $Q(F_{ji})$ от j -го противоречивого состояния:

$$R_{ji} = P(A_i)Q(F_{ji}), \quad j = 1, \dots, M; \quad (4)$$

$$i = 1, \dots, H.$$

В развернутом виде выражение (4) принимает следующий вид:

$$R_{11} = P(A_1)Q(F_{11}); \quad R_{12} = P(A_2)Q(F_{12}); \quad \dots; \quad R_{1H} = P(A_H)Q(F_{1H});$$

$$R_{21} = P(A_1)Q(F_{21}); \quad R_{22} = P(A_2)Q(F_{22}); \quad \dots; \quad R_{2H} = P(A_H)Q(F_{2H}); \quad (5)$$

$$\dots$$

$$R_{M1} = P(A_1)Q(F_{M1}); \quad R_{M2} = P(A_2)Q(F_{M2}); \quad \dots; \quad R_{MH} = P(A_H)Q(F_{MH}).$$

После этого производится идентификация наиболее вероятных истинных состояний, соответствующих различным потенциально возможным противоречивым состояниям измерений с учетом глубины диагностирования в диапазоне от 1 до H .

Диагностика ошибок с предварительной идентификацией возможных истинных состояний. Укрупненная блок-схема данного алгоритма контроля достоверности приведена на рис. 1.

В блоках 2–7 производятся ввод и обработка исходной информации о состояниях системы электроснабжения и их вероятностях, а также отказах элементов (каналов сигнализации и измерений).

Рассмотрим подробнее блоки.

В блоке 2 задаются таблицы непротиворечивых и противоречивых состояний. Наличие обеих таблиц обусловлено дальнейшим их использованием в расчетах вероятностей противоречивых состояний и при формировании словаря неисправностей.

В блоке 3 осуществляется ввод априорных вероятностей непротиворечивых состояний и отказов элементов системы (каналов сигнализации и измерений) рассматриваемой схемы электроснабжения. Эти вероятности определяются на основе статистической обработки ретроспективных данных о работе схемы, а при недостоверной или неполной статистике – на основе экспертных оценок специалистов.

В блоке 4 производится определение приведенных вероятностей отказов элементов с учетом технологической значимости контролируемых переменных.

В блоке 5 рассчитываются вероятности функций переходов от непротиворечивых состояний к противоречивым по (2).

Согласно методике, изложенной в [2], в блоке 6 рассчитываются вероятности противоречивых состояний. После этого нормируются вероятности непротиворечивых состояний с учетом вероятностей противоречивых состояний, рассчитанных в предыдущем блоке, из условия равенства единице всех возможных состояний схемы электроснабжения.

В блоках 8–11 осуществляется предварительное формирование словаря возможных неисправностей.

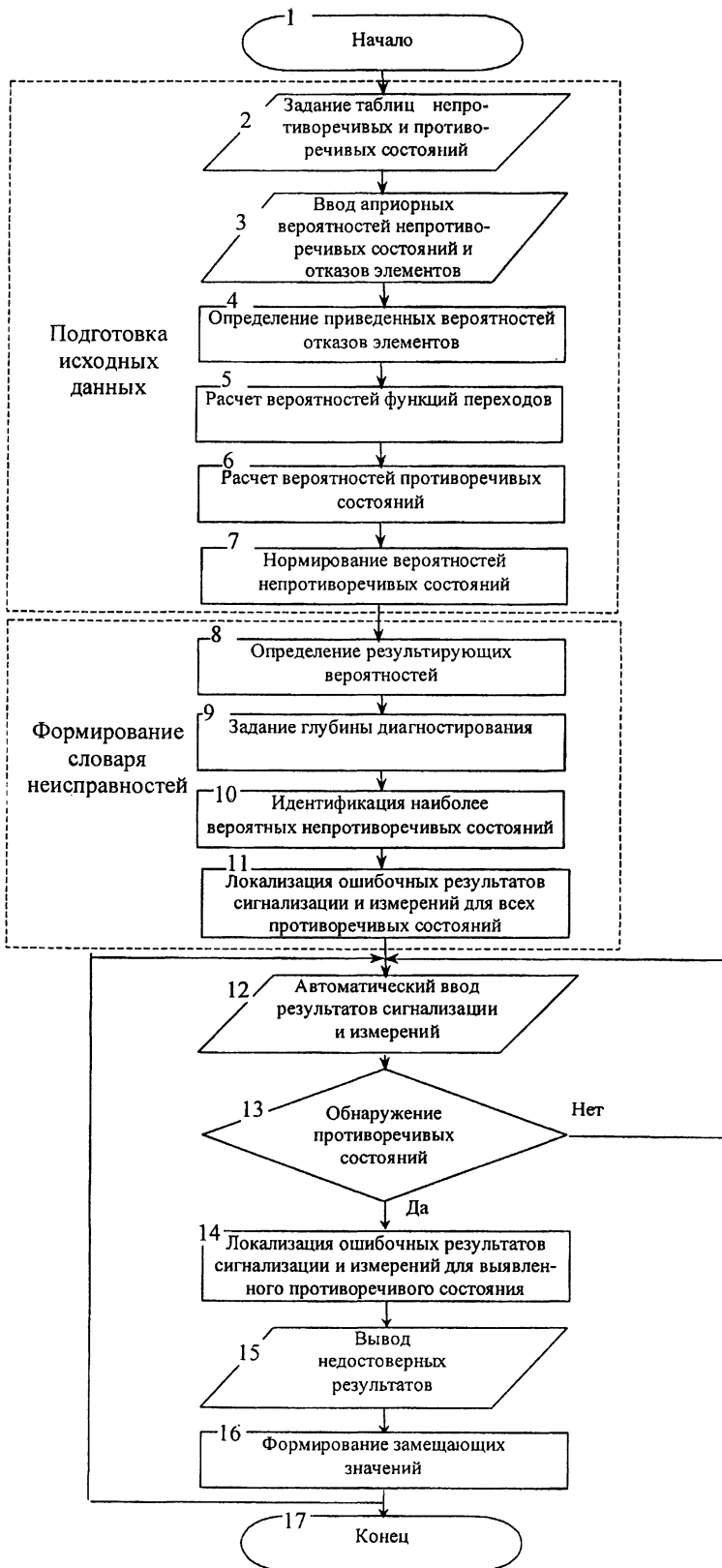


Рис. 1

Вначале в блоке 8 производится расчет результирующих вероятностей в соответствии с (3).

Далее задается глубина диагностирования, характеризуемая числом учитываемых результирующих вероятностей для каждого противоречивого состояния, т. е. числом оставляемых в рассмотрении непротиворечивых состояний.

Идентификация наиболее вероятных непротиворечивых состояний (блок 10) заключается в ранжировании по степени убывания результирующих вероятностей для каждого из противоречивых состояний в соответствии с глубиной диагностирования.

После этого в блоке 11 производится локализация ошибочных результатов сигнализации и измерений, которая состоит в формировании списка подозреваемых в недостоверности значений переменных, соответствующего каждому противоречивому состоянию.

На основе словаря неисправностей осуществляется циклический контроль достоверности сигнализации и измерений (блоки 12–16). При этом в памяти ЭВМ постоянно должна храниться только таблица противоречивых состояний.

В блоке 12 автоматически вводятся в ЭВМ с заданной периодичностью результаты сигнализации дискретных и измерений аналоговых переменных.

Затем выполняется поэлементное сравнение измеренного состояния с противоречивыми табличными (блок 13). При несовпадении ни с одним из них констатируется факт отсутствия недостоверных результатов сигнализации и измерений и работа алгоритма в данном цикле заканчивается. В противном случае фиксируется факт наличия ошибки сигнализации или измерения и осуществляется переход к блоку 14, где производится локализация ошибочных результатов сигнализации и измерений для выявленного противоречивого состояния.

Информация о локализованных ошибках сигнализации и измерений представляется дежурному персоналу (блок 15) для принятия мер по устранению выявленных неисправностей.

Для обеспечения нормального функционирования автоматизированной системы управления объектом в блоке 16 производится выбор наиболее вероятных значений переменных, замещающих недостоверные результаты.

После формирования замещающих значений осуществляется переход к блоку 12, и работа алгоритма возобновляется в новом цикле контроля.

Диагностика ошибок с идентификацией истинных состояний в темпе процесса. В отличие от предыдущего алгоритма контроля достоверности в данном случае словарь неисправностей не формируется, а идентификация наиболее вероятных истинных состояний производится в реальном масштабе времени (блок-схема на рис. 2) для выявления противоречивого состояния.

Как и в предыдущем случае, в блоках 2–7 производятся ввод и обработка исходных данных.

Блоки 8, 9 аналогичны блокам 12, 13 из предыдущего алгоритма. В них осуществляются автоматический ввод и выявление недостоверных результатов сигнализации и измерений. В отличие от алгоритма на рис. 1, здесь в памяти ЭВМ необходимо хранить таблицу непротиворечивых состояний. Факт наличия ошибки сигнализации или измерений фиксируется при несовпадении ни с одним из непротиворечивых табличных.

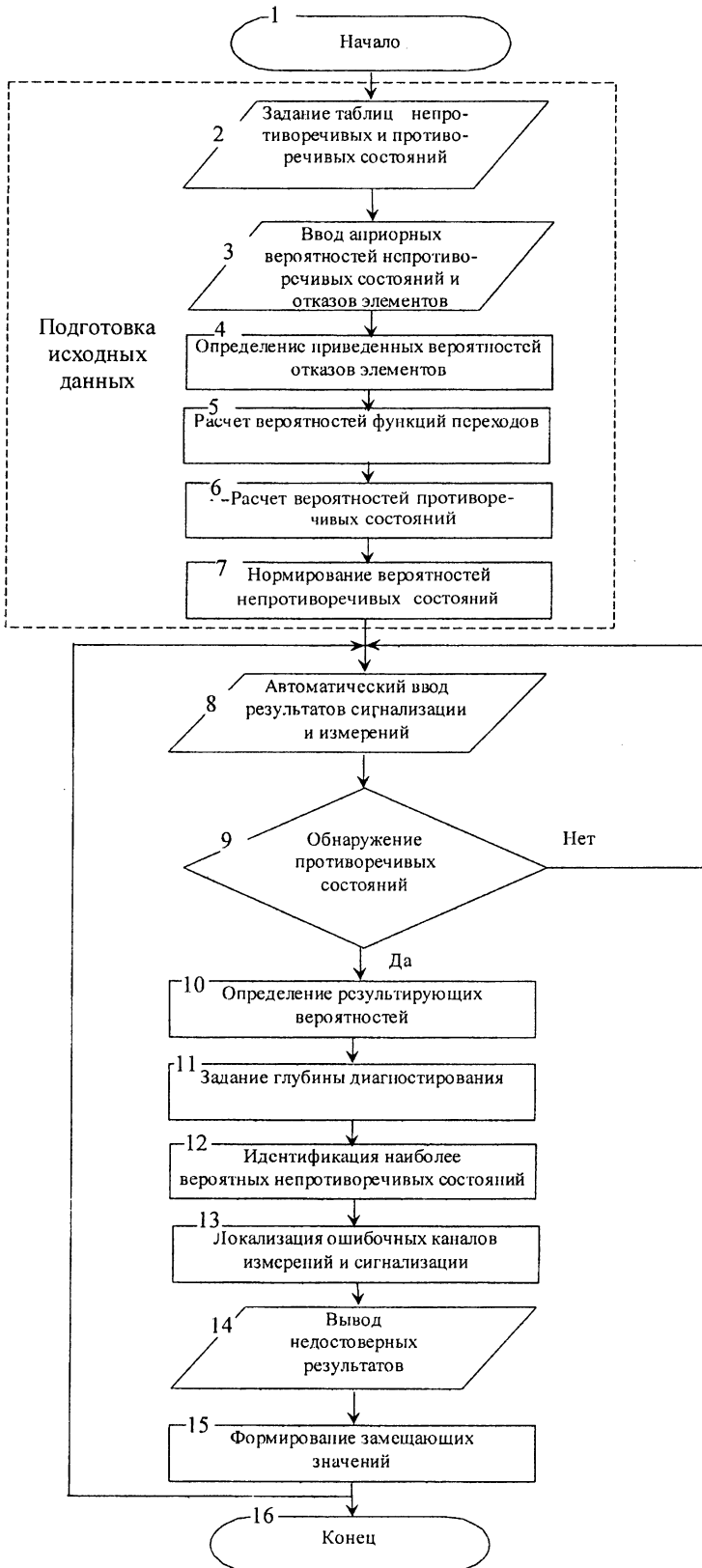


Рис. 2

После обнаружения факта наличия ошибки определяются результирующие вероятности для конкретного выявленного противоречивого состояния (блок 10).

После этого в соответствии с заданной в блоке 11 глубиной диагностирования выполняется идентификация наиболее вероятных непротиворечивых состояний (блок 12).

В блоке 13 локализуются ошибочные результаты сигнализации и измерений для выявленного противоречивого состояния.

В блоках 14, 15 производятся вывод недостоверных результатов и формирование замещающих значений.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение предложенных алгоритмов диагностики ошибок сигнализации и измерений с предварительной идентификацией и идентификацией в темпе процесса истинных непротиворечивых состояний схемы электроснабжения показывает, что в первом случае требуется больший объем памяти, необходимой для хранения словаря неисправностей, благодаря чему повышается скорость выявления неисправностей.

Выбор того или иного алгоритма должен производиться с учетом топологических особенностей схемы электроснабжения, числа контролируемых каналов сигнализации и измерений и соотношения размерностей таблиц непротиворечивых и противоречивых состояний.

2. Рассмотренные алгоритмы диагностики могут быть применены как для совместной диагностики ошибок сигнализации положений коммутационных аппаратов и аномально больших погрешностей, связанных с последними измерений аналоговых переменных, так и для диагностики ошибок только сигнализации положений коммутационных аппаратов в случае, когда вначале на первом этапе осуществляется контроль достоверности аналоговых переменных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко В. А., Шуртов А. Л. Разработка математической модели сигнализации положений коммутационных электрических аппаратов // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 4. – С. 6–13.

2. Анищенко В. А., Шуртов А. Л. Определение количественных характеристик математической модели диагностирования ошибок сигнализации положений коммутационной электрической аппаратуры // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 5. – С. 26–33.

3. Анищенко В. А., Шуртов А. Л. Функциональная диагностика сигнализации положения коммутационных электрических аппаратов // Электропотребление, энергоснабжение, электрооборудование: Тез. докл. всероссийской науч.-техн. конференции // Оренбург: Оренбургский государственный университет, 1999. – С. 14–16.

4. Анищенко В. А., Шуртов А. Л. Диагностика сигнализации положения коммутационных аппаратов в системах электроснабжения // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 1. – С. 23–27.

5. Анищенко В. А. Выявление ошибок сигнализации положения коммутирующей аппаратуры при помощи ЭВМ // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). – 1982. – № 9. – С. 24–28.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 27.07.2000