

# Электролитические и танталовые конденсаторы Hitachi AIC

Электролитические и танталовые конденсаторы фирмы Hitachi AIC уже много лет известны нашим разработчикам. Компания постоянно совершенствует технологии и улучшает параметры своих изделий. В статье рассматриваются хорошо известные и новые серии конденсаторов, которые, без сомнения, заинтересуют разработчиков силовой электроники и другой электронной техники.

Евгений Звонарев  
zvonarev@compel.ru

Компания Hitachi AIC была основана в 1965 году и входит в настоящий момент в Hitachi Chemical Group — составную часть гигантской корпорации Hitachi, основанной в 1910 году. Hitachi AIC широко известна как один из ведущих мировых производителей высококачественных алюминиевых конденсаторов и танталовых чип-конденсаторов, разрабатывающих новейшие технологии производства конденсаторов с улучшенными рабочими характеристиками, наиболее полно отвечающими требованиям рынка силовой электроники.

## Алюминиевые электролитические конденсаторы Hitachi AIC

Алюминиевые электролитические конденсаторы выпускаются в нескольких вариантах:

- с болтовыми выводами (Screw Terminal);
- с усиленными выводами-защелками (Snap-In);
- для монтажа на печатную плату.

Разнообразие серий электролитических конденсаторов Hitachi AIC с болтовыми выводами показано на рис. 1.

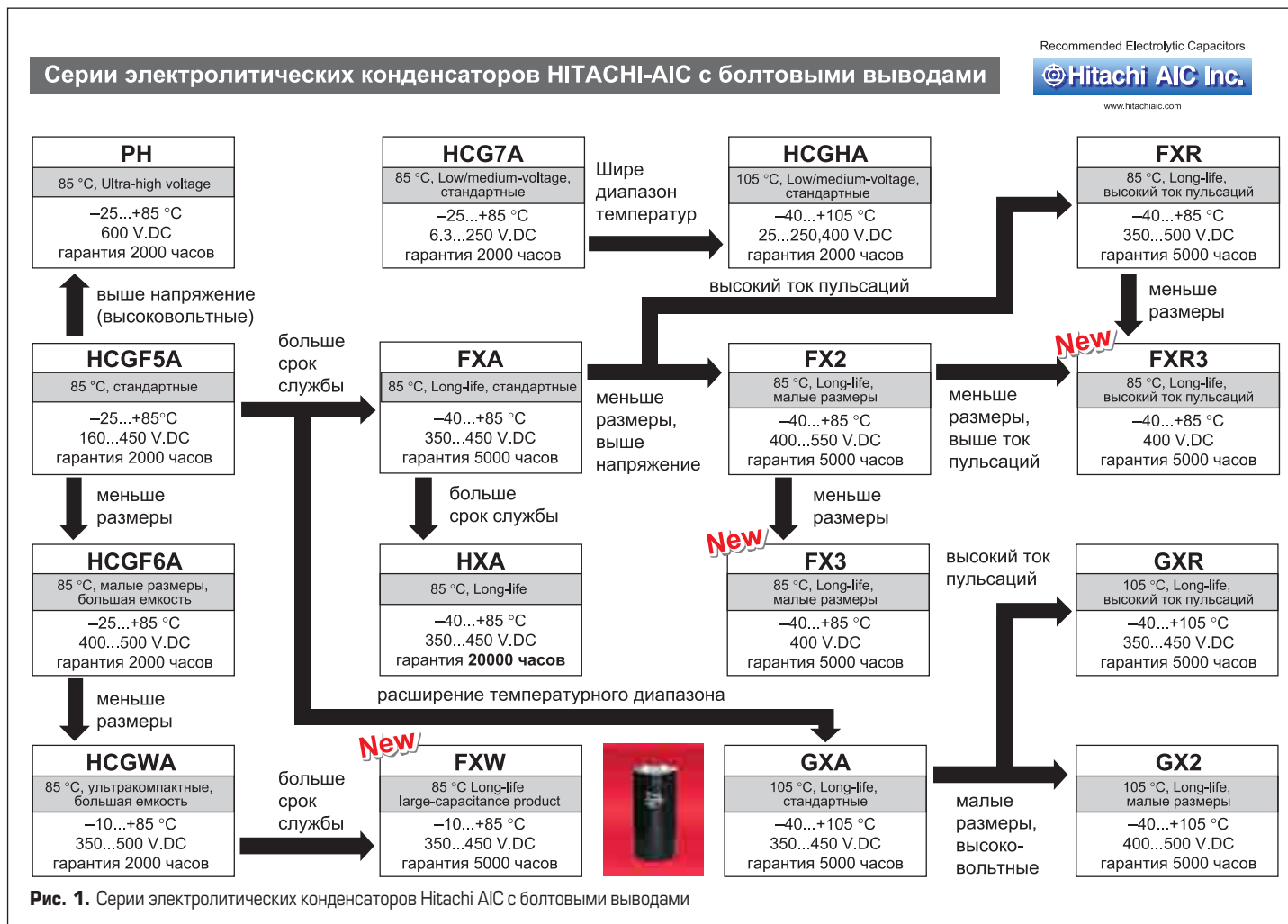


Таблица 1. Параметры электролитических конденсаторов Hitachi AIC с болтовыми выводами

Серия	Свойства	Гарантированный срок службы, ч	Типовой срок службы, ч	Диапазон рабочих температур, °С	Стандартные	Малые размеры	Повышенная надежность	Диапазон рабочих напряжений, VDC	Диапазон емкостей, мкФ
PH	Высокое рабочее напряжение	2000	4000	-25...+85	•			600	1200-4700
HCGWA	Малые размеры, высокая емкость	2000	4000	-10...+85		•		350-500	5600-39 000
FXW	Высокий срок службы, большая емкость (новая серия)	5000	8000	-10...+85		•	•	350-450	9000-38 000
FXR3	Высокий срок службы, большой ток пульсаций (новая серия)	5000	8000	-40...+85		•	•	400	3900-22 000
FXR	Высокий срок службы, большой ток пульсаций	5000	8000	-40...+85			•	350-500	1500-12 000
GXR	Высокий срок службы, большой ток пульсаций	5000	8000	-40...+105			•	350-450	1800-10 000
HCG7A	Стандартные, низкое/среднее рабочее напряжение	2000	4000	-25...+85	•			6,3-250	1000-680 000
HCGF6A	Малые размеры, высокая емкость	2000	4000	-25...+85		•		400-500	1200-22 000
HCGF5A	Стандартные	2000	4000	-25...+85	•			160-450	270-39 000
FX3	Высокий срок службы, малые размеры (новая серия)	5000	8000	-40...+85		•	•	400	2200-8200
FX2	Высокий срок службы, малые размеры	5000	8000	-40...+85		•	•	400-550	1000-22 000
FXA	Большой срок службы, стандартные	5000	8000	-40...+85	•		•	350-450	1000-18 000
HCGHA	105 °С, стандартные	2000	4000	-40...+105	•		•	25-400	330-330 000
GX2	Высокий срок службы, малые размеры	5000	8000	-40...+105		•	•	400-500	1000-10 000
GXA	Большой срок службы, стандартные	5000	8000	-40...+105	•		•	350-450	1000-15 000
HXA	Большой срок службы	20 000	20 000	-40...+85	•		•	350-450	1000-15 000

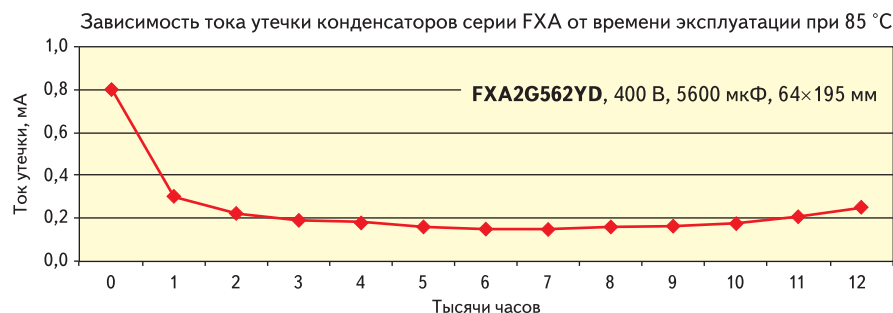
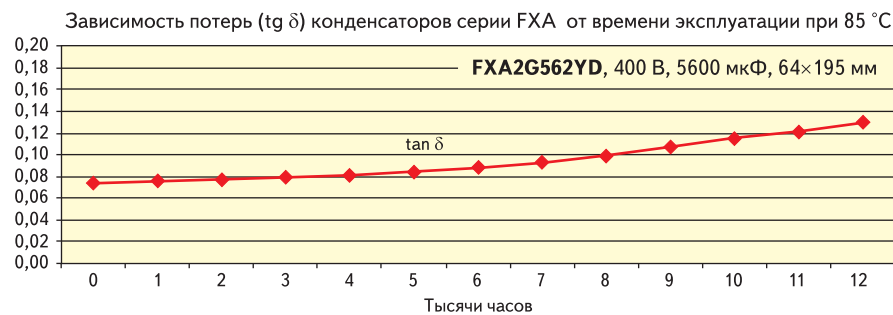
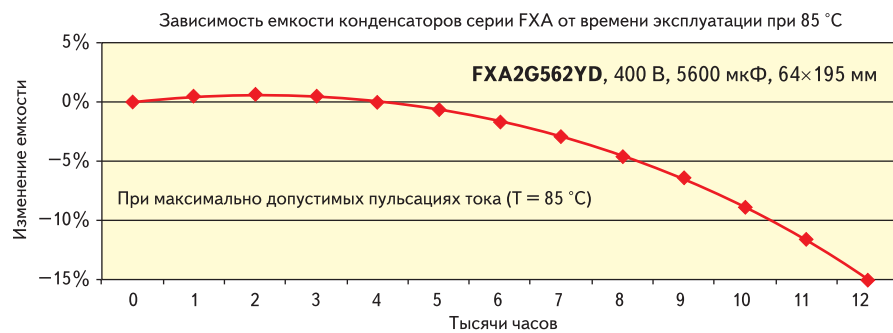


Рис. 2. Зависимости емкости, tg δ и тока утечки электролитических конденсаторов серии FXA от времени и условий эксплуатации

Основные параметры электролитических конденсаторов с болтовыми выводами приведены в таблице 1.

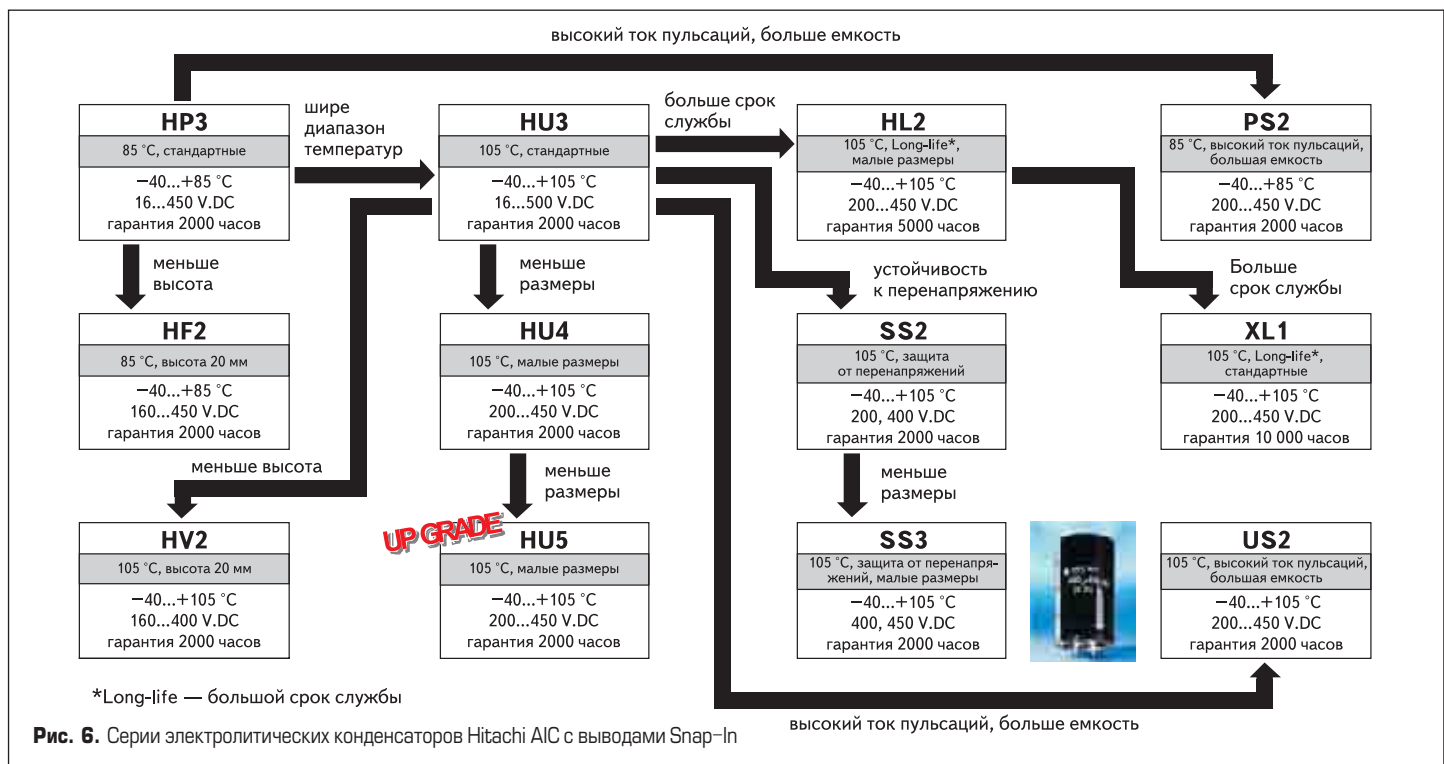
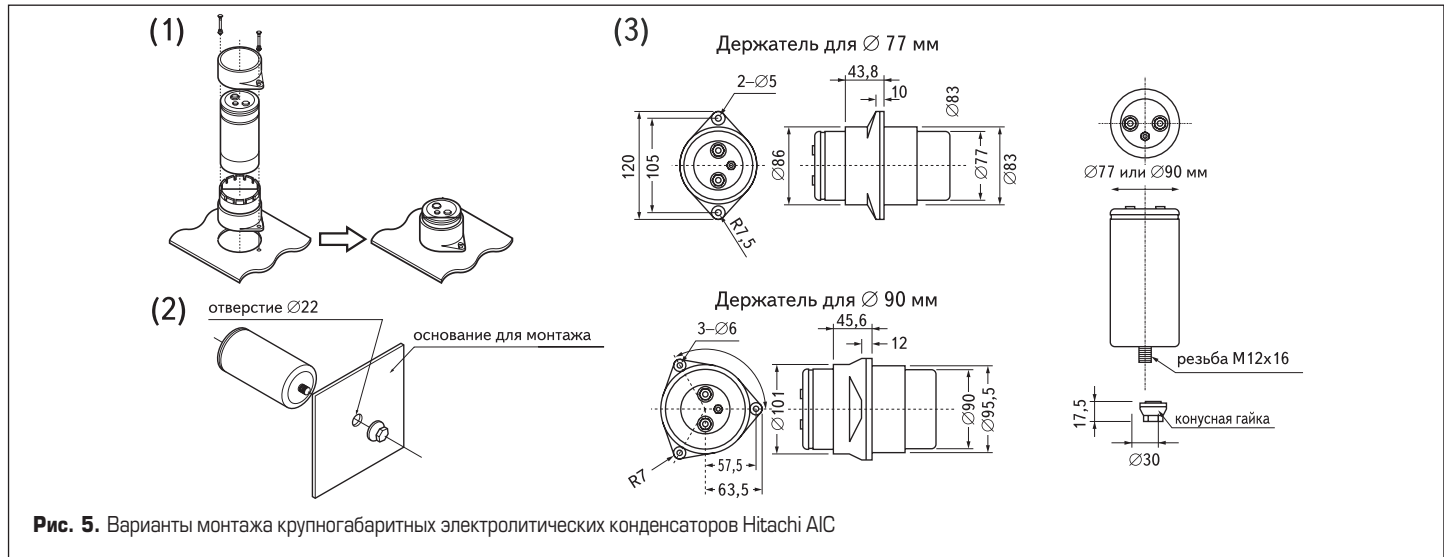
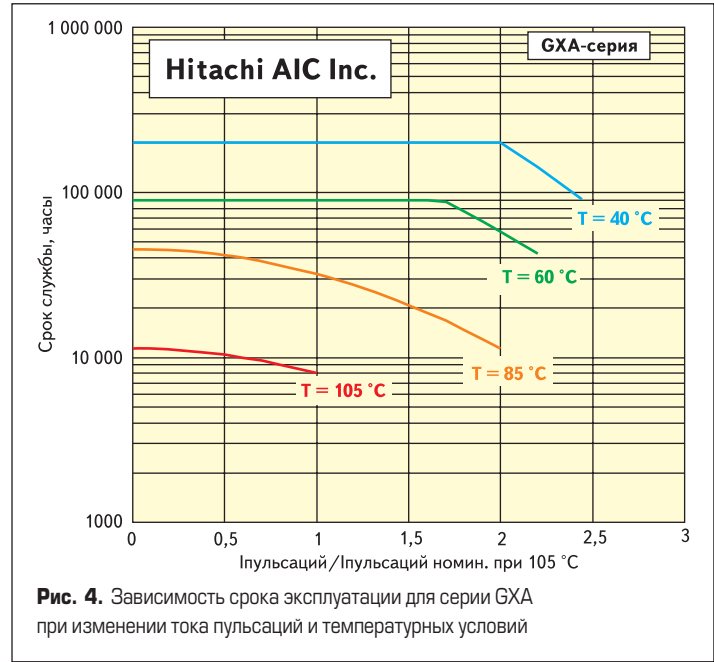
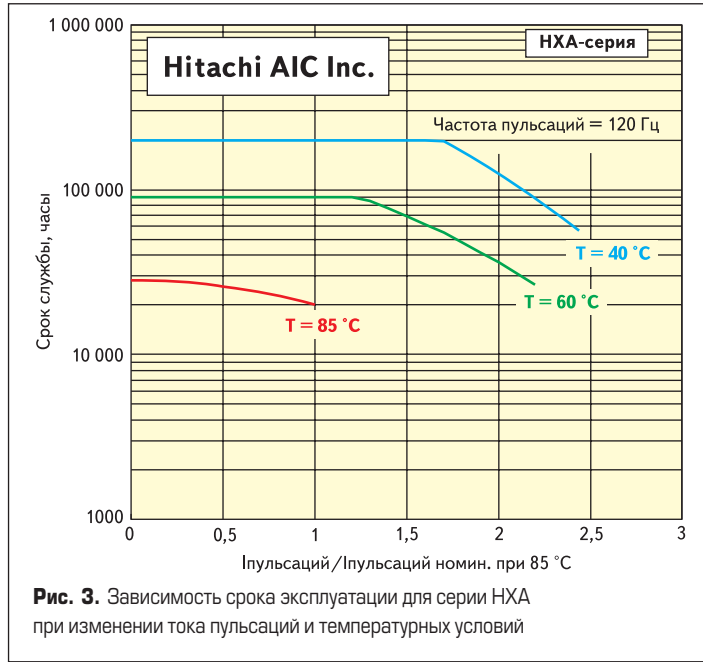
При выборе электролитических конденсаторов необходимо внимательно оценивать параметр, который называется «срок службы» или «срок эксплуатации». Эта характеристика приводится производителем для каждой серии и составляет для серии FXA, например, 10–12 тысяч часов. Это гарантированный срок работы при максимально допустимой температуре и максимальном токе пульсаций при этой температуре. То есть в документации производитель указывает срок службы для максимально жестких условий эксплуатации. Если температура и ток пульсаций будут меньше максимально допустимых, то и гарантированный срок эксплуатации может возрасти в десятки раз. Реальный (типовой) срок эксплуатации обычно оказывается в 1,5–2 раза больше расчетного. Это отражено в столбце «Типовой срок службы» таблицы 1. Под окончанием срока эксплуатации производитель подразумевает момент времени, при котором на 10–15% ухудшились основные параметры электролитического конденсатора (уменьшилась емкость, увеличился фактор потерь tg δ, возрос ток утечки). Это проиллюстрировано на рис. 2.

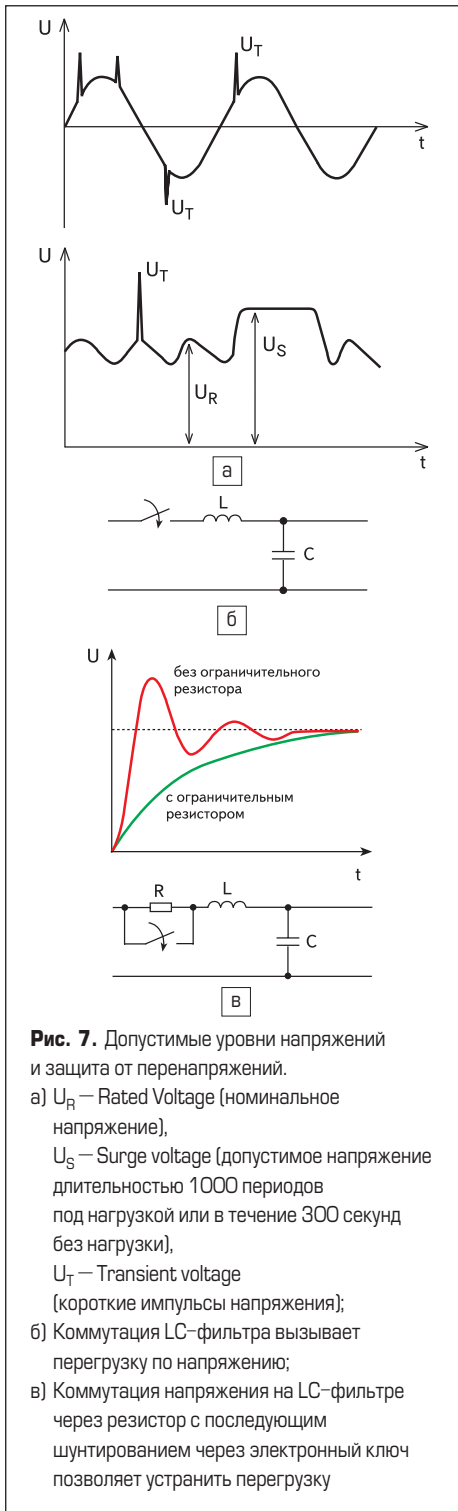
Из рис. 2, приведенного в документации Hitachi AIC для серии FXA, видно, что под окончанием срока эксплуатации производитель подразумевает уменьшение емкости на 10% и увеличение потерь на 12–13% при работе на максимально допустимых пульсациях тока и при максимальной температуре для данной серии. Интереснее всего ведет себя ток утечки. В первую тысячу часов эксплуатации он даже резко уменьшается, затем в течение большей части срока службы ток утечки практически не изменяется, возрастая лишь в самом конце гарантированного периода работоспособности. Конечно, это типовые графики, но они дают наглядное представление о гарантированном сроке безотказной работы.

Зависимости гарантированного времени эксплуатации с учетом изменения тока пульсаций, при котором работают конденсаторы серий HXA (85 °С) и GXA (105 °С), показаны на рис. 3 и 4. Измерения производились при частоте пульсаций 120 Гц (данные взяты из документации производителя для серий HXA и GXA).

Hitachi AIC не выделяет серии электролитических конденсаторов с низким эквивалентным последовательным сопротивлением (Low ESR), но в документации для каждой серии указаны значения ESR (эквивалентное последовательное сопротивление) и ESL (эквивалентная последовательная индуктивность). Некоторые серии гарантированно можно считать имеющими низкое значение ESR, поэтому разработчику желательно внимательно изучить параметры всех близких серий для оптимального выбора электролитического конденсатора.

Уменьшение тока пульсаций и температуры эксплуатации электролитических конденсаторов позволяет существенно (в некоторых случаях даже в десятки раз) увеличить срок службы этих компонентов — это основной





вывод, который можно сделать из графиков на рис. 3 и 4. Окончание срока эксплуатации (End of life) при допустимых температурных и электрических режимах не означает, что наступает катастрофический отказ конденсатора — происходит только выход параметров за оговоренные производителем допустимые пределы. Исходя из этого, можно предложить несколько способов увеличения продолжительности безотказной работы электролитических конденсаторов:

- Выбор конденсатора из серии с повышенной надежностью.
- Выбор конденсатора с более широким рабочим диапазоном температур.
- Уменьшение пульсаций тока в конденсаторе — этого можно достичь увеличением емкости.

**Таблица 2.** Параметры электролитических конденсаторов Hitachi AIC с выводами Snap-In

Серия	Свойства	Гарантированный срок службы, ч	Типовой срок службы, ч	Диапазон рабочих температур, °C	Стандартные	Малые размеры	Повышенная надежность	Малая высота (Low profile)	Диапазон рабочих напряжений, VDC	Диапазон емкостей, мкФ
PS2	Высокий ток пульсаций, большая емкость	2000	4000	-40...+85		•	•		200-450	390-4700
US2	Высокий ток пульсаций, большая емкость	2000	4000	-40...+105		•	•		200-450	330-4700
HP3	Стандартные	2000	4000	-40...+85	•				16-450	68-33000
HU5	Малые размеры (обновленная серия)	2000	4000	-40...+105		•			200-450	56-1500
HU4	Малые размеры	2000	4000	-40...+105		•			200-450	56-2200
HU3	Стандартные	2000	4000	-40...+105	•				16-500	39-33 000
HL2	Высокий срок службы, малые размеры	5000	8000	-40...+105		•	•		200-450	47-1500
XL1	Большой срок службы, стандартные	10000	15000	-40...+105	•		•		200-450	39-1500
SS3	Малые размеры, устойчивость к перенапряжению	2000	4000	-40...+105		•	•		400, 450	39-470
SS2	Устойчивость к перегрузке по напряжению	2000	4000	-40...+105			•		200, 400	68-1500
HF2	Малая высота (Low profile)	2000	4000	-40...+85				•	160-450	33-470
HV2	Малая высота (Low profile)	2000	4000	-40...+105				•	160-400	33-470

**Таблица 3.** Связь между номинальным напряжением (Rated Voltage) и допустимым кратковременным напряжением (Rated Surge Voltage)

Номинальное напряжение (Rated Voltage)	6,30	10	16	25	35	50	63	80	100	160	200	250	315	350	400	450	500
Допустимое кратковременное напряжение (Rated Surge Voltage)	8	13	20	32	44	63	79	100	125	200	250	300	365	400	450	500	550

- Выбор конденсатора с большей величиной допустимого рабочего напряжения, если это возможно.
- Выбор конденсатора с низким значением эквивалентного последовательного сопротивления (Low ESR). Для каждого номинала электролитического конденсатора Hitachi AIC в документации указывает значение ESR и ESL. Конденсаторы с низким значением ESR допускают высокие уровни пульсаций тока, поэтому при равных условиях эксплуатации срок службы у них будет больше. Следует учитывать, что при температурах около -40 °C эквивалентное последовательное сопротивление резко возрастает.
- Облегчение температурного режима эксплуатации (установка конденсатора на теплоотводящее шасси или радиатор, рис. 5). Необходимо отметить, что все изделия для крепежа имеют свои собственные наименования и в комплект поставки электролитического конденсатора не входят. Правильный монтаж также исключает механические повреждения конденсаторов при ударах и вибрациях аппаратуры.
- Выбор конденсатора с минимальным током утечки.
- Выбор конденсатора от ведущего мирового производителя.

В работающем приборе конденсаторы находятся под воздействием постоянного и пульсирующего напряжений. Свой вклад в потери и нагрев конденсатора вносит и сопротивление утечки, которое характеризует качество изоляции между обкладками. Мощность потерь, вносимая током утечки, пропорциональна квадрату тока утечки или квадрату постоянной составляющей напряжения на конден-

саторе. Когда номинального рабочего напряжения конденсаторов недостаточно, их приходится соединять последовательно. В этом случае напряжение на них может распределяться неравномерно из-за технологического разброса номиналов. Рассмотрим конкретный пример последовательного включения двух электролитических конденсаторов с номинальным напряжением 350 В постоянного тока, емкость которых имеет допуск ±20% от номинального значения. В худшем случае при максимальном разбросе емкость одного из них будет составлять 80%, а у другого — 120% от номинала. Теоретически при суммарном напряжении 700 В к одному из конденсаторов будет приложено 420 В, а к другому — 280 В. И это без учета разброса сопротивлений утечки. Чтобы уравновесить напряжения, параллельно каждому конденсатору подключают выравнивающие резисторы. Специально для этих целей Hitachi AIC выпускает резисторы с максимальной мощностью от 5 до 20 Вт, которые крепятся винтами непосредственно к болтовым выводам конденсаторов.

Кроме конденсаторов с болтовыми выводами Hitachi AIC выпускает электролитические конденсаторы с усиленными выводами (рис. 6).

Конденсаторы с выводами-защелками уже давно завоевали широкую популярность. Рис. 6 позволит сориентироваться в правильном выборе для достижения оптимального соотношения цены и качества. Конструкция выводов Snap-In упрощает монтаж конденсаторов на печатную плату. Параметры электролитических конденсаторов Snap-In сведены в таблицу 2.

На рис. 7 показана взаимосвязь между номинальным рабочим напряжением (Rated Voltage) и допустимым кратковременным на-

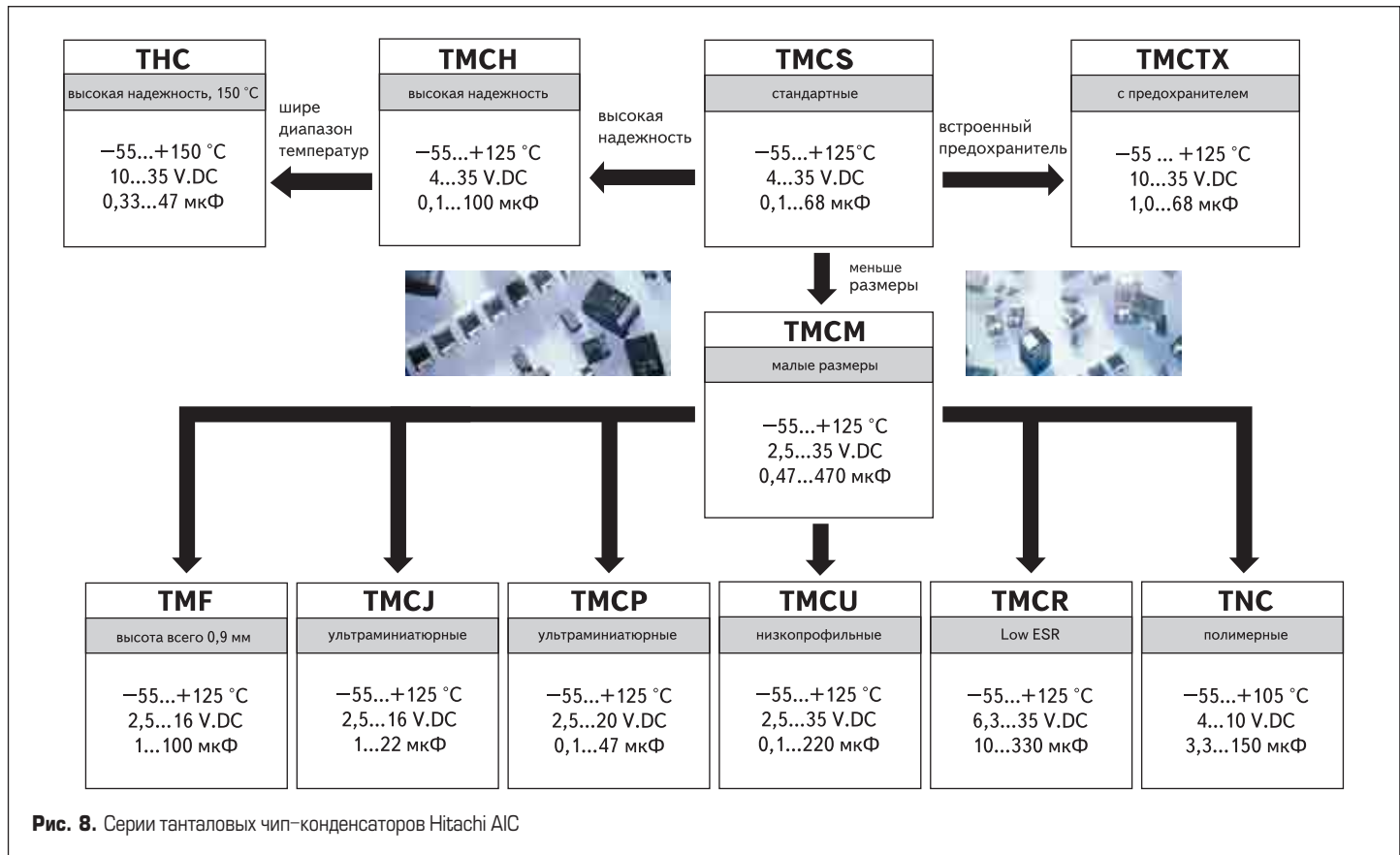


Таблица 4. Параметры танталовых чип-конденсаторов Hitachi AIC

Серия	Описание	Рабочий диапазон температур, °C	Стандартные	Малые размеры	Высокая надежность	Малая высота	Low ESR	Диапазон рабочих напряжений, В	Диапазон емкостей, мкФ
TNC	Высококачественные, полимерные	-55...+105					•	4-10	3,3-150
TMF	Уменьшенный размер, высота корпуса 0,9 мм	-55...+125		•				2,5-16	1-100
TMCJ	Уменьшенный размер корпуса (0603)	-55...+125		•				2,5-16	1-22
TMCS	Стандартные размеры корпусов	-55...+125	•					4-35	0,1-68
TMCM	Уменьшенные размеры корпусов	-55...+125		•				2,5-35	0,47-470
TMCP	Уменьшенный размер корпуса (0805)	-55...+125		•				2,5-20	0,1-47
TMCU	Низкопрофильные корпуса	-55...+125				•		2,5-35	0,1-220
TMCR	Низкое эквивалентное сопротивление (ESR)	-55...+125					•	6,3-35	10-330
TMCH	Высоконадежное исполнение	-55...+125			•			4-35	0,1-100
TMCTX	Наличие встроенного предохранителя	-55...+125			•			10-35	1,0-68
THC	Расширенный температурный диапазон до 150 °C	-55...+150			•			10-35	0,33-47

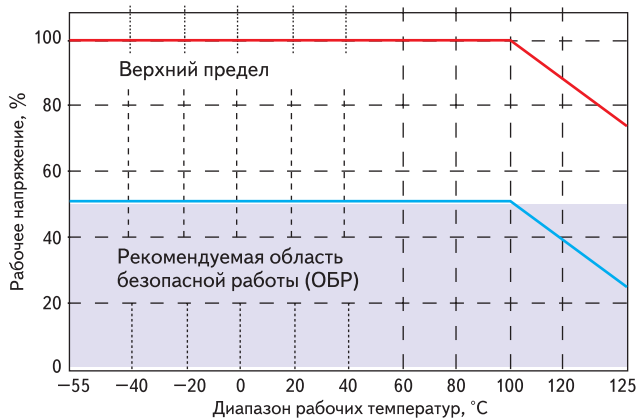


Рис. 9. Рекомендуемая область безопасной работы танталовых чип-конденсаторов Hitachi AIC

пряжением (Surge Voltage), а в таблице 3 приведена числовая зависимость между этими напряжениями.

При работе конденсатора совместно с индуктивностью на первом возникают перенапряжения. Ограничительный резистор и электронный ключ, шунтирующий ограничительный резистор после окончания заряда конденсатора, позволяют полностью устранить перегрузку (рис. 7).

### Танталовые чип-конденсаторы Hitachi AIC

Кроме электролитических конденсаторов Hitachi AIC выпускает широкую номенклатуру танталовых чип-конденсаторов стандартных типоразмеров обычной и повышенной надежности, с низким эквивалентным сопротивлением. Имеются низкопрофильная и миниатюрная серия, специальная серия конденсаторов со встроенным тепловым предохранителем. Диапазоны рабочих температур танталовых чип-конденсаторов -55...105 °C, -55...125 °C, -55...150 °C. Взаимосвязь между сериями танталовых чип-конденсаторов Hitachi AIC показана на рис. 8, а их основные параметры сведены в таблице 4.

На рис. 9 показана рекомендуемая производителем область безопасной работы для танталовых чип-конденсаторов. Главный вывод, который можно сделать на основании рис. 9: желательно иметь двукратный рекомендуемый запас по напряжению.

Дополнительную информацию об электролитических и чип-танталовых конденсаторах Hitachi AIC с PDF файлами от производителя (datasheets) можно найти на сайте Hitachi AIC [www.aic-europe.com](http://www.aic-europe.com).