середовищ. Пояснено явища, які мають місце у пневмотранспортном трубопроводі при нетрадиційних режимах руху аєросумішей. Показано, що хвильовий та порційний рух аеросумішей у пневмотранспортном трубопроводі супроводжується осцілляційні процеси, що допомагають збереженню заданих режимів руху. Останнє дозволяє розробити новітні технічні рішення, щодо зниження енергоємності транспортування.

***Ключові слова**:* невмотранспорт, аеросуміш, трубопровід, коливальні процеси.

---

Development of new high-efficiency energysaving methods of pneumatic trans-portirovaniya of friable materials is based on the use of classic equalizations of mechanics of continuous environments. The phenomena, flowings in a pnevmotransportnom pipeline at peremesche-nii of aeromixtures at the untraditional modes of dvaizheniya, are explained. It is rotined that at wave and a la carte motion of aeromixtures in a pnevmotransportnom pipeline there are oscillyacionnye processes, cooperant the maintainance of the set modes. The last allows to set the row of new technical decisions, directed on the decline of power-hungryness of portage.

***Keywords:*** pnevmotransport, aeromixture, pipeline, swaying processes.

УДК 629.424.1:621.319.4

ПРИЛЕПСЬКИЙ Ю. В., к.т.н., доцент (ДонІЗТ);
ЧЕРНЯК Ю. В., к.т.н., доцент (ДонІЗТ);
ГРИЦУК І. В., к.т.н., доцент (ДонІЗТ);
ЩИПАК Є. В., начальник технічного відділу (Ясинуватська дирекція перевезень ДП «Донецька залізниця»);
ДОРОШКО В. І., зав. лабораторією (ДонІЗТ);
ТАРАСЕНКО Ю. В., студентка (ДонІЗТ).

# Визначення та зниження впливу збурюючих факторів на роботоспроміжність рекуперативної системи тепловозу з електричною передачею

## Актуальність

Ефективність використання рекуперативних систем зростає разом із підвищенням нерівномірності руху поїзду при частих гальмуваннях та тягових режимах, або при зміні напрямку руху. З вищесказаного можливо зробити висновок, що на залізничному транспорті найбільший ефект від використання системи рекуперації електричної енергії може бути отримано на маневрових тепловозах з електричною передачею, де спостерігається найбільша нерівномірність руху.

Одним з найбільш прийнятних накопичувачів для потужних електричних рекуперативних систем є конденсатори надвеликої ємності, що відрізняються від акумуляторів низьким внутрішнім опором, значно більшим терміном роботи й некритичністю до глибокого розряджання /1/. Разом з тим, для конденсаторів характерним є те, що їх напруга змінюється пропорційно ступеню зарядженості, а це

потребує встановлення електронного перетворювача електричної енергії. Електронний перетворювач, як і інші електронні схеми, чутний до впливу зовнішніх збурюючих факторів, що потребує додаткових заходів до їх зменшення або усунення.

## Мета роботи

В даній роботі досліджували вплив зовнішніх факторів (напруги живлення електронних блоків та різких змін напруги в електричній бортовій мережі) на роботоспроможність системи рекуперації маневрового тепловозу з електричною передачею. Дослідження проводили на масштабній фізичній моделі, що створена на кафедрі «Рухомий склад залізниць» ДонІЗТ /2/.

## Основний матеріал

Фізична модель рекуперативної системи складається з двох головних частин – механічної та електронної. Механічна частина (рис.1) включає модель тягового електричного двигуна тепловозу та двигуна (генератора) постійного струму з паралельною обмоткою збудження, що імітує зовнішнє навантаження на тяговий двигун.

Вісі обох електричних машин з'єднані клиноремінною передачею з регульованим натягом. Блок-схема електронної частини фізичної моделі наведена на рис. 2. Напругу, струм, активний опір в ланцюгах рекуперативної системи визначали цифровими приладами типу VC9805A. Для вимірювання частоти застосовували цифровий прилад DT-930FD з наступними характеристиками: діапазон виміру частоти - 10 Гц...20 кГц; похибка - ± 0,5 %. Для аналізу форми сигналів та вимірювання їх характеристик використовували аналоговий двоканальний осцилограф С1-79.

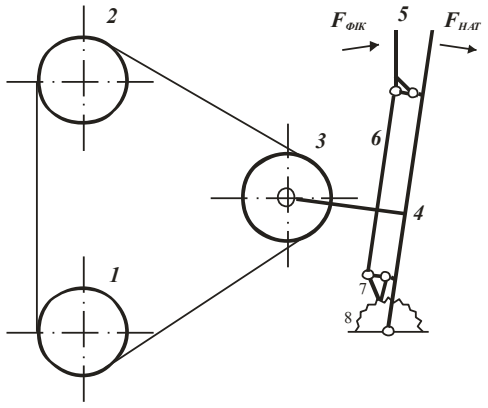



Рис.1. Схема механічної частини фізичної моделі рекуперативної системи:

*1* – шків електромеханічного гальма; *2* – шків фізичної моделі тягового двигуна; *3* – шків натяжного механізму; *4* – важіль натяжного механізму; *5* – спусковий важіль фіксатору; *6* – тяга фіксатору; *7* – фіксатор; *8* – зубчастий упор фіксатору

Для створення іскри був виготовлений імітатор іскрового контакту (рис. 3) з ізольованими та струмопровідними проміжками.

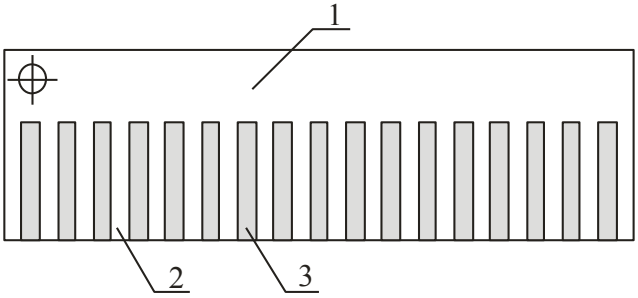



Рис. 3. Імітатор іскрового контакту:

*1* – струмопровідна шина; *2* – струмопровідні проміжки; *3* – ізольовані проміжки

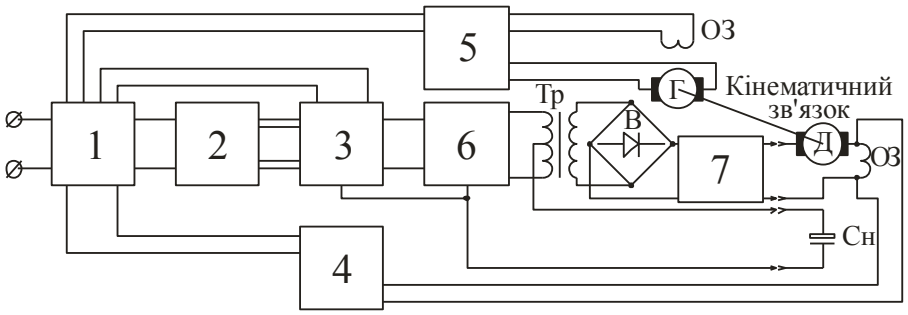



Рис. 2. Блок-схема електричної частини фізичної моделі рекуперативної системи:

*1* – блок живлення; *2* – генераторний блок; *3* – 2 драйвери IGBT транзисторів; *4* – додатковий блок керування;
*5* – блок керування зовнішнім навантаженням; *6* – силовий блок; *7* – фільтр

Головними вимогами до генераторної частини рекуперативної системи є стабільність частоти імпульсів, що генеруються нею, та стабільність напруги цих імпульсів.

Напругу живлення $U_n$ змінювали від 30 В до 3,6 В з шагом приблизно 5 В, 1В та 0,1 В. Частоту коливань встановили на рівні 1166 Гц.

Результати випробувань наведені на рис.4. Як виходить з наведених даних, вплив напруги живлення генератора на частоту імпульсів практично відсутній в доволі широкому діапазоні (7...30 В), а різниця в значеннях частоти знаходиться в межах похибки вимірювання. В той же час, зниження напруги від 7 В викликає підвищення частоти генерації. При досягненні напруги живлення 3,8 В, генерація зникає.




Рис. 4. Вплив напруги живлення на частоту і амплітуду напруги імпульсів генераторного блоку

Для амплітудного значення напруги імпульсів, зі зниженням напруги живлення, спостерігається пропорційне зниження цього параметру. При зриві генерації напруга дорівнює напрузі живлення. Таким чином, виходячи з наведених результатів, напругу живлення генераторної частини необхідно стабілізувати для постійності амплітудного значення імпульсів на виході контролера. Найбільш доцільною є напруга живлення $U_n$ = 15 В від стабілізованого джерела електроживлення.

При визначенні впливу іскрового контакту на параметри рекуперативної си-

стеми, послідовно з ним в силову мережу включали активний опір для запобігання виникнення надвеликих струмів у випадку зриву генерації та виходу з ладу коштовних IGBT транзисторів. Величину резистора $R_X$ вибирали такою, щоб діюча величина струму при максимальній робочий напрузі $U_{P.max}$ не перевищувала 80% від максимально допустимої для силових транзисторів, а максимальна величина напруги від джерела живлення в піковому значенні не перевищувала допустимої величини для цього типу транзисторів. З характеристик транзисторів, можливість перевантаження за струмом в імпульсному режимі становить приблизно 4/1. Окрім цього, імпульсна складова, коли струм колектора може перевищити величину максимально припустимого значення для тривалого режиму, становить не більше 3% від загального терміну навантаження (рис. 5).

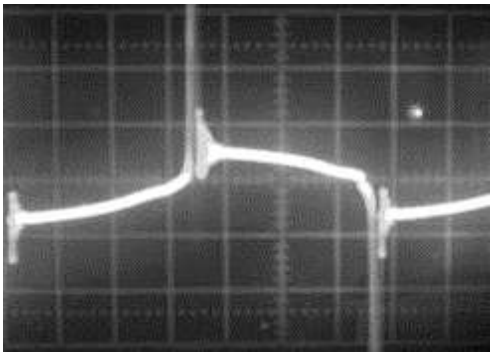


Рис. 5. Осцилограма зміни напруги між колекторами IGBT транзисторів на частоті 7047 Гц:
Частота розгортки 5 кГц (тривалість розгортки 20 мкс/діл); чутність каналу вертикального відхилення 50 В/діл.

Залежність пікової напруги, що виникає на колекторах при закритті IGBT транзисторів, від напруги живлення показана на рис.6. Як виходить з наведених результатів, ця залежність майже лінійна та при максимальній робочій напрузі не перевищує припустимого значення в закритому стані.

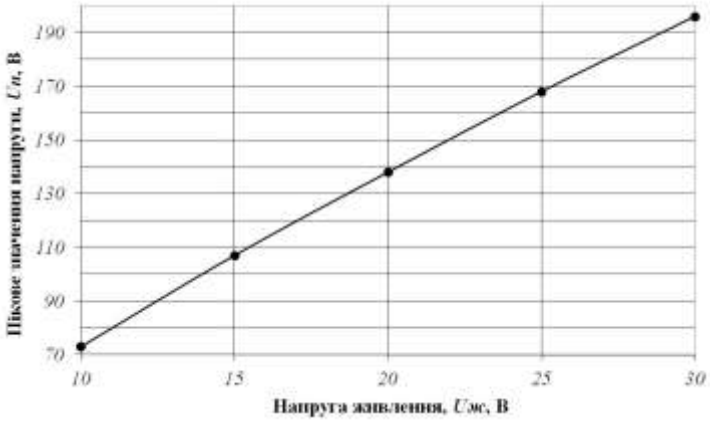



Рис. 6. Залежність пікового значення напруги на колекторах IGBT транзисторів від напруги живлення (без іскрового контакту)

Результати залежності пікового значення напруги на колекторах IGBT транзисторів від напруги живлення та імітації іскрового контакту надані на рис. 7. Збільшення пікового значення напруги на колекторах у порівнянні з аналогічними значеннями, що наведені на рисунку 3.4 можна пояснити більш різкими змінами наростання та зниження напруги при «дирінчанні» іскрового контакту.

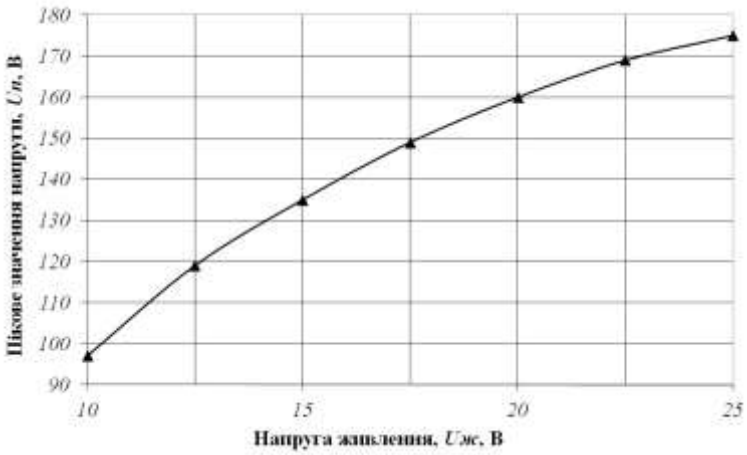



Рис.7. Залежність пікового значення напруги на колекторах IGBT транзисторів від напруги живлення (при імітації іскрового контакту)

При декількох циклах імітації іскрового контакту при напрузі живлення 25 В відбувся вихід обох транзисторів з ладу з однаковим «пробоєм» ланцюга «затвор – колектор». Оскільки при цьому тривалий струм та напруга на колекторах в закритому стані не перевищувала припустимих меж, можливу причину виходу з ладу IGBT транзисторів пов'язали з ефектом заклацування по причині наявності ємності Міллера та тригерної структури в біполярній частині цього приладу. Для запобігання цьому явищу схему ввімкнення транзисторів доповнили ланцюгами зміни форми наростання імпульсів напруги на колекторах IGBT транзисторів (рис. 8).

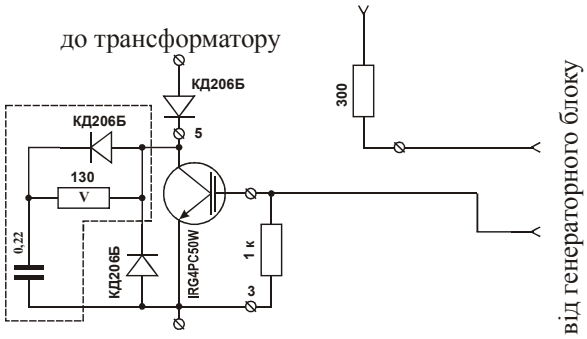



Рис.8. Змінена схема включення IGBT транзистора (пунктиром показані елементи сповільнення наростання напруги ланцюга «колектор – емітер»)

Схема працює наступним чином. В момент включення IGBT транзистора, сплески напруги, що формуються на його колекторі за рахунок індуктивності первинної обмотки імпульсного трансформатора, «гасяться» за рахунок ємності, що ввімкнена послідовно з діодом і паралельно ланцюгу «колектор – емітер» IGBT транзистора. Після завершення часу дії реакції проти - е.р.с. індуктивного навантаження, конденсатор розряджається через активний опір на ланцюг «колектор – емітер» IGBT транзистора.

З наведеної осцилограми (рис. 9) видно, що пікові значення напруги суттєво зменшені за амплітудою у порівнянні з процесами, що зображені на рис. 5, а коливальні процеси мінімізовані.

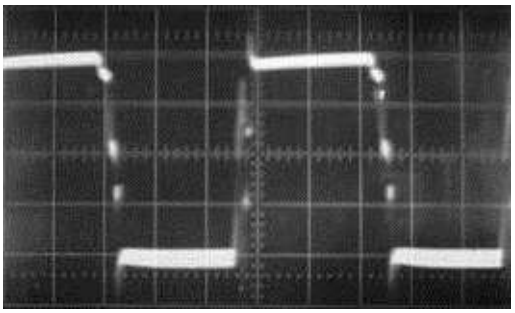


Рис. 9. Осцилограма напруги між колекторами IGBT транзистора із застосуванням ланцюгів затримки фронту наростання напруги

На рис.10 зображена залежність пікового значення напруги на колекторі IGBT транзистора (з ланцюгом затримання фронту наростання) від напруги живлення при дії іскрового проміжку. З наведених даних виходить, що в порівнянні з попередніми даними (див. рис. 7), суттєво зменшене амплітудне значення напруги на колекторі. Тривале випробування дії іскрового проміжку при напрузі живлення 30 В не вивело з ладу IGBT транзистори силової частини рекуперативної системи.

## Висновки

1. Перевірка впливу зовнішніх факторів на роботоспроможність генераторного блоку системи рекуперації показала, що в інтервалі напруг живлення 7...30 В частота імпульсів та їх шпаруватість залишаються постійними. Амплітудне значення напруги імпульсів зростає прямо пропорційно зростанню напруги живлення генераторного блоку.

2. Для стабілізації напруги імпульсів генераторного блоку, його живлення повинно здійснюватися від стабілізованого джерела напруги. Оптимальне значення стабілізованої напруги повинно бути на рівні 15 В.

3. Для запобігання формуванню значних імпульсів напруги в силовій мережі при закритті IGBT транзисторів та наявності іскрового контакту в силовій мережі, в схемі повинен бути ланцюг сповільнення фронту зростання напруги між колектором і емітером (снабер). Це дає змогу запобігти виходу з ладу цих коштовних транзисторів.

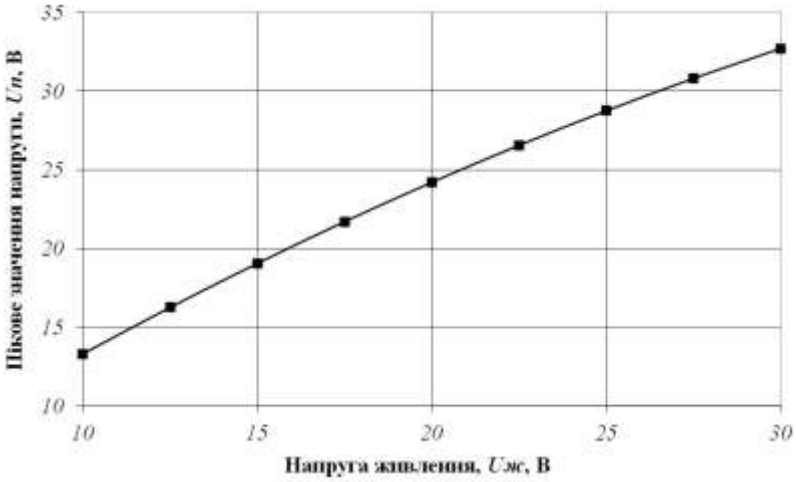



Рис.10. Залежність пікового значення напруги на колекторах IGBT транзисторів (із ланцюгом затримання фронту наростання напруги) від напруги живлення при імітації іскрового контакту

### Список літератури.

1. Варакин А. И. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимических конденсаторов / А. И. Варакин, И. Н. Варакин, В.В. Менухов // Наука и техника транспорта,- 2007, № 2.

2. Черняк Ю. В. Физическая модель для изучения процессов рекуперации электрической энергии тепловоза ЧМЭ3Т / Ю. В. Черняк, Ю. В. Прилепский, А. Н. Горобченко, Н. В. Володарец // Зб. науков. праць УкрДАЗТ № 108.- Харків, 2009.- с. 69-74.

### Анотації:

Рекуперація енергії є ефективним джерелом економії пального та значно зменшує шкідливі викиди у навколишнє середовище. В роботі досліджували вплив зміни напруги живлення генераторного блоку на стабільність частоти та амплітуди імпульсів, визначали завадостійкість рекуперативної системи при наявності в силовій мережі

іскрового контакту. Дослідження проводили на фізичній моделі рекуперативної системи маневрового тепловозу з електричною передачею.

Рекуперация энергии является эффективным источником экономии топлива и значительно уменьшает вредные выбросы в окружающую среду. В работе исследовали влияние изменения напряжения питания генераторного блока на стабильность частоты и амплитуды импульсов, определяли помехоустойчивость рекуперативной системы при наличии в силовой сети искрового контакта. Исследования проводились на физической модели рекуперативной системы маневрового тепловоза с электрической передачей.

Energy recovery is an efficient source of fuel economy and reduces harmful emissions into the environment. We investigated the effect of changing the supply voltage generating unit on the stability of frequency and amplitude of pulses measured noise immunity of regenerative systems in the presence of power line contact spark. The studies were conducted on a physical model of regenerative shunting locomotive with electric transmission.

УДК 621.44.3:678-462

ГРИЦУК І.В., к.т.н., доцент (ДонІЗТ);
АДРОВ Д.С., аспірант (ДонНАБА);
ПРИЛЕПСЬКИЙ Ю.В., к.т.н., доцент (ДонІЗТ);
ДОРОШКО В.І., зав. лабораторією (ДонІЗТ);
ЩИПАК Є.В. начальник технічного відділу (Ясенуватська дирекція перевезень ДП «Донецька залізниця»);
СТРОКОВ М.М., студент (ДонІЗТ).

# Використання безпаливної енергетичної установки на основі багатосекційного теплового акумулятору фазового переходу для прогріву дизель-поїзду Д1

## Актуальність

Експлуатація тепловозів в зоні низьких температур має істотні особливості, які необхідно враховувати при їх обслуговуванні в поїздній роботі і ремонті. Досвід експлуатації тепловозів в умовах низьких температур [1] показує, що навіть незначні зміни температури зовнішнього повітря призводять до істотних змін параметрів робочого процесу дизеля і паливної економічності, а також збільшують величину динамічних навантажень в деталях кривошипно-шатунового механізму унаслідок збільшення періоду затримки займання і зміни швидкості наростання тиску робочого тіла в процесі згорання палива. Низька температура впливає не лише на період безпосереднього пуску, але і на подальшу роботу дизеля до досягнення нормального температурного режиму.