

## Устройство входного контроля пленочных конденсаторов

И.А. Гряник, С.И. Заитов, И.М. Ланкин, Д.А. Мыслимов, И.А. Огородников,  
Е.А. Рудик

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

**Аннотация:** В данной статье рассмотрена одна из частей разработки устройства входного контроля пленочных конденсаторов. Разработаны структурная и функциональная схемы. Представлены результаты моделирования измерительной схемы в программном пакете Microcap. Результаты модельного эксперимента подтверждают правильность расчетов.  
**Ключевые слова:** входной контроль, пленочные конденсаторы, Arduino, Microcap, диагностика.

Часто на производстве возникает необходимость во входном контроле качества комплектующих изделий, в частности, контроле качества конденсаторов. Конденсаторы обладают множеством параметров, которые необходимо проконтролировать, это и параметры, и характеристики, которые должны оставаться в пределах допустимых отклонений во время гарантийного срока. Для того, чтобы убедиться, что конденсаторы соответствуют заявленным предприятием - изготовителем характеристикам, необходимо проверить их [1 – 3].

Была разработана структурная схема устройства входного контроля плёночных конденсаторов, представленная на рисунке 1.

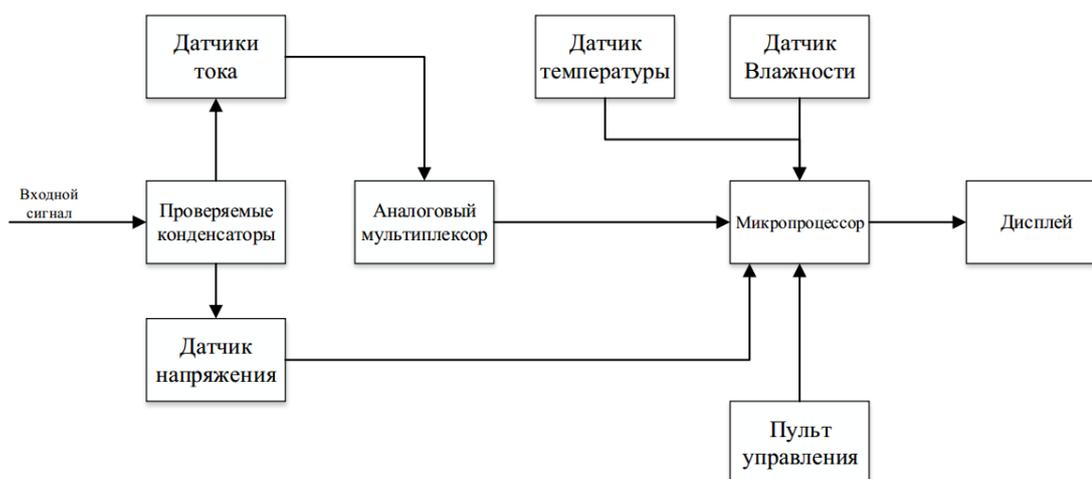


Рисунок 1. Структурная схема разрабатываемого устройства

Устройство состоит из:

- датчиков тока по числу конденсаторов, проходящих проверку - для измерения тока на конденсаторах;
- проверяемых конденсаторов;
- датчика напряжения – для измерения напряжения на конденсаторах;
- микропроцессора – для управления измерительной схемой;
- пульта управления – для управления микропроцессором;
- датчика влажности – для измерения влажности в испытательной камере;
- датчика температуры – для измерения температуры в испытательной камере.

В данной работе рассматриваются проблемы, связанные с измерительной частью рассмотренного устройства: реализация схемы измерения и алгоритма измерения ёмкости (рисунок 2) для входного контроля пленочных конденсаторов.



Рисунок 2 – Алгоритм работы метода ваттметра

Согласно данному алгоритму, сначала измеряется напряжение и ток в цепи, затем определяется разность фаз между ними и рассчитывается мощность. После получения мощности рассчитывается ёмкость конденсатора [4]. Эта схема может быть использована для решения нашей задачи. Она требует измерения трех электрических параметров: активной мощности, потребляемой цепью испытания, приложенного к ней напряжения и тока, протекающего через неё:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R_x^2 + X_C^2}}, P = U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

где  $\varphi$  – угол сдвига фаз тока и напряжения на источнике;  $Z$  – полное сопротивление цепи;  $X_C$  – реактивное сопротивление;  $\cos \varphi$  – косинус угла сдвига фаз.

$$tg \varphi = \frac{-1 / \omega C_x}{R_x},$$

где  $tg \varphi$  – тангенс угла сдвига фаз;  $\omega$  – круговая частота.

Расчёты параметров цепи методом вольтметра - амперметра для четырех различных конденсаторов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчёта параметров цепи методом вольтметра – амперметра для четырех различных конденсаторов

№ конденсатора	$C_x$ , мкФ	$R_x$ , Ом	$I$ , мА	$U$ , В	$P$ , Вт
1	0,47	30	35	240	8,5
2	0,42	60	31	240	7,6
3	0,52	10	39	240	9,4
4	0,472	30,15	36	240	8,53

На основе структурной схемы разрабатываемого устройства построена электрическая схема измерительной цепи в программе MicroCap 12, которая

изображена на рисунке 3.

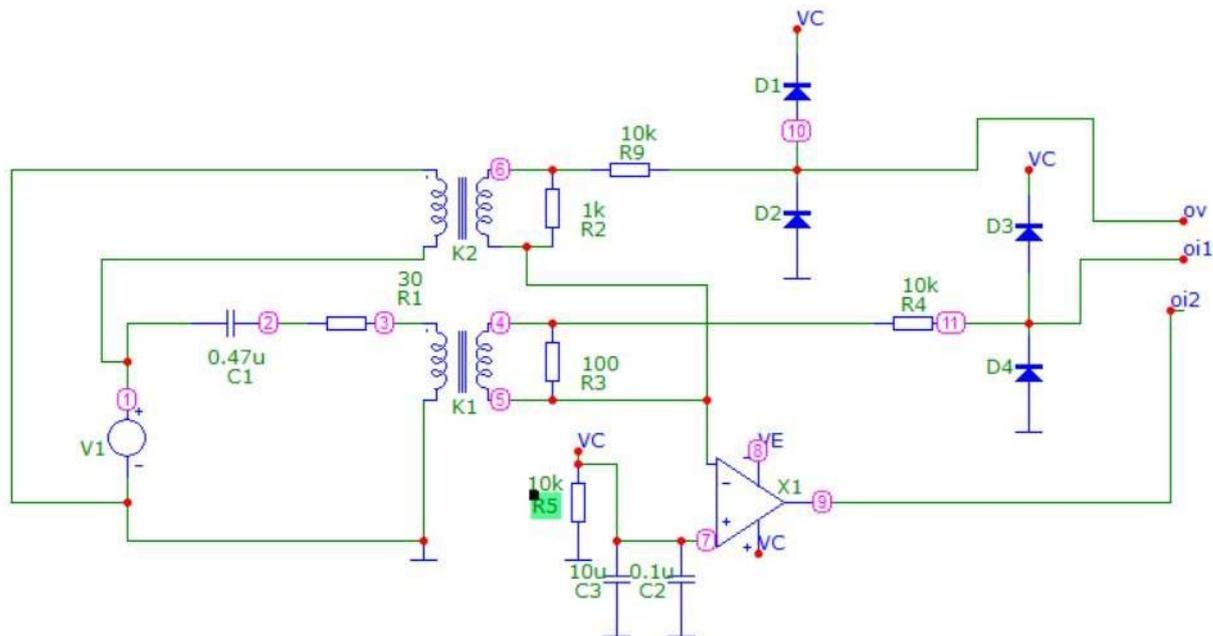


Рисунок 3. Модель измерительной части разрабатываемого устройства в пакете MicroCap 12

По результатам моделирования можно сказать, что на выходе *ov*, с которого снимается значение напряжения, на входе конденсатора до 240 В. На токовых выходах напряжение не превышает 5 вольт (1,5 вольт на выходе *oi1* и 2,7 вольт на выходе *oi2*) опорного напряжения, что позволяет этот сигнал подавать на аналоговые входы *Arduino* [5 – 7].

Результаты моделирования приведены на рисунке 4.

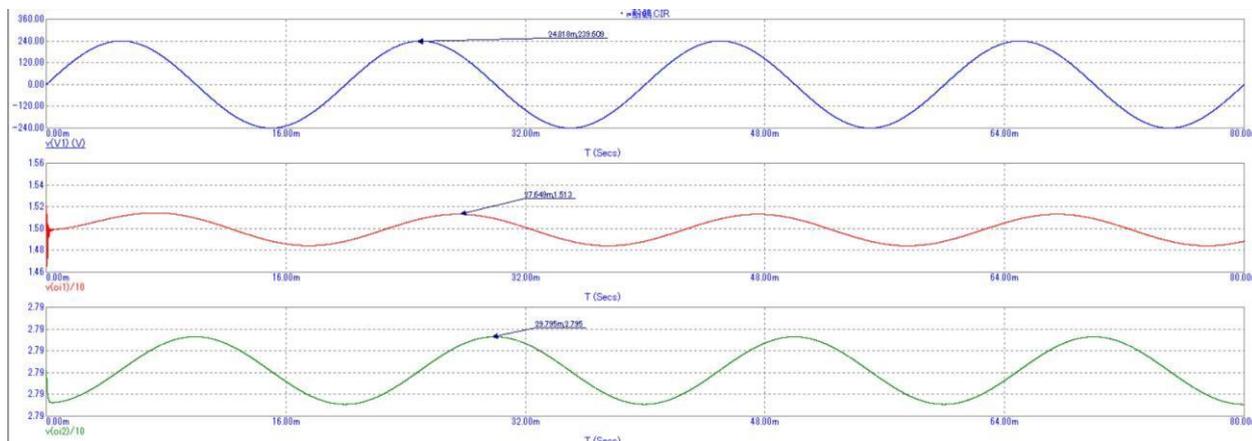


Рисунок 4. Результаты моделирования

По результатам моделирования погрешность измерительной части разрабатываемого устройства не превысила 1%, что допустимо для электрических измерений. Также видно, что благодаря трансформатору и делителям, напряжение удалось перенести в интервал, который сможет измерить микроконтроллер, и лишь необходимо в программе измерения добавить множители, чтобы узнать амплитудное значение напряжения в измерительной цепи. Два токовых выхода схемы также находятся в допустимых интервалах для измерения с помощью аналоговых входов микроконтроллера [8 – 10]. Поэтому можно сказать, что измерительная цепь выполняет поставленные условия, а по полученным измерениям необходимые расчёты будут проводиться в микроконтроллере.

### Литература

1. Lei S., Qinyuan D., Chuangchuan L. and Gaoshuai Q., Analysis on Capacitor Mismatch and Parasitic Capacitors Effect of Improved Segmented-Capacitor Array in SAR ADC, 2009 Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application, 2009, pp. 280-283.
  2. Belko V., Emelyanov O., Ivanov I. and Starovoytenkov V., The Diagnostics of Metallized Film Capacitors under Soft Training Test, 2020 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostics), 2020, pp. 1-4.
  3. Svarny J., Laboratory Fixture for Measurement of Dielectric Absorption of Capacitors, 2018 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostics), 2018, pp. 1-4.
  4. Плехов А.С., Титов Д.Ю., Чернов Е.А. Расчет емкости конденсатора в цепи постоянного тока активного фильтра гармоник // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2243](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2243).
-

5. Jarad S. B., Lohar V. D., Choukate S. P. and Mangate S. D., Automatic Optimization and Control of Power Factor, Reactive Power and Reduction of THD for Linear and Nonlinear Load by Using Arduino UNO, 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 2018, pp. 1128-1132.
6. Abu Sulayman I. I. M., Almalki S. H. A., Soliman M. S. and Dwairi M. O., Designing and Implementation of Home Automation System Based on Remote Sensing Technique with Arduino Uno Microcontroller, 2017 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition (GCCCE), 2017, pp. 1-9.
7. Kaur A., Saini S. S., Singh L., Sharma A. and Sidhu E., Efficient Arduino UNO driven smart highway/bridge/tunnel lighting system employing rochelle piezoelectric sensor, 2016 International Conference on Control, Computing, Communication and Materials (ICCCCM), 2016, pp. 1-4.
8. Moonmirat P., Homklintian M. and Kumtawee C., Measurement of the frequency dependence of standard capacitors in the frequency range 10 kHz to 1 MHz, 2016 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2016), 2016, pp. 1-2.
9. Avellaneda M. S. and López A. M., Fluke 8508A Multimeter introduction in capacitance measurement by indirect method, 29th Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014), 2014, pp. 98-99.
10. Peng M., Liu H., Zhao X., Xu J. and Yuan J., Direct Capacitor Voltage Control Method of Hybrid MMC during DC Short Circuit Fault, 2020 4th International Conference on HVDC (HVDC), 2020, pp. 613-615.

### References

1. Lei S., Qinyuan D., Chuangchuan L. and Gaoshuai Q., Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application, 2009, pp. 280-283.
-

2. Belko V., Emelyanov O., Ivanov I. and Starovoytenkov V., International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostics), 2020, pp. 1-4.
3. Svarny J., International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostics), 2018, pp. 1-4.
4. Plekhov A.S., Titov D.Y., Chernov E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2243](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2243).
5. Jarad S. B., Lohar V. D., Choukate S. P. and Mangate S. D., Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 2018, pp. 1128-1132.
6. Abu Sulayman I. I. M., Almalki S. H. A., Soliman M. S. and Dwairi M. O., 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition (GCCCE), 2017, pp. 1-9.
7. Kaur A., Saini S. S., Singh L., Sharma A. and Sidhu E., International Conference on Control, Computing, Communication and Materials (ICCCCM), 2016, pp. 1-4.
8. Moonmirat P., Homklintian M. and Kumtawee C., Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2016), 2016, pp. 1-2.
9. Avellaneda M. S. and López A. M., 29th Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014), 2014, pp. 98-99.
10. Peng M., Liu H., Zhao X., Xu J. and Yuan J., 4th International Conference on HVDC (HVDC), 2020, pp. 613-615.