



УДК 621.314.58

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРОВ НА ОБЪЕКТАХ
НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(В СОСТАВЕ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
ОТ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ)**



**APPLICATION OF INVERTERS AT OBJECTS OIL AND GAS INDUSTRY
(IN COMPOSITION OF FREQUENCY CONVERTERS,
IN COMPOSITION OF POWER SUPPLY SYSTEMS PHOTOELECTRIC CONVERTERS)**

Белов Антон Алексеевич

кандидат технических наук
belov.anton.7@mail.ru

Кашин Александр Яковлевич

командир корабля (на самолетах АН-26)
jlms_1@mail.ru

Шкода Валентин Васильевич

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры физики и электротехники,
Краснодарского высшего военного
авиационного училища летчиков
vshkoda@mail.ru

Сидоренко Вера Степановна

кандидат педагогических наук, профессор,
преподаватель кафедры физики и электротехники,
Краснодарского высшего военного
авиационного училища летчиков
vera_sidorenko_47@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены обобщенные схемы применения инверторов в составе ПЧ и ФЭП на объектах нефтегазовой промышленности.

Ключевые слова: инвертор, преобразователь частоты, фотоэлектрический преобразователь.

Belov Anton Alexeevich

Candidate of Technical Sciences
belov.anton.7@mail.ru

Kashin Aleksandr Yakovlevich

Aircraft commander (to the Antonov An-26)
jlms_1@mail.ru

Skoda Valentin Vasilyevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of physics and electrical engineering,
Krasnodar Air Force institute for pilot
vshkoda@mail.ru

Sidorenko Vera Stepanovna

Candidate of Technical Sciences, Professor,
lecturer of the Department of physics
and electrical engineering,
Krasnodar Air Force institute for pilot
vera_sidorenko_47@mail.ru

Annotation. In this article provides generalized schemes for the using of the inverters in composition of frequency converters and photoelectric converters at oil and gas facilities.

Keywords: inverter, frequency converter, photoelectric converter.

В данной работе применены следующие сокращения:

- АВР – автоматический ввод резерва.
- АИМ – амплитудно-импульсная модуляция.
- АКБ – аккумуляторные батареи.
- ВИМ – время-импульсная модуляция.
- ВЭУ – ветроэлектрическая установка.
- ВИЭ – возобновляемые источники энергии.
- ИБП – источник бесперебойного электроснабжения.
- ИП – инверторный преобразователь (от ВИЭ).
- ОНГП – объект(ы) нефтегазовой промышленности.
- ПЧ – преобразователь частоты.
- РУ – распределительное устройство.
- СМ – ступенчатая модуляция.
- УС – управляющий сигнал.
- ФЭП – фотоэлектрические преобразователи.
- ШИМ – широтно-импульсная модуляция.

Инверторы – устройства, преобразующие постоянный ток в переменный с неизменной или регулируемой частотой [1].

В настоящее время инверторы и устройства на их основе находят все большее применение в промышленности и в быту [1, 2].



В данной работе рассмотрим применение инверторов в составе ПЧ электропривода и в составе систем электроснабжения ОНГП от ФЭП, преимущества и недостатки их использования.

Примечание: подразумевается, что силовые каскады обозначенных в работе инверторов выполнены на современной элементной базе: MOSFET или IGBT транзисторах.

Вначале рассмотрим применение инверторов в составе ПЧ.

Цель применения ПЧ – управление электродвигателем привода механизмов технологических установок с помощью изменения напряжения и/или частоты.

Следует отметить, что на ОНГП в качестве указанных технологических установок подразумеваются, в первую очередь, различного вида насосы (диафрагменные, гидropоршневые, магистральные, винтовые, штанговые и т.д.).

Обобщенная схема ПЧ, работающего на трехфазный электродвигатель (М), приведена на рисунке 1 [3].



Рисунок 1 – Обобщенная блок-схема ПЧ, работающего на трехфазный электродвигатель

Входное переменное напряжение (однофазное или трехфазное) преобразуется выпрямителем в постоянное. В качестве промежуточного модуля в звене постоянного тока может быть применен дополнительный электрофильтр, схема снижения пусковых токов [3], вход электропитания от автономного источника постоянного тока [4, 5] и др.

Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное трехфазное (в данной схеме) заданной частоты и амплитуды. Обычно система управления инвертором построена на основе логических элементов или контроллера. Регулировка частоты и уровня напряжения осуществляется системой управления в зависимости от параметров обратной связи (напряжения, тока, скорости вращения ротора, положения ротора и т.д.). Следует отметить, что система управления может иметь несколько заданных режимов работы в зависимости от технологического назначения электродвигателя (рис. 1). Режим работы частотного преобразователя может быть выбран автоматически или (и) оператором. Примечание: в данной работе подразумевается, что инверторы

Фильтр 1 – препятствует попаданию возникающих в ПЧ помех в питающую сеть.

Фильтр 2 – служит для снижения помех от инвертора на выходе ПЧ.

К элементам преобразователя могут быть подключены датчики контрольно-измерительных приборов и системы мониторинга.

Необходимо отметить, что подавляющее большинство ПЧ работают с инверторами ШИМ или (и) ВИМ типа преобразования. Однако, при малых и средних мощностях, возможно применение АИМ инверторов (другое название – СМ-инверторы), что позволит уменьшить индуктивность, емкость, объем и массу фильтров в ПЧ [6, 7].

Основные преимущества применения ПЧ, имеющих в своей структуре инвертор, на ОНГП следующие:

- экономия электроэнергии (от 30 до 60 %) [8];
- плавное управление, снижающее вероятность гидроударов [8];
- снижение пусковых токов;
- возможность применения нескольких параллельных насосов различной производительности в одной магистрали [8].



Основные недостатки применения частотных преобразователей:

- достаточно высокая стоимость;
- генерация помех в питающую сеть и, как следствие, необходимость установки фильтров (рис. 1).

Рассмотрим применение устройств (систем) на основе инверторов в части электропитания ОНГП от ФЭП.

Обобщенная структурная блок-схема электроснабжения ОНГП приведена на рисунке 2. В данной схеме не показаны повышающие/понижающие трансформаторы, напряжения питающих фидеров, коммутационные устройства и уровни напряжения.

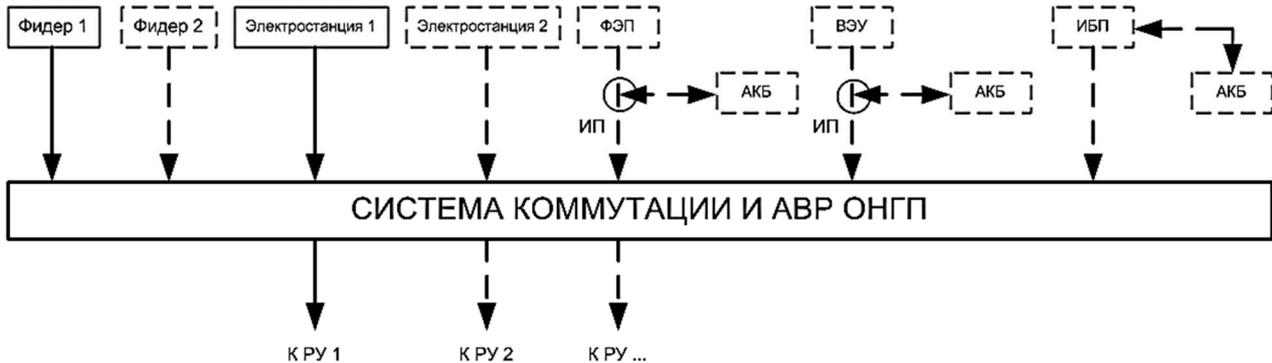


Рисунок 2 – Обобщенная структурная блок-схема электроснабжения ОНГП

В зависимости от удаленности от стационарных сетей и требований к надежности, электроснабжение ОНГП может осуществляться:

- от одного или двух фидеров (вводов) стационарной электросети;
- без фидеров (вводов) стационарной электросети (удаленный объект);
- от одной питающей собственной электростанции (газовой, дизельной или другого типа);
- от нескольких питающих собственных электростанции (газовых, дизельных или другого типа);
- с использованием одной резервной электростанции (часто дизельной, газовой);
- с использованием нескольких собственных резервных электростанций (часто дизельных, газовых);
- при использовании ФЭП без АКБ (гибридная система);
- при использовании ВЭУ без АКБ (гибридная система);
- при использовании ФЭП с АКБ;
- при использовании ВЭУ с АКБ;
- при использовании ФЭП с АКБ (гибридная система);
- при использовании ВЭУ с АКБ (гибридная система);
- при использовании ИБП с АКБ (обычно ИБП применяются для бесперебойного электропитания при проведении коммутационных переключений, запуске резервной электростанции).

В схеме рисунка 2 преобразователи на основе инверторов от ВИЭ показаны как «ИП». Контроллер ФЭП, контроллер ВЭУ могут быть встроены в ИП или выполнены в виде отдельных устройств.

Рассмотрим обобщенную схему электропитания ОНГП от ФЭП (рис. 3).

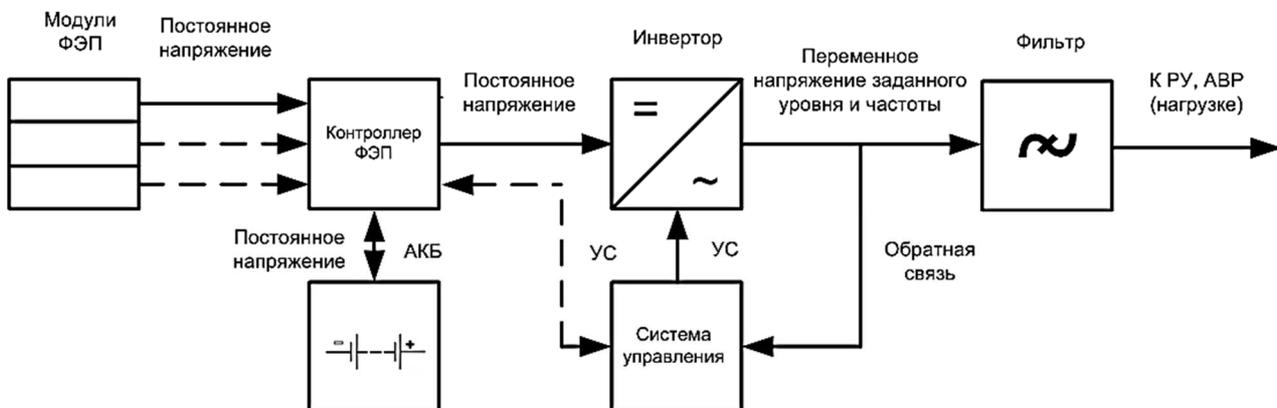


Рисунок 3 – Обобщенная блок-схема электропитания ОНГП от ФЭП с применением инвертора



Модули ФЭП преобразуют энергию фотонов света в электрическую энергию постоянного напряжения. ФЭП соединяются между собой последовательно и (или) параллельно для получения номинальных выходных параметров мощности, напряжения и тока. Модули ФЭП подключаются к контроллеру или подключаются напрямую к инвертору.

Контроллер ФЭП выполняет следующие основные функции:

- повышения отдаваемой мощности модулями ФЭП (работа с точкой максимальной мощности ФЭП);

- заряда АКБ;

- разряда АКБ на нагрузку.

АКБ используются для накопления электрической энергии от ФЭП и отдачи ее в нагрузку в темное время суток или при дефиците мощности от ФЭП.

Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное однофазное или трехфазное. Обычно система управления инвертором построена на основе логических элементов или контроллера.

Формирование напряжения (тока) заданной частоты и уровня напряжения осуществляется системой управления в зависимости от параметров обратной связи (напряжения, тока, коэффициента мощности).

Фильтр служит для снижения помех от инвертора на его выходе.

К элементам инвертора, контроллера ФЭП (контроллера заряда АКБ) и системы управления могут быть подключены датчики контрольно-измерительных приборов и системы мониторинга.

Следует отметить, что подавляющее большинство инверторов в подобных системах работают по принципам преобразования напряжения ШИМ или (и) ВИМ типа. Однако, при малых и средних мощностях, возможно применение СМ-инверторов, что позволит уменьшить индуктивность, емкость, объем и массу выходного фильтра (рис. 3) [6, 7, 9].

Основная область применения систем на базе ФЭП при электропитании ОНГП: автономные объекты малой мощности (электроузлы запорной арматуры, установки электрохимической защиты, оборудование линейной телемеханики и связи и др.) [10].

Главные преимущества применения систем электроснабжения ОНГП на базе ФЭП с применением инверторов:

- снижение электропотребления в дневное время от стационарной сети или снижение расхода топлива/газа от генератора при параллельной работе (гибридный режим);

- отсутствие необходимости подвоза топлива к объекту для генераторов; снижение количества и стоимости проведения капитальных и текущих ремонтов генераторов объекта (при их наличии);

- повышение экологичности объекта.

Основным недостатком данных систем является их достаточно высокая стоимость [10].

Таким образом, применение инверторов в преобразователях частоты и системах электропитания на базе ФЭП на объектах нефтегазовой промышленности способствует снижению затрат на электроэнергию, повышению уровня технологичности, автоматизации и экологичности данных объектов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 19-48-230009 p_a.

Литература

1. Кулик В.Д. Силовая электроника. Автономные инверторы, активные преобразователи : учеб. пособ. / ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2010. – 90 с. – ил. 59.
2. Гельман М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
3. Трехфазный привод. Основы. КЕВ ANTRIEBSTECHNIK. Ревизия 00.00.000-5E06 12/96. – 88 с.
4. Ливинский А.П., Редько И.Я., Филин В.М. Пути решения проблем автономного электроснабжения потребителей удаленных регионов России // Энергетик. – 2010. – № 4. – С. 2–6.
5. Новоселов Б.Н. СОПТ: компактное комплексное решение // Статьи; Сайт журнала «Информатизация и Системы Управления в Промышленности». – Январь 2020. – URL : <https://isup.ru/articles/43/8370>
6. Кашин Я.М., Белов А.А. Сравнительная характеристика широтно-импульсных модуляторов и ступенчатых модуляторов-инверторов : Информационная безопасность – актуальная проблема современности. Совершенствование образовательных технологий подготовки специалистов в области информационной безопасности // Сб. трудов IV–V Всерос. НТК, г. Геленджик 2012 г. – Краснодар : ФВАС, 2012. – С. 169–170.
7. Кашин Я.М., Белов А.А. Перспективы применения ступенчатых модуляторов-инверторов в различных областях производства и быта : Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского (3; 12) // Сборник научных статей III Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2012 года; М-во обороны Рос. Федерации, Фил. Воен. учеб.-науч. центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013. – С. 150–151.
8. Патисов Р. Частотные преобразователи АБВ в нефтегазовой промышленности // Control engineering Россия. – 2014. – № 6 (54). – С. 64–68.



9. Гайтова Т.Б., Кашин Я.М., Белов А.А. Моделирование ступенчато-модулированного инвертора со стабилизацией выходного напряжения при работе от модулей фотоэлектрических элементов. Расчет характеристик и исследование работы // Вестник АГУ. – 2013. – № 3 (122). – С. 74–89.

10. Туровин О.А., Огнев Е.Н., Кочнев А.Е. Применимость ветро-солнечной энергетики в качестве альтернативного источника электроснабжения нефтяных объектов компании // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2017. – № 2 (4). – С. 69–74.

References

1. Kulik V.D. Power Electronics. Autonomous inverters, active converters : study guide / SEI HD SPbGTURP. – SPb., 2010. – 90 p.

2. Gelman M.V. Converting equipment: study guide / M.V. Gelman, M.M. Dudkin, K.A. Preobrazhensky. – Chel-yabinsk : Publishing Center of SUSU, 2009. – 425 p.

3. Three-phase drive. The basics. KEB ANTRIEBSTECHNIK. Revision 00.00.000-5E06 12/96. – 88 p.

4. Livinsky A.P., Redko I.Ya., Filin V.M. Ways to solve the problems of autonomous power supply to consumers in remote regions of Russia // Energetik. 2010. No 4. – P. 2–6.

5. Novoselov B.N. OCS: compact integrated solution // Articles [Electronic resource]; Site of the journal «Informati-zation and Management Systems in Industry». January 2020. – URL : <https://isup.ru/articles/43/8370>

6. Kashin Ya.M., Belov A.A. Comparative characteristics of pulse-width modulators and step modulators-inverters : Information security – an urgent problem of our time. Improving educational technologies for training specialists in the field of information security // CSP IV–V All-Russia SC, Gelendzhik 2012. – Krasnodar : FVAS, 2012. – P. 169–170.

7. Kashin, Y.M., Belov, A.A. Prospects for the use of step modulators-inverters in various fields of production and life : Scientific Readings named after Professor N.E. Zhukovsky (3; 12) // Collection of scientific articles of the III International Scientific and Practical Conference “Scientific Readings named after Professor N.E. Zhukovsky» December 18–19, 2012 / Defense Ministry of the Russian Federation. Federation. Filial The military E-S Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2013. – P. 150–151.

8. Patisov R. Frequency converters ABB in the oil and gas industry // Control engineering Russia. – 2014. – № 6 (54). – P. 64–68.

9. Gaitova T.B., Kashin Y.M., Belov A.A. Modeling a step-modulated inverter with stabilization of the output voltage when working from modules of photovoltaic cells. Calculation of characteristics and research work // Vestnik AGU. – 2013. – № 3 (122). – P. 74–89.

10. Turavin O.A., Ognev E.N., Kochnev A.E. Applicability of wind-solar energy as an alternative source of power supply to oil facilities of the company // PRONEFT. Professionally about oil. – 2017. – № 2 (4). – P. 69–74.