

УДК 621.313

АКТИВНЫЙ СИЛОВОЙ ФИЛЬТР НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
ACTIVE POWER FILTER BASED ON ADAPTIVE FILTRATION

Первенёнок Р.Е., к-т. техн. наук, доцент, Сицко А.Л.
Военная академия Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь
R. Pervenonok, Cand. tech. Sciences, Associate Professor, A. Sitsko,
Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Аннотация. Рассмотрен алгоритм адаптивной фильтрации, который позволил улучшить характеристики активного силового фильтра.

Проведено имитационное моделирование трехфазного параллельного активного силового фильтра.

Annotation. An adaptive filtering algorithm is considered, which made it possible to improve the characteristics of the active power filter. Simulation modeling of a three-phase parallel active power filter is carried out.

Ключевые слова: система автономного электроснабжения, автономный образец вооружения, активный фильтр.

Key words: autonomous power supply system, autonomous weapon model, active filter.

ВВЕДЕНИЕ

Система автономного электроснабжения (САЭС) является неотъемлемой частью автономных образцов вооружения (АОВ). Ее задачей как функциональной системы образца вооружения является бесперебойное обеспечение потребителей электрической энергией с требуемым качеством во всех режимах работы.

В состав функционального оборудования АОВ входят электрические нагрузки (ЭН) с нелинейной вольтамперной характеристикой. Главная особенность таких ЭН – потребление несинусоидального тока. Доля нелинейных нагрузок в составе функционального оборудования современных АОВ достигает 80 %. При сравнимых мощностях СЭС переменного тока и импульсной (нелинейной) нагрузки неизбежно искажается форма синусоидального напряжения [1]. Данные искажения оказывают отрицательное влияние на оборудование АОВ, которое выражается в сокращении срока службы изоляции электрических машин и аппаратов электрооборудования, в увеличении потерь на гистерезис и вихревые токи в магнитопроводе и обмотках трансформаторов, в снижении коэффициента мощности и электромагнитного момента на валу асинхронных двигателей, в ложном срабатывании ответственной управляющей и защитной аппаратуры, в нарушении работы специальной вычислительной техники, в повышении вероятности возникновения резонансных явлений в СЭС [1–3].

Достижения силовой электроники позволяют создавать системы коррекции качества питающего напряжения на основе параллельных активных фильтров (АФ) [4]. Принцип действия АФ основан на анализе гармоник тока или напряжения нелинейной нагрузки и генерации в систему электроснабжения СЭС таких же гармоник тока или напряжения, но с противоположной фазой. Основное

отличие разрабатываемых систем заключается в применяемых алгоритмах определения параметров тока компенсации, которые зачастую имеют высокую стоимость технической реализации и сложную систему управления. Качество компенсации зависит от применяемого метода формирования задающих воздействий на силовую часть.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методы управления характеристиками силовых активных фильтров основанные на применении алгоритмов цифровой обработки сигналов, начали интенсивно развиваться в последние годы, поэтому многие вопросы применения этих методов остаются нерешенными.

Силовая часть АФ представлена инвертором, получающий сигналы управления от системы формирования управляющих сигналов АФ. Характеристики АФ в основном зависят от системы формирования управляющих сигналов. Основные исследования АФ направлены на получение качественных и быстрых алгоритмов выделения опорных токов и напряжений в системе формирования управляющих сигналов.

Формируемый системой управления АФ спектральный состав сигнала, должен совпадать с гармоническим составом несинусоидального тока, генерируемого нелинейной нагрузкой, кроме основной гармоники. В компенсирующем токе она должна отсутствовать.

Для получения сигнала компенсации можно использовать аналоговый режекторный фильтр, настроенный на частоту основной гармоники [4]. Использование аналогового режекторного фильтра имеет недостатки, связанные с тем, что такой фильтр является статическим устройством, и его характеристики не изменяются при изменении частоты и амплитуды основной гармоники. Для формирования управляющего сигнала АФ необходимо адаптивное устройство, характеристики которого изменяются при изменении спектрального состава несинусоидальных токов или напряжений.

Структурная схема адаптивного фильтра, компенсирующего гармонику основной частоты, показана на рисунке 1.

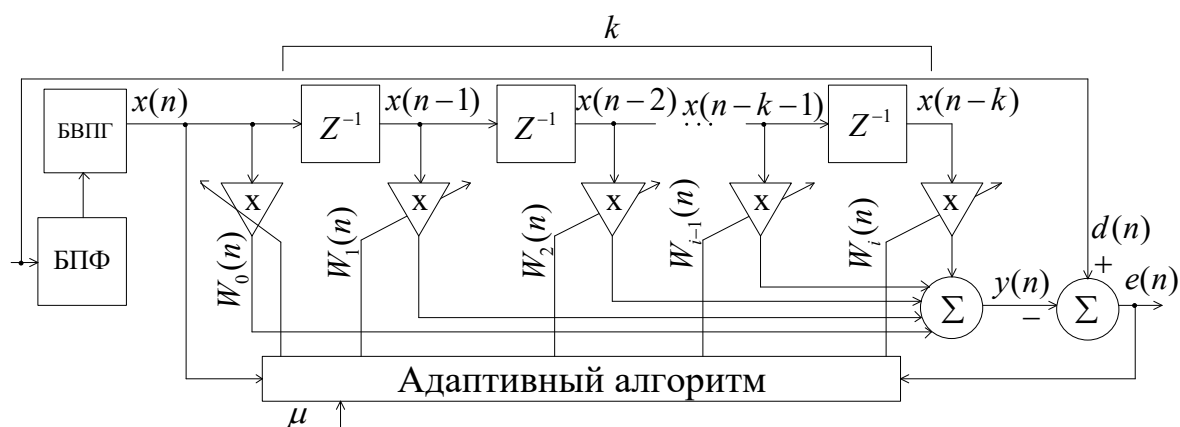


Рисунок 1 – Структура адаптивного фильтра

Сигнал основного входа $d(n)$ пропорциональный несинусоидальному току или напряжению сети. Сигнал $x(n)$, поступающий на вход адаптивного фильтра, формируется из основного сигнала с помощью блоков быстрого преобразования Фурье (БПФ) и блока выделения первой гармоники БВПГ. На выходе адаптивного фильтра формируются отсчеты компенсирующего сигнала $e(n)$. Функциональными узлами цифрового фильтра являются умножители (\times), сумматоры (Σ), элементы задержки (Z^{-1}), весовые коэффициенты фильтра $W_i(n)$, формируются адаптивным алгоритмом, и коэффициент оптимизации μ , в качестве адаптивного алгоритма выбран упрощенный алгоритм Ньютона.

Исследование алгоритма адаптивной фильтрации было проведено в программном комплексе Matlab [7]. В качестве примера рассмотрим результаты компенсации высших гармоник в спектре тока трехфазного мостового выпрямителя.

Спектр сигнала, поступающего на основной вход фильтра, показан на рисунке 2. Коэффициент гармоник сигнала, поступающего на основной вход $\text{THD}_1 = 24,36 \%$.

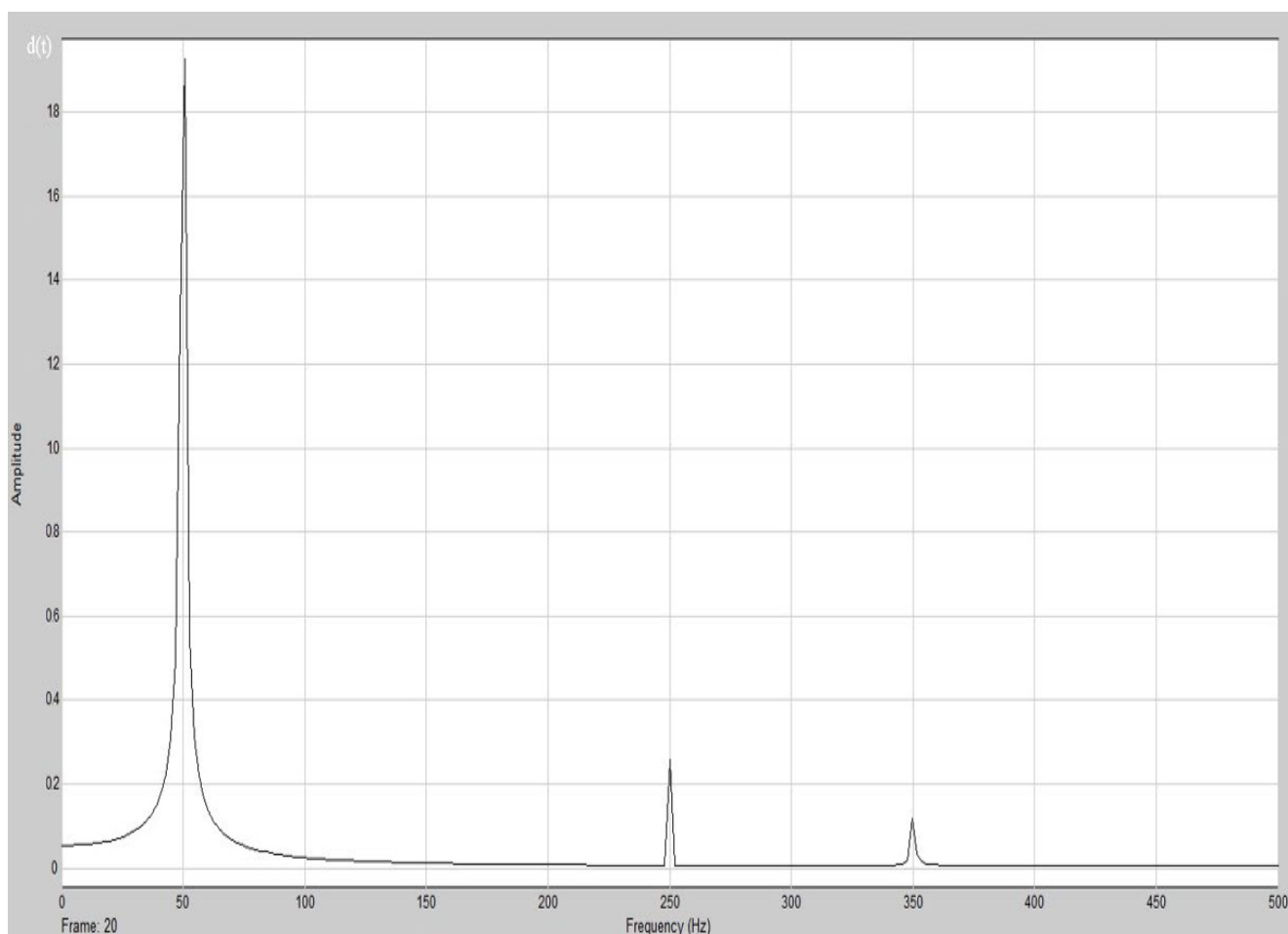


Рисунок 2 – Спектр сигнал на основном входе адаптивного фильтра

Спектр восстановленного сигнала показан на рисунке 3. Коэффициент гармоник восстановленного сигнала $\text{THD}_1 = 5,18 \%$

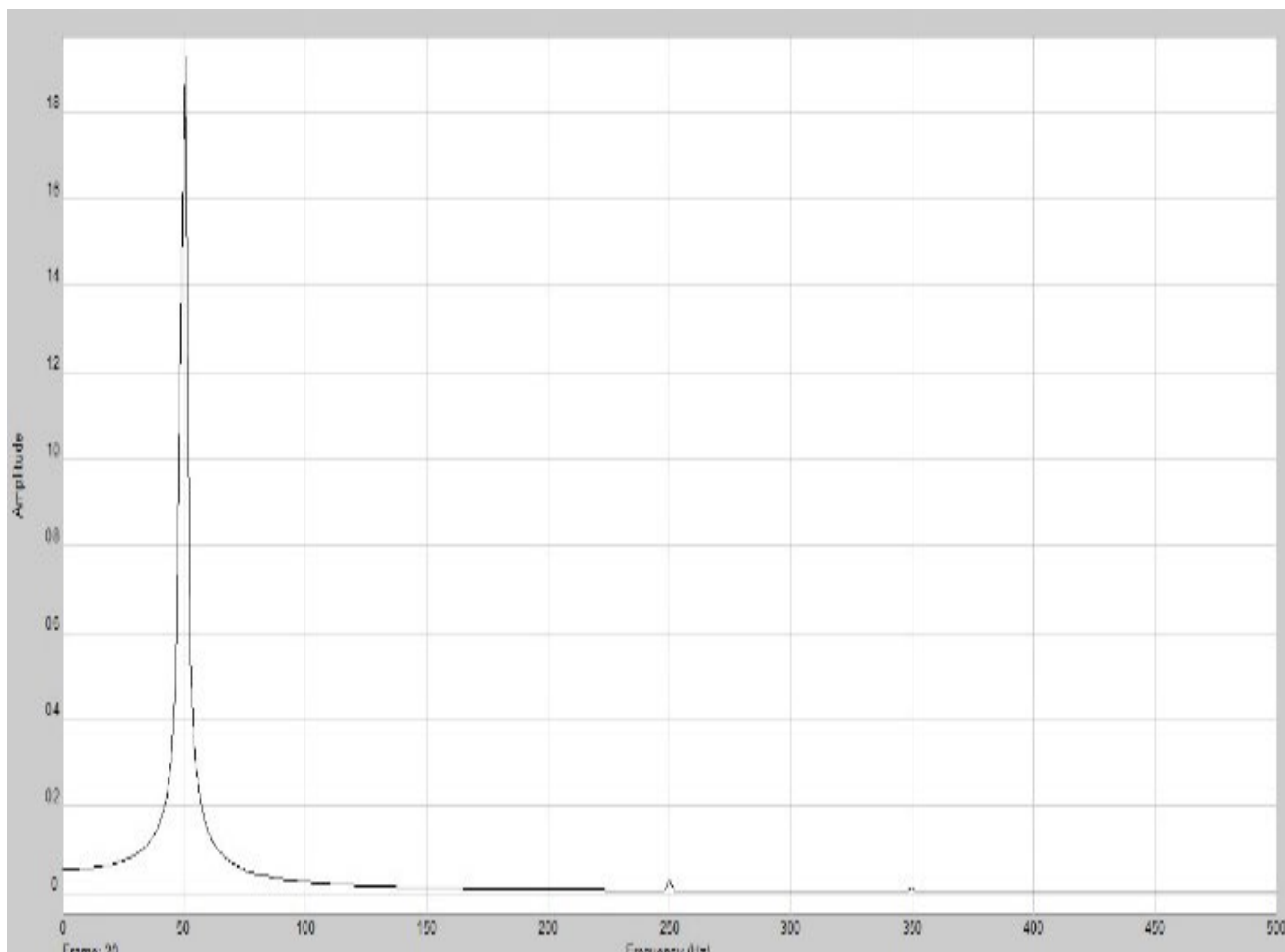


Рисунок 3 – Спектр восстановленного сигнала адаптивного фильтра

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен метод формирования управляющих сигналов для активных фильтрокомпенсирующих устройств, основанный на использовании методов цифровой обработки сигналов.

Основой системы формирования управляющих сигналов является адаптивный цифровой фильтр в форме линии задержки с отводами, настраиваемый с помощью упрощенного алгоритма Ньютона.

Результаты имитационного моделирования предложенного метода показали, что метод эффективно подавляет высшие гармоники несинусоидальных напряжений и токов, а также компенсирует реактивную составляющую первой гармоники тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аррилага, Дж. Гармоники в электрических системах / Дж. Аррилага, Д. Брэдли, П. Боджер.: пер.с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Розанов, Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов/ Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. Изд. 2-е. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 632 с.

3. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость потребителей / И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. – Машиностроение, 2012. – 351 с.
4. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 2006. – 856 с.: ил.
5. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013. – 528 с.
6. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К.Ф.Н. Коуэна, П.М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.: ил.
7. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений [Текст] / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
8. Боярская, Н.П. Адаптивная система формирования управляющих сигналов для активных фильтров гармоник / Н.П. Боярская, А.М. Дербенев, В.П. Довгун // Ползуновский вестник – № 2/1 – 2011 – с. 25–29.
9. Сицко А.Л., Первенёнок Р.Е. Система управления силового активного фильтрокомпенсирующего устройства с адаптивной фильтрацией // Энергетическая стратегия – № 2 – 2021 – с. 43–47.