

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.314

А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов, Ф.Ф. Юрлов, Н.В. Усов

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель: Исследование дизель-генераторных электростанций с переменной частотой вращения вала.

Методы исследования: Техничко-экономическое обоснование применения дизель-генераторных электростанций с переменной частотой вращения вала проведено с использованием «Методических рекомендаций по оценке инвестиционных проектов».

Результаты: Разработана функциональная схема дизель-генератора переменной частоты вращения на базе синхронного генератора; дана оценка экономической эффективности таких электростанций.

Выводы: Расчеты экономической эффективности свидетельствуют о целесообразности применения Д-Г электростанций с переменной частотой вращения вала.

Ключевые слова: дизельная электростанция, двигатель внутреннего сгорания, синхронный генератор, преобразователь частоты.

Системы "двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – генератор" представляют широкий класс электроэнергетических систем, к которому относятся установки типа "дизель-генератор" (Д-Г), "бензиновый двигатель – генератор", судовые валогенераторные установки, ветроэлектростанции и ряд других электрогенерирующих комплексов. Из приведенных систем наибольшее распространение получили установки типа Д-Г. Они, обладая высокой надежностью, достаточно большим моторесурсом и долговечностью, незаменимы в качестве автономных источников основного или резервного электроснабжения.

подавляющее большинство существующих Д-Г работают с постоянной (номинальной) частотой вращения вала во всем диапазоне изменения нагрузки. Известно, что работа ДВС с постоянной частотой вращения, но при переменной нагрузке, характеризуется неоптимальным (повышенным) расходом топлива.

Для выбора экономичного режима работы ДВС удобно использовать его многопараметровую характеристику, которая строится в системе координат, где переменными служат два основных показателя его работы, при различных значениях третьего, используемого в качестве параметра остающегося постоянным [1]. На многопараметровой характеристике, представленной на рис. 1, штрихпунктирной линией показана зависимость эффективного давления p_e и эффективной мощности N_e от частоты вращения вала ДВС при наименьшем удельном расходе топлива g_e .

Согласно рис. 1 для обеспечения режима работы ДВС при оптимальном потреблении топлива необходимо уменьшение частоты его вращения при снижении мощности нагрузки. При этом приводимый во вращение ДВС электрический генератор будет вырабатывать напряжение, частота которого будет меняться и, как правило, будет ниже номинального значения. Это требует совершенно нового подхода к построению системы регулирования Д-Г,

которая должна обеспечивать стабилизацию амплитуды и частоты напряжения генераторного комплекса с помощью преобразователя частоты (ПЧ) [1-3].

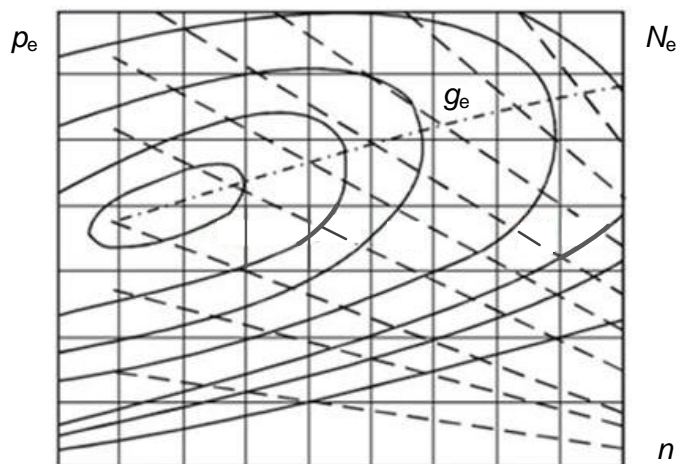


Рис. 1. Многопараметровая характеристика ДВС

Авторами предложена структура Д-Г электростанции с переменной частотой вращения вала (рис. 2) [4]. Устройство работает следующим образом. Интеллектуальный сервопривод управления топливоподачей, представленный блоком 7, получает сигнал с блока вычисления мощности нагрузки 15, который соединен с выходами датчика напряжения 14 и датчика тока 4, измеряющими соответственно напряжение и ток на выходе ПЧ 3. В зависимости от значения мощности нагрузки блок 8 задания экономичного режима (ЗЭР), в программу работы которого заложены оптимальные зависимости частоты вращения дизеля 1 от мощности нагрузки, соответствующие минимальному расходу топлива, формирует сигнал, пропорциональный оптимальной частоте вращения вала дизеля 1. Этот сигнал поступает на вход электропривода 9 перемещения рейки топливного насоса, который поддерживает частоту вращения дизеля 1 на уровне, заданном блоком 8.

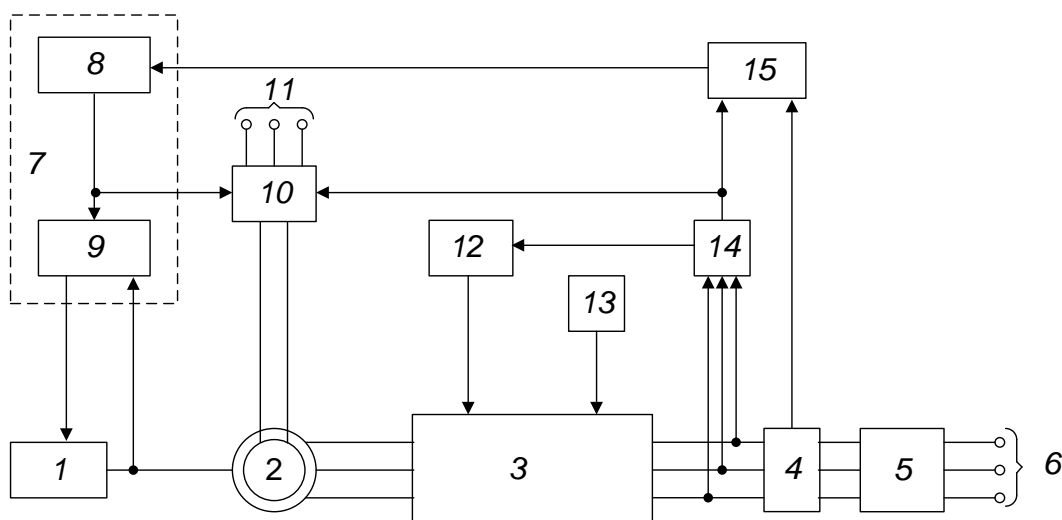


Рис. 2. Функциональная схема системы Д-Г переменной частоты вращения:
 1 – дизель; 2 – СГ; 3 – ПЧ; 4 – датчик тока; 5 – ПТ; 6 – выходные выводы; 7 – интеллектуальный сервопривод управления топливоподачей; 8 – ЗЭР; 9 – электропривод перемещения рейки топливного насоса; 10 – блок возбуждения СГ; 11 – выводы подключения питания блока возбуждения СГ; 12 – блок стабилизации напряжения; 13 – задатчик частоты выходного напряжения; 14 – датчик напряжения; 15 – блок вычисления мощности нагрузки

Поскольку частота вращения вала дизеля 1 будет изменяться в зависимости от мощности нагрузки, то амплитуда и частота переменного напряжения синхронного генератора (СГ) 2 будут также при этом изменяться. Стабилизация амплитуды переменного напряжения на выходных выводах 6 на уровне номинального значения для СГ 2 осуществляется с помощью ПЧ 3 и повышающего трансформатора (ПТ) 5.

Стабилизация выходного напряжения ПЧ 3 на заданном уровне осуществляется с помощью блока 12 стабилизации напряжения. Для повышения выходного напряжения на выходных выводах 6 до уровня номинального напряжения СГ 2 на выходе ПЧ 3 установлен ПТ 5. Блок 10 возбуждения СГ 2, получающий питание через выводы 11 подключения питания, формирует ток в обмотке возбуждения СГ 2 с учетом сигнала от блока 8 ЗЭР и от датчика напряжения 14.

Частота выходного напряжения на выходных выводах 6 при изменении частоты вращения вала дизеля 1 поддерживается неизменной с помощью ПЧ 3 на уровне, определяемом блоком 13 задатчика частоты выходного напряжения.

Авторами разработана методика расчета топливной экономичности системы Д-Г на базе дизеля переменной частоты вращения [5] (табл. 1). Согласно разработанной методике рассчитывается общий КПД цепи СГ 2 – ПЧ 3 – ПТ 5. Алгоритм расчета КПД учитывает, что элементы электрооборудования, входящие в состав системы Д-Г на базе дизеля переменной частоты вращения (СГ, ПЧ и ПТ), работают при переменной частоте и амплитуде напряжения.

Таким образом, для каждого значения мощности нагрузки определяется мощность на валу дизеля 1. Расход топлива дизеля при конкретных значениях мощности нагрузки и частоте вращения вала определяется по его многопараметровой характеристике.

С помощью разработанной методики в пакете Mathcad выполнен расчет энергетических характеристик Д-Г электростанций типа SDMO EXEL номинальной мощностью $P_{ном}=727, 1232$ и 1600 кВт. На основании расчетов были получены зависимости расхода топлива Д-Г в режимах с переменной и постоянной (номинальной) частотами вращения. Также построены диаграммы экономии топлива Д-Г, достигаемой за счет регулирования частоты вращения дизеля в зависимости от мощности нагрузки (рис. 3).

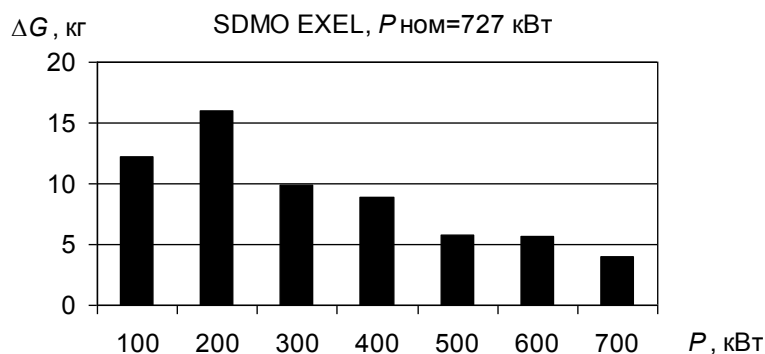
Как видно из рис. 3, наибольшая экономия топлива для рассматриваемых Д-Г номинальной мощностью $P_{ном}=727, 1232$ и 1600 кВт наблюдается при мощностях нагрузки 200, 300 и 200-400 кВт соответственно.

Таблица

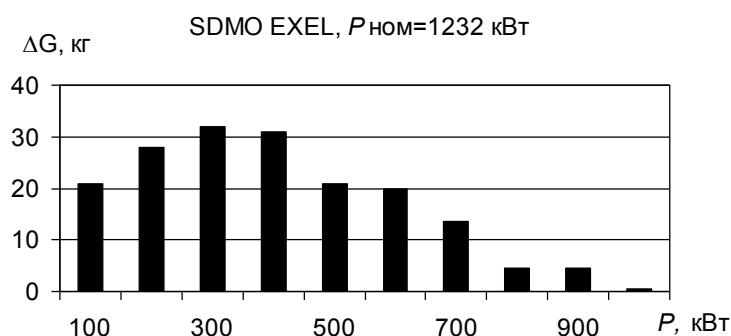
Показатели эффективности внедрения Д-Г переменной частоты вращения

Номинальная мощность Д-Г, кВт	ЧТС, тыс. руб.	ИД	ВНД, %	Ток, лет
727	1504	1,42	40	2,0
1232	4230	1,69	73	2,0
1600	2358	1,23	43	2,0

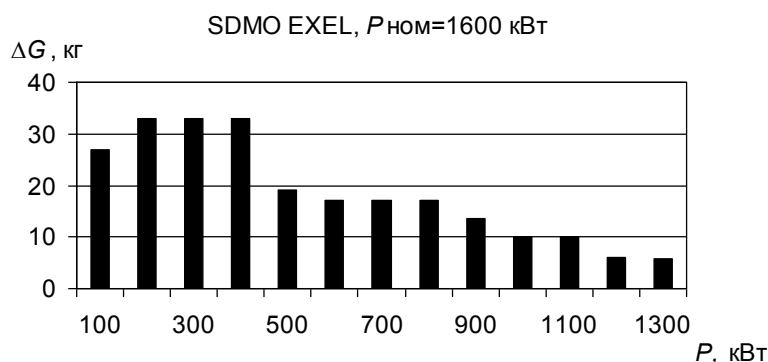
На основании диаграмм топливной экономичности (рис. 3) и стоимости дополнительного оборудования (ПЧ 3, ПТ 5, интеллектуального сервопривода управления топливоподачей 7, блоков 4, 12-15), которые необходимо установить на Д-Г электростанцию, чтобы обеспечить возможность ее работы в режиме с переменной частотой вращения, авторами проведена оценка экономической эффективности системы Д-Г переменной частоты вращения. Оценка проведена с использованием «Методических рекомендаций по оценке инвестиционных проектов», которые утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике [6, 7].



а)



б)



в)

Рис. 3. Диаграммы топливной экономичности Д-Г по абсолютному расходу топлива G при различной мощности нагрузки:
 ΔG – уменьшение абсолютного расхода топлива дизеля; P – мощность нагрузки Д-Г

Согласно указанным рекомендациям в качестве критериев эффективности инвестиционных проектов были рассчитаны: чистая текущая стоимость (ЧТС), индекс доходности (ИД), внутренняя норма доходности (ВНД), срок окупаемости инвестиций (Ток) (табл. 1). При расчетах коэффициент дисконтирования принимался равным 20% в год. Стоимость 1 кг дизельного топлива принималась равной 37 руб.

В результате расчетов, проведенных для всех исследуемых Д-Г, было получено, что $ЧТС > 0$, $ИД > 1$. Следовательно, проект прибыльный и эффективный. Расчетный срок окупаемости проекта «Ток» – 2 года.

Библиографический список

1. **Хватов, О.С.** Нейросетевой алгоритм системы управления топливоподачей дизель-генератора переменной скорости вращения / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Поляков // Вестник Ивановского гос. техн. ун-та. 2013. Вып. 3.
2. **Дарьенков, А.Б.** Автономная дизельная электростанция с нейросетевым задатчиком экономичного режима / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов // Промышленная энергетика. 2013. № 12.
3. **Дарьенков, А.Б.** Интеллектуальные средства управления высокоэффективной дизель-генераторной установкой переменной частоты вращения / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов // Вестник Тульского гос. ун-та. Технические науки, 2010. Вып. 3.
4. Пат. 2412513 РФ. Автономная электростанция переменного тока / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов - Опубл. в бюл., 2011, № 5.
5. **Хватов, О.С.** Топливная экономичность единой электростанции автономного объекта на базе двигателя внутреннего сгорания переменной скорости вращения / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Самоявчев // Эксплуатация морского транспорта: сб. науч. статей. – СПб.: ГМА им. адмирала С. О. Макарова, 2013. № 1.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. 21 июня 1999 г. № ВК 477. – М.: Экономика, 2000.
7. **Юрлов, Ф.Ф.** Оценка эффективности инвестиционных проектов и выбор предпочтительных решений / Ф.Ф. Юрлов, А.Ф. Плеханова, Т.В. Болоничева; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2011. – 307 с.

*Дата поступления
в редакцию 01.07.2014*

A.B. Daryenkov, O.S. Khvatov, F.F. Yurlov, N. V. Usov

**TECHNICAL-ECONOMIC BASIS OF THE USE OF DIESEL
ELECTRIC POWER STATION CHARACTERIZED BY ALTERNATING
FREQUENCY ROTATION OF SHAFT**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: The research of diesel electric power station characterized by alternating frequency rotation of shaft.

Design/methodology/approach: Technical-economic basis of the use of diesel electric power station characterized by alternating frequency rotation of shaft is developed by using the "Methodological recommendations for assessment of investment projects".

Findings: Developed flow sheets of diesel electric power station based on a synchro generator and characterized by alternating frequency rotation of shaft; the assessment of economic efficiency of such electric power station is given.

Originality/value: Calculation of economic efficiency indicate about the advisability of the use of diesel electric power station characterized by alternating frequency rotation of shaft.

Key words: electric power station, diesel generator, synchro generator, converter.