

Сумської дирекції залізничних перевезень: середнє значення кількості місцевих навантажених вагонів за 2018 рік складає 955 ваг., зокрема вагонів з небезпечними вантажами 479 ваг. Сезонне коливання кількості вагонів оцінюється за допомогою середньоквадратичного відхилення, яке складає відповідно 68,61 ваг. для місцевих навантажених вагонів, та вагонів з небезпечним вантажем 34,67 ваг. Коефіцієнт нерівномірності кількості вагонів складає відповідно 1,303 для місцевих навантажених вагонів та 1,367 для вагонів з небезпечним вантажем.

Проведений аналіз довів, що ДНЗ Суми працює в умовах значної нерівномірності, зокрема спостерігається значний вплив сезонного фактору. Наявність впливу сезонного фактору, включно з небезпечними вантажами, що підвищує ступінь ризику в її роботі. З метою удосконалення технології роботи Сумської дирекції залізничних перевезень було формалізовано технологію управління вагонопотоками на основі оптимізаційної моделі, що використовує систему ризику менеджменту, та включає одночасну оптимізацію як за критерієм зменшення експлуатаційних витрат так і критерієм зменшення потенційного ризику, що потребує в свою чергу визначення компромісного рішення за методом Парето. Реалізацію управління сортувальної станції на основі системи ризик-менеджменту запропоновано у вигляді автоматизованої підсистеми управління вантажними залізничними перевезеннями як підсистему АСКВПУЗЄ.

### Список використаних джерел

1. Бутко Т. В., Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Формалізація переробки вагонопотоків із небезпечними вантажами на сортувальній станції на основі експозиції ризику *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. №2. С.18-22.
2. Бутко Т. В., Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Інтелектуальне управління сортувальними станціями при перевезенні небезпечних вантажів на основі багатоцільової оптимізації. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. № 5(77). С.41-52.
3. Бутко Т. В., Чехунов Д. М. Удосконалення планування роботи сортувальної станції в умовах ризику. *Матеріали 30-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно керуючі системи на залізничному транспорті»* (26-27 жовтня 2017р., Харків) ІКСТ №4(додаток) 2017. С.55-56.

*Нерубацький В. П., Плахтій О. А.  
(Харків, УкрДУЗТ)*

УДК 621.314

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ З АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Все більшого застосування в сучасних тепловозах знаходить асинхронний електропривод. Він використовується в таких тепловозах, як 2ТЕ25А, 2ТЕ33А, 2ТЕ33АС та інші. Навіть в сучасних тепловозах коефіцієнт корисної дії є досить низьким, тому актуальною задачею є підвищення коефіцієнту корисної дії електропередачі тепловоза. Частково це може бути досягнуто за допомогою використання багаторівневих автономних інверторів напруги (БАІН). У порівнянні з класичними дворівневими інверторами, БАІН мають ряд переваг:

- забезпечення більшої вихідної потужності;
- зменшене значення емісії вищих гармонік в навантаження і мережу живлення;
- зменшення комутаційних втрат в напівпровідникових ключах, що безпосередньо підвищує ККД;
- підвищення синусоїдальності вихідної напруги і струму.

В даний час існує кілька топологій багаторівневих АІН, серед яких найбільш поширеними є БАІН з фіксуємими діодами [1], БАІН з плаваючими конденсаторами та БАІН з каскадним напівмостом [2]. У зв'язку з тим, що БАІН з фіксуємими діодами знайшли найбільше застосування серед перерахованих топологій, то дане дослідження присвячене саме цьому типу.

Енергетичні характеристики роботи напівпровідникових перетворювачів, у тому числі і БАІН, багато в чому залежать від застосованого алгоритму керування і типу модуляції [3], будь то синусоїдальна ШІМ, або одноразова модуляція. При побудові БАІН основними завданнями є: забезпечення максимальної вихідної потужності, мінімізація втрат потужності, забезпечення максимальної синусоїдальності вихідної напруги і струму. Імітаційну Matlab-модель п'ятирівневого автономного інвертора напруги з фіксуємими діодами наведено на рис. 1.

Імітаційне моделювання проводилося з такими параметрами:

- напруга живлення в колі постійного струму – 3 кВ;
- активний опір навантаження – 2 Ом;
- індуктивність навантаження – 1 мГн;
- частота вихідної напруги – 50 Гц;
- частота опорного сигналу в режимі ШІМ – 1 кГц.

Результати моделювання форми вихідної напруги та вихідного струму фази А п'ятирівневого АІН в режимі одноразової модуляції наведено на рис. 2.

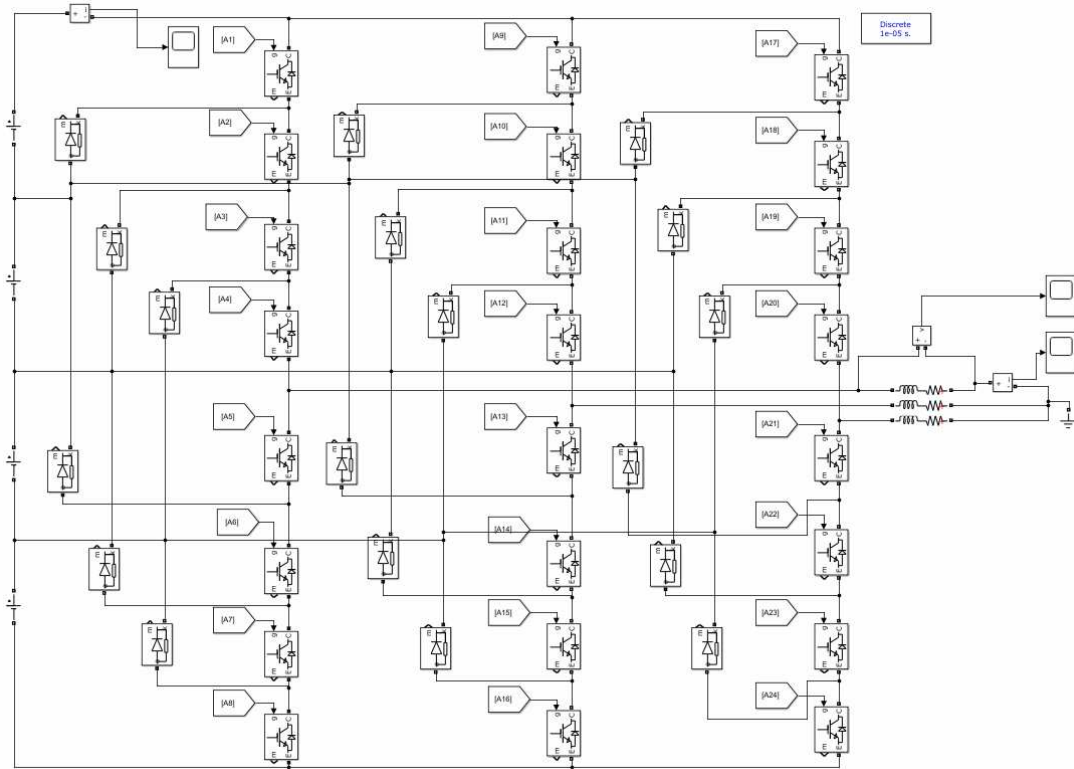
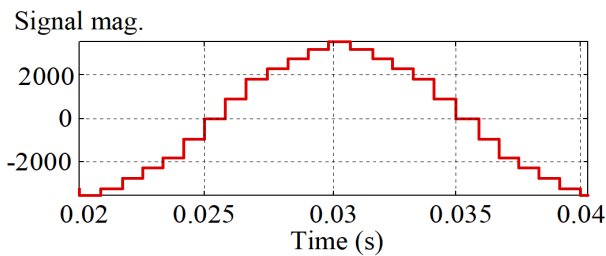
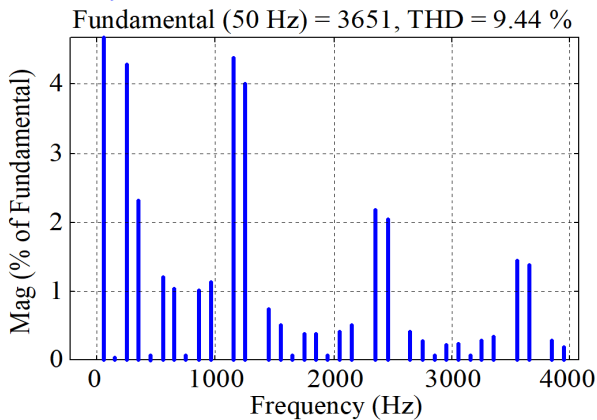


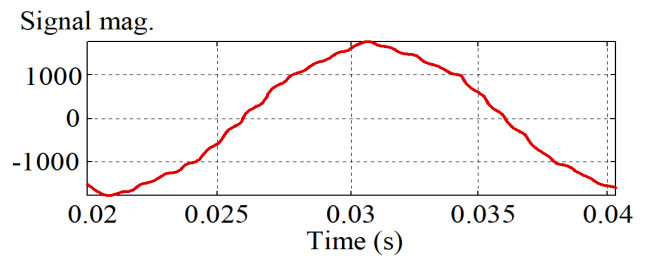
Рис. 1. Імітаційна модель п'ятирівневого АІН з фіксуємими діодами



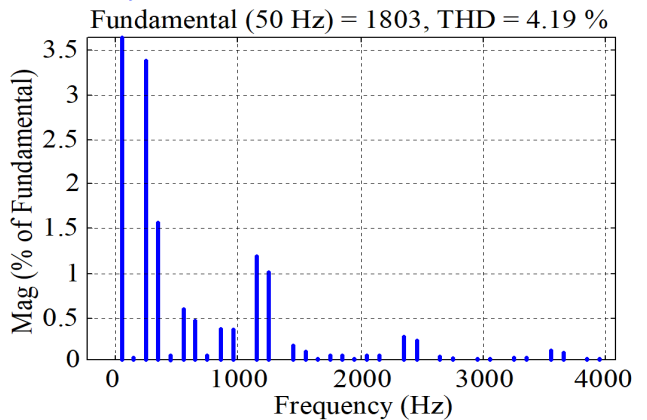
FFT analysis



a)



FFT analysis



b)

Рис. 2. Результати Фур'є-аналізу режиму одноразової модуляції в п'ятирівневному інверторі напруги:  
a – вихідної напруги; б – вихідного струму

Таким чином, проведене моделювання підтвердило покращення синусоїдальності вихідної напруги та вихідного струму, а проведений розрахунок втрат потужності показав, що застосування п'ятирівневого інвертора дозволяє підвищити загальний ККД електропередачі тепловоза на 3–4 %.

#### Використані джерела

1. Pillay T., Saha A. A comparative analysis of a three phase neutral point clamped multilevel inverter. *2018 IEEE PES/IAS PowerAfrica*. DOI: [10.1109/powerAfrica.2018.8520988](https://doi.org/10.1109/powerAfrica.2018.8520988).
2. Prasad K., Pradhan P., Misra B., Surekha J. A modified space vector algorithm for 5-level cascaded multilevel inverter. *2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*. DOI: [10.1109/IPACT.2017.8245107](https://doi.org/10.1109/IPACT.2017.8245107).
3. Нерубацький В. П., Плахтій О. А., Кавун В. Є., Машура А. В., Гордієнко Д. А., Цибульник В. Р. Аналіз показників енергоефективності автономних інверторів напруги з різними типами модуляції. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2018. Вип. 180. С. 106–120.

*Нерубацький В. П., Харків, УкрДУЗТ,  
Гордієнко Д. А., Харків, УкрДУЗТ*

УДК 621.3

### ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ СПОЖИВАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЯГОВИМ РУХОМИМ СКЛАДОМ ЗАЛІЗНИЦЬ

Для забезпечення конкурентоспроможності в нових умовах основним завданням розвитку залізничної галузі є поетапне освоєння сучасних організаційно-управлінських технологій, що широко використовуються в промислово розвинених країнах [1].

Енергетична сфера на залізниці – одна з найважливіших та невід'ємних складових економічного комплексу України. Разом з тим, енергетична безпека є однією з найбільш вразливих ланок національної безпеки держави. Підвищення енергетичної ефективності будь-якого підприємства, зниження рівня споживання енергії зі збереженням обсягів виробництва, скорочення негативного впливу на навколишнє середовище вимагає прийняття відповідних рішень, що стосуються стратегії використання різних ресурсів. В основі цього лежать енергетичний аудит та енергетичний менеджмент [2].

З наукової точки зору енергоаудит (енергетичне обстеження) – це технічне інспектування енергоспоживання на об'єкті з метою визначення

можливої економії енергії та надання допомоги в її здійсненні шляхом впровадження механізмів енергетичної ефективності та енергетичного менеджменту [3].

Основною метою енергетичного обстеження є:

- отримання даних про обсяг використовуваних енергетичних ресурсів;
- визначення показників енергетичної ефективності;
- визначення потенціалу енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності;
- розроблення переліку типових, загальнодоступних заходів з енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності й проведення їх вартісної оцінки.

На рис. 1 наведено структуру проведення енергетичного аудиту, що включає в себе чотири основні етапи. На першому етапі відбувається ознайомлення з об'єктом, його основними технологічними процесами. На другому етапі складається карта (енергопаспорт) споживання енергії на об'єкті, тобто збирається інформація про енергоспоживання за окремими процесами та обладнанням, визначаються можливості економії енергії, проводиться порівняння поточних даних з номінальними даними. На третьому етапі здійснюється оцінка економічних переваг від впровадження різних можливих заходів з метою економії енергії, вибір програми з енергозбереження, підготовка технічних та економічних даних. На четвертому етапі здійснюється впровадження програми енергозбереження, запуск системи енергетичного менеджменту.

Для тягового рухомого складу під енергетичним аудитом розуміється визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розробка рекомендацій щодо їх покращення. Інженерно-технічний персонал, що обслуговує тяговий рухомий склад, повинен бути зацікавлений у проведенні енергетичного аудиту, так як це дозволить знизити споживання енергоресурсів. Тобто енергоаудит та його окремі етапи (висновки) є складовою частиною процесу енергозбереження.

Ефективне використання енергозберігаючих технічних засобів на тяговому рухомому складі за рахунок застосування інноваційних рішень та технологій дозволить знизити витрати та підвищити тягово-енергетичну ефективність перевізного процесу.

Сучасний стан залізниць України вимагає проведення робіт стосовно модернізації тягового рухомого складу, оптимізації графіка руху вантажних і пасажирських поїздів, підвищення рівня застосування режиму рекуперативного гальмування, зниження непродуктивних питомих витрат енергії на тягу поїздів.