

УПРАВЛЕНИЕ

УДК 658.562

С.А. Соколов, А.К. Мусолин

АЛГОРИТМЫ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ, УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА СИСТЕМ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассматриваются вопросы построения алгоритмов процессов контроля, управления, мониторинга сложными системами критически важных объектов. Предложены механизмы подготовки, выработки и формирования управленческих решений, а также состав блоков системы поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: критически важные объекты, алгоритмы систем мониторинга, формирование управленческих решений.

Введение. Важность обеспечения качества, безопасности и защищенности критически важных объектов инфраструктуры РФ была отмечена принятием ряда федеральных законов и решений. Объекты, для которых предусмотрены соответствующие требования к безопасности и качеству, условно разделяют на три группы: объекты технического регулирования (ОТР), опасные производственные объекты (ОПО) и критически важные объекты (КВО) [1]. В них объектами управления и мониторинга являются критически важные системы (КВС) и/или ОПО. Они представляют собой комплекс распределённых систем жизнеобеспечения (электроснабжения, теплоснабжения и др.) и специальных опасных производственных (технологических) объектов, находящихся в определённых отношениях и связях друг с другом и образующих некоторую функциональную целостность КВО (ОПО), и протекающих в них процессах. При этом каждый объект обладает специфическими свойствами, отличающими его от других объектов. Необходимо, чтобы процессы, протекающие в таких объектах, характеризовались устойчивым функционированием на всех этапах жизненного цикла основной создаваемой продукции. Поэтому каждая ситуация, требующая необходимость формирования категорий управленческих решений, характеризуется множеством процессов. КВС как объекты управления и мониторинга представляют собой некоторую совокупность оборудования и агрегатов, каждый из которых состоит из узлов (стационарных и мобильных

его составляющих и частей), подлежащих диагностированию. К таким узлам относят обычно те, которые ограничивают надёжность и ресурс агрегатов [2,3]. При построении автоматизированных систем мониторинга (АСМ) следует использовать минимально необходимое число датчиков соответствующих процессов, протекающих при работе оборудования, которое обеспечивает достаточную наблюдаемость технического состояния при минимальном числе процедур обработки сигналов с датчиков (принцип достаточности). Совокупность диагностических признаков должна обеспечивать обнаружение всех неисправностей и их причин (принцип полноты).

Целью настоящей работы является разработка алгоритмов и механизмов подготовки, выработки и формирования управленческих решений при контроле, управлении и мониторинге сложных систем критически важных объектов.

Постановка задачи. Анализ и синтез сложных систем основан на понятии переменных состояний систем, которые представляют собой совокупность некоторых переменных, знание которых вместе с входными переменными и уравнениями, описывающими динамику системы, позволяет определить или предположить поведение и будущее состояние системы и выходные измеряемые переменные. Управляемость систем означает существование входных переменных воздействий, которые переводят выходные переменные из начального состояния в заданное состояние, а наблюдае-

11. Информация о состоянии объекта управления с датчиков (очувствление).

12. Объект управления КВО (ОПО).

13. Ресурсы.

14. SCADA – система (область действия).

15. Окружающая среда [возмущающие воздействия (параметр, энергетическая характеристика, время) – Z, τ].

Расшифровка внешних обозначений:

А. Уровень системы управления КВО (ОПО).

Б. Контроль и учет исходных данных.

В. Отклонение отсутствует.

Г. Изменить состояние.

Д. Удерживать состояние.

Механизмы управления АСМ КВО должны предусматривать возможность работы специалистов разных уровней квалификации и ответственности. От специалистов начального уровня (дежурный оператор) нет необходимости требовать знаний и умений при работе с системой мониторинга, кроме способности принять сообщения об изменении в техническом состоянии оборудования и системы и соответствующих указаний по его эксплуатации и действиям. От персонала следующего уровня квалификации требуется выполнение операций по управлению меню интерфейса пользователя для рассмотрения трендов процессов и результатов анализа сигналов. На этом уровне работают специалисты по диагностике и диагностике подразделений технического надзора состояния оборудования. АСМ КВО предусматривает накопление данных о техническом состоянии оборудования и диагностических признаках для возможного постоянного совершенствования системы [7].

Для реализации механизмов управления АСМ КВО построение алгоритма управления должно быть выполнено с учётом ряда общих положений и требований. Алгоритм управления АСМ должен:

1. Иметь типовую и универсальную структуру для различных КВО, т.е. доработка для различных КВО должна осуществляться только для конкретных данных объекта.

2. Обеспечить приятный, дружелюбный и удобный визуальный интерфейс пользователя при работе с максимальной и полезной информационной ёмкостью.

3. Обеспечить требуемую надёжность и живучесть системы как на этапе инициализации, так и на этапе всех рабочих режимов работы.

4. Максимально обеспечивать комфортность при работе и по возможности исключить (убрать) из повседневной деятельности спе-

циалиста-оператора ручные и рутинные операции при работе с АСМ КВО.

5. Осуществлять работу с достоверной и своевременной информацией, т.е. должен осуществлять измерение, обработку данных, контроль, диагностику в соответствии с заданными требованиями по точности, помехозащищённости и выдавать их своевременно.

6. Быть диагностируемым и тестируемым как в автоматизированном (ручном), так и автоматическом режимах работы.

7. Наблюдать текущее достоверное состояние ДПА (датчиков и преобразующей аппаратуры) измеряемых параметров в графическом виде и реальном времени и компенсировать неидеальность измерительных трактов для обеспечения необходимых метрологических характеристик АСМ вычислительными методами.

8. Наблюдать текущее состояние подключения АРМ, серверов, телекоммуникационного (сетевое) оборудования и линий связи и фиксировать нарушения в конфигурации АСМ.

9. Осуществлять анализ деревьев отказов, неисправностей, опасностей и тревог, состояний событий.

10. Осуществлять работу в основных режимах - ручном, автоматизированном и автоматическом под наблюдением ответственного лица.

11. Обладать свойствами предсказания развития событий и прогнозирования состояния процессов в КВО в том числе и экстренного, т.е. работать с предсказанием и предупреждением по событиям (долгосрочный, среднесрочный, краткосрочный и оперативный прогнозы), определять и прогнозировать расчётное время до аварии.

12. Обнаруживать наиболее существенные риски и реализовывать стратегии (и тактику) их устранения до приемлемого состояния.

13. Предлагать пути активного управления рисками КВО, минимизацию рисков, описания порядка и условия реализации упреждающих решений и мер для постоянного выявления потенциальных проблем.

14. Обеспечивать адаптивное организационное и техническое управление по уровню риска и безопасности.

15. Обеспечивать устойчивость для совокупности условий функционирования системы, включая преднамеренные и непреднамеренные воздействия окружающей среды.

16. Принимать рациональные управленческие решения и выдавать в качестве выходной информации не только дерево решений и

полезностей, но и необходимые объяснения причин и выводов.

17. Обладать свойствами многоуровневого контроля для эффективного и безопасного управления и мониторинга техническим состоянием КВС и оборудования на основе накопленных данных и статистического анализа.

18. Обеспечить выдачу необходимой информации оператору/ЛПР и помогать сосредоточиться на наиболее важных моментах, принимать упреждающие и верные решения к моменту времени, когда и каким будет будущее состояние КВО, реальным и очевидным, понятным и открытым со всеми своими особенностями и тайнами.

19. Осуществлять запись и просмотр событий и истории.

20. Обеспечить необходимую надёжность и безопасность в соответствии с видами технических регламентов.

21. Обеспечивать полноценную и эффективную работу с когнитивным центром и на разных уровнях.

22. Обеспечивать (кратко) временную локализацию и смягчение последствий при предупреждениях экстренного характера.

23. Быть по возможности открытым и дорабатываемым в части развития интеллектуальности.

24. Учитывать развитие системы, улучшения характеристик, уточнения целей, развитие микропроцессорной и компьютерной техники и языков программирования, т.е. не быть трудным при доработке, например иметь возможность голосового управления АСМ с учётом безопасности хотя бы на одном уровне.

25. Иметь механизм проверки состояния оператора (ЛПР).

Выполнение всех этих положений и требований даёт возможность реализации интеллектуального алгоритма управления состоянием объекта[4].

Управление (управленческие решения) – это процесс подготовки, формирования, контроля и исполнения реализации целенаправленного поведения производственно-технологической системы (КВО, ОПО). В результате формируются направленные управленческие воздействия с целью обеспечения необходимого запаса устойчивости, требуемого качества функционирования объекта в процессе выполнения соответствующих планов выпуска основной продукции и её качества, обеспечивающие технологическую, экологическую и экономическую безопасность, вырабатываемых в ручном, ав-

томатизированном и автоматическом режимах работы.

В ручном режиме большинство функций мониторинга выполняются под управлением человека- оператора или ЛПР.

В автоматизированном режиме (автоматизированные системы) основные функции мониторинга выполняются автоматически, а вспомогательные – под управлением человека-оператора или ЛПР.

В автоматическом режиме (автоматические системы) все функции мониторинга должны выполняться автоматически, а человек-оператор или ЛПР/эксперт может использоваться как звено в цепи управления в части вспомогательного элемента при подготовке, формировании и выработке управленческого решения и в особо сложных ситуациях.

Далее предлагается обобщённая структурная схема алгоритма управления АСМ (рисунок 2) и структурная схема системы поддержки и принятия решения (СППР) (рисунок 3).

В обобщённой структурной схеме алгоритма управления АСМ КВО можно условно выделить два основных канала:

1) канал управления и синхронизации, хранения данных и моделей;

2) управляемый канал – канал подготовки выработки и формирования управленческого решения.

Канал управления и синхронизации, хранения данных и моделей состоит из блока синхронизации и управления, блока телекоммуникационного оборудования и интерфейсов, блока подготовки, инициализации и настройки ситуационных моделей событий и разработки моделей и базы данных и знаний, конфигураций диагностируемого оборудования, конфигураций системы мониторинга, регистрации, документирования и хранения, архивирования значений диагностических признаков, сигналов, трендов, журналов, отображения необходимой информации, звукового оповещения и других данных.

Блок управления и синхронизации осуществляет общее управление всей системой мониторинга по определенному алгоритму и/или набору адаптивных алгоритмов.

Информационная база данных и знаний содержит:

- базы данных конфигурации КВС и диагностируемого оборудования, конфигурации системы мониторинга, базы данных значений диагностических признаков, сигналов, трендов, журналов и других данных, необходимых для работы системы мониторинга;

- базы знаний, необходимых для работы экспертной системы.

Канал подготовки, выработки и формирования управленческого решения состоит из блока подготовки данных аналитики, блока выработки и формирования управленческого решения и блока формирования интегральных протоколов и управленческих решений.

Посредством блока сетевых интерфейсов информация о состоянии КВО (КВС и их составных частей и специальных опасных производственно - технологических объектов) и АСМ КВО передается внешним ответственным и заинтересованным службам по выделенным линиям локальной сети (Ethernet), каналам последовательной передачи данных (RS-232/485), телефонным линиям с использованием модемов и других.

Измеряемые в узлах КВС физические процессы (например, колебания) через систему электрических, механических и иных связей (каналы распространения) воспринимаются системой датчиков (сенсоров) разного типа (в зависимости от применяемого метода диагностирования или неразрушающего контроля), которая через систему сбора данных и согласования подключена к SCADA – системе (в составе блоков анализатора состояния КВС и опасных производственно - технологических объектов и анализатора сигналов)

SCADA – система осуществляет преобразование массива входных сигналов в массив диагностических признаков, связанных с техническим состоянием объектов, посредством алгоритмов цифровой обработки сигналов, позволяет реализовать шкалирование и нормирование по уровням, выявить достоверность при нормировании, полноту охвата процессов мониторинга, надёжность и достоверность представления информации.

В блоке подготовки данных аналитики производится анализ временных рядов по уровням нормированного сигнала, организуются упреждения (скорость и ускорение) по сигналам событийных признаков, которые используются в качестве входной информации в блоке выработки и формирования управленческого решения.

Блок выработки и формирования управленческого решения состоит из четырёх частей:

- блока идентификации, распознавания и выявления состава и событийных закономерностей и критерий решения проблемы, обоснования стратегии и обозначения целей, планирования последовательности действий по подготовке управленческого решения, опреде-

ление предварительных ситуационных ограничений и альтернатив решения проблемы;

- блока подготовки и формирования управленческих решений (поиск, подбор, выбор) и определения и уточнения критериев и показателей для оценки результата на моделях по заданным и определенным целям (мониторинг оценки и формирование управленческих решений);

- блока анализа, поиска альтернатив, выработки и формирования управленческого решения и предварительной оценки (мониторинг определения управляющего решения), принципов и методов процесса принятия управленческих решений и альтернативы выбранного управленческого решения;

- блока определения и подтверждения стадии реализации управленческого решения, контроля и исполнения выбранной альтернативы и определения критериев и показателей для мониторинга, подтверждения обозначенных альтернатив выбранного управленческого решения, состава документации протекающих процессов, определения форм и докладов записей процессов, осуществления и реализации управленческого решения, регулирования процессов и выполнения документирования процедур, разработки форм и докладов записей процессов.

Блок выработки и формирования управленческого решения на основании входного массива диагностических признаков и эксплуатационных данных, хранящихся в информационной базе данных и знаний, выявляет или определяет техническое состояние учтённых объектов КВС и всего КВО, вырабатывает и выдает требуемую диагностическую информацию и/или указания (управленческие решения) по приведению учтённых объектов КВС и опасных производственно-технологических объектов и всего КВО в нормальное состояние.

Блок формирования интегральных протоколов и управленческих решений состоит из блока коррекции процессов исполнения управленческих решений (мониторинг контроля, оценки и коррекции процессов исполнения управленческого решения) и блока передачи управленческих решений в соответствии с признаком функционального режима работы, оповещения, отображения, регистрации и интегральных (комплексные) протоколов состояния КВО (КВС и опасных производственно - технологических объектов их составных частей) и АСМ КВО.

Блок оповещения, отображения и регистрации доводит информацию о состоянии оборудования КВО и АСМ КВО до персонала с

рования и хранения, архивирования значений диагностических признаков, результатов анализа сигналов, трендов процессов, отображения, оповещения и других данных.

16. Блок подготовки, инициализации и настройки ситуационных моделей событий и разработки моделей.

17. Канал управления и синхронизации, хранения данных и моделей.

18. Блок подготовки данных аналитики.

19. Блок выработки и формирования управленческого решения.

20. Блок формирования интегральных протоколов и управленческих решений.

21. Канал подготовки выработки формирования управленческого решения.

22. Система мониторинга.

23. SCADA – система.

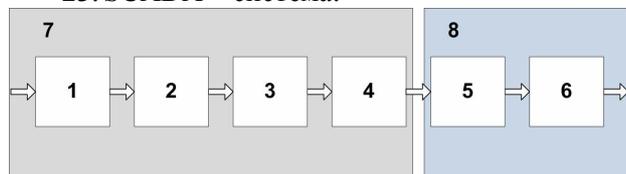


Рисунок 3 – Структурная схема алгоритма СППР

На рисунке 3 приняты следующие обозначения.

1. Блок процессов распознавания и выявления событийных закономерностей и критериев проблемы, планирование последовательности действий по подготовке управленческого решения, определение ситуационных ограничений и альтернатив решения проблемы.

2. Блок процессов подготовки и формирования управленческих решений: поиск, подбор, выбор. Определение критериев и показателей для оценки результата (мониторинг оценки и формирование управленческих решений).

3. Блок процессов выработки и формирования управленческого решения и предварительная оценка (мониторинг определения управляющего решения).

4. Блок реализации и исполнения выбранной альтернативы. Определение критериев и показателей для мониторинга.

5. Блок коррекции процессов исполнения управленческих решений (мониторинг контроля, оценки и коррекции процессов исполнения управленческого решения).

6. Блок передачи управленческих решений в соответствии с признаком функционального режима работы, оповещение, отображение, регистрация.

7. Блок выработки и формирования управленческого решения.

8. Блок формирования интегральных протоколов и управленческих решений.

Заключение. Предложенные алгоритмы контроля и управления критически важных объектов позволяют описать и представить состояния объекта, его систем и протекающих процессов для мониторинга объекта, а также выполнить операции, необходимые для подготовки, выработки и формирования управленческих решений с учетом результатов мониторинга.

Библиографический список

1. Махутов Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность / Ч.2. Обоснование ресурса и безопасности. Новосибирск: Наука, 2005. 610 с.

2. Махутов Н.А. Методы и нормы обеспечения безопасности стратегически важных зданий и сооружений. Электронный журнал. Предотвращение аварий зданий и сооружений. М., 2010.

3. Берман А.Ф., Николайчук О.А. Структуризация процесса исследования безопасности сложных технических систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1999. – №6. – С. 3-14.

4. Анфилатов В.С. и др. Системный анализ в управлении: учеб. пособие / Под ред. А.А. Емельянова.- М.: Финансы и статистика, 2002.-368 с.

5. Охтилев М.Ю. и др. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. -М. : Наука, 2006.- 410 с.

6. Лисица В.Н. и др. О принципах построения нормативно-технической базы в области проектирования объектов систем мониторинга. Спец. выпуск. Мониторинг. Наука и безопасность. Научно-практическая конференция: «Опыт проектирования и эксплуатации объектов систем мониторинга, нормативно-методическое обеспечение, состояние и перспективы развития». ФГБУ ВНИИ ГОЧС 26 октября 2011 г.

7. ГОСТ Р 53564-2009 Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга.