

## ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

*Фомин А. В., Скоринкин В.А., студенты группы 378105.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Леонович А.А. – кандидат физико-математических наук, доцент*

**Аннотация:** Это исследование посвящено анализу принципов работы и точности электрических измерительных приборов, играющих важную роль в поддержании стандартов качества и безопасности в различных секторах. Основное внимание уделяется как традиционным аналоговым, так и современным цифровым приборам, с акцентом на методы калибровки и новейшие технологии, улучшающие их характеристики и расширяющие области применения. Работа направлена на систематизацию знаний о механизмах работы приборов и исследование технологических инноваций, способствующих их развитию.

**Ключевые слова:** электрические измерительные приборы, аналоговые приборы, цифровые приборы, калибровка, технологические инновации, точность измерений, магнитоэлектрические приборы, электромагнитные приборы, аналого-цифровое преобразование, научные исследования, стандарты качества и безопасности.

В современном мире, где технологический прогресс продолжает неуклонно развиваться, значимость точных и эффективных измерительных приборов не может быть переоценена. Электрические измерительные приборы играют ключевую роль в поддержании стандартов качества и безопасности в самых разных сферах — от промышленного производства до научных исследований. Они позволяют наблюдать, анализировать и контролировать электрические параметры, такие как напряжение, ток и сопротивление, обеспечивая надежность и эффективность работы оборудования и систем.

Электрические измерительные приборы — это устройства, предназначенные для точного измерения электрических параметров. Принцип работы этих приборов заключается в преобразовании этих величин в форматы, легко интерпретируемые пользователем. Например, аналоговые приборы используют магнитоэлектрический метод для измерения постоянного тока и отображают данные с помощью механической стрелки, движущейся по шкале, в то время как цифровые приборы преобразуют аналоговый сигнал в цифровой, предоставляя результаты в числовом виде на экране и обеспечивая функции хранения данных и автоматического вычисления параметров.

Цель данной научной работы — исследовать принципы работы электрических измерительных приборов и выявить ключевые аспекты, влияющие на точность и надежность измерений. Особое внимание уделено новейшим технологиям и методам калибровки, которые существенно улучшают характеристики и расширяют возможности применения измерительных приборов в различных условиях. Задача этого исследования систематизировать уже известных данных о механизмах работы таких приборов, но также направлена на идентификацию и анализ будущих технологических инноваций, которые могут значительно продвинуть развитие в этом секторе.

Аналоговые приборы, такие как амперметры, вольтметры и омметры, остаются важными инструментами в измерительной технике. Амперметры предназначены для измерения силы тока в цепи, вольтметры используются для определения напряжения между двумя точками, а омметры служат для определения сопротивления.

Среди современных инструментов широко распространены цифровые приборы, которые отображают измерения в цифровом виде, обеспечивая высокую точность и удобство в интерпретации данных.

Кроме того, существуют специализированные приборы, такие как осциллографы и мультиметры. Осциллографы незаменимы для анализа переменных электрических сигналов, позволяя визуализировать их в реальном времени. Мультиметры являются универсальными устройствами, которые могут измерять напряжение, ток, сопротивление и другие электрические параметры, что делает их необходимым инструментом в любом электротехническом арсенале.

Аналоговые приборы и цифровые устройства представляют собой два основных класса измерительных инструментов, каждый из которых имеет уникальные принципы работы и области применения. Аналоговые приборы, такие как амперметры и вольтметры, работают на основе непосредственного воздействия измеряемой величины на механический элемент устройства, что приводит к отклонению стрелки на шкале. В этой категории выделяются магнитоэлектрические и электромагнитные приборы.

Магнитоэлектрические приборы функционируют благодаря взаимодействию между постоянным магнитом и катушкой, через которую проходит ток. Это взаимодействие вызывает вращение катушки, и угол поворота, пропорциональный величине тока, отображается стрелкой. Данное явление может быть выражено математически следующей формулой:

$$\theta = kI, \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол отклонения стрелки;  $I$  – ток через прибор;  $k$  – константа, зависящая от характеристик прибора и силы магнитного поля. Эта особенность делает их идеальными для измерения постоянных токов и напряжений с высокой степенью точности и надежности. Электромагнитные приборы, в свою очередь, используют подвижную катушку в поле постоянного магнита. Катушка, создавая собственное магнитное поле при прохождении через нее тока, вызывает вращение рамки, и это движение переводится в показания прибора. Эти приборы подходят как для измерения постоянного, так и переменного тока, что расширяет их применение.

Цифровые приборы принципиально отличаются от аналоговых. Они преобразуют аналоговый сигнал в цифровую форму, что начинается с аналого-цифрового преобразования. В этом процессе аналого-цифровой преобразователь (АЦП) берет множество моментальных снимков аналогового сигнала в короткие промежутки времени и переводит их в серию цифровых данных. Этот процесс квантования можно математически описать следующей формулой:

$$X_n = \left[ \frac{X_a}{\Delta} \right] \quad (2)$$

где  $X_n$  – это цифровое значение;  $X_a$  – аналоговый сигнал;  $\Delta$  – шаг квантования. Это позволяет достичь высокой точности представления исходного сигнала и удобства его последующей обработки. После преобразования, цифровые данные подвергаются обработке с помощью микропроцессора, который может выполнять различные операции, такие как фильтрация и усреднение, для улучшения качества и точности показаний. Обработанные данные затем отображаются на цифровом дисплее, где их легко интерпретировать и использовать.

Эти разнообразные принципы работы аналоговых и цифровых измерительных приборов иллюстрируют широкие возможности их применения, подчеркивая значимость технологических инноваций в повышении точности и эффективности измерительной техники. При изучении электрических измерительных приборов, особое внимание следует уделить калибровке и точности этих устройств. Точность измерений критически важна для обеспечения надежности и действенности любых технических решений, что делает калибровку неотъемлемой частью использования и поддержания измерительных приборов.

Калибровка измерительных приборов — это процесс установления соответствия между значениями, которые показывает прибор, и реальными значениями, измеренными стандартными или эталонными средствами. Это необходимо для того, чтобы результаты измерений были сопоставимы и воспроизводимы в различных условиях и местах. В процессе калибровки особенно важно точно определить ошибку измерения, что может быть выражено следующей формулой:

$$= X_m - X_t \quad (3)$$

где  $e$  – ошибка измерения;  $X_m$  – измеренное значение;  $X_t$  – истинное (табличное или эталонное) значение. Эта формула помогает определить, насколько близко показания прибора соответствуют фактическим значениям, что критически важно для обеспечения точности и надежности измерений.

Стандартизация, в свою очередь, устанавливает общие нормы и требования к измерительным процедурам, что обеспечивает универсальность и согласованность результатов. Методы калибровки могут варьироваться в зависимости от типа и предназначения прибора. В общем случае калибровка включает в себя сравнение показаний прибора с показаниями эталонного устройства, которое уже калибровано по высшим стандартам точности. Точность измерительных приборов может быть подвержена влиянию множества факторов, включая внешние условия, такие как температура, влажность и электромагнитные поля. Эти факторы могут существенно влиять на компоненты прибора и искажать его показания. Важность учета таких условий можно описать с помощью следующей формулы:

$$\Delta X = X_0(1 + \alpha \Delta T) \quad (4)$$

где  $\Delta X$  – изменение измеренного значения;  $X_0$  – исходное значение при стандартной температуре;  $\alpha$  – температурный коэффициент прибора;  $\Delta T$  – изменение температуры. Эта формула подчеркивает, как температурные изменения могут влиять на точность измерений, и подчеркивает важность адаптации процедур калибровки к условиям эксплуатации.

Также важны внутренние факторы, например износ или старение компонентов, что может привести к постепенному ухудшению точности приборов со временем. Постоянное обслуживание и регулярная калибровка являются ключевыми для поддержания точности и надежности измерительных устройств на протяжении их эксплуатационного периода.

В рамках текущих исследований в области измерительной техники, современные

технологические разработки играют ключевую роль, внося значительные инновации и улучшения. Применение нанотехнологий особенно заметно влияет на повышение чувствительности и точности измерительных приборов. Наноматериалы, благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая проводимость и механическая прочность, позволяют создавать устройства, способные функционировать в условиях, где традиционные материалы оказываются неэффективными. В микроэлектронике и биомедицине, где требуется высокая точность измерений, использование нанотехнологий позволяет добиваться более стабильных и надежных результатов, устойчивых к внешним помехам и вариациям в эксплуатационных условиях.

Развитие беспроводных технологий и систем, интегрированных с Интернетом вещей (IoT), также оказывает существенное влияние на методы сбора, передачи и обработки данных. Беспроводные датчики и устройства сейчас широко используются для мониторинга различных параметров в реальном времени, что позволяет инженерам и исследователям получать данные без необходимости физического доступа к объектам измерения. Такие системы находят применение в самых разнообразных секторах: от промышленной автоматизации до экологического мониторинга и управления ресурсами в умных городах. Интеграция с облачными платформами и аналитическими инструментами на базе искусственного интеллекта дополнительно расширяет возможности обработки собранных данных, обеспечивая более глубокий анализ и прогнозирование состояний систем.

Одним из наиболее значимых аспектов современных измерительных систем является их способность к автономной работе и самокалибровке. Современные устройства оснащены алгоритмами машинного обучения, которые позволяют им адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации и автоматически корректировать возможные ошибки измерений. Это существенно повышает точность и надежность приборов, минимизируя человеческий фактор и потребность в регулярном техническом обслуживании.

Интеграция последних технологических разработок в измерительные приборы не только улучшает их производительные характеристики, но и открывает новые возможности для научных исследований и промышленного применения. Непрерывное внедрение этих инноваций является ключевым для поддержания точности, надежности и эффективности современной измерительной техники.

Учитывая важность точности и калибровки, электрические измерительные приборы находят широкое применение в многочисленных отраслях, от промышленности до медицины и научных исследований. Это подчеркивает их универсальность и необходимость в современных технологических и исследовательских процессах.

В промышленных и производственных секторах электрические измерительные приборы играют ключевую роль в мониторинге и регулировании процессов, что является залогом безопасности, эффективности и качества продукции. Амперметры и вольтметры, к примеру, контролируют электрические параметры оборудования, предотвращая перегрузки и технические неисправности. Осциллографы важны для диагностики и отладки электрических схем, позволяя инженерам визуализировать и анализировать электрические сигналы в реальном времени, что необходимо для оптимизации производственных процессов.

В медицинской сфере, измерительные приборы неотъемлемо связаны с мониторингом жизненно важных функций пациентов. Электрокардиографы, использующие принципы электромагнетизма, измеряют электрическую активность сердца, что критически важно для диагностики сердечных заболеваний. Цифровые термометры и давлениюизмерительные устройства позволяют точно отслеживать основные показатели здоровья пациентов, обеспечивая своевременное вмешательство при изменениях.

Научные исследования также значительно зависят от точности электрических измерительных приборов. Использование мультиметров и осциллографов в исследованиях позволяет собирать данные о электрических свойствах материалов и компонентов, что способствует научным прорывам в областях, таких как нанотехнологии и возобновляемая энергия. Такие точные измерения необходимы для глубокого понимания физических процессов и поведения материалов в различных условиях, что в конечном итоге способствует разработке новых технологий и улучшению существующих.

Эти примеры демонстрируют широкий спектр применения электрических измерительных приборов и подтверждают их важность для поддержания высоких стандартов в каждой из рассматриваемых областей, подчеркивая их ценность и необходимость в нашем быстро меняющемся технологическом мире.

В данном исследовании были рассмотрены различные типы электрических измерительных приборов и их роль в современных технологических и научных процессах. Исследование подчеркивает важность этих приборов в достижении высокой точности измерений, которая является критическим фактором в многих отраслях, включая промышленность, медицину и научные исследования.

Интеграция с цифровыми технологиями, применение нанотехнологий и развитие беспроводных передач данных открывают новые возможности для улучшения измерительных приборов. Эти инновации позволяют создавать устройства, которые могут эффективно функционировать в более сложных и изменчивых условиях, обеспечивая высокую точность измерений.

Точные измерения играют ключевую роль в разработке новых технологий, способствуя

научному прогрессу и инновациям. Они обеспечивают необходимую основу для исследований и разработок, что приводит к значительным улучшениям в технологиях и повышению качества жизни.

Исследование подтверждает, что развитие измерительной техники и её адаптация к современным требованиям технологической сферы — это неотъемлемый элемент продвижения научного и инженерного прогресса.

**Список использованных источников:**

1. Роль измерений в электротехнике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kipia.info/bibliotek/elektrotehnika-i-elektronika-%28-uchebnoe-posobie-dlya-vuzov%29/glava-3-elektricheskie-izmereniya-i-pribory/> – Дата доступа: 12.04.2024
2. Приборы электроизмерительные [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.110volt.ru/devices> – Дата доступа: 12.04.2024
3. Электроизмерительные приборы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kipia.ru/articles/elektroizmeritelnye-pribory/> – Дата доступа: 12.04.2024
4. Миляев Д. В. Аналоговые измерительные устройства / Д. В. Миляев. – Томск : Изд-во "Томского политехнического университета", 2009.
5. Цифровой измерительный прибор [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.svaltera.ua/guide/glossary/multimetr.php> – Дата доступа: 12.04.2024
6. Поверка и калибровка средств измерений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://microwave-e.ru/measurements/poverka-i-kalibrovka/> – Дата доступа: 12.04.2024
7. Тенденции Развития И Инновации В Области Измерительных Приборов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://1platforma.com.ua/tendencii-razvitiya-i-innovacii-v-oblasti-izmeritel-nyh-priborov/> – Дата доступа: 12.04.2024

UDC

## OPERATING PRINCIPLES OF ELECTRICAL MEASURING INSTRUMENTS

*Fomin A.V., Skorinkin V.A., students of group 378105*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics<sup>1</sup>, Minsk, Republic of Belarus*

*Leonovich A.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor*

**Annotation.** This study is devoted to analyzing the operating principles and accuracy of electrical measuring instruments, which play a crucial role in maintaining standards of quality and safety in various sectors. Particular attention is given to both traditional analog and modern digital instruments, with a focus on calibration methods and the latest technologies that enhance their characteristics and expand application areas. The work aims to systematize knowledge about the mechanisms of instruments' operation and explore technological innovations that contribute to their development.

**Keywords.** : electrical measuring instruments, analog instruments, digital instruments, calibration, technological innovations, measurement accuracy, magneto-electric instruments, electromagnetic instruments, analog-to-digital conversion, scientific research, standards of quality and safety.