



УДК 62-533.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НЕФТЕ- ГАЗОПРОВОДОВ

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF LINEAR CONSUMERS OF OIL AND GAS PIPELINES

Черкасский Павел Андреевич

аспирант 5 года обучения гр. 14-АЗк-ЭТ061,
Кубанский государственный технологический университет
cherkass@list.ru

Климентьев Сергей Вячеславович

кандидат физико-математических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
klimentiew3691@gmail.com

Асташов Максим Александрович

аспирант 3 года обучения гр. 18-АО-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Умрихин Дмитрий Олегович

студент магистратуры 2 года обучения гр. 18-НМ-ЭЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
ymdim26@mail.ru

Аннотация. Выполнен анализ применяемых схем системы электроснабжения вдольтрассовых потребителей нефте- и газопроводов, установлена целесообразность применения для повышения надёжности и экономической эффективности технологического цикла добычи, транспортировки, хранения и переработки в комбинированных и автономных системах автономных источников питания на основе ветроэнергетических установок. Предложена схема комбинированной системы инвариантного регулирования работы ветрогенератора с функцией управляющего воздействия. Предложен метод планирования эксперимента для обработки функции на основании базы метеорологических данных территории установки автономного источника питания на основе энергии ветра.

Ключевые слова: автономный источник энергии, ветроэнергетические установки, система автоматического управления, схема «преобразователь частоты – синхронный генератор».

Cherkassky Pavel Andreevich

Graduate Student of the 5rd Year of Study,
Gr. 14-AZk-ET061,
Kuban State Technological University
cherkass@list.ru

Klimentiev Sergey Vyacheslavovich

Candidate of Physical and
Mathematical Sciences, Associate Professor,
Kuban State Technological University
klimentiew3691@gmail.com

Astashov Maxim Aleksandrovich

Graduate Student of the 3rd Year of Study,
Gr. 18-AO-ET1,
Kuban State Technological University
i.am.jlaku@gmail.com

Umrihin Dmitriy Olegovich

2nd Year Master's Student, Gr. 18-NM-EE2,
Kuban State Technological University
ymdim26@mail.ru

Annotation. The analysis of the applied schemes of the power supply system for along-route consumers of oil and gas pipelines has been carried out, the expediency of application has been established to increase the reliability and economic efficiency of the technological cycle of production, transportation, storage and processing in combined and autonomous systems of autonomous power sources based on wind power plants. The model of the combined system of invariant regulation of the wind generator operation and the function of the control action are proposed. A method is proposed for planning an experiment for processing a function based on the meteorological data base of the territory of the installation of an autonomous power source based on renewable wind energy.

Keywords: autonomous power source, wind power plants, along-route consumers, automatic control system, model «frequency converter – synchronous generator».

Введение

В настоящее время в нашей стране наблюдается стремительный рост объёмов добычи нефти, газа и связанных с ними строительства, реконструкции технологических систем добычи, транспортировки, хранения и переработки. Для обеспечения нормальной работы системы единого нефте- и газоснабжения должно быть обеспечено надёжное электроснабжение технологических объектов вдоль-трассовых, линейных, потребителей. В качестве автономных источников питания, до 90-х годов, применялись в основном, дизельные электростанции, а в настоящее время и электростанции на попутном нефтяном газе. С учётом стратегической задачи по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду целесообразно применение автономных источников энергии



(АИЭ) на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). ВИЭ используется самостоятельно, либо в сочетании с углеводородными источниками [1, 2, 3, 4]. На долю ВИЭ приходится 35 % энергетического баланса в ЕС, 27 % в Китае, 21 % в Индии и около 18 % в США, России и Японии. Установленная мощность ВИЭ в мире в 2020 году достигла почти 200 ГВт. Инновационные исследования по совершенствованию возобновляемых и гибридных автономных энергосистем набирают силу [5, 6]. Развитие силовой электроники и микропроцессорной техники увеличивает стремительный рост высокотехнологичных, энергоэффективных, надёжных и быстро окупаемых систем в данной отрасли. Глобальной задачей является создание надёжных, гибридных автономных систем электроснабжения (СЭС), позволяющих обеспечить технологические циклы добычи и транспортировки нефти, газа на местах.

Основные характеристики энергопотребления для собственных нужд

На собственные нужды при транспортировке нефти и газа расходуется от 250 кВт*ч до 9 МВт*ч энергии при протяжённости трассы воздушных линий электропередачи 10кВ (ВЛ) от 150 км до нескольких тысяч километров. Такой разброс параметров определяет индивидуальный адаптивный подход к выбору АИЭ. Формирование структуры собственных нужд определяется удалённостью газопроводов от магистральных распределительных сетей (МРС) и относительно небольшой мощностью отдельных линейных потребителей 2–40 кВт (средства электрохимической защиты; контролируемые пункты линейной телемеханизации (КПТМ); оборудование связи; средства контрольно-измерительных приборов и автоматики; станции газораспределения и пункты редуцирования и т.д.).

Основным требованием к СЭС для собственных нужд является надёжность, обеспечивающая стабильное и безаварийное состояние единой системы нефте- и газоснабжения. Современные СЭС линейных потребителей проектируются в 3-ёх основных вариантах.

Вариант 1. Централизованное электроснабжение по всей территории.

Электроснабжение линейных потребителей осуществляется от ВЛ-6-10 кВ, расположенной вдоль трассы трубопровода с питанием от МРС. Категория надёжности обеспечивается установкой в линию секционирующих пунктов (СП) с функциями делительной автоматики, автоматического повторного включения АПВ, и автоматического ввода резерва АВР. Непосредственно у потребителей устанавливаются понижающие трансформаторные подстанции ТП-10/0,4 кВ.

Приведенная схема отличается надёжностью, возможностью дистанционного управления, гибкостью алгоритма управления, продолжительным сроком службы (до 50 лет).

Основным недостатком данного варианта является значительные капиталовложения на строительство сетевых объектов.

Вариант 2. Комбинированная СЭС с питанием от МРС и установкой на территории размещения линейных потребителей ТП-10/0,4 кВ. В данной схеме категорийность обеспечивается наличием АИЭ (диспетчерский пункт, преобразователь, водородный топливный элемент, микротурбина).

Сегодня комбинированные СЭС являются наиболее предпочтительными, так как они обладают достаточной надёжностью и гибкостью, и обеспечивают нормальную работу независимо от наличия газа и напряжения сети 6–10 кВ.

Вариант 3. Полностью автономные системы (рис. 1).

Применяются при расположении линейных потребителей в местах без сетевой инфраструктуры. При этом основным источником питания является преобразователь энергии «ОРМАТ», а резервным – дизельная электростанция.

Автономные системы с АИЭ на основе топливного газа, требует существенно меньших капитальных затрат, но зависят от наличия топливного газа и требуется контроль за режимом работы и состоянием оборудования.

В данных автономных системах на линейных объектах нефте- газопроводов применяются в качестве источников ветроэнергетические установки (ВЭУ).

С точки зрения стохастического характера параметров ветрового потока при распределении скорости ветра по закону Вейбулла-Гудрича амплитуды частоты количество и качество вырабатываемой электроэнергии определяется выбором синхронного генератора (СГ). Расчёт основных характеристик ветра (среднегодовая скорость ветра V_0 , удельная мощность $N_{уд}$) в условиях метеостанций РФ показал, широкий диапазон их вариаций: $V_0 = 1,39-7,48$ м/с; $N_{уд} = 0,01-0,565$ кВт/м².

ВЭУ с переменной частотой вращения ветроколеса обладают возможностью преобразования энергии ветра в электрическую с большим коэффициентом использования даже на малых скоростях ветрового потока.

Автоматическое управление электромеханической частью ВЭУ позволяет получать максимальную энергетическую эффективность при стохастическом характере параметров ветра.

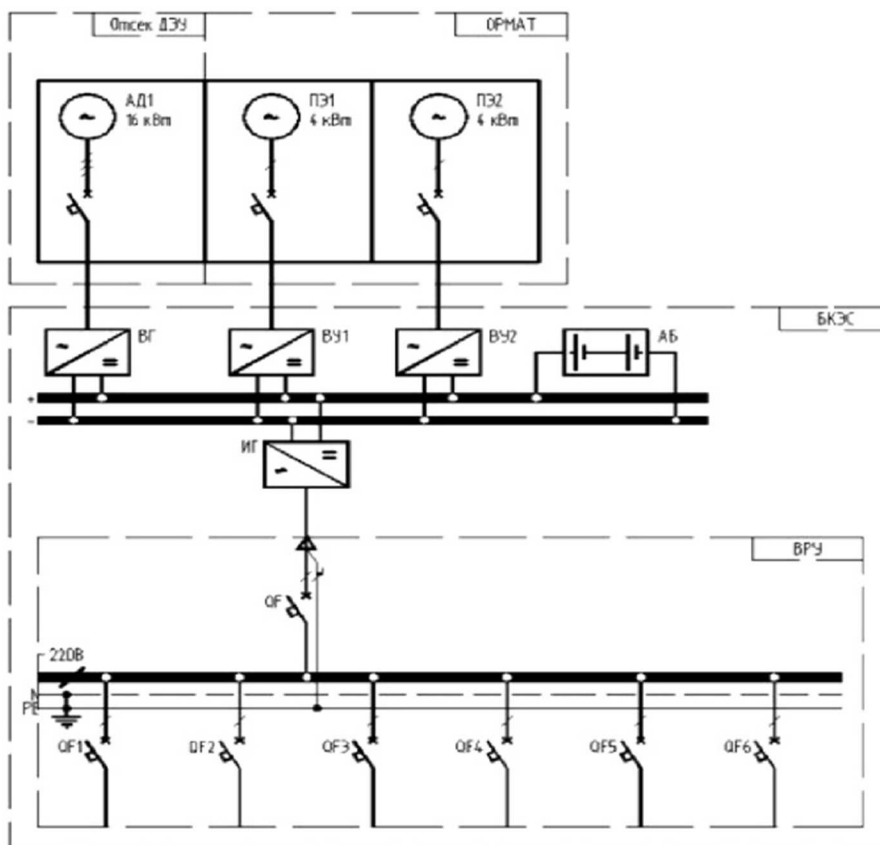


Рисунок 1 – Схема СЭС собственных нужд на базе блочно-контейнерной установки с АИЭ

Рассмотрим систему инвариантного регулирования «синхронный генератор – преобразователь частоты» с законом управления $U / f^2 = const$. Данная система включает в себя датчики измерения внешних возмущений; блок расчёта оптимальной скорости вала генератора; ПИ-регулятор напряжения на выходе ВЭУ; датчик выходного напряжения.

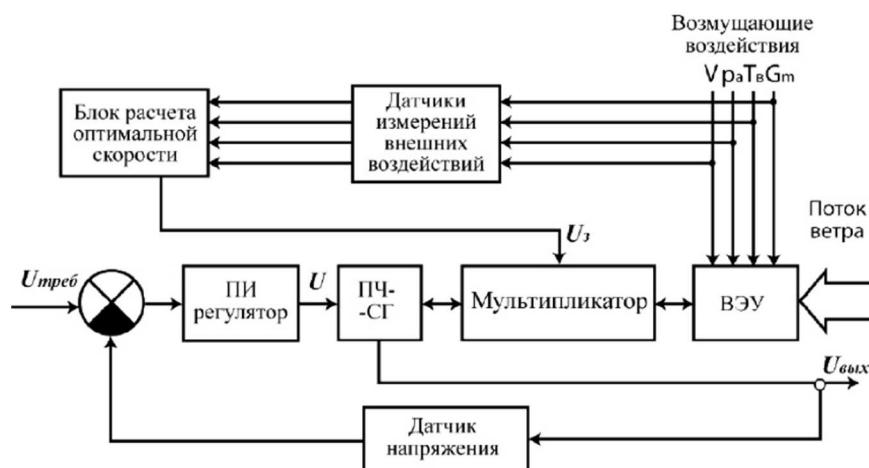


Рисунок 2 – Структурная схема комбинированной системы инвариантного регулирования работой ВЭУ

Управляющее воздействие на преобразователь частоты (ПЧ) или мультипликатор должно определяться по функции, для реализации которой используется база метеорологических данных, обработанная методами планирования эксперимента [7] :

$$U_з = f (V, p_a, T_b, G_m), \tag{1}$$

где p_a – атмосферное давление; T_b – температура воздуха, V – скорость ветра, G_m – характеристика потребления (тепловой и электрической мощности).



Основным недостатком данной модели является необходимость автоматической подстройки частоты вращения СГ для выработки максимальной мощности, которая реализуется установкой ступенчато регулируемого мультипликатора.

Заключение

В ходе проведенного анализа применяемых схем СЭС вдоль трассовых потребителей нефте- и газопроводов следует вывод о целесообразности применения гибридных автономных систем на основе нескольких источников энергии, в том числе с применением ВИЭ в виде энергии ветра, солнца и воды, что позволит повысить надёжность и экономическую эффективность всего технологического цикла добычи, транспортировки и хранения нефти и газа.

Литература:

1. Патент 2639714 (РФ). Ветро-солнечный генератор со сдвоенным ротором / Попов С.А. – БИ, 2017. – № 36.
2. Патент 2629017 (РФ) Гибридная аксиальная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2016. – № 24.
3. Патент 2633377 (РФ). Гибридная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С., Михед А.И. – БИ, 2016. – № 29.
4. Патент 2643522 (РФ). Гибридный ветро-солнечный генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2018. – № 4.
5. Альтернативная энергетика на службе у нефтяников / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 324–326.
6. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института, 2019. – С. 76–79.
7. Попов С.А., Асташов М.А. Разработка математической модели гибридной электрической машины-генератора // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 74–78.
8. Электромашинный ветро-солнечный преобразователь / С.А. Попов [и др.] // Технические и технологические системы: Материалы десятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года) / ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 78–82.
9. Применение ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью в нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 185–188.
10. Анализ конструкций ветрогенераторов и перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 321–323.
11. Kryukov O.V., Serebryakov A.V. Energy Efficient Power Supply Systems of Oil and Gas Pipelines Electric Drives // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering, 2017. – Vol. 17. – № 3. – P. 102–110. DOI: 10.14529/power170312.

References:

1. Patent 2639714 (RF). Wind-solar generator with twin rotor / Popov S.A. – BI, 2017. – № 36.
2. Patent 2629017 (RF) Hybrid axial electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2016. – № 24.
3. Patent 2633377 (RF). Hybrid electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S., Mikhed A.I. – BI, 2016. – № 29.
4. Patent 2643522 (RF). Hybrid wind-solar generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2018. – № 4.
5. Alternative power engineering at the oilmen's service / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 324–326.
6. Substantiation of application of hybrid wind-solar power installations on the basis of electromechanical converters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Teachers, dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Mechanical and Technological Institute, 2019. – P. 76–79.
7. Popov S.A., Astashov M.A. Development of mathematical model of hybrid electric machine-generator // Engineering technologies in agriculture and forestry. Proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 74–78.
8. Electromachine wind-solar converter / S.A. Popov [et al.] // Technical and Technological Systems: Proceedings of the Tenth International Scientific Conference «TTS-17» (22–24 November 2017) / FGBOU VO «KubGTU», A.K. Serov KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2017. – P. 78–82.
9. Application of wind turbines with vertical and horizontal axis in oil and gas industry / S.A. Popov [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – P. 185–188.
10. Analysis of wind generators' designs and prospects for their application at the oil and gas industry enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – P. 321–323.
11. Kryukov O.V., Serebryakov A.V. Energy Efficient Power Supply Systems of Oil and Gas Pipelines Electric Drives // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering, 2017. – Vol. 17. – № 3. – P. 102–110. DOI: 10.14529/power170312.