

Министерство образования и науки Украины
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта

На правах рукописи

Панченко Владислав Вадимович



УДК 621.331:621.311.1

**УЛУЧШЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ТЯГОВОЙ
ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С КОНТАКТНОЙ СЕТЬЮ**

Специальность 05.22.09 – электротранспорт

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

*Ідентифікація за
завданням з іншими
різними дисертаціями
заказу
векторної структури
спеціальної вимоги
код 02071180 *01-050.15*



*Яципін Д.І.
02.12.2015*

Научный руководитель:
Щербак Яков Васильевич
доктор технических наук,
профессор

Харьков - 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С КОНТАКТНОЙ СЕТЬЮ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ.....	15
1.1 Характеристики и параметры для оценки электромагнитной совместимости выпрямительной установки тяговой подстанции постоянного тока с контактной сетью.....	15
1.2 Анализ электромагнитной совместимости выпрямительной установки тяговой подстанции постоянного тока с контактной сетью..	20
1.3 Технические средства для улучшения электромагнитной совместимости выпрямительной установки тяговой подстанции с контактной сетью.....	28
1.3.1 Пассивные сглаживающие фильтры.....	28
1.3.2 Силовые активные фильтры гармоник выпрямленного напряжения тяговой подстанции.....	33
1.3.3 Активные методы улучшения электромагнитной совместимости выпрямителя тяговой подстанции средствами силовой электроники и автоуправления.....	39
1.4 Определение задач исследования.....	45
РАЗДЕЛ 2. СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ.....	46
2.1 Основные положения.....	46
2.2 Анализ электромагнитных процессов выпрямительной установки с вольтодобавочным преобразователем тяговой подстанции.....	47
2.3 Статический коэффициент передачи выпрямителя с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией.....	49

2.4	Динамические характеристики выпрямителя с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией.....	61
2.4.1	Основные положения.....	61
2.4.2	Импульсная модель выпрямителя с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией в режиме непрерывного тока.....	62
2.5	Фактор пульсаций системы автоматического регулирования с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией.....	72
2.5.1	Определение реакции приведенной непрерывной части на выходную импульсную последовательность вольтодобавочного преобразователя.....	72
2.5.2	Обобщенные выражения для определения фактора пульсаций системы с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией.....	79
2.6	Выводы по разделу.....	89
РАЗДЕЛ 3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ КООРДИНАТ		
ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ.....		
3.1	Основные положения.....	92
3.2	Подавления мешающих гармоник выходного напряжения в замкнутой структуре.....	94
3.2.1	Коэффициент подавления мешающей гармоники.....	94
3.2.2	Фактор пульсаций системы подавления мешающих гармоник....	101
3.2.3	Анализ устойчивости замкнутой системы подавления мешающих гармоник.....	107
3.3	Выбор параметров сглаживающего LC-фильтра.....	112
3.4	Регулирование выходного напряжения выпрямительной установки тяговой подстанции.....	122
3.4.1	Общие положения о замкнутой структуре регулирования.....	122
3.4.2	Регулирование выходного напряжения вольтодобавочного преобразователя с LC-фильтром.....	124
3.4.3	Синтез передаточной функции регулятора напряжения.....	127

3.4.4 Инвариантность контуров регулирования выходных координат вольтодобавочного преобразователя.....	137
3.5 Выводы по разделу.....	141
РАЗДЕЛ 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С УЛУЧШЕННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТЬЮ С КОНТАКТНОЙ СЕТЬЮ.....	143
4.1 Основные положения.....	143
4.2 Моделирование электромагнитных процессов выпрямительной установки.....	144
4.3 Экспериментальные исследования замкнутой системы регулирования выходного напряжения выпрямительной установки.....	149
4.4 Экспериментальные исследования замкнутой системы регулирования низкочастотных субгармоник.....	153
4.5 Выводы по разделу.....	164
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	165
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	168
ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт внедрения результатов диссертационной работы на ГП «Научно-исследовательский институт «ХЕМЗ».....	182
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс Украинского государственного университета железнодорожного транспорта.....	183
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс Учебно-научного института переподготовки и повышения квалификации кадров.....	184

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Совместимость технических средств электромагнитная: ГОСТ 30372-95. – [Чинний від 1995.10.12]. – Минск.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 14 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Петров А. В. Показники якості електричної енергії в системі електричної тяги постійного струму / А. В. Петров // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2010. – № 32. – С. 180-183.
3. Слободчиков И. В. Повышение качества электрической энергии тяговой подстанции постоянного тока методами активной фильтрации: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.09 / Слободчиков Иван Владимирович. – Харьков, 2011. – 207 с.
4. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97. – [Чинний від 1999.01.01]. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 42 с. – (Межгосударственный стандарт).
5. Правила улаштування системи тягового електропостачання залізниць України. ЦЕ-0009: Затв. наказ Укрзалізниці 24.12.2004 р. № 1010-ЦЗ / М-во транспорту та зв'язку України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. К.: Швидкий рух, 2005. – 79 с.
6. Правила защиты устройств проводной связи от влияния тяговой сети электрифицированных железных дорог постоянного тока. М.: Транспорт, 1969. – 44 с.
7. Тяговые подстанции: [учебник для вузов ж.-д. транспорта] / Ю. М. Бей, О. Р. Мамошин, В. Н. Пупынин, М. Г. Шалимов. – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.
8. Трейвас М. Д. Высшие гармонические выпрямленного напряжения и их снижение на тяговых подстанциях постоянного тока / М. Д. Трейвас – М.: Транспорт, 1986. – 100 с.
9. Бадер М. П. Электромагнитная совместимость / М. П. Бадер – М.: Высшее профессиональное образование, 2002. – 637 с.

10. Lundquist Johan. On Harmonic Distortion in Power Systems / Johan Lundquist // Technical report no 371L. – Sweden, Göteborg, 2001. – P. 147.

11. Dán A., Kisvölcsey J., Varjú Gy. Filtering of harmonics generated by thyristor controlled AC traction systems / A. Dán, J. Kisvölcsey, Gy. Varjú // II International Conference on Harmonics in Power Systems. – Winnipeg, 1986. – P. 404-413.

12. The Application of Active Filters Supported by Pulse Width Modulated Inverters in the Harmonic Simulation of the High Power Electric Traction: (International conference on renewable energies and power quality ICREPQ'08) [Электронный ресурс] / P. Kiss, A. Balogh, A. Dán, I. Varjasi // 2008. – Режим доступа.: <http://www.icrepq.com/icrepq-08/394-kiss.pdf>

13. Завгородній А. В. Електромагнітна сумісність на швидкісних магістралях / А. В. Завгородній. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – № 4 (Додаток). – С.13.

14. Вісін М. Г. Підвищення електромагнітної сумісності рейкових кіл з електрорухомим складом подвійного живлення з асинхронними тяговими двигунами та тяговою мережею / М. Г. Вісін, Д. О. Забаріло // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2012. – № 40. – С. 75-82.

15. Гаврилюк В. И. Модель распределения гармоник тягового тока в рельсовой линии / В. И. Гаврилюк, А. В. Завгородний // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 4 – С.40-43.

16. Анохов І. В. Про електромагнітну сумісність електрифікованих ліній постійного струму / І. В. Анохов, М. П. Бадьор, В. І. Гаврилюк, В. Г. Сиченко // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 2 – С.10-12.

17. Щербак Я. В. Теоретические основы и методы регулирования субгармоник полупроводниковых преобразователей электроэнергии: дис. доктора техн. наук: 05.09.12 / Щербак Яков Васильевич. – Харьков, 2001. – 409 с.

18. Щербак Я. В. Замкнутые системы компенсации неканонических гармоник полупроводниковых преобразователей / Я. В. Щербак – Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 1999. – 256 с.

19. Бялонь А. Значения допускаемых параметров помех тягового электроподвижного состава / А. Бялонь // Вестник ВНИИЖТ. – 2001. – № 5. – С.44-48.

20. Слободчиков И. В. К вопросу об электромагнитной совместимости подвижного состава с тиристорным регулированием с тяговыми подстанциями постоянного тока / И. В. Слободчиков // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов», ХНАГХ. – Киев: Техніка, 2010. – № 95 – С.63-66.

21. Слободчиков И. В. К вопросу об электромагнитной совместимости подвижного состава с импульсным регулированием с тяговыми подстанциями постоянного тока / Слободчиков И. В. – Харьков: Материалы III междунар. научн.-техн. интернет-конф. «Новейшие технологии в электроэнергетике». – ХНАГХ, 2010. – С.87-88.

22. Щербак Я. В. Анализ эффективности работы пассивных энергетических фильтров тяговых подстанций постоянного тока / Я. В. Щербак, И. В. Слободчиков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 6 – С.27-31.

23. Супрун О. Д. Удосконалення пристроїв регулювання напруги тягових підстанцій / О. Д. Супрун, С. А. Горцький // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 126 – С.191-195.

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

25. Щербак Я. В. До питання підвищення якості напруги в контактній мережі постійного струму / Я. В. Щербак, І. В. Слободчиков // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – № 113 – С.135-138.

26. Гаврилюк В. І. Ймовірнісна модель впливу тягового струму на рейкові кола / В. І. Гаврилюк, О. В. Завгородній // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 4 – С.73-76.

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

28. Щербак Я. В. Повышение качества электрической энергии на выходе тяговой подстанции постоянного тока / Я. В. Щербак, И. В. Слободчиков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 3/8 (51) – С.33–38.

29. Сиченко В. Г. Оцінка ефективності функціонування пасивних згладжуючих фільтрів тягових підстанцій постійного струму / В. Г. Сиченко, В. А. Зубенко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2008. – № 25. – С.63-68.

30. Бадер М. П. Исследование влияния устройств регулирования напряжения тяговой подстанции постоянного тока на смежные устройства / М. П. Бадер, В. П. Семенчук, В. Г. Сыченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2009. – №26.– С. 39-42.

31. Сиченко В. Г. Методологічні засади забезпечення електромагнітної сумісності електрифікованих ліній постійного струму / В. Г. Сиченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2010. – №31. – С. 123-126.

32. Слободчиков И. В. Комбинированный активный фильтр параллельного типа для тяговых подстанций постоянного тока / И. В. Слободчиков // Збірник наукових праць конф. «Інноваційні технології на залізничному транспорті». – СНУ ім. В. Даля, 2011. – С.90-93.

33. Кайнов, В.М. Надежная работа устройств ЖАТ – первостепенная задача / В.М. Кайнов // Автоматика, связь, информатика. – 2008. - №4. – С.4-9

34. Ермоленко Д. В. Повышение электромагнитной совместимости систем тягового электроснабжения с тиристорным электроподвижным составом:

автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.09 «Електротранспорт» / Д. В. Ермоленко. – М., 1991. – 22 с.

35. Завгородній О. В. Підвищення функціональної безпеки рейкових кіл шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності з тяговою мережею: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту / О. В. Завгородній. – Д., 2011. – 24 с.

36. Неугодников Ю. П. Внешние и ограничительные характеристики 12- и 24-пульсных инверторных преобразователей тяговых подстанций / Ю. П. Неугодников // Трансп. Урала. – 2006. – № 1. – С.29-37.

37. Неугодников А.Ю. Схемы 6-, 12- и 24-пульсовых преобразовательных агрегатов повышенного напряжения 6,6 и 13,2 кВ / Неугодников А.Ю. // Сб. научн. тр. УрГУПС. – 2008. – № 59(142). – С. 68.

38. Villablanca M. E., Valle J. D., Urrea C., Rojas W. 36-Pulse HVDC transmission for remotely sited generation / M. E. Villablanca, J. D. Valle, C. Urrea, W. Rojas // IEEE Trans. Power Delivery. – 2001. – № 16 (4). – P. 45-49.

39. Руденко В. С. Основы преобразовательной техники / В. С. Руденко, В. И. Сенько, И. С. Чиженко – К.: Высшая школа, 1980. – 424 с.

40. Варфоломеев Г. Н. Анализ гармонического состава выпрямленного напряжения при несимметрии вторичной системы разноразвитковых обмоток преобразователя / Г. Н. Варфоломеев, Л. А. Неман // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2006. – № 1. – С.123-128.

41. Ворфоломеев Г. Н. Методика расчета влияния несимметрии фазных напряжений вторичной системы обмоток интегрированных преобразователей числа фаз при многопульсном выпрямлении / Г. Н. Ворфоломеев, Л. А. Неман // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. – 2006. – № 1. – С.217-221.

42. Кузнецов В. Г. Электромагнитная совместимость. Несимметрия и несинусоидальность напряжения / В. Г. Кузнецов, Э. Г. Куренный, А. П. Лютый – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 250 с

43. Wang Lei, Lui Xiao-ning, Wang Wei-li. The analysis of the abnormal harmonics on the side of the direct current in a power rectifier / Lei Wang, Xiao-ning Lui, Wei-li Wang // Relay.-2007. – №3.–P. 37-40.

44. Enjeti P., Choudhury S. A. A new control strategy to improve the performance of a PWMAC to DC converter under unbalanced operating conditions / P. Enjeti, S. A. Choudhury // Proc. IEEE-PESC Conf. – 1991. – P. 382-389.

45. Stankovic Ana Vladan, Lipo Thomas A. A Novel Control Method for Input Output Harmonic Elimination of the PWM Boost Type Rectifier Under Unbalanced Operating Conditions / Ana Vladan Stankovic, Thomas A. Lipo // IEEE Transactions On Power Electronics. – 2001. – VOL. 16. – NO.5. – P. 603-611.

46. Orr J.A., Emanuel A.E. On the need for strict second harmonic limits / J.A. Orr, A.E. Emanuel // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2000. – Vol. 15. – No. 3. – P. 967-971.

47. Heydt G.T., Liu Y. Second harmonic components in power system voltages and currents / G.T. Heydt, Y. Liu // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2006. – Vol. 20. – P. 521-523.

48. Jovic Dragan. Analysis of second order harmonic voltages in power systems: a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Electrical and Electronic Engineering / Dragan Jovic. – The University of Auckland, New Zealand, 1999. – 230 p.

49 Analysis of second order harmonic voltages in power systems: (International conference on renewable energies and power quality (ICREPQ'07)) [Электронный ресурс] / J. Barros, de A. Matilde, D. Ramón // Режим доступа.: <http://www.icrepq.com/icrepq07/243-barros.pdf>

50. Giesner D. B., Arrillaga J. Behaviour of h.v.d.c. links under unbalanced a.c.-fault conditions / D. B. Giesner, J. Arrillaga // Proc. IEE. – 1972. – Vol.119. – No. 2. – P. 209-215.

51. Wagner V.E., Balda J.C., Griffith D.C. Effects of harmonics on equipment / V.E. Wagner, J.C. Balda, D.C. Griffith // IEEE Transactions on Power Delivery. – 1993. – Vol.8. – P. 672-680.

52. Rioual P., Pouliquen H., Louis J. P. Regulation of a PWM rectifier in the unbalanced network state / P. Rioual, H. Pouliquen, J. P. Louis // Proc. IEEE-PESC Conf. – 1993. – P. 641-647.

53. Hussein D, Al-Majali Abnormal harmonics generated by modified HVDC converter / D. Hussein, Al-Majali // Electric power components and systems. – 2007. – Vol.35. – P. 639-654.

54. Dong Dong. Passive filter topology study of single-phase ac-dc converters for DC nanogrid applications / Dong Dong // Applied Power Electronics Conference and Exposition. – 2011. – P. 287-294.

55. Слободчиков И. В. Исследование эффективности пассивной фильтрации гармоник выпрямленного напряжения тяговой подстанции в условиях изменения нагрузки / И.В. Слободчиков // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 111 – С.228-235.

56. Щербак Я. В. Анализ электромагнитных процессов в фильтрующей установке тяговой подстанции постоянного тока / Я. В. Щербак, И. В. Слободчиков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – №4 – С.48-52.

57. Панченко В. В. Анализ электромагнитной совместимости выпрямительной установки тяговой подстанции с контактной сетью и электроподвижным составом / В. В. Панченко // Локомотив-информ – 2013. – №06(84). – С.4-5.

58. Сіроклин І. М. Визначення гармонічного складу вихідної напруги випрямної установки з вольтододавальним перетворювачем / І. М. Сіроклин, В. В. Панченко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2011. – №25. – С.17-21.

59. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць. ЦЕ-0024 : Затв.: наказ Укрзалізниці 21.12.2007 р. № 618-Ц / М-во транспорту та зв'язку України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. – К. : Інпрес, 2008. – 125 с.

60. Сиченко В. Г. Диагностирование згладжуючих фільтрів тягових підстанцій постійного струму / В. Г. Сиченко, М. П. Бадьор, В. А. Зубенко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2000. – № 2. – С. 80-84.
61. Жуйков В. Я. Замкнутые системы преобразования электрической энергии / В. Я. Жуйков, И. Е. Коротеев, В. М. Рябенский – Братислава: Альфа, 1989. – 320 с.
62. Гольдштейн Е. И. Проектирование сглаживающих фильтров / Е. И. Гольдштейн, А. К. Маер – Томск: Изд-во ТГУ, 1971. – 171 с
63. M. Peterson and B. N. Singh, "Active and passive filtering for harmonic compensation," IEEE Conference 40th south-eastern symposium on system theory, USA, pp. 188-192, march 2008
64. A. Hamadi, S. Rahmani, and K. Al-Haddad, "A hybrid passive filter configuration for VAR control and harmonic compensation," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 7, pp. 2904-2915, July 2010
65. Kannan Karthik, and J.E.Quaicoe, "Voltage compensation and harmonic suppression using series active and shunt passive filters," Electrical and Computer Engineering, Canadian Conference, vol. 1, 2000, p. 582-586
66. Darwin Rivas, Luis Morán, Juan W. Dixon, José R. Espinoza, "Improving Passive Filter Compensation Performance With Active Techniques", IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol.50, No.1, February 2003
67. Ryszard KLEMPKA, A New Method for the C-Type Passive Filter Design, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), R. 88 No 7a/2012, pp. 227-281
68. Nassif A. B., Xu W., Freitas W. An Investigation on the Selection of Filter Topologies for Passive Filter Applications, IEEE Transactions On Power Delivery, vol. 24, no. 3, July 2009
69. Verma V., Singh B., Genetic-Algorithm-Based Design of Passive Filters for Offshore Applications, IEEE Transactions On Industry Applications, vol. 46, no. 4, July/August 2010

70. Badrzadeh B., Smith K.S., Wilson R. C., Designing Passive Harmonic Filters for an Aluminum Smelting Plant, IEEE Transactions On Industry Applications, vol. 47, no. 2, March/April 2011.

71. Щербак Я. В. Активна фільтрація вихідної напруги тягової підстанції постійного струму / Я. В. Щербак, Ю. О. Семененко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – №127. – С.146-151.

72. J. Arrillaga, W. Enright, A.R. Wood, F. Perez Hidalgo, DC Side Harmonic Reduction in HVDC Converters by Direct Ripple Reinjection, 423, IEE Conference Publication, 1996

73. Shore, N.L.; Adamson, K.; Bard, P.; Burton, R.S.; Clarke, C.D.; Coutu, A.; Kapoor, S.C.; Kent, K.L.; Pereira, F.P.; Pincella, C.; Sadek, K., DC side filters for multiterminal HVDC systems, IEEE Transactions on Power Delivery Volume: 11, Issue: 4, Pages: 1970-1984. – 1996

74. Zhang, W. Asplund, G. Aberg, A. Jonsson, U. Loof, O, “Active dc filter for HVDC system-A Test Installation in the Konti-Skan dc Link at Lindome Converter Station,” IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 8, no. 3, July 1993, pp. 1599-1606

75. Optimization of Current Total Harmonic Distortion in Series-Connected Rectifiers (International Conference on Renewable Energies and Power Quality ICREPQ'10) [Электронный ресурс] / N. Yousefpoor, G.B. Gharehpetian, S.H. Fathi, 2010. – Режим доступа: <http://www.icrepq.com/icrepq'10/325-Yousefpoor.pdf>

76. Губаревич В. Н. Основы проектирования активных энергетических фильтров / В. Н. Губаревич, В. М. Рябенкий, А. А. Шерман – Киев: Препринт-192 ИЭД АН УССР, 1979, – 46 с.

77. Luo A., Shuai Z., Shen Z. J., Wenji Z., Xianyong X., “Design considerations for maintaining DC side voltage of hybrid active power filter with injection circuit”, Power Electronics, IEEE Transactions., 24: 75-84.-2009

78. Digital controller for hybrid filter in HVDC based on approximate inverse system / Ling Su, Dong-yuan Zhao, Jian-ye Chen, Zan-ji Wang. // Frontiers Of Electrical And Electronic Engineering In China. - Vol. 1. – № 4. – pp. 367-370. – 2005. Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/1673-3460/>

79. Гусев И.И. Активные энергетические фильтры для мощных преобразователей / И.И. Гусев, А.А. Шерман // Современные задачи преобразовательной техники. – К.: ИЭД АН УССР. – 1975. – Т.6. – С.284–295

80. Божко В. В. Стабілізуючі перетворювальні агрегати вольтододакового типу підвищеної ефективності для тягового електропостачання постійного струму електрифікованих залізниць: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.09 / Божко Володимир Вячеславович. – Харьков, 2010. – 226 с.

81. Панасенко Н. В. Обратимый преобразователь вольтодобавочного типа для тяговых подстанций электрифицированных железных дорог / Н. В. Панасенко, В. В. Божко, Ю. П. Гончаров, А. В. Ересько, В. В. Замураев, В. В. Ивахно, А. В. Васькевич // Залізничний транспорт України. – 2007. – №4. – С.76-80.

82. 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 Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. – 2008.– Вип. 20. – С.66-72.

83. Гончаров Ю. П. Тяговый выпрямляч з реверсивним вольтододатком на двохопераційних напівпровідникових приладах / Ю. П. Гончаров, М. В. Панасенко, В. В. Божко // Технічна електродинаміка. – Київ, 2008. – № 2. С.16–21

84. Гончаров Ю. П. Аномальные и переходные режимы преобразователя вольтодобавочного типа для тяговых подстанций постоянного тока / [Ю. П. Гончаров, В. В. Замураев, В. В. Ивахно, Н. В. Панасенко, В. В. Божко, та ін.]. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. – 2009. –Вип. 27. – С.61-66.

85. Hajibeigy M. A Modified structure of hybrid active DC filter in HVDC system /M. Hajibeigy, M. Farsadi, Kh. Behboudi Asl // Technical and Physical Problems of Engineering. – 2012. – Vol. 4. – №1 – P. 11-16.

86. Gunnarsson S. Active filters in HVDC transmissions / S. Gunnarsson, L. Jiang, A. Petersson // ABB Power Technologies, Sweden. – 1996. – P. 1-13.

87. Щербак Я. В. О подавлении неканонических гармоник напряжения вентильного преобразователя при несимметрии питающей сети / Я. В. Щербак // Вестник ХПИ. – Харьков: ХГУ, 1982. – Вып. 7, №187. – С.43-46.

88. Ягуп Е. В. Подавление неканонических гармоник входных токов тяговой подстанции: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.09 / Ягуп Екатерина Валерьевна. – Харьков, 2007. – 203 с.

89. Тяговые подстанции: [учебник для вузов ж.-д. транспорта] / Ю. М. Бей, О. Р. Мамошин, В. Н. Пупынин, М. Г. Шалимов – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.

90. Ивакина Е. Я. Повышение качества электрической энергии тяговой подстанции постоянного тока в замкнутых структурах: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / Ивакина Екатерина Яковлевна. – Харьков, 2014. – 200 с.

91. Шипилло В. П. Вентильный преобразователь как элемент системы автоматического регулирования / В. П. Шипилло // Электричество. – 1967. – №11. – С.63-70.

92. Управляемый выпрямитель в системах автоматического управления / [Под ред. доктора техн. наук А. Д. Поздеева]. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 351 с.

93. Щербак Я. В. Динамические характеристики широтно-импульсного преобразователя при воздействии несимметрии в режиме прерывистого тока / Я. В. Щербак // Вестник ХГПУ. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып.64. – С.75-84.

94. Щербак Я.В. Широтно-импульсный преобразователь с широтно-импульсной модуляцией второго рода в условиях несимметрии / Я. В. Щербак // Технічна електродинаміка. – Київ, 1999. – № 1. – С.31-35.

95. Щербак Я.В. Динамические характеристики ШИП с LC-фильтром / Я. В. Щербак // Труды ВНТК Проблемы преобразовательной техники. – Киев, 1991. – Ч.4. – С.154-155.

96. Щербак Я. В. Динамические свойства системы «тиристорный выпрямитель - сеть» / Я. В. Щербак, Е. В. Ягуп, В. В. Панченко // Технічна

електродинаміка. Силова електроніка та енергоефективність. – 2007. – Ч.4. – С. 26–29.

97. Шипилло В. П., Зинин Ю. С. Фактор пульсаций в системах регулирования с вентильными преобразователями / В. П. Шипилло, Ю. С. Зинин // Электричество. – 1977. – № 3. – С.86-89.

98. Чикотило И. И. Исследование устойчивости и переходных режимов тиристорных широтно-импульсных преобразователей в быстродействующих замкнутых системах: дис ... канд. техн. наук: 05.09.12 / Чикотило Иван Иванович. – Харьков, 1979. – 239с.

99. Щербак Я. В. Вплив несиметрії тягового трансформатора на гармонічний склад вхідного струму та випрямленої напруги / Я. В. Щербак, В. В. Панченко, Л. Є. Бахнов, І. В. Кубишкін // Технічна електродинаміка. Силова електроніка та енергоефективність. – 2008. – Ч.3. – С. 30-33.

100. Щербак Я. В. Широтно-импульсный преобразователь с широтно-импульсной модуляцией второго рода в условиях несимметрии / Я. В. Щербак // Технічна електродинаміка. – Київ, 1999. – №1. – С.31-35.

101. Щербак Я. В. Динамические характеристики широтно-импульсного преобразователя при воздействии несимметрии в режиме прерывистого тока / Я. В. Щербак // Вестник ХГПУ. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып.64. – С.75-84.

102. Щербак Я. В. Импульсная модель управляемого выпрямителя в условиях несимметрии / Я. В. Щербак // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1998. – №5. – С.29-34.

103. Щербак Я. В. Замкнутые системы компенсации неканонических гармоник полупроводниковых преобразователей / Я. В. Щербак. – Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 1999. – 255 с.

104. Щербак Я. В. Динамические характеристики выпрямителя с широтно-импульсной модуляцией / Я. В. Щербак, Е.Я. Ивакина // Технічна електродинаміка. – Київ, 2014. – №3. – С.47-51.

105. Комар С.В. Структурно-динамическое моделирование широтно-импульсного управляющего сигнала в пакетах прикладных программ / С. В.

Комар, А.Н. Литвяк, В.В. Калабанов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – №5. – С.15-17.

106. Розенвассер Е. Н. Периодически нестационарные системы управления / Е. Н. Розенвассер. – М.: Наука, 1973. – 511 с.

107. Vjaresten N. A. The Statik Converter as a High-Speed Power Amplifier / N. A. Vjaresten // Direct Current. – 1963. – Vol.6. – P.154-165.

108. Поздеев А. Д. Динамическая модель для малых отклонений систем с двусторонней широтно-импульсной модуляцией. / А. Д. Поздеев, В. М. Никитин, В. М. Пименов // Электричество. – 1981. – № 9. – С.66-68.

109. Щербак Я. В. Анализ электромагнитных процессов ШИП с применением эквивалентных импульсных моделей / Я. В. Щербак // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – №6. – С.89-95.

110. Шипилло В. П. Определение установившейся реакции линейной системы на периодическое воздействие методом z - преобразования / В. П. Шипилло // Электромеханика. – 1975. – №5. – С.538-543.

111. Бесекерский В. А., Попов Е. П., Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – М.: Наука, 1976. – 576 с.

112. Конторович М. И. Операционное исчисление и процессы в электрических цепях / М. И. Конторович. – М.: Сов. Радио, 1975. – 319 с.

113. Джури Э. Импульсные системы автоматического регулирования / Э. Джури. – М.: Физматиздат, 1963. – 455 с.

114. Панченко В. В. Динамічні властивості системи «випрямляч з вольтододавальною перетворювачем – навантаження» / В. В. Панченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – 2013. – Вып. 4/8(64). – С.14-17.

115. Щербак Я. В. Фактор пульсаций многоконтурных дискретных систем автоматического регулирования / Я. В. Щербак // Технічна електродинаміка. – Київ, 1998. – №4. – С.41-43.

116. Бесекерский В. А. Цифровые автоматические системы / В. А. Бесекерский. – М.: Наука, 1976. – 576 с.
117. Шипилло В. П. Автоматизированный вентильный электропривод / В. П. Шипилло. – М.: Энергия, 1969. – 400 с.
118. Kessler C. Die Gleichstrom-Fordermaschine mit Siemens-Transidyn / C. Kessler, W. Meinhardt, J. Neuffer // Siemens-Zeitschrift. – 1958. №32. – P.87-95.
119. Ремшин Б. И., Ямпольский Д. С. Проектирование и наладка систем подчиненного регулирования электроприводов / Б. И. Ремшин, Д. С. Ямпольский – М.: Энергия, 1975. – 183 с.
120. А.с.1483436 СССР, МКИ Н05 м 1/56. Стабилизированный источник постоянного напряжения / Я.В. Щербак, И.Ф. Домнин, Е.М.Эрлих (СССР). – №4278401/24-07; заявл. 16.06.87; опубл. 30.05.89, Бюл. № 20.
121. Щербак Я. В. Параметрическое формирование процесса конечной длительности в системах с полупроводниковыми преобразователями / Я. В. Щербак // Вестник ХГПУ. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып.69. – С.15-21.
122. Щербак Я. В. Фактор пульсаций системы автоматического регулирования с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией / Я. В. Щербак, Е. Я. Ивакина, В. В. Панченко // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2015. – №153 – С.113-120.
123. Щербак Я. В. Импульсная модель выпрямителя с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией в режиме непрерывного тока / Я. В. Щербак, Е. Я. Ивакина, В. В. Панченко // Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – Вип. 12(1121). – С. 443-448.
124. Панченко В. В. Динамічна модель випрямляючої установки з вольтодобавальним перетворювачем / В. В. Панченко // Комунальное хозяйство городов. – К: Техніка, 2010. – Вип. 95. – С.365-373.
125. Панченко В. В. Гармонический состав выходного напряжения выпрямительного агрегата с широтно-регулируемым вольтодобавочным преобразователем / В. В. Панченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – № 4 (113). – С. 71-78.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Панченка Владислава Вадимовича

«Покращення електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму з контактною мережею»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 - електротранспорт

Актуальність теми.

Основним джерелом електромагнітного впливу тягової підстанції постійного струму на контактну мережу виступає випрямляючий агрегат тягової підстанції, а саме гармонійні складові вихідної напруги та перехідні процеси в ньому.

Підвищення ефективності випрямляючих агрегатів, поліпшення якості електричної енергії на виході випрямляча досягається шляхом застосування схем випрямлення з підвищеною еквівалентною пульсністю. Так, застосування 12-пульсних випрямлячів на тягових підстанціях дозволяє підвищити коефіцієнт потужності, поліпшити форму кривої струму у вхідному колі, поліпшити гармонійний склад вихідної постійної напруги тягової підстанції, підвищити жорсткість зовнішньої характеристики випрямляча і тим самим зменшити просадки випрямленої напруги із зростанням тягового струму.

Застосування керованих випрямляючих агрегатів тягових підстанцій покликане не лише розв'язати проблему регулювання напруги і її стабілізації, але і покращити електромагнітну сумісність випрямляючого агрегату, як з тяговою мережею, так і живлячою енергосистемою за рахунок корекції коефіцієнта потужності, придушення гармонік напруги і струму у вхідному і вихідному колі. У свою чергу знаходять все більшого застосування схеми випрямляючих агрегатів з вольтододатковими тиристорними перетворювачами. Керована частина таких перетворювачів здатна стабілізувати вихідну напругу випрямляча і подавлювати гармонійні складові вхідного струму або вихідної напруги. Встановлена потужність керованої частини при цьому складає близько 20% від потужності основного некерованого випрямляча, що дещо здешевлює конструкцію в цілому.

Відомі рішення випрямлячів з вольтододатковими перетворювальними агрегатами не дозволяють максимально швидко регулювати вихідну напругу тягової підстанції, що в умовах різко змінного характеру тягового навантаження в тяговій

мережі є істотним недоліком. Застосування в системі автоматичного регулювання випрямляча з вольтододатковим перетворювачем зворотних зв'язків з селективними ланками для регулювання амплітуд гармонік визначає чітко детерміновані частоти, на яких відбувається подавлення.

Актуальність теми роботи підтверджується зв'язком з виконанням здобувачем держбюджетних науково-дослідницьких робіт МОН України «Покращення якості електричної енергії в контактній мережі постійного струму» (державний реєстраційний номер 0114U005597) та «Перевірка електромагнітної сумісності тягових підстанцій з контактною мережею» (державний реєстраційний номер 0115U004788), де здобувач був виконавцем окремих розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Обґрунтованість наукових положень, встановлених закономірностей висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Панченка В. В. є достатньо високою і базується на глибокому аналізі літературних джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, порівнянні отриманих результатів з результатами інших вчених і чіткому формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано за використанням класичної теорії електричних кіл, методів гармонійного, математичного апарату Z -перетворення та імітаційного моделювання, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, широким використанням теорії узагальнених функцій, методу еквівалентних імпульсних моделей, теорії графів та методів, що оперують логарифмічними амплітудно-частотними характеристиками.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- уперше запропонована інваріантна замкнута система автоматичного регулювання вихідної напруги випрямляючої установки з ВДП з двохсторонньою ШІМ, що відрізняється від відомих розширеною полосою пропускання і дозволяє

подавляти гармоніки вихідної напруги тягової підстанції постійного струму в широкому діапазоні частот;

- одержав подальший розвиток аналіз електромагнітних процесів випрямляча з двохсторонньою ШІМ, що дозволяє розкрити механізм протікання динамічних процесів у замкнутій системі для визначення впливу пульсаційної складової випрямленої напруги тягової підстанції постійного струму на величину статичного коефіцієнту передачі ВДП;

- уперше отримана імпульсна модель випрямляча з двохсторонньою ШІМ, яка відрізняється від відомих наявністю двох імпульсних елементів, один з яких має запізнення квантування вхідного сигналу і дозволяє досліджувати динамічні процеси в замкнутих структурах, що містять випрямляч з двохсторонньою ШІМ;

- уперше отримані вирази для визначення факторів пульсацій системи з двохсторонньою ШІМ, що дозволяють враховувати особливості передачі пульсаційної складової вихідної напруги ВДП паралельними колами зворотного зв'язку і надають можливість розраховувати фактор пульсацій багатоконтурних САР та систем зі складною передавальною функцією;

- отримала подальший розвиток методика аналізу динамічних процесів в САР вихідної напруги ВДП, що відрізняється від відомих використанням імпульсної моделі перетворювача з двохсторонньою ШІМ і дозволяє реалізувати в розглянутій системі процес кінцевої тривалості.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Розроблені здобувачем математичні співвідношення та моделі, отримані аналітичні закономірності та результати імітаційного моделювання дають можливість покращити показники якості електричної енергії на виході тягової підстанції постійного струму, заклавши тим самим теоретичні основи проектування нових випрямляючих установок тягових підстанцій залізниць України.

Практична значимість дисертаційної роботи здобувача підтверджується науковими результатами, що успішно застосовуються при розробці випрямляючих установок на ДП «Науково-дослідний інститут «ХЕМЗ», в навчальному процесі Українського державного університету залізничного транспорту та навчально-науковому інституті перепідготовки і підвищення кваліфікації кадрів.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основний зміст дисертації відображено у 13 наукових публікаціях, серед них: 10 – у наукових фахових виданнях України (1 - у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз), 3 – у матеріалах конференцій.

В цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні наукові результати, що отримані здобувачем.

Оцінка змісту дисертаційної роботи:

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи та відображено її зв'язок із науковими програмами; сформульована мета й основні задачі дослідження; наведені наукові результати, які виносяться на захист; вказана практична цінність отриманих результатів, а також рівень апробації результатів роботи; наведено кількість публікацій за темою роботи і особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проведено аналіз електромагнітної сумісності випрямляючої установки тягової підстанції постійного струму з контактною мережею та технічних засобів її покращення.

Виявлено, що існуючі технічні засоби потребують подальшого удосконалення в плані забезпечення електромагнітної сумісності тягової підстанції з контактною мережею. Визначено два шляхи цього удосконалення: подавлення гармонічних складових випрямленої напруги в широкому діапазоні частот та регулювання і стабілізація постійної складової вихідної напруги тягової підстанції.

Другий розділ присвячений розробці структури випрямляючої установки з широтно-регульованим вольтододатковим перетворювачем та розгляду її статичних та динамічних характеристик.

У **третьому розділі** розроблена система автоматичного регулювання вихідних координат випрямляючої установки тягової підстанції, отримані вирази для визначення величини коефіцієнта подавлення гармоніки та доведено, що в такій системі можливо реалізувати процес кінцевої тривалості.

У четвертому розділі проведені експериментальні дослідження випрямляючої установки з вольтододатковим перетворювачем з двохсторонньою широтно-імпульсною модуляцією. Отримані осцилограми роботи підтверджують теоретичні передумови, що викладені в дисертаційній роботі

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані зрозуміло, стисло і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел достатньо повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації із 125 найменувань.

Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває внесок здобувача в наукові результати та практичну цінність роботи.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. При огляді стану питання в першому розділі вся увага приділялася виключно тяговому електропостачанню на залізницях СНД, електрифікованих в системі постійного струму. При цьому ніяким чином не було проаналізовано стан розвитку перетворювальних агрегатів, що використовуються в системах тягового електропостачання постійного струму промислово розвинутих країн.

2. В дисертації детально не розглянуто вплив зміни величини факторів пульсацій, що діють в системі з двосторонньою ШІМ на параметри якості електричної енергії в контактній мережі постійного струму.

3. В розділі 4.4 порівнюються теоретичні розрахунки з результатами Matlab моделювання, а яка адекватність Matlab-моделі і чи проводився експеримент на фізичній моделі, що може підтвердити теоретичні розрахунки?

4. Було б доцільним розглянути вплив запропонованого вольтододаткового перетворювача (ВДП) на живлячу мережу.

5. Залишилося незрозумілим, які обмеження накладаються на граничну частоту роботи вольтододавального перетворювача з точки зору розширення полоси пропускання випрямляючої установки.

6. На стр. 48 зазначено, що внаслідок використання ВДП можливо зменшити встановлену потужність пасивного фільтра, позбавившись режекторних ланцюгів, однак далі в роботі не вказано на скільки зменшується обсяг фільтруючого обладнання тягової підстанції після впровадження запропонованої випрямляючої установки.

7. У роботі не розглядається вплив замкнутої системи автоматичного регулювання на подавлення гармонійних складових з частотами вищими за 600 Гц.

8. В тексті зустрічаються стилістичні і орфографічні помилки.

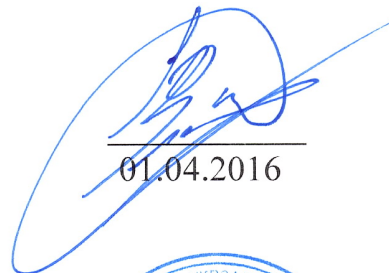
Усі перераховані недоліки не є істотними з точки зору кінцевих результатів, одержаних в дисертації, зроблених в ній висновків, не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Панченка Владислава Вадимовича “Покращення електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму з контактною мережею” за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.09 – електротранспорт. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в поліпшенні електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму з контактною мережею шляхом застосування випрямляючої установки з широтно-імпульсною модуляцією, включеною до системи автоматичного регулювання. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 “Порядку присудження наукових ступенів” від 27.07.2013 №567, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Панченко Владислав Вадимович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

Офіційний опонент

начальник науково-дослідного відділу
інфраструктури залізниць та електрична тяга
Харківського відділення філії «Проектно-вишукувальний
інститут залізничного транспорту»
ПАТ «Українська залізниця»,
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

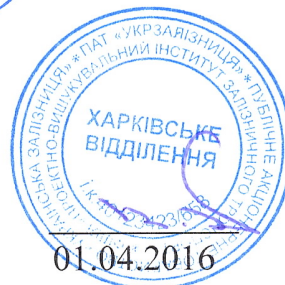


01.04.2016

В.В. Божко

Підпис засвідчую:

В.о. начальника Харківського відділення
філії «Проектно-вишукувальний
інститут залізничного транспорту»
ПАТ «Українська залізниця»,
кандидат технічних наук,



01.04.2016

І.В. Калашніков

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Панченка Владислава Вадимовича

«Покращення електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму з контактною мережею»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 - електротранспорт

Актуальність теми.

Випрямляючі установки тягових підстанцій, що експлуатуються сьогодні, спотворюють форми кривої струму у вхідному колі та кривої напруги у вихідному колі тягової підстанції. У свою чергу тягова мережа постійного струму є джерелом електромагнітного впливу на суміжні тягові і не тягові електроустановки та може здійснювати небезпечний вплив на пристрої залізничної автоматики та СЦБ. Традиційно для зниження електромагнітного впливу гармонік випрямленої напруги і струму, і тим самим покращення електромагнітної сумісності тягової мережі із суміжними електроустановками, на тягових підстанціях встановлюють пасивні згладжувальні фільтри, налаштовані на подавлення чітко детермінованого спектру гармонік. Такі фільтри мають великі габарити та масу, схильні до саморозладу з часом і, як наслідок, зниженню ефективності їх роботи

Підвищення ефективності випрямляючих установок, покращення якості електричної енергії на виході випрямляча досягається шляхом застосування схем із підвищеною еквівалентною пульсністю. Однак, відомі технічні рішення випрямляючих установок не дозволяють виконувати швидке регулювання та подавлення гармонічних складових вихідної напруги тягової підстанції. Ці питання привели до появи важливої для електричного транспорту проблеми. Її суть полягає в покращенні показників якості електричної енергії в контактній мережі постійного струму шляхом застосування нових випрямлячів. Вирішення цієї проблеми вимагає розроблення структури випрямляючої установки з вольтододавальним перетворювачем з широтно-імпульсною модуляцією, встановлення закономірностей впливу її параметрів на електромагнітну сумісність з контактною мережею.

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням держбюджетних науково-дослідницьких робіт МОН України

«Покращення якості електричної енергії в контактній мережі постійного струму» (державний реєстраційний номер 0114U005597) та «Перевірка електромагнітної сумісності тягових підстанцій з контактною мережею» (державний реєстраційний номер 0115U004788), де здобувач був виконавцем окремих розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Панченка В. В. є високою й базується на аналізі літературних джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, співставленні і критичному аналізі отриманих результатів з результатами інших дослідників і якісному формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату та фізичних явищ, які мають місце при роботі випрямляючої установки тягової підстанції. Отримані результати перевірені шляхом імітаційного моделювання в пакеті прикладних програм MATLAB/Simulink, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням методів гармонічного аналізу, математичного апарату Z -перетворення та імітаційного комп'ютерного моделювання. Наукові результати здобувача успішно використані при розробці випрямляючих установок на ДП «Науково-дослідний інститут «ХЕМЗ», в навчальному процесі Українського державного університету залізничного транспорту та навчально-науковому інституті перепідготовки і підвищення кваліфікації кадрів.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- уперше запропонована інваріантна замкнута система автоматичного регулювання вихідної напруги випрямляючої установки з ВДП з двохсторонньою

ШІМ, що відрізняється від відомих розширеною полосою пропускання і дозволяє подавляти гармоніки вихідної напруги тягової підстанції постійного струму в широкому діапазоні частот;

- одержав подальший розвиток аналіз електромагнітних процесів випрямляча з двохсторонньою ШІМ, що дозволяє розкрити механізм протікання динамічних процесів у замкнутій системі для визначення впливу пульсаційної складової випрямленої напруги тягової підстанції постійного струму на величину статичного коефіцієнту передачі ВДП;

- уперше отримана імпульсна модель випрямляча з двохсторонньою ШІМ, яка відрізняється від відомих наявністю двох імпульсних елементів, один з яких має запізнення квантування вхідного сигналу і дозволяє досліджувати динамічні процеси в замкнутих структурах, що містять випрямляч з двохсторонньою ШІМ;

- уперше отримані вирази для визначення факторів пульсацій системи з двохсторонньою ШІМ, що дозволяють враховувати особливості передачі пульсаційної складової вихідної напруги ВДП паралельними колами зворотного зв'язку і надають можливість розраховувати фактор пульсацій багатоконтурних САР та систем зі складною передавальною функцією;

- отримала подальший розвиток методика аналізу динамічних процесів в САР вихідної напруги ВДП, що відрізняється від відомих використанням імпульсної моделі перетворювача з двохсторонньою ШІМ, і дозволяє реалізувати в розглянутій системі процес кінцевої тривалості.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання полягає в дослідженні електромагнітних процесів у системі автоматичного регулювання випрямляючої установки з двохсторонньою ШІМ, розробленій в пакеті прикладних програм MatLAB & Simulink. Надані рекомендації щодо покращення електромагнітної сумісності тягової підстанції з контактною мережею. Результати експериментальних досліджень вказують на можливість практичного застосування запропонованої здобувачем замкнутої системи автоматичного регулювання для покращення електромагнітної сумісності з контактною мережею.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основний зміст дисертації відображено у 13 наукових публікаціях, серед них: 10 – у наукових фахових виданнях України (1 - у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз), 3 – у матеріалах конференцій.

У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Анотування ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні наукові результати, що отримані здобувачем.

Оцінка змісту дисертаційної роботи:

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У вступі обґрунтована актуальність роботи та відображений її зв'язок із науковими програмами; сформульовані мета й основні задачі дослідження; наведені наукові результати, які виносяться на захист; вказана практична цінність отриманих результатів, а також рівень апробації результатів роботи; наведено кількість публікацій за темою роботи і особистий внесок здобувача.

У першому розділі проведено аналіз електромагнітної сумісності випрямляючої установки тягової підстанції постійного струму з контактною мережею та технічних засобів її покращення.

Виявлено, що існуючі технічні засоби потребують подальшого удосконалення в плані забезпечення електромагнітної сумісності тягової підстанції з контактною мережею. Визначено два шляхи цього удосконалення: подавлення гармонічних складових випрямленої напруги в широкому діапазоні частот та регулювання і стабілізація постійної складової вихідної напруги тягової підстанції.

На підставі проведеного аналізу сформульовані задачі досліджень і напрямки їх розв'язання.

У другому розділі запропонована структура випрямляючої установки з широтно-регульованим вольтододавальним перетворювачем.

У третьому розділі розроблена система автоматичного регулювання вихідних координат випрямляючої установки тягової підстанції.

У четвертому розділі проведені експериментальні дослідження випрямляючої установки з вольтододавальним перетворювачем з двохсторонньою широтно-імпульсною модуляцією.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел досить повний і містить 125 найменувань сучасних вітчизняних та зарубіжних публікацій.

Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває внесок здобувача в наукові результати та практичну цінність роботи.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. У вступі до дисертаційної роботи та автореферату доцільно було б розглянути детальніше сфери використання вольтододавальних пристроїв та їх переваги в порівнянні з традиційними некерованими випрямлячами.

2. У розглянутій системі керування вольтододавальним перетворювачем з двохсторонньою широтно-імпульсною модуляцією не показані електричні схеми генератора опорної напруги та компаратора, що не дозволяє пояснити формування діаграм напруг.

3. З автореферату дисертаційної роботи не зрозуміло, до яких саме впливів здобувачем розроблена інваріантна система автоматичного регулювання.

4. У дисертаційній роботі на деяких рисунках відсутні позначення вісей та одиниці виміру.

5. Не зовсім зрозумілим є те, яким чином відбувалося визначення амплітуд заважаючих гармонік і який їх спектр необхідно враховувати для отримання необхідної величини еквівалентної заважаючої напруги.

6. З тексту дисертаційної роботи не ясно, з яких міркувань було обрано систему керування саме з двохсторонньою ШІМ і які переваги це дає насамкінець.

7. У розроблених здобувачем імітаційних моделях не пояснено, яка кількісна величина навантаження на виході випрямляючої установки.

8. У деяких висновках до роботи міститься лише констатація виконаного а не самий результат.

Вказані недоліки не впливають на позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Панченка Владислава Вадимовича “Покращення електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму з контактною мережею” за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.09 – електротранспорт. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, що розв’язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в покращенні показників якості електричної енергії в контактній мережі шляхом включення випрямляча тягової підстанції до складу замкнутої структури. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 “Порядку присудження наукових ступенів” від 27.07.2013 №567, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Панченко Владислав Вадимович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри охорони праці та
безпеки життєдіяльності, професор
кафедри електричного транспорту
Харківського національного
університету міського господарства
імені О.М. Бекетова

доктор технічних наук, професор

Хворост

М.В.Хворост

Підпис	<i>Хворост М.В.</i>
Засвідчую:	<i>Хворост М.В.</i>
каж.	відд. кадрів
" 11 "	ОН

Хворост М.В.

Хворост М.В.

