

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«ҒЫЛЫМ ЖАҢЕ БІЛІМ - 2025»  
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XX Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«ҒЫЛЫМ ЖАҢЕ БІЛІМ - 2025»**

**PROCEEDINGS  
of the XX International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«ҒЫЛЫМ ЖАҢЕ БІЛІМ - 2025»**

**2025  
Астана**

УДК 001(06)

ББК 72я631

F96

**«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2025» студенттер мен жас ғалымдардың  
XX Халықаралық ғылыми конференциясы = XX Международная  
научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE  
BILIM – 2025» = The XX International Scientific Conference for  
students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2025». – Астана:  
– 3813 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

ISBN 978-601-08-5373-7

**Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас  
ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті  
мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.**

**The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young  
researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities. В сборник  
вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по  
актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.**

УДК 001(06)

ББК 72я431

F96

ISBN 978-601-08-5373-7

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2025

		приложения для создания визуального портфолио	
1720.	Уркенова Д.А.	Социальный брендинг и его влияние на современный мир	7346
1721.	Хабибулина А.Р.	Психология цвета в айдентике: как цвета влияют на восприятие бренда	7350
1722.	Хитуова М.Т.	Искусственный интеллект в графическом дизайне: новые возможности и вызовы	7353
1723.	Шаймуханбет А.	Современные тенденции в создании сувениров: от массового производства к уникальным изделиям	7355

### 11.7 НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ В СФЕРЕ ДИЗАЙНА

1724.	Аманбек Назерке	Контемпорари стиліндегі сұлулық салонын қайта өңдеу, эстетика мен қолайлылық үйлесімі	7360
1725.	Әмір Әлия Әшімханқызы	Дәмхана интерьерін заманауи стильде қайта әзірлеу	7364
1726.	Мешітбай Дәмеш Мұратқызы	Косметолгия салонының интерьерін биоскандинавиялық стилде оңтайландыру	7367
1727.	Жалғас Зарина Нұрланқызы	Ескі мен жаңаның үйлесімі: ескі үйді контемпорари стильде қайта құру	7371
1728.	Ескенова Ажар Қадыржанқызы	Сұлулық салонын минимализм стилінде Қайта өңдеу	7374
1729.	Кульжнова Жасмин Нуржановна	Эргономика и инклюзивный дизайн в использовании экологических текстильных решений в интерьере	7377
1730.	Болысбекова Райхан Темирбековна	Костюм дизайндағы шығармашылық композиция	7380
1731.	Альбусынова Сымбат Думановна, Ералы Эльмира Әнуарбекқызы	Шағын қалаларға арналған инновациялық кітапханалар мен білім беру орталықтарын жобалау	7382
1732.	Садырбай Ақмарал Жұмабекқызы	Этнографиялық символизмнің Сәндік өнерде қолданылуы	7385

### СЕКЦИЯ 12 ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКА / TRANSPORT AND ENERGY

Подсекция 12.1 Транспортная инженерия Көлік инженериясы / Transport engineering			
1733.	Алдаберген А.А.	Қазақстандағы автомобиль нарығының жан-жақты талдау	7392
1734.	Дюсенбаева А.А.	Биодизель: Қазақстандағы даму перспективалары	7395
1735.	Қалтай А.Б.	Биосутегі: оның өндірісі, Қазақстандағы дамуы	7397
1736.	Жанайдар С.Ж.	2024 жылдың теміржол вагондарының	7400

		инфрақұрылымы	
1737.	Курбанов Д.А.	Климат-контроль в транспортных средствах: сравнение Казахстана и стран Европы	7403
1738.	Амангельдинов А.С.	Проблемы карьерных самосвалов Казахстана. Путь их решения	7408
1739.	Гордей К.С.	Анализ применения экологичных материалов для тормозных колодок	7416
1740.	Кушмагамбетов Т.Р.	Оптимизация конструкций транспортных средств	7421
1741.	Казбеков Е.С.	Система рекуперации выхлопных газов EGR	7426
1742.	Ералин Д.Д.	Транспорт и углеродный след: анализ ситуации в Астане за последние три года	7430
1743.	Алданыш А.С.	Разработка методики формирования сети электрозарядных станций в Казахстане	7433
1744.	Кожаметов Т.Н.	Повышение эффективности использования транспортных средств и организации перевозок зерна в Костанайской области	7437
1745.	Мейрманов Р.С.	Прогнозирование потребности в колесных парах грузовых вагонов и совершенствование технологии их ремонта на железных дорогах Республики Казахстан	7441
1746.	Талғатұлы М.	Ақылы жол жүйесі: даму бағыты мен болашағы	7444
1747.	Зинатуллин А.Р.	Диагностика электрооборудования тягового электропривода электротранспортных средств	7447
1748.	Разбек Д.М.	Повышение эффективности технического обслуживания тормозной системы автомобилей	7450
1749.	Мерекеұлы Н.	Қостанай облысында ауыл шаруашылығы техникасына қосалқы бөлшектерді жеткізу	7453
1750.	Жорабек А.Н.	Моделирование ленточного конвейера с полимерной лентой	7454
1751.	Бейімбетұлы Б.	Астана қаласында құрылыс қалдықтарын тасымалдауды жетілдіру жолдары	7458
1752.	Шамаганов Д.Т.	Модернизация подвески автотранспортных средств для условий бездорожья, с повышением надежности	7460

**Подсекция 12.2 Теплоэнергетика  
Жылуэнергетика / Heat power engineering**

1753.	Арысбай М.Б.	Қант зауытының қалдықтарын қайта өңдеудің энергия үнемді әдістемесін	7467
-------	--------------	--	------

		эзірлеу	
1754.	Жапбаралы Т.	Научно-технические аспекты разработки технологий солнечной электростанции для условий Республики Казахстан	7469
1755.	Жумагулова Д.К.	Обзор влияния влажности воздуха на эффективность фильтрации пыли в промышленности	7474
1756.	Жұманазар Н.Д.	Ғимараттарды жылу изоляциялаудың заманауи технологиялары – энергия үнемдеу стратегиясы	7479
1757.	Кабимулла А.Н.	Исследование и разработка катодных материалов с повышенной каталитической активностью для твердооксидных топливных элементов	7488
1758.	Қаирбеков А.Ж.	Қазақстан Республикасында биогазды пайдалану болашағы	7490
1759.	Қалжігіт Қ.Б.	Оценка эффективности частичного сжигания водорода в парогазовой установке	7494
1760.	Omarbekova A.B.	To the question of labor safety in thermal power industry	7499
1761.	Турикпенбаева А.А.	Газтурбиналық қондырғылардың жану камераларында көмірді газдандыру өнімдерін тиімді жағу үшін жанарғы құрылғысын жасау	7502

**Подсекция 12.3 Стандартизация, сертификация и метрология**  
**Стандарттау, сертификаттау және метрология / Standardization, certification and metrology**

1762.	Аукенова Ж.Ж.	Повышение эффективности системы сертификации безопасности конструкций транспортных средств в Казахстане: проблемы и пути решения	7509
1763.	Ахмаджанова Н.Б.	Принципы ХАССП и их применение в системе безопасности пищевых продуктов	7511
1764.	Бекзатқызы А.	Массаны өлшеу құралдарын калибрлеу процесстерін жетілдіру бойынша шетелдік тәжірибе	7513
1765.	Беркинова Т.Р.	Государственный контроль в области технического регулирования: недостатки законодательства и перспективы их устранения	7516
1766.	Ғабиден Д.Ғ.	Мемлекеттік рәміздерді дайындауды бақылау	7518
1767.	Егенберген Е.Е.	Қазақстанда экологиялық таза өнім өндіруді міндеттеу	7522
1768.	Жанатова А.Е.	Кеден одағындағы теміржол көлігінің сапасын бағалау жүйесі	7524
1769.	Жандилдашева А.Р.	О качестве туристических услуг в Республике Казахстан	7532

1770.	Зарлыкова Г.О.	К вопросу о стандартизации субпродуктов яка	7535
1771.	Зархынбек З.	Аттракциондарды пайдалану кезінде қауіпсіздік талаптарының сақталуын талдау	7537
1772.	Заханова С.Б., Мустафаева А.С., Тілепалды Д.Қ.	ҚР СТ 1288-2016 стандартына сәйкес жол сапасын бағалау технологиясы	7541
1773.	Калиакпарова К.Б.	Метрологиялық бақылаудың заманауи әдістерін енгізудің маңыздылығы	7545
1774.	Қуанышбек А.	Фальсификация товаров как угроза безопасности для потребителей	7548
1775.	Кульдабаева А.Е.	Интеграция стандартов в процессы жизненного цикла продукции: вызовы и решения	7551
1776.	Марат Е.А.	Өнеркәсіптік жүк көтергіш крандарды радиобасқару жүйесіне көшіру	7556
1777.	Нұрат М.Н.	Халал индустрияның ұлттық инфрақұрылымына тиімді механизмді енгізу бойынша талдау және ұсыныстар әзірлеу	7558
1778.	Нұрғазы А.Н.	«Е-KTRM» платформасында сертификатсыз тауарларды цифрлық есепке алу	7562
1779.	Нұрман Д.К.	ҚР СТ ISO 45001-2019 стандартының еңбек қауіпсіздігіне әсері: тиімділігін бағалау және оңтайландыру жолдары	7564
1780.	Оразаев М.В.	Актуальные вопросы сертификации товаров и услуг	7568
1781.	Оралханова А.Қ.	Айналысқа шығарылған құрылыс материалдарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету деңгейін айқындау және оны арттыру жөніндегі ұсынымдар әзірлеу	7572
1782.	Орынғалиұлы А., Альжанова А.К.	Методологические подходы к повышению точности измерений теплопроводности и температуропроводности нанокompозитных материалов	7575
1783.	Рамазанова Ә.Б.	Цифрландырудың тау-кен өндірісіндегі сапа мен қауіпсіздікке әсерін талдау	7580
1784.	Рысбек Ж.Қ.	ISO стандарттарына сәйкес керамикалық кірпіш өндірісінің сапасы мен тиімділігін басқару бойынша ұсынымдарды талдау және әзірлеу	7585
1785.	Садықова Ж.Е., Акбердиева А.Б.	Метрологическое обеспечение измерений при синтезе функциональных материалов	7588
1786.	Сағымбекова А.С.	Әртүрлі елдердегі метрологиялық бақылау тәсілдерін салыстырмалы талдау	7592

1787.	Саутова А.К.	ҚР СТ ISO 14001-2016 экологиялық менеджмент жүйесін ұйымдарға енгізудің тиімділігін бағалау	7596
1788.	Серік М.Р., Есеркенов А.Б.	CaSo <sub>4</sub> оптикалық қасиеттерін зерттеуге кешенді көзқарас	7601
1789.	Сисенова Ж.Н.	Химиялық кәсіпорындарында өлшемдерді метрологиялық қамтамасыз етуді жетілдіру жөнінде ұсынымдар әзірлеу	7603
1790.	Сугирова А.А.	ҚР СТ ІЕС 31010-2020 бойынша тәуекелдерді басқарудың негіздері	7607
1791.	Танирбергенова А.	Мемлекеттік бақылаудың цифрлық трансформациясы	7612
1792.	Уразбекова Д.В.	Актуальные вопросы повышения качества транспортной логистики в Казахстане: проблемы и возможности	7615
1793.	Ұлан Н.Н., Рымбекова Д.М.	Материалдардың оптикалық сипаттамаларын өлшеудің метрологиялық қамтамасыз етілуі	7619

**Подсекция 12.4 Электроэнергетика**  
**Электр энергетикасы / Electric power industry**

1794.	Абдимиталипов А.У.	Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в распределительных сетях	7621
1795.	Айсаев Е.С.	Внедрение системы мониторинга запасов устойчивости в Западной зоне ЕЭС Казахстана	7625
1796.	Айсанов А.Б.	Анализ параметров изоляции воздушных линий 6-10 кВ на промышленных предприятиях	7632
1797.	Алтынбаев Н., Мухаметжан Е., Ерік Е., Жанмурзен Ж.	Электр тізбегін есептеу әдістерінің даму кезеңдері	7635
1798.	Ахметбаев А.Д.	Расчеты установившихся режимов сложной сети с применением принципов диакоптики	7639
1799.	Бахыт Ә.Қ.	Общая задача об определении «Тормозная система Supress аварийного торможения ветроэнергетической установки на ВЭС Бадамша-1»	7643
1800.	Данекерова Г.Қ.	Хромтау қаласындағы жел электр станциясын салудағы технологиялық ерекшеліктер мен инновациялар	7648
1801.	Дербисалина Д.А., Касимова А.К.	Орташа кернеулі кабель желілерін қолдану ерекшеліктері	7652
1802.	Дошимов К.Ш.	Модель системы «двигатель Стирлинга α-типа – электрогенератор - нагрузка»	7655
1803.	Жарасканова А.Ж.	Электр энергиясын тұтыну режимдерін оңтайландырудың заманауи тәсілдері	7659

1804.	Іргебай А.М.	Электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясының шығынын азайту әдістеріне шолу	7665
1805.	Капен Т.А.	Влияние коротких замыканий на работу частотно регулируемых электродвигателей	7668
1806.	Кожаметова Ә.Д., Қалтай Е.А., Маулен Ә.Н., Мухамед Б.	Электроэнергетикалық қауіпсіздік және экология	7673
1807.	Қалдыбаев Д.Т.	«MATLAB-Simulink» көмегімен интеграцияланған жел қондырғысының имитациялық моделін әзірлеу" анықтамасының жалпы міндеті	7678
1808.	Мухаметжан Е., Мұқият Е., Мұратова А., Мырзабеков Ә.	Нөлдік ғимараттардың энергиясы (Zero-energy buildings): үйлер өздерін қалай энергиямен қамтамасыз ете алады	7682
1809.	Өмірбек Ә.Т.	Ұзын электр желілеріндегі ток мөлшеріне климаттық жағдайлар мен күн белсенділігінің әсерін бағалау	7686
1810.	Сарбасов Н.К.	Разработка модели системы накопления энергии на ветровой электрической станции 100 МВт для стабилизации отпускной мощности	7691
1811.	Сериков Е.Б., Русланулы Д.	Оптимальные условия эксплуатации силовых трансформаторов при перегрузках с учетом явления насыщения магнитных сердечников	7695

**Подсекция 12.5 Эксплуатация транспорта и логистика**  
**Көлікті пайдалану және логистика / Transport operation and logistics**

1812.	Auesbekova M.A., Dukenbayeva G.M.	Strategies for improving logistics company reliability	7700
1813.	Tsoy T.R.	The influence of astronomical factors on satellite navigation systems	7704
1814.	Kulmurzina A., Iskakov D.	The role of transport models in urban mobility management: a case study of Astana with a focus on microscopic simulation	7706
1815.	Nadimov B., Topilskiy R.	UAV-based data collection for transport simulation: potential and practical applications	7711
1816.	Абдильманова А.С.	Будущее грузоперевозок: как альтернативный транспорт меняет экологические стандарты логистики	7715
1817.	Әлімхан А.О., Гаас Р.А.	Повышение эффективности организации дорожного движения на перекрестке улиц Мәңгілік Ел - Достық	7720
1818.	Бадылбаева Д.Б.	Развитие контейнерных перевозок в Республике Казахстан в контексте модернизации транспортно-	7724

		логистических центров	
1819.	Батешов Е.А.	Об отсутствии безпересадочных железнодорожных пассажирских маршрутов с большинства южных областей Казахстана до городов Костанай и Усть-Каменогорск	7727
1820.	Бекмағанбет И.Б.	«ҚТЖ-ЖТ» ЖШС филиалы «Жамбыл ЖТ бөлімшесі» Шығанақ станциясы мен оған жалғасатын жоларалықтарын модернизациялау арқылы теміржол тасымалын оңтайландыру	7731
1821.	Бердәлі Н.Т.	Заманауи қолданыстағы детекторлар	7736
1822.	Дукенбаева Г.М., Ауесбекова М.А.	Роль и объем перевозок транспортных коридоров Казахстана в 2024 году	7741
1823.	Жанботаұлы М.	Халықаралық көлік дәліздерінде көлік-экспедициялық қамтамасыз етуді ұйымдастырудағы кейбір мәселелер	7744
1824.	Жортуғулов О.М.	Заманауи таспалы конвейер	7751
1825.	Жуматаев А.Т.	Заманауи қатпарлы конвейерлер	7754
1826.	Жумағали Ш.Н.	Инновационные подходы к управлению логистическими потоками на международном транспортном коридоре "Север-Юг"	7758
1827.	Жұмағалиева М.Б.	Логистический сервис в пассажирских перевозках: современные технологии и перспективы развития	7762
1828.	Камалов Р.А.	Перспективы и вызовы внедрения искусственного интеллекта в систему электронного документооборота в ТОО «КТЖ-Грузовые перевозки»	7765
1829.	Кенжехан Б.Е., Махмутов Т.Қ.	Моделирование аэродинамических характеристик БПЛА с неподвижным крылом	7772
1830.	Касымбекова А.С.	Экологически-ориентированное управление логистикой автомобильных перевозок на примере Республики Казахстан	7776
1831.	Қанатбекова З.Қ.	Операциялық тиімділікті арттыру үшін кәсіпорындағы ішкі логистикалық процестерді оңтайландыру	7781
1832.	Кулбаракова Ж.А.	«Орал-Алматы» теміржолы бағытында жолаушыларды жедел тасымалдау қызметін ұйымдастыру	7785
1833.	Мазманов К.А.	Digit.ex – платформа по поиску онлайн специалистов	7790
1834.	Медведев В.В.	Анализ традиционных силовых агрегатов с гибридными и перспективы их развития	7794
1835.	Мусинова А.А.	Влияние технологии уполномоченного экономического оператора на транспортно-логистические процессы Казахстана	7798

1836.	Мухтар А.З.	Тұрақты логистиканың болашағы: жасыл технологиялар мен инновациялар	7802
1837.	Өміржан Д.С.	Международный транспортный коридор «Север-Юг»: перспективы и вызовы	7807
1838.	Пулатов М.М., Пулатова М.Ж.	Способы усиления пропускной и провозной способности железнодорожного участка Ангрэн – Пап	7812
1839.	Смагулова А.Е.	Преимущества и вызовы применения технологии Блокчейн в логистике	7815
1840.	Серикова Д.Б.	Көлік-логистика саласындағы цифрлық экожүйелерді қалыптастыру және дамыту. (Қазақстандық логистикалық кәсіпорындар мысалында)	7820
1841.	Солод А.И.	Повышение безопасности движения на основе применения кольцевых пересечений	7826
1842.	Темирханұлы Т.	Повышение качества транспортного обслуживания пассажиров	7829
1843.	Тохиров О.З., Рустамжонов Б.Э.	Определение количества приемо-отправочных путей железнодорожной грузовой станции «К» в условиях увеличения объемов перевозок	7833
1844.	Шаймардан Д.Т.	Қойма логистикасындағы заманауи ақпараттық технологиялар	7836
1845.	Шүрекен Д.А., Алтаев Н.С.	Цифрлық трансформация жағдайында логистикалық процестерді оңтайландыру	7839

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 13 ОБРАЗОВАНИЕ

#### ПОДСЕКЦИЯ 13.1 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКАХ

1846.	<b>Abdushukurova Zh. F., Aripbek S. B.</b>	Is multilingualism making us more emotionally intelligent? A cognitive science perspective	7844
1847.	<b>Akhan A., Berdibay D.</b>	Six levels of thinking: applying bloom's taxonomy in education	7846
1848.	<b>Akim A.</b>	Digital tools in language learning:	7848

Таким образом, представленная модель является важным инструментом для анализа и оптимизации работы систем накопления энергии на ВЭС, способствуя более стабильной и надежной работе современной энергосистемы.

#### Список использованных источников

1. Hosseini S. H., Zolghadri M. R. "Battery Energy Storage System for Wind Power Smoothing", IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2016.
2. K. Divya, J. Østergaard, "Battery energy storage technology for power systems—An overview", Electric Power Systems Research, 2009.
3. Bevrani, H. "Robust Power System Frequency Control", Springer, 2009.
4. Иванов И. И., Петров А. П. Моделирование систем накопления энергии для стабилизации ветровых электростанций // Электротехника и автоматика. – 2019. – С. 23–34.
5. Кузнецов В. С. Системы накопления энергии: теория и практика. – М.: Энергия, 2017.
6. IEEE Standard 1547-2018. IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. – IEEE, 2018.
7. Bevrani, H. Robust Power System Frequency Control. – Springer, 2009.
8. The MathWorks Inc. MATLAB® и Simulink® для моделирования динамических систем. – Ред. 2020.
9. Hosseini S. H., Zolghadri M. R. Battery energy storage system for wind power smoothing // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2016. – Vol. 7, No. 2, pp. 620–628.
10. Digsilent GmbH. Digsilent PowerFactory: User Manual. – 2020.
11. Abdul Wahab A. S. M. et al. Integration of Wind Power with Battery Energy Storage System for Power Smoothing // Renewable Energy. – 2015. – Vol. 75, pp. 277–286.

УДК 621.321

### ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ С УЧЕТОМ ЯВЛЕНИЯ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

Сериков Ермахан Быржанович, Дархан Русланулы

[Ermakhan.serik@gmail.com](mailto:Ermakhan.serik@gmail.com)

Магистранты 1 и 2 курса кафедры «Электроэнергетика» транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Введение. Силовые трансформаторы являются важными элементами в инфраструктуре энергетических систем, они выполняют преобразование электрической энергии между различными уровнями напряжения. Однако, несмотря на высокую степень надежности и долговечности современных трансформаторов, их эксплуатация в условиях перегрузок представляет собой одну из ключевых проблем, требующих особого внимания [1, 2].

Перегрузка трансформатора, особенно длительная или частая, может приводить к значительному ухудшению его эксплуатационных характеристик. Одним из наиболее важных аспектов является повышение температуры устройства, которое вызывает перегрев изоляции и элементов конструкции, что, в свою очередь, сокращает срок службы трансформатора. Важным фактором, влияющим на эффективность работы трансформатора при перегрузках, является явление насыщения магнитного сердечника. Насыщение сердечника происходит, когда магнитный поток достигает максимального значения, и

дальнейшее увеличение тока не приводит к увеличению магнитного потока, а лишь увеличивает потери в железе и ухудшает работу устройства [3, 4].

В настоящее время имеется широкий выбор магнитных материалов для изготовления трансформаторов [5–7]. При проектировании трансформаторов магнитная проницаемость принимается постоянной величиной, и это оправдано, если токи в обмотках относительно небольшие. Однако магнитная проницаемость сердечников (в особенности у ферритовых) довольно резко снижается при больших токах в обмотках трансформатора, и это связано с явлением насыщения в магнитных материалах. По этой причине трансформаторы обычно выбираются так, чтобы их номинальный рабочий ток был заметно ниже тока насыщения, а это означает выбор трансформатора увеличенной массы и размеров [8, 9].

Но на производстве иногда возникают ситуации, когда трансформатор должен работать (кратковременно) в режиме с повышенной нагрузкой. Кроме того, могут возникать короткие замыкания в цепи между потребителями и трансформатором. Тогда возникающие большие токи будут оказывать обратное влияние на магнитные свойства сердечника, приводя к изменению его индуктивности. Так возникают нелинейные эффекты [10–14].

Предлагаемое исследование посвящено моделированию нелинейных режимов работы трансформатора и выявлению возникающих в связи с этим новых явлений. Его отличие от работы [10] состоит в формулировке полной нестационарной модели, явном учете зависимости индуктивности от тока и не опирается на специальные программные средства, например MatLab Simulink SimPowerSystem [11]. Этим предлагаемая модель и ее физическое содержание не создают лишних сложностей как начинающим самостоятельное исследование студентам, так и профессионалам.

#### 1. Природа нелинейных процессов в трансформаторе

Когда провод наматывается на магнитный сердечник, создается катушка индуктивности, в которой поле напряженности  $H$  пропорционально току катушки индуктивности, тогда как магнитный поток пропорционален полю индукции  $B$  (рис. 1) [12]. Наиболее сильные изменения происходят вблизи нулевых значений  $H$  и  $B$ . Рассмотрим только положительную часть  $H$  и  $B$ , при больших значениях  $H$  кривая индукция выходит на горизонтальную асимптоту.

Для цилиндрической катушки индуктивности, содержащей  $w$  витков провода длиной  $l$  и радиусом  $r$  (при условии  $l \gg r$ ), справедливо равенство

$$L(i) = \frac{w^2 \pi r^2}{l} \mu_d(H), \quad \mu_d = \frac{dB}{dH}, \quad (1)$$

где  $\mu_d$  – дифференциальная проницаемость.

Хотя величина индуктивности зависит не только от свойств ферромагнитного материала, но еще и геометрических параметров проволочной обмотки, нас интересует зависимость от дифференциальной проницаемости  $\mu_d$ , она, как известно, определяется только свойством ферромагнитного материала.

В области больших значений  $H$  в ферритовом материале происходит насыщение и  $\mu_d \approx 0$ . На практике катушки индуктивности или трансформаторы стараются использовать вдали от области насыщения ферритового материала, т.е. когда  $\mu_d \approx \text{const}$ . На рис. 1 показаны два участка, где дифференциальная проницаемость принимает приближенно два постоянных значения  $\mu_{d,1}$  и  $\mu_{d,2}$ .

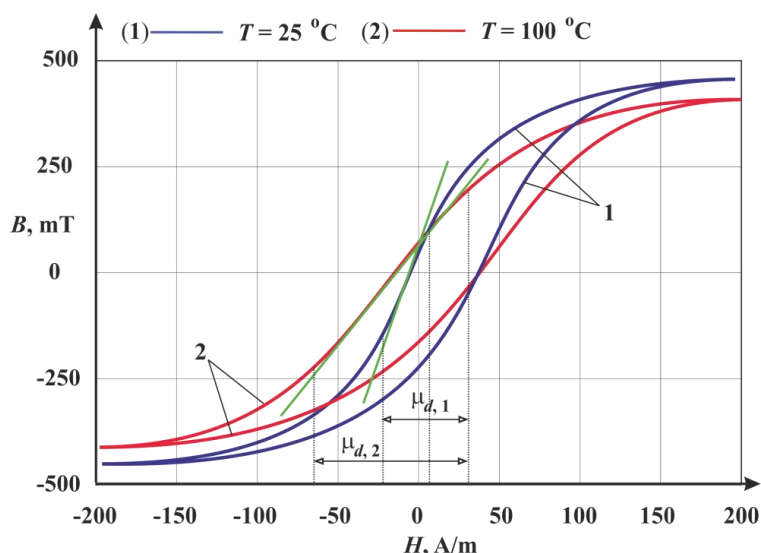


Рисунок 1 - Соотношение между  $B$  и  $H$  в ферритовом материале N27, предоставленное TDK Electronics Design Tool при 25 °C (синяя линия) и 100 °C (красная линия).

При установившемся режиме работы цепей переменного тока и при  $\mu_d \approx \text{const}$ , такие режимы работы поддаются расчету. Но если происходят внезапные и внеплановые изменения тока, то тогда  $\mu_d$  нельзя постоянной величиной, и, как следствие, индуктивность  $L(i)$  тоже сильно меняется вместе с током.

## 2. Основные уравнения в модели процессов в трансформаторе

Рассмотрим реальный трансформатор с двумя обмотками (рис. 2), на первый подается переменное напряжение  $U_1$ , на второй обмотке напряжение  $U_2$  с нагрузочным резистором  $R_E$ . Количество витков провода на первой обмотке равно  $w_1$ , во второй обмотке –  $w_2$ .

Прежде чем рассматривать нелинейную модель трансформатора, необходимо вспомнить основные детали линейной модели [15], поскольку она будет базовой для последующего изложения.

Выполнение электротехнических расчетов с реальным трансформатором является трудоемкой задачей из-за магнитной связи между обмотками. Поэтому магнитную связь заменяют электрической схемой замещения [15]. При этом на *первом этапе* каждая обмотка заменяется набором из *идеальных* деталей: индукционных катушек  $L_1$  и  $L_2$ , резисторами  $R_1$ ,  $R_2$  (иногда добавляются и конденсаторы).

При моделировании работы трансформатора центральным уравнением является связь между электродвижущей силой  $E$  и магнитным потоком  $\Phi$ :

$$E = -w \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2)$$

где  $w$  – число витков провода, по которым проходит поток  $\Phi$ .

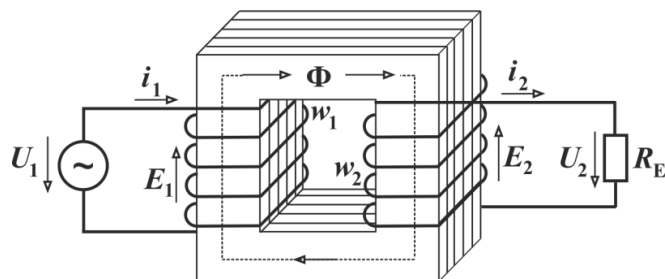


Рисунок 2 - Трансформатор с двумя обмотками и с сопротивлением нагрузки  $R_E$ .

Напряжения на обмотках разные, и это не позволяет рассматривать трансформатор как единую электрическую цепь. Идея заключается в выполнении таких масштабных

преобразований параметров системы, когда ЭДС в обмотках становятся равными. В результате получается упрощенная Т-образная схема (рис. 3) [15], где также имеются активное сопротивление  $R_0$  и индуктивность  $L_0$ . Параметрами  $R_0$  и  $L_0$  учитываются потери энергии и мощности в первой обмотке, имеющиеся при отсутствии тока во второй обмотке.

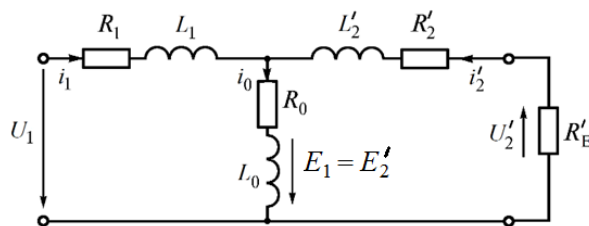


Рисунок 3 - Т-образная схема замещения трансформатора.

На *втором этапе* числа витков в обмотках приводят к одинаковому значению, и обычно к числу витков в 1-й обмотке. Формально полагаем во второй обмотке приведенное число витков  $w_2' = w_1$ , соответственно обозначим приведенную амплитуду ЭДС как  $E_{2m}'$ .

Тогда удастся уравнять ЭДС в обеих обмотках, поскольку их амплитуды станут одинаковыми,

$$E_{2m}' = E_{1m} = nE_{2m}. \quad (3)$$

Мощность тока во второй обмотке  $W_2$  остается неизменной,  $W_2 = \text{const}$ . Если  $I_{2m}$  и  $I_{2m}'$  значения токов в реальной и приведенной второй обмотке, то условие постоянства мощности запишется как

$$E_{2m}I_{2m} = E_{2m}'I_{2m}'.$$

С учетом (8) отсюда получаем связь между токами  $I_2$  и  $I_2'$ ,

$$I_{2m}' = \frac{I_{2m}}{n}. \quad (4)$$

Мощность  $W_2$  состоит из активной  $P_2$  и реактивной части  $Q_2$ ,  $W_2 = \text{const}$  означает сохранение по-отдельности каждой из составляющих:  $P_2 = \text{const}$  и  $Q_2 = \text{const}$ .

Требование их постоянства (их модулей) дает равенства

$$R_2' I_{2m}'^2 = R_2 I_{2m}^2, \quad X_{L2}' I_{2m}'^2 = X_{L2} I_{2m}^2, \quad X_{L2}' = \omega L_2', \quad X_2 = \omega L_2.$$

Мощность на (активной) нагрузке  $R_E$  тоже должна не меняться. В результате с использованием (9) получим формулы замены номиналов резисторов и индуктивности:

$$R_2' = n^2 R_2, \quad R_E' = n^2 R_E, \quad L_2' = n^2 L_2. \quad (5)$$

Напомним,  $I_{2m}$  – это амплитуда тока  $i_2$ , а  $I_{2m}'$  – амплитуда тока  $i_2'$ .

Теперь дадим пояснения к использованию электрической цепи из рис. 3. Сначала задаем исходные параметры первой и второй обмоток:

- $R_1, L_1$  и вспомогательные параметры  $R_2', R_E', L_2'$ ;
- коэффициент трансформации  $n$ ;
- характеристики «магнитного материала»  $R_0, L_0$ ;
- внешнее напряжение  $U_1 = U_0 \cdot \sin \omega t$ .

По правилам Кирхгофа находим дифференциальные уравнения для токов  $i_1, i_0$  и  $i_2'$ . После этого по формулам (3)–(5) обратно пересчитываются реальные параметры трансформатора:

$$E_{2m} = \frac{1}{n} E_{2m}', \quad I_{2m} = n I_{2m}', \quad (6)$$

$$R_2 = \frac{1}{n^2} R_2', \quad R_E = \frac{1}{n^2} R_E', \quad L_2 = \frac{1}{n^2} L_2'.$$

Амплитуды тока  $i_2$  и напряжения  $U_2$  можно находить после решения дифференциальных уравнений

$$i_0 = i_1 + i_2'. \quad (7)$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{-i_1 \left( \frac{L_2' R_0}{L_2' + L_0} + R_1 \right) + i_2' \left( \frac{R_2' + R_E'}{L_2' + L_0} L_0 - \frac{L_2' R_0}{L_2' + L_0} \right) + U_1}{L_1 + \frac{L_2'}{L_2' + L_0} L_0}. \quad (8)$$

$$\frac{di_2'}{dt} = - \frac{i_1 \frac{R_0 L_1 - R_1 L_0}{L_1 + L_0} + i_2' \left( R_2' + R_E' + \frac{R_0 L_1}{L_1 + L_0} \right) + \frac{L_0}{L_1 + L_0} U_1}{L_2' + \frac{L_1}{L_1 + L_0} L_0}. \quad (9)$$

Напряжение в первой обмотке, как известно, задано и равно  $U_1 = E_{1m} \cdot \sin \omega t$ . Реальный ток во второй обмотке вычисляется по формуле  $i_2 = n \cdot i_2'$ .

При получении уравнений (8) и (9) не применялась операция дифференцирования, поэтому они не меняют вида, если индуктивности  $L_0, L_1, L_2'$  будут зависеть от проходящих через них токов, т.е. в случае трансформатора с нелинейными свойствами.

3. Использование арктангенсной модели  $L(i, T)$  для исследования нелинейных процессов в трансформаторе

Применим теперь арктангенсную модель  $L(i, T)$  [7–9] для анализа процессов в трансформаторе. Согласно схеме замещения (рис. 3) у нас имеются три индуктивных катушек  $L_0(i_0), L_1(i_1), L_2'(i_2')$ . Все «индуктивные катушки» в реальном трансформаторе представляют единое целое, поэтому для них температура  $T$  и параметры  $\alpha, \beta, \gamma$  и  $\delta$  одинаковые.

Для катушек процедура расчета не представляет трудности, их индуктивности равны

$$L_k = L_k^{\min} + \frac{L_k^{\max} - L_k^{\min}}{2} \left\{ 1 - \frac{2}{\pi} \arctg \left[ \frac{|i_k| - (\delta - \gamma(T - T_0))}{\beta - \alpha(T - T_0)} \right] \right\}, \quad k = 0, 1, 2.$$

Для расчета температуры можно использовать простую модель теплообмена

$$cm \frac{dT}{dt} = \sum_{k=0}^2 R_k i_k^2 - \alpha(T - T_c) S, \quad (10)$$

где  $c, m$  – теплоемкость и масса трансформатора;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $T_c$  – температура окружающей среды;  $S$  – площадь внешней поверхности трансформатора.

Трансформатор состоит в основном из железа и меди, каждая из них составляет известную долю от всего объема трансформатора, поэтому  $c$  и  $m$  – это средние значения по всему объему. Соответственно под  $T$  понимается средняя температура трансформатора.

Таким образом, в работе построена физико-математическая модель трансформатора с нелинейными свойствами. Основными в модели являются уравнения (7)–(10). Все остальные уравнения имеют вспомогательную роль.

#### Список использованных источников

1. Шабанов В.В., Лавренюк И. М. Основы теории и практики эксплуатации силовых трансформаторов. Москва: Энергия, 2015.
2. Богданов В.С., Иванов А.В. Исследование перегрузок в силовых трансформаторах и их влияние на эксплуатационные характеристики. Электротехнический журнал, 2017.
3. Гринев А.Б. Насыщение магнитных сердечников и его влияние на эффективность работы трансформаторов. Журнал прикладной электроэнергетики, 2019.
4. Петров И.И., Сидоров А.Л. Моделирование и оптимизация работы силовых трансформаторов при перегрузках с учетом явления насыщения. Электрические машины и трансформаторы, 2020.

5. Reddy K.J., Natarajan S. Energy sources and multi-input DC-DC converters used in hybrid electric vehicle applications — a review. *Int J. Hydrog Energy*. 2018. Vol. 43(36). P. 17387-17408.
6. Martinez W., Cortes C., Yamamoto M., Imaoka J., Umetani K. Total volume evaluation of high-power density non-isolated DC-DC converters with integrated magnetics for electric vehicles. *IET Power Electron*. 2017. Vol. 10(14). P. 2010-2020.
7. Chen J., Wang C., Chen J. Investigation on the selection of electric power system architecture for future more electric aircraft. *IEEE Trans Transp. Electrification*. 2018. Vol. 4(2). P. 563-576.
8. Femia N., Di Capua G. Hysteretic regulators with partially-saturated inductors. Proceedings of the 25<sup>th</sup> IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS), December 9–12, 2018. Bordeaux (France); 417–420.
9. Di Capua G., Femia N., Stoyka K. Impact of inductors saturation on DC-DC switching regulators. Proceedings of the IEEE 5<sup>th</sup> International forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI), September 9–12, 2019. Florence (Italy); 254–259.
10. Никонец А.Л., Венгер Владимир П., Венгер Виктор П. Методы исследования электромагнитных процессов в обмотках трансформаторов при действии на них перенапряжений в сети. *Известия Томского политехнического университета*. 2015. Т. 326. № 11. С. 86–98.
11. Каржевин А.А., Подобный А.В., Дрязгов Д.Е. Разработка и исследование динамической модели однофазного трансформатора с сердечником из аморфной стали. *Вестник ИГЭУ*. 2019. Вып. 2. С. 43–51.
12. Di Capua G, Femia N. A novel method to predict the real operation of ferrite inductors with moderate saturation in switching power supply applications. *IEEE Trans Power Electron*. 2016; 31(3): 2456-2464.
13. Oliveri A, Lodi M, Storace M. Accurate modeling of inductors working in nonlinear region in switch-mode power supplies with different load currents. Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), July 2–5, 2018. Prague (Czech Republic); 233–236.
14. Oliveri A, Di Capua G, Stoyka K, Lodi M, Storace M, Femia N. A power-loss-dependent inductance model for ferrite-core power inductors in switch-mode power supplies. *IEEE Trans Circuits Syst I Regul Pap*. 2019; 66(6): 2394-2402.
15. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. – Ленинград: Энергия, 1970.

**Подсекция 12.5 Эксплуатация транспорта и логистика**  
**Көлікті пайдалану және логистика / Transport operation and logistics**

UDC 629.3

**STRATEGIES FOR IMPROVING LOGISTICS COMPANY RELIABILITY**

**Auesbekova Maral Ashiraliyevna, Dukenbayeva Gulnur Mahmutovna**

[duigu90@mail.ru](mailto:duigu90@mail.ru)

Master's degree, senior lecturer, of «Transport, organization of transportation and traffic»  
 department, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan  
 Supervisor - Kazenova A.O.