

The Use of Chokes to Improve the Quality of the Static Frequency Converter

Kalinin L.P., Zaitsev D.A., Golub I.V., Tirshu M.C.

Institute of Power Engineering
Kishinau, Republic of Moldova

Abstract. The aim of the work is to develop technical measures to improve the quality of the power transmission process through electrical link, which contains a frequency converter based on a PST (phase-shifting transformer) with circular rotation of the output voltage phase in relation to the input, made according to the triangle scheme and controlled by means of power electronics. To achieve this goal, the use of longitudinal inductive elements (chokes) has been proposed as one of the measures that significantly improves the controlled mode parameters in the process of frequency conversion. The problem has been solved by performing computational experiments on simulation models of electrical links, combining two power systems with a frequency of 60 and 50 Hz, respectively. The structure of electrical links at various stages of the study has included several circuit variants of a frequency converter (single-channel circuit, dual-channel with reversing control winding sections, dual-channel circuit without reversing control winding sections) and has developed by authors earlier. In the process of research, the value of inductance of chokes has been changed, as well as their place of connection. The controlled transmission's characteristics have been analyzed as well. The novelty of the work lies in the use of longitudinally included inductive elements as a possible solution to the problem of improving the quality of power transmission when combining power systems with different operating frequencies using static frequency converters. The optimal values of the parameters of inductive elements, comprised between 0.03-0.035Hn for all circuit versions of the converter, have been identified.

Keywords: interconnection, FACTS – controller, static frequency converter, phase-shifting transformer, choke, active power deviation, total harmonic distortion.

DOI: 10.5281/zenodo.2650950

Utilizarea inductoarelor pentru îmbunătățirea calității convertorului de frecvență statică

Calinin L.P., Zaitsev D.A., Golub I.V., Tirshu M.C.

Institutul de Energetică

Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. Scopul lucrării constă în elaborarea unor măsuri tehnice de sporire a calității procesului de transmitere a energiei prin conexiuni electrice, care conțin un convertizor de frecvență bazat pe utilizarea unui transformator cu reglarea diferenței de fază (TRDF) cu rotirea circulară a vectorului tensiunii de ieșire în raport cu vectorul tensiunii de intrare și argumentarea unor noi soluții tehnice de realizare a acestui regim de funcționare. TRDF are la bază schema conexiunii înfășurărilor de tip triunghi și este comandat, utilizând dispozitive ale electronicii de putere. Pentru atingerea acestui obiectiv, se propune utilizarea elementelor inductive longitudinale (bobine de inductanță) ca una dintre măsurile, care îmbunătățesc esențial regimurile de funcționare în procesul reglării frecvenței. Problema s-a rezolvată prin efectuarea experimentelor computaționale pe modele de simulare a interconexiunilor electrice, care descriu două sisteme energetice la frecvență de 60 și la 50 Hz. Structura examinată a inclus mai multe variante a schenei de realizarea a convertorului (schema cu un canal, cu dublu canal cu schimbarea schemei de conexiune a secțiunilor înfășurării de dirijare, cu dublu canal și algoritmul de comutare fără schimbarea poziționării terminalelor secțiilor), care anterior au fost elaborate de autorii prezentei lucrări. Investigațiile au fost realizate pentru diferite valori a inductanței, locului lor de conexiune în circuit. S-au analizat caracteristicile de transmisie a puterii vehiculate. Noutatea științifică a lucrării constă în utilizarea elementelor inductive longitudinale, în calitate de soluție posibilă pentru sporirea calității procesului de transmisie a puterii la interconectarea sistemelor electroenergetice, care funcționează la diferite standarde de menținere a frecvenței cu ajutorul convertoarelor statice de frecvență.

Cuvinte-cheie: interconexiune dintre sisteme energetic, convertor static de frecvență, bobine de inductanță, deviere de putere activă, coeficient de distorsiune neliniară.

Применение дросселей для повышения качества работы статического преобразователя частоты

Калинин Л.П., Зайцев Д.А., Голуб И.В., Тыршу М. С.

Институт энергетики

Кишинев, Республика Молдова

Аннотация. Объектом исследования является устройство FACTS - контроллер (Flexible alternating current transmission systems), созданный на базе статического трансформаторного частотного преобразователя, который может быть использован для объединения параллельно работающих энергосистем, имеющих различные рабочие частоты, либо стандарты по поддержанию частоты. Целью работы является разработка технических мероприятий, позволяющих повысить качество процесса передачи мощности по электрической связи, содержащей частотный преобразователь на основе ФПТ (фазоповоротный трансформатор) с круговым вращением фазы выходного напряжения относительно входного, выполненного по схеме треугольник и управляемого средствами силовой электроники, а также поиск технических решений. Для достижения поставленной цели предложено применение продольных индуктивных элементов (дросселей) в качестве одной из мер, существенно улучшающей контролируемые режимные параметры в процессе преобразования частоты. Задача была решена посредством проведения расчетных экспериментов на имитационных моделях электрической связи, объединяющей две энергосистемы с частотой 60 и 50 Гц соответственно. В состав электрической связи на различных этапах исследования входили несколько схемных вариантов частотного преобразователя (одноканальная схема, двухканальная с применением реверсирования секций обмотки управления, двухканальная схема с безреверсной технологией переключения), разработанные авторами ранее. В процессе исследования изменялась величина индуктивности дросселей, место их подключения, также проанализированы контролируемые характеристики передачи. Новизна работы заключается в применении продольно включаемых индуктивных элементов в качестве возможного решения проблемы повышения качества передачи мощности при объединении энергосистем с различной рабочей частотой с помощью статических преобразователей частоты. Показано влияние продольно включаемых в передачу дросселей на качественные характеристики преобразования по мощности и частоте. Найдены оптимальные значения параметров индуктивных элементов, которые составляют 0,03-0,035Гн для всех схемных вариантов преобразователя.

Ключевые слова: межсистемная связь, FACTS – контроллер, статический преобразователь частоты, фазоповоротный трансформатор, дроссель, девиация активной мощности, коэффициент нелинейного искажения.

Введение

Существенное значение при объединении энергосистем с различной рабочей частотой или стандартами по поддержанию рабочей частоты имеют FACTS – контроллеры [1-4], позволяющие обеспечить качественный процесс преобразования/согласования частоты. В настоящее время развитие получили два основных направления такого рода технологий:

1. Преобразование на постоянном токе (HVDC [5-13], back-to-back [14]). К основным достоинствам этой технологии можно отнести универсальность и быстрдействие с точки зрения управления потоками мощности, а также возможность передачи большей мощности по сравнению с передачей на переменном токе. Минусом преобразователя HVDC является необходимость двойного преобразования энергии (выпрямление и инвертирование) как на передающей, так и на приемной стороне. Это приводит к гармоническим искажениям синусоид рабочих токов и напряжений, что в

свою очередь, требует применения сложных фильтро-компенсирующих устройств.

2. Преобразование на переменном токе (VFT-voltage frequency transformer [15-19], ASEFC или АСЭМПЧ -асинхронизированный синхронный электромеханический преобразователь частоты (asynchronized synchronous electromechanical frequency converter [20-27])). Основное достоинство поворотного трансформатора VFT состоит в том, что при любой кратности преобразования частоты рабочие напряжения и токи на его выходных клеммах всегда остаются строго синусоидальными. К недостаткам можно отнести:

-необходимость применения скользящих (щеточных) токосъемных контактов, что приводит к снижению надежности функционирования установки;

-дополнительное (помимо собственных электрических потерь) расходование энергии на управление, связанное с необходимостью поддержания заданного уровня обменной мощности между системами за счет создания

соответствующего вращающего момента сервомотора;

-наличие механической инерционности ротора, сопровождающееся появлением электромеханических переходных процессов, что является дополнительным фактором негативного влияния на точность регулирования и стабилизации уровня передаваемой мощности;

-наличие воздушного зазора между обмотками статора и ротора связано со значительным повышением тока холостого хода устройства до величины, соизмеримой с током нагрузки. Следует также отметить, что использование VFT влечет за собой увеличение продольного индуктивного сопротивления соответствующего тракта электропередачи и вызываемую этим необходимость применения специальных компенсирующих устройств в целях поддержания заданного напряжения по концам линии.

Разработка альтернативных, относительно VFT и HVDC, технических средств преобразования частоты для электрических систем позволит повысить степень управляемости транспортных и распределительных сетей, что является характерной тенденцией современного этапа развития электроэнергетики.

В работе исследованы параметры режима электрической связи, содержащей конвертор частоты, реализующий новую технологию преобразования на основе статического трансформаторного устройства с круговым вращением фазы, причем, предлагаемое техническое решение позволяет избавиться от недостатков, отмеченных в перечисленных ранее работах, а также может оказаться дешевле.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И УСЛОВИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задача исследования состояла в поиске технических решений, позволяющих усовершенствовать процесс преобразования в электрической связи, объединяющей две энергосистемы с частотой 60 и 50 Гц.

В процессе достижения цели был проведен комплекс расчетных экспериментов на основе разработанных структурно-имитационных моделей.

В рамках решения поставленной задачи предложено применение продольных

индуктивных элементов (дросселей) в качестве одной из мер, улучшающей контролируемые режимные параметры в процессе преобразования частоты. Расчетные эксперименты проводились исходя из следующих условий:

- напряжение передающей системы $U_s = 230V$, частота $f_s = 60Hz$;
- напряжение приемной системы $U_r = 230V$, частота $f_r = 50Hz$;
- активная мощность передавалась в направлении от энергосистемы S к энергосистеме R ;
- передающая S и приемная R энергосистемы представлены в моделях как шины бесконечной мощности, т.е. $U_s = U_r = const$;
- уровень передаваемой активной мощности поддерживался на постоянном уровне $4500Вт \pm 10\%$ за счет корректировки угла между передающей и приемной системой;
- допустимый угол по передаче ограничен величиной $\psi = 60^\circ$;
- параметры имитационных моделей приняты с учетом возможности создания лабораторного образца преобразователя;
- расчетное время моделирования $t = 2$ секунды;
- контролируемыми режимными характеристиками являлись: величина девиации активной мощности ($\partial P_s, \partial P_r$) и коэффициенты нелинейных искажений токов ($THD(I_s), THD(I_r)$) на передающей S и приемной R системах;
- дроссели устанавливались в электропередачу на стороне приемной системы;

II. СХЕМНЫЕ ВАРИАНТЫ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ.

В состав электрической связи на различных этапах моделирования входили несколько схемных вариантов частотного преобразователя (одноканальная схема, двухканальная с применением реверсирования секций обмотки управления, двухканальная схема без реверсирования системы управления). Принципиальная схема одноканального преобразователя, для

построения имитационной модели, представлена на рис.1.

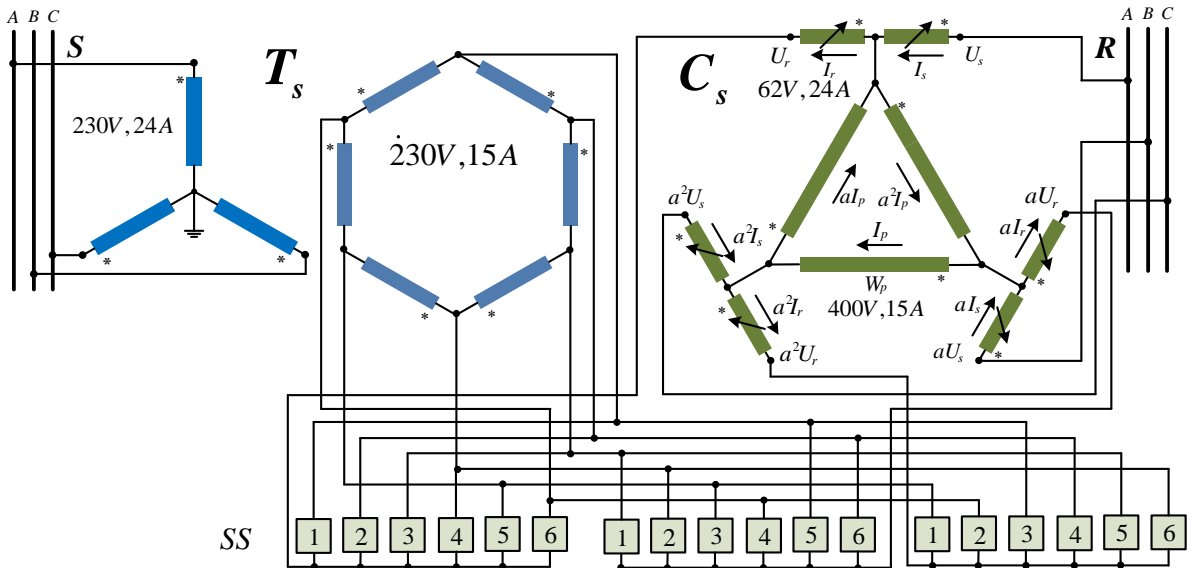


Рис.1. Схема одноканального преобразователя частоты¹.

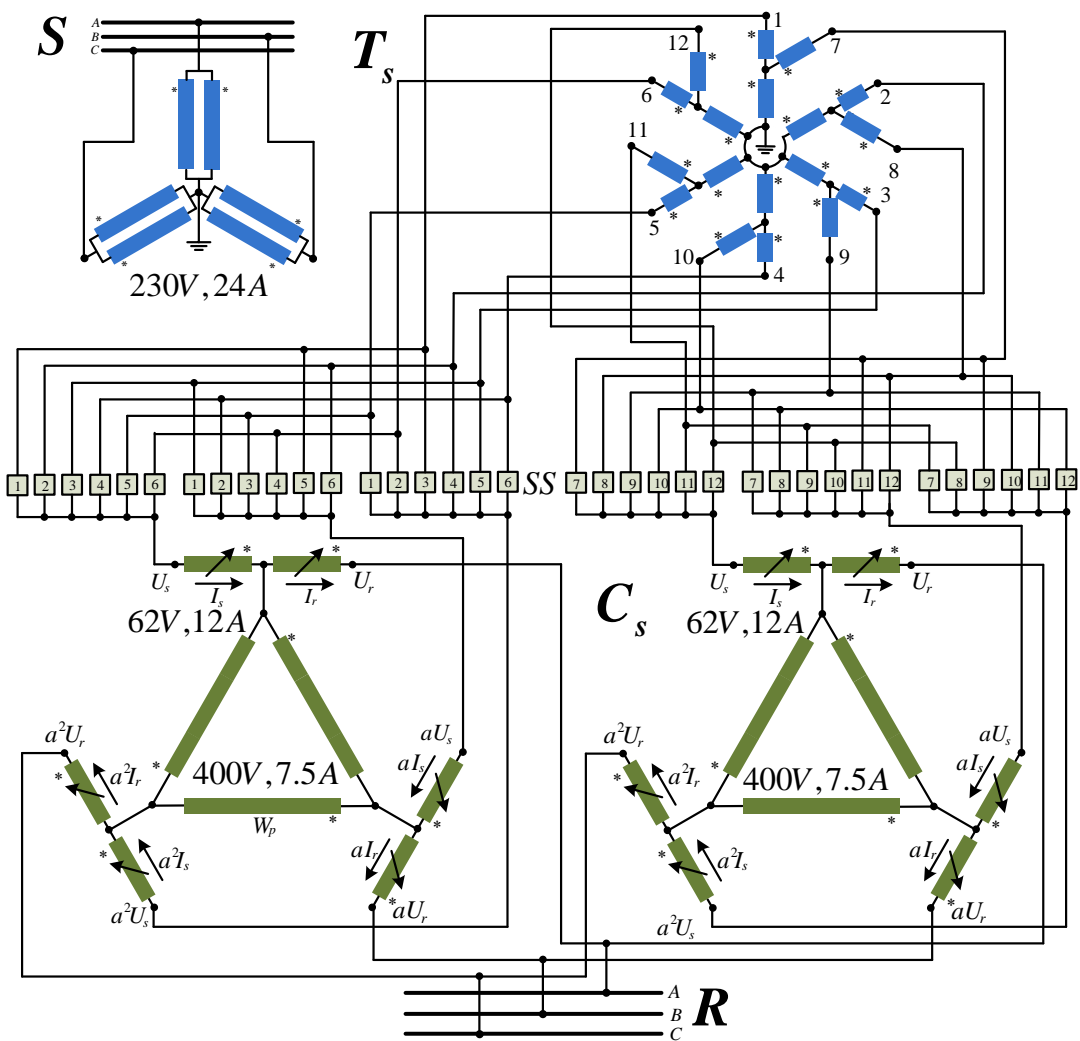


Рис.2. Схема двухканального преобразователя частоты с применением реверсирования секций обмотки управления².

С целью улучшения качества частотного преобразования была предложена идея двухканального 24-позиционного преобразователя на базе 6-и фазного трансформатора, выполненного по схеме «звезда» и обеспечивающего поддерживаемый между каналами 30° фазовый сдвиг. По каждому каналу

осуществляется симметричное регулирование. Работа двухканального преобразователя моделировалась в двух вариантах переключения обмоток управления. Схема преобразователя с реверсированием секций обмотки управления, представлена на рис.2, а без реверсирования - на рис.3.

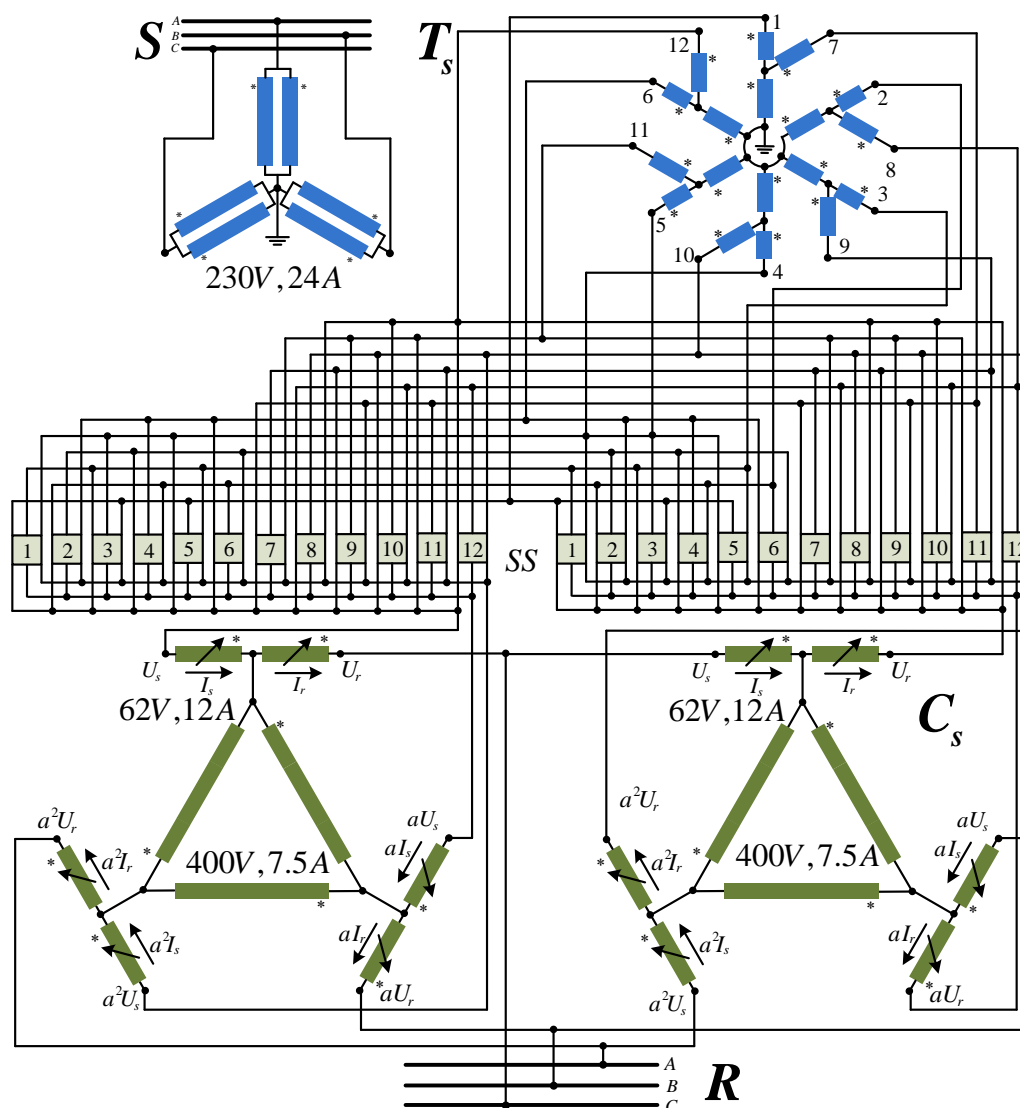


Рис.3. Схема двухканального преобразователя частоты без реверсирования секций обмотки управления³.

Преобразователь рис.3 имеет на 12 силовых ключей грубого регулирования больше и на 24 силовых ключа тонкого регулирования меньше по сравнению со схемным вариантом, рис.2. Следует отметить, что и в первом и во втором случае, суммарная мощность ключей грубого регулирования остается неизменной.

Управление режимом переключения осуществляется двумя элементами:

- блоком грубого регулирования (SS);

Блок грубого регулирования обеспечивает разделение окружности преобразования на шесть секторов (размерностью 60° в каждом), в пределах которых оперирует блок тонкого регулирования.

- блоком тонкого регулирования.

³ Appendix 1

Блок тонкого регулирования преобразователя представляет собой управляемый фазорегулирующий трансформатор C_s , содержащий в каждой фазе соединенные в треугольник нерегулируемые рабочие обмотки и две одинаковые, последовательно соединенные обмотки управления, подключаемые средней точкой их соединения к вершинам треугольника. Обмотки управления секционированы и обеспечивают ступенчатое регулирование фазового сдвига на выходе блока тонкого регулирования

Переключение секций рабочих обмоток обеспечивает ступенчатое изменение угла фазового сдвига напряжения на выходе по отношению к приложенному напряжению в пределах от 0 до 360 градусов.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ.

Схема проведения эксперимента для исследуемых схемных вариантов преобразователей представлена на рис.4.

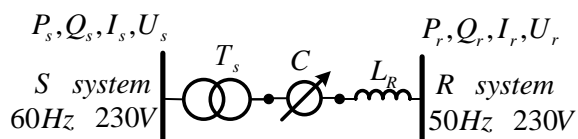


Рис.4. Схема проведения эксперимента⁴.

Для выяснения влияния величины индуктивности дросселя на качество процесса преобразования при согласовании частоты в процессе моделирования изменялась величина индуктивности дросселей, подключаемых со стороны приемной системы.

Зависимости контролируемых режимных параметров от величины индуктивности подключаемого дросселя (L_R) приведены на рис.5-8 для рассматриваемых схемных вариантов преобразователей:

1. одноканального;
2. двухканального с реверсированием секций обмотки управления;
3. двухканального без реверсирования секций обмотки управления.

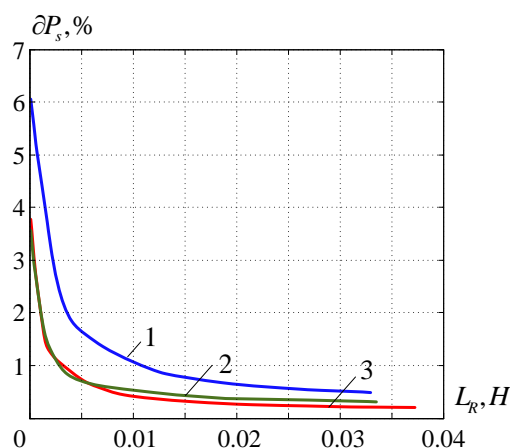


Рис.5. Степень колебательности активной мощности на шинах передающей системы⁵.

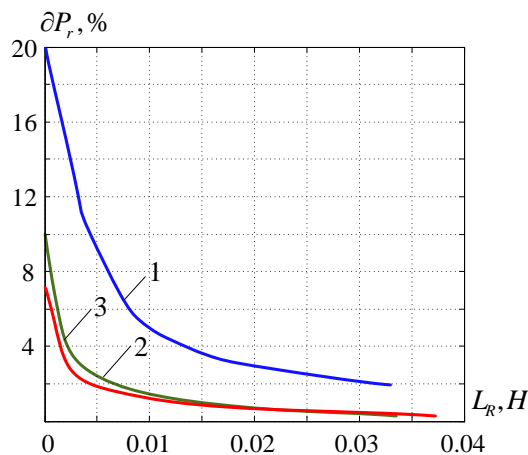


Рис.6. Степень колебательности активной мощности на шинах приемной системы⁶.

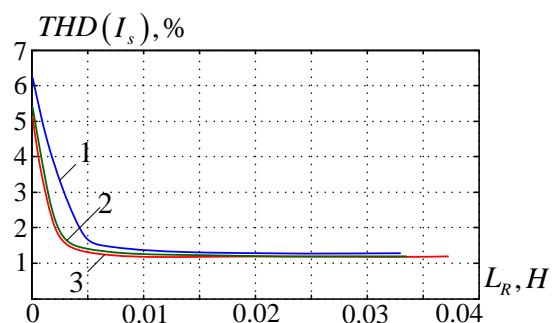


Рис.7. Коэффициент нелинейного искажения тока на шинах передающей системы⁷.

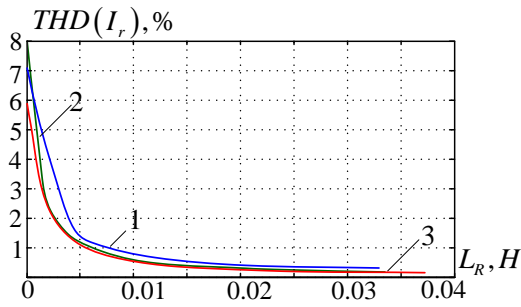


Рис.8. Коэффициент нелинейного искажения тока на шинах приемной системы⁸.

Представленные зависимости иллюстрируют преимущество двухканальной безреверсной схемы с точки зрения качества режимных параметров.

Изменение величины индуктивности дросселя от 0 до 0,35 позволяет улучшить контролируемые величины:

- коэффициент нелинейного искажения тока на передающей системе $THD(I_s)$ для схем двухканального преобразователя на 0,08% ниже, чем для одноканального преобразователя;
- коэффициент нелинейного искажения тока на приемной системе $THD(I_r)$ для двухканального преобразователя с реверсированием и без реверсирования секций обмотки управления на 0,13% и 0,17% ниже, чем для одноканального преобразователя;
- величина девиации активной мощности на передающей системе δP_s для одноканального преобразователя практически в два раза выше, чем для вариантов преобразователей в двухканальном исполнении и составляет 0,49%;
- девиация активной мощности на приемной системе δP_r для двухканальных преобразователей существенно лучше (почти в десять раз), чем для одноканального преобразователя.

Представленные зависимости (рис.5-8) позволили определить значения индуктивностей дросселей, обеспечивающие наилучшие характеристики передачи:

- для 1-го варианта $L = 0.033 Гн$;
- для 2-го варианта $L = 0.034 Гн$;
- для 3-го варианта $L = 0.037 Гн$.

Гистограммы, иллюстрирующие соотношение контролируемых параметров

режима преобразования для выбранных дросселей, приведены на рис. 9-10.

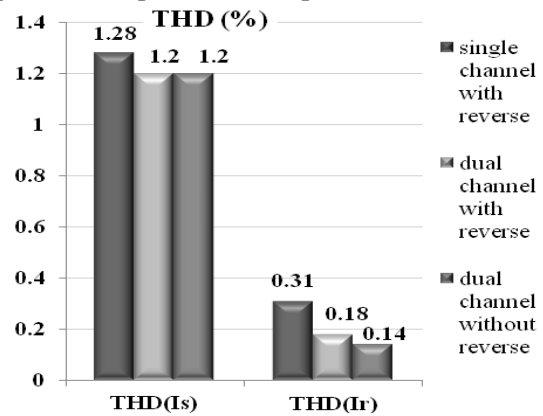


Рис.9. Коэффициенты нелинейного искажения токов на передающей и принимающей системах⁹.

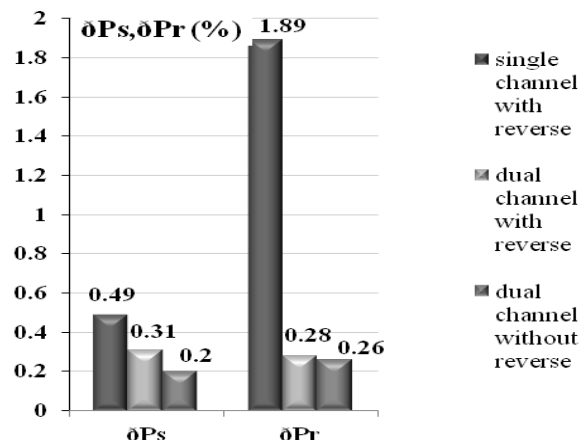


Рис.10 Девиация активной мощности на передающей и принимающей системах¹⁰.

Приведенные на рис.9,10 данные позволяют сделать вывод о соответствии контролируемых характеристик режима стандарту IEEE-519-2014.

Заключение

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1. для рассматриваемых схемных вариантов отмечен положительный эффект, получаемый за счет включения в передачу индуктивных элементов (дросселей) на качественные характеристики преобразования по мощности и частоте;
2. определены значения индуктивности дросселей, находящиеся в диапазоне 0,03-0,035Гн, обеспечивающие оптимальные характеристики передачи;
3. показана эффективность применения двухканальных схем преобразования для

повышения качества режимных параметров передачи.

APPENDIX 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

- ¹**Fig. 1** Single-channel frequency converter scheme.
- ²**Fig. 2** Scheme of a dual channel frequency converter with reversing of the sections control winding.
- ³**Fig. 3** Scheme of a dual channel frequency converter without reversing the control sections winding.
- ⁴**Fig. 4** Scheme of the experiment.
- ⁵**Fig. 5** Active power deviation on sending system tites.
- ⁶**Fig. 6** Active power deviation on receiving system tites.
- ⁷**Fig. 7** Coefficient of total harmonic distortion on the tites of the sending system
- ⁸**Fig. 8** Coefficient of total harmonic distortion on the tites of the receiving system
- ⁹**Fig. 9** Total harmonic distortion coefficients on the sending and receiving systems
- ¹⁰**Fig. 10** Deviation of active power on the sending and receiving systems.

Литература (References)

- [1] Rajiv K. Varma. Introduction to FACTS Controllers. IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition. 15-18 March 2009
- [2] Fang Z. Peng, Flexible AC Transmission Systems (FACTS) and Resilient AC Distribution Systems (RACDS) in Smart Grid. Proceedings of the IEEE Year: 2017, Volume: 105, Issue: 11 Pages: 2099-2115.
- [3] Grünbaum R., Petersson Å., and Thorvaldsson B., “FACTS, improving the performance of electrical grids,” ABB Rev., pp. 11–18, Mar. 2003.
- [4] Zhenhua Zhang, Multi-function Integrated FACTS Devices and its Application in the Development of Smart Grid 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering Year: 2010 Pages: 5349-5352.
- [5] Cardenas Hans; Zhang Lei; Noel Julien. Improvement on energy trade capacity for asynchronous power system by application of hybrid multi-infeed direct current transmission system *IEEE URUCON*, Montevideo, 2017, pp. 1-4, DOI: 10.1109/URUCON.2017.8171853.
- [6] Long W.F.; Litzenberger W. Fundamental concepts in High-Voltage Direct-Current power transmission. PES T&D 2012, Orlando, FL, 2012, pp. 1-2. doi: 10.1109/TDC.2012.6281596.
- [7] Cardenas Hans; Zhang Lei; Noel Julien Modeling, Simulation and Application of Modular Multilevel Converter in Hybrid High Voltage Direct Current Transmission System. IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition-Latin America (T&D-

- LA), Lima, 2018, pp.1-5. doi: 10.1109/TDC-LA.2018.8511758.
- [8] Khan Fida Muhammad; Abbasi Ayesha; Khan Muhammad Azam; Imran Muhammad. General overview of using High Voltage Direct Current (HVDC) transmission in Pakistan for maximum efficiency and. 2015 Power Generation System and Renewable Energy Technologies (PGSRET) pp.1–5 doi:10.1109/PGSRET.2015.7312221.
- [9] Yousif Hakam Muayad; Vural Ahmet Mete Modeling of modular multilevel converter based high voltage direct current transmission system. 4th International Conference on Electrical and Electronic Engineering (ICEEE) 2017 pp. 43–51 doi: 10.1109/ICEEE2.2017.7935790.
- [10] Zmaznov Eugeny; Lozinova Natalya; Suslova Olga; Andreev Mikhail; Ufa Ruslan. HVDC LCC technology and power quality issues in cross-border electrical power transmission Russia — Finland. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe). 2018 doi 10.1109/ISGTEurope.2018.8571805.
- [11] Flourentzou Nikolas; Agelidis Vassilios G. Georgios; Demetriades D. VSC-Based HVDC Power Transmission Systems: An Overview. IEEE Transactions on Power Electronics. (Volume: 24, Issue: 3, March 2009) pp: 592–602 doi: 10.1109/TPEL.2008.2008441.
- [12] Kala Meah; Sadrul Ula. Comparative Evaluation of HVDC and HVAC Transmission Systems. 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting pp: 1 – 5 doi:10.1109/PES.2007.385993.
- [13] Balyberdin L. L. i dr. Uvelichenie moshchnosti ehlektroperedachi 330/400 kV s vstavkoj postoyannogo toka mezhdru ehnergosistemami Rossii i Finlyandii.[Increasing the power of 330 / 400kV transmission with a back-to-back HVDC converter station between the power systems of Russia and Finland] *EHlektricheskie stancii*, 2004, № 10.pp. 50-54. (In Russian).
- [14] Khan Rizwan M.; Iqbal Atif; Farhad Ilahi. Digital simulation of variable frequency transformer. Joint International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems & 2010 Power India. pp:1–6 doi:10.1109/PEDES.2010.5712376.
- [15] Merkhof A.; Upadhyay S; Doyon P. Variable frequency transformer-an overview. Conference: Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE doi: 10.1109/PES.2006.1709639.
- [16] Nadeau Denis. A 100-MW Variable Frequency Transformer (VFT) on the Hydro-Québec TransÉnergie Network - The Behavior during Disturbance. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, FL, 2007, pp. 1-5. doi: 10.1109/PES.2007.385584.
- [17] Ilahi Bakhsh Farhad; Mohammad Irshad; Jamil Asghar M. S. Modeling and simulation of

- variable frequency transformer for power transfer in-between power system networks. India International Conference on Power Electronics 2010 (ICPE2010) pp: 1-7.
- [18] Rahul R.; Jain Amit Kumar; Bhide Ravindra. Analysis of variable frequency transformer used in power transfer between asynchronous grids. IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) 2012 pp: 1 – 5.
- [19] Zelenohat N.I., Aristov I.S. Analiz staticheskoy ustojchivosti ehnergosistem pri nalichii gibkih mezh sistemnyh svyazey s preobrazovatelyami chastoty. [Analysis of static stability of power systems in the presence of flexible interconnections with frequency converters] EHnergetik Izdatel'stvo: Nauchno-tekhnicheskaya firma "EHnergoprogress" (Moskva) 2011, No:4 pp: 27-30. (In Russian).
- [20] Demidova M.V., Semina I.A., Babich N.A. Asinhronizirovannyj sinhronnyj ehlektromekhanicheskij preobrazovatel' chastoty. [Asynchronized synchronous electromechanical frequency converter]. Aktual'nye voprosy ehnergetiki materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2017 Izdatel'stvo: Omskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet pp: 346-348 (In Russian).
- [21] Prokopenko S.A. Asinhronizirovannyj ehlektromekhanicheskij preobrazovatel' chastoty. [Asynchronized electromechanical frequency converter] Aktual'nye voprosy ehnergetiki. Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii studentov, magistrantov, aspirantov. 2016 Izdatel'stvo: Omskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet pp: 168-172. (In Russian).
- [22] Janda Žarko S. Pregled standarda i preporuka za kontrolu viših harmonika u električnim mrežama Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"2004, br. 16, str. 33-46.
- [23] Denboer1 N.; Karawital C.; Mohaddes M. Frequency scan based screening technique for harmonic interactions of HVDC systems. 13th IET International Conference on AC and DC Power Transmission (ACDC 2017) doi:10.1049/cp.2017.0035.
- [24] Seleznev A.S. Snizhenie urovnya vysshih garmonik v ehlektricheskij setyah vysokogo napryazheniya. [Reducing the level of higher harmonics in electric networks of high voltage]. Vestnik IrGTU 2014, №4 (87), pp.143-146. (In Russian).
- [25] Osipov D.A. Sposoby podavleniya garmonik v sistemah ehlektrosnabzheniya. [Ways to suppress harmonics in power supply system's] Mezhdunarodnaya konferenciya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh Prospekt svobodnyj-2016, Krasnoyarsk, Si'irskij federal'nyj Universitet, 15-25 aprelya 2016. pp.49-52. (In Russian).
- [26] Amelin A.A. Upravlenie peretokom aktivnoj moshchnosti po neodnorodnoj mezh sistemnoj svyazi v ehnergosisteme. [Control the Active Power Flow on non-uniform intersystem communication in the power system]. Innovacii i investicii (Moskva) 2014, No:5 pp: 167-169 ISSN: 2307-180X. (In Russian).

Сведения об авторах.



Калинин Лев Павлович,
Институт Энергетики АНМ,
кандидат технических наук.
Область научных интересов
связана с разработкой и
применением FACTS
контроллеров в энерго-
системах.

kalinin_lev@ie.asm.md



Тыршу Михаил Степанович
Институт Энергетики АНМ,
кандидат технических наук.
Научные интересы связаны с
диагностикой высоковольт-
ного оборудования и силовой
электроникой.

tirsu.mihai@gmail.com



Зайцев Дмитрий
Александрович,
Институт
Энергетики АНМ, кандидат
технических наук. Научные
интересы лежат в области
исследования режимов
энергосистем, содержащих
гибкие межсистемные связи.

zaiats@ie.asm.md



Голуб Ирина Владимировна,
Институт Энергетики АНМ.
Область научных интересов:
режимы энергосистем,
управляемые линии
электропередачи переменного
тока. irina.golub@mail.ru