МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БОГАТИР ЮЛІЯ ІВАНІВНА

На правах рукопису

УДК 625.151.3:004.032.26

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВИКОНАВЧИМИ ПРИСТРОЯМИ СТАНЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник
д.т.н., доцент В.С. Блиндюк

Харків 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 4

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1. Сучасний стан і перспективи розвитку автоматизованих систем централізації стрілок і сигналів 12

1.1 Аналіз основних етапів розвитку систем централізації стрілок і сигналів 12

1.2 Особливості побудови пристроїв керування стрілками систем мікропроцесорної і електричної централізації 23

1.3 Аналіз автоматизованих засобів технічної діагностики систем залізничної автоматики 37

1.4 Проблеми і перспективи розвитку існуючих систем керування залізничним транспортом 40

1.5 Висновки до розділу 1 43

РОЗДІЛ 2. Динамічні методи контролю якості функціонування виконавчих пристроїв стрілочних приводів 45

2.1 Побудова імітаційної моделі двигуна постійного струму послідовного збудження стрілочного електропривода 45

2.2 Побудова імітаційної моделі асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором стрілочного привода 50

2.3 Розроблення імітаційної моделі безконтактного керованого двигуна (ДБУ) стрілочного привода 56

2.4 Перевірка адекватності побудованих імітаційних моделей виконавчих пристроїв стрілочного привода 59

2.5 Висновки до розділу 2 68

РОЗДІЛ 3. Удосконалення системи контролю виконавчими пристроями стрілочного привода 69

3.1 Розроблення методів контролю виконавчих пристроїв стрілочного привода постійного струму в реальному часі 69

3.2 Розроблення методів контролю виконавчих пристроїв 74

стрілочного приводу змінного струму
3.3 Нейромережева модель контролю робочого стану виконавчого пристрою стрілочного привода постійного струму в реальному часі 80
3.4 Нейромережева модель контролю робочого стану виконавчого пристрою стрілочного привода змінного струму в реальному часі 91
3.5 Висновки до розділу 3 99
РОЗДІЛ 4. Удосконалення системи керування безконтактним керованим двигуном стрілочного електропривода 101
4.1 Побудова імітаційної моделі замкненої системи керування стрілочним приводом з безконтактним керованим двигуном 101
4.2 Побудова модулятора керуючого сигналу із застосуванням нейронних мереж 112
4.3 Перевірка адекватності побудованої моделі системи керування виконавчим пристроєм стрілочного привода 115
4.4 Техніко-економічне обґрунтування ефективності розроблення та впровадження замкненої системи керування виконавчим пристроєм стрілочного привода 119
4.5 Висновки до розділу 4 133
ВИСНОВКИ 135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 137
Додаток А. Розрахунок адекватності імітаційної моделі стрілочного привода з асинхронним двигуном 153
Додаток Б. Розрахунок адекватності імітаційної моделі стрілочного привода з безконтактним керованим двигуном 154
Додаток В. Акт впровадження результатів дисертаційної роботи на ДП «Південна залізниця» 155
Додаток Г. Акт впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальному процесі 157

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Електрична централізація	ЕЦ
Автоматичне блокування	АБ
Автоматична локомотивна сигналізація	АЛС
Релейне напівавтоматичне блокування	РНБ
Диспетчерська централізація	ДЦ
Черговий по станції	ДСП
Блокова маршрутно-релейна централізація	БРМЦ
Електрична централізація малих станцій	ЕЦМ
Поїзний диспетчер	ДНЦ
Пристрої автоматичного установлення маршрутів	АУМ
Мікропроцесорна централізація	МПЦ
Релейно-процесорна централізація	РПЦ
Автоматизована система диспетчерського керування	АСДУ
Гіркова автоматична централізація	ГАЦ
Стрілочний електропривод	СЕП
Автоматизована система диспетчерського контролю	АСДК
Апаратно-програмний комплекс диспетчерського контролю	АПК-ДК
Інтелектуальні транспортні системи	ІТС
Асинхронний двигун	АД
Безконтактний керований двигун	ДБУ
Зворотний зв'язок	ЗЗ
Нейронні мережі	НМ

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективність і конкурентоспроможність залізниць значною мірою залежить від швидкості і інтенсивності руху поїздів. Разом з тим при їх збільшенні зростають вимоги до безпеки руху. Основною системою оперативного керування на станціях є електрична централізація стрілок і сигналів (ЕЦ). Загальносвітовою тенденцією є заміна старих релейних систем на комп'ютерні. Проте за капітальними вкладеннями вони є дорожчими, а їх техніко-економічна ефективність не завжди очевидна.

Впровадження мікропроцесорної елементної бази дозволяє звести до мінімуму вплив людського чинника, істотно розширити функціональні можливості систем, зменшення вартості будівництва і споживання електроенергії. Крім того, знижуються капітальні та експлуатаційні витрати і підвищується надійність роботи пристроїв СЦБ за рахунок зниження вірогідності відмов з вини апаратури. Можливість ведення архіву подій у роботі систем МПЦ дозволяє своєчасно інформувати експлуатаційний штат про передвідмовний стан системи і сприяє своєчасному виявленню дійсних причин відмов.

У різних системах електричної централізації застосовують схеми керування, різні за принципом побудови контрольних і робочих кіл, які визначають кількість проводів лінії зв'язку стрілочного електропривода з постовими пристроями. Такі схеми мають ряд істотних недоліків: підгорання контактів пускового реле, можливість виникнення помилкового контролю при помилковому підключенні лінійних проводів, у контрольному колі недостатній захист від помилкового спрацьовування реле ОК (загальне контрольне реле для контролю положень стрілочного привода) при випрямному процесі на колекторі через велику напругу. У стрілочних електроприводах застосовуються електричні двигуни постійного струму з послідовним збудженням і асинхронні двигуни з короткозамкненою обмоткою на ротор. Двигуни постійного струму не можуть розглядатися як елемент сучасного електропривода до якого висуваються підвищені вимоги, оскільки вони містять колекторний вузол, який вимагає частого технічного

огляду, періодичного ремонту і заміни. Недоліком асинхронного двигуна є те, що пусковий момент менший від номінального та чутливість до зміни параметрів мережі. Загальним недоліком є виділення основної частки тепла в роторі, звідки тепловідведення ускладнено, що істотно знижує їх надійність, термін служби і збільшує габарити цих двигунів. Всі перераховані вище недоліки призводять до додаткових витрат, пов'язаних з ремонтом і заміною виконавчих пристроїв, а також простоїв поїздів. Застосування нового вдосконаленого двигуна в стрілочному електроприводі дозволить значно скоротити такі витрати.

Відмови, що виникають за рахунок перелічених вище недоліків, призводять до затримок поїздів, що спричиняє собою великі економічні втрати. Швидке виявлення несправності дає можливість у найкоротший строк усунути або попередити її. При безперервному автоматичному контролі можливо прогнозувати інтервали часу, протягом яких об'єкт повинен працювати справно, локалізувати несправність – визначити місце, тип. Це дуже важливо, оскільки не менше 60 – 80 % часу йде на пошук і визначення несправності. За рахунок прогнозування і безперервності контролю зменшується небезпека несподіваних відмов.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки (затверджена Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 р. № 1259), Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (Постанова Кабінету Міністрів України № 1390 від 16.12.2009 р.), Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. Автор брав участь як виконавець у науково-дослідних роботах за темами «Дослідження та розробка ресурсозберігаючих технологій експлуатації залізничних станцій та вузлів» (номер держреєстрації 0108U000078) та «Дослідження і розробка методів автоматизованого управління рухомим складом залізничного транспорту» (номер держреєстрації 0111U002240).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення науково-прикладного завдання удосконалення методів керування та контролю виконавчими пристроями станційних систем залізничної автоматики шляхом забезпечення в реальному масштабі часу безперервного моніторингу їх режимів роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз наукових підходів і принципів побудови методів контролю та керування виконавчими пристроями систем централізації стрілок і сигналів і визначити шляхи їх удосконалення;

- розробити нейромережеву модель пристрою контролю параметрів стрілочного електропривода постійного струму, що дозволить у реальному масштабі часу урахувати характер зміни пускових і робочих характеристик при виникненні різних пошкоджень;

- розробити нейромережеву модель пристрою контролю функціонування стрілочного електропривода змінного струму, що дозволить визначати передвідмовний стан виконавчих пристроїв, тим самим скоротити кількість відмов;

- розробити метод керування безконтактним двигуном стрілочного електропривода, що дозволить незалежно від стану впливів, що його збурюють, забезпечити безперервну зміну струму, моменту й швидкості обертання ротора за заданим законом;

- розробити нейромережеву модель регулятора системи керування безконтактним двигуном стрілочного електропривода, який, на відміну від існуючого, дозволить демпфірувати автоколивання у всьому заданому діапазоні функціонування електропривода й тим самим забезпечити його сталу роботу;

- розробити методи та моделі, які можуть бути покладені в основу побудови пристроїв контролю стрілочних електроприводів постійного та змінного струмів, що, на відміну від існуючих, дозволять у реальному масштабі часу урахувати вплив комутаційних процесів на їхні пускові та робочі характеристики при виникненні різних пошкоджень;

- провести техніко-економічну оцінку впровадження результатів дисертаційної роботи.

Об'єкт дослідження – процес керування та контролю виконавчими пристроями станційних систем залізничної автоматики.

Предмет дослідження – методи і моделі керування та контролю виконавчими пристроями станційних систем залізничної автоматики.

Методи дослідження. Побудова імітаційної моделі виконавчих пристроїв стрілочного електропривода базується на теорії електричних кіл, теорії електричних машин і теорії диференціальних рівнянь; методах програмного моделювання, регресійного аналізу та із застосуванням нейромережевих технологій. Для перевірки адекватності побудованих моделей використовувався апарат математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна полягає в теоретичному обґрунтуванні завдання підвищення якості експлуатації стрілочних електроприводів систем залізничної автоматики шляхом подальшого удосконалення методів керування та контролю їх виконавчими пристроями.

Вперше:

- на основі теорії штучних нейронних мереж (НМ) запропоновано метод контролю параметрів стрілочного електропривода з двигуном постійного струму, який дає змогу у реальному масштабі часу урахувати характер зміни пускових і робочих характеристик при виникненні різних пошкоджень;

- розроблено нейромережеву модель прогнозування якості роботи стрілочного електропривода змінного струму, яка дозволяє визначати передвідмовний стан виконавчих пристроїв стрілочного привода;

- розроблено метод керування безконтактним двигуном стрілочного електропривода, який дозволяє незалежно від стану впливів, що його збурюють, забезпечити безперервну зміну струму, моменту й швидкості обертання ротора за заданим законом.

Вдосконалено:

- нейромережеву модель регулятора системи керування стрілочним електроприводом з безконтактним електродвигуном стрілочного електропривода, який, на відміну від існуючих, дозволяє демпфірувати автоколивання у всьому заданому діапазоні роботи електропривода і тим самим забезпечити його стійку роботу.

Знайшли подальший розвиток:

- імітаційні моделі, що відображають пускові режими роботи стрілочних електроприводів постійного та змінного струмів які були покладені в основу побудови пристроїв контролю їхнього стану, що, на відміну від існуючих, дозволяють в реальному масштабі часу відстежувати зміну пускових характеристик двигуна СП при виникненні порушень в їх роботі.

Практичне значення одержаних результатів. Здобуті в дисертації наукові результати дозволили розробити методи контролю технічного стану двигунів СП постійного та змінного струму, що дозволяють вчасно виявляти їх пошкодження за пусковими та робочими характеристиками і прогнозувати їхню подальшу роботу. Впровадження нейромережевої моделі пристрою контролю технічного стану СП з асинхронним двигуном дозволило визначати його працездатний стан у реальному масштабі часу. Розроблений нейромережевий регулятор системи керування безконтактним двигуном СП дозволяє демпфірувати автоколивання у всьому заданому діапазоні функціонування електропривода й тим самим забезпечити його сталу роботу.

Результати окремих розділів роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі автоматики та комп’ютерного телекерування рухом поїздів, кафедрі електротехніки та електричних машин та Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) при підготовці начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв’язку. Основні наукові результати дисертації передано для впровадження в 2015 р. на ДП «Південна залізниця»: рекомендації з удосконалення методів керування та контролю виконавчими пристроями станційних систем залізничної автоматики. Практичне

впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведені в додатках до роботи. Упровадження вищевказаних розробок дає змогу з підвищеною достовірністю визначити робочий стан виконавчих пристроїв стрілочних електроприводів, що забезпечує більш ефективне регулювання руху поїздів та виконання маневрових робіт. Очікується, що загальна сума економічного ефекту від впровадження запропонованих методів контролю та керування виконавчими пристроями систем централізації стрілок і сигналів та застосування їх протягом шести років складе 194,478 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. Усі основні положення і результати, що виносяться на захист, отримано автором самостійно та проводилися в Українському державному університеті залізничного транспорту. Крім того, у публікаціях, у яких відображено основні результати дисертації та які написано у співавторстві, здобувачу належать: [2] – розроблено імітаційну модель магнітоелектричного двигуна СП та проведено аналіз пускових та робочих характеристик отриманих на її основі; [79] – обґрунтовано доцільність використання векторного способу керування магнітоелектричним двигуном СП; [43] – розроблено імітаційні моделі виконавчих пристроїв СП та проведено аналіз отриманих характеристик; [62] – проведено аналіз отриманих на основі імітаційної моделі асинхронного двигуна характеристик при виникненні порушень у роботі привода; [124] – побудовано замкнену систему керування безконтактним керованим двигуном СП; [129] – розроблено нейромережевий перетворювач керуючого сигналу у замкненій системі керування; [118] – розроблено нейромережевий контроллер, який діагностує робочий стан виконавчого пристрою; [128] – проведено аналіз попередніх досліджень; [125] – проведено аналіз досліджень в галузі моделювання машин з постійними магнітами; [102] - розроблено імітаційну модель двигуна з постійними магнітами СП.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і схвалені на науково-технічних конференціях:

- 23-й та 24-й Міжнародних науково-технічних конференціях «Перспективні комп'ютерні керуючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2010, 2011 рр.);

- IV Міжнародній науково-практичній конференції «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті» (Україна, пгт. Чинадієво, 2011р.);

- 26-й Міжнародній конференції «Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникации на базе цифровизации» (м. Алушта, 2013 р.);

- 27-й Міжнародній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (м. Харків, 2014 р.);

- 74, 76, 77-й Міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 2012, 2014, 2015 рр.);

Дисертацію в повному обсязі розглянуто та схвалено на розширеному засіданні кафедри електротехніки та електричних машин Українського державного університету залізничного транспорту.

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 19 наукових праць, з яких 9 статей (з них 2 без співавторів), що опубліковані у фахових виданнях затверджених Міністерством освіти і науки України (2 статті включені до міжнародних наукометричних баз) 1 патент на винахід, додаткові праці – 1 патент на корисну модель і 8 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг роботи становить 153 сторінку, обсяг основного тексту складає 130 сторінок друкованого тексту(6 сторінок зайняті на повну площу 2 рисунками і 3 таблицями), 51 рисунок, 29 таблиць, список використаних джерел складається з 140 найменувань і 4 додатки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Феоктистов В.П. Электрические железные дороги [Текст]: учебник / под ред. проф. В.П. Феоктистова, проф. Ю.Е. Просвирова; Моск. ун-т путей сообщения; Самара: СамГАПС, 2006. – С. 312.

2. Богатырь Ю. И. Анализ существующих методов и средств управления стрелками и сигналами на железнодорожных станциях [Текст] / Ю. И. Богатырь / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2009, №4. – С 60 – 65.

3. Устинский А.А Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте [Текст] / А.А. Устинский, Б.М. Степенский, Н. А. Цибуляи др., М.: Транспорт, 1985. – С. 439.

4. Балуев Н.Н. Преобразователи для питания стрелочных электроприводов / Н.Н. Балуев, К.А. Алешечкин, А. Б. Никитин, А.Н. Ковкин // Автоматика, связь, информатика. – 2012., - №3. – С. 2 – 5.

5. Валиев Р.Ш. Блочная маршрутно-релейная централизация / Р.Ш. Валиев, Ш.К. Валиев. – Екатеринбург: ООО «Вебстер», 2011. – С. 176.

6. Сороко В.И. Автоматика, сигнализация, связь и вычислительная техника на железных дорогах России: Энциклопедия: в 2 т. Т. 1. – М.: НПФ «ПЛАНЕТА», 2006. – С. 736.

7. Кравцов Ю.А. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / Крпацов Ю.А., Нестеров В.П., Лекута Г.Ф. и др. – М.: Транспорт, 1996. – С. 400.

8. Чепцов М.М. Методи синтезу сигнально-процессорної централізації стрілок і сигналів / М.М. Чепцов, А.Б. Бойнік, Д.М. Кузьменко.: Монографія:. – Донецьк : «ДонІЗТ», - 2010. – 181 С.

9. Бойнік А.Б. сигнально-процесорна система централізованого керування стрілками та сигналами. / А.Б. Бойнік, М.М. Чепцов // Залізничний транспорт України. – 2010. - №5. – С.59 – 61.

10. Балабанов И.В. ДЦ «Сетунь». Включение станций, оборудованных МПЦ и РПЦ / Балабанов И.В., Иванов Е.Н. // Автоматика, связь, информатика. 2007, №7, С. 4.

11. Белоконь С.А. Открытая модульная много платформенная SCADA-система [Текст] / Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. // Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ'08), Москва, 10-12 нояб., 2008. – М.: ИПУ РАН. 2008, С. – 116 – 118.

12. Мойсеєнко В.І. Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів / В.І. Мойсеєнко, С.Л. Пархоменко, М.М. Чепцов, Т.А. Коцюба. Під заг. ред. Мойсеєнка В.І. – 2013. – С. 393.

13. Колесник А.И. Проектирование микропроцессорных систем железнодорожной автоматики / Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте: 24 международная конференция «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины», тезисы доклада, 2001. – С. 141.

14. Сапожников Вл. В. Микропроцессорные системы централизации: Учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта [Текст] / Вл. В. Сапожников, В.А. Кононов, С.А. Куренков, А.А. Лыков, О.А. Наседкин, А.Б. Никитин, А.А. Прокофьев, М.С. Трясов; под ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 398 с.

15. Басов В. І., Єлисєєв В.В., Петренко О.В., Бойнік А.Б., Чепцов М.Н., Радковський С.О. Мікропроцесорна система централізації МПЦ – У: Навчальний посібник для студентів вузів залізничного транспорту. – К.: Макрос, 2014. – 432 с.

16. Маловичко В.В. Діагностування стрілочних переводів по кривим споживання струму в умовах експлуатації на станції / В.В. Маловичко // Збірник наукових праць Дон. інст. зал. трансп. – Донецьк, 2007. – Вип. 11. – С. 60 – 69.

17. Казаков А. А. Станционные устройства автоматики и телемеханики: Учебник для техникумов ж.-д. трансп. / А.А. Казаков, В. Д. Бубиов, Е. А. Казаков. М.: Транспорт, 1990, С. 431.

18. Сапожников Вл.В. Станционные системы автоматики и телемеханики [Текст] / Сапожников Вл.В., Елкин Б.Н., кокурин И.М. и др. // М.: Транспорт. 1997. – С. 432.

19. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов для сортировочных станций [Текст]: пат. 2401217 Россия: МПК B 61 L 27/00 (2006.01) / Савицкий А.Г., Литвин А.Г., Ильичев М.В., Бушуев А.В., Смирнов М.Б.,Полевский И.С.; Собственник РЖД. - № 2009122570/11, заявл. 15.06.2009, опубл. 10.10.2010.

20. Рибалка Р.В. Обеспечение безопасной эксплуатации сортировочной горки. Метод підвищення безпеки сортувальних гірок [Текст] / Рибалка Р.В., Гаврилюк В.І. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2010 – №1. – С. 51 – 54.

21. Ададуров С.Е. Комплексная система автоматизации сортировочных процессов [Текст] / Ададуров С.Е., Соколов В.Н. // Железнодорожный транспорт. – 2010. - №8. С. 37 – 38.

22. Федорчук А.Е. разработка и внедрение новых средств контроля, диагностирования и управления / Федорчук А.Е., Сепетый А.А. // 5 Международная научно-практическая конференция «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте (Транс ЖАТ – 2010)», Ростов-на-Дону, 13 – 15 окт., 2010: Сборник докладов. Ростов н/Д. 2010, С. 229 – 238.

23. Ковалев С.М. Интеллектуальные модели в системах горочной автоматизации [Текст] / Ковалев С.М., Муравский А.В. // Железнодорожный транспорт. – 2010. - №8. С. 47 – 50.

24. Berger Johann Система автоблокировки пути сортировочных станций. Vercgybstellwerke Australia “Vera” – SPS – Technologie bei Stellwerken in Österreih [Текст] / Berger Johann, Krims Verena, Trog Carsten, Ohisen Frank // Signal + Draht. – Австралия, 2010. 102 - № 10. – С. 32 – 36.

25. Бамесбергер А. Реализация системы горочной автоматики MSR32 на колее 1520 мм / Бамесбергер А., Подсосонная О.В. // Автоматика, связь, информатика. 2009, №2, С. 46 – 48.

26. Правила технічної експлуатації залізниць України. Затв. наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. №411. Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства транспорту України від 8 червня 1998 р. №226, від 23 липня 1999 р. №386, від 19 березня 2002 р. №179. – Київ, 2003. – 134 с.

27. Кондратьева Л.А. Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики. Учебник для техникумов ж.-д. трансп. / Кондратьева Л.А. // М.: Транспорт, 1983. – С.232.

28. Резников Ю.М. Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1985. С.288

29. Моисеенко В.И. Розширення функціональних можливостей схеми керування стрілочним електроприводом / В. І. Мойсеєнко, Д. С. Лючков, К. В. Зінковський // Автоматика та комп'ютерні системи управління рухом поїздів, Вип. 126, 2011. – С.53 – 59.

30. Казиев Г.Д. Схема управления стрелкой с бесколлекторным управляемым электродвигателем / Казиев Г.Д., Красногоров А.А., Любшин Д.А., Руденко В.М. // Автоматика, связь, информатика, 2007, №6. – С. 10 – 13.

31. Казиев Г.Д. Бесколлекторный управляемый двигатель / Г.Д. Казиев, Л. М. Епифанова, Д.А. Любшин // Автоматика, связь, информатика, №12, 2004, С. 12-13.

32. Буряковский С.Г. Регулируемый стрелочный электропривод / С.Г. Буряковский, В.В. Смирнов // Локомотив – информ, 2010, №7, С. 8 – 9.

33. Ефремов А.Ю. Микропроцессорные централизации // Автоматика, телемеханика и связь, 1986, №5, С. 45 – 47.

34. Sostaric Georg Innovative points setting system with an open interlocking interface / Sostaric Georg // Signal + Draht. 2012. 104, №9, С. 53 – 58.

35. Буряк С.Ю. Исследование диагностических признаков стрелочных электроприводов переменного тока / С.Ю. Буряк, В.И. Гаврилюк, О.А. Гололобова, А.М. Безнарытный // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2014. - №4(52). – С. 7 – 22.

36. Богатырь Ю.И. Анализ существующих стрелочных электроприводов [Текст] / Ю.И. Богатырь // Зб. наук. праць Дон. інст. зал. трансп. – Донецьк, 2009. – Вип. 18. – С. 55 – 61.

37. Глюзберг Б.Э. Разработка и внедрение новых конструкций стрелочных переводов. // Железнодорожный транспорт. – 2012. - № 3. – С. 31 – 38.

38. Понтягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов. / Л С. Понтягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко // М., ГИФМЛ, 1969, С.384.

39. Резников Ю.М. Стрелочные электроприводы электрической и горочной централизации – М., «Транспорт», 1975, С. 152.

40. Чепцов М.М. Модель пристрою керування централізованою стрілкою. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. - № 3. – С. 89-95.

41. Любарский Б.Г. Математическое моделирование вентильно-индукторного привода для стрелочного привода / Б.Г. Любарский, В.И. Моисеенко, Н. П. Карпенко, С.Г. Буряковский, А.С. Маслий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. - № 1. – С. 67-75.

42. Безостряковая стрелка стрелочного перевода [Текст]: пат. 2325473 Россия: МПК E 01 B 7/00 (2006.01), E 01 B 13/00 (2006.01) / Говоров В.В., Шаройко А.В.; собственник гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. Петербург. Гос ун-т путей сообщ. - № 2006139727/11, заявл. 09.11.2006, опубл. 27.05.2008.

43. Бабаев М.М. Повышение эффективности работы стрелочных электроприводов Ч 2 [Текст] / М.М. Бабаев, Ю.И. Богатырь Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – 2011. – Вип. 122. – С. 51 – 55.

44. Механизм управления стрелочным переводом. Mecanisme de manoeuvre d’alguilles [Текст]: Заявка 2905922 Франция: МПК B 61 L 5/10 (2006.01) / Vossloh

Cogifer SA, Mugg Philippe (NUSS). - №0653738, заявл. 14.09.2006, опубл. 21.03.2008.

45. Устройство контроля времени перевода рельсовых железнодорожных стрелок [Текст]: пат. 2386564 Росия: МПК B 61L 7/08 (2006.01) / Логинов С.Н.; РРК - № 2008134826/11, заявл. 25.08.2008, опубл. 20.04.2010.

46. Автоматизированная система диагностики стрелочных переводов на железных дорогах Австрии. VAE Eisenbahnsysteme: Flächendeckende Weichendiagnose. Signal + Draht.2009. 101, №7 - 8, С. 42.

47. Блок управления стрелочным электроприводом [Текст]: пат. 2403160 Россия: МПК B 61 L 7/08 (2006.01) / Берестов И.В., Габдулхаев А.В., Меркульев К.С., Никитин А.Н.; собственник Ижевский радиозавод. - №2009123702/11, заявл. 22.06.2009, опубл. 10.11.2010.

48. Пусвацет Ю.Ю. Перспективы применения Аппаратуры АБАКС – КС / Пусвацет Ю.Ю., Широков Н.Ю. // Автоматика, связь, информатика, 2010,№ 12. – С. 17 – 18.

49. Буряк С.Ю. Mathematical modeling of ACelectric point motor / С.Ю.Буряк // Наука та прогрес трансп. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2014. - №2(50). – С. 7 – 20.

50. Буряк, С. Ю. Математичне моделювання стрілочного електроприводу / С. Ю. Буряк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – Вип. 34. – С. 172–175.

51. Ребенок Г.В. Диагностическая аппаратура АСДК / Ребенок Г.В. // Автоматика, связь, информатика. 2011, № 5. С. 34 – 35.

52. Свиридов С.В. Внедрение системы диагностики и удаленного мониторинга устройств систем железнодорожной автоматики и телемеханики ИВК-ТДМ на перегоне Ачинск 1 – Зерцалы: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. «Инновационные технологии на железнодорожном транспорте и задачи учебных заведений по подготовке специалистов для предприятий железных дорог» (г. Красноярск, 20 мая, 2010 г.) / Свиридов С.В., Хан А.В.// Красноярский институт железнодорожного транспорта. –2010. – С. 102 – 106.

53. Гавзов Д.В. Системы диспетчерской централизации. Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Гавзов Д.В., Дрейман О.К., Кононов В.А. Никитин А.Б.; под общей ред. проф. Вл.В. Сапожникова. – М.: Издательство Маршрут, 2002. – С. 407.

54. Пшинько А.Н. Железнодорожные интеллектуальные транспортные системы и концепция международной программы подготовки магистров в области ИТС CITISET: тезисы докл. 25 Междунар. конф. «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железных дорог Украины» (г. Алушта, 24 – 29 сентября, 2012 г.] / Пшинько А.Н., Скалозуб В.В., Жуковицкий В.В., Распопов А.С. // Інформаційно-керуючі системі на залізничному транспорті; 2012 № 4. С. 52 – 57.

55. Корнашевски М. ETCS как способ унификации систем управления железнодорожным движением в Польше и Европе / Корнашевски М., Хшан М., Новаковски В. // Вестник УрГУПС. 2010, №4, С. 46 – 54.

56. Leining Michael Ist ECTS ein interoperables System. Plädoyer für ein klares Jein / Leining Michael // Signal + Draht. – 2012. 104 - № 12. – С. 6 – 10.

57. Проектирование европейской системы управления движением поездов (ETCS). Planung Projektierung und Prüfung von ETCS-Streckenausrüstung. Eisenbahningenieur. [Текст] / 2012. 63, №4. С. 8 – 12, 7.

58. Автоматизированная система управления движением поездов. The future is seamless. Davies Sean. Eng. and Technol. 2009. 4, №10, С. 42 – 44, 2.

59. Ljunggren Birgitta Европейская система управления движением поездов на железных дорогах Швейцарии. MiniLEU S11 – Eine neue Generation von LEUs für ETCS[Текст] / Ljunggren Birgitta, Baumann Renè. // Signal + Draht, 2010. 102 - № 11. – С. 13 – 15.

60. Antonius Dirk LST-Stromversorgung – Netzersatz auz dem Fahrdraht mit statischen Wandlern / Antonius Dirk // Signal + Draht, 2012. 104 - № 6. – С. 12 – 15.

61. Колесников В.И. Использование СПИН в системах электроснабжения устройств ЖАТ[Текст] / Колесников В.И., Носков В.Н. // 5 международная научно-практическая конференция «Автоматика и телемеханика на

железнодорожном транспорте (Транс ЖАТ – 2010)», Ростов-на –Дону, 13 – 15 окт., 2010: Сборник докладов. Ростов н/Д. 2010. С. 197 – 200.

62. Бабаев М.М. Компьютерное моделирование двигателей стрелочных электроприводов [Текст] / М.М. Бабаев, Ю.И. Богатырь // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – 2011. – Вип. 124. – С. 164 – 172.

63. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений. – 3е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1978. – С.832.

64. Алексеев В.В. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования. Учеб. пособие / В.В. Алексеев, А.Е. Козярук, Э.А. Загривый. Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2006. – С.58.

65. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронніми двигателями / Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – С. 94.

66. Свириденко П.А. Основы автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов. – М., «Высшая школа», 1970 – С. 329.

67. Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений / И.В. Черных; Под общ. редакцией В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2003. – 496 с.

68. Китаев В.Е. Электрические машины. Часть1. Машины постоянного тока. Трансформаторы. / В.Е. Китаев, Ю.М. Корхов, В.К. Свирин / Учебное пособие для техникумов. // М.: Высш. школа, 1978. – С. 184.

69. Шрейнер Р.Т. Системы подчиненного регулирования электроприводов. Часть 1. Электроприводы постоянного тока с подчиненным регулированием координат: Учеб. пособие для вузов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1997. – С. 279.

70. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Изд. 6-е, исправленное, М., Энергия, 1977, С.432.

71. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.

72. Терехин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulunk (Matlab 7.01): учебное пособие / В.Б. Терехин; - Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.

73. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / А.Б. Виноградов. – ГОУВПО «Ивановский-государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008. – С. 298.

74. Каган А.В. Математическое моделирование в электромеханике. Ч.2: Письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2002. – С. 73.

75. Петрушин А.Д. Вентильно-индукторный электропривод железнодорожного стрелочного перевода / А.Д. Петрушин, Р.М. Девликамов, А.Р. Шайхиев, Л.М. Васильева // Сборник научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ», № 28, - 2010. – С 279 – 281.

76. Богатырь Ю.И. Моделирование бесконтактных управляемых двигателей стрелочных электроприводов: тези доп. 24-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Перспективні комп'ютерні керуючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, вересень 2011 р.) / Ю.И. Богатырь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – Вип. 5. – С. 122..

77. Коршунов А. Упрощенная математическая модель синхронного двигателя с возбуждением постоянными магнитами // Силовая электроника. – 2008. - № 2. – С. 48 – 52.

78. Бабаев М.М. Модель синхронного двигателя с постоянными магнитами: тези доп. 23-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Перспективні комп'ютерні керуючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, вересень 2010р.) / М.М. Бабаев, Ю.И. Богатырь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – Вип. 2. – С. 118.

79. Бабаєв М.М. Підвищення ефективності роботи стрілочних електроприводів Ч 1 [Текст] / М.М. Бабаєв, Ю.І. Богатир // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – 2010. – Вип. 116. – С. 110 – 115.

80. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Соколовский Г.Г. – М.: Academia, 2006. – С.265.

81. Онищенко Г.Б. Электрический привод / Онищенко Г.Б. // Учебник для вузов – М.: РАСХН. 2003. – 320 с.

82. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. / С.Г. Герман-Галкин. – СПб: КОРОНА принт, 2001. – С. 320.

83. Москаленко В.В. Электрический привод / Млскаленко В.В. // Учебник для студ. высш. учебн. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.

84. Бабаев М.М. Моделирование стрелочных электроприводов с постоянными магнитами: тези. доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті» (пгт. Чинадієво, лютий 2011 р.) / М.М. Бабаев, Ю.И. Богатырь // Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2011. – Вип. 2. – С. 9.

85. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / под ред. Масловского Е.К. Издательство «Мир», Москва 1978.

86. Б.Л. ван дер Варден Математическая статистика перевод с немецкого Л.Н. Большева, под ред. Н.В. Смирнова издательство ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ Москва 1960, с.435.

87. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник – СПб: Питер, 2001. – 752с.

88. Маловічко В.В. / Підвищення експлуатаційної надійності колійних пристроїв електричної централізації / В.В. Маловічко, В.І. Гаврилюк // Вісник ДНУЗТ. – Д., 2007. – Вип. 15. – С.11 – 15.

89. Маловічко В.В. Визначення пріоритетів вибору об’єктів діагностування та контролю електричної централізації з урахуванням затримок поїздів / В.В. Маловічко, Р.В. Рибалка, Н.В. Маловічко, В. В. Мелешко // Збірник наукових праць ДонІЗТ, 2012, №31, - С. 57 – 60.

90. Скалозуб В.В. Автоматизация мониторинга и управления эксплуатацией парка электродвигателей железнодорожных переводов на основе параметров текущего технического состояния / В.В. Скалозуб, О.М. Швец // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка Лазаряна. – 2012. - № 40. – С. 70 – 74.

91. Скалозуб В.В. Индивидуальные интеллектуальные системы для эксплуатации однородных железнодорожных технических систем на основе параметров текущего состояния / В.В. Скалозуб, В.Н. Осовик // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. - № 6. – С. 8 – 12.

92. Ильинский Н. Ф. Общий курс электропривода: Учебник для вузов / Н.Ф. Ильинский, В.Ф. Козаченко. – М.: Энергоатомиздат, 1992.

93. Ивченко Ю.Н. Методы автоматизированного управления парком электродвигателей железнодорожных стрелочных приводов по «текущему состоянию» / Ю.Н. Ивченко, О.М. Швец, М.В. Скалозуб // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. - № 4. – С. 67-75.

94. Бочкарев С.В. Совершенствование методов диагностирования стрелочного переводного устройства / С.В. Бочкарев, А.А. Лыков, Д.С. Марков // Автоматика на транспорте. – 2015. - № 1. – С. 40 – 50.

95. Волков А.А. Выявление предотказов стрелочных электроприводов / А.А. Волков, Д.С. Першин, С.Н. Григорьев // Автоматика, связь, информатика. – 2014. - №4. – С. 16 – 18.

96. Буряк С. Ю. Исследование временной зависимости и спектрального состава сигнала в цепи стрелочных электродвигателей переменного тока / С. Ю. Буряк, В.И. Гаврилюк, О. А. Гололобова // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2014. - № 6. – С. 7 – 22.

97. Богатир Ю.І. Застосування нейромережевого програмування в системі керування стрілочним електроприводом:тези доп. 27-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (м. Харків, 2014 р.) / Ю.І. Богатир // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – Вип. 4 (дод.). – С. 58.

98. Маловічко В.В. Автоматизований контроль основних параметрів стрілочного електроприводу / В.В. Маловічко, В.І. Гаврилюк. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка Лазаряна, 2007, Вип. 16. – С. 5 – 8.

99. Ефанов Д.В, Плеханов П.А. Непрерывное диагностирование устройств СЦБ/ Автоматика, связь, информатика – 2012 - №7 - с.18-20.

100. Сепетый А.А., Федорчук А.Е., Иванченко В.Н. Кольцов В.В., Прищепа В.С., Снитко Ю.В. Гоман Е.А. Измерительно-вычислительные средства в автоматизации диагностирования и контроля устройств СЦБ: учебник для вузов железнодорожного транспорта; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2009.-416с

101. Бабаев М.М. Имитационное моделирование временных зависимостей параметров асинхронных двигателей стрелочных электроприводов [Текст] / М.М. Бабаев, В.С. Блиндюк, Ю.И. Богатырь // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-т залізнич. трансп – 2015. – Вип. 154. – С. 120 – 126.

102. Богатырь Ю.И. Адаптивные системы управления исполнительным устройством стрелочного електропривода: тезисы докл. 26-й Междунар. научн.-техн. конф. «Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникации на базе цифровизации» (г. Алушта, сентябрь 2013 г.) / Ю.И. Богатырь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – Вип. 4 (дод.). – С. 106.

103. Толочко О.И. / Моделирование асинхронного двигателя при обрыве фазы статора / Толочко О.И., Розкаряка П.И., Журов И.О. // Электротехнические и компьютерные системы – 2014 - №15(91) – с. 262 – 266.

104. Деро А.Р. Неполадки в работе асинхронного двигателя / А.Р. Деро. – Изд-во «Энергия», Ленинград, 1976. – С.96.

105. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / И. П. Копылов . – М.: Высш. шк., 2001. – 327с.

106. Загирняк М.В. Диагностика повреждений стержней ротора в асинхронном двигателе на основании анализа его магнитного поля / М.В. Загирняк, Ж.И. Ромашихина, А.П. Калинов / Вестник НТУ «ХПИ», №49, 2012. – С. 38 – 48.

107. Сивокобыленко В.Ф. Математическое моделирование асинхронных двигателей при повреждениях стержней короткозамкнутого ротора / Сивокобыленко В.Ф., Павлюков В.А., Сердюк Р.П., Бондаренко В.И., Яременко С.П. // Наукові праці Донецького національного технічного університету – 2009 - №9(158) – с. 222 – 226.

108. Крупович В.И. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – С.416.

109. Перникис Б.Д. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ. / Б.Д. Перникис Р. Ш. Ягудин. – М.: Транспорт, 1984. – 224 с.

110. Чепцов М.М. Нейромережеве моделювання в системах керування на залізничному транспорті / М.М. Чепцов, В.С. Блиндюк, Д.М. Кузьменко.: Монографія. – Донецьк: «ДонІЗТ», - 2013. – 143.С.

111. Волков В.Н., Кожевников А.В. Нейросетевая идентификация электропривода постоянного тока. // Современные научные исследования и инновации. – № 4 Апрель 2013 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2013/04/23648.

112. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели / Заенцев И.В. // Учебное пособие к курсу «Нейронные сети», 1999. – 76с.

113. Бодянский Е. В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. – Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2004. – 369 с.

114. Хайкин Саймон Нейронные сети: полный курс, 2е издание / Хайкин Саймон, Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

115. Клепиков В.Б. Применение методов нейронных сетей и генетических алгоритмов в решении задач управления электроприводами / В.Б. Клепиков, С.А.

Сергеев, К.В. Мохотило, И.В. Обруч. – Электротехника №5, Москва, 1999. – С. 2 – 6.

116. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Осовский С, Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

117. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. / Комашинский В.И., Смирнов Д.А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.

118. Бабаев М.М. Нейросетевая модель контроля рабочего состояния исполнительного устройства стрелочного привода переменного тока в реальном времени [Текст] / М.М. Бабаев, В.С. Блиндюк, Ю.И. Богатырь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – № 5. – С.25-31.

119. Демченко Ф.О. Методи керування об’єктами забезпечення транспортної діяльності на залізничному транспорті. Ч.1 Керування виконавчими пристроями. / Ф.О. Демченко, С.В. Панченко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2007. - №11. – С. 42 – 53.

120. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / Бесекерский В.А., Попов Е.П. // Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1975, С. 768.

121. Гульков Г.И. Системы автоматизированного управления электроприводами: Учебное пособие / Г.И. Гульков, Ю.Н. Петренко, Е.П. Раткевич, О.Л. Симоненкова; Под общ. ред. Ю.Н. Петренко. – Мн.: Новое знание, 2004. – 384 с.

122. Ключев В.И. Теория электропривода / Ключев В.И. // Учеб. для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

123. Дмитренко И.Е. Измерение и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / И.Е. Дмитренко, В.В. Сапожников, Д.В. Дьяков – М.: Транспорт, 1994. – 263с

124. Стрілочний електропривід [Текст]:пат 101436 України: МПК H04K 3/00 H03J 7/00, Бабаев М. М., Блиндюк В. С., Ананьева О. М., Богатырь Ю.И.; власник

Українська державна академія залізничного транспорту. – № a201201334, Бюл. №6. – 5с.

125. Богатир Ю.І. Модель замкнутої системи управління стрілочним електроприводом: тези доп. 74-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 2012 р.) / Ю.І. Богатир // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012 р. – Вип. 129. – С. 206.

126. Дмитриев В.С. Основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебник для техникумов ж.-д. трансп. – 2е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – С. 269.

127. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2002. – 528 с.

128. Стрілочний електропривід. Корисна модель 68099 України МПК B61L 5/00, Бабаєв М. М., Блиндюк В. С., Ананьєва О. М., Богатир Ю.І.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № u201111437, Бюл. № 5. – С. 5.

129. Бабаев М.М. Управление стрелочным электроприводом с применением нейросетевого преобразователя управляемого сигнала [Текст] / М.М. Бабаев, В.С.Блиндюк, Ю.И. Богатырь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – № 4. – С. 79-84.

130. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода / Чиликин М.Г., Сандлер А.С. // Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.

131. Гульков Г.И. Системы автоматизированного управления электроприводами / Гульков Г.И., Петренко Ю.Н., Раткевич Е.П., Симоненкова О.Л. // Учеб. пособие; Под общей ред. Петренко Ю.Н. – Мн.: Новое знание, 2004. – 384 с.

132. Крысанов Н.В. Влияние нейросетевого управления на качество переходных процессов динамических режимов электроприводов с частотным управлением // Н.В. Крысанов, К.С. Гамбург, А.Л. Руцков // Современный электропривод. – 2013. - №1. – С.50 – 56.

133. Богатир Ю.І. Застосування нейрорегуляторів в системі керування виконавчим пристроєм стрілочного електропривода: тези доп. 76-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 2014 р.) / Ю.І. Богатир // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143 – С. 233.

134. Бураков М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие / М. В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2013. – 284 с.

135. Богатырь Ю.И. Проверка адекватности имитационной модели замкнутой системы управления исполнительным устройством стрелочного привода [Текст] / Ю.И. Богатырь // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-т залізнич. трансп. – 2015. – Вип. 157. – С. 169 – 175.

136. Балака Є.І. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник. / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – С. 210.

137. Дикань В.Л. Аналіз і розробка інвестиційних проектів [Текст]: консп. лекцій з дисципліни «Проектний аналіз» / В.Л. Дикань, Н.В. Якименко. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 40 с.

138. Волков Б.А. Оценка экономической эффективности инвестиций и инноваций на железнодорожном транспорте: Учебное пособие / Б.А. Волков, В.Я. Шульга, А.А. Гавриленков, А.С. Каверин, А.В. Марцинковская; Под ред. Б.А. Волкова. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 152с.

139. Юрченко Ю.М. Визначення економічної ефективності впровадження мікропроцесорних систем керування процесом перевезення: Навчальний посібник / Ю.М. Юрченко, С.В. Кошевий, А.Б. Бойнік, В.Л. Сусідко. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – С. 99.

140. Назаренко І.Л. Економіка і організація інноваційної діяльності на залізничному транспорті [Текст]: навчальний посібник. І.Л. Назаренко, Ю.М. Уткіна / під ред. В.Л. Диканя. – Харків, 2011. – 222 с.