

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.314

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В
СТАБИЛИЗИРОВАННОЕ ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ**

Н.Н. Петросян, Д.М. Киракосян, А.Г. Барегамян

Государственный инженерный университет Армении (Политехник)

Рассматриваются принципы построения преобразователей постоянного напряжения в переменное напряжение для создания автономной солнечной электростанции. Проанализированы схема основного узла – параллельного инвертора со стабилизацией выходного напряжения и схема выходного низкочастотного фильтра.

Ключевые слова: аккумулятор, автономные системы питания, агрегат бесперебойного электропитания, параллельный инвертор, фильтр, постоянное напряжение, переменное напряжение.

Введение. В нашей стране и за рубежом большое распространение получили малые системы генерации электрической и тепловой энергии, расположенные непосредственно у потребителя. Такие системы могут быть полностью автономными либо работать параллельно с централизованными электроэнергетическими сетями. В таких системах возникает необходимость использования преобразователей постоянного напряжения в переменное. В преобразователях постоянного напряжения в переменное наиболее часто в качестве первичного источника электроэнергии постоянного тока используются фотоэлектрические элементы (ФЭ) разных типов. Рассмотрим их более подробно [1-7].

Описание солнечных элементов. Производство ФЭ и солнечных коллекторов развивается быстрыми темпами в разных направлениях. Солнечные батареи (СБ) бывают различного размера: от встраиваемых в микроаккумуляторы до занимающих крыши автомобилей и зданий. СБ крупного размера, как и солнечные коллекторы, широко используются в тропических и субтропических регионах с большим количеством солнечных дней. С целью получения требуемой мощности и рабочего напряжения модули соединяют последовательно и параллельно. Мощность СБ всегда ниже суммы мощностей

отдельных модулей из-за потерь, обусловленных различием в характеристиках однотипных модулей, а также потерь в соединительных шинах [2-9].

Блок-схема солнечной электростанции, построенной на базе мощного модуля СБ, показана на рис. 1, где приняты следующие обозначения: СГ - солнечный генератор; УОММ – устройство отбора максимальной мощности; РЗР - регулятор зарядки - разрядки; И - инвертор; Н1- потребитель переменного напряжения; Н2 – потребитель постоянного напряжения; АБ - аккумуляторная батарея.

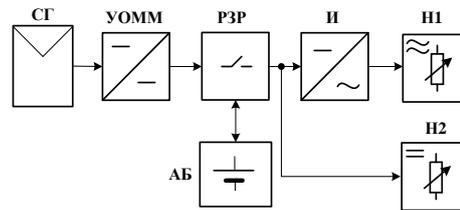


Рис. 1. Схема автономной солнечной электростанции

В большинстве фотоэлектрических систем применяют свинцово-кислотные аккумуляторы. Аккумуляторы, специально предназначенные для СБ, существенно отличаются от автомобильных аккумуляторов [5].

Главными условиями при выборе аккумуляторов являются: стойкость к циклическому режиму работы, способность переносить без последствий глубокий разряд, низкий саморазряд аккумулятора, не критичность к нарушению условий зарядки и разрядки, долговечность, простота в обслуживании, компактность и герметичность.

Этим требованиям в полной мере удовлетворяют аккумуляторы, изготовленные по технологиям "dryfit" и AGM (адсорбированный электролит) или рекомбинационной технологии. Конструкция этих аккумуляторов обеспечивает высокие значения мощности разряда в расчете на единицу объема [5,6]. Для продления срока службы аккумуляторов при циклическом режиме работы в СБ важно не допускать глубокого разряда. Чтобы защитить батарею от избыточной разрядки, нагрузка должна быть отключена при снижении напряжения батареи ниже критического значения (напряжение отключения). Аналогично, для защиты от перезарядки надо ограничить зарядный ток при достижении напряжения завершения зарядки.

Солнечный генератор (каким бы сложным он ни был) вырабатывает лишь постоянный ток. Несмотря на то, что есть много потребителей, использующих именно постоянный ток (зарядка аккумуляторов, освещение, радиоаппаратура и т.д.), основная часть электроники работает на переменном токе. С учетом вышесказанного немаловажным является создание агрегатов бесперебойного

питания (АБП) для преобразования постоянного напряжения АБ в переменное синусоидальной формы.

Исследование основных структур и отдельных узлов таких преобразователей и является целью настоящей статьи.

Анализ основных структур АБП. Наиболее часто АБП строятся с применением статических преобразователей и с использованием в качестве резервного источника АБ [9-11]. Распространенные в настоящее время АБП состоят из выпрямителя (часто совмещенного с ЗВ - зарядным выпрямителем), инвертора, быстродействующего контактора или статического переключателя (СП), а также из различных устройств контроля и диагностики. В АБП используют как управляемые, так и неуправляемые выпрямители (УВ, НВ). В последнем случае для заряда АБ используют отдельный ЗВ [10]. На рис. 2 приведены основные структуры АБП.

С целью уменьшения влияния УВ на источник питания, особенно при соизмеримой мощности УВ, часто прибегают к увеличению его фазности или применяют специальные компенсирующие устройства.

В АБП особое место отводится инверторам, так как надежность системы, качество энергии и технико-экономические показатели во многом зависят от них. При больших мощностях в этих инверторах в качестве силового ключа в основном используются тиристоры.

В современных АБП длительность переключения электропитания нагрузки в основном определяется быстродействием применяемых тиристоров и способом их коммутации. В случаях, когда нагрузка чувствительна к отклонениям параметров сети (амплитуда, частота, форма, кратковременные отклонения), часто применяют структуру АБП, показанную на рис. 2а [6]. УВ осуществляет заряд и подзаряд АБ и обеспечивает питание инвертора. При исчезновении напряжения сети энергия в нагрузку поступает от АБ через тот же инвертор, поэтому перерыв в электропитании нагрузки отсутствует. Бесперебойность энергоснабжения потребителя в такой системе всецело зависит от надежности УВ и инвертора. Выход любого из них из строя может привести к перерыву в электропитании.

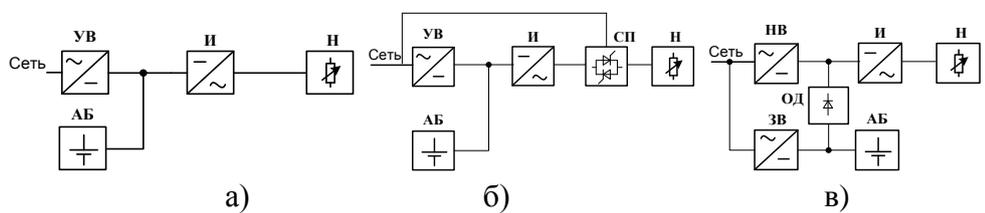


Рис. 2. Основные структуры АБП

Приведенная на рис. 2б структура, с точки зрения экономичности и надежности, более эффективна. При исчезновении напряжения сети нагрузка переключается на питание от АБ через инвертор. Если же инвертор работает в облегченном режиме, то при исчезновении напряжения сети снимается блокировка импульсов управления инвертором и подается сигнал переключения нагрузки. Энергетические показатели системы в этом режиме выше, чем в ненагруженном. Очевидно, что структура рис. 2б при низком качестве напряжения сети не может удовлетворять требованиям потребителей. Энергетические показатели этой структуры улучшаются заменой УВ на НВ [10].

НВ питает только инвертор, а для заряда и подзарядки АБ применяется специальный зарядный выпрямитель небольшой мощности (рис. 2в). В структуре рис. 2в используется еще и запорное устройство ЗУ (отсекающий диод), посредством которого ЗВ отсекается от НВ. В данной структуре инвертор должен обладать высокими динамическими показателями, так как на его входе возможны большие скачки напряжения [10]. Существуют также другие структуры АБП, являющиеся комбинациями вышерассмотренных [9-11].

В зависимости от поставленной задачи можно использовать ту или иную структуру АБП, рассмотренную выше.

Отметим, что независимо от выбранной структуры важнейшим узлом в них являются инверторы, с помощью которых на выходе формируется переменное напряжение (близкое к синусоидальному напряжению) заданной частоты и осуществляется стабилизация выходных параметров источника.

Анализ и выбор основных элементов схем инверторов. На рис. 3 показаны наиболее распространенные на практике схемы параллельных инверторов [12-14]. Для стабилизации выходного напряжения в трехфазном инверторе используется управляемая индуктивность L_y [13].

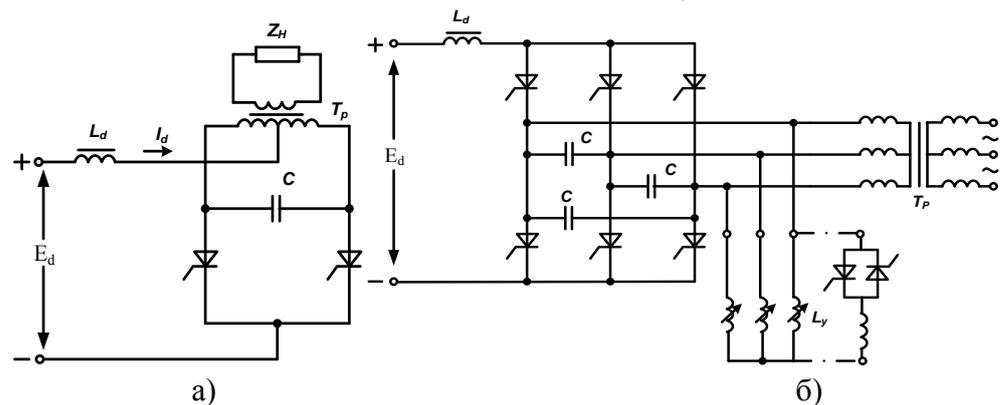


Рис. 3. Схемы параллельных инверторов: а – однофазного, б - трехфазного

При анализе рабочих режимов в параллельном инверторе рассматривают два крайних случая: 1) индуктивность дросселя в цепи постоянного тока велика ($L_d = \infty$). Такой параллельный инвертор работает в режиме инвертора тока; 2) индуктивность дросселя в цепи постоянного тока мала. При определенных допущениях такой инвертор может считаться инвертором напряжения.

Анализ работы однофазного инвертора в первом режиме проведем с помощью эквивалентной схемы рис. 4.

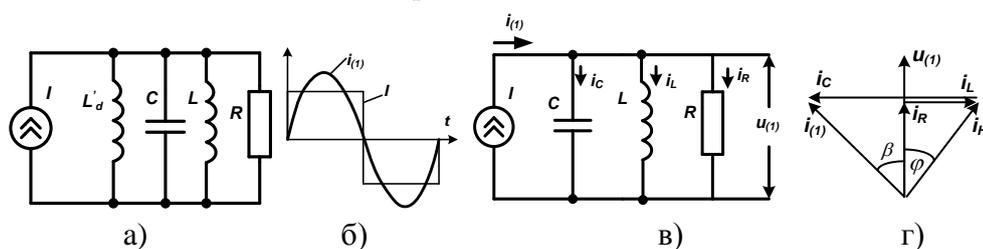


Рис. 4. Эквивалентная схема (а) однофазного параллельного инвертора: б - кривая тока параллельного инвертора; в - эквивалентная схема по 1-й гармонике, г - векторная диаграмма

Для однофазного параллельного инвертора, в цепь постоянного тока которого включен дроссель большой индуктивности, учет совместного действия вентилей как переключающих элементов для установившегося режима можно осуществить с помощью источника тока специальной формы, воздействующего на линейную часть схемы.

Для установившегося режима в работе предлагается схема замещения с источником тока прямоугольной формы (рис. 4б). При конечной индуктивности в звене постоянного тока ее влияние на работу инвертора учитывается включением параллельно нагрузке эквивалентной расчетной индуктивности. Величина этой индуктивности пропорциональна (но не равна) индуктивности дросселя L_d в звене постоянного тока. Она может быть рассчитана по формуле

$$L'_d = 0.5 L_d q k_T^2 \left(\frac{\pi}{m \sin(\pi/m)} \right)^2 \frac{I}{T_m}, \quad (1)$$

где k_T - коэффициент трансформации инверторного трансформатора; q - число фаз сети переменного тока; m - число коммутации за период; T_m - постоянная ($T_m < 1$), которая очень быстро убывает с увеличением числа коммутации m . Например, при $m = 2$ - $T_m = 0,234$, а при $m = 2$ - $T_m = 0,00176$. Из этого следует, что потребляемая дополнительная реактивная мощность из-за недостаточного сглаживания в звене постоянного тока в однофазной схеме значительно больше, чем в многофазной [12].

Если величина индуктивности в звене постоянного тока мала, то пользоваться схемой замещения с одним источником тока нельзя, поэтому следует перейти к схеме замещения с несколькими источниками тока или к схеме с источниками напряжения.

Схема рис. 4а дает возможность оценить минимально необходимую величину индуктивности L'_d , следовательно, и L_d . Поскольку результирующая нагрузка инвертора (учитывающая параллельно включенные R, C, L, L'_d) должна обладать емкостной реакцией для обеспечения нормальной работы вентиля, L'_d следует выбирать таким образом, чтобы обеспечить необходимый минимальный угол $\beta_{мин}$ для восстановления управляющих свойств тиристоров ($\omega t_{восст} \leq \beta_{мин}$) [14].

Расчет характеристик инвертора методом основной гармоники. Влиянием высших гармоник при активно-индуктивной или двигательной нагрузке многофазного инвертора можно пренебречь, так как, например, в выходном напряжении трехфазного мостового инвертора содержатся лишь 5-я, 7-я, 11-я, 13-я и т.д. гармоники, суммарное содержание которых в выходном напряжении не превышает 10...20%.

Выделим из кривой тока прямоугольной формы основную гармонику $i_{(1)}$, имеющую те же моменты перехода через нуль (рис. 4б). Пренебрегая остальными гармониками входного тока, рассчитаем характеристики параллельного инвертора при действии тока основной гармоники на параллельно соединенные нагрузку и конденсатор.

Из векторной диаграммы для токов (рис. 4г) следует

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{I_C - I_H \sin \varphi}{I_H \cos \varphi}, \quad (2)$$

где β - фазовый угол между основной гармоникой выходного напряжения инвертора $u_{(1)}$ и током $i_{(1)}$, потребляемым нагрузкой и конденсатором; φ - фазовый угол между током нагрузки I_H и напряжением $u_{(1)}$, обусловленный характером нагрузки. По аналогии с инвертором, ведомым сетью, угол β можно назвать углом опережения отпирания или углом выключения (поскольку коммутация в параллельном инверторе почти мгновенна, угол опережения отпирания и угол выключения равны).

Из (2) можно легко получить [12]

$$\frac{1}{\cos \beta} = \sqrt{\left(\frac{1 - \sin \varphi}{B \cos \varphi}\right)^2 + 1}, \quad (3)$$

где $B = \frac{x_C}{x_H} = \frac{k_T^2}{\omega C Z_H}$ - степень нагрузки инвертора; k_T - коэффициент трансформации инверторного трансформатора. Соответственно $B_a = B \cos \varphi$ - степень активной части нагрузки, $B_p = B \sin \varphi$ - степень реактивной части нагрузки.

Подводимое к инвертору постоянное напряжение E_d , угол опережения и основная гармоника выходного напряжения связаны между собой следующей зависимостью (без учета потерь в инверторе):

$$E_d = \alpha_H k_T U_{(1)} \cos \varphi, \quad (4)$$

где α_H - коэффициент пропорциональности, зависящий от схемы инвертирования (числа фаз). Например, для трехфазной мостовой схемы $\alpha_H = 2,34$, если за фазное напряжение принять $U_{(1)}$ [12,13].

Из (3) и (4) получим выражение для внешней характеристики инвертора:

$$\frac{\alpha_H k_T U_{(1)}}{E_d} = \sqrt{\left(\frac{1 - B \sin \varphi}{B \cos \varphi}\right)^2 + 1}. \quad (5)$$

Из рассмотрения внешних характеристик (5) видно, что при снижении нагрузки (уменьшении B_a) напряжение на выходе сильно повышается. Это объясняется тем, что в режимах, близких к режиму холостого хода, энергия накапливается в коммутационном конденсаторе, в результате чего напряжение на конденсаторе возрастает. Указанное обстоятельство является одним из основных недостатков инверторов этого типа.

Анализ работы выходного фильтра. Для формирования синусоидального напряжения на выходе инвертора включаются фильтры нижних частот. Основные виды фильтров описаны во многих работах, в частности, в [14] приведено восемь разновидностей схем таких фильтров. В качестве базового принимается классический Г-образный LC фильтр (рис. 5).

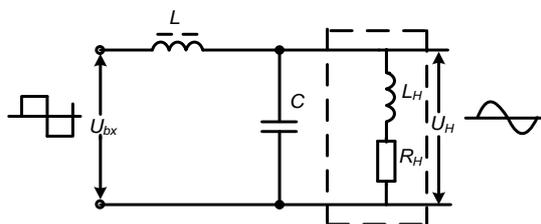


Рис. 5. Выходной Г-образный фильтр низкой частоты

Наиболее эффективным критерием оценки синусоидальности является коэффициент гармоник $k_{Г.Ф}$ для напряжения, получаемого на выходе стандартного фильтра с заданным параметром, подключенного на выходе инвертора [14]. В качестве указанного параметра удобнее принять его относительную частоту:

$$\omega_* = \frac{\omega}{\omega_0} = \omega\sqrt{LC}, \quad (6)$$

где ω_0 - собственная частота фильтра; ω - рабочая частота инвертора (частота первой гармоники напряжения на выходе инвертора); L и C – индуктивность дросселя и емкость конденсатора фильтра соответственно.

Модуль коэффициента передачи фильтра по напряжению на частоте гармоники с номером n (при холостом ходе на выходе фильтра) равен

$$|k_{U_n}| = (1/n\omega C)/(1/n\omega C - \omega L) = 1/(1 - n^2\omega_*^2). \quad (7)$$

С учетом последнего для коэффициента гармоник по напряжению получим

$$k_{Г.Ф} = \sqrt{\sum_{n=n_{min}}^{n=\infty} \left(\frac{1}{1 - n^2\omega_*^2} \right) \left(\frac{U_n}{U_1} \right)^2}. \quad (8)$$

Из (8) видно, что значение ω^* для данного значения $k_{Г.Ф}$ будет тем меньше, чем выше номер высшей гармоники, ближайшей к основной (n_{min}), т.е. качество выходного напряжения инвертора определяется не столько его коэффициентом гармоник $k_{Г.Ф}$, сколько количеством исключенных из спектра этого напряжения высших гармоник низкого порядка. Поэтому все основные методы формирования выходного напряжения в целом направлены на решение задачи исключения высших гармоник, ближайших к основной.

Фильтрующие способности фильтра, изображенного на рис. 5, можно характеризовать коэффициентом передачи напряжения гармоник [14]:

$$H(jn\omega) = 1/(1 + Z_{noc}G_{nap}), \quad (9)$$

где Z_{noc} - полное сопротивление последовательной ветви фильтра; G_{nap} - проводимость параллельной ветви фильтра с учетом нагрузки.

С учетом того, что

$$Z_{noc} = j\omega nL; \quad G_{nap} = j\omega nC/(j\omega nL_H + R_H), \quad (10)$$

из (6), (9) и (10) получим коэффициент передачи по напряжению (при нагрузке, как показано на рис. 6 пунктиром):

$$H(jn\omega) = \left(\frac{1}{1 + jn\omega L (jn\omega C + 1/(R_H + jn\omega L_H))} \right). \quad (11)$$

Или, обозначив

$$\alpha_1 = L/L_H; \quad tg\varphi_H = \omega L_H / R_H, \quad (12)$$

из (11) получим коэффициент передачи напряжения по первой гармонике в следующем виде:

$$H(j\omega) = \frac{1 - \omega_*^2 tg^2 \varphi_H}{(1 - \omega_*^2)(1 - \omega_*^2 tg^2 \varphi_H) + \omega_*^2 \alpha_1 tg^2 \varphi_H + j\omega_* \alpha_1 tg \varphi_H}, \quad (13)$$

где φ_H - угол сдвига первой гармоники тока нагрузки относительно первой гармоники напряжения на нагрузке.

На рис. 6 приведены графические зависимости модуля коэффициента передачи напряжения от значения относительной частоты ω^* и параметра α_1 .

Как видно из полученных зависимостей, при увеличении параметра α_1 , т.е. увеличении индуктивности фильтра, коэффициент передачи напряжения уменьшается. Это связано с увеличением падения напряжения на этой индуктивности.

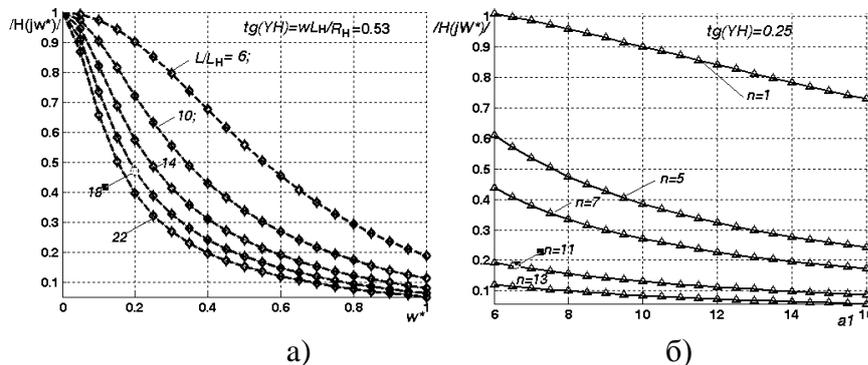


Рис. 6. Зависимости модуля коэффициента передачи напряжения: а - по первой гармонике; б - для гармоник $n=1$; $n=5$; $n=7$; $n=11$ и $n=13$

Из этих зависимостей также видно, что с увеличением номеров гармоник модуль коэффициента передачи напряжения резко уменьшается, что естественно, так как фильтр настроен на основную первую гармонику.

Стабилизация или регулирование выходного напряжения инвертора.

Существует много способов стабилизации или регулирования выходного напряжения инвертора, но наиболее распространенным является использование

на выходе параллельного инвертора добавочной регулируемой индуктивности (см. рис. 4б) [10,12-14].

В качестве добавочной управляемой индуктивности могут служить: 1) подмагничиваемый инверторный трансформатор; 2) подмагничиваемый реактор, подключенный параллельно к выходу инвертора; 3) постоянная индуктивность, подключенная параллельно к выходу инвертора через управляемые встречно-параллельные вентили [12].

На рис. 7 приведены схема замещения и круговые диаграммы для данного случая.

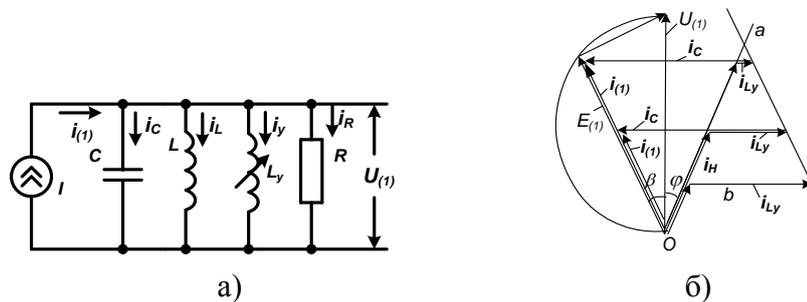


Рис. 7. Схема замещения и круговые диаграммы: а - схема замещения трехфазного инвертора по рис. 4б; б - векторная диаграмма при трех значениях тока нагрузки

На круговой диаграмме для трех различных значений тока нагрузки I_n представлены: $E_{(1)}$ - основная гармоника расчетной входной ЭДС инвертора; $i_{(1)}$ - расчетный входной ток, совпадающий по фазе с входной ЭДС $E_{(1)}$; I_H - ток нагрузки, отстающий от выходного напряжения АИ $U_{(1)}$ на угол $\varphi = \text{const}$; I_{Ly} - ток управляемой индуктивности; I_C - ток конденсатора. Для того чтобы выходное напряжение инвертора $U_{(1)}$ оставалось неизменным при неизменной ЭДС питания E_d , необходимо, чтобы угол опережения отпирания β оставался также неизменным. Постоянство угла β обеспечивается тем, что при изменении тока нагрузки изменяется ток I_{Ly} управляемой индуктивности.

При неизменных коэффициенте и мощности нагрузки $\cos \varphi$ индуктивность реактора должна быть наибольшей при холостом ходе инвертора с тем, чтобы полностью компенсировать избыточный емкостный ток. При номинальной нагрузке ток управляемого реактора близок к нулю. Геометрическими местами конца вектора тока управляемой индуктивности будут прямые Oa и bc . Такой способ стабилизации выходного напряжения является весьма эффективным, так как избыточный емкостный ток компенсируется на месте его возникновения соответствующим током индуктивности, и поэтому вентили и другие элементы не перегружаются током. Недостатками данного способа стабилизации являются

инерционность в случае использования подмагничиваемых реакторов или трансформаторов и большие габариты вспомогательной аппаратуры.

Выводы. В большинстве фотоэлектрических систем для аккумуляции энергии желательно применять свинцово-кислотные аккумуляторы. Анализ структур АБП показывает, что почти во всех схемах имеется некоторая избыточность, обусловленная в основном стремлением обеспечить высокую надежность питания ответственных потребителей или уменьшение времени перерыва в снабжении. В системах АБП основным узлом является инвертор, что дает возможность получения переменного напряжения заданной частоты и величины. Однако для получения синусоидальной формы напряжения на нагрузке на выходе инвертора необходимо подключить фильтр, настроенный на основную гармонику. Приведенный упрощенный анализ и полученные характеристики позволяют наиболее оптимально выбрать элементы силовой схемы инвертора и выходного фильтра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тарасенко А.П.** Особенности и применение возобновляемых источников энергии в малой энергетике // Силовая Электроника.- 2012.- № 2.- С. 90 - 94.
2. Photovoltaic solar energy materials. www.springerlink.com
3. **Mukund R. Patel.** Wind and Solar power systems // Design Analysis and Operation. U.S. Merchant Marine Academy. 2nd edition. – Kings Point, New York, USA, 2006.- P. 83-143.
4. **Tiwari G.N., Dudley Swapril.** Fundamentals of photovoltaic modules and their applications. Center for energy studies, Indian institute of technology. – Delhi, India, 2010. - P. 34-90.
5. Солнечные батареи. <http://www.solarhome.ru>
6. Стационарные аккумуляторы. Технология Dryfit. <http://www.akku-vertrieb.ru>
7. **Кашкаров А.П.** Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции.- М.: ДМК Пресс, 2011.- 144 с.
8. **Гуревич В.** Источники бесперебойного электропитания: устройство, принципы действия и применение // Силовая электроника.- 2012.- № 6.- С. 63 - 70.
9. **Барегамян Г.В.** Агрегат бесперебойного электропитания на основе многофункционального преобразователя и регулятора мощности // Энергия.- Тбилиси, 2010.- № 4 (56). - С. 43-48. ISSN 1512-0120.
10. Статические агрегаты бесперебойного питания / **Г.Г. Адамия, Е.И. Беркович, А.С. Картавых и др.** / Под ред. Ф.И. Ковалева. - М.: Энергоатомиздат, 1992. -275 с.
11. **Лабунцов В.А., Ривкин Г.А., Шевченко Г.И.** Автономные тиристорные инверторы / Под ред. М.Г. Чиликина.- М.: Энергия, 1967. - 160 с.
12. **Бэтфорд Б., Хофт Р.** Теория автономных инверторов.- М.: Энергия, 1968.- 280 с.

13. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. - М.: Высшая школа, 1980.- 422 с.
14. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи.- М.: Энергоатомиздат, 1986. - 376 с.

*Поступила в редакцию 17.11.2013.
Принята к опубликованию 13.05.2014.*

ՀԱՍՏԱՏՈՒՆ ԼԱՐՈՒՄԸ ԿԱՅՈՒՆԱՑՎԱԾ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՍԻՆՈՍՈՒԴԱԿԱՆ ԼԱՐՄԱՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉՆԵՐՈՒՄ

Ն.Ն. Պետրոսյան, Դ.Մ. Կիրակոսյան, Ա.Գ. Բարեղամյան

Քննարկվում են արևային էլեկտրաէներգիայի ինքնավար սնուցման համակարգ կառուցելու խնդիրներն ու դրան ներկայացվող կարևորագույն պահանջները: Ուսումնասիրվում են հաստատուն լարման կերպափոխիչների հիմնական բաղադրիչները, դրանց բնութագրերը և առավել մանրամասն՝ զուգահեռ ինվերտորները:

Առանցքային բառեր. մարտկոց, ինքնավար սնուցման համակարգ, անընդհատ սնման ագրեգատ, զուգահեռ ինվերտոր, ֆիլտր, հաստատուն լարում, փոփոխական լարում:

CONVERTERS OF CONSTANT VOLTAGE INTO STABILIZED ALTERNATING VOLTAGE OF SINUSOIDAL TYPE

N.N. Petrosyan, D.M. Kirakosyan, A.G. Bareghamyan

The principles of constructing converters of constant voltage into alternating voltage for developing an autonomous solar power plant are considered. The scheme of the main unit – the parallel inverter with stabilization of the output voltage and the scheme of the low – frequency filter are analyzed.

Keywords: accumulator, autonomous power supply systems, unit of uninterrupted power supply, parallel inverter, filter, constant voltage, alternating voltage.