

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА

Атрощенко В.А., Дьяченко Р.А., Багдасарян Р.Х., Решетняк М.Г.

*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия (350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2А), rafael\_555@mail.ru*

Оценка показателей надежности систем мониторинга параметров электроэнергетических объектов является процедурой, выполняемой на этапе проектирования систем. В работе рассмотрены вопросы анализа показателей надежности систем мониторинга электроэнергетического комплекса коттеджного поселка. В настоящее время в связи с развитием технологий SmartGrid в нашей стране эти вопросы являются актуальными и востребованными. Авторами приводится типовая структура системы мониторинга. На примере конкретной системы (электропитания сегмента коттеджного поселка) рассчитываются показатели надежности, на основе анализа которых предлагается изменение структуры, позволяющее значительно повысить надежность характеристики. Для расчета характеристик надежности системы авторами используется общий логико-вероятностный метод. Надежность системы моделируется при помощи схем функциональной целостности, реализованных в программном комплексе «Арбитр». Рассматриваются системы мониторинга электропитания бытовых потребителей на примере сегмента системы электропитания коттеджного поселка. Основным критерием при принятии решения об изменении структуры системы мониторинга является значение параметра положительного вклада элемента.

Ключевые слова: надежность, электроэнергетический комплекс, коттеджный поселок.

## ON ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF THE SYSTEM FOR MONITORING ENERGY COMPLEX OF COTTAGE SETTLEMENT

Atroschenko V.A., Djachenko R.A., Bagdasaryan R.K., Reshetnyak M.G.

*Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia (350072, Krasnodar, Moskovskayastreet, 2A), rafael\_555@mail.ru*

Evaluation of reliability of monitoring the parameters of electric power facilities is a procedure performed on the stage of system design. The paper deals with the analysis of the reliability of monitoring power complex of cottage settlement. Nowadays, with the development of Smart Grid technologies in our country, these issues are relevant and in demand. The author cites the typical structure of the monitoring system. For an example of the system (power supply segment of cottage settlement) are calculated reliability, based on the analysis are proposed changes in the structure, can significantly improve the reliability characteristics. For the calculation of the reliability characteristics of the system used by the authors of the total logical-probabilistic method. The reliability of the system is modeled using the functional integrity of the schemes implemented in the software package "arbitrator". We consider the monitoring of household electricity consumers by the example of a segment of power supply system of cottage settlement. The main criterion for making the decision to change the structure of the monitoring system is the value of the positive contribution of the element.

Keywords: reliability, electricity, cottage settlement.

### Введение

Оценка показателей надежности систем мониторинга параметров электроэнергетических объектов является процедурой, выполняемой на этапе проектирования систем. Актуальность задач по расчету надежности систем мониторинга объясняется тем, что они дают ответ на вопрос об эффективности внедрения разработанной системы [1].

Данная работа посвящена вопросам системного анализа показателей надежности систем мониторинга параметров электроэнергетических объектов сегмента коттеджного поселка.

### Цели и задачи исследования

Целью исследования является анализ показателей надежности систем мониторинга параметров электроэнергетических объектов, выявление наиболее значимых по критерию надежности элементов в системе, а также выработка рекомендаций по повышению надежности системы в целом.

Основными задачами исследования являются:

- анализ типовой структурной схемы системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов;
- выявление элементов системы, повышение надежности которых приведет к значительному увеличению показателей надежности всей системы;
- разработка структуры системы со скорректированным составом элементов.

В общем случае структурная схема исследуемой системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов представлена на рисунке 1.

Описание обозначений и другие типичные структуры подробно рассмотрены в [1; 2; 7].

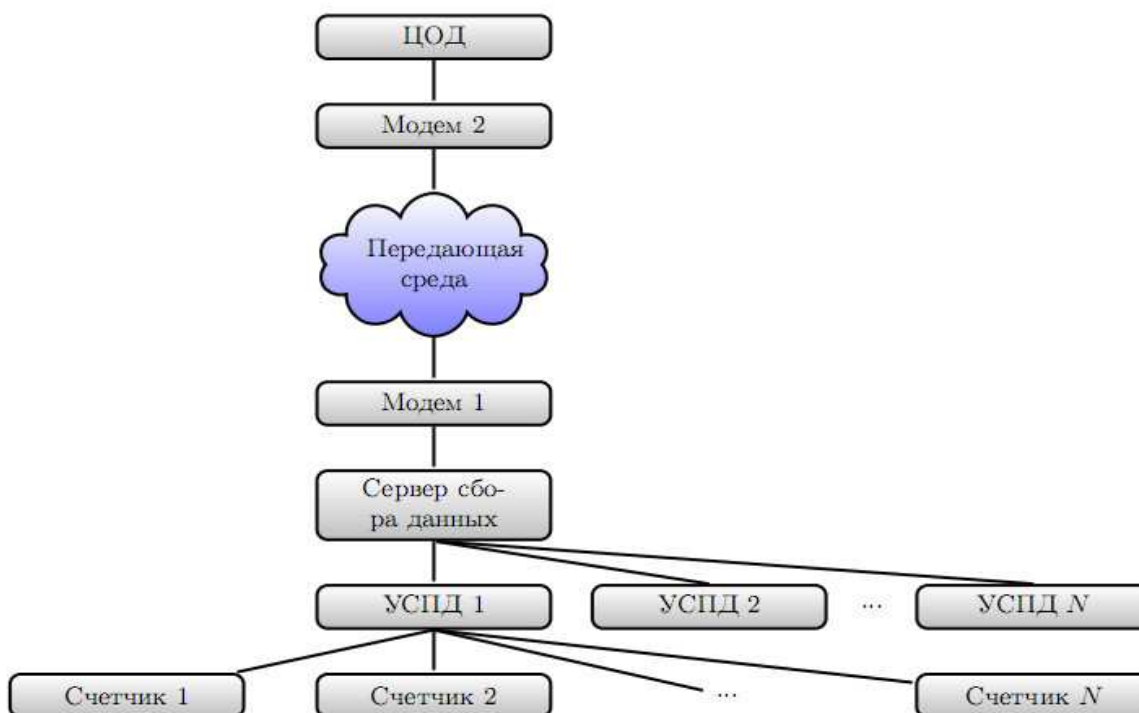


Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов

Далее будем рассматривать систему, состоящую из:

- 8 счетчиков,

- 1 УСПД,
- 1 сервера сбора данных,

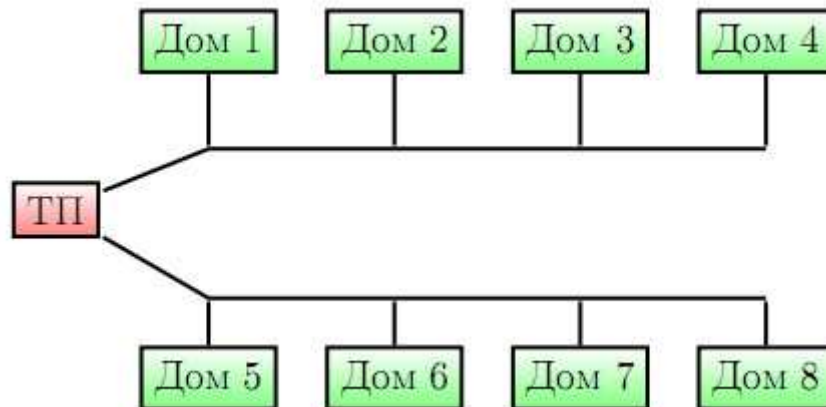


Рисунок 2 - Электроснабжение сегмента коттеджного поселка

- 2 модемов,
- 1 центра обработки данных.

Типичным примером является система электроснабжения одного небольшого сегмента (8 домов) коттеджного поселка (пример структуры, состоящей из 8 жилых домов и одной трансформаторной подстанции (ТП), представлен на рисунке 2).

Расчет показателей надежности будем проводить на основе общего логико-вероятностного метода [4-6].

На рисунке 3 представлена графическая логико-вероятностная модель — схема функциональной целостности (СФЦ) системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов.

Особенностью данной логико-вероятностной модели системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов является учет каналов связи (элементы 9-16, 20, 25).

Функциональными вершинами в нашем случае является событие «успешное функционирование устройства». Тип рассматриваемой системы — восстанавливаемая. Среднее время восстановления одного элемента составляет 2 часа. В связи с прогнозируемыми внезапными отказами элементов в качестве закона распределения интенсивности отказов будем использовать экспоненциальный закон.

Основными параметрами СФЦ, представленной на рисунке 3, являются:

число вершин  $N = 39$ ;

число элементов  $H = 29$ .

Основным логическим критерием функционирования системы, представленной на рисунке 3, является выход фиктивной вершины  $u_{39}$  (номер 39).

$$Y_c = y_{39}(1)$$

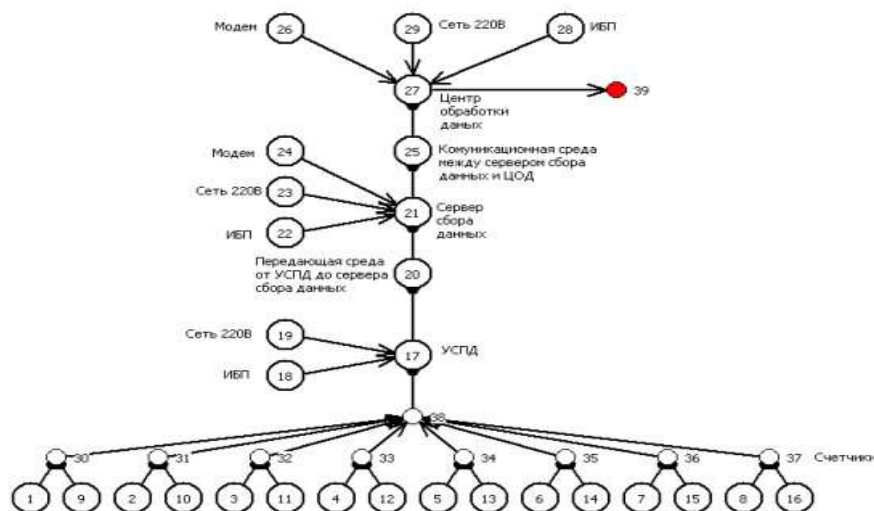


Рисунок 3 - Логико-вероятностная модель системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов

Логическая функция ( $Y_c$ ) работоспособности системы (ФРС) мониторинга параметров электроэнергетических объектов, графическое изображение которой представлено на рисунке 3, имеет 144 конъюнкции, вероятностная функция содержит 4590 одночленов (расчет с применением программы «Арбитр»).

Данные по надёжности (наработки на отказ) элементов приняты на основе анализа информации производителей коммуникационного оборудования.

При расчёте надёжности значение времени восстановления элемента системы было принято в размере 2 часов, наработка системы — 8760 часов.

Значения статических вероятностей реализации исхода бинарных событий (элементов) в схеме функциональной целостности рассчитаны в программном комплексе «Арбитр» [4; 6].

В результате расчетов с применением программного комплекса «АРБИТР» были получены следующие надёжностные характеристики системы (с учетом времени восстановления и работы элементов).

Коэффициент готовности, $KГс$	0.999905683141
Средняя наработка на отказ, $Tос$	21203 час (2.421 год)
Среднее время восстановления системы, $Tвс$	2.00007 час
Частота (средняя интенсивность) отказов (1/год), $Wс$	0.413132

На рисунке 4 представлена диаграмма положительных вкладов элементов.

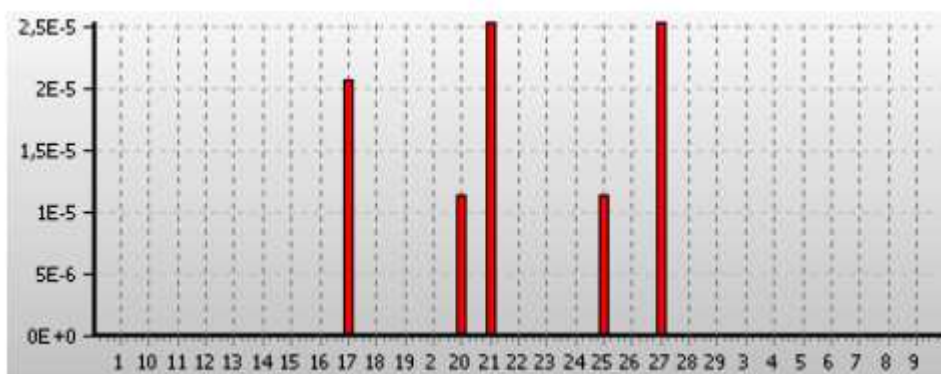


Рисунок 4 - Диаграмма положительных вкладов

Для анализа системы, в целях увеличения ее безопасности, наиболее информативной представляется характеристика положительного вклада  $\beta+$  элемента [5]. Она предоставляет пользователю объективную количественную оценку мероприятий по изменению параметров отдельных элементов на реальную надежность и/или безопасность исследуемой системы в целом. Из рисунка 4 видно, что значимости серверов системы самые большие. Это обусловлено тем, что собственные параметры указанных событий близки к единице.

Вывод: анализ графика положительных вкладов на рисунке 4 показывает, что наиболее эффективными мероприятиями по увеличению надежности системы в данных условиях являются - дублирование элемента № 21 и № 27 серверов.

На рисунке 5 представлена графическая логико-вероятностная модель системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов с дублированными элементами.

Функциональными вершинами, как и в предыдущем случае, является событие «успешное функционирование устройства».

Основными параметрами СФЦ, представленной на рисунке 5, являются:

число вершин  $N = 47$ ;

число элементов  $H = 37$ .

Основным логическим критерием функционирования системы, представленной на рисунке 5, является выход фиктивной вершины  $v_{47}$  (номер 47).

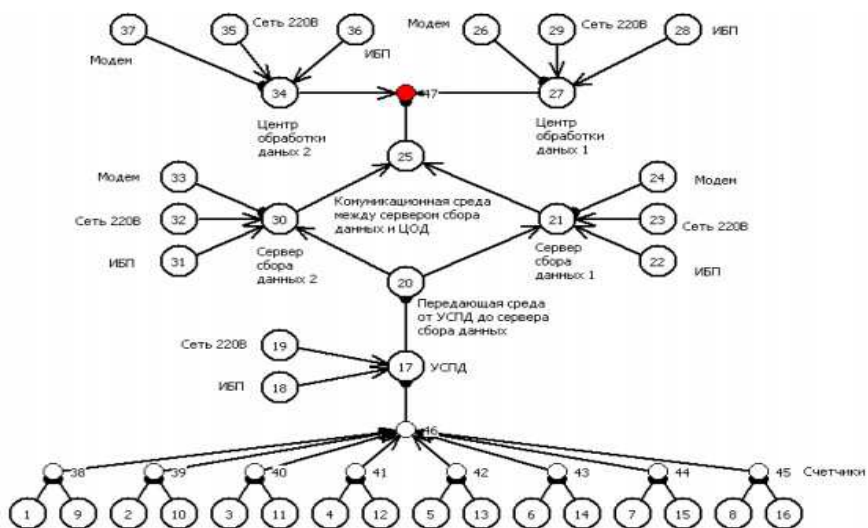
Рисунок 5 - Логико-вероятностная модель системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов с дублированными элементами.

$$Y_c = y_{47}(2)$$

Логическая функция ( $Y_c$ ) работоспособности системы (ФРС) мониторинга параметров электроэнергетических объектов, графическое изображение которой представлено на рисунке 5, имеет 144 конъюнкции, вероятностная функция содержит 28624 одночлена.

В результате расчетов с применением программного комплекса «АРБИТР» были получены следующие надежностные характеристики системы (с учетом времени восстановления и работы элементов).

Коэффициент готовности, КГс	0.999988574516
Средняя наработка на отказ, Тос	174890 час (19.96 год)
Среднее	время



восстановления системы, Твс	1.99824 час
Частота (средняя интенсивность) отказов (1/год), Wc	0.050088

Значения изменений показателей надежности представлены в таблице 1, из которой можно сделать положительный вывод о введении дублирующих элементов (серверов).

Таблица 1 - Расчёт эффективности корректирующих мероприятий по повышению надежности

Наименование	Типовая система	Скорректированная система	Изменение показателя, %
Коэффициент готовности	0,999905683141	0,999988574516	0,01%
Средняя наработка на отказ (час)	21203	174890	724,84%
Среднее время восстановления системы (час)	2,00007	1,99824	-0,09%
Частота (средняя интенсивность) отказов (1/год)	0,413132	0,050088	-87,88%

### Заключение

В результате проведения исследований получены следующие результаты: рассчитаны показатели надежности для типовой схемы системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов; выявлены наиболее значимые элементы типовой схемы системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов; разработана структурная схема системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов с дублированными элементами; проведен сравнительный анализ надежности типовой и скорректированной системы мониторинга параметров электроэнергетических объектов, в результате которого получены положительные изменения в параметрах, характеризующих надежность системы.

### Список литературы

1. Атрощенко В.А., Кабанков Ю.А., Дьяченко Р.А. Теория информационных систем электроэнергетических комплексов : монография // LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 172 с. - ISBN: [978-3-659-30514-6](#).
2. Атрощенко В.А., Фишер А.В., Дьяченко Р.А. К вопросу сбора данных электроэнергетических систем // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - 2012. - № 10 (84). - С. 853-863.
3. Можяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. – СПб. : СПбВИТУ, 2000. - 145 с.

4. Можяев А.С. Универсальный графоаналитический метод, алгоритм и программный модуль построения монотонных и немонотонных логических функций работоспособности систем. - СПб. : СПбГУАП, 2003. - С. 101-110.
5. Нозик А.А., Можяев А.С. Расчет надежности, безопасности и риска при проектировании и эксплуатации технических систем // Теплоэнергоэффективные технологии : информационный бюллетень. - 2007. - № 3/4. - С. 35-43.
6. Нозик А.А., Можяев А.С. Программный комплекс «АРБИТР» для моделирования, расчета надежности и безопасности систем // Монтаж и наладка средств автоматизации и связи : информационный сборник. - 2007. - № 2. - С. 32-40.
7. Фишер А.В., Дьяченко Р.А., Лоба И.С. Организация хранения хронологических данных в базах данных систем мониторинга и прогнозирования // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - 2012. - № 5 (79). - С. 485-495.

**Рецензенты:**

Степанов Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информатики и вычислительной техники факультета компьютерных технологий и автоматизированных систем, ФГБОУ «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.

Шевцов Юрий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информатики и вычислительной техники факультета компьютерных технологий и автоматизированных систем, ФГБОУ «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.