

УДК 631.171

UDC 631.171

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**INFORMATION SYSTEMS AND PROCESSES OF MONITORING POWER TRANSFORMERS CONDITION**

Литвинов Владимир Николаевич  
кандидат технических наук  
РИНЦ: SPIN-код: 1021-5284  
LitvinovVN@rambler.ru  
*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный  
университет»  
Россия, 347740, Ростовская область, г. Зерноград,  
ул. Ленина, 21*

Litvinov Vladimir Nikolayevich  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI: SPIN-code: 1021-5284  
LitvinovVN@rambler.ru  
*Azov-BlackSea engineering institute  
FSBEU HE «Don State Agrarian  
University»  
Russia, 347740, Rostov region, Zernograd,  
Lenina st., 21*

Грачева Наталья Николаевна  
кандидат технических наук  
РИНЦ: SPIN-код: 4928-8945  
*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный  
университет»  
Россия, 347740, Ростовская область, г. Зерноград,  
ул. Ленина, 21*

Gracheva Natalia Nikolaevna  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI: SPIN-code: 4928-8945  
*Azov-BlackSea engineering institute  
FSBEU HE «Don State Agrarian  
University»  
Russia, 347740, Rostov region, Zernograd,  
Lenina st., 21*

Руденко Нелли Борисовна  
кандидат технических наук  
РИНЦ: SPIN-код: 4348-8168  
*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный  
университет»  
Россия, 347740, Ростовская область, г. Зерноград,  
ул. Ленина, 21*

Rudenko Nelly Borisovna  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI: SPIN-code: 4348-8168  
*Azov-BlackSea engineering institute  
FSBEU HE «Don State Agrarian  
University»  
Russia, 347740, Rostov region, Zernograd,  
Lenina st., 21*

В решении проблемы снижения надежности систем электроснабжения может помочь своевременная полномасштабная диагностика на основе современных методов. Внедрение информационных систем для реализации оперативной диагностики позволяет обеспечить эксплуатационный персонал информацией, позволяющей спрогнозировать возможные нарушения в работе силовых трансформаторов и заранее подготовить план мер для их устранения. Целью работы является разработка системы мониторинга силового трансформатора с использованием программируемых логических контроллеров. В рамках работы системы были выделены следующие группы контролируемых параметров: информация о температуре и работе системы охлаждения; величины напряжений обмоток пофазно; величины токов обмоток пофазно; информация о передаваемой и переданной мощности; информация о состоянии изоляции. Разработана функциональная схема системы мониторинга состояния силового трансформатора. Описан общий алгоритм функционирования системы. Разработан графический интерфейс оператора, позволяющий следить за состоянием объекта и осуществлять

To solve the problem of reducing the power supply system's reliability a prompt full-scale diagnostics based on modern methods can help. Inculcation of information systems for the operational diagnostics implementation allows providing the operating personnel with information that enables to predict possible infringements in power transformers work and to prepare in advance an action plan to address them. The paper presents fragments of the developed monitoring system of power transformer using programmable logic controllers. Within the work of the system there were marked such groups of controlled parameters as information about temperature and the cooling system work; magnitude of windings voltage per phase; the windings current values per phase; information about being transmitted and transmitted power; information about the insulation state. There is designed a functional scheme of the system for monitoring the state of the power transformer. There is described a general algorithm of system functioning. There is developed graphical operator interface that allows to monitor the object state and to manage the system state. Using XML markup language there was designed format of data packets. Designed hardware and software pack-

управление состоянием системы. С помощью языка разметки XML разработан формат пакетов данных. Разработанный аппаратно-программный комплекс может быть использован в учебном процессе, поскольку позволяет улучшить качество подготовки студентов, приблизить их к реалиям современной профессиональной деятельности; в эксплуатационной деятельности как соответствующая утвержденным отечественным методикам расчета замена зарубежному программному обеспечению; в научной деятельности при решении задач анализа и оптимизации эксплуатационных параметров силовых трансформаторов

Ключевые слова: МОНИТОРИНГ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

age can be used in the educational process, as it allows to improve the quality of students training, to bring them closer to the realities of modern professional activities; in operational activities as complying with the approved domestic calculating methods replacement of foreign software; in science in solving problems of analysis and optimization of operating parameters of power transformers

Keywords: MONITORING, POWER TRANSFORMERS, INFORMATION SYSTEM

Силовой трансформатор в процессе эксплуатации подвергается действию многочисленных внешних факторов, изменяющих его эксплуатационные характеристики, что в конечном итоге приводит к снижению надежности систем электроснабжения.

В решении данной проблемы может помочь своевременная полномасштабная диагностика на основе современных методов, являющаяся наиболее эффективным средством повышения надежности работы силовых трансформаторов в электрических сетях. Внедрение информационных систем для реализации оперативной диагностики позволяет обеспечить эксплуатационный персонал информацией, которая сможет помочь спрогнозировать возможные нарушения в работе силовых трансформаторов и позволит заранее подготовить план мер для их устранения /1,2,3,4/.

Целью данной работы является разработка системы мониторинга силового трансформатора и предложение возможного варианта ее реализации с использованием программируемых логических контроллеров.

При эксплуатации силовых трансформаторов возникает необходимость учёта большого количества параметров при недоступности активной части трансформатора. Из всей совокупности информации о состоянии объекта, собираемой в рамках работы системы, были выделены следующие группы:

- информация о температуре и работе системы охлаждения;
- величины напряжений обмоток пофазно;
- величины токов обмоток пофазно;
- информация о передаваемой и переданной мощности;
- информация о состоянии изоляции (трансформаторного масла).

Для каждой группы составлен список контролируемых параметров, общее количество которых составило сорок шесть наименований.

Информационные потоки контролируемых параметров представлены на функциональной схеме системы мониторинга состояния силового трансформатора, являющейся основным техническим документом, в котором дано упрощенное изображение оборудования, а также приборов и средств мониторинга (рисунок 1).

В соответствии с требованиями к системе реализован анализ гармонического состава кривых напряжения и тока с помощью разложения в ряд Фурье. Данные о форме кривых тока и напряжения поступают от датчиков с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Ключевым отличием от обычного получения значений токов и напряжений состоит в том, что во внутреннюю память устройства записывается непрерывная цепочка текущих значений. Т.к. данная операция является ресурсоемкой по отношению к аппаратным возможностям микропроцессорного контроллера, то период ее выполнения  $T_{гарм.ан.} = 60$  с.

Расчет гармонического состава реализован с помощью разложения в ряд Фурье

$$A_0 = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n f_p(x),$$

где  $p$  – текущий индекс интервала от 1 до  $n$ ;

$f_p(x)$  – текущее значение функции на середине интервала, т.е.  $x = (p - 0,5)\Delta x$ .

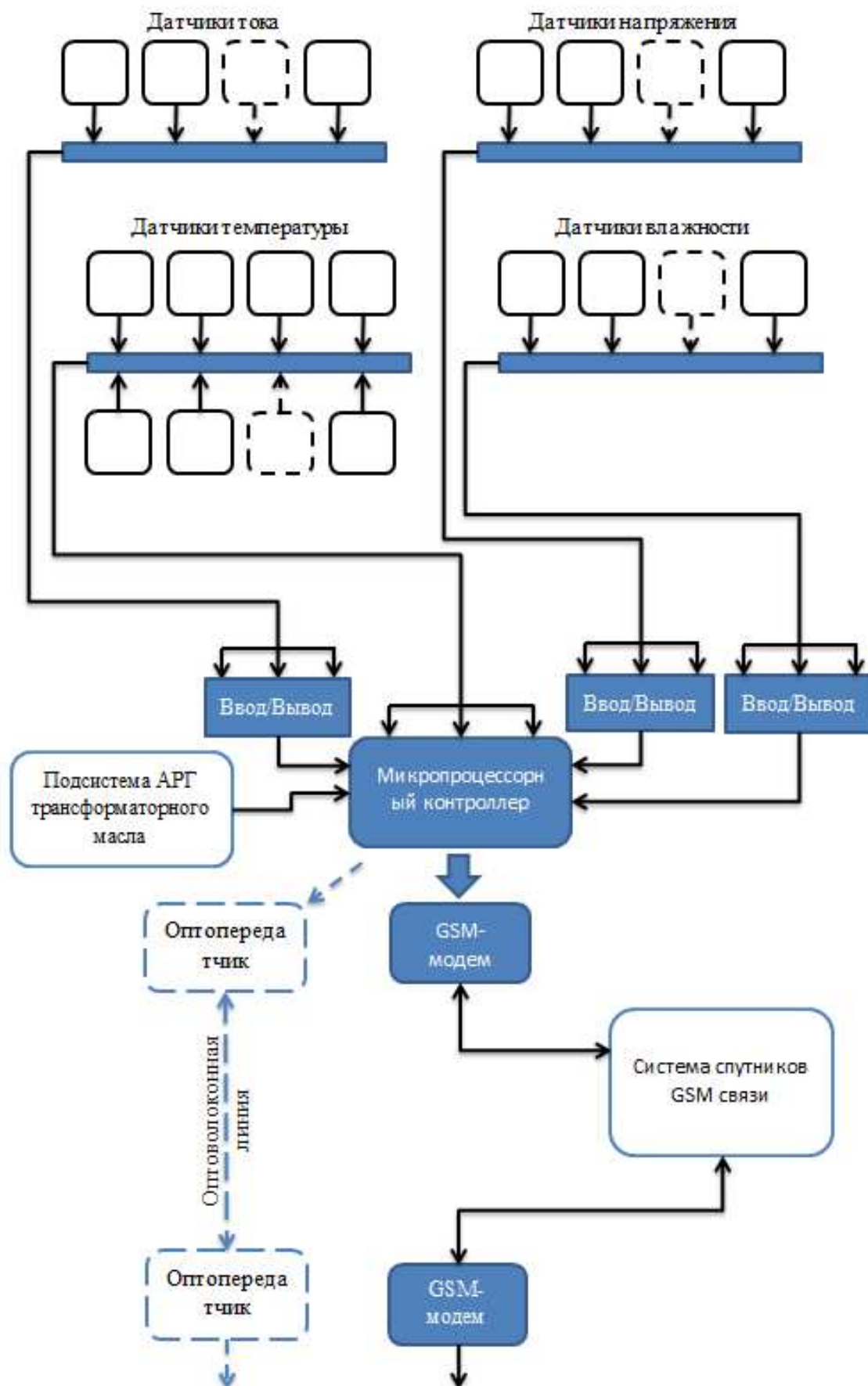


Рисунок 1 – Функциональная схема системы (начало)

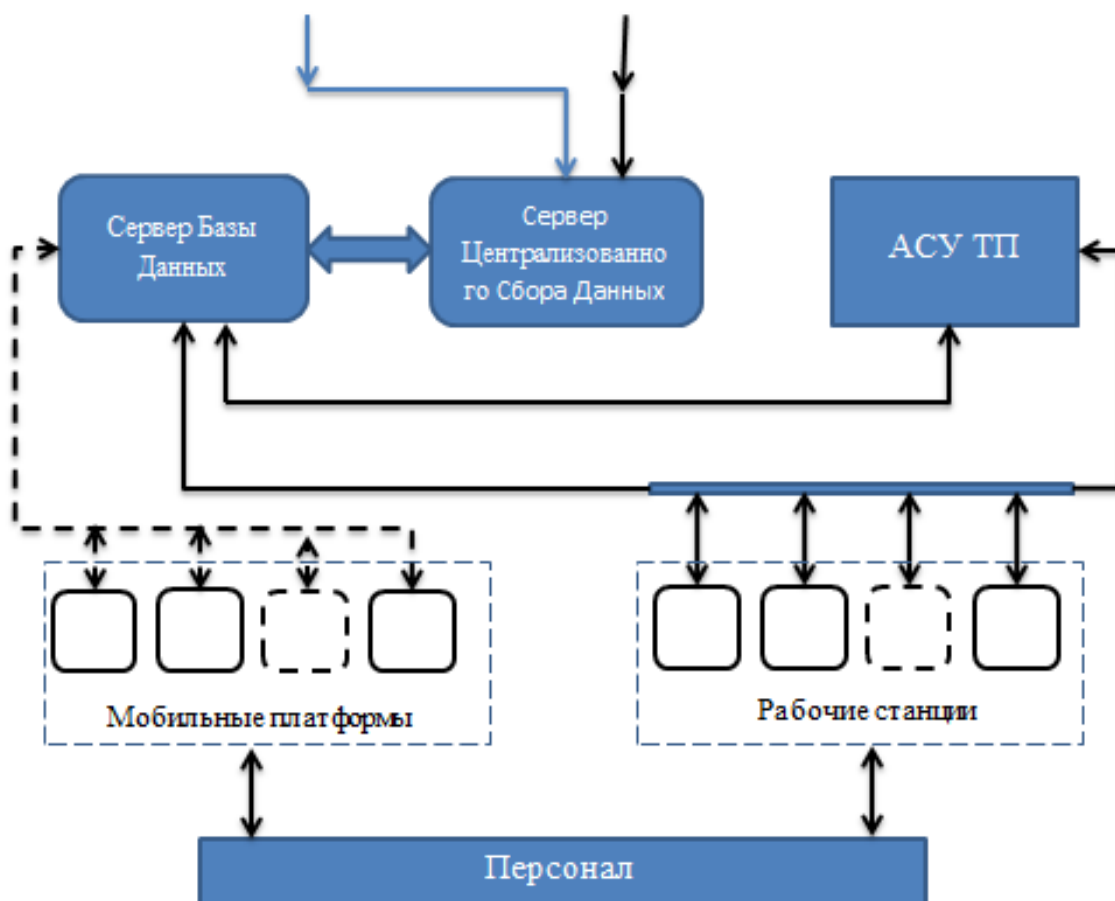


Рисунок 1 – Функциональная схема системы (окончание)

Для простоты расчетов принято, что все гармоники носят синусоидальный характер, тогда для любой  $i$ -й гармоники амплитуда синусоидальной составляющей:

$$A'_i = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f_p(x) \sin_p ix,$$

для косинусной составляющей:

$$A''_i = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f_p(x) \cos_p ix.$$

где  $\sin_p ix$  и  $\cos_p ix$  – соответственно значения функций  $\sin(ix)$  и  $\cos(ix)$  в середине интервала, т.е.  $x = (p - 0,5)\Delta x$

Итоговая амплитуда для  $i$ -й гармоники равна:

$$A_i = \sqrt{A_i'^2 + A_i''^2}.$$

Тангенс угла  $\varphi$ , на который начало гармоники смещено от начала кривой:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_i''}{A_i'}.$$

Расчет производится аналогично для всех гармоник  $i$ , исходя из величин их амплитуд в данный момент времени, система делает вывод о качестве питающего напряжения.

Общий алгоритм функционирования системы следующий:

Этап 1. Информация с датчиков в виде аналогового сигнала поступает на входы программируемого микропроцессорного контроллера. Показания датчиков считываются из аналоговых входов во внутреннюю память контроллера.

Этап 2. Считанные показания переводятся в формат чисел с плавающей точкой. После этого формируется структурированный пакет данных для отправки на Централизованный Сервер Сбора Данных (Сервер ЦСД).

Этап 3. Сформированные пакеты данных содержащие показания датчиков передаются посредством оптоволоконной сети или беспроводной GSM связи на Централизованный Сервер Сбора Данных.

Этап 4. Полученные от контроллеров пакеты данных расшифровываются. Из расшифрованных данных извлекаются показания датчиков и проверяется наличие кодов ошибок. На основе извлеченной информации формируются соответствующие запросы к серверу Базы Данных.

Этап 5. Посредством ранее сформированных запросов данные от Сервера ЦСД передаются для хранения и сортировки на сервер Базы Данных.

Этап 6. Данные, поступившие от Сервера ЦСД, записываются в соответствующие их содержанию таблицы для последующего хранения.

Этап 7. Посредством запросов от Программного Обеспечения пользовательского интерфейса необходимые данные передаются из Базы Данных на последующую обработку. В случае если были зафиксированы критические показатели и система мониторинга интегрирована в АСУ ТП в автоматическом режиме, будут поданы необходимые сигналы управления.

Этап 8. Обработанная информация о техническом состоянии трансформатора выводится через пользовательский интерфейс. Также выводятся предупреждения и рекомендации, основанные на оценке результатов математического моделирования.

Этап 9. На основе предоставленных через пользовательский интерфейс программного обеспечения данных о текущем и прогнозируемом состоянии оборудования оператор принимают решения о необходимости проведения комплекса технических мероприятий по профилактике, обслуживанию либо ремонту. Если система мониторинга интегрирована с АСУ ТП, то оператор может с помощью пользовательского интерфейса отдавать соответствующие команды на изменение состояния оборудования /2,4,5,6 /.

Таким образом, данный алгоритм предоставляет следующие возможности:

- наглядное отображение на экране монитора текущего состояния, т.е. отображении показаний измерительных приборов и работы вспомогательных систем;
- накопление статистической информации;
- сбор информации достаточной для прогнозирования развития событий;
- информирование оператора об аварийных ситуациях;
- создание отчёта об авариях.

Т.к. система имеет модульную архитектуру, то составляющие ее подсистемы имеют собственные алгоритмы функционирования. При раз-

работке этих алгоритмов учитывалось назначение соответствующих подсистем, а также их последующая интеграция в общий алгоритм функционирования /7,8,9/.

Для наглядного отображения переменных, характеризующих состояние наблюдаемого оборудования, и удобного управления системой разработан графический интерфейс оператора, позволяющий следить за состоянием наблюдаемого объекта и осуществлять планирование технических мероприятий в отношении объекта и на основе принятых решений управлять состоянием системы /10,11,12,13,14/.

Пользовательский интерфейс выполнен в виде совокупности форм, отражающих отдельные связанные параметры, и области общих уведомлений для отображения информации, составленной на основе анализа входных параметров. Каждая экранная форма содержит параметры, сгруппированные согласно их принадлежности к определенному типу.

Форма отображения температурных показаний приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Макет формы для отображения температурных показаний



Для повышения информативности температурных показаний в данное программное обеспечение заложена функция наглядного отображения трехмерной температурной модели наблюдаемого оборудования (рисунок 3).

Формы отображения показаний напряжения и тока показаны на рисунках 4 и 5.

Реализованный пользовательский интерфейс отвечает базовым требованиям удобства пользования, кроме того возможна его дальнейшая модификация при условии возникновения дополнительных требований.

Для сохранения целостности данных передаваемых от микропроцессорных контролеров серверу центра сбора данных (ЦСД) необходимо осуществлять передачу в виде структурированных информационных блоков – пакетов. Разработан основной формат (протокол) передачи данных, который позволяет согласовывать работу различных устройств в рамках информационной сети, обеспечивая формализацию и стандартизацию передачи данных. Помимо основного протокола передачи данных, сами данные также структурированы определенным образом, имея строение, понятное лишь передающему и принимающему их программному обеспечению.

Формирование и отправка пакетов с информацией происходит внутри микропроцессорного контроллера, отсюда вытекает требование к простоте формирования пакета. Это требование исключает сложные алгоритмы упаковки данных, т.к. они требуют много процессорного времени.

На основе общей функциональной схемы системы и обоснования структуры системы мониторинга составлена структурная схема пакета данных (рисунок 6).

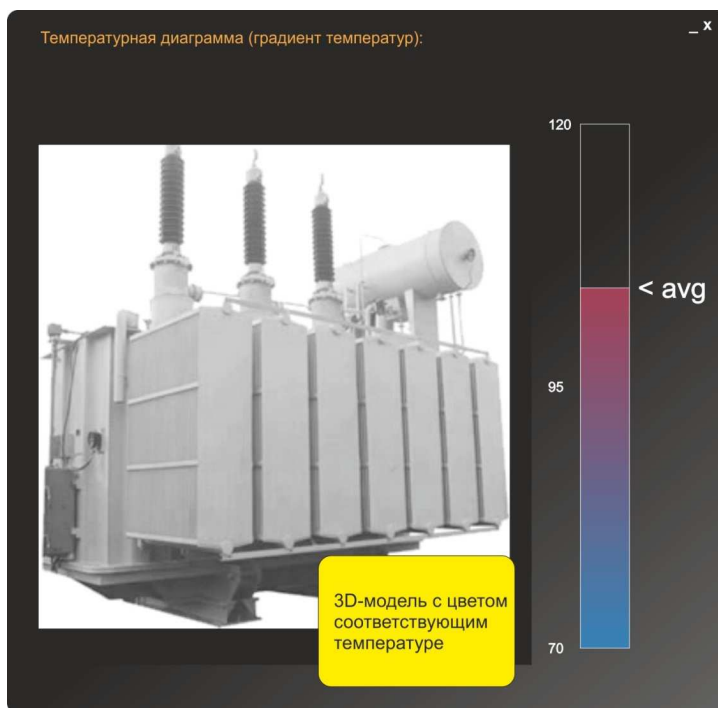


Рисунок 3 – Макет формы для отображения трехмерной температурной модели

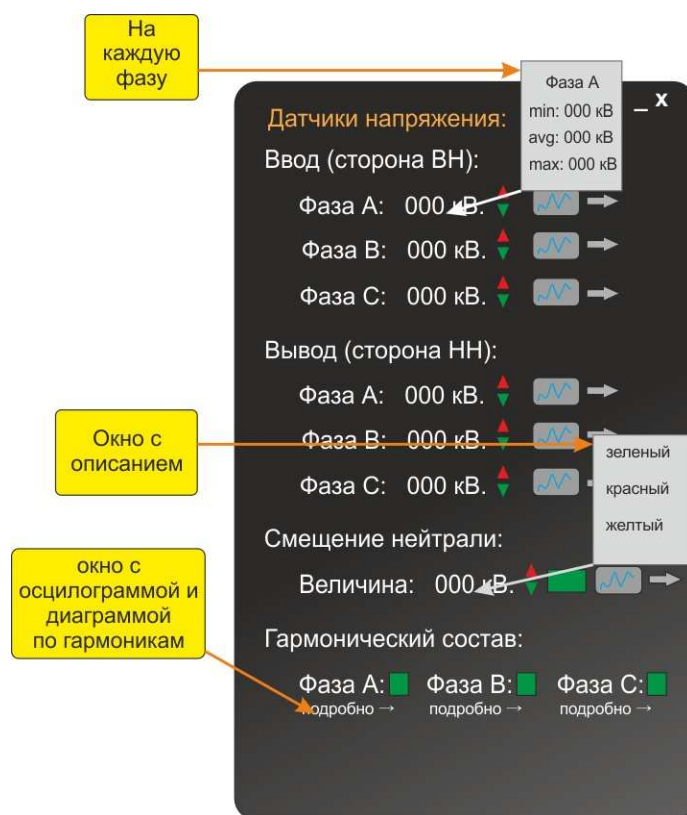


Рисунок 4 – Макет формы для отображения показаний датчиков напряжения

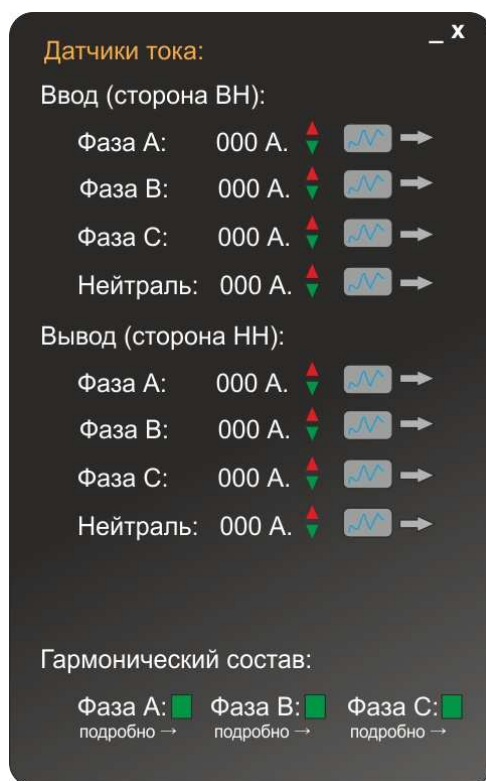


Рисунок 5 – Макет формы для отображения показаний датчиков тока

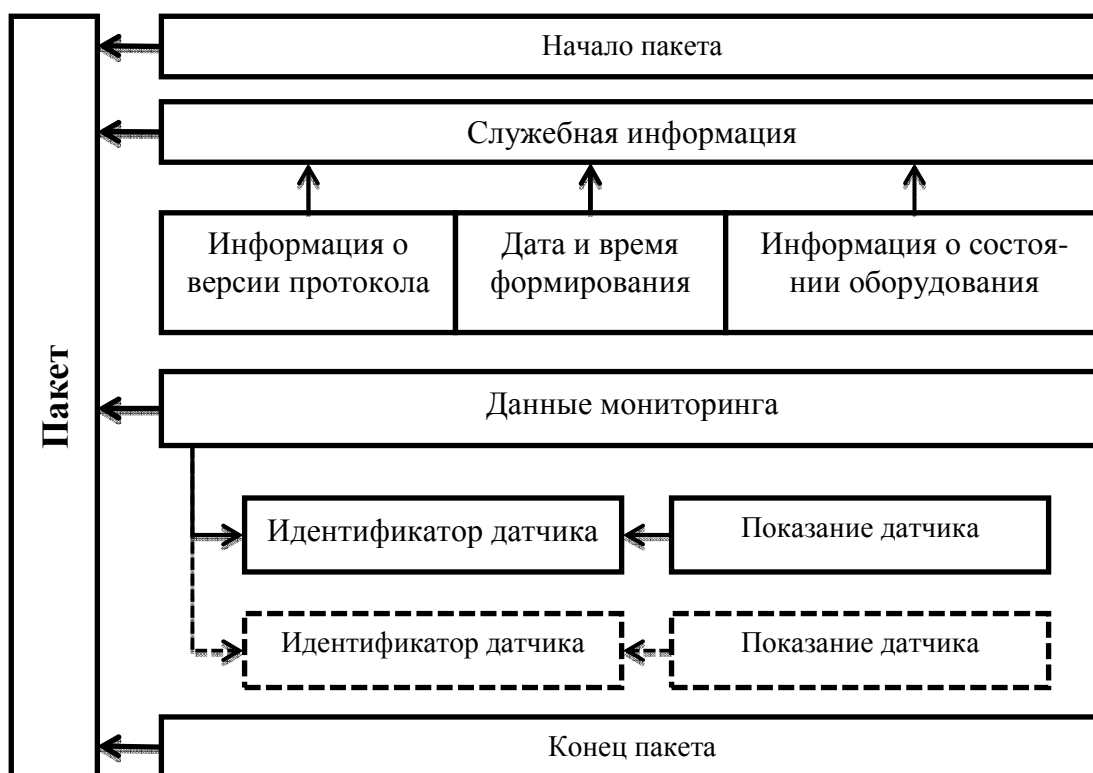


Рисунок 6 – Структурная блок-схема пакета данных.

Каждый датчик в системе имеет уникальный идентификатор, присваиваемый при установке и настройке системы, поэтому информация с показаниями датчиков идет одним непрерывным блоком. Требования к пакетам данных в системе реализованы с использованием языка разметки XML (листинг 1).

```
<package id='00000001'>
  <service_info>
    <version type='protocol'>1.0.0</version>
    <version type='system'>1.0.0</version>
    <version type='revision'>1.0.0</version>
    <timedate type='date'>04/05/2012</timedate>
    <timedate type='time'>14:47:29</timedate>
    <hardware type='sensors'>ok</hardware>
    <hardware type='io_modules'>ok</hardware>
    <hardware type='host_mpc'>ok</hardware>
  </service_info>
  <data>
    <sensor id='01'>128</sensor>
    <sensor id='02'>127</sensor>
    <sensor id='03'>135</sensor>
    <sensor id='04'>14.15</sensor>
    <sensor id='05'>178.96</sensor>
    <sensor id='06'>456.84</sensor>
    <sensor id='07'>238.1</sensor>
    <sensor id='...'>...</sensor>
    ...
    <transfix id='h2'>25</transfix>
    <transfix id='...'>...</transfix>
    ...
  </data>
</package>
```

Листинг 1 – Фрагмент прототипа пакета данных.

Разработанный аппаратно-программный комплекс может быть использован:

- в учебном процессе, поскольку позволяет улучшить качество подготовки студентов, приблизить их к реалиям современной профессиональной деятельности;
- в эксплуатационной деятельности как соответствующая утвержденным отечественным методикам расчета замена зарубежному программному обеспечению;

- в научной деятельности при решении задач анализа и оптимизации эксплуатационных параметров силовых трансформаторов.

### Литература

1. Лебедев, К.Н. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: учеб. пособие / К.Н. Лебедев. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 117 с.
2. Мордкович А.Г., Цфасман Г.М., Дарьян Л.А., Маргулян А.М. Приложение к приказу. Системы мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Общие технические требования. ФСК. ЕЭС, 2008. – 19 с.
3. Бедерак, Я.С. Принципы построения систем мониторинга силовых трансформаторов напряжением 35кВ и выше и мощностью 25000 кВА и выше / Я.С. Бедерак, Ю.Л. Богатырев. – Киев: 2009. – 21 с.
4. Литвинов, В.Н. Современное компьютерное программирование: лабораторный практикум / В.Н. Литвинов, Н.Б. Руденко, Н.Н. Грачева. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 164 с.
5. Вакуумные управляемые пульсаторы, доильные автоматы и системы: монография / И.К. Винников, О.Б. Забродина, О.Н. Бахчевников, В.Н. Литвинов – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 188 с.
6. Научно-методические рекомендации по комплексной автоматизации и модернизации доения: монография / И.К. Винников, О.Б. Забродина, В.Н. Литвинов, Ю.В. Пахомов, О.И. Рудая // Российская академия сельскохозяйственных наук; Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии). зерноград, 2011. – 112 с.
7. Литвинов, В.Н. Повышение эффективности использования энергоносителей при производстве молока организацией энергетических и информационных потоков: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 20.02.09: утв. 05.07.09 / Литвинов Владимир Николаевич. – зерноград: Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, 2009. – 142 с. – Библиогр.: с. 132–141.
8. Литвинов, В.Н. Информационные системы и процессы: лабораторный практикум / В.Н. Литвинов, Н.Б. Руденко, Н.Н. Грачева. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2016. – 163 с.
9. База данных – основа программных продуктов / В.Н. Литвинов, О.Б. Забродина // Сельский механизатор. – 2008. - №4. – С. 39.
10. Аппаратно-программный комплекс системы производства молока сельскохозяйственного предприятия / О.Б. Забродина, В.Н. Литвинов, С.А. Моренко, О.И. Кучеренко, Е.Н. Чмелева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. Серия Агроинженер. – 2008. - №1. – С. 64-66.
11. Руденко, Н.Б. Информационные системы и процессы. Курс лекций: учебное пособие / Н.Б. Руденко, Н.Н. Грачева, В.Н. Литвинов. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО ДГАУ, 2016. – 103 с.
12. Структурное моделирование систем / Б.А. Карташов, В.Н. Литвинов, И.К. Винников, Е.В. Беннова // Инновационные технологии и технические средства в животноводстве: Сборник научных трудов международной научно-технической конфе-

ренции «Инновационные технологии для АПК России» (14-15 мая 2008 г., г.Зерноград). – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2008. – 379 с. – С. 121-129.

13. Опыт, современное состояние и проблемы организации информационных потоков в производстве молока / И.К. Черноусов, О.И. Рудая, В.Н. Литвинов, Ю.А. Рудая // Инновационные технологии и технические средства в животноводстве: Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Инновационные технологии для АПК России» (14-15 мая 2008 г., г. Зерноград). – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2008. – 379 с. – С. 74-82.

14. Литвинов В.Н. К разработке информационной системы предприятия по производству молока / В.Н. Литвинов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №07(111). С. 1341 – 1357. – IDA [article ID]: 1111507086. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/86.pdf>, 1,062 у.п.л.

### References

1. Lebedev, K.N. Avtomatizirovannye sistemy upravlenija tehnologicheskimi procesami: ucheb. posobie / K.N. Lebedev. – Zernograd: FGOU VPO AChGAA, 2008. – 117 s.

2. Mordkovich A.G., Cfasman G.M., Dar'jan L.A., Marguljan A.M. Prilozhenie k prikazu. Sistemy monitoringa silovyh transformatorov i avtotransformatorov. Obshhie tehnicheckie trebovanija. FSK. EJeS, 2008. – 19 s.

3. Bederak, Ja.S. Principy postroenija sistem monitoringa silovyh transformatorov naprazhženiem 35kV i vyshe i moshhnost'ju 25000 kVA i vyshe / Ja.S. Bederak, Ju.L. Bogatyrev. – Kiev: 2009. – 21 s.

4. Litvinov, V.N. Sovremennoe komp'juternoe programmirovanie: laboratornyj praktikum / V.N. Litvinov, N.B. Rudenko, N.N. Gracheva. – Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VPO DGAU, 2015. – 164 s.

5. Vakuumnnye upravljaemye pul'satory, doil'nye avtomaty i sistemy: monogra-fija / I.K. Vinnikov, O.B. Zabrodina, O.N. Bahchevnikov, V.N. Litvinov – Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VPO DGAU, 2015. – 188 s.

6. Nauchno-metodicheskie rekomendacii po kompleksnoj avtomatizacii i modernizacii doenija: monografija / I.K. Vinnikov, O.B. Zabrodina, V.N. Litvinov, Ju.V. Pahomov, O.I. Rudaja // Rossijskaja akademija sel'skohozjajstvennyh nauk; Severo-Kavkazskij nauchno-issledovatel'skij institut mehanizacii i jelektrifikacii sel'skogo hozjajstva Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk (GNU SKNIIMJeSH Rossel'hozakademii). Zernograd, 2011. – 112 s.

7. Litvinov, V.N. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija jenergonositelej pri proizvodstve moloka organizaciej jenergeticheskikh i informacionnyh potokov: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01: zashhishhena 20.02.09: utv. 05.07.09 / Litvinov Vladimir Nikolaevich. – Zernograd: Azovo-Chernomorskaja gosudarstvennaja agroinzhenernaja akademija, 2009. – 142 s. – Bibliogr.: s. 132–141.

8. Litvinov, V.N. Informacionnye sistemy i processy: laboratornyj praktikum / V.N. Litvinov, N.B. Rudenko, N.N. Gracheva. – Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VO Donskoj GAU, 2016. – 163 s.

9. Baza dannyh – osnova programmnyh produktov / V.N. Litvinov, O.B. Zabrodina // Sel'skij mehanizator. – 2008. - №4. – С. 39.

10. Apparato-programmnyj kompleks sistemy proizvodstva moloka sel'skohozjajstvennogo predprijatija / O.B. Zabrodina, V.N. Litvinov, S.A. Morenko, O.I. Kucherenko, E.N.

Chmeleva // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo uni-versiteta. Serija Agroinzhener. – 2008. - №1. – S. 64-66.

11. Rudenko, N.B. Informacionnye sistemy i processy. Kurs lekcij: uchebnoe posobie / N.B. Rudenko, N.N. Gracheva, V.N. Litvinov. – Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VO DGAU, 2016. – 103 s.

12. Strukturnoe modelirovanie sistem / B.A. Kartashov, V.N. Litvinov, I.K. Vinnikov, E.V. Benova // Innovacionnye tehnologii i tehnicheckie sredstva v zhivotnovodstve: Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Innovacionnye tehnologii dlja APK Rossii» (14-15 maja 2008 g., g.Zernograd). – Zernograd: VNIPTIMJeSH, 2008. – 379 s. – S. 121-129.

13. Opyt, sovremennoe sostojanie i problemy organizacii informacionnyh potokov v proizvodstve moloka / I.K. Chernousov, O.I. Rudaja, V.N. Litvinov, Ju.A. Rudaja // Innovacionnye tehnologii i tehnicheckie sredstva v zhivotnovodstve: Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Innovacionnye tehnologii dlja APK Rossii» (14-15 maja 2008 g., g. Zernograd). – Zernograd: VNIPTIMJeSH, 2008. – 379 s. – S. 74-82.

14. Litvinov V.N. K razrabotke informacionnoj sistemy predprijatija po proizvodstvu moloka / V.N. Litvinov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №07(111). S. 1341 – 1357. – IDA [article ID]: 1111507086. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/86.pdf>, 1,062 u.p.l.