

## СИММЕТРИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ ӘДІСІМЕН ТҰРАҚТЫ ТОК КҮШІН ЖАНАМА ӨЛШЕУДІҢ ДӘЛДІГІН АРТТЫРУ

АНДАТПА

Бұл мақалада симметриялы бақылауларды қолдана отырып, тұрақты ток күшін жанама өлшеудің дәлдігін арттыру әдісі қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі өлшеу нәтижелеріне әсер ететін әртүрлі сыртқы факторлар жағдайында өлшеу жүйелерінің сенімділігі мен дәлдігін арттыру қажеттілігі болып табылады.

Жұмыста симметриялық бақылау әдісіне негізделген алгоритм ұсынылған, бұл жүйелік қателіктерді азайтуға және өлшеу дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған әдістің тиімділігін тексеру үшін қолданылатын эксперименттік өлшеу құралдары мен әдістері сипатталған. Тәжірибенің нәтижесі дәстүрлі әдістермен салыстырғанда өлшеу дәлдігінің айтарлықтай жақсарғанын көрсетті, бұл статистикалық деректерді талдаумен расталады.

Сонымен қатар, электроника, энергетикалық жүйелер және метрологияны қоса алғанда, ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында әзірленген әдістің ықтимал қолданылуы талқыланады. Қорытындыда осы саладағы әрі қарайғы зерттеулердің перспективалары туралы қорытындылар жасалды және тұрақты ток күшін өлшеу практикасына симметриялық бақылау әдісін енгізу бойынша ұсыныстар ұсынылды.

## ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СИЛЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА МЕТОДОМ СИММЕТРИЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается метод повышения точности косвенных измерений силы постоянного тока с использованием симметричных наблюдений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности и точности измерительных систем в условиях разнообразных внешних факторов, влияющих на результаты измерений.

В работе предложен алгоритм, основанный на симметричном подходе к наблюдениям, который позволяет минимизировать систематические ошибки и повысить точность измерений. Описаны экспериментальные средства измерения и методики, примененные для проверки эффективности предложенного метода. Результаты экспериментов показали значительное улучшение точности измерений по сравнению с традиционными методами, что подтверждается статистическим анализом данных.

Статья также обсуждает возможные применения разработанного метода в различных областях науки и техники, включая электронику, энергетические системы и метрологию. В заключении сделаны выводы о перспективах дальнейших исследований в данной области и предложены рекомендации по внедрению метода симметричных наблюдений в практику измерений силы постоянного тока.

## IMPROVING THE ACCURACY OF INDIRECT MEASUREMENTS OF DC POWER BY THE METHOD OF SYMMETRIC OBSERVATIONS

ANNOTATION

This article discusses a method for increasing the accuracy of indirect measurements of direct current strength using symmetric observations. The relevance of the study is the need to increase the reliability and accuracy of measurement systems in the context of various external factors affecting the measurement results.

The paper presents an algorithm based on the method of symmetric control, which makes it possible to reduce system errors and increase the accuracy of measurements. The experimental measuring instruments and methods used to test the effectiveness of the proposed method are described. The result of the experiment showed a significant improvement in the accuracy of measurements compared to traditional methods, which is confirmed by the analysis of statistical data.

The article also discusses possible applications of the developed method in various fields of science and technology, including electronics, energy systems and metrology. In conclusion, conclusions are drawn about the prospects for further research in this area and recommendations are proposed for the introduction of the method of symmetric observations into the practice of measuring DC power.

**Ключевые слова:** косвенные измерения, сила постоянного тока, точность измерения, шунт, симметричные наблюдения, погрешность измерения.



Косвенный метод измерения – это метод, при котором значение интересующей нас величины определяется через измерение других величин, которые связаны с ней. Например, для измерения силы постоянного тока высокого значения часто используются шунты.

#### Косвенные измерения силы постоянного тока:

- позволяют измерять силу тока в цепях, где прямое измерение невозможно или затруднено;
- позволяют измерять силу тока в цепях высокого напряжения или тока;
- позволяют измерять силу тока в цепях с малым сопротивлением.

Допустим, необходимо измерить силу тока в цепи с напряжением 12 В и сопротивлением 4 Ом. Сила тока может быть вычислена по закону Ома:

$$I = U / R = 12 \text{ В} / 4 \text{ Ом} = 3 \text{ А.}$$

Итак, косвенные измерения силы постоянного тока позволяют измерять силу тока в различных цепях, даже если прямое измерение невозможно или затруднено.

#### Недостатки косвенных измерений силы постоянного тока:

- менее точны, чем прямые измерения;
- требуют знания сопротивления цепи.
- могут быть подвержены влиянию паразитных сопротивлений и ЭДС.

Для измерения силы постоянного тока высокого значения часто используются шунты.

Косвенный метод измерения силы постоянного тока с помощью шунтов основан на измерении падения напряжения на шунте, через который протекает измеряемый ток. Шунт представляет собой параллельно подключенное сопротивление с известным значением, чтобы создать известное напряжение при известном токе.

#### Для измерения силы тока постоянного тока с помощью шунта необходимо выполнить следующие шаги:

1. Подключаем шунт к цепи, через которую протекает измеряемый ток.
2. Измеряем падения напряжения на шунте с помощью вольтметра.
3. Рассчитаем значение силы тока по формуле:

$$I = U / R_{sh},$$

где, I - сила тока, U - напряжение на шунте, Rsh - сопротивление шунта.

Таким образом, путем измерения напряжения на шунте и зная его сопротивление, можно определить

значение силы тока, проходящего через цепь. Этот метод позволяет измерять высокие значения тока с высокой точностью и минимальными потерями мощности, а применение метода несимметричных наблюдений погрешности уменьшит влияние систематических ошибок на результаты.

Симметричные наблюдения погрешности – это метод, используемый при косвенных измерениях для уменьшения систематических ошибок путем симметричного учета погрешностей величин, влияющих на результат измерения.

Принцип симметричных наблюдений заключается в том, что при измерении величины с учетом неизвестных погрешностей принимаются два равноотстоящих значения этой величины и вычисляется их разность. При этом предполагается, что систематические ошибки, связанные с измеряемой величиной, будут симметрично распределены относительно среднего значения, и их влияние на результат измерения будет уменьшено.

#### Процедура симметричных наблюдений погрешности включает следующие шаги:

1. Выполнение нескольких измерений величины.
2. Вычисление среднего арифметического полученных значений.
3. Вычисление отклонения каждого измерения от среднего арифметического.
4. Вычисление среднего арифметического абсолютных отклонений.
5. Умножение среднего арифметического абсолютных отклонений на коэффициент Стьюдента для соответствующего уровня значимости и числа измерений.

Полученное значение представляет собой оценку погрешности измерения.

#### Преимущества симметричных наблюдений погрешности:

- Простота и удобство использования.
- Не требует знания закона распределения погрешностей.
- Обеспечивает надежную оценку погрешности при симметричном распределении погрешностей.

#### Недостатки симметричных наблюдений погрешности:

- Не подходит для случаев, когда погрешности распределены несимметрично.
- Может давать завышенную оценку погрешности при малом числе измерений.



## Симметричные наблюдения погрешности используются в различных областях, включая:

- Измерения физических величин
- Оценка точности приборов
- Статистический анализ данных

Допустим, необходимо оценить погрешность измерения силы постоянного тока 10 А. Выполняем 10 измерений, и получаем следующие значения, указанные в таблице 1:

■ **Таблица 1.** Измеренные значения силы постоянного тока

№ измерения	Измеренное значение, А
1	10,01
2	10,02
3	10,0
4	9,99
5	10,01
6	10,02
7	10,00
8	9,98
9	10,01
10	10,0

## Расчет среднего арифметического значения измерений:

$(10,01 + 10,02 + 10,0 + 9,99 + 10,01 + 10,02 + 10,0 + 9,98 + 10,01 + 10,0) / 10 = 10,004 \text{ А.}$

■ **Таблица 2.** Расчет отклонения значения измерений от среднего арифметического:

№	Измеренное значение, А
1	0,006
2	0,016
3	-0,004
4	-0,014
5	0,006
6	0,016
7	-0,004
8	-0,024
9	0,006
10	-0,004

## Расчет среднего арифметического значения абсолютных отклонений:

$(0,006 + 0,016 + 0,004 + 0,014 + 0,006 + 0,016 + 0,004 + 0,024 + 0,006 + 0,004) / 10 = 0,01 \text{ А}$

Для уровня значимости 0,95 и числа измерений 10 коэффициент Стьюдента равен 2,262.

## Таким образом, оценка погрешности измерения силы постоянного тока 10 А составляет:

$0,01 \text{ А} * 2,262 = 0,0226 \text{ А.}$

Это означает, что с вероятностью 95% истинное значение силы постоянного тока 10 А находится в пределах от  $10,004 \text{ А} - 0,0226 \text{ А}$  до  $10,004 \text{ А} + 0,0226 \text{ А}$ , то есть от  $9,9814 \text{ А}$  до  $10,0266 \text{ А}$ .

Следовательно, применение симметричных наблюдений погрешности позволяет улучшить точность измерений и уменьшить влияние систематических ошибок на результаты. Этот метод особенно полезен при косвенных измерениях, где

необходимо учитывать различные источники погрешностей и минимизировать их влияние на конечный результат.

Метод симметричных наблюдений заключается в проведении многократных наблюдений через равные промежутки времени и усреднении результатов наблюдений, симметрично расположенных относительно среднего наблюдения.

Метод симметричных наблюдений можно также использовать для устранения других видов погрешностей, например систематических погрешностей из-за влияющих величин, изменяющихся по периодическому закону. В этом случае симметричные наблюдения проводят через половину периода, когда погрешность имеет разные знаки, но одинаковые значения. Таким образом, например, можно исключить погрешность из-за наличия четных гармоник при измерении амплитудного значения напряжения при искаженной форме кривой.

## Также для повышения точности косвенных измерений силы постоянного тока методом симметричных наблюдений рекомендую применять следующие шаги:

- Использование многоканальных измерительных приборов: при измерении силы постоянного тока можно использовать многоканальные измерительные приборы для одновременного измерения нескольких параметров, связанных с этой величиной.
- Проведение параллельных измерений: для увеличения точности можно провести параллельные измерения силы тока с использованием различных методов или приборов. Затем результаты можно сравнить и проанализировать.
- Контроль за внешними условиями: важно обеспечить стабильные условия для проведения измерений, чтобы исключить возможные искажения результатов из-за внешних факторов.
- Использование калиброванных шунтов и амперметров: для более точного измерения силы тока необходимо использовать калиброванные шунты и амперметры, которые обеспечат более точные результаты.
- Анализ и коррекция ошибок: после проведения измерений необходимо внимательно проанализировать полученные результаты, выявить возможные ошибки и произвести коррекцию, если это необходимо.



#### Литература:

**Босова И. С.** Методы мультипликативной коррекции систематической погрешности цифровых средств измерений. – 2018, с. 22-27.

**Коробов Н.** Теоретико-числовые методы в приближённом анализе. – Литрес, 2022, с. 105-107.

**Рабинович С.Г.** «Погрешности измерения» [Учебник] / С.Г. Рабинович. – Л Энергия, 2008, с. 19-20.

**Сергеев А., Терегеря В., Латышев М.** Метрология, стандартизация, сертификация. – Litres, 2017., с. 14-15.

СТ РК 2.717-2019 «Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика калибровки», 2020, с. 5-8.

**Петюль И. А.** Теоретическая метрология. – 2022, с. 18-20.