



УДК 621.317.08

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ ПРИНЦИПОМ ВАТТМЕТРА

*С.И. Заумов Nocturil@yandex.ru, А.С. Ряднов senior.ryadnov@yandex.ru,
М.В. Ланкин delete60@rambler.ru*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

В статье представлена принципиальная схема устройства измерения ёмкости конденсаторов методом ваттметра. Краткое описание метода, алгоритм по которому устройство проводит измерение ёмкости конденсаторов, учитывая метод измерения, а также формулы расчёта элементов принципиальной схемы и способы измерения тока и напряжения в измерительной цепи. Качество и долговечность конденсаторов очень важно так как их выход из строя может привести к выводу из строя всего устройства частью которого они являются. На долговечность конденсатора влияют множество показателей, среди которых температура и влажность. Для модуляции неблагоприятных условий испытание конденсаторов проводится в испытательной камере в которой поддерживается постоянная температура 85°C и влажность 85%.

Ключевые слова: электрическая ёмкость, ёмкость конденсатора, входной контроль

PRINCIPAL DIAGRAM OF CONDENSATOR MEASURING DEVICE BY WATTMETER PRINCIPLE

S.I. Zaitov, A.S. Ryadnov, M.V. Lankin

South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova, Novocherkassk

The article presents a schematic diagram of a device for measuring the capacity of capacitors by the wattmeter method. Taking into account the measurement method, as well as the formulas for calculating the elements of the circuit diagram and methods for measuring the current and voltage in the measuring circuit. The quality and durability of capacitors is very important since their failure can lead to the failure of the entire device of which they are a part. The durability of a condenser is influenced by many factors, including temperature and humidity. To modulate unfavorable conditions, capacitors are tested in a test chamber in which a constant temperature of 85 °C and a humidity of 85% are maintained.

Key words: electric capacity, capacitor capacity, input control

Метод ваттметра [1, 2] заключается в измерении ёмкостного сопротивления конденсатора, которое обратно пропорционально ёмкости и частоте электрического тока:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C_x}; \quad C_x = \frac{I^2}{2\pi f \sqrt{U^2 I^2 - P^2}},$$

где X_C - реактивное сопротивление; C_x - ёмкость конденсатора; f - частота источника напряжения; I – ток в цепи; U – напряжение в цепи; P – активная мощность.

На рисунке 1 представлена схема данного метода. Пунктиром обозначены элементы, находящиеся внутри испытательной камеры.

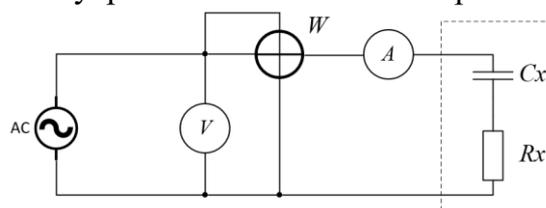


Рис. 1 – Схема метода ваттметра



Способ измерения тока [3] заключается в использовании токового трансформатора (ТТ). Такой трансформатор представляет собой катушку, через которую продевается несколько (1-3) витков провода, через который запитывается нагрузка. В мощных промышленных ТТ вместо витков провода применяется толстая металлическая шина (пластина). Принцип действия ТТ по сути такой же, как и у обычного трансформатора – электромагнитное поле тока проводника первичной обмотки (I_1 , ток нагрузки, I_H) наводит во вторичной обмотке ток (I_2), пропорциональный I_H . Т.е. $I_2 = I_H \cdot K$, K – коэффициент передачи тока. Далее этот ток шунтом R_b превращается в напряжение, которое уже можно измерять обычным вольтметром (либо АЦП) и пересчитывать в напряжение. Т.к. ток вторичной обмотки всегда очень мал, то здесь не требуются очень мощные шунты, и они не перегорают из-за того, что работают на предельной мощности. Для нашей задачи нужно намотать дополнительные 100 витков в первичной обмотке токового трансформатора. Так коэффициент трансформации составит 10:1.

Для ТТ, рассчитанных на токи до 5А мощность шунтового резистора составляет обычно всего 0.125 Вт. А это уже обычный легко доставаемый резистор широкого потребления, а не какая-то редкая и дефицитная спец деталь. Расчёт тока нагрузки при использовании ТТ имеет вид:

$$I_H = \frac{I_2}{K} \cdot I_2 = \frac{U_2}{(R_b + R_2)},$$

где U_2 – напряжение на шунте R_b , R_2 – сопротивление вторичной обмотки.

Отсюда $I_H = \frac{U_2}{(K \cdot (R_b + R_2))}$. По сути – тот же закон Ома.

Способ измерения напряжения заключается в решении задачи «вписать» всю синусоиду в диапазон 0..+5в. Для этого её нужно «поднять» на полдиапазона АЦП (т.е. на +2.5 в) и подогнать делитель так, чтобы вся синусоида целиком лежала между 0 и +5в.

В этом случае АЦП измеряет обе полуволны напряжения со всеми их «особенностями». При дальнейших расчётах также необходимо как-то учесть добавленные схемой +2.5в. Но с помощью программных (вычислительных) средств микроконтроллера это сделать очень легко.

Единственный зримый минус этого способа – коэффициент деления должен быть в 2 раза больше (т.к. мы вписываем обе полуволны, а не одну), что увеличивает ошибку измерений. Но опять же, в условиях постоянно меняющегося по амплитуде и по значению напряжения, к заметным погрешностям это не ведёт.

Из ТОЭ известно, что активная мощность нагрузки вычисляется как интеграл произведения мгновенных напряжения и тока за один период:

$$P = \int_0^T u i dt.$$

В цифровых измерительных устройствах интегралы не вычисляются, поэтому данная формула приобретает вид:

$$P = \sum_{j=1}^N u_j i_j,$$

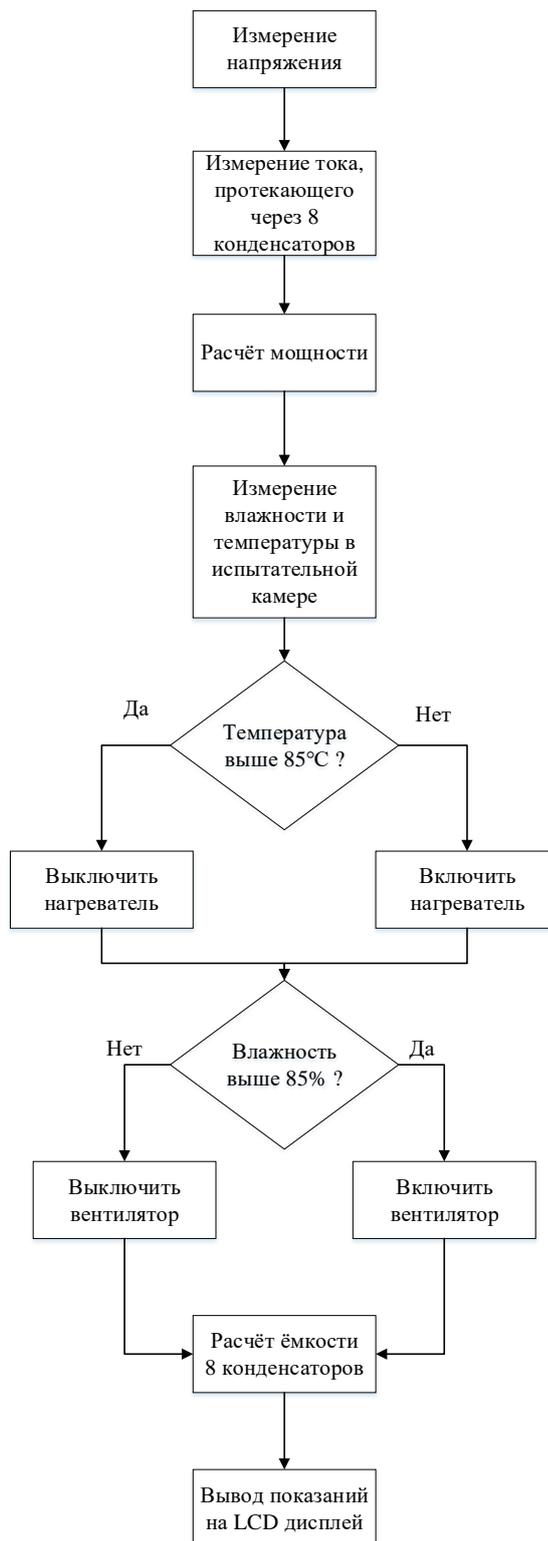


Рис. 3 – Алгоритм работы устройства

Также устройство измеряет и контролирует влажность и температуру в испытательной камере и выводит все показания на LCD дисплей.



Список цитируемой литературы

1. Новодворец Л.А. Испытание силовых конденсаторных установок. – М.: Энергия, 1971. – 64 с.
2. А. С. Ряднов, С. И. Зайтов Измерение емкости конденсаторов в цепях переменного тока
Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России», Выпуск №3, 2020 С. 13.
3. Schem.net [Электронный ресурс] Многофункциональный ваттметр с гальванической развязкой
– Режим доступа: <https://schem.net/izmer/izmer90.php> (Дата обращения 01.11.2020).