

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, В. Б. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. – 251с.: ил.

2. ГОСТ 10677-2001. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6–8. Типы, основные параметры и размеры (Межгосударственный стандарт) – Минск : 2002. – С. 8.

3. Курс теории механизмов и машин. Зиновьев В. А., Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975 г. – 384 с.

Представлено 24.05.2021

УДК 623.437.42: 629.3.018

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСМИССИЙ

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CONTROLLING THE TRANSMISSION TEST BENCH

Ч. И. Жданович, канд. техн. наук, доц., **Н. А. Поздняков**,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
Ch. Zhdanovich, PhD in Engineering, Associate Professor,
N. Pozdnyakov,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Разработан алгоритм управления стендом для испытаний трансмиссий сельскохозяйственного трактора в режиме имитации эксплуатационных нагрузок. Схема алгоритма разделена на два уровня: 1) уровень имитации нагрузок; 2) уровень управления приводным электромотором.

An algorithm for controlling a test bench for agricultural tractor transmissions in the mode of simulation of operational loads has been developed. The algorithm scheme is divided into two levels: 1) the level of load simulation; 2) the level of control of the drive electric motor.

Ключевые слова: алгоритм управления стендом, стендовые испытания трансмиссий.

Key words: stand control algorithm, bench tests of transmissions.

ВВЕДЕНИЕ

При стендовых испытаниях трансмиссий на долговечность применяют три вида программ нагружения: постоянной нагрузкой (постоянным крутящим моментом); переменной ступенчатой нагрузкой (переменным ступенчато-изменяющимся крутящим моментом); нагрузкой, изменяющейся по случайному закону, наиболее полно имитирующей эксплуатационный нагрузочный режим [1, 2]. Для определения нагрузочных режимов трансмиссии проводят ее режимометрирование – сбор данных о нагрузочных режимах в различных условиях эксплуатации. Подготовка и проведение режимометрирования процесс весьма трудоемкий [3]. Нагрузочные режимы трансмиссии можно также определить расчетным путем, модулируя работу трактора в составе машинно-тракторного агрегата [4–6].

При наличии циклограммы нагрузок возможна организация нагрузочных режимов работы испытательного стенда [7], соответствующих действительным эксплуатационным режимам. Для реализации таких режимов необходимо управлять электромашинami испытательного стенда таким образом, чтобы нагрузки на валах соответствовали циклограммам, а приводной электродвигатель должен имитировать работу поршневого ДВС.

Цель работы – разработка алгоритма управления стендом для испытания трансмиссий в режиме имитации эксплуатационных нагрузок.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ

На начальном этапе проектирования автоматической системы управления испытательным стендом необходимо сформировать общий алгоритм управления.

В соответствии с характеристикой технологического процесса МТА нагрузочные режимы в трансмиссии трактора определяются моментами сопротивления (M_n , M_z и $M_{\text{ВОМ}}$) вращению выходных валов трансмиссии, ведущих колес переднего и заднего мостов и хвостовика вала отбора мощности (ВОМ). Преодоление указан-

ных моментов сопротивления осуществляется за счет крутящего момента M_d двигателя.

Двигатель внутреннего сгорания, как объект регулирования, имеет специфическую зависимость частоты вращения n_d коленчатого вала от величины нагрузки M_d . Эта зависимость определяется третьей переменной h – настройкой регулятора (рисунок 1).

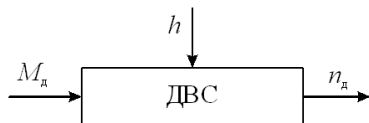


Рисунок 1 – Функциональная схема двигателя внутреннего сгорания

Применительно к тракторному двигателю настройка h – это положение педали управления подачей топлива. Постольку при выполнении технологического процесса педаль управления подачей топлива находится в фиксированном положении максимальной подачи, то частота вращения n_d является функцией одной переменной $n_d = f(M_d)$. При этом поршневой двигатель трактора работает по т. н. «внешней скоростной» характеристике (ВСХ). Протекание кривых ВСХ двигателя трактора имеет два характерных участка:

- регуляторный, на котором изменение частоты вращения n_d происходит незначительно в диапазоне от n_n до $n_{d\max}$ при широком при широком изменении крутящего момента (от 0 до $M_{дн}$);
- корректорный (перегрузочный), на котором частота вращения n_d снижается значительно, чем на регуляторном участке при незначительном повышении крутящего момента (от $M_{дн}$ до $M_{д\max}$).

Таким образом, функциональная схема двигателя в системе управления будет представлена в виде, показанном на рисунке 2.

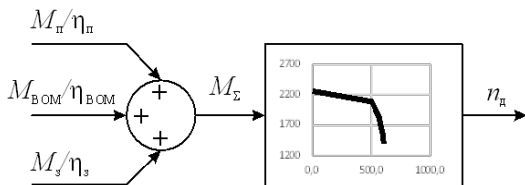


Рисунок 2 – Функциональная схема двигателя

Трансмиссия трактора передает крутящий момент от двигателя на ведущие колеса. Эта передача характеризуется преобразованием частоты вращения и крутящего момента, подводимых к ведущим колесам и хвостовику ВОМ в соответствии с передаточным числом $u_{тр}$ и КПД для каждого из кинематических контуров передачи ($\eta_{п1}$, $\eta_{п2}$, $\eta_{ВОМ}$). Передаточные числа однозначно определяются кинематической схемой, а данные о величинах КПД могут быть получены по результатам измерений при холостом прокручивании.

Функциональная схема трансмиссии представлена на рисунке 3.

Асинхронные электромашины переменного тока, осуществляющие имитацию нагрузок элементов трансмиссии, работают в генераторном режиме и получают сигналы, с одной стороны – о частоте вращения соответствующих элементов и, с другой стороны – формируют моменты сопротивления вращению в соответствии с внешним управлением в виде сигналов о величинах нагрузок в функции от времени t испытаний, т. е. $(M_{п1}, M_{п2}, M_{зп1}, M_{зп2}, M_{ВОМ}) = f(t)$.

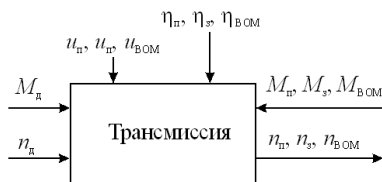


Рисунок 3 – Функциональная схема трансмиссии

Функциональная схема нагрузочных генераторов представлена на рисунке 4.

В соответствии со схемой стенда создание нагрузочных режимов осуществляется при помощи регулируемых электромашин.

Управление электромашинами осуществляется при помощи программируемого контроллера в соответствии программой, реализующей разработанный алгоритм.

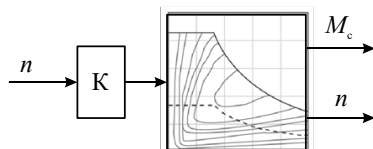


Рисунок 4 – Функциональная схема нагрузочного генератора

С точки зрения выполнения задач управления схема алгоритма (рисунок 5) разделена на два уровня:

- уровень имитации нагрузок;
- уровень управления приводным электродвигателем.

Уровень имитации нагрузок (ИН) получает информацию от источника имитации нагрузки, заданной в табличной форме в функции времени или в виде сгенерированной случайной величины с заданными параметрами. При этом алгоритм учитывает временной интервал нагрузок M_{Π} и M_3 между передним и задним мостом с учетом скорости движения трактора, определяемой кинематической характеристики трансмиссии и имитируемого буксования δ_{Π} и δ_3 ведущих колес. Так же алгоритм ИН формирует сигнал имитации нагрузки $M_{\text{ВОМ}}$ на валу отбора мощности.

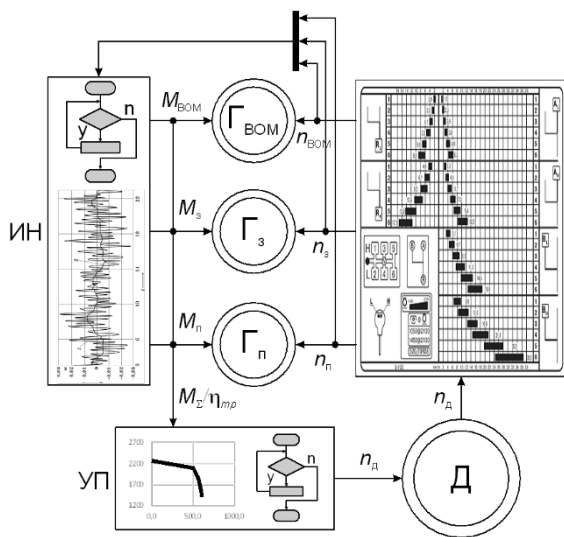


Рисунок 5 – Схема работы алгоритмов управления стандом

Так же алгоритм ИН выполняет функции регулирования электромашин Γ_{Π} , Γ_3 , $\Gamma_{\text{ВОМ}}$ соответственно переднего, заднего мостов и вала отбора мощности в соответствии с их механическими харак-

теристиками, получая сигналы $n_{\text{п}}$, n_3 и $n_{\text{ВОМ}}$ частот вращения соответствующих электромашин.

Уровень управления приводом (УП) получает информацию о суммарной текущей нагрузке $M_{\Sigma} = (M_{\text{п}} + M_3 + M_{\text{ВОМ}}) / \eta_{\text{тр}}$ с учетом КПД $\eta_{\text{тр}}$ испытываемой трансмиссии и определяет частоту вращения $n_{\text{д}}$ вала приводного электродвигателя Д. Для формирования сигнала о частоте вращения $n_{\text{д}}$ в алгоритм УП должна быть заложена характеристика имитируемого поршневого двигателя в виде зависимости $n_{\text{д}} = f(M_{\Sigma} / \eta_{\text{тр}})$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан алгоритм управления стендом. Схема алгоритма разделена на два уровня: 1) уровень имитации нагрузок; 2) уровень управления приводным электромотором. Управление электромашинами осуществляется при помощи программируемого контроллера в соответствии с программой, реализующей разработанный алгоритм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капуста, П. П. Дорожные испытания несущих систем и конструкций шасси и трансмиссий грузовых автомобилей / П. П. Капуста, И. Т. Шпаковский, А. П. Ярошевич // Теоретическая и прикладная механика : международный научно-технический сборник. – Вып. 32. – 2017. – С. 336–343.
2. Стендовые ускоренные испытания технических систем на надежность: учеб. пособие / Б. И. Гиясов, Н. Г. Серегин, Д. Н. Серегин, В. А. Беляков. – М. : Издательство АСВ, 2017. – 74 с.
3. Соломатин, Н. С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля: учеб. пособие / Н. С. Соломатин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 143 с.
4. Жданович, Ч. И. Математическое моделирование тягового сопротивления полунавесного оборотного плуга // Актуальные вопросы машиноведения – 2019. – Выпуск 8. – С. 91–94.
5. Жданович, Ч. И. Моделирование работы пахотного агрегата с полунавесным оборотным плугом // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сборник тези-

сов 3-й международной научно-практической конференции (Гомель, 3–4 окт. 2019 г.). – Гомель : Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2019. – С. 104–105.

6. Жданович, Ч. И. Реализация тяговых возможностей трактора с электромеханической трансмиссией / Ч. И. Жданович, Н. В. Калинин // Механика машин, механизмов и материалов. 2021. № 1(54). – С. 4–5.

7. Стенд для испытания трансмиссий / Режим доступа: <http://ytoblr.by/Стендовое-оборудование/> – Дата доступа: 12.05.2021.

Представлено 15.05.2021

УДК 629.114

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПИТАЮЩЕЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТОРМОЗОВ

MATHEMATICAL MODEL OF THE FEEDING PART ELECTROPNEUMATIC BRAKE DRIVE

А. И. Рахлей, канд. техн. наук, доц.,

А. С. Поварехо, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,

A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Приведены некоторые результаты теоретического исследования динамических характеристик питающей части электропневматической тормозной системы, где в качестве управляющего элемента, регулирующего давление используется неследящий электроклапан.

Some results of a theoretical study of the dynamic characteristics of the supply part of an electropneumatic brake system, where a non-icing electric valve is used as a control element regulating the pressure, are presented.