

УДК 621.319

Б. И. Сибгатуллин, аспирант
В. К. Барсуков, кандидат технических наук, профессор
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТАНТАЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ

В статье рассматривается практическая реализация испытаний танталовых конденсаторов импульсным током. Представлены структурная и функциональная схемы прибора. Приведены характеристики стенда.

Ключевые слова: танталовый конденсатор, испытания импульсным током, воспроизводимость испытаний.

Танталовые конденсаторы имеют одни из лучших характеристик среди электролитических конденсаторов. Они имеют большую емкость при малых размерах, отличную долговечность в правильных условиях эксплуатации (за счет высокой устойчивости пленки к электролитам и отличного сопротивления изоляции). Танталовые конденсаторы могут работать в широком диапазоне температур: от -60 до $+85$ °С, $+125$ °С или $+175$ °С, в зависимости от конструкции и класса применяемого танталового порошка, а также имеют гораздо меньшие размеры и пониженные токи утечки, чем классические электролитические конденсаторы той же емкости, что позволяет использовать их во многих отраслях производства техники.

Танталовые конденсаторы широко используются в схемах с низким сопротивлением с малым временем включения и выключения. В таких условиях через конденсаторы протекают высокие токи заряда и разряда, что может приводить к отказам конденсаторов.

Для того чтобы выявить наличие в элементах дефектов, которые могут привести к неисправностям подобного типа, применяются испытания импульсным током, которые состоят в том, что конденсатор подвергается определенному числу циклов заряд-разряд от источника с малым сопротивлением (рис. 1). Такой источник моделируется батареей электролитических конденсаторов C_b . После испытаний измеряются параметры конденсатора. Испытания регламентированы стандартами ESA/SCC №3012 и MIL-PRF-55365.

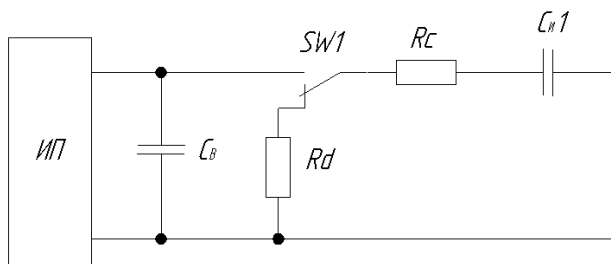


Рис. 1. Схема для проведения испытаний импульсным током

Одним из критериев проверки работоспособности конденсатора согласно методике испытаний может служить форма зарядного тока. С ее помощью можно определить неисправные конденсаторы в ходе испытаний без дополнительного измерения их параметров до и после проведения импульсного теста.

На рис. 2 показан график зарядного тока для испытываемого конденсатора.

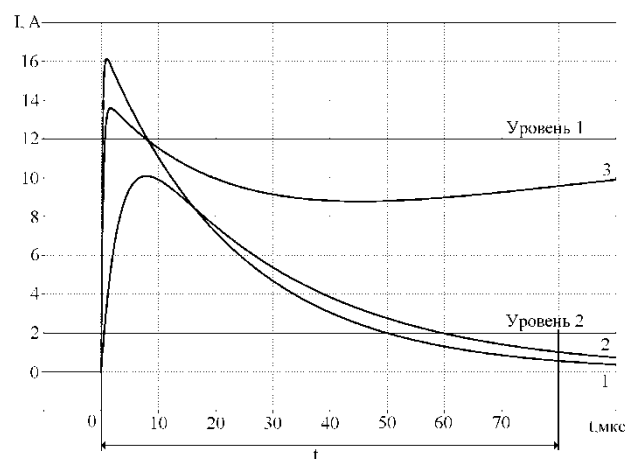


Рис. 2. График зарядного тока при испытаниях конденсаторов [1, 2]

Для определения годных конденсаторов используются два уровня тока: уровень 1 – максимальное значение тока в момент подключения исследуемого конденсатора к источнику питания и уровень 2 – значение тока через время t , когда конденсатор полностью зарядился.

Если значение максимального зарядного тока не превышает величины, установленной для испытываемого типа конденсаторов, или зарядный ток через время t больше установленного, то конденсатор считается неисправным [3–5].

Предметом настоящей статьи является практическая реализация стенда для испытаний танталовых конденсаторов импульсным током. При сотрудничестве кафедры «Электротехника» с ОАО «Электонд» в рамках проекта «Организация высокотехнологичного производства конденсаторов нового поколения» был разработан испытательный стенд ИТК-10. Внешний вид прибора приведен на рис. 3.

Прибор обладает следующими характеристиками:

- диапазон изменения испытательного напряжения – 0–60 В;
- количество импульсов испытательного напряжения – 5;
- длительность импульса испытательного напряжения – 0,5 с;

- сопротивление цепи заряда и разряда, не более – 1 Ом;
- емкость батареи конденсаторов – 0,5 Ф;
- диапазон емкостей испытываемых конденсаторов 1–2200 мкФ.

Рассмотрим структурную схему прибора (рис. 4).

Перед началом испытаний батарея конденсаторов заряжается до испытательного напряжения. Как правило, его выбирают равным номинальному напряжению конденсатора. Но в ряде случаев целесообразно проводить испытания при напряжениях, превышающих номинальные [6]. Затем на конденсатор подается серия из пяти однополярных импульсов длительностью 0,5 с. За циклом заряда следует цикл разряда, который также имеет длительность 0,5 с. При испытаниях анализируется форма зарядного импульса тока (рис. 2). Испытания, проводимые прибором ИТК-10, соответствуют стандартам MIL-PRF-55365 и ESA/SCC №3012.



Рис. 3. Стенд для испытаний танталовых конденсаторов импульсным током

Рассмотрим принцип работы прибора на примере функциональной схемы (рис. 5).

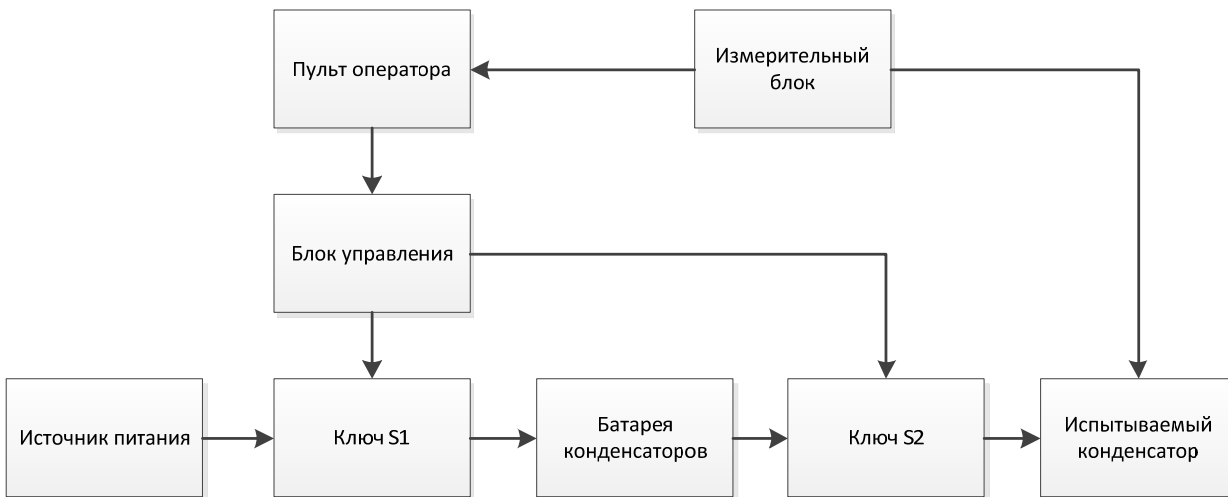


Рис. 4. Структурная схема стенда

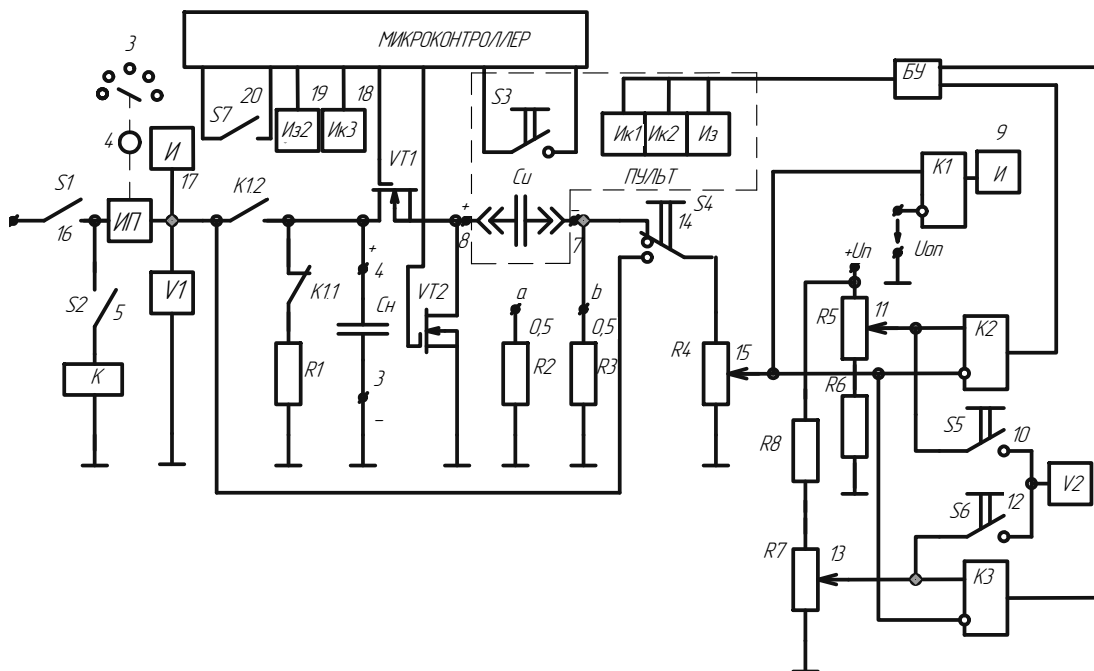


Рис. 5. Функциональная схема прибора

На функциональной схеме прибора органы управления и индикаторы пронумерованы цифрами.

Прибор состоит из трех блоков: блока электронного ИТК-10, пульта, накопительного конденсатора C_n .

Элементы функциональной схемы прибора:

$S1$ – сетевой выключатель (16);

$ИП$ – источник питания со ступенчатой (3) и плавной (4) регулировкой напряжения;

$И$ – индикатор включения питания прибора (17);

VI – вольтметр контроля напряжения источника питания (1);

$S2$ – переключатель заряда конденсаторной батареи, верхнее положение – «Вкл.», нижнее положение – «Выкл.» (5);

K – катушка реле контроля питания;

$K1.1$ – нормально замкнутый контакт реле контроля питания;

$K1.2$ – нормально разомкнутый контакт реле контроля питания;

C_n – батарея конденсаторов емкостью 0,5 Ф;

$VT1, VT2$ – ключи цепи заряда и разряда испытуемого конденсатора;

C_n – испытываемый конденсатор;

$R1$ – резистор номиналом 30 Ом для разряда конденсаторной батареи;

$R2, R3$ – резисторы номиналом 0,5 Ом для измерения напряжения, пропорционального протекающему зарядному току через испытываемый конденсатор. За счет установки перемычки внутри прибора между точками a и b возможно параллельное соединение резисторов;

$S3$ – кнопка включения серии испытательных импульсов;

$Ик 1$ – светодиодный индикатор красного цвета. Сигнализирует, что значение амплитуды импульса тока в начале цикла заряда конденсатора не достигла требуемого уровня («Уровень 1», рис. 2) для конденсаторов данного типа;

$Ик 2$ – светодиодный индикатор красного цвета. Сигнализирует, что значение амплитуды импульса тока в конце цикла заряда выше требуемого уровня («Уровень 2», рис. 2) для конденсатора данного типа;

$Из$ – светодиодный индикатор зеленого цвета. Сигнализирует, что значения параметров импульса тока испытуемого конденсатора находятся в пределах требуемых пороговых значений. Все светодиодные индикаторы срабатывают после серии из пяти испытательных циклов заряда-разряда конденсатора;

$S4$ – кнопка для установки опорного напряжения (14);

$R4$ – делитель напряжения;

$K1, K2, K3$ – компараторы определения уровней зарядного тока 1 и 2 (рис. 2).

Ключи $VT1$ и $VT2$ собраны из пяти параллельно включенных MOSFET транзисторов типа IRF830 (рис. 6). Транзисторы IRF830 обладают сопротивлением сток-исток в режиме проводимости $< 1,5$ Ом. Допустимое значение прямого тока составляет 4,5 А. Таким образом, сборка из пяти соединенных резисторов имеет сопротивление в режиме проводимости $< 0,3$ Ом и допустимое значение прямого тока $\sim 22,5$ А.

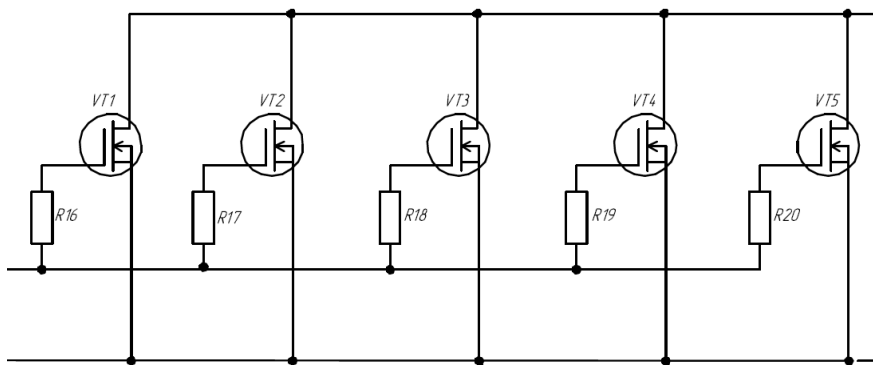


Рис. 6. Ключевой элемент

Батарея конденсаторов собрана из 36 алюминиевых электролитических конденсаторов 15000 мкФ 63 В типа К50-84И, соединенных параллельно.

При замыкании контактов тумблера $S2$ срабатывает реле $K2$, замыкается нормально разомкнутый контакт $K1.2$ и размыкается нормально замкнутый контакт $K1.1$. Происходит заряд батареи конденсаторов C_n . Время заряда составляет не менее 2 с. Микроконтроллер управляет транзисторными ключами $VT1$ и $VT2$. При этом цепь заряда состоит из батареи конденсаторов C_n , транзисторного ключа $VT1$, испытываемого конденсатора C_n и сопротивления $R3$. Цепь разряда состоит из транзисторного ключа $VT2$, испытываемого конденсатора C_n и сопротивления $R3$. Сопротивление батареи конденсаторов C_n мало

по сравнению с сопротивлением ключей $VT1, VT2$ и сопротивлением $R3$, разбросом параметров транзисторов $VT2$ и $VT2$ можно пренебречь, поэтому можно заключить, что сопротивления цепи заряда и цепи разряда равны.

Падение напряжения на резисторе $R3$ прямо пропорционально току, протекающему через испытываемый конденсатор. Это напряжение через делитель напряжения $R4$ поступает на входы компараторов $K2$ и $K3$, которые сравнивают кривую напряжения с уровнями проверки 1 и 2 (рис. 2). Уровни проверки задаются подстроечными резисторами $R5$ и $R7$. Поскольку диапазон номинальных емкостей и напряжений испытываемых конденсаторов широк: $C_n = 0,1 - 2200$ мкФ, $U_{ном} = 2 - 50$ В; кривую напря-

жения, поступающую на входы компараторов $K2$ и $K3$, необходимо масштабировать. Для этого используется компаратор $K1$. При нажатой кнопке $S4$ делитель напряжения $R4$ подключается к источнику напряжения. При этом необходимо добиться условия равенства сигнала с выхода делителя напряжения $R4$ и опорного напряжения компаратора $K1$. При этом индикатор $I(9)$ начинает гаснуть.

Стенд ИТК-10 позволяет проводить испытания отдельных образцов, а также более гибко настраивать условия испытаний, в отличие от стенда в линии. В частности, испытания могут быть проведены при различных напряжениях, отличных от номинального, а также при различном добавочном сопротивлении.

Sibgatullin B. I., Post-graduate, Kalashnikov ISTU

Barsukov V. K., PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

Stand for surge current testing of tantalum capacitors

The article considers the practical realization of surge current testing of tantalum capacitors. The structural and functional schemes of the stand for surge current tests are presented. The characteristics of the stand are given.

Keywords: tantalum capacitor, surge current testing, reproducibility of testing.

Получено: 10.09.15

Библиографические ссылки

1. *Franklin R. W.* Surge current testing of resin dipped tantalum capacitors // AVX technical information, 1985.
2. *Holland H. W.* Effect of high current transients on solid tantalum capacitors // KEMET Engineering bulletin, 1996.
3. *Franklin R. W.* Surge current testing of resin dipped tantalum capacitors // AVX technical information, 1985.
4. *Holland H. W.* Effect of high current transients on solid tantalum capacitors // KEMET Engineering bulletin, 1996.
5. *Gill J.* Surge in solid tantalum capacitors // AVX – 1995.
6. *Teverovsky A.* Effect of surge current testing on reliability of solid tantalum capacitors // Proc. 28th Symp. Passiv. Compon., Cart., 2008.