



ISBN 978-5-89873-597-5



9 785898 735975

Электронный сборник статей
по материалам конференции

МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2022»
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

1



ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2022 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 27-29 апреля 2022 г.)

Электронный сборник статей
по материалам конференции

В трех томах

ТОМ 1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

**ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2022 «ЭНЕРГЕТИКА И
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»**

**Международная молодежная научная конференция
(Казань, 27-29 апреля 2022 г.)**

Электронный сборник статей по материалам конференции

В трех томах

ТОМ 1

*Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э. Ю. Абдуллазянова*

Казань 2022

УДК 621.311+51+53+620.22+502+614.8+620.92

ББК 31+32+22+68.9+38.9

М43

Рецензенты:

заведующий кафедрой ЭиЭ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»,

доктор технических наук, доцент К. В. Суслов;

проректор по РиИ ФГБОУ ВО «КГЭУ»,

доктор технических наук, доцент И. Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э. Ю. Абдуллизанов (гл. редактор); И. Г. Ахметова (зам. гл. редактора),

Е. С. Дремичева

М43 Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: электронный сборник статей по материалам конференции: [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллизанова. – Казань: КГЭУ, 2022. – Т. 1. – 736 с.

ISBN 978-5-89873-597-5 (т. 1)

ISBN 978-5-89873-600-2

В электронном сборнике представлены статьи по материалам Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло-и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на авторов.

УДК 621.311+51+53+620.22+502+614.8+620.92

ББК 31+32+22+68.9+38.9

ISBN 978-5-89873-597-5 (т. 1)

© КГЭУ, 2022

ISBN 978-5-89873-600-2

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ПРИ НОМИНАЛЬНОМ И ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОМ НАПРЯЖЕНИИ

О.Д. Семенова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ollivka@bk.ru

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. Тукшаитов

Изучен ряд параметров трансформатора силовой электроники: коэффициент нелинейных искажений входного тока, коэффициент нелинейных искажений напряжения электросети, коэффициент мощности и $\cos \varphi$ при холостом ходе и разных уровнях нагрузок. Показано, что при неполной нагрузке трансформатор следует рассматривать в качестве активно-реактивной нелинейной нагрузки с небольшим уровнем искажения синусоидальности входного тока. При холостом ходе трансформатора регистрируется наибольшее значение коэффициента нелинейных искажений, которое многократно снижается по мере повышения нагрузки.

Ключевые слова: трансформатор, коэффициент нелинейных искажений, номинальная нагрузка, предельная нагрузка.

Все электросетевые нагрузки следует подразделять на четыре вида. К нелинейным нагрузкам относят диоды, тиристоры, частотные преобразователи, выпрямители. Трансформаторы традиционно рассматривают как линейные нагрузки [1]. Вместе с тем, по мере недозагрузки трансформатора или при превышении номинального значения напряжения он приобретает нелинейные свойства [2, 3], изучению которых продолжают уделять внимание [4–6]. Поэтому представляет практический интерес оценить уровень изменения нелинейности входного тока трансформатора по мере повышения напряжения его питания и величины нагрузки, а далее определиться насколько трансформатор является линейным элементом.

В работе в качестве физической модели использован трансформатор марки ТН46-220-50К с номинальной мощностью 58 Вт. По мере повышения напряжения питания трансформатора с 50 до 250 В с помощью ЛАТР модели TDGC2-1000 оценивали напряжение в электросети на входе трансформатора (U), потребляемую мощность (P), коэффициент мощности (λ), коэффициент нелинейных искажений электрической сети (K_U), коэффициент нелинейных искажений по току (K_i) и $\cos \varphi$.

В качестве активной нагрузки трансформатора применили резисторы марки ПЭВР с номинальным сопротивлением от 18 до 51 Ом и мощностью рассеивания 50 Вт. Для измерения параметров трансформатора использовали энерготестер ПКЭ-А-С4. По паспорту для данного типа трансформатора номинальным напряжением является 220 В. Все основные изложения осуществляются относительно данного значения номинального напряжения.

На рис. 1 представлен характер изменения коэффициентов нелинейных искажений по току трансформатора при повышении напряжения питания и мощности. Показано, что K_i по мере повышения напряжения питания вначале возрастает с небольшой скоростью и только при приближении к 200 В он начинает заметно возрастать. При превышении напряжения питания номинального значения коэффициент K_i возрастает с еще большей скоростью.

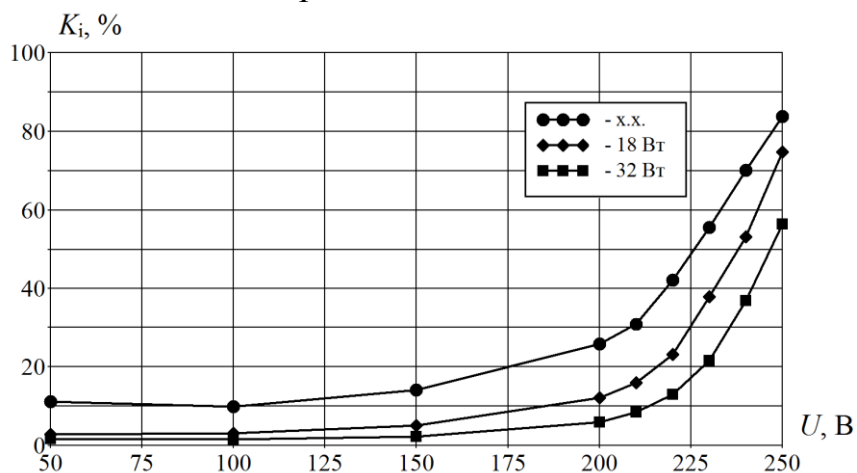


Рис. 1. Характер изменения коэффициентов нелинейных искажений по току трансформатора при повышении напряжения питания и мощности

На холостом ходу работы трансформатора K_i имеет наибольшее значение, которое уменьшается в несколько раз по мере приближения к номинальной нагрузке.

Коэффициент K_U на входе трансформатора возрастает по мере увеличения потребляемой мощности и напряжения питания. Хотя коэффициент K_U регистрируется на входе трансформатора, он отражает уровень искажения напряжения в электросети и теоретически в экспериментах должен оставаться неизменным в пределах фоновой варибельности данного показателя. Однако по мере повышения напряжения питания он повышается на 15–20 %. Это очевидно является результатом падения высших гармоник в распределительных проводах электросети, которые образуют с нагрузкой LR -фильтр, способствуя снижению уровня отдельных ВГ.

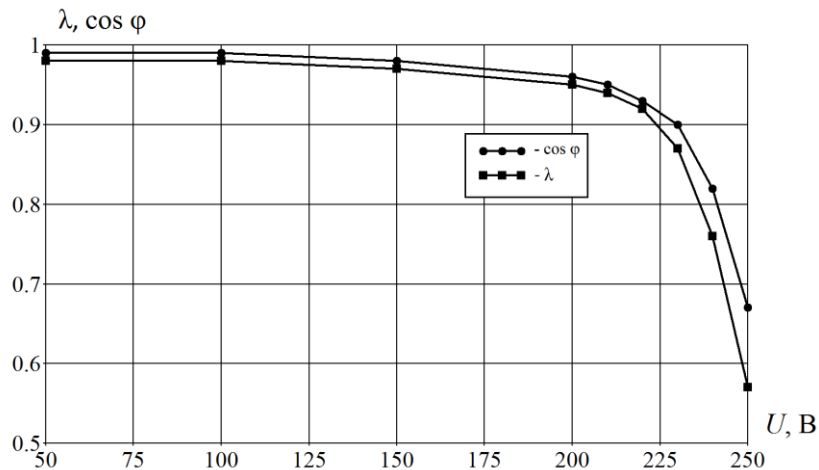


Рис. 2. Зависимость коэффициента мощности и $\cos \varphi$ от напряжения питания

На рис. 2 показана зависимость коэффициента мощности и $\cos \varphi$ от напряжения питания при потребляемой мощности равной 32 Вт. При приближении напряжения питания к 220 В λ и $\cos \varphi$ уменьшаются соответственно на 9 и 8 %, а при достижении предельного значения (250 В) данные показатели дополнительно уменьшаются соответственно на 45 и 33 %. Аналогичная картина уменьшения λ имеет место в преобразователях напряжения по мере уменьшения длительности входного тока нагрузки [7, 8].

Для наглядности представления результатов исследования в таблице приведены обобщенные данные, из которых следует высокая зависимость K_i от потребляемой мощности и уровня перегрузки трансформатора.

Значения коэффициента нелинейных искажений при разных формах входного тока нагрузки

№	Режим трансформатора	Уровень K_i при номинальном напряжении, %	Уровень K_i при предельном напряжении, %	Коэф. мощности, λ
1	На холостом ходу	40	84	0,12
2	При потребляемой мощности равной 18 Вт	23	75	0,78
3	При потребляемой мощности равной 32 Вт	12	56	0,57

Трансформаторы силовой электроники при потребляемой мощности менее номинального следует рассматривать как активно-реактивно нелинейную нагрузку.

По уровню коэффициента нелинейных искажений трансформаторы силовой электроники при недозагрузке могут быть отнесены к группе выпрямительных диодов, тиристоров и других полупроводниковых приборов.

По мере повышения напряжения питания и уменьшения потребляемой мощности коэффициент нелинейных искажений возрастает при одновременном уменьшении коэффициента мощности.

В технических паспортах трансформаторов 50 % загрузки и превышении напряжения питания на 10 % целесообразно в качестве дополнительных параметров приводить значения коэффициента мощности и коэффициента нелинейных искажений.

Источники

1. ГОСТ 11677-1985. Межгосударственный стандарт. Трансформаторы силовые. Общетехнические условия. М.: Госстандарт, 1985.

2. Тимонин Ю.Н., Ершов С.В. Потери при нелинейных нагрузках и определение оптимальных режимных параметров силовых трансформаторов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. № 3-5. С. 89-93.

3. Усачев Р.Д. Необходимые параметры, требуемые для выбора и расчета ее защиты // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 12. Ч. 3. С. 146-150.

4. Бурлак И.И., Пляшко М.С., Гура Д.Н. и др. Вопрос актуализации параметров силовых трансформаторов // Главный энергетик. 2019. № 10. С. 26-32.

5. Соколов-Савинцев Ю.М. «Красные линии» оптимизации параметров силового трансформатора // Энергоэксперт. 2021. № 4(80). С. 54-56.

6. Тукшаитов Р.Х. Определение уровня нелинейных искажений входного тока разных типов нагрузок на основе измерения коэффициента мощности и его сомножителя $\cos \varphi$ // Практическая силовая электроника. 2018. № 4. С. 30-35.

7. Тукшаитов Р.Х. О коэффициенте мощности и $\cos \varphi$ выпрямительного устройства при разных активно-емкостных нагрузках и уровне эмиссии в электросеть высших гармоник // Практическая силовая электроника. 2019. №3. С. 53-55.

8. Тукшаитов Р.Х., Семенова О.Д. Об одном способе подключения «нелинейных» нагрузок для снижения уровня их влияния на качество напряжения электросети // В сб.: Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2021. С. 247-251.