

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

С.М. Боровиков¹, Е.Д. Гришечкин¹, А.В. Будник²

¹ *Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь*

² *Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассматривается расчет надежности импульсных трансформаторов с учетом их конструктивных параметров и тепловых потерь в проводах обмоток и ферритовом сердечнике на примере трансформатора строчной развертки телевизионного приемника. Установлено, что учет этих факторов обеспечивает расчетные показатели надежности, которые лучше подтверждаются экспериментальными данными, нежели результаты, полученные с использованием классических методик, основанных на использовании только поправочных коэффициентов для интенсивности отказов трансформаторов.

Ключевые слова: импульсные трансформаторы; эксплуатационная надежность; интенсивность отказов; прогнозирование надежности; учет конструктивных параметров.

RELIABILITY ASSESSMENT OF PULSE TRANSFORMERS WITH CONSIDERATION OF THEIR DESIGN FEATURES

S.M. Borovikov¹, E.D. Grieshechkin¹, A.V. Budnik²

¹ Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", Minsk, Republic of Belarus

² Educational Institution "Belarusian State Academy of Communications", Minsk, Republic of Belarus

Abstract. This paper examines the reliability calculations for pulse transformers, taking into account their design parameters and thermal losses in the winding wires and ferrite core, using the example of a horizontal-scan transformer for a television receiver. It is established that taking these factors into account provides calculated reliability indicators that are better supported by experimental data than results obtained using classical methods based on only using correction factors for failure rate of transformer.

Keywords: pulse transformers, operational reliability, failure rate; reliability prediction; consideration of design parameters.

Введение

В работе представлены результаты оценки эксплуатационной интенсивности отказов импульсного трансформатора с учетом его конструктивных особенностей (геометрических размеров, количества обмоток и диаметра используемых проводов, количества внешних выводов), а также тепловых потерь в обмоточных проводах и ферритовом сердечнике. Результаты приведены применительно к трансформатору строчной развертки ТВС-110ПЦ16, для которого были найдены данные о надежности из опыта эксплуатации. Конструктивно этот тип трансформатора представляет собой стержневой ферритовый магнитопровод, на котором размещается гильза из изоляционного материала с девятью обмотками. Сечение стержня магнитопровода: ширина $a = 10$ мм, толщина $b = 7,5$ мм. Ширина c и высота h окна для размещения обмоток: $c = 15$ мм и $h = 23$ мм. Диаметр проводов (от 0,14 мм до 0,4 мм) и количество витков (от 4 до 1050) приведены в [1].

Основная часть

В качестве показателя надежности импульсного трансформатора рассматривается эксплуатационная интенсивность отказов $\lambda_{\text{экс}}$. Для прогнозирования $\lambda_{\text{экс}}$ использована предложенная авторами модель

$$\lambda_{\text{экс}} = \left(K_T \cdot K_{\text{Э.пр}} \cdot K_{\text{П.пр}} \sum_i^n \lambda_{\text{пр}i} K_{di} L_i + 2K_t \cdot K_{\text{Э.к}} \cdot K_{\text{П.к}} \sum_i^n \lambda_{\text{к}i} K_{di} \right) K_{\text{Э}} \cdot K_{\text{П}}, \quad (1)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий влияние температуры на надежность изоляции проводов [3]; n – общее число обмоток в трансформаторе;

$\lambda_{\text{пр}i}$ – базовая интенсивность отказов 2ов обмоточного провода i -й обмотки; $K_{d i}$ – поправочный коэффициент, учитывающий диаметр обмоточного провода i -й обмотки; $\lambda_{\text{К}i}$ – базовая интенсивность отказов паяных соединений выводов обмоток к внешним контактам трансформатора; K_t – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры на интенсивность отказов паяных соединений; $K_{\text{Э,пр}}$, $K_{\text{Э,К}}$, $K_{\text{Э}}$, $K_{\text{П,пр}}$, $K_{\text{П,К}}$, $K_{\text{П}}$ – коэффициенты эксплуатации (Э) и приемки (П), соответствующие обмоточным проводам (пр), паяным контактными соединениями (К) и трансформатору в целом.

Принимая во внимание геометрические размеры магнитопровода и особенность каркаса из изоляционного материала, используемого для намотки трансформатора, определена длина провода обмоток. По диаметру и длине проводов было рассчитано сопротивление провода для каждой обмотки и с учетом протекающих в обмотках токов определены суммарные потери в медных проводах трансформатора ($P_{\text{К}\Sigma}$). Для оценки потерь в сердечнике использованы характеристики феррита и рабочая частота трансформатора $f = 15,6$ кГц. С учетом удельных потерь в феррите магнитопровода ($P_{\text{уд}}$) и массы сердечника магнитопровода M_c найдена мощность потерь в сердечнике P_c и далее определена суммарная мощность тепловых потерь P_{Σ} .

По геометрическим размерам магнитопровода и каркаса, используемого для намотки проводов, с учетом обеспечения технологических зазоров рассчитана площадь охлаждающей поверхности трансформатора ($S_{\text{охл}}$). По эмпирической формуле, приводимой в [2] для трансформаторов, используя полученные значения P_{Σ} и $S_{\text{охл}}$, определена температура перегрева трансформатора $t_{\text{п}}$. Температура окружающей среды $T_{\text{окр}}$ для обмоток трансформатора с учетом рабочей температуры электронного устройства $T_{\text{ЭУ}}$ принята равной $T_{\text{окр}} = T_{\text{ЭУ}} + t_{\text{п}}$.

В таблице приведены расчетные данные, полученные для рассматриваемого импульсного трансформатора ТВС-110ПЦ16.

Расчетные параметры для импульсного трансформатора
 Calculation parameters for a pulse transformer

Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
$P_{\text{К}\Sigma}$, Вт	0,254	P_c , Вт	1,11	$t_{\text{п}}$, °C	41,9
$P_{\text{уд}}$, Вт/кг	17,72	P_{Σ} , Вт	1,364	$T_{\text{ЭУ}}$, °C	40
M_c , кг	0,062	$S_{\text{охл}}$, см ²	26,67	$T_{\text{окр}}$, °C	≈ 82

Полученные значения эксплуатационной интенсивности отказов $\lambda_{\text{экс}}$ импульсного трансформатора: а) прогнозированием по модели (1), $\lambda_{\text{экс}} = 1,19 \cdot 10^{-6}$ 1/ч; б) прогнозированием по модели справочника [3], $\lambda_{\text{экс}} = 0,00973 \cdot 10^{-6}$ 1/ч; в) из опыта эксплуатации, $\lambda_{\text{экс}} = 1,0 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

Заклучение

Учет используемых материалов и конструктивных параметров трансформатора, его функциональной структуры (количества обмоток, типа и диаметров используемых обмоточных проводов) и рабочей частоты на примере импульсного трансформатора ТВС-110ПЦ16 позволил получить расчетное значение эксплуатационного показателя надежности (эксплуатационной интенсивности отказов) значительно лучше подтверждающееся данными из опыта эксплуатации трансформаторов этого типа в составе электронных устройств.

Список использованных источников

1. Громов Н.В. (1987) Телевизоры цветного изображения: справочная книга. Ленинград, Издательство «Лениздат».
2. A universal model for reliability prediction of Electronics components, PCBs and equipment. RDF 2000: reliability data handbook (2000). – Paris, UTE C 80-810.
3. Прытков С.Ф., Горбачева В. М., Борисов А. А. (2008) Надежность электрорадиоизделий: справочник. Москва, ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ».

References

1. Gromov N.V. (1987) Color Televisions: Reference Book Leningrad, Lenizdat Publishing (in Russian).
2. A universal model for reliability prediction of Electronics components, PCBs and equipment. RDF 2000: reliability data handbook (2000). – Paris, UTE C 80-810.
3. Prytkov S.F., Gorbacheva V. M., Borisov A. A. (2008) Reliability of Electronic and Radio Components: Reference Book. Moscow, FSUE "22 Central Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation" (in Russian).

Сведения об авторах

Боровиков С.М., канд. техн. наук, доц., доц. каф. ПИКС, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», bsm@bsuir.by.

Гришечкин Е.Д., магистрант, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», egorgr2977@gmail.com.

Будник А.В., канд. техн. наук, доц., декан факультета инжиниринга и технологий, учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», A.Budnik@bsac.by.

Information about the authors

Borovikov S., Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of ICSD, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", bsm@bsuir.by.

Grishechkin E., Master's student, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", egorgr2977@gmail.com.

Budnik A., Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering and Technology, Educational Institution "Belarusian State Academy of Telecommunications", A.Budnik@bsac.by.