



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021»  
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»



## ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция  
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

ISBN 978-5-6046580-6-2



9 785604 658062

Материалы конференции

1



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»  
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»  
Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания  
Единой энергетической системы»  
Российский национальный комитет международного совета по большим  
электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ)  
Благотворительный фонд «Надежная смена»

## ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция  
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

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

Казань  
2021

УДК 620.9  
ББК 31.3  
Т42

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «СамГТУ»  
доц. А.С. Ведерников;

д-р техн. наук, проректор по НР ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора),  
А.Г. Арзамасова

Т42 **Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация».** В 3 т. Т. 1. Электроэнергетика и электроника: матер. Междунар. молод. науч. конф. (Казань, 28–30 апреля 2021 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – 559 с.

ISBN 978-5-6046580-6-2 (т. 1)

ISBN 978-5-6046580-3-1

Опубликованы материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области электроэнергетики и электроники по следующим научным направлениям: электроэнергетические системы и сети, надежность, диагностика; электроснабжение; промышленная электроника и светотехника, электрические и электронные аппараты; перспективные материалы и направления развития физики, химии, математики и материаловедения; электротехнические комплексы и системы; энергоэффективность и энергобезопасность производства; системная автоматика, релейная защита и противоаварийное управление в электроэнергетических системах; инженерная защита окружающей среды и безопасность труда на производстве; возобновляемые источники энергии и безопасность; контроль, автоматизация и диагностика электроустановок электрических станций и подстанций.

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

Материалы публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 620.9  
ББК 31.3

ISBN 978-5-6046580-6-2 (т. 1)

ISBN 978-5-6046580-3-1

© КГЭУ, 2021

Оформление ООО ПК «Астор и Я», 2021

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИСТЕМАХ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Д.Ю. Лямзина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

sng55555@mail.ru

Науч. рук. Е.И. Грачёва

Исследуются основные особенности компоновки электрооборудования цеховых сетей внутризаводского электроснабжения с определением показателей группы цеховых потребителей, присоединенных к одному центру питания, влияющие на выбор структуры схем участков цеховых сетей. Представлены наиболее значительные факторы роста потерь мощности холостого хода в процессе эксплуатации. Проведено технико-экономическое сопоставление вариантов схем внутризаводского электроснабжения при установленных двух трансформаторах меньшей мощности вместо одного и расчетным путем доказана целесообразность такой замены для повышения эффективности функционирования оборудования и определен расчетный срок окупаемости капитала вложений.

**Ключевые слова:** трансформатор, экономия электроэнергии, коэффициент загрузки, эффективность эксплуатации, раздельное питание, технико-экономические параметры.

В настоящее время приобретает важное значение постановка задачи незначительной загрузки электроустановок внутризаводского электроснабжения [1].

Снижение загрузки цеховых трансформаторов ведет к увеличению потребления реактивной мощности, следовательно, энергетическому персоналу требуется контролировать эксплуатационные характеристики трансформаторов с рациональной загрузкой - с целью снижения требуемой реактивной мощности, а также для уменьшения потерь активной мощности холостого хода [2].

Наиболее значительными факторами роста потерь мощности холостого хода трансформаторов принято считать следующие:

1) старение стальных конструкций вследствие нагревания магнитопроводов;

2) механические причины воздействий на стальные конструкции (вибрационные и другие);

3) старение магнитопровода, вследствие чего межлистовая изоляция нарушается и повреждается;

4) нарушение изоляционных материалов шпилек;

5) усадка стальных конструкций в магнитопроводе, ввиду чего ослабляется его прессовка, а также ослабляется опрессовка стыковых конструкций;

б) старение и нарушение целостности материалов стыковых прокладок [3].

В настоящее время в системах электроснабжения существует тенденция увеличения уровня потерь электроэнергии, поэтому уменьшение потерь в трансформаторах даже на несколько процентов даст значительный экономический эффект [4].

Для получения рациональных режимов эксплуатации трансформаторов недогруженные цеховые трансформаторы заменяют на трансформаторы, рассчитанные на меньшую номинальную мощность, переключают потребителей, питающихся от малозагруженных трансформаторов на установленные рядом с нагрузкой трансформаторы, а также отключают трансформаторы на период эксплуатации в режиме холостого хода [5].

Проведем технико-экономическое сопоставление вариантов схем электроснабжения при установленных двух трансформаторах меньшей мощности вместо одного для определения целесообразности такой замены (рис. 1 и 2).

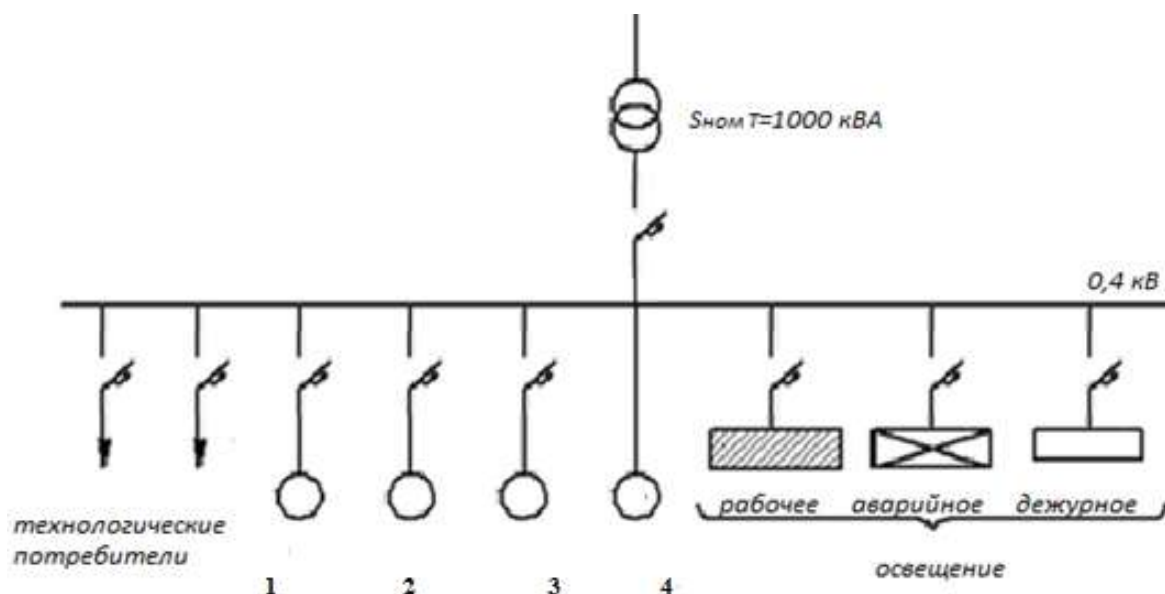


Рис. 1. Схема электроснабжения при установке одного трансформатора

с  $S_{\text{номТ}} = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ : 1 – вентиляторы; 2 – компрессоры; 3 – насосы;

4 – сварочное электрооборудование

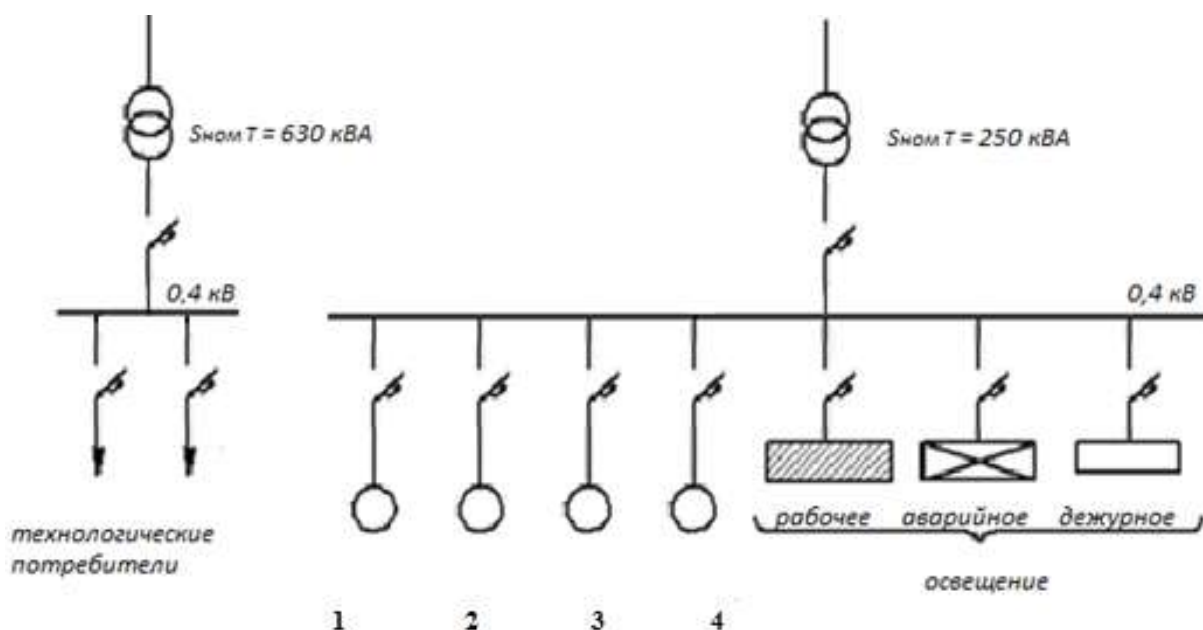


Рис. 2. Схема электроснабжения при установке двух трансформаторов с  $S_{\text{номТ}} = 630 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и  $S_{\text{номТ}} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$

Определим потери электроэнергии в цеховых трансформаторах для этих схем.

Рассчитаем потери мощности в трансформаторах:

$$\Delta P_{\text{T}} = \Delta P_{\text{х.х}} + \Delta P_{\text{к.з}} \cdot k_3^2, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{х.х}}$  – потери мощности холостого хода трансформатора;  $\Delta P_{\text{к.з}}$  – потери мощности короткого замыкания трансформатора;  $k_3$  – коэффициент загрузки.

Исходя из выражения (1), возможно вычислить суммарные потери активной и реактивной электроэнергии:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{рабоч}} \cdot T_{\text{рабоч}} + \Delta P_{\text{нерабоч}} \cdot T_{\text{нерабоч}}, \quad (2)$$

$$\Delta V = \Delta Q_{\text{рабоч}} \cdot T_{\text{рабоч}} + \Delta Q_{\text{нерабоч}} \cdot T_{\text{нерабоч}}, \quad (3)$$

где  $\Delta P_{\text{рабоч}}$ ,  $\Delta P_{\text{нерабоч}}$  – потери активной мощности за рабочие и нерабочие интервалы времени;  $\Delta Q_{\text{рабоч}}$ ,  $\Delta Q_{\text{нерабоч}}$  – потери реактивной мощности за рабочие и нерабочие интервалы времени;  $T_{\text{рабоч}}$ ,  $T_{\text{нерабоч}}$  – рабочие и нерабочие интервалы времени.

Результаты расчетов приведены в таблице.

## Общие потери электроэнергии в трансформаторах

Вариант	$S_{\text{номТ}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$S_{\text{р}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$k_3^2$	$I_{\text{т}}, \text{А}$	$\Delta P_{\text{рабоч}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{нерабоч}}, \text{кВт}$
1	1000	700	0,5	1843	30	5
2	630	539	0,7	1419	24	-
	250	160	0,4	432	7	1
Вариант	$\Delta Q_{\text{рабоч}}, \text{кВар}$	$\Delta Q_{\text{нерабоч}}, \text{кВар}$	$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$\Delta V, \text{кВар}\cdot\text{ч}$	$\text{tg}\varphi$	
1	56,95	31,43	1987,2	6439,7	0,09	
2	37,89	-	1076,50	1705,06	0,07	
	10,3	5,99	529,90	1203,98	0,07	

Результаты исследований показали, что для схемы отдельного питания потребителей от двух трансформаторов, экономия электроэнергии за рабочий интервал времени в одну неделю составит 380,8 кВт·ч и 3530,7кВ·Ар·ч.

Проведенные исследования показали, что для повышения эффективности эксплуатации систем внутризаводского электроснабжения целесообразно производить замену одного трансформатора, питающего цеховую технологическую и круглосуточную нагрузку потребителей на два трансформатора с меньшей суммарной номинальной мощностью с учетом их оптимальной загрузки. Предлагаемые мероприятия позволяют снизить суммарные потери электроэнергии и уменьшить эксплуатационные издержки. При этом срок окупаемости разработанных мероприятий по экономии электроэнергии для рассматриваемого примера составил 3,7 месяца.

### Источники

1. Конюхова Е.А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры): учеб. пособие. М.: Русайнс, 2017. 160 с.
2. Грачева Е.И., Шакурова З.М., Абдуллазянов Р.Э. Сравнительный анализ наиболее распространенных детерминированных методов определения потерь электроэнергии в цеховых сетях // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. № 5. С. 87–96.
3. Грачева Е.И., Наумов О.В. Потери электроэнергии и эффективность функционирования оборудования цеховых сетей: моногр. М.: Русайнс, 2017. 168 с.

4. Lasso H., Ascanio C., Guglia M. A model for calculating technical losses in the secondary energy distribution network // IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition. Latin America, 2006. Pp.1–6.

5. Скоморохов П.И. Оценка безотказности систем электроснабжения с продолжительным режимом работы // Молодежь и XXI век: матер. V Междунар. молод. науч. конф. Курск, 2015. Т. 3. С. 237–240.

УДК 621-316.3

## **ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ В СИСТЕМЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

А.А. Майоров

ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань

mayorov19977@mail.ru

Науч. рук. М.Ф. Низамиев

Разработан метод, позволяющий снизить потери электроэнергии на трансформаторах в нерабочее время и позволяющий увеличить надежность схемы. Это достигается путём отдельного питания потребителей с равномерным графиком нагрузки и технологической нагрузки. Так же разработана методика для выбора схемы с отдельным питанием для промышленных предприятий.

**Ключевые слова:** повышение надежности, потери электроэнергии, электроснабжение, промышленные предприятия.

Электрическая энергия, один из самых важных видов энергии. Сегодня без нее невозможно представить жизнь и деятельность современного человека. От ее количества (выработки) зависит не только комфортные условия существования человека, но и развитие всех сфер производства, науки и техники. В настоящее время, остро стал вопрос об экономии электроэнергии и рациональном использовании природных ресурсов. Особенно актуальна эта проблема становится на фоне увеличения стоимости электроэнергии, так и вредными выбросами при сжигании природных ресурсов.

В настоящее время на территории Российской Федерации около 70 % генерируемой электроэнергии идет на питание промышленных предприятий. На современных промышленных предприятиях используется