

В статье приведены результаты исследований подавления неканонических гармоник входных токов тяговой подстанции при использовании различных способов подавления: гармоническим воздействием, варьированием длительностей приращений углов управления и методом комбинированного критерия. Для исследования были разработаны специальные компьютерные модели, позволяющие реализовать соответствующие методы подавления неканонических гармоник. В результате проведения компьютерных экспериментов были значительно уменьшены амплитуды неканонических гармоник.

УДК 621.314.632

Я.В. Щербак, д-р.техн.наук,
Е.В. Ягуп
 Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДАВЛЕНИЯ НЕКАНОНИЧЕСКИХ ГАРМОНИК ВХОДНЫХ ТОКОВ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

$$f_k = (n \cdot m \pm 1) \cdot f_o \tag{1}$$

где m – пульсность выпрямителя; $n = 1, 2, 3, \dots$; f_o – частота питающей сети.

Для уменьшения амплитуд канонических гармоник на тяговых подстанциях применяют силовые фильтры, настроенные на частоты наибольших гармоник.

В реальных условиях выпрямительная установка характеризуется собственной несимметрией и питается от несимметричной сети. Наличие одного из перечисленных видов несимметрии или их общее воздействие вызывает появление во входных токах выпрямительной установки неканонических гармоник, частоты которых

$$f_v = (n + 1) \cdot f_o \tag{2}$$

Подавление неканонических гармоник силовыми фильтрами является нецелесообразным из-за роста их масса-габаритных показателей и стоимости.

В данной работе рассматривается подавление неканонических гармоник входного тока выпрямительной установки тяговой подстанции с помощью специальной замкнутой структуры.

Для регулирования входных параметров системы подавления используется вольтодобавочный преобразователь, который представляет собой управляемый выпрямитель, относительная установленная мощность которого составляет 15-20 % от основного выпрямителя.

Вольтодобавочный преобразователь используется для стабилизации и регулирования выходного напряжения тяговой подстанции постоянного тока [2]. Однако проведенные исследования [3, 4] показали, что его можно использовать в качестве активного фильтра, для уменьшения амплитуд неканонических гармоник входных токов выпрямительной установки.

Подавление нежелательных гармоник осуществляется в замкнутой структуре, приведенной на рис. 1.

Здесь тяговый трансформатор питающийся от сети, преобразует и распределяет напряжения на основной выпрямитель (ДВ) и тиристорный выпрямитель (ТВ), выполняющий роль вольтодобавочного преобразователя.

Измерение потребляемого тока осуществляется датчиками ДТ, включенными в первичную цепь силового трансформатора. Оптимизатор О по результатам гармонического анализа выделяет заданные неканонические гармоники входных токов и вырабатывает управляющие воздействия на источник компенсирующего сигнала ИКС. В оптимизаторе также заложен алгоритм оптимизации параметров управляющего воздействия. Выходной сигнал ИКС суммируется с сигналом управления U_y . Результат суммирования подается на вход системы импульсно-фазового управления СИФУ.

В качестве параметров управляющего воздействия были использованы регулируемые амплитуда и фаза гармонического воздействия, а так же изменение длительностей приращений углов управления тиристорами вольтодобавочного преобразователя.

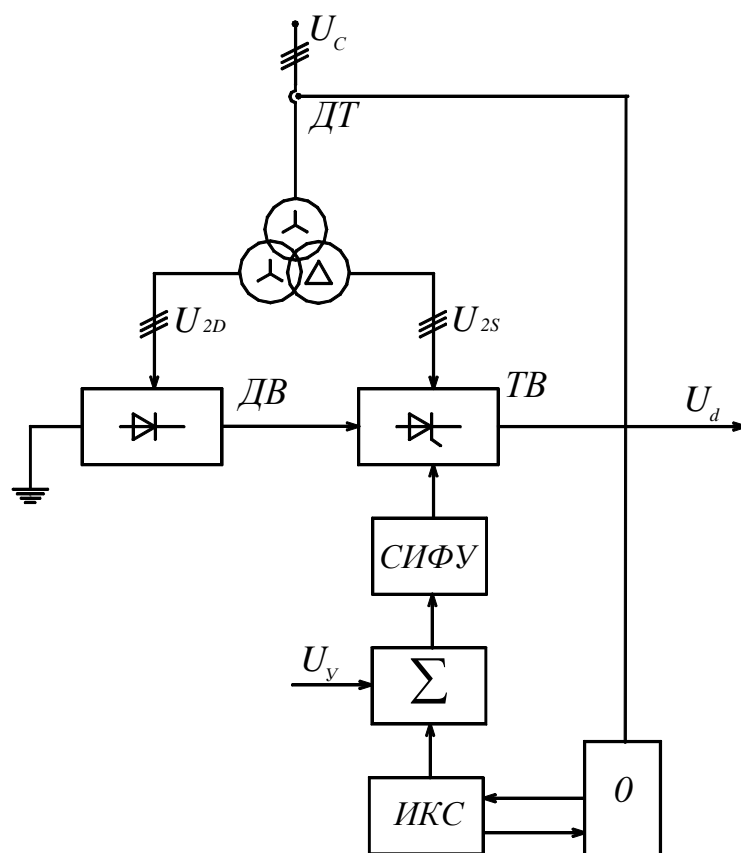


Рис. 1. Обобщенная структура системы подавления неканонических гармоник

Приведенная система регулирования реализована в компьютерных моделях, позволяющих исследовать процесс подавления при разных компенсирующих воздействиях [4, 5, 6]. Данные модели были созданы в программе MATLAB. Управление процессами оптимизации амплитуд гармоник построено с использованием симплекс-метода Нелдера-Мида.

Исследования на компьютерных моделях подтвердили теоретические предпосылки и показали высокую эффективность подавления неканонических гармоник входных токов выпрямительной установки в замкнутой структуре.

В результате проведенных исследований было показано, что при воздействии несимметрии сети значительно увеличиваются неканонические гармоники, кратные 3

(рис. 2). Поэтому в компьютерных экспериментах преимущественно осуществлялось подавление 3-ей гармоники.

При подавлении 3-ей гармоники гармоническим воздействием ее величина была уменьшена в несколько десятков раз (рис. 3). При таком подавлении уменьшились амплитуды и других гармоник, кратным 3, а амплитуды четных гармоник не увеличились. Таким образом подавление амплитуды 3-ей гармоники входных токов выпрямителя не вызывает значительного перераспределения величин других гармонических составляющих.

Эффективным показал себя способ подавления 3-ей гармоники, осуществляющийся варьированием длительностей приращений углов управления тиристорного преобразователя. Амплитуда 3-ей гармоники при этом была уменьшена в сотню раз, однако такое подавление негативно сказалось на амплитудах других гармоник и вызвало увеличение четных неканонических гармоник (рис. 4). Поэтому при данном способе подавления целесообразно применение комбинированного критерия, осуществляющего одновременное подавление 2-ой и 3-ей неканонических гармоник. При таком способе подавления, величина 3-ей гармоники была уменьшена в несколько десятков раз.

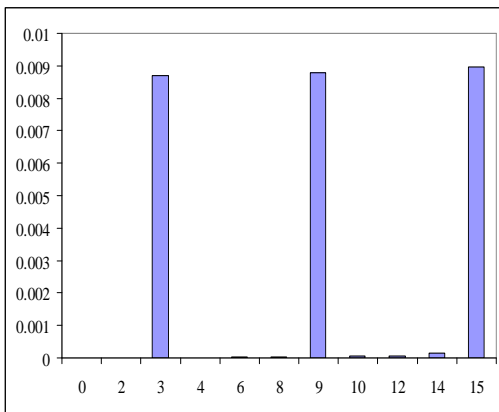


Рис 2. Относительные суммарные значения неканонических гармоник в шести-пульсном выпрямителе без их подавления при несимметрии питающей сети 3%

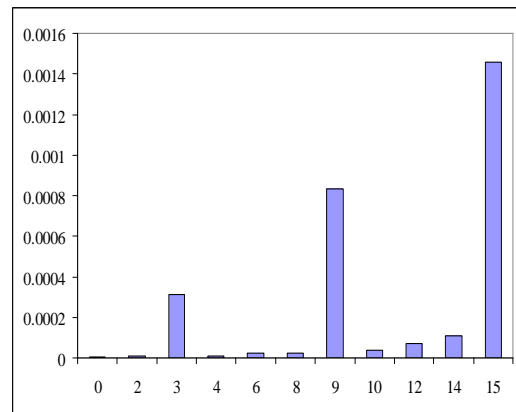


Рис. 3. Относительные суммарные значения неканонических гармоник при подавлении 3-ей гармоники гармоническим воздействием

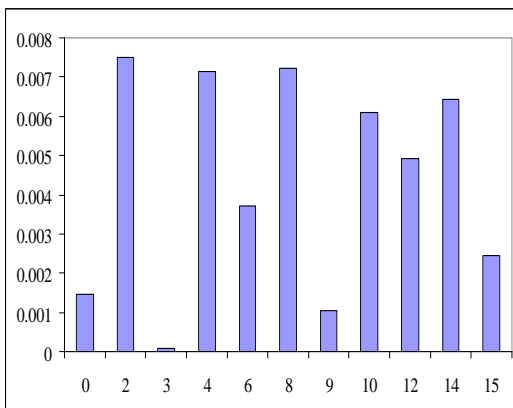


Рис. 4. Относительные суммарные значения неканонических гармоник при подавлении 3-ей гармоники коррекцией углов управления

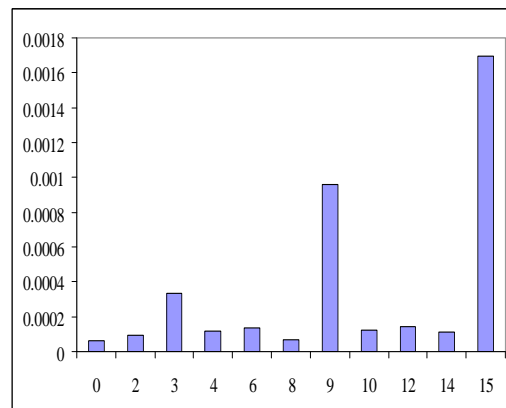


Рис. 5. Относительные суммарные значения неканонических гармоник при подавлении 2-ой и 3-ей гармоники коррекцией углов управления

Литература

1. Жежеленко Я. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергия. –1974. –184 с.
2. Бей Ю. М., Мамошин Р. Р., Пупырин В. Н., Шалимов М. Г., Тяговые подстанции. / Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1986 – 319 с.
3. Щербак Я. В., Ягуп Е. В. Подавление гармоник сетевых токов тяговой подстанции с помощью вольтодобавочного управляемого выпрямителя. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №6. – С. 78 – 80.
4. Щербак Я. В., Ягуп Е. В. Подавление гармоник входного тока управляемого выпрямителя в замкнутой структуре. // Технічна електродинаміка. Силова електроніка та енергоефективність. – 2006. – Ч. 4. – С. 61 – 64.
5. Ягуп Е. В., Щербак Я. В. Подавление высших гармоник первичных токов выпрямителя методом поканальной коррекции управляющих импульсов. // Електромашинобудування та електрообладнання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. –Вип. 66. – Київ: Техніка – 2006. – С. 298 – 301.
6. Ягуп Е. В. Подавление высших гармоник сетевых токов выпрямителя с использованием комбинированного критерия при поисковой оптимизации // Восточно-Европейский журнал передовых технологий 2006. – №5/2. – С. 141 - 143.

COMPUTER RESEARCH OF THE SYSTEMS WHICH SUPPRESS UNCANONICAL HARMONICS OF INPUT CURRENTS OF TRACTION SUBSTATION RECTIFIER

Y. V.Shcherbak, K. V.Yagup

The results of research of suppression of uncanonical harmonics in input currents of traction substation, when different methods of suppression: harmonical action, variation of control angles increment time and combine criterion method were under discussion in this article. The special computer models, which implement corresponding uncanonical harmonics suppression methods, were developed for research. In the result of the computer experiments carrying out amplitudes of uncanonical harmonics were reduced by a large amount.

КОМП'ЮТЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ПОДАВЛЕННЯ НЕКАНОНІЧНИХ ГАРМОНІК ВХІДНИХ СТРУМІВ ВПРЯМЛЯЧА ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Щербак Я. В., Ягуп К. В.

В статті приведено результати досліджень подавлення неканонічних гармонік вхідних струмів тягової підстанції при використанні різних способів подавлення: гармонійним діянням, варіюванням тривалостей приростів кутів керування і методом комбінованого критерію. Для дослідження було розроблено спеціальні комп'ютерні моделі, що дозволяють реалізувати відповідні методи подавлення неканонічних гармонік. В результаті проведення комп'ютерних експериментів було значно зменшено.