3. Gervasio F., Mastromauro R., Liserre M. Power losses analysis of two-levels and three-levels PWM inverters handling reactive power. *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. 2015. P. 1123–1128. DOI: 10.1109/icit.2015.7125248.

4. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Karpenko N. P. Simulation of power losses in the frequency converter.*Modern engineering and innovative technologies*. 2021. Issue 16. Part 1. P. 44–57. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-01-035.

5. Onederra O., Kortabarria I., de Alegria I. M., Andreu J., Garate J. I. Three-phase VSI optimal switching loss reduction using variable switching frequency. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2017. Vol. 32 (8). P. 6570–6576.

6. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Sushko D., Hordiienko D., Khoruzhevskyi H. Improving the harmonic composition of output voltage in multilevel inverters under an optimum mode of amplitude modulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 2, No. 8 (104). P. 17–24. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.200021.

7. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Tugay D. V., Hordiienko D. A. Method for optimization of switching frequency in frequency converters. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2021. No. 1 (181). P. 103–110. DOI: 10.33271/nvngu/2021-1/103.

СУМЦОВ А. Л., *к.т.н., доцент* **ї**
МАКСИМОВ М. В., *асистент*
КЛИМЕНКО О. В., *ст. викладач*
Український державний університет залізничного транспорту
Харків, Україна

ЗАГАЛЬНА ІСТОРИЧНА ОЦІНКА КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ЛОКОМОТИВІВ

Локомотивобудування має досить довгу та цікаву історію. Перший прототип паровоза було збудовано ще у Франції в 1769 році інженером Ніколя-Жозе Кюньо. Перший рейковий паровий локомотив було розробив у 1801 році британець Ричардом Тревесік. З того часу було розроблено досить багато типів локомотивів, які мають суттєво різні технічні показники.

Протягом майже всього 19 століттяпаровоз був єдиним тяговим засобом на залізницях. Збільшення ваги поїздів, зростаючі швидкості руху викликали необхідність в підвищенні потужності і тягових зусиль локомотивів, що вело до вдосконалення конструкції паровоза, зростання його ККД. Останній тип магістрального вантажного паровоза має потужність близько 1800 кВт, конструкційну швидкість до 80 км/год, а пасажирський паровоз розвивав потужність до 1900 кВт і швидкість до 125 км/год. Найбільш досконалі паровози мали ККД до 9 %, середньо експлуатаційний ККД складав близько 4 %.

На початку 20-го століття в локомотивах на зміну паровим двигунам прийшли двигуни внутрішнього згоряння, які володіють більшою одиничною потужністю і більш високим коефіцієнтом корисної дії.

Перший типом тепловозів стали теплопаровози, локомотиви-гібриди, які поєднують в включають в паровийдвигун та дизельний двигун. Паровий двигну працюєна низьких швидкостях для розгону локомотива, з подальшим на більш високій швидкості на роботу дизельного двигуна. Теплопаровози мали суттєво кращий ККД 14-16 %.

Наступним типом тепловозів стали паротурбовози, в яких в якості двигуна встановлена парова турбіна. Використання парової турбіни для приводу паровоза обіцяло велику економічну ефективність при збереженні верхніх меж тиску і температури звичайного парового котла. Використовуючи конденсатор, градієнт тиску в паровій системі можна було довести до рівня вакууму. ККД системи з огляду на економію пара або палива доходив до 30 %. Проте високе значення ККД така система мала лише на високих швидкостях руху і лише з використанням конденсаторної установки. Незважаючи на, здавалося б, очевидні переваги у вигляді високого ККД, економічності і можливості використання дешевого низькосортного палива, цей тип локомотива, всупереч кільком відносно успішним спробам побудови, не отримав скільки-небудь помітного поширення на мережі залізниць світу.

Перший в світі магістральний тепловоз з використання дизельного двигуна потужністю з електричною передачею був побудований тільки в 1924 у СРСР. Пізніше для регулювання тягового зусилля і швидкості на тепловозах була застосована гідравлічна передача. Максимальний ККД сучасних тепловозів 29-32%, середньоексплуатаційний – 22-25 %. У порівнянні з паровозами тепловози крім більш високої економічності мають ряд інших позитивних експлуатаційних характеристик: дозволяють збільшити масу поїзда,

подовжити тягові плечі, скоротити простої в ремонті, підвищити продуктивність праці.

Значно кращі енергетичні показники мають локомотиви з використання електричних двигунів – електровози. Перший електровоз постійного струму, який отримував енергію через контактну мережу,вироблено у 1895 році в США. Серійно вітчизняні електровози почали експлуатуватися в 1933. На той час вони мали шість тягових двигунів потужністю 340 кВт кожний і розвивали швидкість до 90 км/год.

Наразі цілому електровози мають високу потужність не вимагають заправки паливом, забезпечують швидкість руху до 400 км/год і вище. Власний ККД сучасних електровозів з асинхронним тяговим електроприводом досягає 85-92 %.

Таким чином, можна зробити висновок, що за останні два століття локомотивобудування зробило значний прорив в розвитку технічних характеристик локомотивів таких як ККД, швидкість та потужність. При цьому подальший розвиток локомотивів є пріоритетним напрямком науково-технічного розвитку.

СУШКО Д. Л., *к.т.н., доцент*
КАРПЕНКО Н. П., *к.т.н., доцент*
Український державний університет залізничного транспорту
Харків, Україна

ПЕРЕВАГИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ СИСТЕМ ЗМІННОГО СТРУМУ

Більшість вчених і експертів в галузі залізниць вважають найперспективнішою систему електрифікації на змінному струмі промислової частоти з напругою 25 кВ і частотою 50 або 60 Гц. При однаковому навантаженні в контактної мережі електрифікованих таким чином залізниць струм більш ніж в 8 разів менший, ніж в контактній мережі залізниць постійного струму з напругою 3 кВ. Це дозволяє економити дорогі мідні контактні і підсилюють дроти. Крім того, тягові підстанції змінного струму промислової частоти набагато простіше, ніж постійного, тому що не вимагають випрямних агрегатів, а тільки трансформаторні. Крім того при однаковій потужності, тягова підстанція змінного струму може обслуговувати понад