

О. І. СЕМЕНЕНКО, О. Д. СУПРУН, Ю. О. СЕМЕНЕНКО, М. М. ОДЕГОВ (УКРДУЗТ)

Кафедра «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Українського державного університету залізничного транспорту, 61050 м. Харків, майдан Фейербаха 7, тел. +38(057)730-10-74, e-mail: semenoi@i.ua, adsup@ukr.net, slider2012@i.ua, 8084214@ukr.net, ORCID: orcid.org/0000-0001-8885-6783, orcid.org/0000-0002-8732-7609, orcid.org/0000-0001-9422-3528, orcid.org/0000-0003-3967-9009

ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ-СТАБІЛІЗАТОРІВ У РОЗПОДІЛЕНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вступ

Одною з найскладніших проблем, яка виникає при збільшенні інтенсивності перевезень або впровадженні швидкісного руху на ділянках тягової мережі постійного струму, є зниження якості енергії живлення електричного рухомого складу (ЕРС) та зростання електромагнітного впливу системи електропостачання (СЕП) на лінії залізничної сигналізації, автоблокування та зв'язку. Можливості застосування традиційних заходів по підсиленню контактної мережі вичерпані, тому в умовах подальшого зростання навантажень вони уже не гарантують ефективного та надійного функціонування СЕП постійного струму.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Широке застосування статичних перетворювачів електричної енергії на швидкодіючих силових напівпровідникових ключах створило умови для розробки та впровадження нових високоефективних СЕП постійного струму. Так, наприклад, для підвищення якості електричної енергії постійного струму та поліпшення електромагнітної сумісності СЕП з суміжними електроустановками в ряді робіт [1-2] запропоновано застосовувати в складі перетворювальних агрегатів (ПА) підстанцій вольтододаткові перетворювачі на базі трифазних випрямлячів напруги з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) або простіші за будовою активні фільтри-стабілізатори (АФС) послідовного типу [3-5].

Як показують розрахунки, при відстані між підстанціями більше 25 км застосування вольтододаткових перетворювачів в складі ПА підстанцій централізованої СЕП виявляється недостатньо ефективним, бо при реалізації регулювання вихідна напруга повинна досягати вище передбаченого в нормальних умовах максимального значення 3,6 кВ [6]. При цьому створюються значні проблеми для стабільного функціонування СЕП та надійної роботи колекторних тягових двигунів на ЕРС, який знаходиться в

цей момент близько від підстанції, спостерігаються також великі втрати енергії в тяговій мережі, що можуть навіть перевищувати 25 % від спожитої.

Іншим шляхом вирішення вказаної проблеми є застосування розподіленої СЕП, де в якості джерел енергії живлення тягової мережі крім підстанцій додатково використовуються пункти підвищення напруги (ППН) [7-9]. Їх розташовують в середній частині міжпідстанційних зон і для зниження втрат при передачі до них енергії живлять підвищеною напругою, а від ППН в тягову мережу вже подається енергія постійного струму напругою 3,3 кВ. Завдяки застосуванню розподіленої СЕП значно зменшуються сумарні втрати енергії та забезпечується необхідний для якісного живлення ЕРС рівень напруги по всій довжині міжпідстанційної зони.

Один із варіантів реалізації ППН передбачає застосування звичайного ПА із трансформаторно-випрямною структурою і живлення його від мережі трифазного змінного струму 35 або 10 кВ [8]. При великій потужності ППН, що складає 6-10 МВт, робота мережі змінного струму може призводити до погіршення якості енергії живлення ЕРС, тому таку лінію необхідно дещо віддаляти та виконувати на окремо розташованих опорах. Складним питанням є забезпечення в структурі такого ПА плавного регулювання або стабілізації вихідної напруги, яка потрібна також для того, щоб не виникали додаткові втрати енергії за рахунок струмів перетікання між підстанціями та ППН при двосторонньому живленні ділянок тягової мережі.

Щоб покращити якісні показники напруги живлення ЕРС та забезпечити стабілізацію вихідної напруги, можна використати ППН на базі понижувального широтно-імпульсного перетворювача з живленням від джерела постійного струму підвищеної напруги [7-9]. Поки що на дослідних ділянках тягової мережі застосовують в ППН понижувальний широтно-імпульсний перетворювач з напругою живлення 6,6 кВ постійного струму і з урахуванням високої вартості високовольтичних силових двоопераційних ключів та більших втрат енергії при

передачі до ППН такий варіант поступається простішому першому із трансформаторно-випрямною структурою.

Визначення мети та задачі досліджень

Перевірка доцільності застосування на тягових підстанціях та ППН в ПА із трансформаторно-випрямною структурою АФС послідовного типу для фільтрації та стабілізації напруги в розподіленій СЕП постійного струму шляхом дослідження ефективності його роботи в різних режимах.

Основна частина дослідження

При наявності потужної лінії змінного струму напругою 35 (10) кВ або при застосуванні підсиленої лінії поздовжнього електропостачання нетягових споживачів можна застосувати досить економний варіант ППН із трансформаторно-випрямною структурою. Для покращення якісних показників напруги живлення ЕРС стабілізацію та фільтрацію напруги живлення тягової мережі пропонується забезпечувати в такій системі використанням у складі ПА АФС послідовного типу з ємнісним накопичувачем енергії [3-4], схема якого наведена на рис. 1. Як видно зі схеми, перетворювач АФС увімкнений послідовно з основною випрямною установкою ВУ тягової підстанції, яка представляє собою діодний випрямляч. Це може бути дванадцятипульсна або шестипульсна схеми і останніх сьогодні на тягових підстанціях залізниць України переважна більшість. На виході ПА застосовано пасивний аперіодичний LC-фільтр. Система керування АФС, яка для спрощення не показана на рисунку, з іншими елементами схеми утворюють замкнену систему автоматичного регулювання, що забезпечує активну фільтрацію та стабілізацію вихідної напруги підстанції або ППН із трансформаторно-випрямною структурою.

Мостовий перетворювач напруги АФС має керовані двоопераційні тиристорний VS та транзисторний VT ключі (рис. 1), інші два ключі (VD1 та VD2) є некерованими [3-5]. Транзисторний ключ VT на базі IGBT перемикається з частотою ШІМ, а тиристорний ключ VS на базі IGCT – з невисокою частотою основної гармоніки випрямленої напруги u_d . Перетворювач напруги АФС формує із напруги ємнісного накопичувача U_c імпульсну напругу u_{ai} , з якої пасивним LC-фільтром виділяється сукупність усереднених на періоді ШІМ значень – гладка складова напруги, що показана штриховою лінією на рис. 2 і позначена $u_{ар}$.

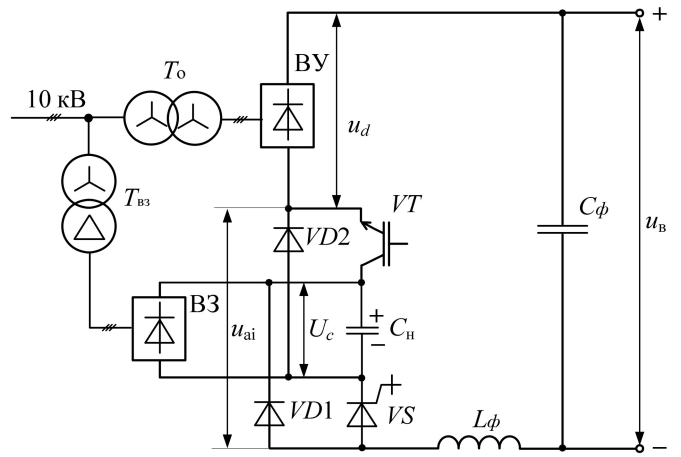


Рис. 1. Схема перетворювального агрегату з активним фільтром-стабілізатором послідовного типу на базі ємнісного накопичувача енергії

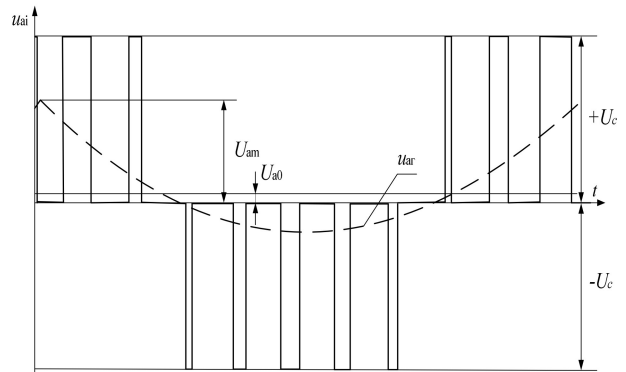


Рис. 2. Діаграма вихідної напруги активного фільтра-стабілізатора

З вихідної напруги випрямляча u_d та напруги АФС $u_{ар}$ формується сумарна вихідна напруга ПА u_B . Вона практично не містить змінної складової, бо змінна складова напруги основної випрямної установки компенсується змінною складовою напруги $u_{ар}$. Як видно з діаграми, напруга $u_{ар}$ містить також постійну складову U_{a0} , яка компенсує можливі відхилення або коливання вихідної напруги відносно заданого значення, тобто стабілізує напругу на виході ПА. Якісне формування напруги компенсації досягається застосуванням в перетворювачі АФС ємнісного накопичувача з низьким рівнем пульсації напруги U_c , що є перевагою даної схеми у порівнянні зі схемою вольтододавкового перетворювача на базі трифазних випрямлячів напруги з ШІМ, де імпульсна напруга компенсації формується із змінної напруги вторинних обмоток трансформатора.

При аналізі роботи АФС знехтуємо активними втратами в LC-фільтрі та на діодах випрямної установки. Для аналізу основних параметрів силового перетворювача напруги АФС слід розрахувати мінімально необхідне значення напруги та ємність накопичувача енергії, при яких буде

забезпечено якісну фільтрацію та стабілізацію вихідної напруги ПА в різних режимах роботи. Значення напруги ємнісного накопичувача U_c залежить від необхідного амплітудного значення гладкої складової напруги АФС U_{am} (рис. 2), яке визначається для найбільш несприятливих умов із співвідношення [4]:

$$U_{am} = \Delta U_{d0} + \Delta U_{d\gamma} + \sum_{k=1}^{\infty} U_{dkm} + \sum_{v=2}^{\infty} U_{dvm} \quad (1)$$

де ΔU_{d0} – зниження постійної складової випрямленої напруги U_{d0} за рахунок зниження напруги живлення ПА; $\Delta U_{d\gamma} = U_{d0} \frac{I_d}{I_{dн}} u_k \sin \frac{\pi}{m}$ – зниження постійної складової випрямленої напруги U_{d0} , що обумовлене комутацією (u_k – напруга короткого замикання трансформатора; m – пульсність випрямної установки); $U_{dkm} = U_{d0} \frac{2}{(km)^2 - 1}$ – амплітуда k -ої канонічної гармоніки випрямленої напруги (при $k = 1, 2, 3, \dots$); U_{dvm} – амплітуда v -ої неканонічної гармоніки випрямленої напруги, модуль якої може бути визначений в залежності від ε – коефіцієнта несиметрії напруги живлення випрямної установки:

$$\bar{U}_d = \begin{cases} \frac{-\varepsilon}{v-1} \cos\left(\frac{v-1}{2} \gamma_0\right) e^{-j\left[(1-v)\left(\alpha_0 + \frac{\gamma_0}{2}\right) - v\psi_2\right]}, & \text{для } v=2 \cdot (1+3n) \\ \frac{\varepsilon}{v+1} \cos\left(\frac{v+1}{2} \gamma_0\right) e^{-j\left[(1+v)\left(\alpha_0 + \frac{\gamma_0}{2}\right) + v\psi_2\right]}, & \text{для } v=2 \cdot (2+3n) \end{cases} \quad (2)$$

де $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Аналіз рівняння (1) показує, що необхідне амплітудне значення U_{am} досягає максимуму при мінімальній трифазній напрузі живлення ПА та максимальному навантаженні. Відомо, що мінімальна допустима напруга живлення ПА на 10 % нижче номінальної; також приймається, що тривале максимальне навантаження відповідає номінальному значенню струму. В таких умовах при номінальній величині вихідної напруги тягової підстанції 3300 В при застосуванні дванадцятипульсної випрямної установки розраховане згідно рівняння (1) максимальне значення U_{am} досягає 460 В, при застосуванні шестипульсної – 695 В.

Найбільша величина пульсації струму ємнісного накопичувача відповідає режиму роботи силового перетворювача АФС, при якому відсутній підзаряд C_n струмом основної випрямної установки при формуванні імпульсів напруги u_{ai} негативної полярності. Тому виконаємо розра-

хунок ємності накопичувача без урахування цієї складової струму, використовуючи рівняння:

$$C_n = \frac{I_{c3}}{\omega k_{пу} U_{c0}} \quad (3)$$

де I_{c3} – діюче значення змінної складової струму C_n , яке досягає максимуму при мінімальній і несиметричній напрузі живлення ПА та максимальному струмовому навантаженні [4];

ω – частота пульсації напруги ємнісного накопичувача енергії;

$k_{пу}$ – коефіцієнт пульсації напруги (для фільтрових конденсаторів його приймають не більше 0,05);

U_{c0} – постійна складова напруги ємнісного накопичувача, яку для вказаних вище умов роботи ПА слід прийняти більшою від значення U_{am} на падіння напруги на елементах перетворювача напруги АФС.

Розраховані за допомогою рівняння (3) значення ємності накопичувача енергії складають 0,1 Ф для дванадцятипульсної та 0,08 Ф для шестипульсної схеми випрямляча. Такі батареї накопичувача енергії можна реалізувати, якщо застосувати, наприклад, конденсатори фірми *Electronicon Semicode E50.R29*, які виконані за технологією *MKP* з поліпропіленовим діелектриком [4]. Для цього потрібні 50 конденсаторів по 2000 мкФ номінальною напругою 900 В для АФС в складі перетворювального агрегату з дванадцятипульсним випрямлячем та 80 конденсаторів по 1000 мкФ номінальною напругою 1300 В з шестипульсним випрямлячем. Маса батарей конденсаторів складе близько 160 кг та 270 кг, що для перетворювачів такої потужності можна вважати прийнятним.

Для перевірки наведених вище результатів аналізу основних параметрів перетворювача напруги АФС було проведено моделювання роботи ПА з дванадцятипульсною [4] та шестипульсною випрямною установкою у програмному пакеті *MATLAB & Simulink*. На рис. 3 показана імітаційна комп'ютерна модель ПА з шестипульсною випрямною установкою та АФС. Частота ШІМ обрана рівною 6 кГц, щоб вона була кратною до основних частот гармонік випрямленої напруги та були помірними комутаційні втрати в ключі на базі *IGBT*. Г-подібний аперіодичний *LC*-фільтр має ємність батареї конденсаторів $C = 300$ мкФ.

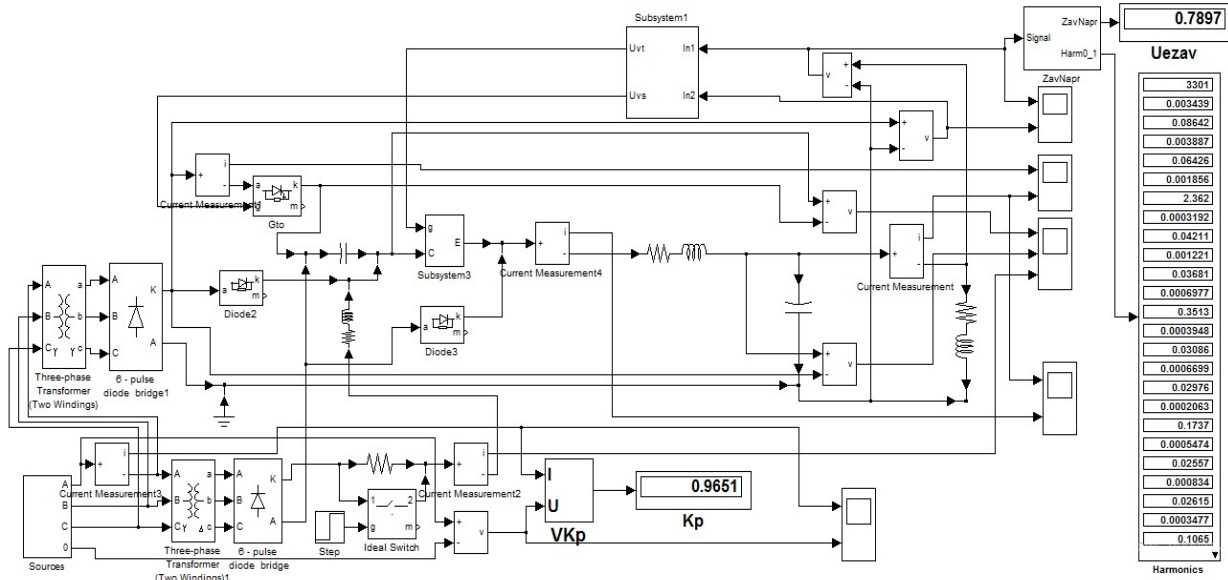


Рис. 3. Імітаційна модель ПА з шестипульсною випрямною установкою та АФС послідовного типу

Опір навантаження $R_H = 1 \text{ Ом}$, $L_H = 1 \text{ мГн}$, індуктивність струмообмежуючого реактора $L = 4,5 \text{ мГн}$, а його активний опір складає $r_p = 0,006 \text{ Ом}$. Дослідження було проведено при трьох різних режимах трифазної напруги живлення ПА: при номінальній напрузі, коли всі фазні напруги $U_\phi = 10,5/\sqrt{3} \text{ кВ}$, при мінімальній, тобто зниженій на 10% напрузі $U_\phi = 9,45/\sqrt{3} \text{ кВ}$ та при несиметричній напрузі, коли одна з фазних напруг $U_\phi = 9,45/\sqrt{3} \text{ кВ}$ і коефіцієнт несиметрії трифазної напруги $\varepsilon = 2\%$.

Для вимірювання коефіцієнта потужності ПА з АФС застосовується блок VKp , для вимірювання еквівалентної заважаючої напруги – $ZavNapr$, яка розраховується із рівняння:

$$U_{\text{ез}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} (U_k \cdot p_k)^2} \quad (4)$$

де U_k – діюче значення напруги k -ої гармонічної складової;

p_k – коефіцієнт акустичного впливу k -ої гармоніки, що враховує неоднакову ступінь впливу гармонік на суміжні лінії зв'язку.

В табл. 1 наведені результати моделювання перетворювального агрегату з шестипульсною випрямною установкою та АФС, в табл. 2 – результати моделювання перетворювального агрегату з шестипульсною випрямною установкою без АФС. В останній застосовано дволанковий пасивний фільтр з режекторними фільтрами, налаштованими на 300, 600, 900 та 1200 Гц.

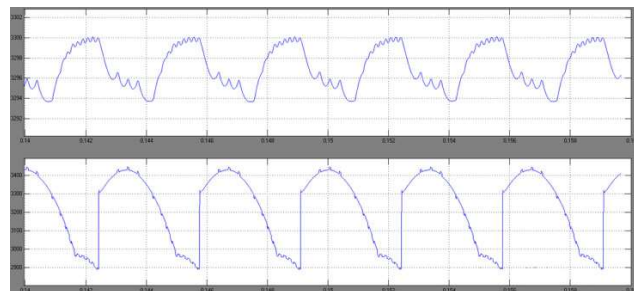
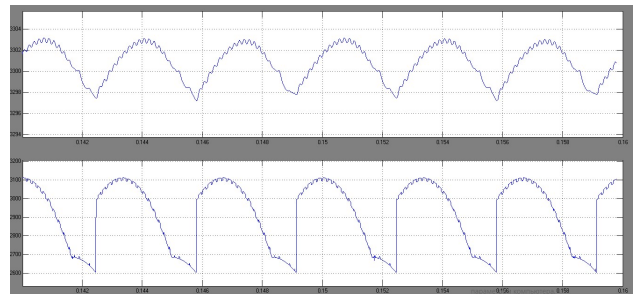


Рис. 4. Вихідна напруга ПА u_b та напруга випрямляча u_d при: а) зниженій симетричній напрузі живлення перетворювального агрегату; б) номінальній симетричній напрузі живлення перетворювального агрегату

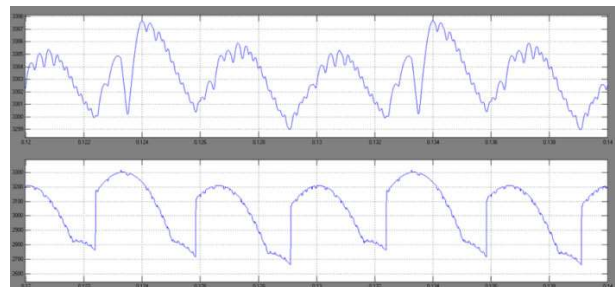


Рис. 5. Вихідна напруга ПА u_b та напруга випрямляча u_d при несиметричній напрузі живлення

Результати моделювання ПА з шестипульсною випрямною установкою та АФС

Режим напруги живлення	Діюче значення напруги, В гармоніки частотою, Гц						$U_{\text{ез}}$, В	Коеф. потужн.
	100	200	300	600	900	1200		
Номінальна	0,026	0,029	3,404	0,512	0,647	0,270	1,350	0,9596
Знижена на 10%	0,083	0,063	2,360	0,351	0,174	0,107	0,789	0,9651
Несиметрична $\varepsilon = 2\%$	0,967	0,228	2,468	0,404	0,388	0,182	1,279	0,9673

Таблиця 2

Результати моделювання ПА з шестипульсною випрямною установкою та згладжуючим пристроєм

Режим напруги живлення	Діюче значення напруги, В гармоніки частотою, Гц						$U_{\text{ез}}$, В	Коеф. потужн.
	100	200	300	600	900	1200		
Номінальна	0,003	0,048	17,14	0,699	0,082	0,021	5,076	0,9508
Знижена на 10%	0,006	0,022	15,53	0,645	0,052	0,016	4,611	0,9507
Несиметрична $\varepsilon = 2\%$	16,52	10,90	16,12	0,663	0,057	0,015	4,955	0,9531

При використанні в складі ПА тягової підстанції або ППН розподіленої СЕП вольтододаєткового перетворювача на базі трифазних випрямлячів напруги з ШІМ [1-2] на його створення потрібно було б шість швидкодіючих двоопераційних ключів на *IGBT*. При цьому кожен транзистор повинен бути послідовно поєднаним із діодом, який захищає *IGBT* від зворотної напруги в трифазному випрямлячі. У перетворювача напруги АФС лише два некерованих і два керованих двоопераційних ключі, та тільки один з них повинен бути швидкодіючим на *IGBT*. Таким чином при однаковій потужності перетворювачів кількість силових ключів, втрати енергії в них та вартість АФС будуть нижче, ніж у вольтододаєткових перетворювачів на базі трифазних випрямлячів напруги з ШІМ.

Висновки

Для підвищення ефективності роботи тягового електропостачання постійного струму на ділянках з інтенсивним та швидкісним рухом є

доцільним застосування розподіленої системи, де на тягових підстанціях та ППН в ПА із трансформаторно-випрямною структурою використовуються АФС послідовного типу на базі ємнісного накопичувача енергії, що забезпечує якісну стабілізацію та активну фільтрацію вихідної напруги. Результати моделювання показали, що застосування АФС у перетворювальному агрегаті з шестипульсною випрямною установкою забезпечує суттєве зниження гармонік вихідної напруги у діапазоні низьких частот та підвищення коефіцієнта потужності на 0,9-1,4 %. Кількість силових ключів перетворювача напруги АФС, втрати енергії та вартість будуть нижче, ніж у вольтододаєткових перетворювачів на базі трифазних випрямлячів напруги з ШІМ, а якість вихідної напруги ПА тягових підстанцій та ППН розподіленої системи електропостачання постійного струму буде вище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Самсонкин В. М. Энергоэффективный преобразовательный агрегат с функциями фильтрации гармоник выходного напряжения тяговой подстанции системы электроснабжения постоянного тока напряжения 3 кВ / В. М. Самсонкин, М. В. Панасенко, Ю. П. Гончаров, В. В. Божко // Вісник ДНУЗТ. 2008. – № 20. – С. 66-72.

2. Панасенко М.В. Проблеми електромагнітної сумісності підсистем електричної тяги постійного

REFERENCES

1. Samsonkin V. M. Energy-efficient converter unit with filtration functions of harmonics of the output voltage of the traction substation of the 3 kV DC power supply system / V.M. Samsonkin, M.V. Panasenko, Y.P. Honcharov, V.V. Bozhko // Herald DNUST. – 2008. – № 20. – P. 66-72.

2. Panasenko M.V. Problems of electromagnetic compatibility of subsystems of electric drive of direct current and use of power electronics for solving them /

струму і використання засобів силової електроніки для їх вирішення / М.В. Панасенко, Ю.П. Гончаров, В.Г. Сиченко // Електротехніка та електроенергетика. – 2009. – №2 – С. 22-28.

3. Семененко О.І. Активний фільтр-стабілізатор для випрямної установки тягової підстанції / О.І. Семененко, Ю.О. Семененко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – Харків: УкрДАЗТ. – 2016. – №4(119). – С. 29-33.

4. Семененко Ю.А. Стабилизация и активная фильтрация выпрямленного напряжения в замкнутой структуре / Ю.А. Семененко // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2016. – №166. – С. 131-140.

5. Shcherbak Ya. Analysis of dynamic characteristics of the active filter-stabilizer / Ya. Shcherbak, Yu. Semenenko, O. Semenenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – №2/8(86). – P. 10-15.

6. Правила улаштування системи тягового електропостачання залізниць України. № ЦЕ-0009. – К.: ТОВ „Швидкий рух”, 2005. – 80 с.

7. Гончаров Ю.П. Система електроснабження контактної мережі постійного струму з продольною лінією підвищеного напруги / Ю.П. Гончаров, Н.В. Панасенко, В.Н. Козачок, В.В. Замаруєв, В.В. Івахно, С.Ю. Кривошеєв, А.І. Семененко // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – № 20. – С. 42-48.

8. Семененко О.І. Трифазний ШПП для пункту підвищення напруги 10/3,3кВ / О.І. Семененко, Т.В. Ісакова, Є.А. Аветісов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, № 126. – 2011 р. – С. 204-208.

9. Семененко О.І. Підвищення ефективності системи тягового електропостачання постійного струму / О.І. Семененко, Ю.О. Семененко // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, № 153. – 2015. – С. 47-54.

M.V. Panasenko, Y.P. Honcharov, V.G. Sychenko // Electrical engineering and power engineering. – 2009. – №2 – P. 22-28.

3. Semenenko O.I. Active filter-stabilizer for rectifier traction substation installation / O.I. Semenenko, Y.O. Semenenko // Information and control systems on the railway transport – Kharkiv: UkrSART. – 2016. – №4(119). – P. 29-33.

4. Semenenko Y.O. Stabilization and active filtration of rectified voltage in a closed structure / Y.O. Semenenko // Collection of scientific works UkrSURT. – 2016. – №166. – P. 131-140.

5. Shcherbak Ya. Analysis of dynamic characteristics of the active filter-stabilizer / Ya. Shcherbak, Yu. Semenenko, O. Semenenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – №2/8(86). – P. 10-15.

6. Rules of arrangement of the traction power supply system of the railways of Ukraine. № ZE-0009. - K.: TOV "Fast movement", 2005. – P. 80.

7. Honcharov Y. P. The system of power supply of a contact network of a direct current with a longitudinal line of the raised voltage / Y.P. Honcharov, M.V. Panasenko, V.N. Kozachok, V.V. Zamaruev, V.V. Ivahno, S.Y. Krivosheev, O.I. Semenenko // Herald DNUST. – № 20. – 2008. – P. 42-48.

8. Semenenko O.I. Three-phase pulse-width converter for point of increase of voltage 10/3.3 kV / O.I. Semenenko, T.M. Isakova, Y.E. Avetisov // Collection of scientific works UkrSART. – № 126. – 2011. – P. 204-208.

9. Semenenko O.I. Increasing the efficiency of the system of traction power supply of direct current / O.I. Semenenko, Y.O. Semenenko // Collection of scientific works UkrSURT, № 153. – 2015. – P. 47-54.

В статті розглянуто шляхи створення системи розподіленого електропостачання постійного струму для підвищення якості енергії живлення електричного рухомого складу залізниць в умовах збільшення інтенсивності перевезень та впровадження швидкісного руху. Пропонується в системі розподіленого електропостачання для ефективної фільтрації та стабілізації вихідної напруги перетворювальних агрегатів тягових підстанцій та перетворювальних пунктів застосувати активні фільтри-стабілізатори послідовного типу. У перетворювальному агрегаті з шестипульсною випрямною установкою та активним фільтром-стабілізатором послідовного типу забезпечується суттєве зниження гармонік вихідної напруги у діапазоні низьких частот та підвищення коефіцієнта потужності на 0,9-1,4 %.

Ключові слова: система електропостачання, пункт підвищення напруги, перетворювальний агрегат, активний фільтр-стабілізатор.

УДК 621.314.6

А. И. СЕМЕНЕНКО, А. Д. СУПРУН, Ю. А. СЕМЕНЕНКО, Н. Н. ОДЕГОВ (УКРГУЖТ)

Кафедра «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, 61050 г. Харьков, площадь Фейербаха 7, тел. +38(057)730-10-74, e-mail: semenoi@i.ua, ad-sup@ukr.net, slider2012@i.ua, 8084214@ukr.net, ORCID: orcid.org/0000-0001-8885-6783, orcid.org/0000-0002-8732-7609, orcid.org/0000-0001-9422-3528, orcid.org/0000-0003-3967-9009

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ-СТАБИЛИЗАТОРОВ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассмотрены пути создания системы распределенного электроснабжения постоянного тока для повышения качества энергии питания электрического подвижного состава в условиях увеличения интенсивности перевозок и внедрение скоростного движения. Предлагается в системе распределенного электроснабжения для эффективной фильтрации и стабилизации выходного напряжения преобразовательных агрегатов тяговых подстанций и преобразовательных пунктов применить активные фильтры-стабилизаторы последовательного типа. В преобразовательной агрегате с шестипульсной выпрямленной установкой и активным фильтром-стабилизатором последовательного типа обеспечивается существенное снижение гармоник выходного напряжения в диапазоне низких частот и повышения коэффициента мощности на 0,9-1,4%

Ключевые слова: система электроснабжения, пункт повышения напряжения, преобразовательный агрегат, активный фильтр-стабилизатор..

UDC 621.314.6

O. I. SEMENENKO, O.D. SUPRUN, Y.O. SEMENENKO, M.M. ODEGOV (UKRSURT)

Department «Electrical engineering, electrical engineering and electromechanics» Ukrainian State University of Railway Transport, 61050, Kharkiv, Feuerbach Square 7, tel. +38(057)730-10-74, e-mail: semenoi@i.ua, ad-sup@ukr.net, slider2012@i.ua, 8084214@ukr.net, ORCID: orcid.org/0000-0001-8885-6783, orcid.org/0000-0002-8732-7609, orcid.org/0000-0001-9422-3528, orcid.org/0000-0003-3967-9009

APPLICATION OF ACTIVE FILTERS-STABILIZERS IN A DISTRIBUTED ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM

In the article ways of creation of system of the distributed electric power supply of a direct current for increase of quality of energy of a food of an electric rolling stock in the conditions of increase of intensity of transportations and introduction of high-speed movement are considered. It is proposed to use active filter-stabilizers of a sequential type in the distributed power supply system for efficient filtration and stabilization of the output voltage of converter units of traction substations and conversion points. In the converter unit with a six-pulse rectified installation and an active filter-stabilizer of a sequential type, the harmonics of the output voltage in the low-frequency range are significantly reduced and the power factor is increased by 0,9-1,4%.

Keywords: power supply system, point of increase of voltage, transformer unit, active filter-stabilizer.

Received 17.01.2018; accepted in revised form 05.04.2018.