

ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗБАЛАНСОВАНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО МОСТА УІТСОНА

Д. С. Зибалов, асистент

НТУ "Дніпровська політехніка"

E-mail: kapetal@i.ua

Анотація. *Вимірювальний міст Уітсона є одним з різновидів вимірювальних мостових схем і використовується для вимірювання опору. Винахідником моста є Самуель Крісті, який створив його в 1833 році, а пізніше його було вдосконалено Чарльзом Уітсоном у 1843 році.*

Мета дослідження – перевірити, як впливає зміна напруги живлення вимірювального мосту Уітсона в збалансованому стані на значення опору, що вимірюється, та вивести й перевірити формулу для розрахунку опору в режимі розбалансованого моста.

Для проведення дослідження в урівноваженому режимі необхідно в симуляторі електронних схем створити схему моста Уітсона з джерелом живлення. Змінюючи напругу живлення, перевірити, чи будуть змінюватись покази вольтметра. Для спрощення процедури балансування моста вимірювання проводяться в незбалансованому режимі. Для цього треба вивести формулу розрахунку невідомого опору та перевірити розрахункові значення із значеннями опору, отриманого при моделюванні в електронному симуляторі.

Отримані результати в розбалансованому режимі дозволять визначити, як впливає зміна напруги джерела живлення на значення опору, що вимірюється. Розрахунок невідомого опору в розбалансованому режимі зменшить час на проведення вимірювання та дасть змогу використовувати мікроконтролерні схеми для обробки результату вимірювання. Виведено формулу, за якою можна розрахувати значення опору, що вимірюється в розбалансованому режимі та проведено перевірку отриманого результату в симуляторі електричних схем Falstad.

Запропонований метод вимірювання опору за допомогою моста Уітсона в розбалансованому режимі дозволить підвищити швидкість вимірювання невідомого опору та дасть змогу використовувати мікроконтролерну обробку результату вимірювання.

Ключові слова: *вимірювальний міст Уітсона, опір, вимірювання, джерело напруги, резистор, закон Ома*

Актуальність. *Вимірювальний міст Уітсона є одним з різновидів вимірювальних мостових схем і використовується для вимірювання опору [1].*

Винахідником моста є Самуель Крісті, який створив його в 1833 році, а пізніше його було вдосконалено Чарльзом Уїтсоном у 1843 році.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Міст Уїтсона - це пристрій для вимірювання, який базується на принципі урівноваження. Принцип дії вимірювального моста полягає в тому, щоб збалансувати потенціали середніх виводів двох ділянок на резисторах, один з яких має резистор з невідомим опором. Ділянки з'єднані з одним джерелом напруги. Зовнішній вид приладу зображено на рисунку 1. Вимірювальний діапазон приладу складає від 1 Ом до 10 МОм. Джерело живлення використовується з напругою від 4,5 В до 15 В.



Рис.1. Міст Уїтсона

Особливістю мостового вимірювання є те, що на точність вимірювання в урівноваженому стані не впливає зміна напруги живлення моста. Це зумовлено передусім тим, що в урівноваженому стані напруга на середніх точках ділянок буде змінюватися однаково і одночасно на однакову величину, що зумовить диференціальну напругу між середніми точками ділянки рівною нулю [2]. На рисунку 2 представлено приклад моделювання моста в урівноваженому стані в онлайн симуляторі електронних схем Falstad з різними напругами живлення. Для того, щоб знайти значення невідомого опору R_x потрібно виконати балансування моста за допомогою резистора R_2 . При збалансованому стані значення різницевої напруги між точками А та В буде дорівнювати 0. Резистори R_1 та R_3 мають відоме значення опору.

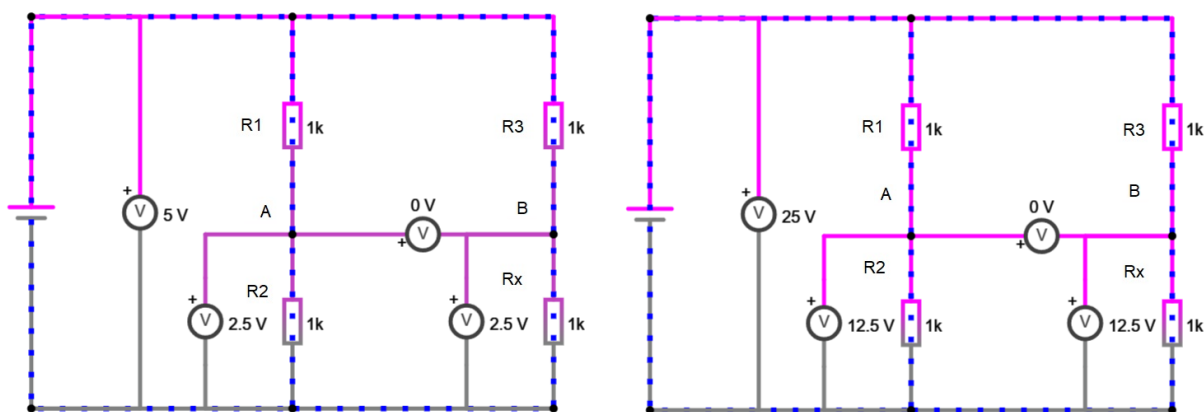


Рис. 2. Електронна модель моста Уїтсона в збалансованому режимі

Опір резистора R_2 знаходять за градувальною шкалою приладу. Опір резистора R_x , якщо $R_1 \neq R_3$, знаходять за формулою 1:

$$R_x = \frac{R_2 * R_3}{R_1}. \quad (1)$$

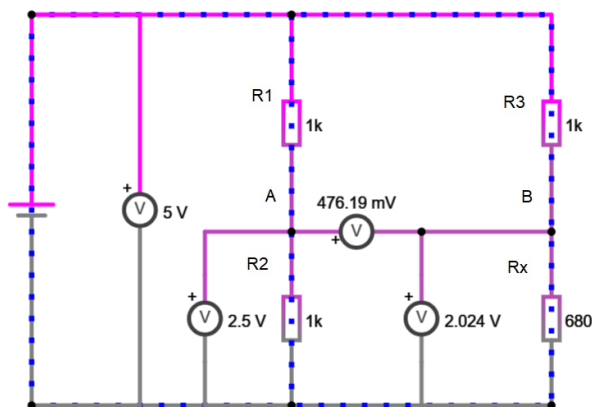


Рис. 3. Міст Уїтсона в розбалансованому стані

На рисунку 3 наведено схему моста Уїтсона в розбалансованому стані. Відмінна від нуля різниця потенціалів між точками А та В вказує на те, що опір резистора R_2 відрізняється від опору резистора R_x за умови, що $R_1=R_3$.

Головною проблемою при використанні моста Уїтсона є великий час, який треба витратити на балансування моста. Для вирішення цієї проблеми процес балансування можна автоматизувати чи проводити вимірювання в режимі

розбалансування моста за умови, що відомо опори резисторів R_1 , R_2 , R_3 та значення напруги між точками А та В, а також значення напруги живлення моста.

Мета дослідження – перевірити, як впливає зміна напруги живлення вимірювального мосту Уйтсона в збалансованому стані на значення опору, що вимірюється, та вивести й перевірити формулу для розрахунку опору в режимі розбалансованого моста.

Матеріали та методи дослідження. Якщо опір вольтметра на декілька порядків більше, ніж опори дільників, то струм через вимірювальний прилад буде малим та ним можна знехтувати [3] і розглядати схему як два окремих дільника [4]. У такому випадку напруга на вольтметрі буде рівна різниці напруг на резисторах R_2 та R_x . Напругу на резисторах R_2 та R_x можна розрахувати за допомогою закону Ома [5]:

$$U_{R_2} = R_2 * I_{R_2} = R_2 * \frac{U_{\text{живлення}}}{R_1 + R_2}, \quad (2)$$

$$U_{R_x} = R_x * I_{R_2} = R_x * \frac{U_{\text{живлення}}}{R_3 + R_x}. \quad (3)$$

Тоді напругу на вольтметрі можна розрахувати за формулою:

$$U_V = U_{R_2} - U_{R_x} = U_{\text{живлення}} * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_x}{R_3 + R_x} \right). \quad (4)$$

З формули (4) знайдемо опір резистора R_x :

$$R_x = \frac{R_3 * [U_{\text{живлення}} * R_2 - U_V * (R_1 + R_2)]}{U_{\text{живлення}} * (R_1 + R_2) - [U_{\text{живлення}} * R_2 - U_V * (R_1 + R_2)]}. \quad (5)$$

Результати досліджень та їх обговорення. Перевіримо правильність формули для розрахунку невідомого опору R_x , ґрунтуючись на значеннях зі схеми рисунка 3. Для розрахунків використано пакет Mathcad [6]. Результат розрахунку наведено на рисунку 4.

$$\begin{aligned} R_1 &:= 1000 \quad R_2 := 1000 \quad R_3 := 1000 \quad U := 5 \quad U_V := 0.47619 \\ R_x &:= \frac{R_3 \cdot [U \cdot R_2 - U_V \cdot (R_1 + R_2)]}{U \cdot (R_1 + R_2) - [U \cdot R_2 - U_V \cdot (R_1 + R_2)]} = 680 \end{aligned}$$

Рис.4 Перевірка обчислень у пакеті Mathcad

Значення невідомого опору R_x , який було розраховано в пакеті Mathcad за виведеною формулою 5, повністю збігається зі значенням опору цього резистора,

одержаного при моделюванні в симуляторі електричних схем (рис. 3). Це свідчить про те, що такий аналітичний метод можна використовувати при мостових вимірюваннях.

Висновки та перспективи. Міст Уїтсона – це пристрій вимірювання опору методом порівняння вимірюваної величини із зразковою мірою та виконаний за схемою мостового ланцюга, у вимірювальну діагональ якого підключають вольтметр. Перевагою мостового вимірювання компенсаційним методом у режимі рівноваги є те, що коливання напруги джерела не впливають на точність вимірювань. Однак такий метод дуже повільний та потребує майстерності для точності урівноваження моста. У свою чергу спосіб розрахунку невідомого опору в режимі неврівноваженого мосту чутливий до коливань напруги джерела. Проте цей недолік вирішується за допомогою сучасних стабільних джерел напруги. Перевагою цього метода є велика швидкість одержання результату і можливість використання для обробки результатів мікроконтролерних систем.

Список використаних джерел

1. Цюцюра В. Д., Цюцюра С. В. Метрологія та основи вимірювань. Київ: Знання-Прес, 2003. 180 с.
2. Кучерук І. М., Горбачук І. Т, Луцік П. П. Загальний курс фізики у трьох томах. Київ: Техніка, 2006.
3. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики. К.: «Либідь», 2001. 448с.
4. Основи технічної електроніки: у 2-х кн. / за ред. Гумен М. Б. Київ: Вища школа, 2007. 300 с.
5. Богданов І. Т. Фізичні основи електротехніки: навчальний посібник + CD. К.: «Четверта хвиля», 2007. 268 с.
6. Макаров Є. Г. Інженерні розрахунки в MathCAD. Учбовий курс. СПб, 2005. 448 с.

References

1. Tsiutsiura, V. D., Tsiutsiura, S. V. (2003). Metrolohiia ta osnovy vymiriuvan [Metrology and basics of measurements]. Kyiv: Znannia-Pres, 180.
2. Kucheruk, I. M., Horbachuk, I. T, Lutsik, P. P. (2006). Zahalnyi kurs fizyky u trokh tomakh [General course of physics in three volumes]. Kyiv: Tekhnika.
3. Bushok, H. F., Levandovskyi, V. V., Piven, H. F. Kurs fizyky [Physics course]. Kyiv: «Lybid», 448.
4. Osnovy tekhnichnoi elektroniky: u 2-kh kn. / za red. Humen M. B. (2007). [Basics of technical electronics: in 2 books.]. Kyiv: Vyshcha shkola, 300.

5. Bohdanov, I. T. Fizychni osnovy elektrotekhniky: navchalnyi posibnyk + SD [Physical basics of electrical engineering: study guide + CD]. Kyiv: «Chetverta khvylya», 268.

6. Makarov, Ye. H. (2005). Inzhenerni rozrakhunky v MathCAD. Uchbovyi kurs [Engineering calculations in MathCAD. Study course]. SPb, 448.

RESISTANCE MEASUREMENT USING WHITSON'S UNBALANCED MEASURING BRIDGE

D. Zibalov

Abstract. *The Wheatstone measuring bridge is one of the types of measuring bridge circuits and is used to measure resistance. The bridge was invented by Samuel Christie who created it in 1833 and was later improved by Charles Whitson in 1843.*

The purpose of the study is to check how the change in the supply voltage of the Whitson measuring bridge in the balanced state affects the value of the measured resistance, and to derive and verify the formula for calculating the resistance in the unbalanced bridge mode.

To carry out research in a balanced mode, it is necessary to create a circuit of a Whitson bridge with a power source in the simulator of electronic circuits. When changing the supply voltage, check whether the readings of the voltmeter will change. To simplify the bridge balancing procedure, measurements are carried out in unbalanced mode. To do this, it is necessary to derive the formula for calculating the unknown resistance and check the calculated values with the resistance values obtained during modeling in the electronic simulator.

The obtained results in the unbalanced mode will allow you to determine how the change in the voltage of the power source affects the value of the measured resistance. The calculation of the unknown resistance in the unbalanced mode will reduce the time for the measurement and will enable the use of microcontroller circuits to process the measurement result. A formula was derived by which the value of the resistance measured in the unbalanced mode can be calculated, and the obtained result was verified in the Falstad circuit simulator.

The proposed method of resistance measurement using the Whitson bridge in unbalanced mode will increase the speed of measurement of unknown resistance and will enable the use of microcontroller processing of the measurement result.

Key words: *Whitson measuring bridge, resistance, measurement, voltage source, resistor, Ohm's law*