

ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, доцент, кандидат технических наук, доцент

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь, декан факультета инжиниринга и технологий связи, кандидат технических наук, доцент

³Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, магистрант

Вторичные источники питания предназначены для получения напряжения, необходимого для непосредственного питания электронных и других устройств. Предполагается, что вторичные источники в свою очередь получают энергию от первичных источников питания, вырабатывающих электричество – от генераторов, аккумуляторов и т.д. Вторичные источники питания являются одними из наиболее важных устройств изделий радиоэлектроники. Во многих случаях надежность электронного устройства существенно зависит от того, насколько надежен его вторичный источник питания. Общепринято вторичные источники называть просто источниками питания.

Типичными структурными схемами источников питания, получающих энергию от промышленной сети с частотой 50 Гц являются следующие:

1. Источник питания без преобразователя частоты. Такие источники питания ранее использовались широко, однако в последнее время вместо них все чаще используют источники с преобразованием частоты. Причиной этого является то, что в источниках без преобразования частоты вес и габариты трансформатора, работающего на частоте 50 Гц, а также сглаживающего фильтра оказываются довольно большими. Тем не менее, рассматриваемые источники питания используются и в настоящее время в электронной аппаратуре различного функционального назначения, в том числе в аппаратуре систем телекоммуникаций. Трансформатор в таких источниках питания предназначен для гальванической

развязки питающей сети и нагрузки, а также для изменения уровня переменного напряжения. Обычно трансформатор является понижающим.

2. Источники питания с преобразованием частоты. В этих источниках напряжение от сети подается непосредственно на выпрямитель. На выходе сглаживающего фильтра создается постоянное напряжение, которое вновь преобразуется в переменное с помощью так называемого инвертора. Полученное переменное напряжение имеет частоту, значительно превышающую 50 Гц (обычно используют частоты в десятки килогерц). Затем напряжение передается через трансформатор, выпрямляется и фильтруется. Так как трансформатор в этой схеме работает на повышенной частоте, то его вес и габариты, а также вес и габариты сглаживающего фильтра оказываются значительно меньшими, нежели в источниках питания без преобразователя частоты. Как и в предыдущей схеме, основная роль трансформатора состоит в гальванической развязке сети и нагрузки. В качестве активных элементов в инверторе используются полупроводниковые приборы, работающие в ключевом режиме, поэтому источники питания с преобразованием частоты называют также импульсными. Импульсные источники питания широко используются в современной электронной аппаратуре, в частности в компьютерах и аппаратуре систем телекоммуникаций.

Надежность рассмотренных источников питания электронной аппаратуры во многом определяется работоспособностью трансформаторов.

В отечественной и мировой практике для прогнозирования эксплуатационной надежности трансформаторов ($\lambda_{\text{Э}}$) используют модель вида [1–3]

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda_{\text{Б}} \prod_{i=1}^m K_i, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{Э}}$ – эксплуатационная интенсивность отказов трансформатора, соответствующая условиям его применения в составе электронной аппаратуры; $\lambda_{\text{Б}}$ – базовая (обобщенная, усредненная) интенсивность отказов, характерная для данной группы трансформаторов в целом; K_i – коэффициенты, учитывающие изменения эксплуатационной интенсивности отказов в зависимости от различных факторов; m – число учитываемых факторов.

Согласно например [1], для трансформаторов источников питания в качестве $\lambda_{\text{Б}}$ необходимо использовать значение $\lambda_{\text{Б}} = 0,0035 \times 10^{-6}$ 1/ч независимо от размеров трансформатора, числа обмоток и диаметра используемых проводов, количества внешних контактов и других конструкторско-технологических параметров. Использование одного значения $\lambda_{\text{Б}}$ без учета конструкторско-технологических параметров трансформатора вызывает дополнительные погрешности в дальнейшей прогнозной оценке эксплуатационной надежности $\lambda_{\text{Э}}$. Поэтому актуальным является учет конструкторско-технологических параметров с целью использования в модели (1) более достоверной оценки значения $\lambda_{\text{Б}}$.

Для трансформаторов источников питания, как сложных изделий, суммарный поток отказов которых складывается из независимых потоков отказов составных частей, в частности магнитопровода, катушек с обмотками, внешних контактных выводов и др., предлагается использовать модель прогнозирования эксплуатационной интенсивности отказов в виде [4]

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{Б1} \prod_{i=1}^{m_1} K_i^{(1)} + \dots + \lambda_{Бn} \prod_{i=1}^{m_n} K_i^{(n)}, \quad (2)$$

где $\lambda_{Б1}, \dots, \lambda_{Бn}$ – исходная (базовая) интенсивность отказов j -й части изделия, $j = 1, \dots, n$; n – количество выделенных составных частей трансформатор, влияющих на его надежность; $K_i^{(1)}, \dots, K_i^{(n)}$ – коэффициент, учитывающий влияние i -го фактора для j -й части трансформатора ($j = 1, \dots, n$; $i = 1, \dots, m_j$); m_j – количество факторов, учитываемых для j -й части трансформатора.

Модель (2) принимает во внимание тот факт, что разные части (компоненты) трансформатора могут иметь разные значения коэффициентов, учитывающих влияние одного и того же фактора, например уровня качества изготовления в условиях производства (вид приемки).

Учет конструкторско-технологических параметров трансформаторов и использование для них модели (2) позволят получать более достоверные прогнозные значения эксплуатационной интенсивности отказов λ_{Σ} .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Надежность электрорадиоизделий, 2006 : справочник / С. Ф. Прытков [и др.] // научн. руководитель авторского коллектива С. Ф. Прытков. – М. : ФГУП «22 ЦНИИИ МО РФ», 2008. – 641 с.
2. Reliability prediction of electronic equipment : Military Handbook MIL–HDBK-217F. – Washington : Department of defense DC 20301, 1995. – 205 p.
3. Reliability Prediction Model for Electronic Equipment : The Chinese Military / Commercial Standard GJB/z 299B. – Yuntong Forever Sci.-тек. Co. Ltd. China 299B.
- 4 Боровиков, С. М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств : учебно-методическое пособие / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян ; под ред. С. М. Боровикова. – Минск : БГУИР, 2010. – 68 с.