УДК 681.513.683

К ВОПРОСУ МОДУЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УМНОГО ДОМА

Серикова М.В., Атрощенко В.А., Чигликова Н.Д.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, e-mail: adm@kgtu.kuban.ru

Выделены типовые элементы модулей и подмодулей системы мониторинга умного дома, рассмотрена методика построения типовых функциональных схем модулей системы, построены графические логиковероятностные модели (схемы функциональной целостности) модулей обеспечения, охраны и управления системы (при построении данных схем был использован графический аппарат СФЦ программного комплекса «АРБИТР», приведен перечень устройств с учетом покрытия 40 м² помещения (данную площадь примем среднестатистической для квартир и коттеджных домов)). Получены вероятностные многочлены всех модулей системы мониторинга, рассчитаны значимости и вклады элементов системы, рассчитана вероятность безотказной работы системы мониторинга с применением экспоненциального закона распределения в течение пяти лет, проведен анализ вероятности безотказной работы всех элементов системы (всех модулей системы) и соответствующее их структурное резервирование, анализ вероятности безотказной работы всех элементов системы после структурного резервирования.

Ключевые слова: умный дом, система мониторинга, ВБР, СФЦ, функциональная схема

ABOUT THE MODULAR CREATION OF SYSTEMS SUPPORT THE SMART HOUSE Serikova M.V., Atroschenko V.A., Chiglikova N.D.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: adm@kgtu.kuban.ru

Typical elements of modules and submodules of the smart home monitoring system are identified, the methodology for constructing typical functional circuits of system modules is considered, graphical logic-probabilistic models (schemes of functional integrity) of the modules for providing, guarding and managing the system are constructed (In constructing these schemes, «ARBITER», a list of devices is given, taking into account the coverage of 40 m2 of premises (this area will be taken as average for apartments and cottage houses)). Probabilistic polynomials of all modules of the monitoring system are calculated, the significance and contributions of the system elements are calculated, the probability of failure-free operation of the monitoring system is calculated using the exponential distribution law for five years, the analysis of the probability of failure-free operation of all system elements (all modules of the system) and their corresponding structural redundancy, Analysis of the probability of failure-free operation of all elements of the system after structural redundancy.

Keywords: smart house, monitoring system, probability of trouble-free operation, diagrams of the functional integrity, the functional diagram

Под инженерными системами подразумеваются все системы обеспечения жизнедеятельности и безопасности, такие как электроснабжение, водоснабжение, освещение, отопление, кондиционирование, вентиляция, охранная пожарная сигнализация, видеонаблюдение, система контроля и управления доступом. Системы обеспечения жизнедеятельности в системе мониторинга умного дома объединены в типовой модуль обеспечения.

Типовой подмодуль энергоснабжения может содержать: датчики движения, реле вкл/выкл света, выключатели, диммеры, силовой шкаф, резервные источники питания, выпрямители, аккумуляторные батареи, инвертор.

Под энергоснабжением понимается снабжение энергией через присоединенную сеть. По договору энергоснабжения энергоснабжающая организация обязуется подавать абоненту (потребителю) через присоединенную сеть энергию, а абонент обязуется оплачивать принятую энергию, а также соблюдать предусмотренный до-

говором режим ее потребления, обеспечивать безопасность эксплуатации находящихся в его ведении энергетических сетей и исправность используемых им приборов и оборудования, связанных с потреблением энергии.

В общем случае система электроснабжения для здания, оснащаемого системой «Умный дом», помимо стандартной структуры, содержит еще ряд дополнительных возможностей. Это дополнительные цепи электропитания таких систем, как охранно-пожарная, системы связи, видеонаблюдения, электропитания технологического оборудования, такого как, например, водогрейный котел или насосы водоснабжения, и собственно питания шкафа с централизованной системой управления. Электрическая проводка также отличается от стандартной в первую очередь наличием дополнительных сигнальных и управляющих цепей (кабелей) к датчикам и исполнительным механизмам либо наличием дополнительной шины (кабеля) связи различных устройств между собой и центральной системой управления [1].

Цель исследования

Интеграция системы электроснабжения в общую схему домашней автоматизации осуществляется при замене обычной аппаратуры распределения электроэнергии и защиты на специализированную, имеющую в своем составе помимо штатных функций, еще и коммуникационные возможности, либо дооснащении стандартной системы электроснабжения аппаратурой, имеющей возможности интеллектуального управления и мониторинга. В этом случае появляется возможность контролировать не только само оборудование, но и режимы подачи электроэнергии.

Материалы и методы исследования

Вот некоторые возможности, которые предоставляет интеллектуальная система электроснабжения.

Контроль и автоматическое распределение нагрузок. Имея данную функцию, система управления будет непрерывно контролировать оптимальное распределение электропитания к разным потребителям. Проще говоря, система управления позволит включить в одну розетку только определенное количество бытовых приборов [4]. Автоматическое отключение приборов при отлучении из дома. Данная функция позволяет по одной команде обесточить все розетки, оставив включенным только необходимое оборудование, например холодильник. Таким образом, помимо удобства, данные функции позволяют еще и добиться ощутимого эффекта экономии электроэнергии. Функция контроля доступа к сети работает, например, когда требуется отключить электроснабжение в отдельном помещении либо переключение на резервные источники питания при отключении электричества с последующим восстановлением режимов работы всего оборудования до режимов, предшествующих отключению.

Следует отметить, что все перечисленные возможности, а также множество других должны быть доступны для контроля и управления как местно, так и дистанционно [5].

Типовой подмодуль водоснабжения предназначен для предотвращения протечек воды и своевременного обнаружения и локализации протечек воды в системах водоснабжения и отопления. Система заблокирует подачу воды до устранения причин протечки и проинформирует о возникшей аварии звуковым и световым сигналами. Датчик уровня воды в скважине (датчик «сухого хода») предназначен для подачи сигнала на отключение электронасоса при снижении уровня воды в скважине ниже расположения электронасоса в ней. В офисе «умное» управление водоснабжением позволяет вести подсчет потребления воды с целью оптимизации затрат на воду, а также управлять входными клапанами и перекрывать воду в случае протечки.

Типовой подмодуль видеонаблюдения предназначен для полноценного обеспечения безопасности объекта посредством видеоконтроля. На него возлагаются функции по мониторингу заданного периметра дома и контроль доступа. В отличие от отдельных, не связанных между собой элементов инфраструктуры дома, системы, объединённые в единый комплекс «Умный дом», могут взаимодействовать между собой, повышая функциональность, как друг друга, так и комплекса в целом. Так, система видеонаблюдения, снабженная алгоритмами распознавания нарушений, может при необходимости подать сигнал тревоги или «связаться» с другими системами (энергообеспечения, пожаротушения), чтобы изолировать проблему. В качестве сигнала будет отправка SMS на почту и на телефон [6].

Типовые подмодули системы климата, аппаратуры и бытовых приборов предназначены для удобства пользователей умных домов, система мониторинга должна только отслеживать корректную работу всех их элементов.

Типовой модуль охраны содержит датчики разбиения стекла, датчики открытых дверей и окон, датчики протечки газа, дыма, вентили газа, пожарную сигнализацию.

Рассмотрим методику построения типовых функциональных схем модулей системы мониторинга [7]. Типовая функциональная схема модуля управления приведена на рис. 1. Сплошные линии на схеме отражают физические связи объектов, пунктирные линии отражают информационные связи объектов. Каждый элемент данных схем принадлежит множеству объектов автоматизации О и связан с одним или несколькими информационными элементами из множества информационных элементов V. Для дальнейшего расчета вероятности безотказной работы системы мониторинга построим графические логико-вероятностные модели (схемы функциональной целостности) модулей системы.

При построении данных схем был использован графический аппарат СФЦ программного комплекса «АРБИТР» [8]. Приведем перечень устройств с учетом покрытия 40 м² помещения (данную площады примем среднестатистической для квартир и коттеджных домов). Логико-вероятностная модель модуля охраны приведена на рис. 2.

Перечислим основные структурные составляющие модуля охраны: элементы 1–6 группа датчиков разбиения стекла, 7–13 группа датчиков открытых дверей (окон), 14–18 группа датчиков газа/дыма, 20 микроконтроллер модуля охраны, 21, 26 ИБП, 24 сервер, 25 пожарная сигнализация, 28 модем, 30 роутер, 31 пульт управления, 32 программируемый логический контроллер, 36 силовой шкаф, 37 группа вентилей газа.

Логико-вероятностная модель модуля обеспечения приведена на рис. 3. Перечислим основные структурные составляющие модуля обеспечения: 1–5 группа датчиков движения, 6–10 группа датчиков уровня воды, 11–15 группа датчиков протечки воды, 16–18 группа датчиков температуры, 20 микроконтроллер модуля обеспечения, 21,25 ИБП, 24 сервер, 27 модем, 29 роутер, 30 пульт управления, 31 ПЛК, 35 силовой шкаф, 36 группа диммеров, 37 группа реле бытовых приборов, 38 группа вентилей воды, 39 группа выключателей, 40 группа реле аппаратуры, 41 группа кондиционеров.

Логико-вероятностная модель модуля управления приведена на рис. 4.

Таким образом логические модели последовательно-параллельной системы построены при помощи аппарата схем функциональной целостности (СФЦ), СФЦ в графическом виде показывают функциональные связи между элементами, образующими систему и характер обеспечения работоспособности одних элементов другими элементами [9, 10]. Функциональной вершиной в нашем случае является событие «успешное функционирование устройства». Тип рассматриваемой системы — восстанавливаемая. Среднее время восстановления одного элемента составляет 2 часа [8]. Полученные СФЦ для всех модулей системы далее будем использовать при расчете вероятности безотказной работы системы мониторинга умного дома. Далее необходимо произвести переход от логической функции работоспособности к вероятностным многочленам каждого модуля системы мониторинга.

К особенностям данной системы можно отнести следующие: данная система разработана по модульному принципу построения высокотехнологичной автоматизированной децентрализованной внутри модулей беспроводной системы умного дома как де-

композиции системы на модули (подсистемы). В рамках модульного принципа построения системы изначально были выделены следующие модули системы: модуль обеспечения, модуль охраны и модуль управления. Более подробно особенности рассматриваемой системы приведены в источниках [2, 3].

Результаты исследования и их обсуждение

Графический аппарат СФЦ, автоматическое построение логической функции, а затем автоматический переход от нее к вероятностному расчетному многочлену, вычисление значимостей и вкладов элементов реализованы в программном комплексе «АРБИТР» и далее будут использоваться в процессе решения оптимизационной задачи.

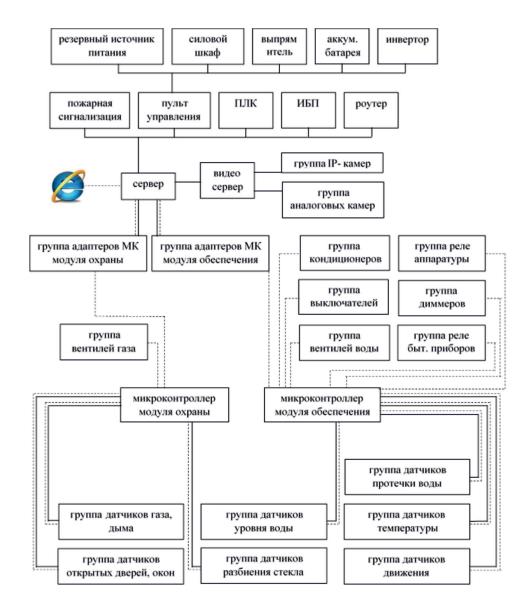


Рис. 1. Типовая функциональная схема модуля управления

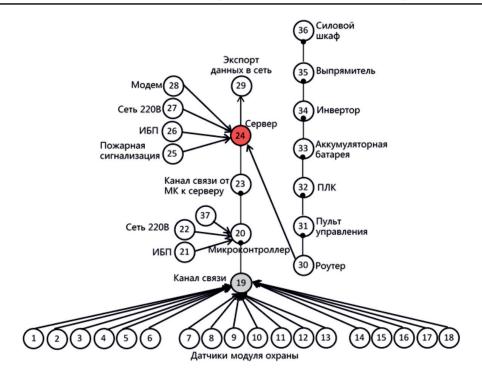


Рис. 2. Общая логико-вероятностная модель модуля охраны

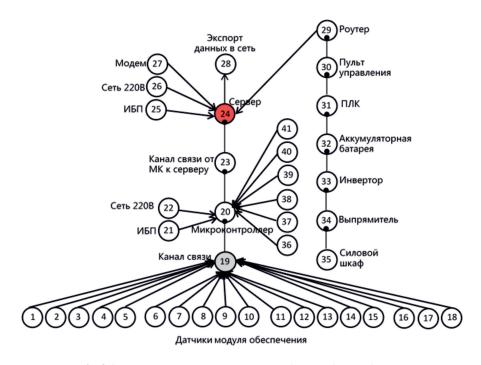


Рис. 3. Общая логико-вероятностная модель модуля обеспечения

Далее будем рассчитывать вероятность безотказной работы комбинаторных подсистем по точным аналитическим формулам, полученным с помощью метода работы [11], позволяющего достаточно просто получить аналитическое выражение для вероятности безотказной работы.

Оценка показателей надежности системы мониторинга умного дома является процедурой, выполняемой на этапе проектирования систем. Актуальность задач по расчету ВБР системы мониторинга объясняется тем, что они дают ответ на вопрос об эффективности внедрения разработанной системы.

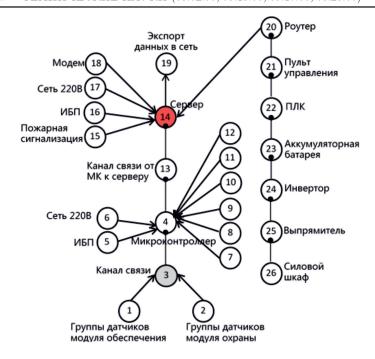


Рис. 4. Общая логико-вероятностная модель модуля управления

Вероятностный многочлен для модуля управления имеет вид

$$\begin{split} P_3 &= P_1 \cdot P_2 \left(1 - \left(1 - p_1 \right) (1 - p_2 \right) \right) \left(1 - (1 - p_3) (1 - p_4) \right) \cdot \prod_{i=5}^8 p_i \cdot \left(1 - (1 - p_9 p_{11}) \left(1 - p_E \right) \right) \prod_{i=21}^{26} p_i. \\ p_E &= p_{10} \cdot p_{12} \cdot p_G, \ p_G = 1 - (1 - p_{13} p_{15} p_{17} p_{20}) (1 - p_M), \ p_K = 1 - (1 - p_{16} p_{18}) (1 - p_{19}). \end{split}$$

Раскроем показатели: p_1 — вероятность безотказной работы (ВБР) датчиков модуля обеспечения, p_2 — ВБР датчиков модуля охраны, p_7 — ВБР группы диммеров, p_8 — ВБР группы реле бытовых приборов, p_9 — ВБР группы вентилей воды, p_{10} — ВБР группы выключателей, p_{11} — ВБР группы реле аппаратуры, p_{12} — ВБР группы кондиционеров. Остальные индексы вероятности безотказной работы соответствуют элементам на рис. 4 (например, p_{20} — вероятность безотказной работы роутера).

Выводы

В связи с прогнозируемыми внезапными отказами элементов в качестве закона распределения интенсивности отказов будем использовать экспоненциальный закон с наработкой на отказ 8760 часов, 26280 часов, 43800 часов. Затем необходимо отследить динамику безотказной работы системы в течение заданного временного интервала, выявить самые ненадежные элементы в системе, повысить их надежность (если это будет необходимо) путем структурного резервирования, отследить динамику безот-

казной работы системы после структурного резервирования.

Наработки на отказ каждого из элементов моделей, представленных на рис. 1–2, были приняты из анализа паспортов устройств, предоставляемых производителями. При этом была произведена выборка из 10–15 различных вариантов устройств, предлагаемых на рынке на сегодняшний день и для расчетов выбраны устройства с максимальной наработкой на отказ.

Так как необходимо оценить ВБР системы мониторинга в целом, то целесообразно далее анализировать вероятности элементов модуля управления, а также проводить структурное резервирование. Анализ надежности пяти лет показал, что самые ненадежные элементы в системе — следующие: элемент 10 сервер (p = 0,999992597729). Следовательно, его структурное резервирование приведет к повышению надежности системы в целом.

Список литературы

1. Алексеев Г.П. Электромонтаж и наладка системы «Умный дом» / Г.П. Алексеев. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2012. – 223 с.

- 2. Атрощенко В.А., Кошевая С.Е., Серикова М.В. К вопросу формирования данных систем управления умного дома // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.; URL: http://www.science-education.ru /ru/article/view?id=15067 (дата обращения: 20.09.2017).
- 3. Атрощенко В.А., Серикова М.В., Даутова И.С. К вопросу модульного программирования систем умного дома // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.; URL: http://www.science-education.ru /ru/article/view?id=15105 (дата обращения: 20.09.2017).
- 4. Гершкович В.Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий / В.Ф. Гершкович. М.: С.О.К., 2008. № 8. URL: http://esco.co.ua/journal/2007_1/art41.htm, (дата обращения: 16.09.2017).
- 5. Гладкова И.А. Детерминированные разделы общего логико-вероятностного метода / И.А. Гладкова // Труды второй международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах». МА БР-2010. СПб.: Бизнес-Пресс, 2010. С. 453–460.

- 6. Рябинин И.А. Надежность и безопасность сложных систем / И.А. Рябинин. СПб.: Политехника, 2000. 248 с.
- 7. Шишмарев В.Ю. Надежнсть технических систем / В.Ю. Шишмарев. М.: Академия, 2010. 304 с.
- 8. Спицын В.С. Алгоритмы управления температурой в помещениях / В.С. Спицын, В.В. Спицын // Вестник ЮУрГУ. -2012. -№ 35. C. 79–84.
- 9. Можаев А.С. Автоматизация моделирования систем ВМФ. Учебник для слушателей ВМФ. Часть 2. Автоматизированное структурно-логическое моделирование систем / А.С. Можаев. СПб.: ВМА, 2006. 336 с.
- 10. Скворцов М.С. Решение задачи оптимизации надежности с помощью метода логико-вероятностных вкладов / М.С. Скворцов // Надежность. 2009. № 2(30). С. 15—29.
- 11. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И.А. Рябинин. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. 276 с.