УДК 62-83

И.В. РАКОВ, студент гр. 5А1Л (НИ ТПУ)
Научный руководитель: В.В. ГНЕУШЕВ, ст. преподаватель (НИ ТПУ)
г. Томск

РЕГУЛИРУЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ШНЕКА ЗАГРУЗКИ ПЛАМЕННОГО РЕАКТОРА

Фторирование соединений урана является одной из основных технологических операций при переработке ядерных материалов. В состав технологической установки фторирования входит так называемый «пламенный» реактор, внутри которого в атмосфере газа (F_2) происходит сгорание твёрдого порошкообразного вещества – оксидов урана, с образованием газообразного гексафторида урана. Порошкообразные оксиды урана поступают в «пламенный» реактор с помощью шнека загрузки. Дозирование компонентов в технологический аппарат необходимо для соблюдения стехиометрического соотношения химической реакции. Технологический процесс фторирования требует точного дозирования оксида урана, надёжности и безопасности электропривода шнека загрузки.

С целью повышения надёжности и энергосбережения необходимо модернизировать электропривод шнека загрузки с заменой электропривода постоянного тока, недостатками которого является недостаточная надёжность машины постоянного тока из-за наличия щеточно-коллекторного узла, сложность обслуживания, высокая стоимость эксплуатации, на электропривод переменного тока. Использование асинхронного привода и реализация современных методов управления им, даёт высокие показатели надёжности и безопасности, снижение затрат на эксплуатацию в течение всего срока службы.

Поэтому разработка, исследование и внедрение современного частотно-регулируемого асинхронного электропривода шнека загрузки пламенного реактора является актуальной задачей, соответствующей требованиям современных технологий.

На рис. 1. приведена блок-схема шнека загрузки с асинхронным приводом. В статье рассматривается упрощенная модель процесса дозирования, определяются параметры настройки регулятора веса частотно-регулируемого асинхронного электропривода шнека загрузки пламенного реактора, а также приводятся кривые переходных процессов дозирования, полученные на имитационной модели. Структурная схема линейной модели процесса дозирования в реактор оксида урана представлена на рис. 2.

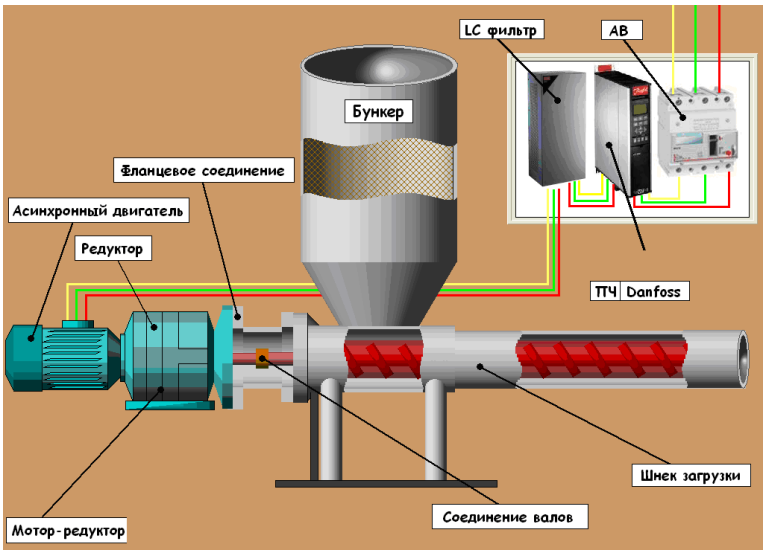

Рис. 1. Схема шнека загрузки с асинхронным приводом

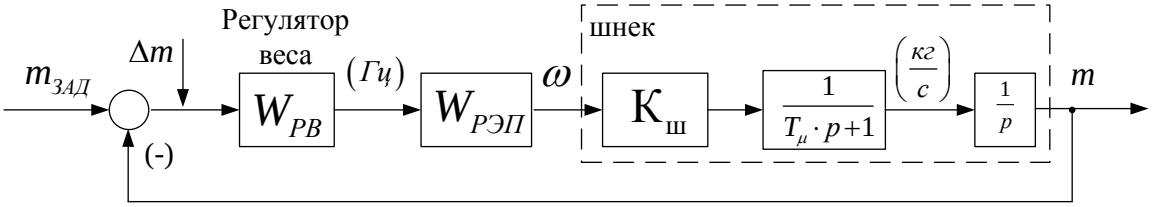

Рис. 2. Структурная схема линейной модели процесса дозирования в реактор фторирования оксидов урана

$W_{ÐÂ}$ – передаточная функция регулятора отношения;

$W_{ÐÝÏ}$ – передаточная функция разомкнутого электропривода;

$$K_{ш} = \frac{\frac{S}{D} \cdot R^{3} \cdot \varphi_{п} \cdot \gamma_{0}}{i_{p}} = \frac{\frac{0.1}{0.1} \cdot 0.05^{3} \cdot 0.862 \cdot 1200}{8.953} = 0.014$$

где $K_{ш}$ – коэффициент усиления шнека;

i_{p} = 8.953 – передаточное число редуктора;

T_{μ} – постоянная времени падающего столба порошкообразных оксидов урана.

Передаточная функция разомкнутого контура (веса)

$$W_{Р.К.В.} = \frac{W_{РВ} \cdot W_{РЭП} \cdot K_{ш}}{p \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)}, \quad W_{Р.К.В.} = W_{Ж.Р.К.В.} = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)},$$

где $W_{Ж.Р.К.В.}$ – желаемая передаточная функция.

Тогда передаточная функция регулятора веса:

$$W_{PB} = \frac{p \cdot (T_\mu \cdot p + 1)}{2 \cdot T_\mu \cdot p \cdot (T_\mu \cdot p + 1) \cdot W_{PЭП} \cdot \text{К}_\text{ш}} = \frac{1}{2 \cdot T_\mu \cdot W_{PЭП} \cdot \text{К}_\text{ш}}.$$

Для структурной схемы рассчитываем следующие параметры:

$W_{PЭП}$ – передаточная функция замкнутого электропривода является передаточной функцией преобразователя частоты и асинхронного двигателя.

Зная высоту бункера дозатора, определим высоту падающего столба

$$L = 1250 + 10\% = 1375 мм = 1.375 м$$

Время падения

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot L}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.375}{9.8}} = 0.53 c$$

Постоянная времени падающего столба

$$T_\mu \approx 0.5 \cdot t = 0.5 \cdot 0.53 = 0.265 c$$

Определим передаточную функцию регулятора веса:

$$W_{PO} = \frac{1}{2 \cdot T_\mu \cdot W_{PЭП} \cdot \text{К}_\text{ш}} = \frac{1}{2 \cdot 0.265 \cdot 2.93 \cdot 0.014} = 44.593$$

Имитационная модель системы, разработанная в среде Matlab7.0 представлена на рис. 3.

На рис. 3. блок 1 – задание на вес $m_{ЗАД}$; блок 2 – коэффициент регулятора веса; блок 3 – имитация дискретности передачи; блок 4 – ограничитель массы; блок 5 – ограничитель скорости $\omega_{\ddot{a}\hat{a}}, \tilde{A}\ddot{o}$; блок 6 – коэффициент шнека; блоки 7 – звено транспортной задержки (время падения дозируемого материала) и интегратор (растущая масса бункера дозатора); блок 8 – имитирует выключение электропривода при уменьшении ошибки дозирования ниже заданного уровня. Блоки 6 и 7 моделирует объект управления – шнековый питатель с заданной производительностью. С помощью нелинейной модели (рис. 3.) исследован процесс дозирования при разных заданиях веса. Переходные процессы показаны на рис. 4 и 5.

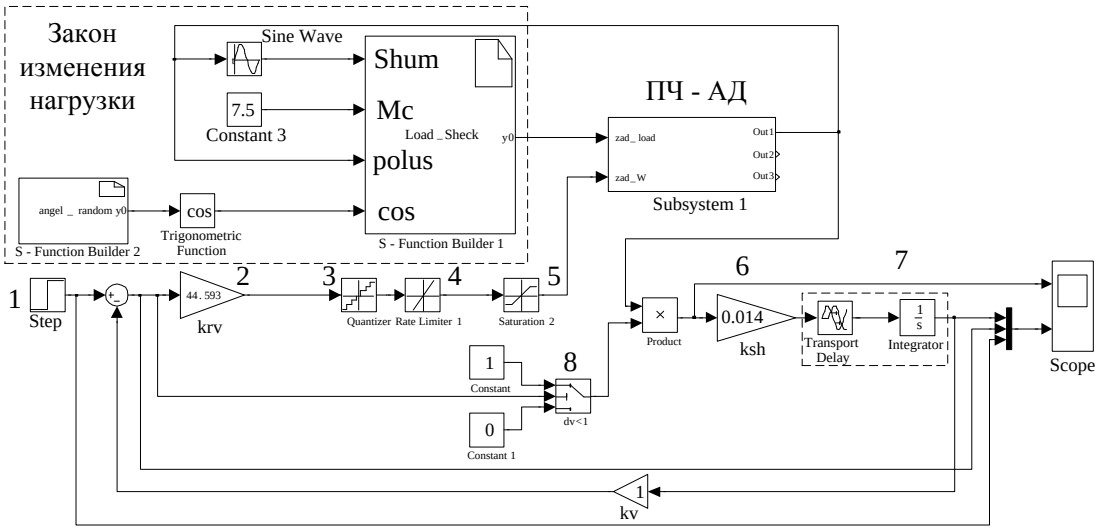

Рис. 3. Имитационная нелинейная модель процесса дозирования оксидов урана

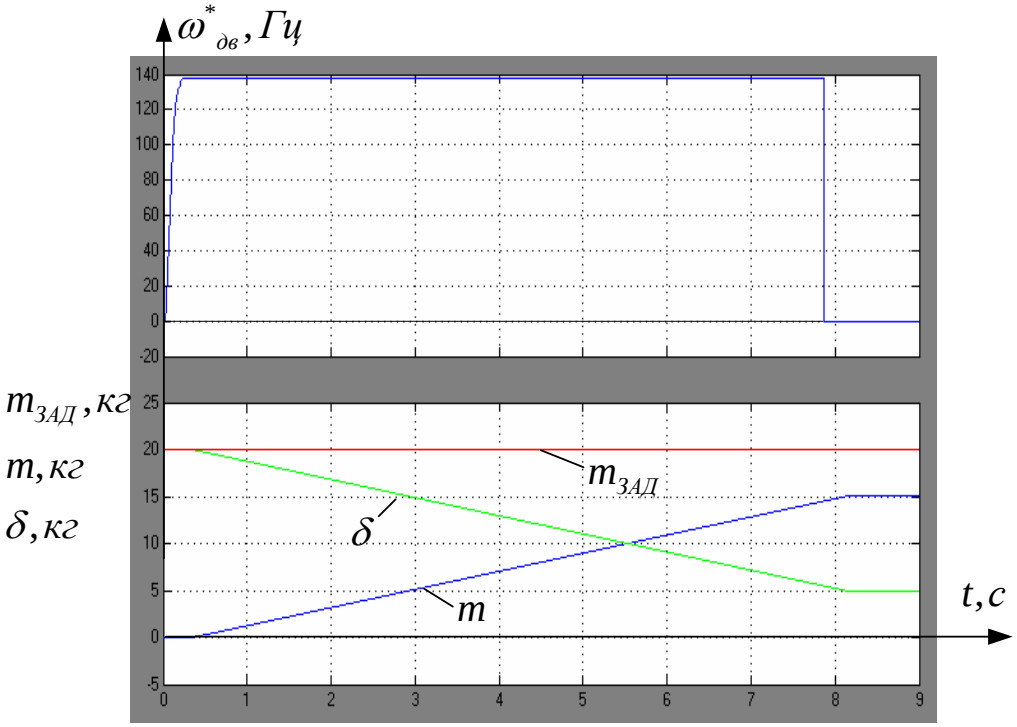

Рис. 4. Графики переходных процессов дозирования оксида урана при $m_{ЗАД} = 20 кг$

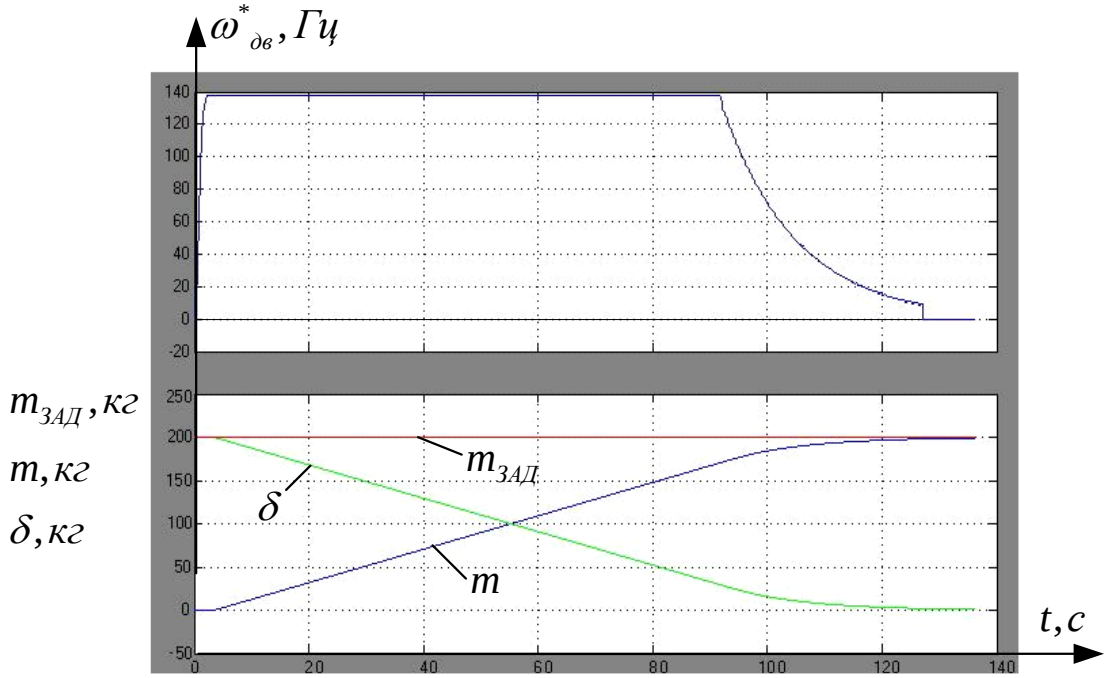

Рис. 5. Графики переходных процессов дозирования оксида урана при $m_{ЗАД} = 200 кг$

Выводы: Система автоматического регулирования процессом дозирования работает адекватно с установленным техническим регламентом, но при этом имеет погрешность в 5 кг. Эта погрешность объясняется допусками датчиков при весоизмерении.