

Изследване стабилността на електронни компоненти

1. Теоретична част

1.1. Стабилност на електронните компоненти

Стабилността на един електронен компонент показва, как неговите параметри се изменят във времето под влияние на различни фактори – електрическо натоварване, влияние на параметрите на околната среда (напр. температура и влажност). Стабилността е пряко свързана с вероятността за безотказна работа на съответния компонент, тъй като промяната на стойностите на даден негов параметър ще преминат допустимите граници в даден момент от време, т.е. ще настъпи отказ. Освен това стабилността на даден компонент има пряко отношение към надеждността на електронна схема, част от която е той. В зависимост от чувствителността спрямо този елемент в електронната схема, може дори при добра стабилност на компонента да се стигне до ранен отказ на системата.

Основен показател за стабилността на един електронен елемент е неговия необратим дрейф на даден параметър. Например при резистор, необратимия дрейф на съпротивлението за време на работа на резистора t се дефинира като относителното изменение на съпротивлението за този период от време [1]:

$$D(t) = \frac{R_t - R_0}{R_0}, \quad (1.1)$$

където R_t е съпротивлението на резистора след период от време t и R_0 е съпротивлението на резистора преди този период от време.

Примерни причини за възникване на необратим дрейф [1]:

- физикохимични реакции в резистивния елемент (отложен слой при слојните резистори или навит проводник при жичните) и в изолационните елементи на резистора (тяло на резистора, външно покритие);
- механични деформации, вследствие на създаването или изчезването на механични напрежения в резистивния елемент.

Ускоряването на тези ефекти е пряко свързано с увеличаването на температурата на резистивния слой, особено ако е налице циклично изменение на температурата на резистивния слой в широки граници. Увеличеното електрическо натоварване на резистора води до допълнително увеличаване на температурата на резистивния слой поради самонагриване. По принцип необратим дрейф се наблюдава обикновено след относително дълъг период на работа (месеци и години).

1.2. Методи за прогнозиране стабилност на резистори

За прогнозиране на стабилността на резисторите са необходими данни от проведени надеждностни изпитвания, даващи информация за стабилността при някакви конкретни условия (температура на околната среда, отделяна мощност от резистора, време на натоварването, характер на натоварването – непрекъснато или циклично). Обикновено такива данни са налични в документацията на резисторите. Тези данни обикновено са получени при провеждането на ускорени тестове (например за 1000 часа). За да може да се изчисли стабилността за произволно време на работа и при произволна температура, е необходимо да се знае фактора на ускорението. Той обикновено се определя като надеждностните изследвания се извършват при различна степен на ускорение (например при две температури на околната среда).

Стабилността на даден резистор за произволно време и произволна температура може да се изчисли, като се използва моделът на Арениус, разглеждащ зависимостта на режимите на отказ от температурата.

Примерна формула за изчисляване на необратимия дрейф на тънкослойни резистори [2]:

$$D(t) = \frac{R_t - R_0}{R_0} = 2^{\frac{T_t - T_0}{a}} \times \sqrt{\frac{t}{t_0}} \times D_0, \quad (1.2)$$

където t е времето на натоварване, за което се извършва изчислението, t_0 е времето, за което е извършено надеждностното изпитване (взема се от документацията на елемента), D_0 е необратимият дрейф, получен след надеждностното изпитване (взема се от документацията на елемента), a е параметър, показващ при каква промяна на температурата на резистивния слой необратимият дрейф се изменя двойно за едно и също време (при тънкослойни резистори обикновено има стойност 30 K), T_t е температура на резистивния слой, за която се извършва изчислението, T_0 е температура на резистивния слой, при която е извършено надеждностното изпитване.

За да може да се изчисли температурата на резистивния слой е необходимо да се знае топлинното съпротивление резистивен слой-околна среда на резистора, както и разсейваната мощност [2]:

$$T_{res} = T_a + R_{th_{r-a}} \times P, \quad (1.3)$$

където T_{res} е температурата на резистивния слой, T_a е температурата на околната среда, $R_{th_{r-a}}$ е топлинното съпротивление резистивен слой-околна среда и P е мощността, отделяна от резистора.

1.3. Отчитане на дрейфа на електронните компоненти при симулации на електронни схеми

Обикновено целта за определянето на дрейфа на даден елемент е, за да се изследва неговото влияние върху работата на електронна схема, част от която е той. Най-лесно дрейфа може да отчете като се прибави към заводския толеранс на елемента при извършване на толерансни параметрични анализи. Например, ако един резистор има заводски толеранс от $\pm 5\%$ и е изчислен дрейф за конкретния случай от $\pm 1.5\%$, то сумарния толеранс ще стане $\pm 6.5\%$.

Това показва, че необратимия дрейф на електронните компоненти може да моделира при всеки тип симулатор, позволяващ извършването на толерансни параметрични анализи без добавянето на някаква допълнителна функционалност (напр. потребителски функции, макроси и други).

Използвана литература

[1] <http://www.vishaypg.com/docs/63171/TN104.pdf>

[2] <https://www.vishay.com/docs/28809/driftcalculation.pdf>

Задачи за изпълнение:

Всеки един студент трябва сам да избере един от вариантите на задачата и да представи решение. Задачите и отговорите са в Лаб. упр №5.

Вариант 1

Изчислете необратимия дрейф на съпротивлението в % или ppm след период от 5 години на тънкослоен резистор при температура на околната среда от 65°C и разсейвата мощност 50mW , използвайки формула 1.2 в теоретичната част на упражнението при стойност на параметъра $a=30\text{K}$. Параметри на резистора: макс. допустима разсейвана мощност: 0.1W ; топлинно съпротивление резистивен слой-околна среда: 500°C/W . Параметри, при които е извършено ускореното изпитване: Температура на околната среда: 125°C ; време на изпитването: 1000 часа; разсейвана мощност: максимално допустимата. Като резултат от ускореното изпитване е получен необратим дрейф на съпротивлението от $\pm 2\%$.

Вариант 2

Изчислете необратимия дрейф на съпротивлението в % или ppm след период от 3 години на тънкослоен резистор при температура на околната среда от 85°C и разсейвата мощност 86mW , използвайки формула 1.2 в теоретичната част на упражнението при стойност на параметъра $a=30\text{K}$. Параметри на резистора: макс. допустима разсейвана мощност: 0.1W ; топлинно съпротивление резистивен слой-околна среда: 500°C/W . Параметри, при които е извършено ускореното изпитване:

Температура на околната среда: 125°C; време на изпитването: 1000 часа; разсейвана мощност: максимално допустимата. Като резултат от ускореното изпитване е получен необратим дрейф на съпротивлението от $\pm 2\%$.

Вариант 3

Изчислете необратимия дрейф на съпротивлението в % или ppm след период от 10 години на тънкослоен резистор при температура на околната среда от 70°C и разсейвата мощност 214mW, използвайки формула 1.2 в теоретичната част на упражнението при стойност на параметъра $\alpha=30\text{K}$. Параметри на резистора: макс. допустима разсейвана мощност: 0.25W; топлинно съпротивление резистивен слой-околна среда: 250°C/W. Параметри, при които е извършено ускореното изпитване: Температура на околната среда: 125°C; време на изпитването: 1000 часа; разсейвана мощност: максимално допустимата. Като резултат от ускореното изпитване е получен необратим дрейф на съпротивлението от $\pm 1\%$.

Вариант 4

Изчислете необратимия дрейф на съпротивлението в % или ppm след период от 2 години на тънкослоен резистор при температура на околната среда от 100°C и разсейвата мощност 105mW, използвайки формула 1.2 в теоретичната част на упражнението при стойност на параметъра $\alpha=30\text{K}$. Параметри на резистора: макс. допустима разсейвана мощност: 0.25W; топлинно съпротивление резистивен слой-околна среда: 250°C/W. Параметри, при които е извършено ускореното изпитване: Температура на околната среда: 125°C; време на изпитването: 1000 часа; разсейвана мощност: максимално допустимата. Като резултат от ускореното изпитване е получен необратим дрейф на съпротивлението от $\pm 1\%$.