

# Время жизни

## алюминиевого электролитического конденсатора

В статье рассматриваются вопросы влияния температурных и электрических режимов работы алюминиевых электролитических конденсаторов на срок их службы, приводятся рекомендации по выбору типов электролитических конденсаторов.

Сергей Гудков

sv@poliset.ru

Для оценки срока службы электронного изделия разработчики должны учитывать эффективное время жизни каждого электронного компонента. Особенно следует обращать внимание на электролитические конденсаторы, срок службы которых в большой степени зависит от температурных режимов эксплуатации. Ниже приведена методика оценки времени жизни алюминиевого электролитического конденсатора в реальных эксплуатационных условиях.

### Оценка времени жизни при незначительном пульсирующем токе

Время жизни алюминиевого электролитического конденсатора тесно связано с окружающей температурой и примерно может быть выражено уравнением Аррениуса:

$$t = t_{\max} * 2^{[(T_{\max} - T)/10]} \quad [1]$$

где  $T$  — рабочая температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$t$  — время жизни при температуре  $T$  (час),

$T_{\max}$  — предельная гарантированная температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$t_{\max}$  — время жизни при температуре  $T_{\max}$  (час).

Влияние на время жизни конденсатора таких эффектов, как снижение приложенного напряжения и др., пренебрежимо мало по сравнению с влиянием температурных эффектов.

### Оценка времени жизни с учетом пульсирующего тока

Импульсный ток влияет на время жизни конденсатора, так как внутренние потери (за счет эквивалентного последовательного сопротивления) ведут к выработке тепловой энергии. Количество тепла определяется по формуле:

$$P = I^2 * R \quad [2]$$

где  $I$  — сила импульсного тока (А),

$R$  — эквивалентное последовательное сопротивление (ЭПС) (Ом).

С ростом температуры конденсатора:

$$\Delta T = I^2 R / A\alpha \quad [3]$$

где  $\Delta T$  — увеличение температуры внутри конденсатора ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$I$  — сила импульсного тока (А),

$R$  — ЭПС (Ом),

$A$  — площадь поверхности конденсатора ( $\text{см}^2$ ),

$\alpha$  — коэффициент теплообмена (около  $1,5 - 2 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ).

Из уравнения (3) видно, что рост температуры конденсатора пропорционален квадрату силы протекающего тока и ЭПС и обратно пропорционален площади поверхности конденсатора. Поэтому величина пульсирующего тока определяет количество выделяемого тепла, влияющего на время жизни конденсатора. Величина  $\Delta T$  может быть различно в зависимости от типа конденсатора и условий работы. Рекомендуемые условия таковы, чтобы величина  $\Delta T$  оставалась менее  $5^{\circ}\text{C}$ . На рис. 1 показана точка измерения температуры на поверхности конденсатора.

Таким образом, исходя из вышесказанного можно получить несколько уровней для расчета времени жизни конденсатора.

1. Уравнение для расчета времени жизни конденсатора, учитывающее внешнюю температуру и пульсирующий ток, выглядит следующим образом:

$$t = t_{\text{пост}} * 2^{[(T_{\max} - T)/10]} * k^{(-\Delta T/10)}$$

где  $t_{\text{пост}}$  — время жизни при работе с постоянным током (час),

$k$  — коэффициент усиления импульсов ( $k=2$ , если импульсы не выходят за пределы нормы,  $k=4$  если выходят),

$T_{\max}$  — предельная гарантированная температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T$  — рабочая температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$\Delta T$  — повышение температуры внутри конденсатора ( $^{\circ}\text{C}$ ).

2. Уравнение для расчета времени жизни конденсатора при работе с номинальным пульсирующим током и при условии неперевышения предельной гарантированной температуры, можно получить уравнения (4):

$$t = t_{\text{имп}} * 2^{[(T_{\max} - T)/10]} * k^{[(\Delta T_{\max} - \Delta T)/10]}$$

где  $t_{\text{имп}}$  — время жизни с номинальным импульсным током при предельной гарантированной температуре (час),

$\Delta T_{max}$  — увеличение температуры внутри конденсатора при предельной гарантированной температуре ( $^{\circ}C$ ).

3. Уравнение времени жизни, в котором учитывается температура окружающего воздуха и пульсирующий ток, выводится из уравнения (5):

$$t = t_{max} * 2^{[(T_{max} - T) / 10]} * k * [1 - (I / I_{max})^2] (\Delta T_{max} / 10)^{-1} \quad [6]$$

где  $I$  — рабочий пульсирующий ток (А),  $I_{max}$  — номинальный импульсный ток при предельной гарантированной температуре (А).

Фактически измерить увеличение температуры на электролите конденсатора трудно. В таблице приведен коэффициент  $kT$  в зависимости от диаметра корпуса конденсатора, с помощью которого можно преобразовать увеличение температуры поверхности конденсатора к увеличению основной температуры его ядра.

**Приблизительная оценка времени жизни конденсатора в рабочих условиях**

Гарантируемый срок службы конденсатора означает, что его номинальная емкость в течение заявленного периода времени при максимальных рабочих температуре и напряжении не превысит определенного отклонения (обычно 20 % от номинала).

Например, конденсатор имеет срок службы 1000 часов и максимальную рабочую температуру 105  $^{\circ}C$ . После 1000 часов конденсатор будет работать, но отклонение его емкости от номинала будет постепенно увеличиваться, пока электролит не высохнет и не произойдет разрыв электрической цепи (в зависимости от серии, до полного высыхания электролита может пройти около двух сроков службы).

Срок службы существенно увеличивается, если конденсатор эксплуатируется при рабочей температуре ниже максимальной. Например, время жизни конденсатора удваивается при снижении рабочей температуры на каждые 10  $^{\circ}C$ . Это правило действует при снижении рабочей температуры до 40  $^{\circ}C$ . При снижении от 40 до 0  $^{\circ}C$  время жизни конденсатора увеличивается не так существенно.

Из вышесказанного следует, что заявленный в спецификации срок службы электролитического конденсатора является очень консервативной оценкой. В реальных рабочих условиях время жизни конденсатора намного больше зависит от заявленной максимальной рабочей температуры конденсатора. На рис. 2 приведены зависимости времени жизни от рабочей температуры для различных типов конденсаторов. Из графика видно, что при равных эксплуатационных условиях и одинаковом заявленном сроке службы, время жизни конденсатора с  $T_{max} = 105^{\circ}C$  будет в четыре раза превышать время жизни конденсатора с  $T_{max} = 85^{\circ}C$ .

В заключении можно сделать вывод, что электролитические конденсаторы с расширенным температурным диапазоном предоставляют возможность повысить надежность и срок службы РЭА. И как следствие этого,

Таблица

Диаметр корпуса, мм	-10	12,5-16	18	22	25	30	35	51	76	89
$kT$ -Ядро/Поверхность	1,1	1,2	1,25	1,3	1,4	1,6	1,65	1,9	2,45	2,65

в связи с резким падением спроса на конденсаторы с  $T_{max} = 85^{\circ}C$  на мировом рынке, многие ведущие производители конденсаторов, такие как Teapo Electronic Corporation, Rubycon Corporation, Illinois Capacitor, Inc., сокращают их производство. В частности, Teapo Electronic Corporation в настоящий момент производит и поставляет на российский рынок алюминиевые электролитические конденсаторы только с расширенным температурным диапазоном, при этом их цена у данного производителя не превышает цену обычных «электролитов».

Дополнительную информацию можно получить в компании «ПОЛИСЭТ» ([www.poliset.ru](http://www.poliset.ru)), эксклюзивного представителя Teapo Electronic Corporation в России и странах СНГ.



Рис. 1

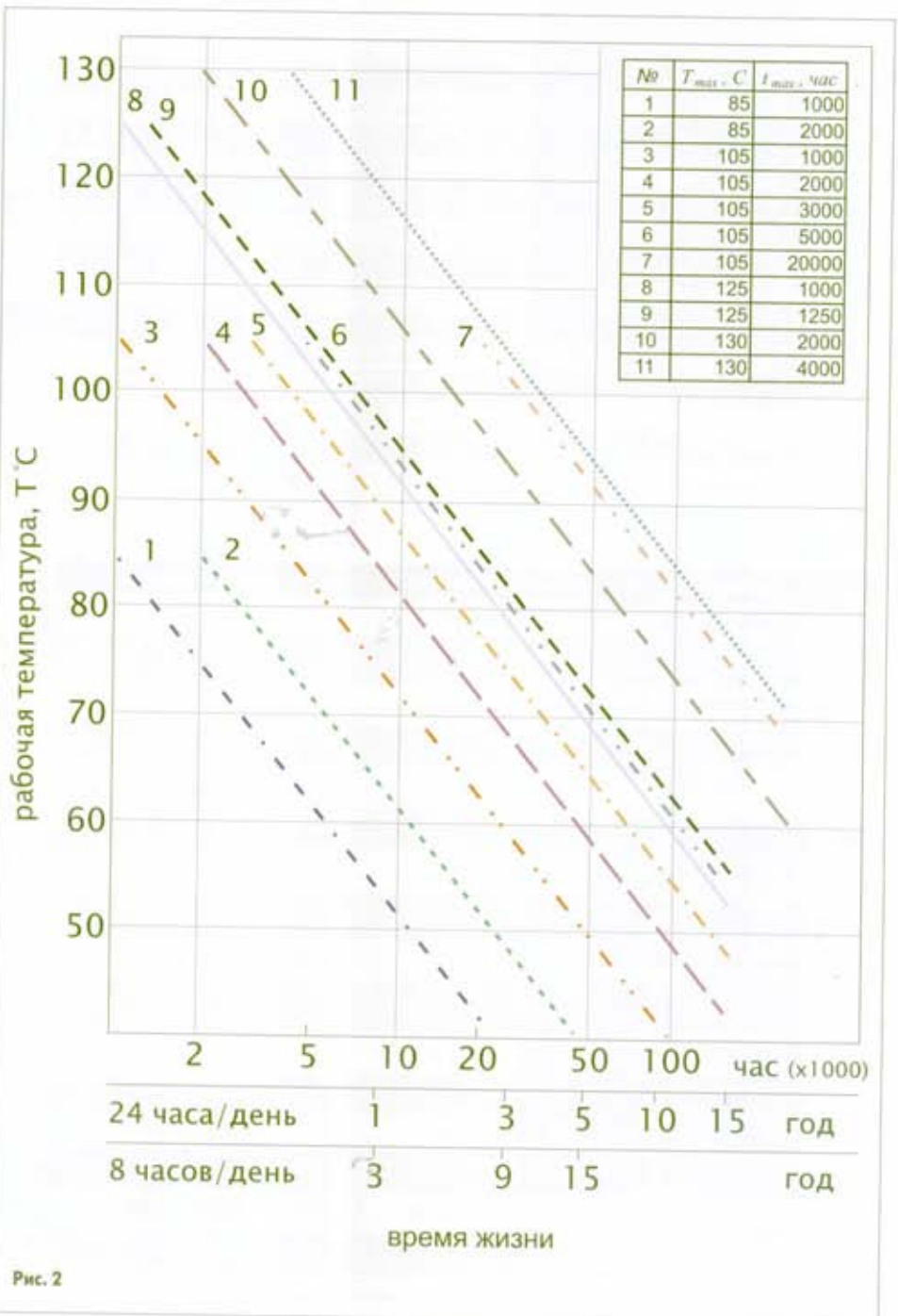


Рис. 2