

Современные конденсаторы корпорации TDK-EPC

Юрий ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

В 1930 году исследователи Токийского технологического института Ёгоро Като (Yogoro Kato) и Такеши Такей (Takeshi Takei) изобрели магнитные керамические соединения, впоследствии названные ферритами. Заявление доктора Ё. Като о хороших промышленных перспективах ферритов вдохновило предпринимателя Кензо Сайто (Kenzo Saito) основать в 1935 году компанию Tokyo Denki Kagaku Kogyo KK (впоследствии — TDK). В 1937 году в результате исследований был разработан продукт под названием ферритовый сердечник, нашедший широкое применение в японских беспроводных устройствах связи. В 2009 году ИИЭР (IEEE) наградила компанию TDK, внесшую существенный вклад в мировую электротехнику и электронику, дипломом IEEE Milestone Award за разработку ферритовых материалов и их приложений [1].

В 2000-х годах TDK приобрела несколько компаний: Headway Technologies (США), производителя магнитных головок; Innoventa Technologies (США), производителя источников питания для телекоммуникационных систем; Amperex Technology Limited (Гонконг), производителя литиевых батарей, и Lambda Power Group, производителя источников питания. В 2008 году TDK объединила свой бизнес с группой EPCOS (Германия), в результате чего 1 октября 2009 года была образована корпорация TDK-EPC.

Эта корпорация располагает более чем 130 заводами, лабораториями и офисами продаж в 30 странах и регионах мира. Свыше 80% продукции производится и продается за пределами Японии. Консолидированный чистый объем продаж составляет 814 500 млн йен. Численность персонала — 79 175 человек (на март 2012 г.). Президент TDK-EPC — Такихиро Камигама (Takehiro Kamigama).

Корпорация разрабатывает и выпускает широчайшую номенклатуру электронных

компонентов, узлов и законченных изделий в следующих категориях:

- керамические конденсаторы;
- компоненты электромагнитной защиты;
- индуктивные компоненты;
- трансформаторы;
- ферритовые сердечники;
- материалы для подавления электромагнитных шумов и магнитных полей;
- безэховые камеры и поглотители радиоволн;
- датчики и актюаторы;
- пьезоэлектрические компоненты и излучатели;
- приборы защиты;
- термопечатающие головки;
- контроллеры флэш-памяти, CF/SSD-карты памяти для промышленных приложений;
- ВЧ-компоненты, ПАВ-элементы и модули;
- магниты;
- источники питания (TDK-Lambda);
- системы промышленной автоматики (FA Systems);

- прозрачные проводящие пленки из оксида индия и олова, твердые защитные пленки [2].

Номенклатура европейских подразделений TDK Electronics Europe GmbH и TDK EPCOS дополнительно расширена за счет следующих категорий продуктов:

- алюминиевые электролитические конденсаторы;
- пленочные конденсаторы;
- корректоры коэффициента мощности;
- керамические переключатели и нагреватели;
- AC/DC-, DC/DC-преобразователи;
- DC/AC-инверторы и драйверы светодиодов;
- компоненты для «зеленой» энергетики [3, 4].

В каталоги корпорации 2012 года включены десятки серий керамических, пленочных и электролитических конденсаторов. Классификационные параметры керамических конденсаторов фирмы приведены в таблице 2. TDK выпускает также керамические конденсаторы автомобильного исполнения (не включены в табл. 2), которые отличаются некоторыми эксплуатационными параметрами и составом серий.

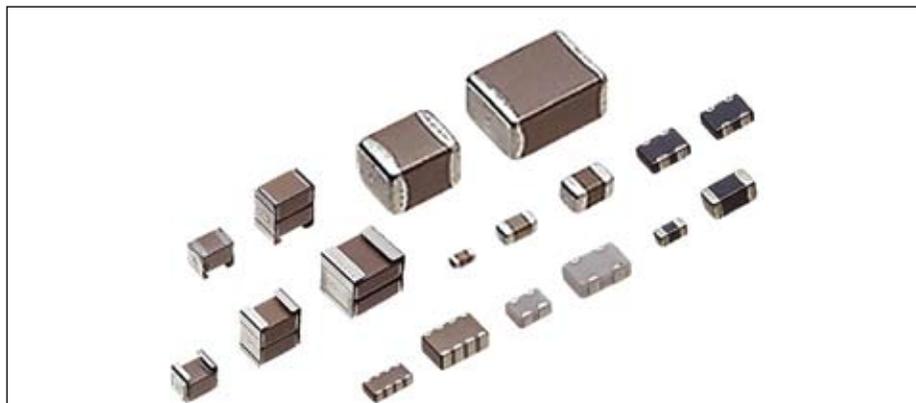


Рис. 1. Керамические чип-конденсаторы

Таблица 1. Температурные параметры конденсаторов различных групп TKE

Группа	Изменение емкости	Температурный диапазон, °C
COG	0 ±30 ppm/°C	-55...+125
CH	0 ±60 ppm/°C	-25...+85
X5R	±15%	-55...+85
X6S	±22%	-55...+105
X7R	±15%	-55...+125
JB	±10%	-25...+85
X7T	+22...-33%	-55...+125
X8R	±15%	-55...+150
Y5V	+22...-82%	-30...+85
Z5T	+22-33%	+10...+85

Таблица 2. Серии керамических конденсаторов

Категория	Группа	Серия	Группа ТКЕ	Типоразмеры	Напряжение, В	Диапазон емкостей
Керамические, для монтажа на поверхность	Общего применения	C0402, C0603, C1005, C1608, C2012, C3216, C3225, C4532, C5750	C0G, CH, X5R, X6S, X7R, X7S, JB	0402, 0603, 1005, 1608, 2012, 3216, 3225, 4532, 5750	4–50	0,5–820 пФ, 1–80 нФ, 1–100 мкФ
	Низкопрофильные	CGB2, CGB3, CGB4	X5R, X6S, JB	1005, 1608, 2012	4–25	От 330 нФ до 4,7 мкФ
	Высокодобротные	C0603	C0G	603	25	0,2–20 пФ
	С повышенным напряжением	C1005, C1608, C2012, C3216, C3225, C4532, C5750	C0G, CH, X5R, X6S, X7R, X7S, JB	1005, 1608, 2012, 3216, 3225, 4532, 5750	100–630	От 100 нФ до 15 мкФ
	Для вспышек фотоаппаратов	C2012, C3216	X7T	2012, 3216	350	10–100 нФ
	Высоковольтные	C3216, C3225, C4520, C4532, C5750	C0G, X7R, X7S	3216, 3225, 4520, 4532, 5750	1000–3000	10–470 пФ, 1–47 нФ
	С обжимными ламелями	CKG32K, CKG45K, CKG45N, CKG57K, CKG57N	X5R, X6S, X7S, X7T	–	16–630	47–470 нФ, 1–100 мкФ
	С гарантированно высоким температурным диапазоном	C1005, C1608, C2012, C3216, C3225	X8R	1005, 1608, 2012, C3216, C3225	25–100	150–680 пФ, 1–680 нФ, 1–3,3 мкФ
	С пластичными выводами	C2012, C3216, C3225, C4532, C5750	X7R, X7S, X7T	2012, 3216, 3225, 4532, 5750	16–630	10–470 нФ, 1–10 мкФ
	С малой ESL	C0510, C0816, C1220, C1632	X5R, X6S, X7R, X7S	0510, 0816, 1220, 1632	4–50	10–470 нФ, 1–10 мкФ
С малой ESL и индуктивностью	CLLC1A, CLLE1A	X7R, X7S	–	4–10	100–680 нФ, 1–47 мкФ	
Керамические выводные	Общего применения	FK	C0G, X7R, X5R, X7S, Y5V	–	6,3–50	1–68 000 пФ, 0,1–4,7 мкФ
	С повышенным напряжением	FK	C0G, X7R, X7S	–	100–630	100–1000 пФ, 1,5–100 нФ
Керамические высоковольтные выводные	Общего применения	CK45	B, E	–	1000–3000	100–10 000 пФ
		CC45	SL	–	1000–6000	10–1000 пФ
	Высококачественные	CK45RR	R	–	1000–3000	100–4700 пФ
		CK45RB	B	–	1000–3000	100–1500 пФ
	Безопасные	CD	B, E	–	250	100–4700 пФ
		CS	B, E, F	–	250	100–10 000 пФ
Керамические высоковольтные с дисковыми контактами	Для схем прерывателей	TSF/H, GA	Z5T	–	8000–20 000	400/1080/1700/2900 пФ
	Для распределительных линий	FD	–	–	10 000–25 000	100–1000 пФ
	Для источников питания лазеров	UHV, FHV	–	–	15 000–50 000	200–7000 пФ
	Для магнетронов	HFC	–	–	10 000	500
Керамические сборки	Двухэлементные	CKCL22, CKCM25	C0G, CH, JB, X5R, X7R	–	6,3–50	10–470 пФ, 1–470 нФ, 1–2,2 мкФ
	Четырехэлементные	CKCA43, CKCL44		–		1–680 пФ, 1–100 нФ, 1 мкФ

Многослойные чип-конденсаторы для поверхностного монтажа TDK (рис. 1) характеризуются следующими особенностями:

- Большой диапазон емкости, приближающийся к диапазону емкости электролитических конденсаторов.
- В состав материалов конденсаторов входят только металлы и керамика, что значительно повышает надежность и срок их службы.
- Малая эквивалентная последовательная индуктивность (ESL) и отличные высокочастотные параметры.
- Малое эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) и незначительный разогрев при воздействии мощных высокочастотных и импульсных напряжений. Керамические конденсаторы TDK подходят для применения в качестве элементов

фильтрации и подавления пульсаций практически в любой электронной аппаратуре. Приборы с группами ТКЕ CH и C0G можно использовать в качестве времязадающих элементов генераторов и фильтров, а также для замены пленочных конденсаторов.

Температурные параметры конденсаторов различных групп ТКЕ приведены в таблице 1.

Ряд серий керамических конденсаторов, приведенных в таблице 2, относится к категории новых продуктов (спецификации 2011–2012 гг.). К новым приборам относятся и все серии автомобильных исполнений конденсаторов. Рассмотрим особенности некоторых новых серий конденсаторов фирмы TDK.

Серия C0603 — это высокодобротные конденсаторы размерами 0,6×0,3×0,1 мм. Они отличаются малыми потерями на высоких ча-

стотах. Конденсаторы серии C0603 могут быть использованы в ВЧ-блоках различных устройств: усилителях, фильтрах, согласующих устройствах. В состав серии входят 38 номиналов конденсаторов емкостью 0,2–9,1 пФ при точности ±0,1 и ±0,25 пФ и 8 номиналов емкостью 10–20 пФ при точности ±2% и ±5%.

Серии C2012, C3216, C3225, C4532 и C5750 — это конденсаторы с пластичными выводами. Выводные терминалы конденсаторов выполнены по специальной технологии и состоят из слоев меди, проводящего компунда, никеля и олова (рис. 2). Такая структура обеспечивает высокую устойчивость при резких колебаниях температуры, изгибах подложки и ударных нагрузках, что позволяет использовать конденсаторы этих серий в особо жестких условиях эксплуатации.

Габариты конденсаторов:

- C2012 — 2×1,25×1,25 мм;
- C3216 — 3,2×1,6×1,15/1,6 мм;
- C3225 — 3,2×2,5×2/2,3 мм;
- C4532 — 4,5×3,2×2,3 мм;
- C5750 — 5,7×5×2,3/2,5 мм.

Разброс емкостей — ±20% от номинала.

Серии TSF (20 кВ), H (8 кВ) и GA (10 кВ) — это высоковольтные керамические конденсаторы в изолированных (рис. 3а) и неизолированных (рис. 3б) корпусах.

Их особенности:

- малые размеры;
- устойчивость к импульсным напряжениям;
- малый фактор рассеяния — 0,2%;
- отличное соотношение напряжение/емкость;
- большая емкость и малая зависимость емкости от температуры;
- диапазон рабочих температур — –30...+85 °С (изолированные), –20...+70 °С (неизолированные).

Конденсаторы могут быть использованы для гашения выбросов напряжения в электрических цепях, в масляных выключателях мощных трансформаторов, грозовых разрядниках, электрических распределительных линиях и высоковольтных измерительных приборах. Возможно применение конденсаторов в среде элегаза (шестифтористая сера — SF₆).

Испытательное/стартовое коронное напряжение:

- 42 кВ/25 кВ RMS (TSF-40C — 1080 пФ, TSF-301 — 400 пФ);
- 16 кВ/8 кВ RMS (H-11 — 2900 пФ);
- 20 кВ/10 кВ RMS (GA-14 — 1700 пФ).

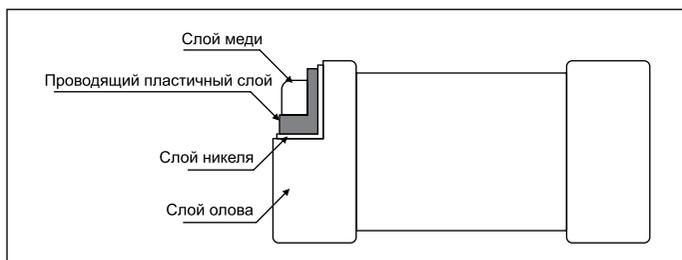


Рис. 2. Структура выводных терминалов конденсаторов с пластичными выводами



Рис. 3. Высоковольтные керамические конденсаторы



Рис. 4. Пленочные конденсаторы



Рис. 5. Электролитические конденсаторы

- Сопротивление изоляции — 100 000 МОм.

Габариты конденсаторов:

- TSF-40C — $\varnothing 40 \times 33$ мм;
- TSF-301 — $\varnothing 30 \times 33$ мм;
- H-11 — $\varnothing 40 \times 11$ мм;
- GA-14 — $\varnothing 40 \times 16$ мм.

Корпорация выпускает большую номенклатуру пленочных (рис. 4) и электролитических (рис. 5) конденсаторов на заводе EPCOS в Хайденхайме (Германия). В каталоге 2012 года представлены следующие категории пленочных конденсаторов:

- металлопленочные полиэстеровые;
- металлопленочные полипропиленовые;
- помехоподавляющие;
- для бестрансформаторных источников питания;
- для запуска двигателей переменного тока;
- для силовой электроники.

Новые серии пленочных конденсаторов

Серии В32520–В32529 — это металлопленочные полиэстеровые конденсаторы с диэлектриком из полиэтилентерефталата. Они выпускаются в прямоугольных изолированных корпусах с габаритами от 7,3×6,5×2,5 до 42,5×28×41,5 мм. В серии входят конденсаторы с емкостью от 0,01 мкФ (63–630 В) до 220 мкФ (63 В).

Основные особенности и параметры конденсаторов:

- Диапазон рабочих температур — $-55...+125$ °С.
- Сопротивление изоляции — 3750–7500 МОм (в зависимости от номинального напряжения).
- Тангенс угла потерь — $(8-30) \times 10^{-3}$ (на частотах 1–100 кГц).
- Срок службы при напряжении, равном номинальному, и $T = 85$ °С — 200 000 ч.

Серии В32232 и В32231 — это металлопленочные полиэстеровые конденсаторы с аксиальными проволочными выводами. Они выпускаются в цилиндрических и овальных корпусах с габаритами от $\varnothing 11,5 \times 32$ до $\varnothing 16 \times 42$ мм (от 7×12×19 до 13×23×32 мм в серии В32231). В состав серий входят конденсаторы с емкостью от 0,68 мкФ (400, 630 В) до 10 мкФ (100 В). Диапазон рабочих температур — $-40...+100$ °С.

Серии В32774–В32778 — это металлопленочные полипропиленовые конденсаторы. Их выпускают в прямоугольных изолированных корпусах из эпоксидного материала UL 94 V-0. Габариты корпусов — от 20×39,5×41,5 до 35×50×57,5 мм. Компоненты предназначены для применения в преобразователях частоты, промышленных источниках питания и инверторах солнечных батарей. В состав этих серий входят конденсаторы с емкостью от 1,5 мкФ (1100 В) до 110 мкФ (450 В).

Особенности и параметры конденсаторов:

- Отличные свойства самовосстановления.
- Устойчивость к перенапряжениям.
- Малые потери при больших импульсных и переменных токах.
- Высокая надежность.
- Длительный срок службы — 100 000 ч при $T = 70$ °С.
- Малое эквивалентное последовательное сопротивление — 2,4–16 мОм на частоте 10 кГц (зависит от номинальной емкости и напряжения).
- Допустимый ток на частоте 10 кГц при температуре $T = 70$ °С — 3,5–20 А RMS (зависит от номинальной емкости и напряжения).
- Скорость нарастания напряжения dV/dt — 14–100 В/мкс (зависит от номинального напряжения и длины выводов).
- Диапазон рабочих температур — $-40...+105$ °С.

Серии В32932–В32936 — это металлопленочные полиэстеровые конденсаторы для бестрансформаторных источников питания. Их выпускают в прямоугольных изолированных корпусах с габаритами от 5×10,5×18 до 28×42,5×41,5 мм. Они рассчитаны на жесткие условия эксплуатации. Компоненты этих серий предназначены для последовательного включения в цепи переменного тока, для бестрансформаторных источников питания и счетчиков электроэнергии. В состав рассматриваемых серий входят конденсаторы с емкостью от 0,047 до 10 мкФ и номинальным

переменным напряжением 305 В, 50/60 Гц (в соответствии со стандартом IEC 60384-14).

Серии В32330, В32332 и В32333 (рис. 6а) — это металлопленочные полипропиленовые конденсаторы класса Super MotorCap в защитных алюминиевых корпусах и с выводами с двойной изоляцией. Компоненты выпускаются на номинальное переменное напряжение 250 и 450 В, 50/60 Гц с емкостью от 1 до 60 мкФ. Конденсаторы этих серий предназначены для использования в схемах, работающих на переменном токе промышленных частот, в качестве запускающих конденсаторов двигателей переменного тока, в том числе двигателей компрессоров.

Особенности и параметры конденсаторов:

- Хорошие свойства самовосстановления.
- Малый фактор рассеяния: тангенс угла потерь — менее 10^{-3} на частоте 120 Гц.
- Высокий уровень безопасности — P2 в соответствии со стандартом IEC 60252-1 2001-02.
- Обеспечение сброса избыточного давления в корпусе.
- Высокое напряжение изоляции.
- Соответствие стандартам: EN 60252 2001, UL810 file E 106388, TÜV class A 450 В/85 °С, климатическая категория 25/085/21 по IEC60068-1.
- Диапазон рабочих температур — $-20...+85$ °С.
- Скорость нарастания напряжения dV/dt макс. — 10 В/мкс.

Серия В32335 (рис. 6б) — это сдвоенные металлопленочные полипропиленовые конденсаторы класса Dual MotorCap в алюминиевых корпусах с пластиковым цоколем. Компоненты выпускаются на номинальное переменное напряжение 450 В, 50/60 Гц с емкостью от 10+1 до 60+10 мкФ. Компоненты рассчитаны на применение в качестве запускающих для двигателей переменного тока, в том числе для систем кондиционирования. Особенности и параметры компонентов в основном такие же, как и у конденсаторов уже рассмотренных серий.

Корпорация выпускает большое число типов алюминиевых электролитических конденсаторов. В каталоге фирмы 2012 года



Рис. 6. Конденсаторы серий: а) В32330, В32332, В32333; б) В32335

представлены следующие категории конденсаторов:

- в корпусах с аксиальными и звездообразно расположенными выводами;
- для импульсных приложений;
- с резьбовыми терминалами;
- с выводами для монтажа в отверстия;
- крупногабаритные;
- с выводами различной длины;
- многовыводные.

Новые серии алюминиевых конденсаторов

Серии В43740 и В43760 — это алюминиевые электролитические конденсаторы с резьбовыми терминалами, предназначенные для применения в преобразователях частоты, инверторах ветрогенераторов и солнечных батарей, бесперебойных и профессиональных источниках питания. Конденсаторы выпускаются в корпусах диаметром 51,6/64,3/76,9/91 мм и высотой 80,7–221 мм (резьба на терминалах М5, М6). Диапазон номинальной емкости — 1000–18 000 мкФ, значения номинального напряжения — 350/400/450/500 В.

Основные особенности и параметры конденсаторов:

- Высокая надежность.
- Отличные тепловые характеристики и устойчивость к пульсациям напряжения.
- Длительный срок службы — 250 000 ч (при T = 40 °C), 30 000 ч (T = 85 °C), 6000 ч (T = 105 °C).
- Широкий диапазон рабочих температур — -40...+105 °C в соответствии со стандартом IEC60068-1: 40/105/56.
- Полностью сварная конструкция, обеспечивающая надежные контакты.
- Терминалы с защитой от неправильной полярности PAPR (Protection Against Polarity Reversal): на положительном и отрицательном терминалах имеются различные фаски, исключающие неправильное подключение.
- Есть исполнения с возможностью установки на тепловод.
- Тангенс угла потерь — менее 0,2 (на частоте 60 Гц при T = 20 °C).
- Эквивалентное последовательное сопротивление ESR — 7–120 мОм на частоте от 100 Гц до 10 кГц (зависит от номинальной емкости).
- Собственная индуктивность — 15–20 нГн (для исполнений с малой индуктивностью — 13 нГн).
- Максимальный ток пульсаций — 34–80 А (в зависимости от диаметра корпуса).

Серии В43700 и В43720 (рис. 7а) — это алюминиевые электролитические конденсаторы с резьбовыми терминалами. Компоненты отличаются от рассмотренных выше более высоким номинальным напряжением — 600 В при T = 85 °C. Диапазон емкости — 1200–6800 мкФ. Основные области применения конденсаторов: промышленные



Рис. 7. Конденсаторы серий: а) В43700, В43720; б) В43547

источники питания, преобразователи частоты для драйверов и инверторов устройств фотовольтаики и ветроэнергетики.

Основные параметры близки к соответствующим параметрам конденсаторов рассмотренных выше серий.

Отличающиеся параметры:

- Срок службы — 75 000 ч (при T = 40 °C), 6000 ч (T = 85 °C).
- Диапазон рабочих температур — -40...+85 °C.
- Эквивалентное последовательное сопротивление ESR — 14–106 мОм.
- Максимальный ток пульсаций — 45–80 А.

Серия В43547 (рис. 7б) — это алюминиевые электролитические конденсаторы с выводами для монтажа в отверстия, предназначенные для применения в преобразователях частоты, инверторах солнечных батарей, бесперебойных и профессиональных источниках питания, медицинских приборах и телекоммуникационных системах. Конденсаторы могут быть использованы в цепях со значительными пульсациями. Их выпускают в корпусах с размерами от 25×25 до 35×55 мм. Диапазон емкости — 82–2200 мкФ, значения номинального напряжения — 200/250/400/450 В.

Основные особенности и параметры конденсаторов серии:

- Длительный срок службы — 175 000 ч при T = 50 °C и высокая надежность.
- Отличные характеристики на высоких частотах.
- Эквивалентное последовательное сопротивление — от 13 мОм (2200 мкФ) до 250 мОм на частоте 300 Гц при T = 60 °C. Зависимость импеданса конденсаторов от частоты при T = 20 °C приведена на рис. 8а.
- Оптимальное тепловое сопротивление.
- Есть исполнения с поливинилхлоридной и полиэстеровой изоляцией корпусов.
- Тангенс угла потерь — 0,15–0,2; ESL — около 20 нГн.
- Максимальный ток пульсаций I_{ACmax} на частоте 100 Гц при T = 60 °C — 1,84–12,9 А (C = 82–2200 мкФ). Графики относительной зависимости допустимого тока пульсаций конденсаторов от частоты приведены на рис. 8б.
- Диапазон рабочих температур — -40...+105 °C.

К категории новых продуктов относятся также алюминиевые электролитические конденсаторы серий:

- В43541 (Snap-in, 47–390 мкФ, 550–600 В, T = 85 °C);
- В43544 (Snap-in, 47–2200 мкФ, 200–550 В, T = 105 °C);
- В43545 (Snap-in, 82–820 мкФ, 400–450 В, T = 105 °C).

Литература

1. http://www.global.tdk.com/about_tdk/code_of_conduct/chapter_two.htm
2. <http://www.global.tdk.com/worldwide/>
3. <http://www.tdk-components.de/en/products/>
4. <http://www.epcos.com/web/generator/Web/Sections/Home/Homepage,templateId=render,locale=en.html>

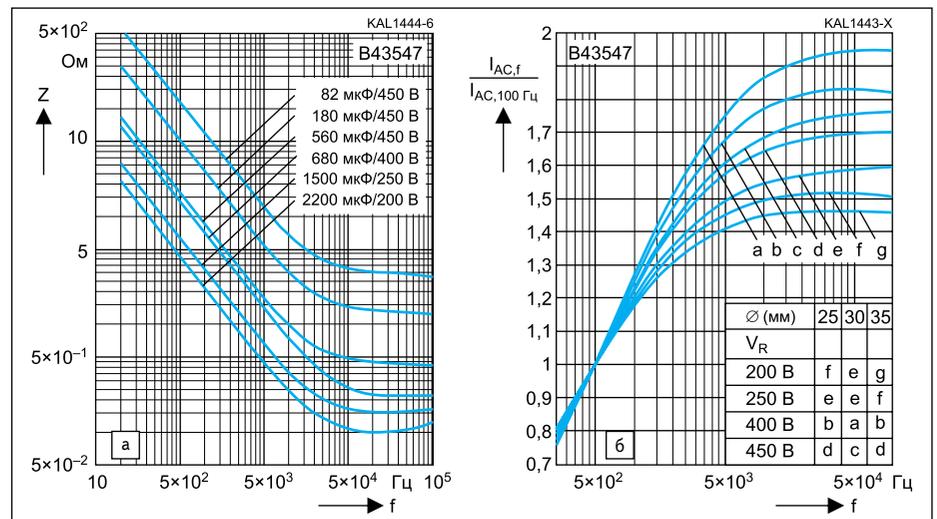


Рис. 8. Графики зависимости от частоты для конденсаторов серии В43547: а) импеданса конденсаторов серии; б) тока пульсаций