

находятся изображения для обучения, валидации и тестирования нейросети соответственно.)

Алгоритм повторяется для трех файлов с данными (нормальное состояние, межвитковое короткое замыкание первичной обмотки и межвитковое короткое замыкание вторичной обмотки).

Нейронная сеть принимает на вход черно-белые изображения размером 240×175 пикселей и имеет три выхода, означающие нормальное состояние, межвитковое короткое замыкание первичной обмотки и межвитковое короткое замыкание вторичной обмотки соответственно.

Данные преобразуются в тензоры и нормализуются, после чего начинается обучение и сохранение обученной нейронной сети в рth-файл.

Обучение происходит в 9 эпох, результаты которых показаны в таблице.

Таблица – Пример оформления таблицы

Эпоха	Обучение		Валидация	
	Потери	Точность	Потери	Точность
1	0,025	0,997	0,0178	0,9976
2	0,0142	0,9984	0,0123	0,9984
3	0,0098	0,9989	0,0099	0,9989
4	0,08	0,9991	0,0082	0,9987
5	0,0065	0,9991	0,0075	0,9987
6	0,0059	0,9989	0,0064	0,9992
7	0,005	0,999	0,006	0,9992
8	0,0043	0,9994	0,0054	0,9992
9	0,0038	0,9992	0,0051	0,9992

В результате обучения получена нейронная сеть, способная распознавать межвитковые короткие замыкания с вероятностью 99,92 %.

Использование сверточных нейронных сетей в режиме реального времени позволяет классифицировать различные отклонения, диагностировать виды предаварийного и аварийного состояния. Результаты испытаний для сухих трансформаторов по каждому из повреждений позволили выявить наиболее значимо изменяющиеся параметры экспериментально и создать технологию с применением диагностического оборудования для однозначной классификации дефекта по существующим признакам.

Данная система повышает надежность электроэнергетических систем, так как с помощью нейронных сетей можно отследить неисправности трансформатора в момент их возникновения, что позволит предотвратить различные аварийные ситуации. Наши исследования позволят разработать нейронную сеть, которая будет распознавать данные неисправности.

Литература

1. Hramyka, I. Development of Software and Hardware for Identification of Interturn Short Circuit in Single-Phase Transformers / I. Hramyka // Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), Raipur, India. – 2024. – P. 241–246.

УДК 621.365

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МЕДИЦИНСКОГО ОДЕЯЛА

Губайдуллина А. В., Смирнова С. В., Благовещенский А. Н.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ»
Казань, Российская Федерация

Аннотация. Представлены результаты разработки информационно-измерительной системы контроля параметров медицинского одеяла в системе воздушного обогрева пациентов.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, медицинское одеяло, температурный датчик, микроконтроллер.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF A MEDICAL BLANKET

Gubaidullina A., Smirnova S., Blagoveshchensky A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI
Kazan, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of developing an information and measuring system for monitoring the parameters of a medical blanket in a patient air heating system.

Key words: information and measuring system, medical blanket, temperature sensor, microcontroller.

Адрес для переписки: Смирнова С. В., ул. Ак. Глушко, 20А-83, г. Казань 420100, Российская Федерация
e-mail: sv.smirnova@gmail.com

Гипотермия (переохлаждение) является пространственной проблемой в современной медицинской практике. Во время операций гипотермия может развиваться из-за нескольких факторов:

длительного воздействия низких температур в операционной, использование охлажденных инфузий и недостаточной теплоизоляции пациента. В послеоперационный период гипотермия вызывает

риски осложнений у пациентов с нарушенной терморегуляцией, включая нарушения сердечно-сосудистой системы и метаболизма человека.

С целью предотвращения послеоперационных осложнений используется лечение с конвекционным воздушным обогревом. Этот метод обеспечивает поддержание нормальной температуры путем прогревания воздуха через специализированное медицинское одеяло.

На сегодняшний день подобные системы принудительного воздушного обогрева изготавливаются только в зарубежных странах, что создает проблему нехватки отечественных аналогов и необходимость импортозамещения. Растущий спрос на медицинское оборудование открывает возможность развития российской промышленности, способной производить высококачественное медицинское оборудование и изделия. В текущей ситуации в мире, эта тема становится особенно важной и актуальной.

Целью настоящей работы является разработка информационно-измерительной системы медицинского одеяла в системе воздушного обогрева пациентов для контроля параметров одеяла, основанных на оценке величины теплового потока, поступающего от тепловентилятора и проходящего через поры медицинского одеяла. Расчет теплового потока производится по формуле [1]:

$$Q = F \Delta T c \rho,$$

где Q – поток тепла [Вт]; F – поток воздуха [м³/с]; ΔT – температурный градиент между соплом аппарата и окружающим воздухом [°C]; c – удельная теплоемкость воздуха [кДж/(кг·K)]; ρ – плотность воздуха у сопла при текущей температуре [кг/м³].

Для измерения величин температуры теплового потока на поверхности тела пациента и температуры на выходе пор медицинского одеяла необходимо установить соответствующее количество термодатчиков, а также построить систему многоканального сбора и обработки термоизмерительной информации. Макетирование данной системы удобно осуществлять на беспаячной плате, сопрягаемой с микроконтроллером Arduino Uno, управление которым осуществляется посредством программного обеспечения LabVIEW. Система позволяет измерять разность температур, что является необходимым условием для выполнения расчета теплового потока, проходящего через полость медицинского одеяла. Такие параметры как скорость воздушного потока, плотность определяются дополнительными компонентами системы.

На рисунке 1 приведена структурная схема информационно-измерительной системы контроля параметров медицинского одеяла на базе микроконтроллера Arduino UNO

Arduino управляет коммутатором, который, в свою очередь, передает сигналы с датчиков температуры пациента и температуры одеяла на инструментальный усилитель, на выходе которого

формируется сигнал, пропорциональный разности температур. Далее сигнал поступает на интегратор, являющимся центральным аппаратным звеном вольтметра двухтактного интегрирования (ВДИ). Известно, что в ВДИ время второго интегрирования пропорционально входному измеряемому сигналу, который, в свою очередь, пропорционален разности температур. Эта величина преобразуется программно в цифровой эквивалент в среде LabVIEW. Таким образом, после соответствующей обработки на лицевой панели LabVIEW могут быть отображены параметры теплового потока, определяющего характеристики медицинского одеяла.

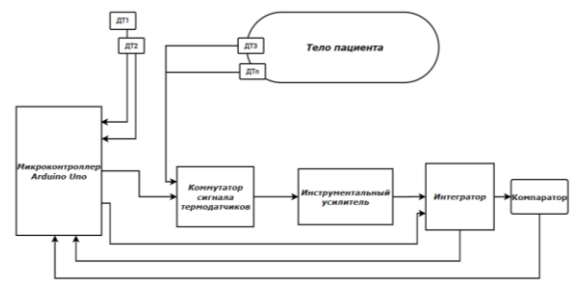


Рисунок 1 – Структурная схема системы

На рисунке 2 приведено фото макетной установки коммутатора сигналов термодатчиков, выполненной на беспаячных платах.

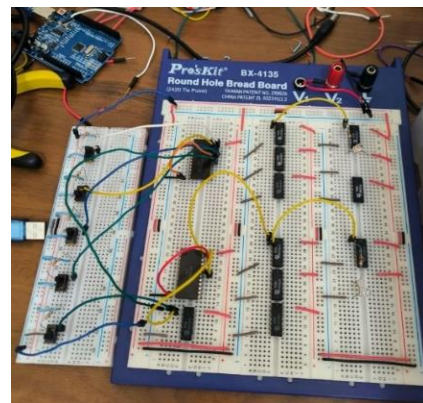


Рисунок 2 – Макет установки коммутатора

Использовались две микросхемы K155ИД3 (дешифратор), 10 микросхем K155ЛН1 (инвертер), 26 датчиков температуры на основе микросхемы LM235Z. Коды управления с выходов платы Arduino поступают на информационные входы дешифраторов DD1, DD2, имеющие 4 информационных входа и 16 выходов, обеспечивая подключение одного из датчиков температуры ко входу инструментального усилителя. Каждый из двух дешифраторов управляет включением одного из 11 герконовых реле (коды управления 0001–1011) и плюс один резервный канал (код управления 1111). При нулевом коде управления (0000) ни один из датчиков температуры не подключается к измерительной схеме.

Вход дешифратора «ВК» – это вход «Выбора кристалла». При подаче на вход «ВК» сигнала логический «0» дешифратор осуществляет преобразование двоичного кода в унарный, т. е. вырабатывает сигнал логический «0» на одном из своих выходов в соответствии с кодом управления. При подаче на вход «ВК» логической «1» все выходы дешифратора переводятся в состояние логической «1», независимо от состояния кодов управления. Таким образом, если с вывода платы Arduino поступает сигнал логический «0», то активизируется дешифратор DD1, при этом дешифратор DD2 находится в пассивном состоянии, так как его вход «ВК» подключен к выходу платы Arduino через инвертор микросхемы K155ЛН1. Дешифратор DD2 будет активизирован при подаче логической «1» с выхода платы Arduino. Таким образом, дешифратор DD1 через герконовые реле K1–K11 подключает ко входу инструментального усилителя выходы датчиков температуры ДТ1–ДТ11. А дешифратор DD2 – через K13–K23 подключает ДТ13–ДТ23.

В настоящей работе предложена разработка информационно-измерительной системы контроля параметров медицинского одеяла на основе

анализа показаний температурных датчиков. Было выполнено макетирование коммутатора сигналов термодатчиков на безопасных платах. Результаты макетирования подтвердили возможность коммутации сигналов датчиков температуры и их подключения ко входам инструментального усилителя. Обработка полученных данных с термодатчиков продемонстрировала работоспособность ключевых элементов системы, что показывает практическую реализуемость и функциональность предлагаемой системы.

Таким образом, предлагаемая разработка информационно-измерительной системы представляет собой вариант аппаратуры контроля параметров медицинского одеяла для лечения послеоперационных осложнений, связанных с гипотермией пациентов.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта Благотворительного фонда Владимира Потанина «#фондпотанина25».

Литература

1. Efficacy of forced-air warming systems with full body blankets / A. Bräuer [et al.] // Canadian journal of anaesthesia. – 2007. – № 54 (1). – 3. 34–41.

УДК 621.383

ПРИБОРНЫЙ РЯД МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Гусев О. К., Воробей Р. И., Свистун А. И., Тьявловский А. К., Тьявловский К. Л., Шадурская Л. И.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Одним из способов решения задач оптической диагностики является использование фотоэлектрических сенсоров на основе полупроводников с собственной фотопроводимостью, слабо легированных глубокими примесями, формирующими несколько уровней с разными зарядовыми состояниями в запрещенной зоне. Особенности физических процессов перезарядки этих уровней позволяют создавать фотоприемники с различными функциональными возможностями на основе ряда простых приборных структур.

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь, мультипараметрический сенсор, приборная структура, глубокая примесь, преобразовательная характеристика, измерительный преобразователь.

SERIES OF MULTI-PARAMETRIC SENSORS

Gusev O., Vorobey R., Svistun A., Tyavlovsky A., Tyavlovsky K., Shadurskaya L.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. One of the ways to solve problems of optical diagnostics is to use photovoltaic converters based on semiconductors with intrinsic photoconductivity slightly doped with deep impurities, which form several energy levels with different charge states within the semiconductor's bandgap. Peculiarities of physical processes of recharging these levels make it possible to construct photodetectors with different functionality based on a range of simple device structures.

Key words: photovoltaic converter, multi-parametric sensor, device structure, deep impurity, conversion characteristic, measurement transducer.

*Адрес для переписки: Тьявловский К. Л., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: ktyavlovsky@bntu.by*

Функциональные и метрологические характеристики измерительной системы в основном определяются свойствами сенсоров, входящих в состав измерительных преобразователей системы. Отдельный тип сенсоров, характе-

ризующихся возможностью управления преобразовательными характеристиками и чувствительностью к нескольким входным факторам различной физической природы, представляют одноэлементные сенсорные структуры на основе