

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Введение. Использование тиристорных преобразователей (ТП) в автономных электроэнергетических системах (АЭЭС) приводит к потреблению ими несинусоидального тока и напряжения. В результате основная гармоника тока содержит реактивную составляющую, что приводит к искажению формы напряжения питающей сети и снижению коэффициента мощности. Нагрузка, подключенная к ТП, как правило нелинейна и генерирует в сеть высшие гармоники. Следствием этого является возникновение дополнительных потерь в источниках и приемниках электроэнергии, преждевременный выход из строя электрооборудования, ускоренное старение изоляции и т.д. [1].

Как правило, при выполнении сложных технологических операций на морских сооружениях (МС) (буровые суда, буровые платформы, дебаркадеры, плавкраны и т.д.) работают два и более ТП. То есть, было бы целесообразно усовершенствовать предложенные ранее методики спектрального анализа работы силовых полупроводниковых преобразователей (ПП) в АЭЭС МС [2, 3], что позволит учитывать работу нескольких ТП в составе АЭЭС МС.

Постановка задач исследования. В статье рассматриваются вопросы спектрального анализа работы силовых ПП в составе АЭЭС МС при разных режимах работы с помощью программного пакета Matlab/Simulink. Такой анализ необходим для расчета энергетических характеристик ТП, исследований вопросов электромагнитной совместимости (ЭМС) с источником питания и нагрузкой, проектирования силовых фильтров, диагностики неисправностей в ТП, а также определения коэффициента несинусоидальности кривой напряжения.

Материалы исследования. Однолинейная схема замещения АЭЭС МС [3], в состав которой входят несколько ТП с обобщенным Г – образным фильтром фазы А, приведена на рис.1.

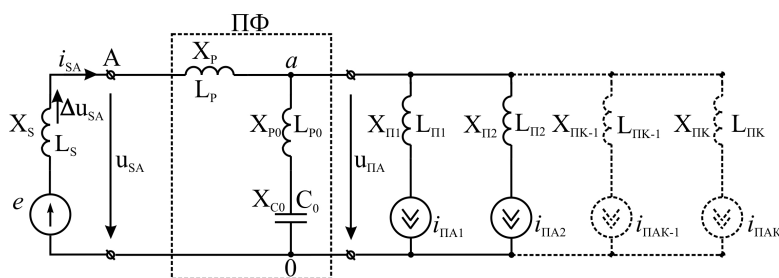


Рис. 1

Несинусоидальность кривой напряжения сети характеризуется следующими показателями, допустимые значения которых регламентируются различными нормативными документами, например ГОСТ 13109–97:

- коэффициент искажения синусоидальности (коэффициент несинусоидальности):

$$K_U = \left(\frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{v_{max}} U_{S(v)}^2}}{U_{S(1)}} \right) \cdot 100\% ; \quad (1)$$

- коэффициент v -й гармоники:

$$K_{U(v)} = (U_{S(v)} / U_{S(1)}) \cdot 100\% , \quad (2)$$

где $U_{S(1)}$ и $U_{S(v)}$ – соответственно действующие значения основной и v -й гармоник напряжения, v_{max}

- наивысший порядок учитываемых гармоник.

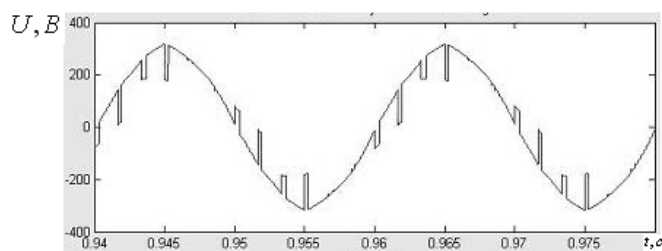
В [4] показано, что выражение определения коэффициента несинусоидальности напряжения сети может быть представлено в аддитивной форме

$$K_U = \sqrt{K_{UI}^2 + K_{UK}^2} , \quad (3)$$

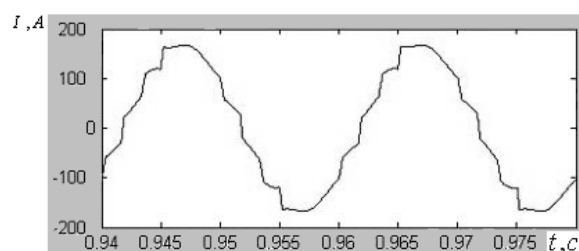
где K_{UI} и K_{UK} – составляющие коэффициента несинусоидальности, обусловленные идеализированными импульсами и коммутационными колебаниями.

На основании предложенной схемы замещения АЭЭС (рис.1) была составлена компьютерная модель системы в программной среде Matlab/Simulink. Модель позволяет исследовать протекающие электромагнитные процессы в АЭЭС МС в масштабе реального времени и с достаточной точностью определить коэффициент несинусоидальности при различных режимах работы оборудования.

Результатом моделирования является получение кривых тока и напряжения на шинах главного распределительного щита (ГРЩ), а также проведение гармонического анализа работы энергосистемы МС. Кривые приведены на рис. 2(а, б), 3(а, б), а в таблице 1 приведены экспериментальные, аналитические и смоделированные значения K_U .

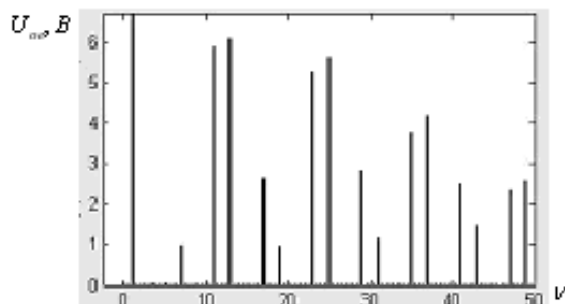


а) кривая напряжения на шинах ГРЦ

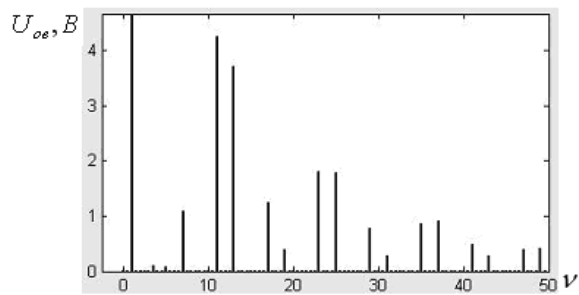


б) кривая тока на шинах ГРЦ

Рис. 2



а) анализ гармонического состава напряжения на шинах ГРЦ



б) анализ гармонического состава тока на шинах ГРЦ

Рис. 3

Таблица 1

Виды анализа	Нагрузка АЭЭС МС, %	Коэффициент несинусоидальности	
		$K_U, \%$	$K_I, \%$
Эксперимент	80	15,96	8,01
Расчет	80	15,07	7,21
Моделирование	80	14,18	6,62

Выводы.

1. Использование приведенной методики позволяет получить более точные результаты анализа. Снижение погрешности достигается путем создания наиболее реальных условий работы всего технологического оборудования.
2. Спектры, полученные в результате анализа, позволяют рассчитать энергетические характеристики ТП, синтезировать ФКУ, если это необходимо, а также реализовать диагностику неисправности системы.
3. Предложенная методика определения коэффициента несинусоидальности позволит в течение короткого промежутка времени выполнить исследование АЭЭС МС в разнообразных штатных и нештатных режимах работы, значительно сократит время и средства на разработку и испытание схмотехнических решений по улучшению коэффициента несинусоидальности.
4. Из полученных кривых видно, что настройка ФКУ производилась на фиксированное значение ($\nu = 7$), что показывает неэффективность его работы. Следовательно, более целесообразным является включение на входе преобразователей технологических механизмов, содержащих ТП регулируемых фильтрокомпенсирующих устройств.

Литература.

1. Анисимов Я.Ф., Жук А.К., Симонян С.Т. Гармонический анализ высокочастотных колебаний напряжений на первичной стороне вентильных преобразователей // Изв. вузов. Электромеханика. – 1980. - № 11. С. 1210-1216.
2. Жук А.К., Запальский В.Н., Трибулькевич С.Л. Несинусоидальность напряжения в ЭЭС морских сооружений с полупроводниковыми преобразователями. Материалы конференции "Силовая электроника и энергоэффективность" СЭЭ'200 – Электротехника, 2006. – С 136 – 141.
3. Жук А.К. Анализ влияния тиристорного преобразователя на питающую сеть с учетом коммутационных колебаний // Электромашинобудування та електрообладнання. 2003. №60. С. 39 – 47.