

## References

1. IEC 61672-1 Electroacoustics– Sound level meters - Part 1: Specifications
2. <http://www.cesva.com>
3. <http://www.h2020.sk>
4. <http://www.sentilo.io>
5. <http://www.smart-cities.eu>

**АНАНЬЄВА О.М.** д.техн.н., доцент,

Український державний університет залізничного транспорту

**ЗІНЧЕНКО О.Є.**, канд.техн.н., доцент,

Український державний університет залізничного транспорту

м.Харків, Україна

## ГАРМОНІЙНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ВИПРЯМЛЯЧА ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

На діючих тягових підстанціях постійного струму в даний час в більшості випадків експлуатуються шестипульсні випрямні агрегати, виконані за трифазною мостовою схемою або схемою «дві зворотні зірки з зрівняльним реактором». При модернізації підстанцій або на знову споруджуваних встановлюються дванадцятипульсні керовані випрямлячі (рис. 1).

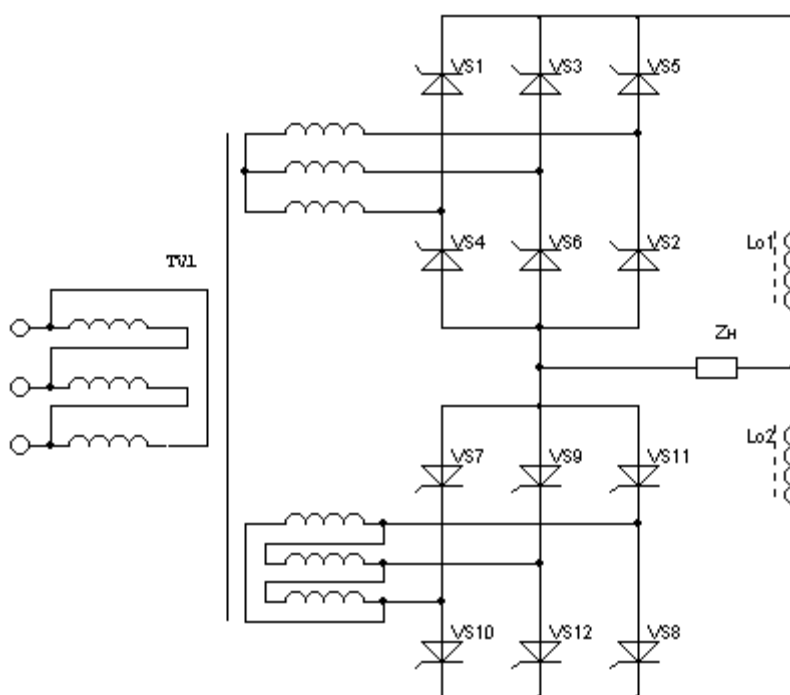


Рис. 1 – Схема дванадцятипульсного тиристорного випрямляча

Вихідна напруга  $m$ -пульсної перетворювача характеризується широким спектром гармонійних складових з частотами

$$f_q = f_c \cdot m \cdot q, \quad (1)$$

де  $f_c$  - частота живильної випрямляч мережі;  
 $m$  – еквівалентна пульсність схеми випрямлення;  
 $q = 1, 2, 3, \dots$  - порядковий номер гармоніки,

Значення вищих гармонік в формі вихідної напруги може бути визначено за виразом

$$U_q = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot (q^2 m^2 - 1)} \cdot \sqrt{2 \cos^2 \alpha + (q^2 m^2 + 1) \cdot \sin^2 \alpha + (q^2 m^2 - 1) \times \dots \rightarrow} \\ \leftarrow \dots \frac{\dots \rightarrow}{\times \sin^2(\alpha + \gamma) + 2 \cos(qm\gamma) \cdot [\cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \gamma) + q^2 m^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \gamma)] +} \\ \leftarrow \dots \frac{\dots \rightarrow}{+ 2 \sin(qm\gamma) \cdot qm \sin \gamma}, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – кут управління випрямляча;  
 $\gamma$  - кут комутації випрямляча.

Зв'язок між кутами управління і комутації випрямляча згідно має вигляд

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = (1 - \cos \gamma_0') \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

де  $\gamma_0'$  – кут комутації напівпровідникового перетворювача в некерованому режимі.

Кут комутації в некерованому режимі визначається як

$$\gamma_0' = \arccos \left[ 2 \frac{m \cdot X_a}{\pi \cdot R_d} \sin \frac{\pi}{m} + 1 \right] \quad (4)$$

де  $X_a$ - індуктивність розсіювання тягового трансформатора і мережі живлення;  $R_d$  – активний опір навантаження.

Як впливає з виразів (1) - (3) амплітуда гармонійних складових вихідної напруги  $m$ -пульсної випрямляча залежить від кута управління, параметрів навантаження і реактанс мережі. У той же час при живленні тягової підстанції від мережі з обмеженою потужністю або в разі, якщо в одній енергосистемі зосереджена значна величина випрямної навантаження, в силу спотворення напруги можуть зрости амплітуди канонічних гармонік випрямленої напруги, знижується величина його постійної складової [1, 2]. Аналізу спектрального складу і величин гармонійних складових випрямних агрегатів тягових підстанцій присвячено ряд робіт [3-7].

Згідно проведених досліджень можна зробити наступні висновки: спектральний склад гармонійних складових вихідної напруги випрямляча залежить від наступних узагальнених джерел несиметрії:

- несиметрія мережі, яка живить силову схему, яка оцінюється величиною коефіцієнта несиметрії  $\epsilon$ ;
- власна несиметрія системи імпульсно-фазового управління, найбільш характерна для багатоканальних СІФУ;
- несиметрія напруг мережі, синхронізують систему управління перетворювача.

*Перелік використаних джерел:*

1. Аржанников Б. А., Набойченко И. О. Совершенствование системы и устройств тягового электроснабжения. Евразия вестн. 2015. № 9. С. 22 – 23.
2. ГОСТ 13109-97. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Київ : Держстандарт, 1999.
3. Сухонос М. К. Система показателей энергоэффективности энергоинфраструктуры предприятия // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2011. № 7. С. 25-34.
4. Бітюков С. Д., Сиченко В. Г., Кузнецов В. Г. Підвищення ефективності виробництва та використання енергетичних ресурсів // Українські залізниці. 2014. № 8 (14). С. 51-53.
5. Денисюк С. П., Кузнецов В. Г., Сиченко В. Г., Крупинський О. М. Енергозбереження та енергетичний менеджмент у пристроях тягового електропостачання / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2015. 264 с.
6. Hubskey P. V. Reserves for improving the energy efficiency of traction power systems // Problemy kolejnictwa. Warszawa, 2018. Т. 62, z. 178. Р. 7-12.
7. Сиченко В. Г., Кузнецов В. Г., Босий Д. О., Саблін О. І. Енергетика тягових мереж. Дніпро : Вид-о ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. 210 с.
8. V Nerubatskyi, O Plakhtii, Analysis of topologies of active four-quadrantrectifiers for implementing the INDUSTRY 4.0 principles intraffic power supply systems. International conference “Industry 4.0” Vol. 4 (3), pp. 106-109
9. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Sushko D., Ryshchenko I., Tsybulnyk V., Improving energy characteristics of AC electricrollingstockbyusingthethree-levelactivefour-quadrantrectifiers. Eastern-EuropeanJournalofEnterprise Technologies. 2019, Vol 4, pp.6-14. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174112>
10. Даніл'ян В. О. Деякі проблеми та особливості розвитку інформаційного суспільства в Україні. Гуманітарний часопис: зб. наук. пр. Харків, 2005. № 3. С. 74 – 78.

11. Даніл'ян В. О. Деякі тенденції розвитку інформаційного суспільства на прикладі провідних держав. *Наукові записки Харківського університету Повітряних Сил. Соціальна філософія, психологія. Харків, 2005. Вип. 3 (24). С. 156 – 163.*

12. Даніл'ян В. О. Інформаційне суспільство: базові концепції аналізу. *Наукові записки Харківського університету Повітряних Сил. Соціальна філософія, психологія. Харків, 2005. Вип. 2 (23). С. 131 – 138.*

**БАКЛАНОВ О.М.**, д. хім.н., професор

*Український державний університет залізничного транспорту*

*м. Харків, Україна*

**ЩИТИНСЬКИЙ О.М.**, старший викладач

*Бахмутський коледж транспортної інфраструктури*

*м.Бахмут, Україна*

## **СПЕЦІАЛЬНЕ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ПРОФІЛАКТИЧНІ СОЛЬОВІ СУМІШІ**

Працівники залізничного транспорту працюють в умовах значних фізичних та психологічних навантажень, що може призвести до хронічних захворювань: гіпертензія, цукровий діабет, гіпертрофія лівого шлунку серця (так зване «спортивне серце»), стенокардія, бронхіальна астма, прискорене старіння та інш. Тому вони потребують спеціального профілактичного харчування. Найбільш простим і достатньо ефективним варіантом якого є вживання спеціальних профілактичних харчових добавок. На жаль, більшості людей не вистачає волі та наполегливості вживати профілактичні харчові добавки на протязі необхідного часу. Тому, у світовій практиці вважається ефективним введення різноманітних харчових добавок до основних харчових продуктів, які вживає більша частина населення. При чому, бажано, щоб була можливість передбачити кількість вживання таких харчових продуктів, щоб виключити перевищення допустимої кількості потрапляння до організму людей деяких компонентів (наприклад, вітамінів та мінералів), що може призвести до негативних наслідків. Кухонна сіль є єдиним харчовим продуктом який вживає більш як 90 % населення і кількість якого можливо передбачити з достатньою точністю. За нормами Всесвітньої організації здоров'я людина повинна вживати 5-6 г кухонної солі на день, деякі особи вживають до 10 г кухонної солі на день. Тому, саме через насичення кухонної солі необхідними