

ПЛИС содержат, кроме матриц, встроенную память, приёмопередатчики и микропроцессоры, которые можно подключать с помощью программируемых соединений внутри кристалла, без ограничения числа циклов перепрограммирования. Таким образом, на базе ПЛИС можно построить всю управляющую часть преобразователя частоты, при этом она может быть само настраиваемой и реконфигурируемой.

О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Поляков
 ФБОУ ВПО «ВГАВТ»
 НГТУ им. Р.Е. Алексеева

АЛГОРИТМ РАБОТЫ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОМ ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Установки типа «дизель-генератор» (Д-Г), являются наиболее распространенными среди автономных электрогенерирующих установок. Режим работы Д-Г со стабильной скоростью вращения вала (ω) независимо от мощности нагрузки (P) является неоптимальным с точки зрения потребления топлива. Режим оптимального потребления топлива можно обеспечить, если с изменением P регулировать ω дизеля [1].

Система Д-Г переменной скорости вращения должна включать в свой состав датчик экономичного режима (ЗЭР) работы дизеля, который в зависимости от P формирует на своем выходе оптимальные с точки зрения потребления топлива значения скорости вращения ω_{opt} вала дизеля [2, 3].

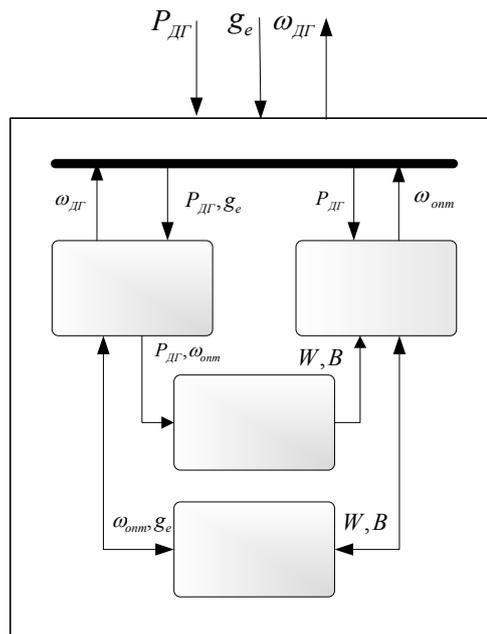


Рис. 1. Структурная схема ЗЭР

ЗЭР, структурная схема которого приведена на рис. 1, состоит из четырех основных элементов: контроллера обучения (КО), контроллера управления (КУ), ассоциативной памяти (АП) и памяти данных, которые объединены общей информационной

шиной. Принцип работы ЗЭР на основе АП поясняется блок-схемой приведенной на рис. 2.

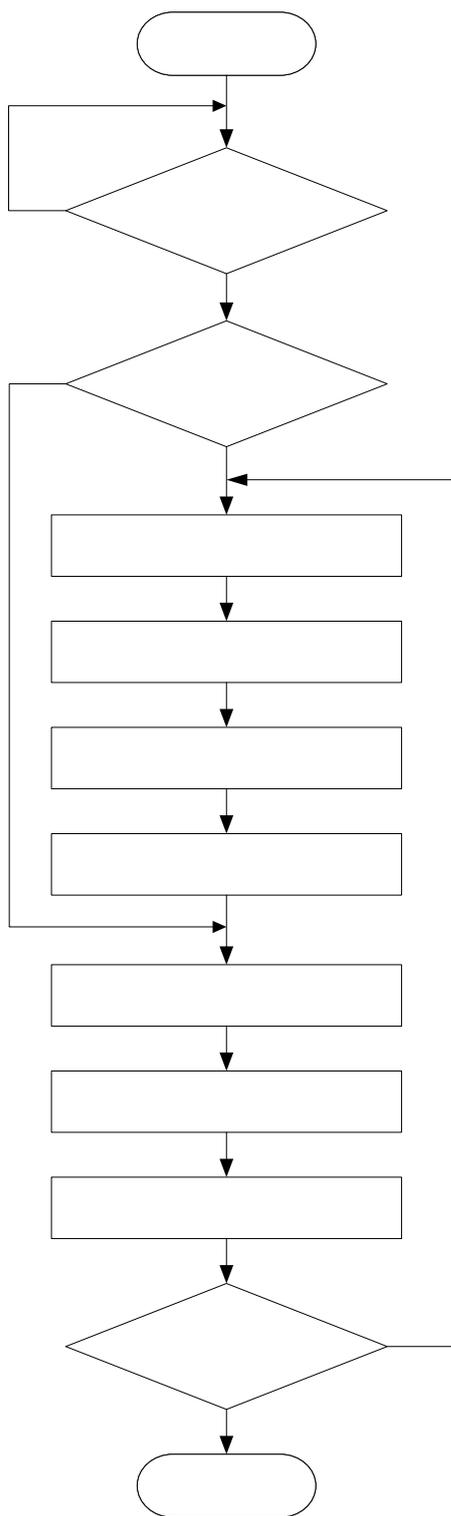


Рис. 2. Алгоритм работы ЗЭР

Вход

- Оценка необходимости
изменения W

+

- Оценка
необходимости обучения
значению $M_{уст}$

+

Поиск значения w_{onm}

Сохранение в ПЗУ значений w_{onm}, g_{onm}

Обучение АП новому значению w_{onm}

Сохранение в ПЗУ значений W, B

Основным функциональным элементом ЗЭР (рис. 1) [1], является ассоциативная память (АП), представляющая собой математическую модель нейронной сети с радиальными базисными функциями. Важное достоинство нейронных сетей данного типа – способность решать задачу аппроксимации табличной функции многих переменных, дополненная процедурой интерполяции (экстраполяции). Другими словами АП обладает способностью накапливать дискретные значения скорости ω_{opt} для соответствующих значений P , а также генерировать значения ω_{opt} для отсутствующих в памяти дискрет P . Это свойство освобождает ЗЭР от необходимости знания непрерывной зависимости $\omega_{opt} = f(P)$.

Контроллер управления отслеживает изменения значения потребляемой нагрузкой мощности и в случае ее изменения на некоторую предустановленную величину, фиксируется новое значение $P_{уст}$. В случае если оно входит в диапазон значений, уже запомненных в АП – диапазон обучения ЗЭР, контроллер управления определяет системе управления рейкой топливного насоса задание, соответствующее значению ω_{opt} , полученному от АП.

Если новое значение мощности нагрузки $P_{уст}$ не входит в диапазон обучения ЗЭР, контроллер управления, изменяет значение задания на скорость вращения дизельной установки ω в сторону уменьшения величины удельного расхода топлива ge . В результате поиска минимума функции $ge = f(\omega)$, определяется новое значение ω_{opt} . Найденные значения сохраняются в постоянном запоминающем устройстве.

По мере эксплуатации Д-Г формируется необходимое для корректной работы АП «обучающее множество» логических пар $\omega_{opt} = f(P)$. Точность расчета зависимости $\omega_{opt} = f(P)$ и, как следствие, экономичность системы будут определяться плотностью значений и шириной «обучающего множества», который образует накопленный «опыт» ЗЭР.

Для обучения нейронной сети АП в контроллере управления реализован алгоритм обратного распространения ошибки, подробно описанный в литературе, посвященной данной тематике. Целью обучения сети в соответствии с данным алгоритмом является такая настройка ее весов, чтобы приложение некоторого множества входов приводило к требуемому множеству выходов.

Критерием окончанием расчета является снижение ошибки нейронной сети АП ниже допустимого значения.

$$E_{\omega} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (\omega_j - \omega_{opt})^2,$$

где, ω_j , ω_{opt} – реальное значение и идеальное (оптимальное) значение выхода АП.

После выдачи управляющего воздействия системе управления рейки топливного насоса, контроллер управления вычисляет значение удельного расхода ge и сравнивает его со значением, сохраненным в ПЗУ, соответствующим ближайшему значению, входящему в «обучающее множество». Расхождение этих значений на некоторую определенную величину свидетельствует об изменении в условиях эксплуатации Д-Г и служит для начала процесса «дообучения» ЗЭР.

Таким образом, рассмотренный алгоритм ЗЭР позволяет уточнять зависимость $\omega_{opt} = f(P)$ при эксплуатации Д-Г в зависимости от изменения характеристик дизеля в процессе его износа, марки топлива и меняющихся условий окружающей среды. Следовательно, ЗЭР можно отнести к классу самообучающихся систем.

На основе приведенного алгоритма, в пакете MATLAB разработана математическая модель ЗЭР, работающая совместно с моделью Д-Г переменной скорости вращения и позволяющая имитировать его работу в статических режимах.

Анализ результатов моделирования показывает, что наибольшая погрешность работы ЗЭР приходится на граничные точки диапазона обучения. Однако, необходимо отметить, что в случае выхода за его пределы значения ω_{opt} , определяемые ЗЭР, в целом согласуются с критериями минимального расхода топлива, не являясь случай-

ными величинами, но погрешность при этом возрастает по мере удаления от границ диапазона обучения.

Разработанные при моделировании ЗЭР в Matlab алгоритмы в дальнейшем могут быть реализованы на базе современной микропроцессорной техники при создании экспериментального образца установки Д-Г переменной скорости вращения.

Список литературы:

- [1] Орлов А.В. Перспективы создания дизель-электрических установок с переменной частотой вращения /А.В. Орлов, В.А. Пуятинский, В.В. Сапожников// Судостроение. 1976. № 10. С. 28–29.
- [2] Хватов О.С. Интеллектуальные средства управления высокоэффективной дизель-генераторной установкой переменной частоты вращения/О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков// Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3: в 5 ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010, Ч.4. с. 126–131.
- [3] Хватов О.С. Электротехнический комплекс генерирования электрической энергии на основе дизель-генераторной установки переменной скорости с интеллектуальной системой управления / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Поляков // Материалы XVII международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» ИСТ-2011. НГТУ, Н.Новгород, 2011, 445 с. – с. 196–197.

О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Самоячев
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ЕДИНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ

На водном, железнодорожном и автомобильном транспорте все большее распространение получают системы электродвижения. При этом тяговые (гребные) электродвигатели могут питаться вместе с другими потребителями от единой электростанции автономного объекта (ЕЭС). Применение ЕЭС позволяет повысить надежность и упростить обслуживание энергосистемы автономного объекта за счет уменьшения количества составляющих ее компонентов. В качестве первичных двигателей ЕЭС широко используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

Как правило, ЕЭС строится на базе ДВС с постоянной скоростью вращения. Повышение экономичности электростанции возможно за счет применения ДВС с переменной скоростью вращения [1]. Экономия топлива достигается за счет выбора для каждого значения мощности нагрузки оптимальной скорости вращения вала ДВС, соответствующей наименьшему удельному расходу топлива.

Для исследования динамических режимов работы ЕЭС разработана ее математическая модель [2]. На базе математической модели построена имитационная модель ЕЭС в пакете Matlab Simulink [3].

Предложена методика расчета КПД ЕЭС, работающей на гребной винт. В пакете Mathcad с использованием данной методики рассчитаны энергетические характеристики ЕЭС мощностью 1100 кВт (ДВС СОД фирмы SEMT – «Пилстик» типа РС4-480).

В результате проведенных расчетов были получены графики зависимостей удельного и абсолютного потребления топлива от скорости вращения гребного винта (рис. 1, 2). Из полученных графиков видно, что ЕЭС с регулированием скорости ДВС достигает экономичности от 18,8% до 9,6% по удельному расходу топлива (г/кВт*ч) в