

УСТРОЙСТВА ГАРАНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

О.Н.Юрченко¹, докт. техн. наук, А.Э.Гречко²

¹ Ин-т электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

² Национальный Технический Университет Украины «КПИ»,
пр. Победы, 37, Киев, 03056, Украина.
e-mail: yuon@ied.org.ua

Описаны схемные построения устройств гарантированного питания (УГП) с использованием трехуровневых ШИП и трехуровневых АИН. Строятся УГП путем реализации двух каналов поступления электрической энергии на шины гарантированного питания. Показано, что введение в состав УГП трехуровневых ШИП и АИН позволяет расширить функциональные возможности устройств вследствие улучшения качества выходных напряжений и их энергетических показателей. Проведен анализ построения УГП более рационального с точки зрения улучшения их энергетических и массогабаритных показателей за счет исключения в канале резервного питания дополнительного преобразования энергии постоянного тока в постоянный. Введение в состав УГП трехуровневого АИН снижает практически в два раза рабочее напряжение на силовых транзисторах.
Библ. 2, рис.3.

Ключевые слова: устройства гарантированного питания, трехуровневые ШИП и АИН.

Введение. Число аварий в системах автономного электроснабжения составляет несколько десятков в год, в результате существует значительный ущерб на предприятиях пользователях электроэнергии. Чаще всего встречаются провалы напряжения и колебания сетевого напряжения, превышающие допустимые значения. Для устранения этих недостатков используются УГП – устройства гарантированного питания (англ.: Uninterruptible Power Supply). Такие параметры УГП, как надежность, длительность послеаварийной работы, а также величина выходной мощности, можно определить как главные параметры резервного устройства.

Основным принципом работы устройства гарантированного питания является накопление электрической энергии в аккумуляторных батареях и, в случае необходимости, преобразование ее в электроэнергию переменного тока.

Одной из основных структур построения устройств резервного питания [1] является структура УГП с пассивным резервом – *stand by*. Как показано в [2], введение в состав УГП трехуровневых ШИП и АИН, позволяет улучшить качество выходного напряжения и энергетические показатели таких устройств.

Целью настоящей работы является анализ УГП с использованием трехуровневых ШИП и трехуровневых АИН.

Блок-схема исходной версии УГП показана на рис. 1. В качестве основного источника питания устройства – промышленная сеть, в качестве дополнительного – аккумуляторная батарея (АБ).

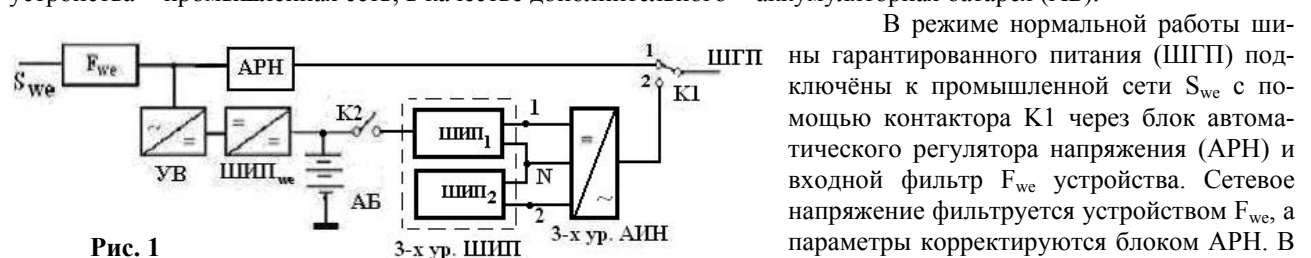


Рис. 1

В режиме нормальной работы шины гарантированного питания (ШГП) подключены к промышленной сети S_{we} с помощью контактора К1 через блок автоматического регулятора напряжения (АРН) и входной фильтр F_{we} устройства. Сетевое напряжение фильтруется устройством F_{we} , а параметры корректируются блоком АРН. В состав ветви резервного поступления электроэнергии входят последовательно включенные управляемый выпрямитель УВ, входной конвенциональный ШИП, АБ, трехуровневый ШИП и трехуровневый АИН. Два блока – трехуровневый ШИП и трехуровневый АИН при включенном контакторе К2 и нормальной работе УГП работают в режиме холостого хода. В частности, трехуровневый ШИП представляет собой соединение двух преобразователей постоянного напряжения [2]. Они формируют на выходных зажимах 1, N, 2 трехуровневое напряжение постоянного тока для питания инвертора. При переходе УГП в аварийный режим работы контактор К1 переключается в положение 2, и электроэнергия поступает от автономного инвертора напряжения с использованием энергии, запасенной в АБ.

Блок-схема предлагаемого построения резервной ветви УГП. Более рациональным является построение второй ветви УГП с использованием двухсекционного построения аккумуляторной батареи (АБ1+АБ2). Это позволяет исключить входной ШИП, а на его место установить трехуровневый ШИП. Выпрямитель может быть выполнен диодным (ДВ), т.е. без системы управления. Данное схемное решение показано на рис. 2.

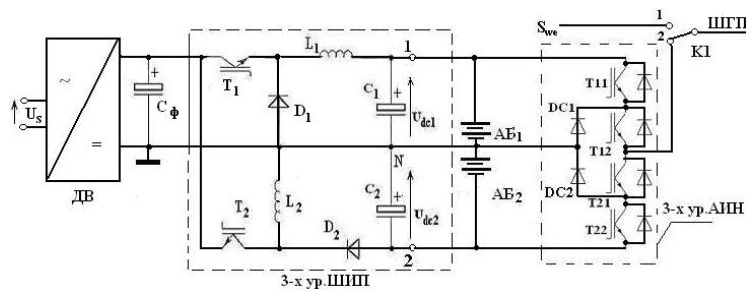


Рис. 2

ограничивающих диодах DC1, DC2, подсоединенных общей точкой к нулевому зажиму АБ. Формирование выходного напряжения в трехуровневом АИН целесообразно осуществлять на основе поуровневой синусоидальной ШИМ, реализуемой сравнением на компараторах синусоидального модулирующего сигнала частотой 50Гц с двумя треугольными сигналами несущей частоты $f_{mod}=1200$ Гц, как показано на рис. 3. Каждый компаратор управляет двумя транзисторами T11, T21 и T12, T22 в противофазе (одним из верхнего плеча, а другим из нижнего плеча инвертора).

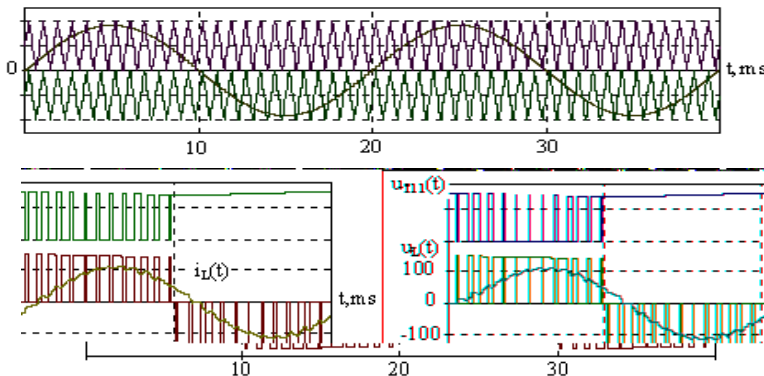


Рис. 3

трехуровневого инвертора следует рас-считывать из выражения

$$U_{dc1} = U_{dc2} = \frac{U_{L1}}{2\sqrt{2}m_A} = 172,8 \text{ В}, \quad (1)$$

в котором коэффициент глубины модуляции $m_A = 0,9$ выбираем на границе режима начала модуляции [2].

Трехуровневый ШИП запитан от мостового однофазного ДВ, т.е. двухуровневым напряжением постоянного тока. Напряжение на конденсаторе C_ϕ находится в границах $U_{C\phi} = \sqrt{2} U_s \pm 15\%$, где $U_s = 220 \text{ В}$ – действующее значение напряжения питающей сети УГП. На блок-схеме предлагаемого построения резервной ветви УГП приведена предложенная схема трехуровневого ШИП, состоящего из двух ШИП. Первый ШИП выполнен по схеме конвенционального преобразователя типа *buck*, а второй – по схеме резонансного ШИП типа *buck-boost* (*bb*) [2]. Входные цепи первого и второго включены параллельно друг другу относительно выходных зажимов ДВ, чем исключается их интерактивное влияние. Каждый из исходных ШИП состоит соответственно из четырех элементов L_1, T_1, D_1, C_1 и L_2, T_2, D_2, C_2 . Первый конвенциональный ШИП формирует напряжение на выходных зажимах такой же полярности, что и напряжение питания $U_{C\phi}$. Средняя величина выходного напряжения первого ШИП может быть регулируема только в сторону понижения $U_{dc1} = \gamma U_{C\phi}$, где γ – глубина модуляции ($0,1 \leq \gamma \leq 0,95$). Второй ШИП классифицируют как преобразователь с промежуточным звеном накопления и передачи энергии. Выходное напряжение U_{dc2} преобразователя типа *bb* имеет противоположную полярность относительно входного напряжения преобразователя, а средняя величина этого напряжения может быть как меньше, так и больше напряжения питания. В ШИП типа *bb*, при допущениях об идеальности элементов и незначительности уровня пульсаций выходного напряжения в сравнении с постоянной составляющей, а также пренебрежении внутренними сопротивлениями реактивных элементов, коэффициент передачи по напряжению преобразователя имеет вид

На выходных зажимах 1, N, 2 трехуровневого ШИП формируется стабилизированное трехуровневое напряжение постоянного тока $U_{dc1} = U_{dc2} = U_{dc}/2$, до уровня которого заряжены обе секции аккумулятора АБ1, АБ2. Также к зажимам 1, N, 2 подключен трехуровневый полумостовой инвертор, который можно классифицировать как АИН с ограничивающими диодами (анг. DC - Diode Clumped). Построен инвертор на четырех силовых транзисторах T11–T22, шунтированных обратными диодами, и двух

Выходное напряжение $u_L(t)$ инвертора представляет собой последовательность однополярных импульсов, амплитуды которых равны половине величины напряжения, поступающего с трехуровневого ШИП, а именно, $U_{dc}/2$. Как следует из кри-вой напряжения на верхнем транзисторе $u_{T11}(t)$, показанной на рис. 3, величина на-пряжения на транзисторе колеблется в границах половины величины напряжения питания инвертора $U_{dc}/2$. Принимая, что на выходе инвертора должно формироваться синусоидальное действующее напряжение величиной $U_{L1}=220 \text{ В}$, входное напряже-ние

$$K_U = -\gamma/(1-\gamma), \quad (2)$$

где $\gamma = t_1/T_i$ является коэффициентом глубины модуляции выходного напряжения, который находится в диапазоне $0 \leq \gamma \leq 1$. А t_1, t_2 – время соответственно включенного и выключенного состояния транзистора, сумма обоих интервалов времени $t_1 + t_2 = T_i$ определяет период несущей частоты модуляции ($f_{imp} = 1 / T_i$). Важным положительным свойством *bb* является возможность применения того же алгоритма управления для обоих исходных ШИП.

Заключение. Главной отличительной особенностью предложенного УГП является снижение рабочего напряжения на транзисторах трехуровневого АИН. Для сравнения, если в классической схеме транзисторы АИН работают при напряжении $U_{dc1} + U_{dc2} = U_{dc}$, то в трехуровневом АИН с разделением аккумуляторной батареи – при величинах напряжений вдвое меньших $U_{dc1} = U_{dc2} = U_{dc}/2$.

1. *Климов В.П., Портнов А.А., Зуенко В.В.* Топологии источников бесперебойного питания переменного тока (ИБП) // Электронные компоненты. – 2003. – №7. – С. 14–18.
2. *Greczko E., Bubacz P.* Układy zasilania rezerwowego z 3-poziomowymi falownikami napięcia // Pomiarы, Automatyka, Kontrola. – 2008. – No 6. – Pp. 51–57. (Polish)

УДК 621.314

ПРИСТРОЇ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ ІЗ НАШВПРОВІДНИКОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

О.М.Юрченко¹, докт.техн.наук, А.Е.Гречко²

¹ – Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ- 57, 03680, Україна,

² – Національний Технічний Університет України «КПІ»,

пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

e-mail: yuon@ied.org.ua

Описано схемні побудови пристроїв гарантованого живлення (ПГЖ) з використанням трирівневих ШИП і трирівневих АИН. Будуються ПГЖ шляхом реалізації двох шляхів надходження електричної енергії на шини гарантованого живлення. Показано, що введення до складу ПГЖ трирівневих ШИП і АИН дозволяє розширити функціональні можливості пристроїв в частині поліпшення якості вихідних напруг і їхніх енергетичних показників. Проведено аналіз побудови ПГЖ більш раціонального з точки зору покращення їхніх енергетичних і масогабаритних показників за рахунок виключення в каналі резервного живлення додаткового перетворення енергії постійного струму в постійний. Введення до складу ПГЖ трирівневого АИН знижує практично в два рази робочу напругу на силових транзисторах. Бібл. 2, рис. 3.

Ключові слова: пристрої гарантованого живлення, трирівневі ШИП і АИН.

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY DEVICES WITH SEMICONDUCTOR CONVERTERS

О.М.Yurchenko¹, А.Е.Grechko²

¹ – Institute of Electrodynamics of National Academy of Sciences of Ukraine,

pr. Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

² – National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",

pr. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine.

e-mail: yuon@ied.org.ua

Schematics described construction of uninterruptible power supply devices (UPS) using a three-level and three-level power pulse-width converter and autonomous voltage inverter. UPS built through the two routes of electric guaranteed energy supply tires. It is shown that the introduction of the three-level PWC and AVI allows you to extend the functionality of the device as a consequence of improving the quality of their output voltages and power indicators. The analysis of building UPS more rational in terms of improving their energy and weight and size by eliminating channel additional power backup energy conversion DC to DC is shown. The introduction of the three-level AVI reduces almost twice the operating voltage power transistors. References 2, figures 3.

Key words: uninterruptible power supply devices, and the three-level PWC and AVI.

1. *Klimov V.P., Portnov A.A., Zuenko V.V.* Uninterruptible power supply topology AC (UPS) // Elektronnye Komponenty. – 2003. – № 7. – Pp.14–18. (Rus)
2. *Greczko E., Bubacz P.* Układy zasilania rezerwowego z 3-poziomowymi falownikami napięcia // Pomiarы, Automatyka, Kontrola. – 2008. – No 6. – Pp. 51–57. (Polish)

Надійшла 30.01.2014