

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМ ГИБРИДНЫМ ПРИВОДОМ ЭКСКАВАТОРА

¹Савинкин Виталий Владимирович, ²Кузнецова Виктория Николаевна

¹ Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
Петропавловск, Казахстан

² Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
«СибАДИ», Омск, Россия;

***Аннотация.** С целью повышения энергоэффективности гидропривода экскаватора, силовой установки и приводных механизмов разработана электронная система управления гибридным приводом. Функционал предложенной системы обеспечивает преобразования моментов инерции рабочего оборудования в механическую энергию, точность в управлении, равномерное распределение мощности по исполнительным механизмам в соответствии с энергоемкостью операции.*

***Ключевые слова:** гибридный привод, энергосберегающий, перераспределение мощности, адаптация, электронная система управления.*

***Annotation.** With the purpose of increase of energy efficiency of гидропривода of power-shovel, power-plant and drive mechanisms electronic control system is worked out by a hybrid drive. The functional of an offer system provides transformations of moments of inertia of working equipment to mechanical energy, exactness in a management, even distribution of power on executive mechanisms in accordance with power-hungryness of operation.*

Keywords: *hybrid drive energy-saving, redistribution of power, adaptation electronic systems*

При эксплуатации экскаватора на нестабильных режимах поворотная платформа испытывает циклическое нагружение, вызывающее динамические нагрузки на кинематической паре зацепления [1]. Цикличность нагружения также сопровождается разностью угловых скоростей и скоростей зацепления шестерен, что негативно сказывается на долговечности исполнительных механизмов.

Начальный период перемещения соответствует времени t_1 ускорения платформы экскаватора. При рабочем угле поворота платформы до забоя $\varphi = 180^\circ$, время t_1 варьируется от $1,5 \div 2,3$ с и соответствует $\varphi = 77^\circ 5'$. При таких режимах разгона и ускорения напряжение изгиба $\sigma_{\text{и}}$ и контакта $\sigma_{\text{н}}$ начинают возрастать стремительно быстро ($t_1^{\text{он}} = 0,01 \div 0,8$ с), и в конце ускорения пик напряжений на контактной поверхности шестерни составит $\sigma_{\text{и}} = 950 \div 1000$ МПа, на венце поворотного круга $\sigma_{\text{и}} = 820$ МПа, значения силы инерции $\phi = 35 \div 36$ кН; наблюдается рост удельной окружной силы в шестернях зацепления механизма поворота 1750 Н / мм.

Режим торможения платформы, происходящее в рекордно короткое время, варьируется от $t_3 = 0,002 \div 0,96$ с на протяжении поворота платформы φ от $113^\circ 3'$ до 179° . В этот момент наблюдается резкое возрастание напряжений изгиба $\sigma_{\text{и}} = 1800 \div 2000$ МПа, приходящихся на ограниченную зубом шестерни контактную поверхность. Наличие высоких напряжений обусловлено значительно большими касательными силами инерции рабочего оборудования и поворотной платформы, приобретенными в период ускорения. Возрастающие силы инерции ϕ достигают $48000 \div 50000$ Н, удельная окружная сила достигает значений $2750 \div 2830$ Н / мм. При перемещении поворотной платформы на определенный угол φ возникают угловые скорости (неодинаковые по значению в разный интервал времени t_i), моменты инерции и силы

сопротивления. Для максимально эффективного использования этих сил и точного управления процессами разработана следящая система с электрорекуператором.

В результате экскаватор, оснащенный адаптивной системой управления с электрорекуператором-усилителем, экономит энергию управления поворотной платформой в отличие от управления с гидроприводом, у которого насос работает постоянно [2, 3]. Особенно эффективна работа усилителя в начале операции поворота платформы, когда происходит резко нарастание ускорения, и в конце операции при резком замедлении (работает как рекуператор) [4]. Данный эффект препятствует резкому троганию платформы с места и порыву гидромагистралей. Воспринимая силы сопротивления и инерции, он работает в режиме генератора и, преобразовав механическую энергию платформы в электрическую, возвращает ее в бортовую цепь, одновременно выравнивая угловые скорости. Данный эффект препятствует резкому троганию платформы с места и исключает ударные нагрузки. Благодаря снижению потребляемой мощности уменьшается расход топлива экскаватора. Функциональная схема адаптивной системы управления поворотной платформой представлена на рисунке 1.

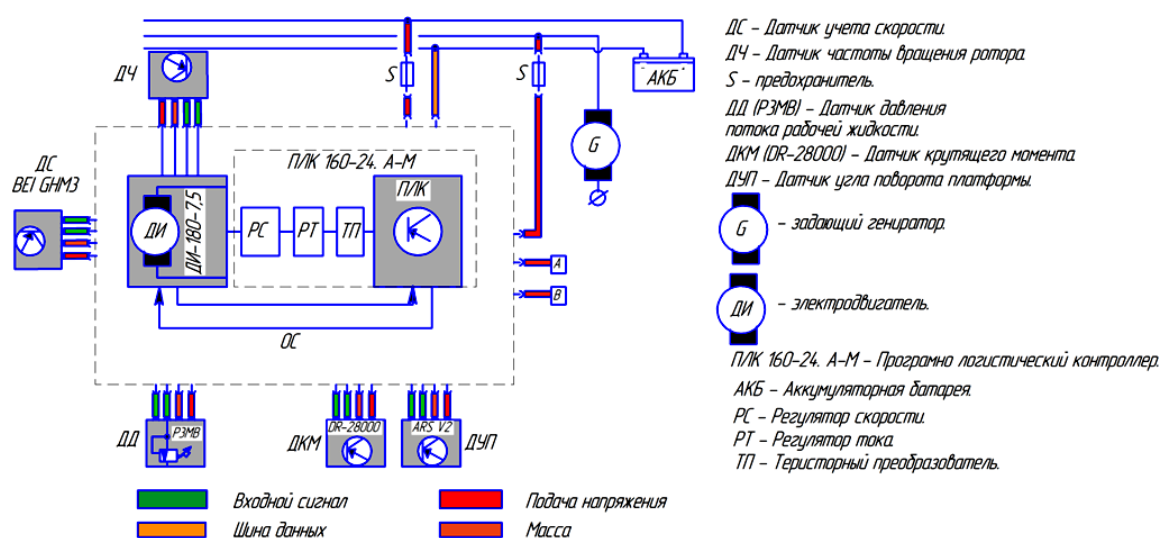


Рис. 1. Функциональная схема системы адаптации крутящих моментов

Управление электрорекуператором осуществляется программой, записанной в память ПЛК 160-24. А-М управления поворотной платформы. Крутящий момент на ведущем валу редуктора воспринимается датчиком крутящего момента DR-28000 на приводной шестерне. Работа датчика основана на принципе магнитного сопротивления. Крутящий момент рассчитывается и передается в виде сигнала на ПЛК рекуператора при смещении магнита относительно чувствительного элемента. Электродвигатель ДИ-180-7,5 рекуператора включается через определенные промежутки времени. Электродвигатель ДИ-180-7,5 постоянного тока имеет максимальный дополнительный крутящий момент 20,5 Н·м. Малое время отклика электрорекуператора позволяет поворачивать поворотную платформу в заданном интервале времени. Электрорекуператор передает дополнительную силу на венец опорно-поворотного круга. С другой стороны вала электрорекуператора установлен магнит, который используется ПЛК для определения частоты вращения ротора. Этот сигнал ПЛК служит для определения скорости вращения поворотной платформы. На рисунке 2 представлена блок-схема формирования сигналов между системой датчиков рекуперативной системы и ПЛК.

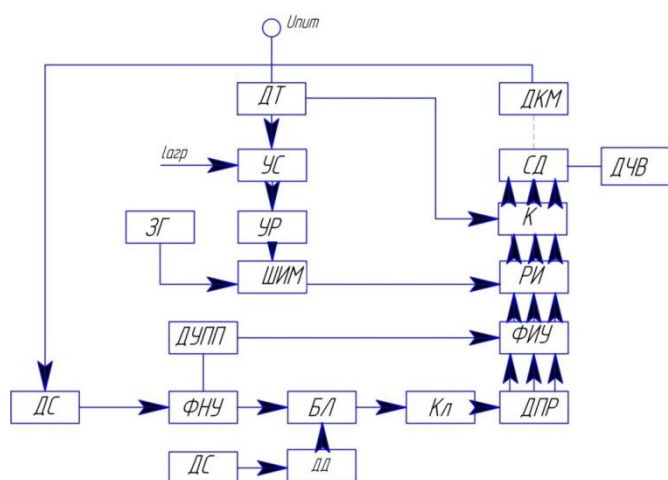


Рис. 2. Блок-схема формирования сигналов между системой датчиков рекуперативной системы и программно-логическим контроллером поворота платформы экскаватора

Рассматривая принцип работы механизма, выделим основные моменты функционирования. При перемещении платформы в одну из сторон сигнал нужной полярности с датчика угла поворота платформы (ДУПП) поступает на вход формирователя напряжения управления (ФНУ), на другой его вход поступает сигнал с датчика крутящего момента поворота платформы ДУПП, где происходит их идентификация и сравнение.

С выхода ФНУ поступает сигнал на блок логики (БЛ), который через замкнутый ключ (Кл) взаимодействует с датчиком положения ротора (ДПР). Последний через формирователь импульсов управления (ФИУ) взаимодействует с распределителем импульсов (РИ), в котором формируются специальные сигналы управления ключами коммутатора (К), подключающим электродвигатель (ЭД), который отрабатывает заданный угол и скорость поворота платформы.

При повороте платформы в обратную сторону или в исходное положение сигнал с ДУПП меняется на противоположный и поступает на ФИУ, где слаботочные сигналы управления меняются местами по фазам двигателя. Исполнительный электродвигатель вращается в обратную сторону. После каждой отработки заданного угла ведущей шестерней поворота платформы Кл размыкает связь между ДПР. После чего двигатель останавливается, фиксируя платформу в заданном положении.

Поскольку электродвигатель функционирует в режиме пуска и торможения, то большие пусковые токи, потребляемые двигателем, необходимо ограничить. Эти действия выполняют элементы программно-логического контроллера (см. рисунок 2), такие как широтно-импульсный модулятор (ШИМ), узел сравнения (УС), датчик тока (ДТ), усилитель рассогласования (УР), задающий генератор (ЗГ).

Выводы. Использование заявленного энергосберегающего гибридного механизма поворотной платформы обеспечивает

преобразование моментов инерции рабочего оборудования в механическую энергию и полезную работу, равномерное распределение сил по рабочим поверхностям кинематических пар, и, как следствие, ведет к повышению энергоэффективности и долговечности всего гидропривода экскаватора, силовой установки и приводных механизмов.

Предложенная система автоматизации энергоэффективного привода поворота платформы с рекуперацией энергии повысит точность управления динамическими нагрузками с расширением применимости эффективных диапазонов технических параметров. Предложенная система регулирования существенно раскрывает понимание вопросов теории долговечности и влияние степени рекуперации на ресурс агрегатов.

Литература

1. Кузнецова, В.Н. Методика обоснования силовых и прочностных параметров редуктора поворотной платформы землеройной машины / Кузнецова В.Н., Савинкин В.В. // Материалы международной науч. – прак. конф. «Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы». – Омск, СибАДИ – 2015. – С. 178– 184.

2. Алексеева, Т.В. Гидропривод и гидроавтоматика землеройно-транспортных машин: исследования и основы расчета [Текст] / Т. В. Алексеева. - Москва: Машиностроение, 1966. - 148 с.

3. Федотов, М. В. Экспериментальное исследование энергетического гидравлического устройства [Текст] / М. В. Федотов, К. А. Филонов, В. Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины, 2014, № 8. - С. 51 - 53.

4. Пат. № 159813 Российская Федерация МПК E02F 9/22. Энергосберегающий привод поворотной платформы землеройной машины [Текст] / Савинкин В.В., Кузнецова В.Н., Яковлев В.Г.

Дополнительная информация:

Савинкин Виталий Владимирович:

- контактный номер телефона: 8 (715) 2 36 59 91; 8 777 338 76 22;
- почтовый адрес: Республика Казахстан, Северо-Казахстанская область, г. Петропавловск, ул. Жумабаева, дом 101-54;
- ВУЗ, кафедра: Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева;
- место работы: Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева;
- должность: заведующий кафедрой «Транспорт и машиностроение»;
- учёная степень, звание: доктор технических наук, доцент СКГУ им. М. Козыбаева;

e-mail: cavinkin7@mail.ru

- Кузнецова Виктория Николаевна:

- контактный номер телефона 8 (3812) 65 07 66; 8 965 980 0131;
- место работы: Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ);
- учёная степень, звание: доктор технических наук, профессор;

e-mail: dissovetsibadi@bk.ru

Данная статья публикуется впервые.

Авторы статьи:
Кузнецова В.Н.



Савинкин В.В.

