

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ

*Чумаков С.А, Малашин А.Н., Суходолов Ю.В.  
Военная академия Республики Беларусь*

Традиционно при разработке и модернизации вооружения больше внимание уделяется совершенствованию информационных процессов и огневых возможностей техники, тогда как энергетические процессы, протекающие в образцах вооружения, практически не исследованы.

Система электроснабжения (СЭС) является неотъемлемой частью автономного образца вооружения (АОВ), без которой его функционирование невозможно. Задача СЭС как функциональной системы образца вооружения, состоит в бесперебойном обеспечении потребителей электрической энергией требуемыми номиналами и качеством во всех режимах работы. При создании высококомпактных образцов вооружения к этим общим требованиям добавляются новые, в виде жестких ограничений на массогабаритные показатели СЭС.

Электропитание автономного АОВ может осуществляться от госэнергосети в пункте постоянной дислокации, а так же от средств автономного электроснабжения (САЭС) при выполнении задач по предназначению (см. рисунок 1).

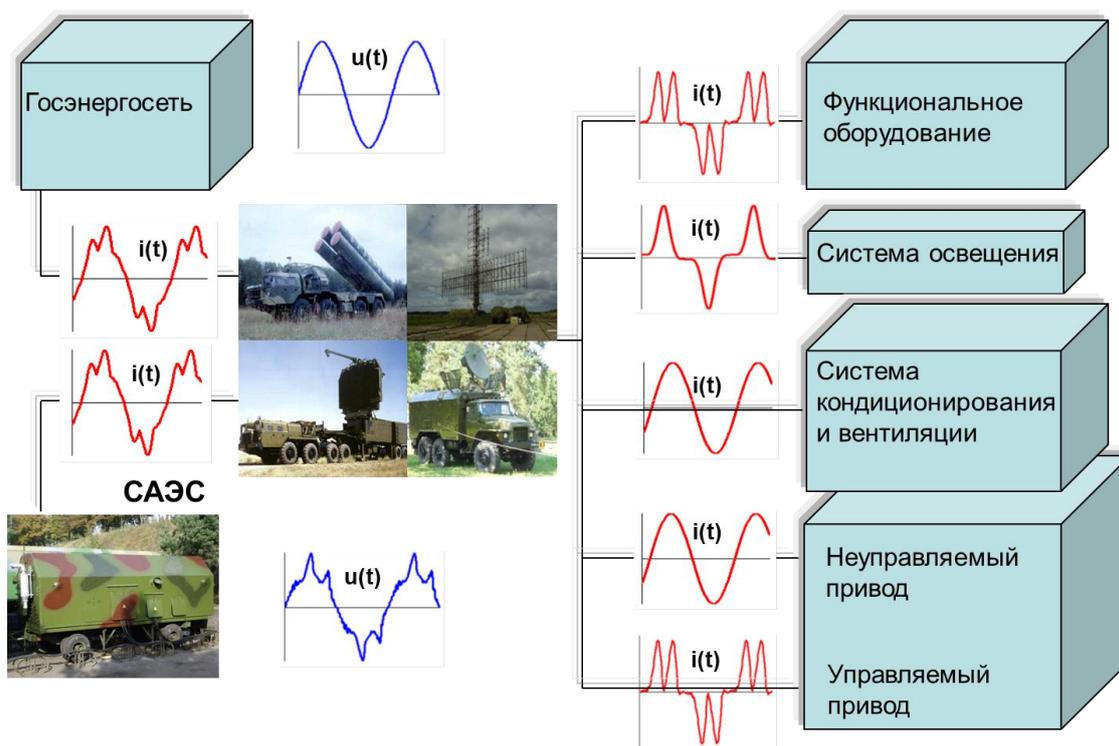


Рис. 1 – Структура оборудования АОВ; искажения форм потребляемого тока и питающего напряжения

Современный образец вооружения включает в себя оборудование, которое условно можно разделить на следующие группы:

- функциональное оборудование, обеспечивающее решение информационных задач боевой работы АОВ;
- система освещения,
- система кондиционирования и вентиляции;
- приводное оборудование.

Данное оборудование имеет в своем составе выпрямители, инверторы, преобразователи частоты и другие потребители, вольт-амперные характеристики которых нелинейны. Наличие таких потребителей приводит к искажению формы потребляемого тока, а в случае питания АОВ от САЭС – к искажению формы питающего напряжения (см. рисунок 1). Данные искажения отрицательно влияют на питающую сеть переменного тока, которое выражается:

- в ухудшении электромагнитной совместимости оборудования;
- в увеличении потерь энергии в системе,
- в повышении вероятности возникновения резонансных явлений в СЭС,
- в нарушении работы специальной вычислительной техники, устройств релейной защиты и автоматики,
- в ускоренном старении изоляции основного электрооборудования,

Кроме того (см. рисунок 2) искажения приводят:

- к снижению параметров трансформаторов, питающих электронные нагрузки
- к увеличению действующего значения тока ( $I$ ) и тепловых потерь ( $P$ ) при увеличении коэффициента гармонического искажения (THD)
- к сокращению срока службы оборудования, на пример, при коэффициенте искажения напряжения питания, близком к 10 % сокращение срока службы составляет для однофазных электрических машин 32,5 %, для трёхфазных электрических машин 18 %, для трансформаторов 5 %.

**Снижение активной составляющей мощности трансформаторов, питающих электронные нагрузки**

**Рост действующего значения тока ( $I$ ) и тепловых потерь ( $P$ ) при искажении напряжения**

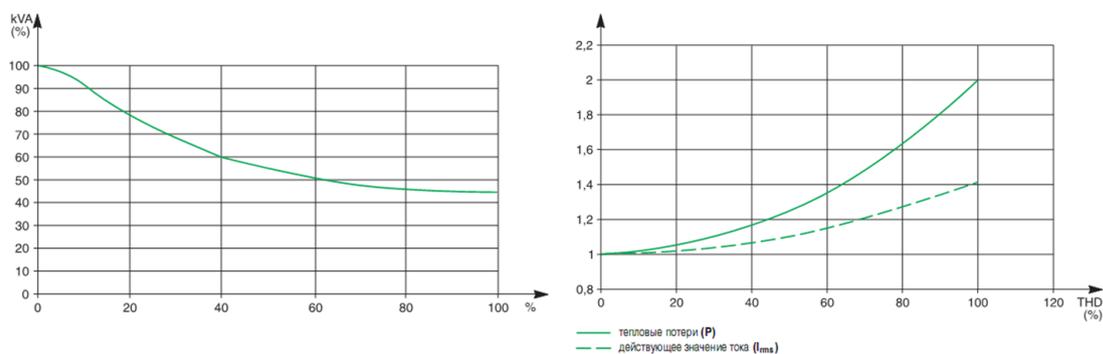


Рис. 2 – Влияние искажений

Искажение токов и напряжений приводит к появлению неактивных составляющих мощности (см. рисунок 3), которые могут достигать 30%. Неактивные составляющие мощности необходимо компенсировать.

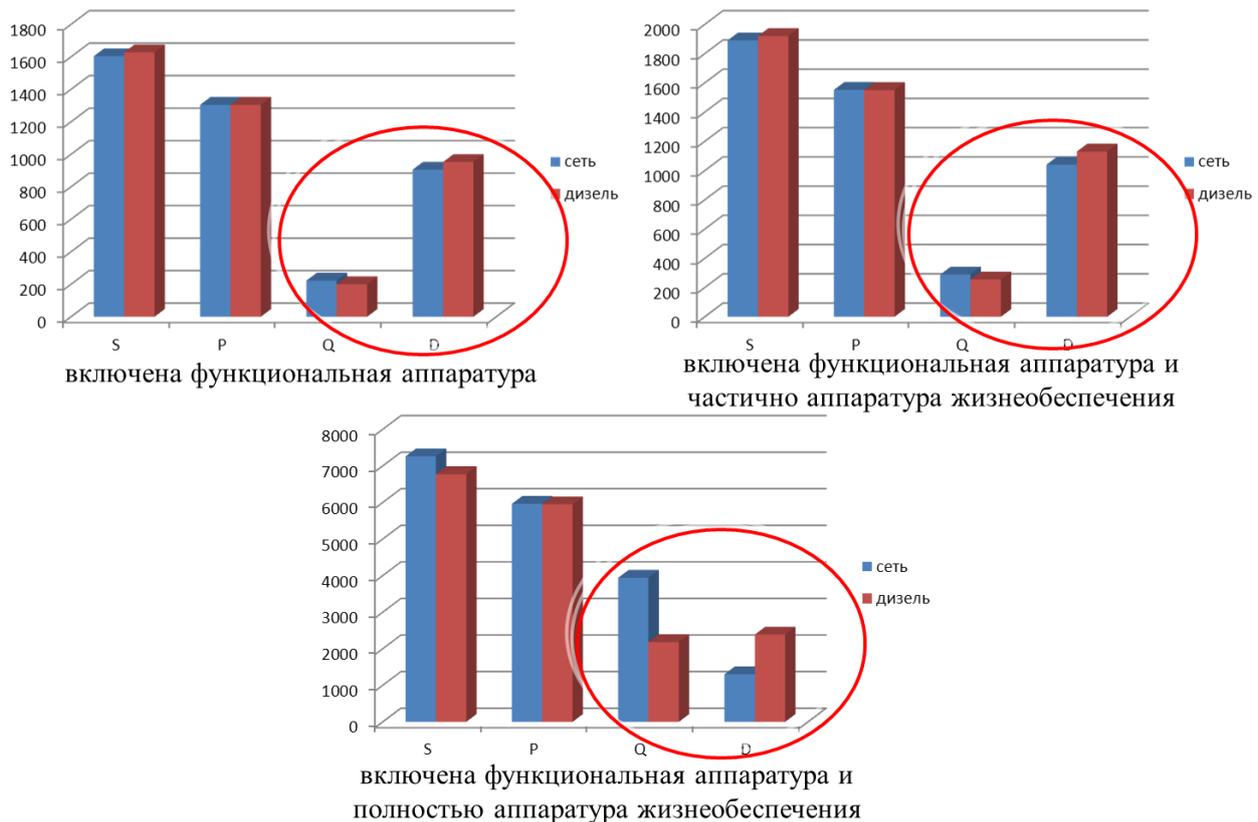


Рис. 3 – Неактивные составляющие мощности

Выше изложенное приводит к тому, что в САЭС АОВ применяют первичные источники с существенно завышенной мощностью. Анализ показывает, что данное завышение составляет 2 и более раза.

В настоящее время в ведущих государствах мира (США, Япония, Швеция, Россия) большое внимание уделяется вопросам разработки способов и средств, позволяющих устранить негативное влияние неактивных составляющих мощности для обеспечения требуемого качества электроэнергии и устранения взаимного влияния параллельно работающего оборудования со стороны питающей сети, т.е. созданию систем управления процессами генерирования, передачи и распределения электрической энергии.

На сегодняшний день существуют технические возможности разработки систем компенсации неактивных составляющих мощности на основе активных фильтров (АФ).

В последние годы заметно увеличение количества публикаций в российской и зарубежной литературе, посвященных активным фильтрам, вопросам автоматического управления и исследованию качества компенсации неактивных составляющих мощности посредством АФ. Однако, вопросы эффективного регулирования АФ и исследования достигаемых регулировочных, фильтрующих и компенсационных свойств с учетом особенностей работы автономных образцов вооружения от САЭС не исследованы.

Система компенсации неактивных составляющих мощности подключается параллельно системе САЭС – АОВ и должна включать в себя (см. рисунок 4):

- измерительную систему, решающую задачу вычисления пассивной составляющей мгновенного тока;
- систему управления, осуществляющую преобразование полученного тока в сигнал задания тока активного фильтра;
- систему управления силовой частью, которая преобразует сигнал задания тока активного фильтра в закон переключения силовых вентилях силовой части;
- силовую часть, которая формирует ток компенсации.



Рис. 4 – Структура системы компенсации неактивных составляющих мощности

Известно несколько основных способов управления АФ, разработанных в разное время. Все они могут быть представлены как ряд простых действий, выполняемых теми или иными узлами системы управления, и могут быть в конечном итоге сведены к следующему:

1. вычисление пассивной составляющей мгновенного тока/ напряжения сети;
2. преобразование полученного тока задания АФ в закон переключения силовых вентилей АФ.

Вычисление пассивной составляющей мгновенного тока предлагается проводить по выражениям для амплитуд и начальных фаз гармонических составляющих тока, полученных на основе анализа временных параметров кривой тока [2]. Преимуществом данного метода является высокое быстродействие, основанное на одновременном вычислении амплитуд  $I_n$  и начальных фаз  $\psi_n$  спектральных составляющих за  $1/2$  периода повторения тока и отказ от использования полосовых фильтров.

Преобразование полученного тока задания АФ в закон переключения силовых вентилей АФ и синтез алгоритма управления предлагается проводить в классе систем оптимальных по быстродействию на основе теории спиральных векторов [3].

Разработка и внедрение устройств коррекции качества электрической энергии на основе активного фильтра в системах электроснабжения автономных образцов вооружения обеспечит:

- синусоидальность формы напряжения и тока питающей сети;
- компенсацию неактивных составляющих полной мощности;
- увеличение срока службы электрооборудования на 20-30%;
- снижение потерь в электрооборудовании до 20%;
- снижение мощности первичных источников САЭС;
- снижение расхода топлива первичных источников САЭС.

*Список использованных источников*

1. Гармоники в электрических системах: Пер. с англ./ Дж. Аррилага, Дбрэдди, П.Боджер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.: ил.
2. Шрейнер Р.Т., Ефимов А.А. Активный фильтр как новый элемент энергосберегающих систем электропривода // *Электричество*. – 2000. – № 3. – С.46–54.
3. Волков А.В., Волков В.А. Компенсация мощности искажений и реактивной мощности посредством активного фильтра с прогнозируемым релейным управлением // *Электротехника*. – 2008. – № 3. – С. 2–10.
4. Остриев В.Н., Мосин Р.В. Экспериментальные исследования трехфазного активного фильтра для применения в современных электронных преобразователях // *Электричество*. – 2003. – № 7. – С. 63–66.
5. Akagi H., Kim H., Ogasawara S., The theory of instantaneous power in three-phase four-wiresystems: a comprehensive approach. IEEE–IAS Annual Meeting 1999 Conference Record, Vol. 1, pp. 431–439, 1999.
6. Патент на изобретение РБ «Способ определения начальных фаз высших гармонических составляющих периодического сигнала» №16873 от 26.11.2012.
7. Малашин А.Н. Балцевич Ю.С. Расчет неустановившихся процессов в электрических цепях на основе понятия спирального вектора // *Вестник ВАРБ*. – 2009. – №1. – С. 68–75.
8. Малашин А.Н. Чумаков С.А. Анализ электромагнитных процессов в электрических цепях при воздействии импульсов, описываемых гармоническими и экспоненциальными функциями // *Сб. научных статей ВА РБ* – 2013. – №24. – С. 91–100.
9. Малашин, А. Н. Синтез оптимального управления силовым понижающим преобразователем методом спиральных векторов / А. Н. Малашин // *Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь*. – 2010. – № 1. – С. 49–55.