



УДК 681.586.67  
doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-1-8



Open  
Access

RESEARCH  
ARTICLE

## Электронный блок для контроля температуры перегрева при испытаниях вакуумных коммутирующих устройств

**Антон Сергеевич Ишков**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
ishkovanton@mail.ru

**Александр Сергеевич Кирин**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
kirin.sergei@list.ru

**Дмитрий Владимирович Дермичев**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
Dimano1211@mail.ru

**Андрей Алексеевич Фомин**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
andryushenka.fomin.2000@list.ru

**Аннотация.** Проведен анализ применяемых в производстве методов и средств измерения для контроля температуры перегрева вакуумных коммутирующих устройств, указаны их преимущества и недостатки. Предложена структурная схема электронного блока, который реализует автоматизированный контроль температуры. Обоснована актуальность и область применения данного устройства. Приведено подробное описание функций элементов схемы разработанного электронного блока и принцип его действия. Разработан чертеж корпуса разработанного устройства с указанием геометрических размеров. Приведены основные эксплуатационные и технические характеристики.

**Ключевые слова:** коммутация, вакуум, температура, перегрев, теплообмен, испытание, ток

**Для цитирования:** Ишков А. С., Кирин А. С., Дермичев Д. В., Фомин А. А. Электронный блок для контроля температуры перегрева при испытаниях вакуумных коммутирующих устройств // Инжиниринг и технологии. 2023. Т. 8 (1). С. 1–4. doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-1-8

## Electronic unit for temperature control of overheating during testing of vacuum switching devices

**Anton S. Ishkov**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
ishkovanton@mail.ru

**Alexander S. Kirin**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
kirin.sergei@list.ru

**Dmitry V. Dermichev**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
Dimano1211@mail.ru

**Andrey A. Fomin**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
andryushenka.fomin.2000@list.ru

**Abstract.** The analysis of methods and measuring instruments used in production for monitoring the temperature of overheating of vacuum switching devices is carried out, their advantages and disadvantages are indicated. A block diagram of an electronic unit that implements automated temperature control is proposed. The relevance and scope of application of this device is substantiated. A detailed description of the functions of the circuit elements of the developed electronic unit and the principle of its operation is given. A drawing of the housing of the developed device with an indication of the geometric dimensions has been developed. The main operational and technical characteristics are given.



**Keywords:** switching, vacuum, temperature, overheating, heat exchange, test, current

**For citation:** Ishkov A.S., Kirin A.S., Dermichev D.V., Fomin A.A. Electronic unit for temperature control of overheating during testing of vacuum switching devices. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2023;8(1):1–4. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2023-8-1-8

Радиосвязь – один из самых известных, доступных и распространенных способов общения между людьми. Вакуумные коммутирующие устройства (ВКУ) являются ключевым компонентом национального и международного телекоммуникационного оборудования и становятся все более популярными. Вакуумные коммутирующие устройства используются потому, что они обладают значительными эксплуатационными преимуществами в сопоставлении с другими электрическими выключателями. В настоящее время на предприятии-изготовителе используется испытательное оборудование собственного производства, не имеющее автоматизации, в связи с чем существует риск допущения субъективных ошибок и недостоверных результатов испытаний [1]. Таким образом, задача создания устройства для контроля температуры перегрева при испытаниях вакуумных коммутирующих устройств является актуальной и своевременной.

Принцип измерения температуры перегрева заключается в определении разности температур между температурой окружающей среды и температурой поверхности изделия или его компонентов (частей) при подаче на него постоянного тока, значение которого указано в стандартах или технических условиях на изделия конкретного типа. Изделие должно находиться в помещении в условиях естественной конвекции воздуха и быть защищенным от непосредственного теплообмена с окружающими предметами, имеющими температуру, отличную от температуры окружающей среды. Термометр должен быть подключен к источнику питания проводом длиной не менее 0,5 м, сечение которого должно соответствовать указанному в стандарте или спецификации на данный тип изделия [2, 3]. Переключатель испытывается при номинальном токе высокочастотной установки и считается выдержавшим испытание, если температура перегрева изоляционной оболочки в середине керамического корпуса, а также температура перегрева испытываемых контактов и корпуса электромагнита относительно температуры окружающей среды не превышает 85 °С [4].

Среди известных методов измерения температуры можно выделить контактные и бесконтактные методы. Бесконтактные методы измерения температуры используют свойство объектов, находящихся при температуре выше абсолютного нуля, испускать тепловое излучение. Температура объекта измеряется путем определения величины энергии этого излучателя. В бесконтактных методах нахождения температуры первичный преобразователь не подключен к среде, в которой измеряется температура. В контактном методе используется первичный преобразователь, выходной параметр которого является функцией температуры его чувствительного элемента. Первичный преобразователь помещается в среду, температура которой измеряется в процессе измерения. Теплопередача от измеряемого объекта к чувствительному элементу основана на физических явлениях – теплопроводности и конвекции тепла. В контактных системах измеряемая температура определяется температурой первичного чувствительного элемента преобразователя. К контактным относятся следующие разновидности термоэлектрических датчиков: металлические термометры сопротивления (ТС), термоэлектрические преобразователи (ТП) – термопары, полупроводниковые термометры сопротивления – термисторы, полупроводниковые интегральные сенсоры – датчики, датчики на основе кварцевых резонаторов [5, 6].

На основе проведенного аналитического обзора методов измерений температуры и используемых технических средств авторами статьи предложена структурная схема электронного блока для контроля температуры перегрева при испытаниях вакуумных коммутирующих устройств, которая приведена на рис. 1.

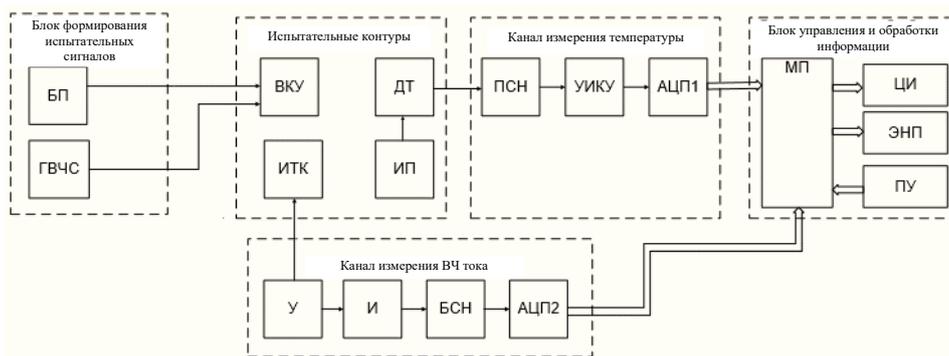


Рис. 1. Структурная схема электронного блока



Структурная схема прибора состоит из канала измерения температуры и канала измерения высокой частоты тока. Информация о значении температуры и тока поступает с соответствующих датчиков. Канал измерения температуры состоит из преобразователя сопротивления в напряжение (ПСН), усилителя с изменяемым коэффициентом усиления (УИКУ) и аналого-цифрового преобразователя (АЦП1). Канал измерения тока ВЧ состоит из усилителя (У), интегратора (И), блока согласования напряжения (БСН) и аналого-цифрового преобразователя (АЦП2). В состав разрабатываемого прибора в схему входит блок управления и обработки информации и блок формирования испытательных сигналов, которые включают в себя следующие элементы: микропроцессор (МП), панель управления (ПУ), энергонезависимую память (ЭНП), цифровой индикатор (ЦИ), блок питания (БП), генератор высокочастотного сигнала (ГВЧС).

В канале измерения температуры преобразователь сопротивления в напряжение используется для преобразования изменения сопротивления в изменение напряжения, которое пропорционально изменению температуры. Для корректной работы АЦП1 выходной сигнал ПСН усиливается с помощью УИКУ до необходимого уровня. Для дальнейшей обработки в МП сигнал с выхода УИКУ преобразуется в цифровой код с помощью АЦП1.

В канале измерения тока ВЧ трансформатор тока преобразует ток ВЧ в напряжение, пропорциональное первой производной тока, а усилитель (У) преобразует это напряжение до уровня входного сигнала АЦП2. Этот сигнал схемы затем подается на вход интегратора (И), выходное напряжение которого представляет собой линейную зависимость измеряемого тока. Сигнал напряжения с выхода интегратора затем преобразуется в цифровой код АЦП2. Вся информация обрабатывается МП, где выполняются все необходимые математические преобразования.

В ходе работы над решением поставленной задачи авторами предложена конструкция корпуса электронного блока для контроля температуры перегрева при испытаниях вакуумных коммутационных устройств, которая приведена на рис. 2.

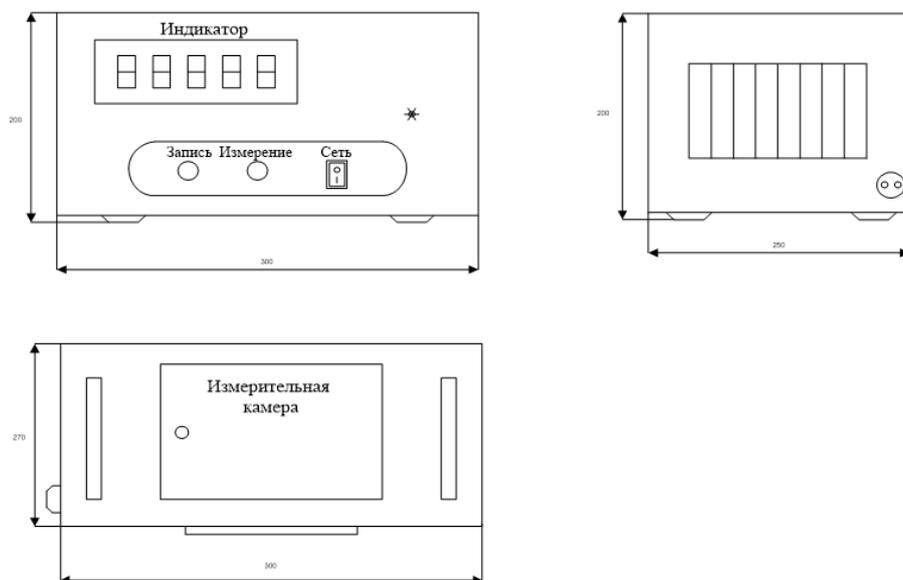


Рис. 2. Чертеж корпуса электронного блока

Устройство для контроля температуры перегрева выполнено в металлическом корпусе. На передней панели корпуса расположены индикатор контроля температуры перегрева и тока высокой частоты, индикатор включения прибора в сеть, а также кнопки управления устройством. На верхней части прибора расположены измерительная камера с дверцей для установки испытуемого вакуумного коммутационного устройства вовнутрь, а также две ручки для переноса устройства. На боковой стенке расположен радиатор для отвода тепла и разъем для подключения сетевого кабеля. Размеры корпуса составляют: ширина – 300 мм, высота – 200 мм, длина – 270 мм.

В результате проведенного исследования тенденций развития аппаратуры было разработано устройство для контроля температуры перегрева при испытаниях вакуумных коммутационных устройств, структурная схема и внешний вид устройства. Разработанный прибор позволит отображать результаты измерения на ЖК-индикаторе, а также с помощью панели управления формировать одноименные команды. Обладает следующими техническими характеристиками: входное напряжение для



срабатывания ВКУ – 20 В, диапазон частот входного испытательного напряжения – от 1 до 100 МГц, амплитуда входного испытательного напряжения – 8 кВ, диапазон измерения температуры, от 18 до 128 °С, диапазон измерения действующего значения тока – от 1 до 30 А, диапазон измерения действующего значения напряжения – от 0,1 до 8 кВ, напряжение питания от промышленной сети переменного тока –  $220 \pm 10\%$  В.

### Список литературы

1. Киселев Н. Д., Симонов Д. М. Электробезопасность на промышленных предприятиях. М. : Профиздателство, 1959. 246 с.
2. Новицкий П. В. Электрические измерения неэлектрических величин. Львов : Энергия, 1985. 385 с.
3. Спектор С. А. Электрические измерения физических величин: Методы измерений : учеб. пособие для вузов. Львов : Энергоатомиздат, 1987. 427 с.
4. Ашнер А. М. Получение и измерение импульсных высоких напряжений : пер. с нем. М. : Энергия, 1979. 120 с.
5. Геращенко О. А., Гордое А. Н., Еремина А. К. [и др.]. Температурные измерения. Справочник / отв ред. О. А. Геращенко, АН УССР. Ин-т проблем энергосбережения. Киев : Наук. думка, 1989. 704 с.
6. Эпштейн С. Л., Викулов А. П., Москвин В. Н. Справочник по измерительным приборам для радиодеталей / под ред. Е. А. Гайлиша. Л. : Энергия, 1980. 251 с.

### References

1. Kiselev N.D., Simonov D.M. *Elektrobezopasnost' na promyshlennykh predpriyatiyakh = Electrical safety in industrial enterprises*. Moscow: Profizdatel'stvo, 1959:246. (In Russ.)
2. Novitskiy P.V. *Elektricheskie izmereniya neelektricheskikh velichin = Electrical measurements of non-electrical quantities*. Lvov: Energiya, 1985:385. (In Russ.)
3. Spektor S.A. *Elektricheskie izmereniya fizicheskikh velichin: Metody izmereniy: ucheb. posobie dlya vuzov = Electrical measurements of physical quantities: Measurement methods: textbook manual for universities*. Lvov: Energoatomizdat, 1987:427. (In Russ.)
4. Ashner A.M. *Poluchenie i izmerenie impul'snykh vysokikh napryazheniy: per. s nem. = Obtaining and measuring pulsed high voltages: transl. from German*. Moscow: Energiya, 1979:120. (In Russ.)
5. Gerashchenko O.A., Gordoe A.N., Eremina A.K. et al. *Temperaturnye izmereniya. Spravochnik = Temperature measurements. Guide*. Kiev: Nauk. dumka, 1989:704. (In Russ.)
6. Epshteyn S.L., Vikulov A.P., Moskvina V.N. *Spravochnik po izmeritel'nykh priboram dlya radiodetaley = Handbook of measuring instruments for radio components*. Leningrad: Energiya, 1980:251. (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 12.04.2023

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 14.05.2023

Принята к публикации / Accepted 30.05.2023