

УДК 621.396

Яценко Федор Викторович, Панченко Артем Сергеевич

## **АДАПТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ИНЖЕКЦИИ АНТИИСКАЖЕНИЙ В СЕТЬ**

*В работе предлагается структура источника вторичного электропитания, работающего в сетях переменного напряжения с мощностью нагрузки, сопоставимой с мощностью питающего силового трансформатора, или в автономных системах электроснабжения с ограниченной мощностью. Цель предлагаемой структуры – расширение функциональных возможностей устройства: компенсация неактивной (реактивной мощности и мощности искажений) составляющей полной мощности в однофазной сети переменного тока с ограниченной мощностью, улучшение качества питающего напряжения, снижение потерь мощности и напряжения в питающей сети.*

*Источник вторичного электропитания, антиискажения, адаптивная система регулирования, компенсация.*

Yashchenko Fedor Viktorovich, Panchenko Artem Sergeevich

## **ADAPTIVE SWITCH MODE POWER SUPPLY WITH ANTI-DISTORTION INJECTION FUNCTION INTO THE NETWORK**

*The paper proposes the structure of a switch mode power supply, working in networks of variable pressure(voltage) with capacity of load, comparable with capacity of feeding power(force) transformer, or in independent systems power supply with limited capacity is offered. The purpose of a offered structure - expansion of functional opportunities of a device: adaptive indemnification inactive (reactive power and distortion power) making complete capacity in a single-phase alternating current circuit, improvement of quality of a feeding pressure(voltage), decrease(reduction) of losses of capacity and pressure(voltage) in a feeding network.*

*Switch mode power supply, antidistortion, adaptive system of regulation, indemnification.*

### **Введение**

С ростом числа нелинейных нагрузок возникает серьезная проблема с обеспечением электромагнитной совместимости источников вторичного электропитания (ИВЭП). Нормы качества электроэнергии и требования к

помехозащищенности ИВЭП отображены в соответствующих стандартах [1–3]. Хотя борьба с помехами в электронике подробно описана [4,5], проблемы ЭМС в системах питания до сих пор не получили полного решения.

В последние годы объем электроники, используемой в бытовых условиях, в офисах и на производстве, значительно возрос, и во многих устройствах используются импульсные источники питания. Эти источники создают гармонические и нелинейные искажения тока, что отрицательно сказывается на электрической проводке и приборах, подключенных к ней. Это воздействие проявляется не только в различных помехах, влияющих на работу чувствительной техники, но также в перегреве нейтральной линии. При протекании токов с выраженными гармоническими составляющими, не совпадающими по фазе с напряжением, ток в нейтральном проводе (который при сбалансированной нагрузке практически равен нулю) может достичь критического уровня.

### **Основная часть**

Целью предлагаемого устройства является усовершенствование функций, а именно, компенсация неактивных (реактивной и искажающей) компонентов полной мощности в однофазной сети переменного тока с ограниченной мощностью, повышение качества питания и уменьшение потерь мощности и напряжения в энергосистеме.

Компенсация искажений достигается за счет введения в устройство коррекции коэффициента мощности адаптивной системы регулирования. На рис. 3 изображена структурная схема ИВЭП.

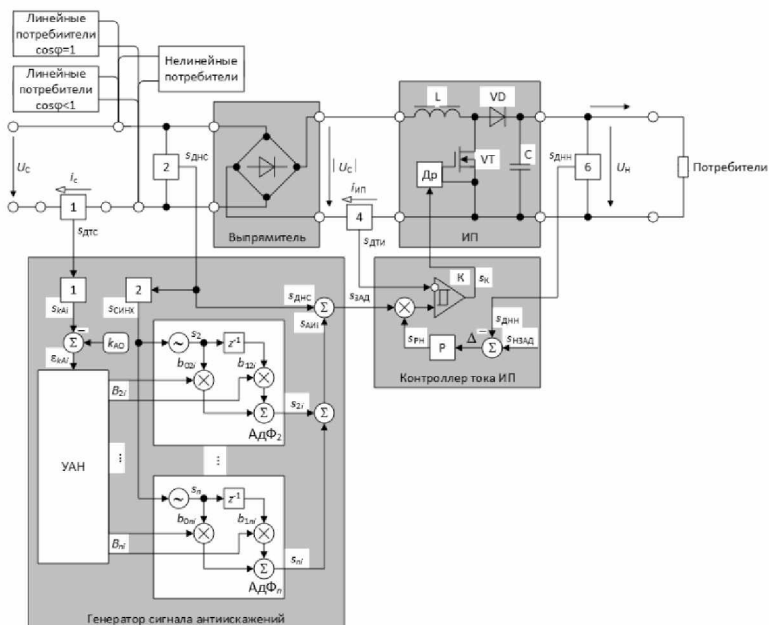


Рис. 3. Структурная схема источника вторичного электропитания

Контроль формы входного тока импульсного преобразователя выполняет датчик тока 4, на выходе которого формируется сигнал  $s_{ДТИ}$ . Сигнал выходного напряжения импульсного преобразователя  $s_{ДНН}$  формирует датчиком напряжения потребителей 6 [9].

Генератор сигнала антиискажений предназначен для корректировки формы входного тока системы бесперебойного питания. В состав генератора антиискажений входит  $N$  (по числу гармоник) количество однотипных адаптивных рекурсивных фильтров первого порядка в составе – генератора синусоидальной формы  $n$ -гармоники, элемента задержки, двух перемножителей и сумматора.

Сигналы адаптивных фильтров  $S_n$  суммируются и на выходе образуется сигнал антиискажений  $S_{ДИ}$ . В результате адаптивной обработки гармонических составляющих напряжения сети [6,10], на выходе генератора антиискажений формируется сигнал задания  $S_{Зад}$  формы тока импульсного преобразователя напряжения. Синхронизация адаптивных фильтров по напряжению сети выполняется сигналом  $S_{ДНС}$ , поступающего на вход син-

хронизатора 2, синхронизатор вырабатывает сигнал, позволяющий сформировать гармоники сети от 2-ой до n-ой.

Процесс формирования сигнала задания  $S_{зад}$  носит итеративный характер, который заключается в том что, на  $i$ -м шаге итерации устройство адаптивной настройки (УАН) для каждого из адаптивных фильтров  $АдФ_2, \dots, АдФ_n$ , формирует вектор весовых коэффициентов  $B_{2i}, \dots, B_{ni}$  который обеспечивает установку сигналов  $S_{2i}$  с произвольной амплитудой и начальной фазой. Для этой цели критерием минимума искажений является коэффициент амплитуды  $S_{kai}$  входного тока системы на  $i$ -м шаге настройки. Для синусоидальной формы тока (т.е. при отсутствии искажений) коэффициент амплитуды  $K_a = \sqrt{2}$  [7,8], это значение является образцовым и относительно него вырабатывается сигнал ошибки на  $i$ -шаге, т.е.

$$EK_{ai} = K_{a0} - SK_{ai} \quad (1)$$

На рис. 1 приведена схема замещения линии электропитания с подключенными к ней различными потребителями в точке общего присоединения (ТОП).

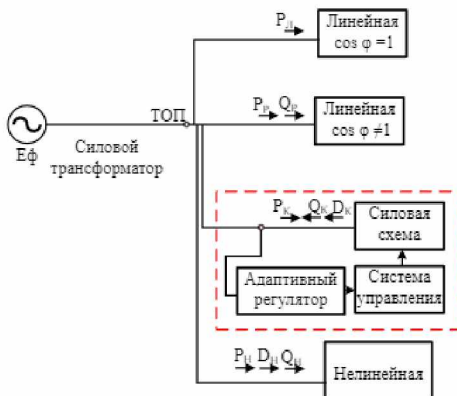


Рис. 1. Схема замещения линии электропитания

Потребители системы представлены потребителями с различным характером нагрузки:

- линейная нагрузка с  $\cos \varphi = 1$ , потребляющая активную мощность  $P_D$ ;
- линейная нагрузка с  $\cos \varphi \neq 1$ , потребляющая активную мощность  $P_R$  и реактивную  $Q_R$ ;

– предлагаемое устройство – источник вторичного электропитания с компенсацией искажений в питающей сети, потребляющий активную  $P_K$  и генерирующий в сеть реактивную  $Q_K$  и мощность искажений  $D_K$ ;

– нелинейная нагрузка, потребляющая активную мощность  $P_H$ , реактивную  $Q_H$  и мощность искажений  $D_H$ .

Ток  $i_c$  потребляемый ИВЭП от сети содержит гармонические составляющие, возникающие из-за работы нелинейных нагрузок. Это приводит к тому, что коэффициент амплитуды входного тока  $i_c$  отличается от значения, характерного для чисто синусоидальной кривой. Оценим суммарный потребляемый ток  $i_c$  при работе всех потребителей, при условии, что предлагаемый ИВЭП с компенсацией искажений в однофазной сети переменного тока потребляет активную мощность и генерирует реактивную мощность  $Q_K < 0$  и мощность искажений  $D_K < 0$ :

$$i_c = \frac{\sqrt{P_L^2 + P_P^2 + Q_P^2 + P_H^2 + Q_H^2 + D_H^2 + P_K^2 - Q_K^2 - D_K^2}}{U_c}. \quad (2)$$

В данном случае коэффициент амплитуды кривой потребляемого тока приближается к значению, характерному для синусоидальной формы. Процесс инжекции высших гармонических составляющих в питающую сеть осуществляется путем адаптивной подстройки генератора антиискажений.

### **Выводы**

Анализ выражения (2) показывает, что инжекция в питающую сеть гармоник тока со стороны предлагаемого ИВЭП с компенсацией искажений в питающей сети позволяет обеспечить положительный эффект:

1. Снижение гармонических искажений: инжекция антиискажений тока в сеть позволяет снизить уровень гармонических составляющих питающего напряжения в сети, что может привести к нестабильной работе электронного оборудования, снижению его срока службы и т.д.

2. Улучшение качества электроэнергии: повышение качества электроэнергии благодаря снижению гармоник обеспечит более эффективную работу электронного оборудования, что в свою очередь снизит затраты на электроэнергию, повысит надежность питания ответственных потребителей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва : Издательство стандартов, 2014.– 20 с.
2. ГОСТ Р МЭК 61000-6-7-2019. Электромагнитная совместимость (ЭМС). – Москва : Издательство стандартов, 2019.– 28 с.
3. ГОСТ Р 54149–2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва : Издательство стандартов, 2013.– 20 с.
4. *Артюхов И. И.* Электромагнитная совместимость и качество электроэнергии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И. И. Артюхов, А. Г. Сопинов, И. И. Бочкарева ; КТИ (филиал) ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2015. - 124 с. – ISBN 978-5-9948-1738-4.
5. *Севернс Р. П.* Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания / Р. П. Севернс, Г. А. Блум; под редакцией Л. Е. Смольникова. - Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 294 с. – ISBN 5-283-02435-0.
6. *Уидроу Б.* Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу С. Стирнз - М.: Радио и связь, 1989. 440 с. – ISBN 5-256-00180-9.
7. *Попов В. С.* Измерение среднеквадратического значения напряжения / В. С. Попов, И. Н. Желбаков - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 120 с.
8. *Алексенко А. Г., Коломбет Е. А., Стародуб Г. И.* Применение прецизионных аналоговых микросхем - 2-е изд., перераб. и доп / А. Г. Алексенко, Е. А. Коломбет, Г. И. Стародуб :- М.: Радио и связь, 1985. - 256 с.
9. *Солодовников В. В.* Теория автоматического управления техническими системами: учебное пособие / В. В. Солодовников, В. Н. Плотников, А. В. Яковлев. – Москва : Изд-во МГТУ, 1993.- 492 с. – ISBN 5-7038-0331-4.
10. *Гольденберг Л.М.* Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для вузов / Л.М. Гольденберг, Б.Д. Матюшкин, М.Н. Поляк. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с. – ISBN 5-256-00678-9.

**Яценко Федор Викторович**, магистрант Кубанского государственного университета, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, Ставропольская ул., д.149., 350040, телефон: +7 (961)585-38-36, email: [vicbox50@gmail.com](mailto:vicbox50@gmail.com).

**Панченко Артем Сергеевич**, магистрант Кубанского государственного университета, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, Ставропольская ул., д.149., 350040, телефон: +7 (918)964-85-76, email: [artem4panchenko@gmail.com](mailto:artem4panchenko@gmail.com).

**Yashchenko Fedor Viktorovich**, master's student at Kuban State University, Russia, Krasnodar region, Krasnodar, Stavropolskaya st., 149, 350040, phone: +7(961)585-38-36, email: [vicbox50@gmail.com](mailto:vicbox50@gmail.com).

**Panchenko Artem Sergeevich**, master's student at Kuban State University, Russia, Krasnodar region, Krasnodar, Stavropolskaya st., 149, 350040, phone: +7(918)964-85-76, email: [artem4panchenko@gmail.com](mailto:artem4panchenko@gmail.com).