

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И АЛГОРИТМА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

А. Ю. Наумова¹, А. Ю. Дмитриевцев², Ю. Т. Зырянов³

^{1,2,3} Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
¹nastja.naumova@mail.ru, ²dmitrievcev978@mail.ru, ³zut-tmb@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Проводная связь востребована в различных отраслях народного хозяйства, а также в силах гражданской обороны и ВС РФ. В настоящее время на всей территории РФ, как правило, в эксплуатации находятся цифровые системы связи, относящиеся к классу телекоммуникационных информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) зарубежных производителей, ремонт и диагностику которого осуществляют филиалы этих организаций. В связи со сложной политической обстановкой затруднен квалифицированный ремонт и обслуживание этого оборудования, что влечет за собой негативные последствия как для абонентов, пользующихся услугами связи, так и для операторов, эти услуги предоставляющих. Одним из перспективных направлений решения задачи является непрерывный контроль изменения определяющих техническое состояние параметров телекоммуникационного оборудования в процессе эксплуатации с учетом воздействия дестабилизирующих факторов. К сожалению, не в полной мере применяются новые информационные технологии для управления техническим состоянием телекоммуникационного оборудования, которые позволят достигать требуемого уровня готовности к эффективному применению при снижении уровня материальных и трудовых затрат. В связи с этим требуется совершенствовать существующие и разработать новые подходы к решению этой задачи. Цель статьи – формирование базы данных для технического диагностирования телекоммуникационного оборудования ИИУС. *Материалы и методы.* В качестве объекта диагностирования использована плата СМФ, входящая в состав ИИУС Iskratel Si3000v6. Применен комбинационный метод технической диагностики. *Результаты.* Модифицирован комбинационный метод, создана база данных эталонных значений платы СМФ. Рассмотрен комплекс возможных аппаратных ошибок и предложены способы их устранения. *Выводы.* Предложенный подход позволит в дальнейшем осуществлять диагностику и ремонт платы СМФ без передачи сторонним организациям, что сокращает финансовые расходы. Созданная база данных в дальнейшем открывает возможность прогнозирования технического состояния телекоммуникационного оборудования с применением методов машинного обучения.

Ключевые слова: техническое диагностирование телекоммуникационного оборудования, формирование базы данных, плата СМФ Iskratel Si3000v6

Для цитирования: Наумова А. Ю., Дмитриевцев А. Ю., Зырянов Ю. Т. Формирование базы данных и алгоритма для технического диагностирования телекоммуникационного оборудования информационно-измерительной и управляющей системы // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2023. № 1. С. 38–44. doi:10.21685/2307-5538-2023-1-5

DATABASE AND ALGORITHM FORMATION FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TELECOMMUNICATION EQUIPMENT OF INFORMATION-MEASURING AND CONTROL SYSTEM

A.Yu. Naumova¹, A.Yu. Dmitrievtsev², Yu.T. Zyryanov³

^{1,2,3} Tambov State Technical University, Tambov, Russia
¹nastja.naumova@mail.ru, ²dmitrievcev978@mail.ru, ³zut-tmb@mail.ru

Abstract. *Background.* Wired communications are in demand in various sectors of the national economy, as well as in the civil defense forces and the RF Armed Forces. Currently, throughout the Russian Federation, as a rule, digital communication systems belonging to the class of telecommunication information-measuring and control systems (IMMS) of foreign manufacturers are in operation, repair and diagnostics, which are carried out by branches of these organizations. Due to the difficult political situation, qualified repair and maintenance of this equipment is difficult,

which entails negative consequences both for subscribers using communication services and for operators providing these services. One of the promising directions for solving the problem is continuous monitoring of changes in the technical condition parameters of telecommunication equipment during operation, taking into account the impact of destabilizing factors. Unfortunately, new information technologies are not fully applied to control the technical condition of telecommunication equipment, which will allow achieving the required level of readiness for effective use while reducing the level of material and labor costs. In connection, it is required to improve existing and develop new approaches to solving this problem. The purpose of the article is to form a database for technical diagnostics of telecommunications equipment IMSS. Materials and methods. The *CMF* board, which is part of the *Iskratel Si3000v6 ICS*, was used as an object for diagnosing. A combination method of technical diagnostics was applied. Results. The combinational method has been modified; a database of reference values of the *CMF* board has been created. A set of possible hardware errors is considered and ways to eliminate them are proposed. Conclusions. The proposed approach will allow further diagnostics and repair of the *CMF* board without transferring it to third parties, which reduces financial costs. The created database further opens up the possibility of predicting the technical condition of telecommunications equipment using machine learning methods.

Keywords: technical diagnostics of telecommunication equipment, database formation, *CMF Iskratel SI3000v6* board

For citation: Naumova A.Yu., Dmitriyev A.Yu., Zyryanov Yu.T. Database and algorithm formation for technical diagnostics of telecommunication equipment of information-measuring and control system. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control.* 2023;(1):38–44. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2023-1-5

Введение

Техническая диагностика уже давно стала одним из приоритетных инструментов радиоинженеров для технического обслуживания телекоммуникационного оборудования. В настоящее время существует обширная библиография диагностических методов, использующих анализ изменения контролируемых параметров в процессе эксплуатации объекта исследования [1, 2]. При этом решаются задачи диагностики (определение текущего технического состояния объекта) и прогнозирования (определение будущего технического состояния). Это необходимо для повышения вероятности безотказной работы, определения возможного продления срока службы, частоты проведения профилактических мероприятий при техническом обслуживании и др. Бурное развитие получило телекоммуникационное оборудование цифровых систем связи (ЦСС). Так, например ЦСС *Iskratel Si3000v6* – наиболее востребованная для построения новых и модернизации существующих *NGN* систем связи в России. Необходимо отметить, что *Si3000v6* является сложной информационно-измерительной и управляющей системой (ИИУС) [3]. Для выявления и устранения неисправностей телекоммуникационного оборудования ИИУС применяется большое количество датчиков, используется дорогостоящее программное обеспечение и т.д. При этом информация об изменениях контролируемых параметров выводится в реальном масштабе времени в виде цифропечати на мониторы, однако никуда не сохраняется и редко используется для анализа технического состояния в процессе эксплуатации. В данной статье рассмотрен один из подходов к техническому диагностированию телекоммуникационного оборудования *Iskratel Si3000v6*, который позволит оперативно выявить и устранить неисправности.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была выбрана процессорная плата *CMF* семейства оборудования *Si3000v6* (рис. 1).



Рис. 1. Объект исследования – процессорная плата *CMF*

Исследуемое оборудование было введено в эксплуатацию в 2008 г. За это время сформирована достаточная база данных по статистике отказов и неисправностей, что позволяет оперативно определить основные причины выхода из строя плат *CMF*. Статистика по основным причинам выхода из строя плат *CMF*, а также количество подлежащих ремонту плат представлены в табл. 1.

Таблица 1

Причина неисправности	Количество неисправностей, %
Деградация жесткого диска	48,5
Выход из строя системы питания на плате	27,4
Аппаратные проблемы	19,1
Неремонтопригодные повреждения	3,8
Необратимая деградация узлов обработки данных	1,2

Большая часть неисправностей приходится на деградацию жесткого диска, ресурс которого ограничен. Оповещение о его неисправности выводится в системе мониторинга платы. Для определения этой неисправности достаточно установить на его место заведомо исправный диск. Неисправность систем питания составляет почти треть от общего количества неисправностей. Данный тип неисправностей характеризуется полной или частичной работоспособностью платы. Для выявления этих неисправностей необходимо разработать комплекс мер по измерению параметров и выявлению поврежденных узлов. Аппаратные неисправности, несмотря на их большое количество, являются (в большинстве случаев) легко устранимыми за счет того, что для этого не требуется физического вмешательства в плату. Неремонтопригодные повреждения и необратимая деградация узлов обработки данных в наименьшем количестве являются причинами выхода из строя платы *CMF*. В обоих случаях ремонт плат физически невозможен или нецелесообразен ввиду ряда обстоятельств (отсутствие процессоров и большинства резервных элементов для ремонта встроенной платы). На основании анализа статистики можно сделать вывод, что актуальным вопросом является формирование базы данных и алгоритма диагностирования системы питания платы *CMF*.

Результаты и обсуждение

Предлагаемый алгоритм включает несколько основных этапов. Начальный этап подразумевает визуальный осмотр платы, по результатам которого делается заключение по внешним признакам (сильное механическое повреждение, сквозной прогар и т.д.) о возможности и целесообразности дальнейшей более углубленной технической диагностики и последующего за ней ремонтом [4–6]. После осуществления всех мер по восстановлению внешних неисправностей можно приступить ко второму этапу диагностирования. Второй этап включает в себя измерение в процессе эксплуатации основных определяющих параметров на исправных платах в различных местах их установки, таких как значения сопротивления и напряжения в контрольных точках. Данный этап позволяет определить наличие коротких замыканий (КЗ) или возможных обрывов. На данном этапе воспользуемся комбинационным методом диагностики [6], но усовершенствуем его для получения более достоверных результатов контроля и их последующего применения при устранении отказов. Для этой цели все измерения будем заносить не в комбинационную таблицу в двоичном виде, а в файл с расширением *.xls* в программе Excel, в которой заблаговременно сформируем базу данных, полученную в результате измерения основных контролируемых параметров с эталонной (рабочей) платы. Кроме того, определим алгоритм, который будет выводить на основе анализа измеренных значений параметров возможный перечень неисправностей, с последующими рекомендациями по их устранению (рис. 2) [7, 8].

Эти меры позволят более оперативно определять работоспособность элементов платы. Порядок измерения значений параметров может быть любым. После первого цикла измерений необходимо произвести устранение выявленных неисправностей и провести повторное измерение. Данный цикл повторяется до тех пор, пока все полученные значения не будут в преде-

лах нормы. По мере необходимости данная таблица может дополняться эталонными значениями других элементов платы. Это позволит значительно повысить оперативность ремонта в дальнейшей эксплуатации и выявлять причину неисправностей. Третьим этапом является пробное включение объекта. При появлении индикации на сигнализационных диодах платы можно переходить к следующему этапу. При отсутствии индикации и реакции на включение необходимо проверить наличие питания на входе устройства. При его наличии необходимо обесточить плату и вернуться ко второму этапу. Четвертый этап технического диагностирования включает в себя измерения значений напряжений в контрольных точках платы. На данном этапе воспользуемся усовершенствованным комбинационным методом диагностики, который использовался в третьем этапе (рис. 3, 4).

	Эталонное значение, Ом	Значение на диагностируемом объекте, Ом	Комплекс мер по решению проблемы
2	Входное сопротивление 1500 - 2200	100 Ом	Проверка защитного диода в цепи питания преобразователя напряжения, Проверка фильтрующих емкостей в цепи питания преобразователя, Проверка силового ключа в цепи питания преобразователя
3	Сопротивление на предохранителе №1 0.1-0.3	0.115 Ом	Никаких действий не требуется
4	Сопротивление на предохранителе №2 0.1-0.3	>100000	Необходима замена диагностируемого предохранителя
5	Сопротивление на предохранителе №3 0.1-0.3	>100000	Необходима замена диагностируемого предохранителя

Рис. 2. Эталонные значения сопротивления в контрольных точках

	Эталонное значение, Вольт	Значение на диагностируемом объекте, Вольт	Комплекс мер по решению проблемы
2	Напряжение на предохранителе №1 42-56	49.3	Никаких действий не требуется
3	Напряжение на предохранителе №2 42-56	48.5	Никаких действий не требуется
4	Напряжение на предохранителе №3 42-56	0	Проверка наличия входного напряжения
5	Напряжение на пятивольтовом преобразователе в контрольной точке №1 42-60	52	Необходима замена диагностируемого предохранителя
6	Напряжение на пятивольтовом преобразователе в контрольной точке №2 42-56	51.2	Никаких действий не требуется
7	Напряжение на пятивольтовом преобразователе в контрольной точке №3 4.5-5.4	0	Никаких действий не требуется

Рис. 3. Эталонные значения напряжения в контрольных точках

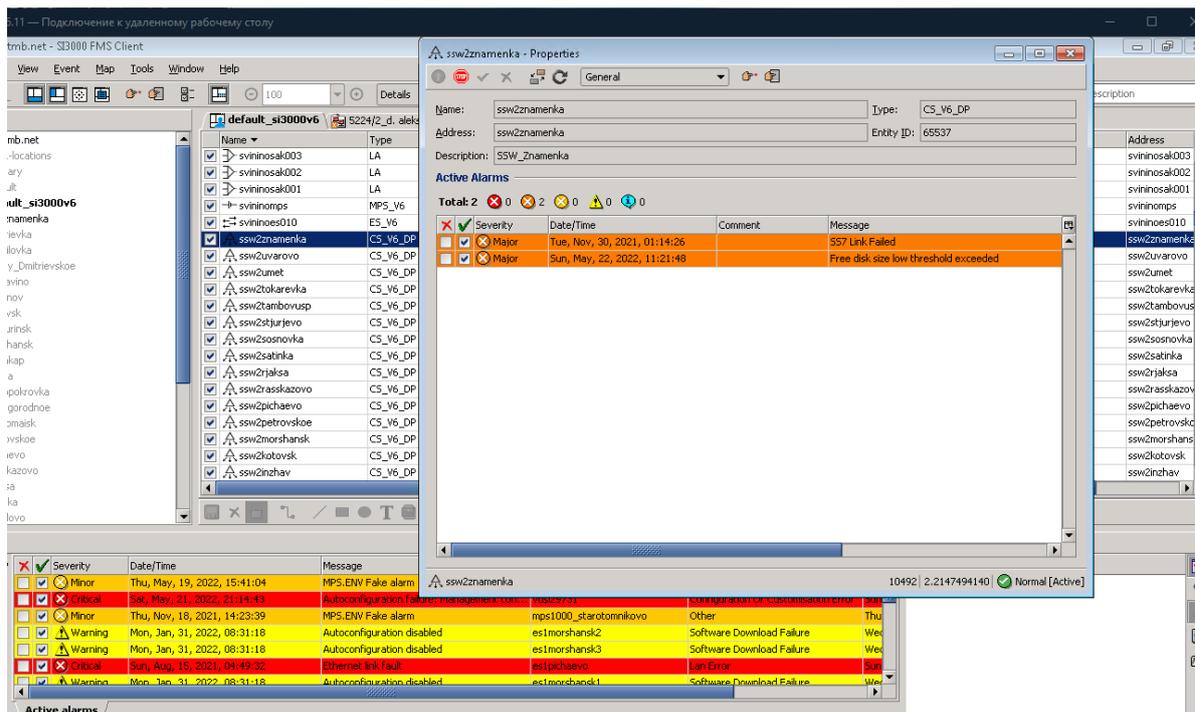


Рис. 4. Пример наличия аппаратных ошибок

В результате комплекса данных мер мы должны получить работоспособное устройство, которое в дальнейшем необходимо отконфигурировать и провести поиск возможных аппаратных ошибок. На финальном этапе устранения возможных неисправностей необходимо удостовериться в отсутствии аппаратных ошибок, которые могут возникать при работе. Наличие аппаратных ошибок может также косвенно указывать на наличие различных физических неисправностей или повреждений, что и приводит к их возникновению. К такому выводу можно прийти, если были предприняты все аппаратные меры, указанные в следующем разделе по их устранению. Все ошибки, появляющиеся в процессе тестирования и работы платы, могут повлиять на функционирование *Iskratel Si3000v6* в целом и привести к выходу из строя периферии, подключенной к данному устройству. После устранения всех аппаратных и физических неисправностей необходимо провести тестирование. Далее плата будет установлена на испытательный стенд и будет проверяться в течение 48 ч при соблюдении эксплуатационных параметров, что позволит убедиться в его полной работоспособности. После этого плату можно установить на действующее оборудование, предварительно загрузив в него актуальное программное обеспечение и отметив в сопроводительном листе, какие работы были произведены. Это позволит в дальнейшем оценивать его рабочий ресурс и упростит диагностику при последующих возможных неисправностях.

Заключение

В результате исследования была проанализирована структура платы *CMF*, входящей в ИИУС *Iskratel Si3000v6*, проведен анализ статистики неисправностей за исследуемый период работы данной системы. Осуществлен выбор метода поиска неисправностей, а также сформирован алгоритм диагностирования данной платы, рассмотрены основные возможные неисправности, способы их устранения. Модифицирован комбинационный метод диагностики, создана база данных эталонных (измеренных в процессе эксплуатации) значений определяющих параметров объекта диагностирования. Рассмотрен комплекс возможных аппаратных ошибок и предложены способы их устранения. Предложенный подход позволит в дальнейшем осуществлять диагностику и ремонт платы *CMF* без передачи сторонним организациям, что сокращает финансовые расходы, а также экономит время и средства на отправку объекта в организацию, занимающуюся ремонтом данного изделия. Созданная база данных в дальнейшем

открывает возможность прогнозирования технического состояния телекоммуникационного оборудования с применением методов машинного обучения [9, 10].

Список литературы

1. Карибский В. В., Пархоменко П. П., Согомонян Е. С., Халчев В. Ф. Основы технической диагностики. М. : Энергия, 1976. 464 с.
2. Глазунов Л. П., Смирнов А. Н. Проектирование технических систем диагностирования. Л. : Энергоатомиздат, 1982. 168 с.
3. Дмитриевцев А. Ю., Наумова А. Ю., Зырянов Ю. Т. Обоснование принадлежности «Iskratel si3000» к классу телекоммуникационных информационно-измерительных и управляющих систем // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбов, 2021. С. 32–34.
4. Беляев Ю. К., Богатырев В. А., Болотин В. В. [и др.]. Надежность технических систем : справочник / под ред. И. А. Ушакова. М. : Радио и связь, 1985. 608 с.
5. Абрамов О. В., Розенбаум А. Н. Прогнозирование состояния технических систем. М. : Наука, 1990. 126 с.
6. Животкевич И. Н., Смирнов А. П. Надежность технических изделий. М. : Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. 472 с.
7. Селиванова З. М., Хоан Т. А. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов // Надежность и качество сложных систем. 2016. № 4. С. 13–19.
8. Волобуев С. В., Евдокимов А. П., Меликов А. В. [и др.]. Методы и средства повышения надежности модулей памяти компьютеров. Волгоград : Волгоградский ГАУ «Нива», 2018. 284 с.
9. Куминов А. С. Распределенные системы диагностирования и диагностические модели на нейронных сетях : препринт. Хабаровск : Вычислительный центр ДВО РАН, 2003. 28 с.
10. Рязанов И. Г., Зырянов Ю. Т., Наумова А. Ю. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2019. № 5. С. 37–46.

References

1. Karibskiy V.V., Parkhomenko P.P., Sogomonyan E.S., Khalchev V.F. *Osnovy tekhnicheskoy diagnostiki = Fundamentals of technical diagnostics*. Moscow: Energiya, 1976:464. (In Russ.)
2. Glazunov L.P., Smirnov A.N. *Proektirovanie tekhnicheskikh sistem diagnostirovaniya = Design of technical diagnostic systems*. Leningrad: Energoatomizdat, 1982:168. (In Russ.)
3. Dmitriyevtsev A.Yu., Naumova A.Yu., Zyryanov Yu.T. Justification of belonging of "Iskratel si3000" to the class of telecommunication information-measuring and control systems. *Energoberezhenie i effektivnost' v tekhnicheskikh sistemakh: materialy VIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. studentov, molodykh uchennykh i spetsialistov = Energy saving and efficiency in technical systems : Materials of the VIII International Scientific and Technical conf. of students, young scientists and specialists*. Tambov, 2021:32–34. (In Russ.)
4. Belyaev Yu.K., Bogatyrev V.A., Bolotin V.V. et al. *Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem: spravochnik = Reliability of technical systems : handbook*. Moscow: Radio i svyaz', 1985:608. (In Russ.)
5. Abramov O.V., Rozenbaum A.N. *Prognozirovanie sostoyaniya tekhnicheskikh system = Forecasting the state of technical systems*. Moscow: Nauka, 1990:126. (In Russ.)
6. Zhivotkevich I.N., Smirnov A.P. *Nadezhnost' tekhnicheskikh izdeliy = Reliability of technical products*. Moscow: Institut ispytaniy i sertifikatsii vooruzheniy i voennoy tekhniki, 2004:472. (In Russ.)
7. Selivanova Z.M., Khoan T.A. Evaluation of the reliability of the information-measuring system of thermophysical properties of materials under the influence of destabilizing factors. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2016;(4):13–19. (In Russ.)
8. Volobuev S.V., Evdokimov A.P., Melikov A.V. et al. *Metody i sredstva povysheniya nadezhnosti moduley pamyati komp'yuteroov = Methods and means of improving the reliability of computer memory modules*. Volgograd: Volgogradskiy GAU «Niva», 2018:284. (In Russ.)
9. Kuminov A.S. *Raspredelelennye sistemy diagnostirovaniya i diagnosticheskie modeli na neyronnykh setyakh: preprint = Distributed diagnostic systems and diagnostic models on neural networks : preprint*. Khabarovsk: Vychislitel'nyy tsentr DVO RAN, 2003:28. (In Russ.)
10. Ryazanov I.G., Zyryanov Yu.T., Naumova A.Yu. Technical diagnostics of information-measuring and control systems using neural network technologies. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika = Devices and systems. Management, control, diagnostics*. 2019;(5):37–46. (In Russ.)

*Информация об авторах / Information about the authors***Анастасия Юрьевна Наумова**

аспирант,
Тамбовский государственный
технический университет
(Россия, г. Тамбов, ул. Советская, 106)
E-mail: nastja.naumova@mail.ru

Anastasia Yu. Naumova

Postgraduate student,
Tambov State Technical University
(106 Sovetskaya street, Tambov, Russia)

Андрей Юрьевич Дмитриевцев

аспирант,
Тамбовский государственный
технический университет
(Россия, г. Тамбов, ул. Советская, 106)
E-mail: dmitrievcev978@gmail.com

Andrey Yu. Dmitrievtsev

Postgraduate student,
Tambov State Technical University
(106 Sovetskaya street, Tambov, Russia)

Юрий Трифонович Зырянов

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры конструирования
радиоэлектронных и микропроцессорных систем,
Тамбовский государственный
технический университет
(Россия, г. Тамбов, ул. Советская, 106)
E-mail: zut-tmb@mail.ru

Yury T. Zyryanov

Doctor of technical sciences, professor,
professor of the sub-department of design
of radioelectronic and microprocessor systems,
Tambov State Technical University
(106 Sovetskaya street, Tambov, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 29.11.2022

Поступила после рецензирования/Revised 29.11.2022

Принята к публикации/Accepted 24.12.2022