

Описание программного комплекса SimEarthmover

Общие характеристики

Программный комплекс предназначен для имитационного моделирования динамики рабочих процессов землеройно-транспортных машин (ЗТМ).

Программные модули представляют собой схемы MATLAB/Simulink и функции, написанные на языке MATLAB. Комплекс предназначен для работы в версии MATLAB R2007a.

Исходный код (m-файлы и mdl-модели) открыт для модификации, что дает возможность пользователю задавать другие характеристики двигателя, трансмиссии и т.п.

Комплекс содержит следующие модули:

1. **TorqueConv** (имитационная модель динамики привода ЗТМ с гидромеханической трансмиссией).
2. **EarthmoverTorqPT** (имитационная модель динамики тягового режима ЗТМ с гидромеханической трансмиссией).
3. **EarthmoverMechPT** (имитационная модель динамики тягового режима ЗТМ с механической трансмиссией).

Программный комплекс SimEarthmover распространяется бесплатно (freeware).

Автор: В. А. Мещеряков

Инструкция по установке

1. На компьютере должен быть установлен MATLAB со следующими пакетами расширения:

- Simulink;
- Optimization Toolbox.

2. Разархивируйте *SimEarthmover.exe*, скопируйте папку SimEarthmover. В меню MATLAB задайте и сохраните путь к этой папке:

File → *Set Path* → *Add with Subfolders* → ... (например, *C:\SimEarthmover*) → *Save* → *Close*.

Модуль TorqueConv

Модуль состоит из Simulink-модели *TorqueConv.mdl* и файла-функции MATLAB *accimpeller.m*.

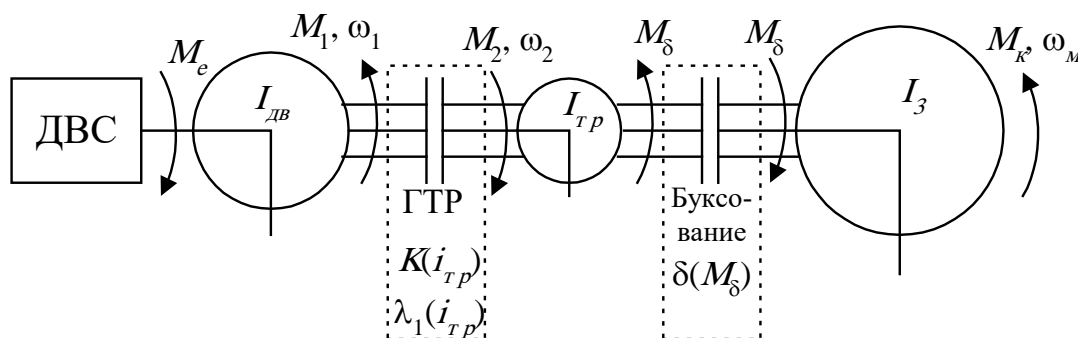
Исходными данными для моделирования являются конструктивные параметры машин, характеристики двигателя и трансмиссии, характеристика буксования, а также сила сопротивления перемещению машины.

Выходными параметрами рабочего процесса в динамике являются передаточное отношение, коэффициент трансформации, угловые скорости насосного и турбинного колес гидротрансформатора (ГТР), теоретическая и действительная скорости ЗТМ, тяговая мощность машины.

Для вызова модуля наберите в командной строке MATLAB имя модели: *TorqueConv* и нажмите Enter. Откроется модель Simulink. Запустить модель можно из меню: *Simulation* → *Start*. Во время и по окончании моделирования окна *Scope* позволяют просматривать выходные параметры рабочего процесса.

Файл-функция *accimpeller.m* содержит открытый для модификации код, позволяющий изменять значения конструктивных параметров ЗТМ. После редактирования файла *accimpeller.m* и модели *TorqueConv.mdl* в блоке *Integrator* следует указать начальные условия, т.е. примерное начальное значение угловой скорости насосного колеса. То же необходимо сделать при коррекции входного сигнала модели – силы сопротивления перемещению машины.

TorqueConv реализует уравнения движения элементов привода согласно схеме, представленной на рисунке.



На схеме использованы следующие обозначения:

- M_e – крутящий момент, развиваемый двигателем;
- M_1 – крутящий момент на насосном колесе ГТР;
- ω_1 – угловая скорость насосного колеса и выходного вала двигателя;
- M_2 – крутящий момент на турбинном колесе ГТР;
- ω_2 – угловая скорость турбинного колеса;
- M_k – момент сопротивления, обусловленный внешними нагрузками и приведенный к движителю;
- M_δ – момент сцепления движителя с грунтом;

ω_m – угловая скорость ведомых колес, характеризующая действительную скорость ЗТМ;

$I_{\partial\partial}$ – момент инерции двигателя и насосного колеса ГТР с маслом и присоединенными деталями трансмиссии;

I_{mp} – момент инерции турбинного колеса ГТР, механической части трансмиссии и движителей;

I_3 – момент инерции поступательно движущихся частей ЗТМ с призмой волочения, приведенный к движителю.

η_m – КПД механической части трансмиссии.

ГТР описан параметрами паспортной характеристики:

$K(i_{mp})$ – коэффициент трансформации в зависимости от кинематического

передаточного отношения ГТР i_{mp} : $K = \frac{M_2}{M_1}$;

$\lambda_1(i_{mp})$ – коэффициент момента насоса, характеризующий прозрачность ГТР. Кинематическое передаточное отношение ГТР связывает угловые скорости

насосного и турбинного колес: $i_{mp} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$.

Характеристика прозрачности ГТР: $M_1 = \omega_1^2 \lambda_1(i_{mp}) \gamma D_{ак}^5$,

где γ – удельный вес рабочей жидкости;

$D_{ак}$ – активный диаметр гидротрансформатора.

С учетом передаточного числа механической части трансмиссии i_m и коэффициента буксования δ

$$\omega_m = \frac{\omega_2(1 - \delta)}{i_m}.$$

Зависимости $K(i_{mp})$ и $\lambda_1(i_{mp})$, зависимость буксования от момента сцепления на движителе $\delta(M_\delta)$, а также регуляторная характеристика двигателя $M_e(\omega_1 = \omega_e)$ задаются таблично.

Модель движения элементов привода состоит из дифференциального уравнения

$$\frac{d\omega_1}{dt} = \frac{M_e(\omega_1)}{I_{\partial\partial}} - \frac{\omega_1^2 \lambda_1(i_{mp}) \gamma D_{ак}^5}{I_{\partial\partial}}$$

и системы алгебраических уравнений с двумя неизвестными i_{mp} и M_δ :

$$\begin{cases} \frac{K(i_{mp}) \omega_1^2 \lambda_1(i_{mp}) \gamma D_{ак}^5}{I_{mp}} - \frac{M_\delta}{i_m \eta_m I_{mp}} - \frac{(M_\delta - M_k) i_m}{I_3 [1 - \delta(M_\delta)]} = 0; \\ \left[\frac{1}{I_{\partial\partial}} + \frac{K(i_{mp})}{I_{mp} i_{mp}} \right] \omega_1^2 \lambda_1(i_{mp}) \gamma D_{ак}^5 - \frac{M_\delta}{i_m i_{mp} \eta_m I_{mp}} - \frac{M_e(\omega_1)}{I_{\partial\partial}} = 0. \end{cases}$$

Модуль *EarthmoverTorqPT*

Модуль состоит из Simulink-модели *EarthmoverTorqPT.mdl*, файла-функции MATLAB *accimpellerT.m* и скрипт-файла *OutTorqPT.m*.

Для вызова модуля наберите в командной строке MATLAB имя модели: *EarthmoverTorqPT* и нажмите Enter. Откроется модель Simulink. Запустить модель можно из меню: *Simulation* → *Start*. По окончании моделирования вызовите из командной строки MATLAB команду *OutTorqPT*. Выходные параметры рабочего процесса хранятся в рабочей области (памяти) MATLAB и выводятся в графических окнах. Подробное описание математических моделей, реализованных в *EarthmoverTorqPT*, приведено в работе [1].

Файл-функция *accimpellerT.m* идентична файлу *accimpeller.m* (описание приведено выше) и содержит регуляторную характеристику двигателя, параметры ГТР, инерционные характеристики ЗТМ и характеристику буксования. М-файлы могут быть изменены пользователем. Остальные параметры ЗТМ можно изменять на схеме *EarthmoverTorqPT.mdl*.

Модуль *EarthmoverMechPT*

Модуль состоит из Simulink-модели *EarthmoverMechPT.mdl*, файлов-функций MATLAB *engineM.m*, *slippageM.m*, и скрипт-файла *OutMechPT.m*.

Для вызова модуля наберите в командной строке MATLAB имя модели: *EarthmoverMechPT* и нажмите Enter. Откроется модель Simulink. Запустить модель можно из меню: *Simulation* → *Start*. По окончании моделирования вызовите из командной строки MATLAB команду *OutMechPT*. Выходные параметры рабочего процесса хранятся в рабочей области (памяти) MATLAB и выводятся в графических окнах. Подробное описание математических моделей, реализованных в *EarthmoverMechPT*, приведено в работе [1].

Файл-функция *engineM.m* содержит регуляторную характеристику двигателя, *slippageM.m* – характеристику буксования, которые могут быть изменены пользователем. Остальные параметры ЗТМ можно изменять на схеме *EarthmoverMechPT.mdl*.

Литература

1. *Мещеряков В. А.* Нейросетевое адаптивное управление тяговыми режимами землеройно-транспортных машин: Монография. – Омск: ОмГТУ, 2007. – 219 с.
2. *Мещеряков В. А.* Динамическая модель привода землеройно-транспортной машины с гидромеханической трансмиссией// Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). – Омск, 2007. – Вып. 5. – С. 229–233.
3. *Мещеряков В. А., Вебер В. В.* Динамическая модель привода землеройно-транспортной машины с механической трансмиссией // Механизация строительства. – 2007. – № 10. – С. 27–29.
4. *Мещеряков В. А.* Динамическая модель формирования призмы волочения поворотного отвала землеройно-транспортной машины// Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 7. – С. 94–96.
5. *Денисов В. П., Мещеряков В. А.* Исследование системы автоматического управления скоростью автогрейдера// Строительные и дорожные машины. – 2003. – № 5. – С. 39–41.