

ФОРМИРОВАТЕЛЬ ТРАЕКТОРИИ ПОВОРОТА ВАЛА ЗАСЛОНКИ ГАЗОПРОВОДА

¹В.Ю. Дементьев, ²Н.В. Гусев, ²Н.В. Кояин, ³С.Ю. Ширяев

¹ООО «Газпром трансгаз Томск»

^{1,2,3}Томский политехнический университет

ЭНИН, ЭПЭО, ³ группа 5АМ6Д

Управление потоками газа производится изменением производительности газоперекачивающих агрегатов (ГПА) [1]. В качестве привода ГПА используются газотурбинные установки (ГТУ) или электрические машины (ЭГПА). Для вновь проектируемых компрессорных станции (КС) вопрос выбора типа ГПА должен решаться с обязательным учетом таких факторов как: высокий КПД, надежность и большой срок службы, простота обслуживания и даже возможность создания необслуживаемых электроприводных агрегатов; экологическая чистота, широкий диапазон регулирования. Использование регулируемого электропривода экономически особенно оправдано на объектах, имеющих неравномерный график загрузки, ГТУ принципиально не могут работать при нагрузках ниже критических, для регулируемых по частоте вращения ЭГПА границы «помпажа» сокращаются.

В связи с этим необходимо учитывать, что внедрение регулируемых электроприводов на КС является первым этапом на пути к автоматизации всей газотранспортной системы. При этом выбор в пользу применения частотно-регулируемых электроприводов (ЧРЭП) был сделан ввиду того, что ЧРЭП является наиболее экономически эффективным при эксплуатации магистральных газопроводов, работающих в переменных технологических режимах перекачки газа. Целью данной статьи является разработка и исследование формирователя траектории поворота вала заслонки газопровода. Электропривод заслонки представляет собой сложную многоконтурную структуру автоматического регулирования, замкнутую по положению. Схема включает частотно-регулируемый электропривод на базе асинхронного двигателя типа *КЕВ ST90 MB*, имеющий номинальную угловую скорость $\omega_H = 209.4$ рад/с датчик положения с коэффициентом передачи $k_{дп}$, установленным на механизме и регулятор положения с передаточной функцией $W_{рп}(p)$ [2, 3]. Для обеспечения плавной траектории движения заслонки, следует ограничить не только значение максимальной скорости поворота, но и ускорение. Это можно обеспечить применением формирователя желаемой траектории движения, в качестве которого целесообразно использовать задатчик интенсивности с *S* – образной характеристикой [4, 5]. Характеристика и схема набора имитационной модели такого формирователя траектории поворота приведены на рисунке 1.

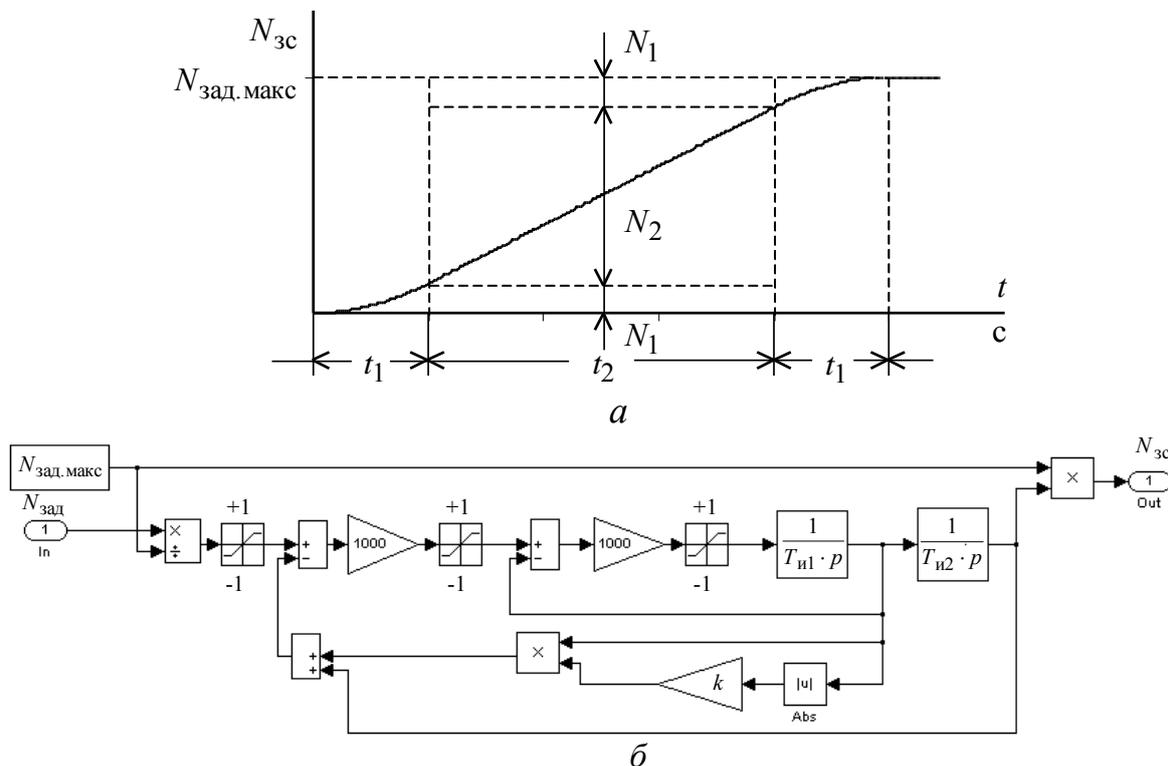


Рис. 1. Задатчик скорости с S – образной характеристикой: а – временная характеристика; б – имитационная модель

Параметры оптимальной траектории поворота заслонки определяются по выражениям:

$$t_1 = t_3 = \frac{\omega_{\text{макс}}}{\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_{\text{макс}}}, \text{ с,}$$

где $\omega_{\text{макс}} \leq 209.4$ рад/с – принятое значение максимальной угловой скорости вращения двигателя при отработке заданного угла поворота заслонки, рад/с;

$\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_{\text{макс}}$ – принятое максимальное значение углового ускорения двигателя при отработке заданного угла поворота заслонки, рад²/с;

$$t_2 = \frac{N_{\text{зад.макс}}}{k_{\text{п}} \cdot k_{\text{м}} \cdot \omega_{\text{макс}}} - t_1 = \frac{\varphi_{\text{зад.макс}}}{k_{\text{м}} \cdot \omega_{\text{макс}}} - t_1, \text{ с,}$$

где

$$\varphi_{\text{зад.макс}} \leq \frac{21600}{4} = 5400 \text{ угл.мин}$$

При настройке формирователя траектории приняты следующие значения параметров: $N_{\text{зад.макс}} = 10000$ дискрет; $\varphi_{\text{зад.макс}} = 5400$ угл.мин, максимальная скорость $\omega_{\text{макс}} = 52.35$ рад/с; $t_1 = t_3 = 0.2$ с, что соответствует максимальному значению углового ускорения

$$\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_{\text{макс}} = \frac{\omega_{\text{макс}}}{t_2} = \frac{52.35}{0.2} = 261.75 \frac{\text{рад}^2}{\text{с}}.$$

Тогда дополнительные параметры настройки формирователя:

$$t_2 = \frac{\varphi_{\text{зад}}}{k_{\text{П}} \cdot k_{\text{М}} \cdot \omega_{\text{макс}}} - t_1 = \frac{10000}{1.3222 \cdot 1.85185 \cdot 52.35} - 0.2 = 41.9283 \text{ с};$$

$$k = 0.5 \cdot \frac{t_1}{t_1 + t_2} = 0.5 \cdot \frac{0.2}{41.9283 + 0.2} = 0.0023737.$$

Исследования проведены при отработке задания $N_{\text{зад}} = 200$ дискрет, что соответствует заданию

$$\varphi_{\text{зад}} = \frac{N_{\text{зад}}}{k_{\text{П}}} = \frac{200}{1.85185} = 108 \text{ угл. мин.}$$

На рисунках 2 а, б приведены переходные процессы в следящем электроприводе с П – регулятором положения при отработке задании $N_{\text{зад}} = 200$ дискрет ($\varphi_{\text{зад}} = 108$ угловых минут).

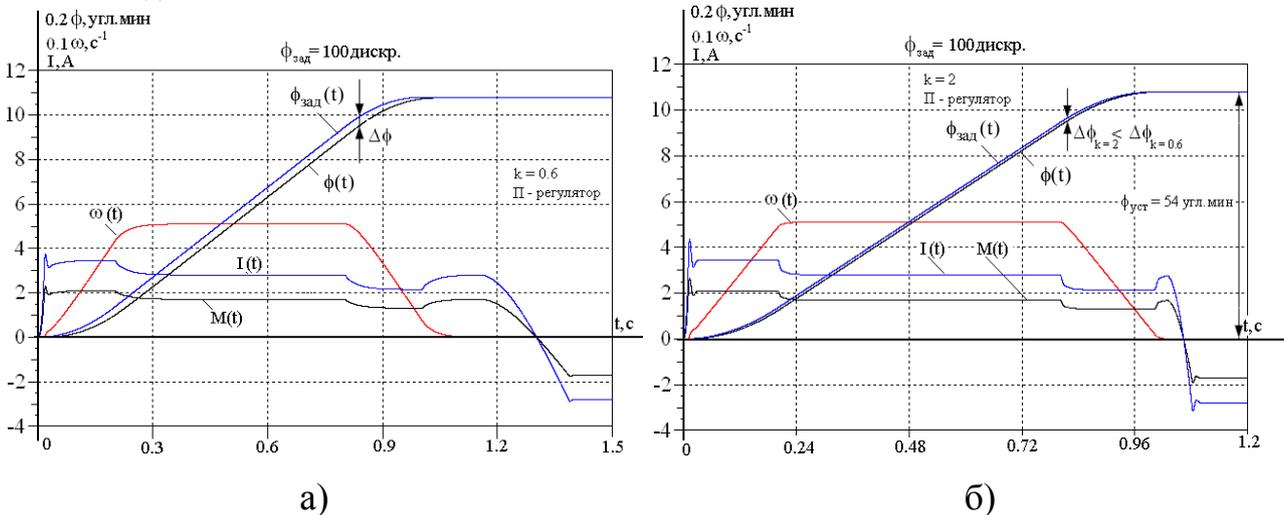


Рис. 2. Процесс отработка задания: а). $N_{\text{зад}} = 200$ дискрет с П – регулятором положения ($k_{\text{рп}} = 0.6$); б). $N_{\text{зад}} = 200$ дискрет с П – регулятором положения ($k_{\text{рп}} = 2$).

Как видно из рисунка 2, а в системе с П-регулятором при отработке заданной траектории движения вала заслонки имеет место скоростная ошибка $\Delta\varphi$. Величина скоростной ошибки зависит от выбранных значений коэффициента усиления П-регулятора положения (рисунок 2, б) и значения максимальной скорости поворота. Коэффициент усиления регулятора выбирается из условия обеспечения одностороннего подхода заслонки к конечной точке позиционирования, что особенно важно при ее полном закрытии. По этой причине коэффициент усиления регулятора положения не может быть большим и тогда скоростная ошибка при выборе большой скорости движения может быть значительной. Эта ошибка приводит к отставанию выходной координаты от задания и может являться нежелательной [6, 7]. Полное устранение скоростной ошибки достигается при применении ПИ-регулятора положения. На рис. 3 а, б пред-

ставлены кривые процесса обработки заданной траектории движения вала заслонки с ПИ – регулятором положения

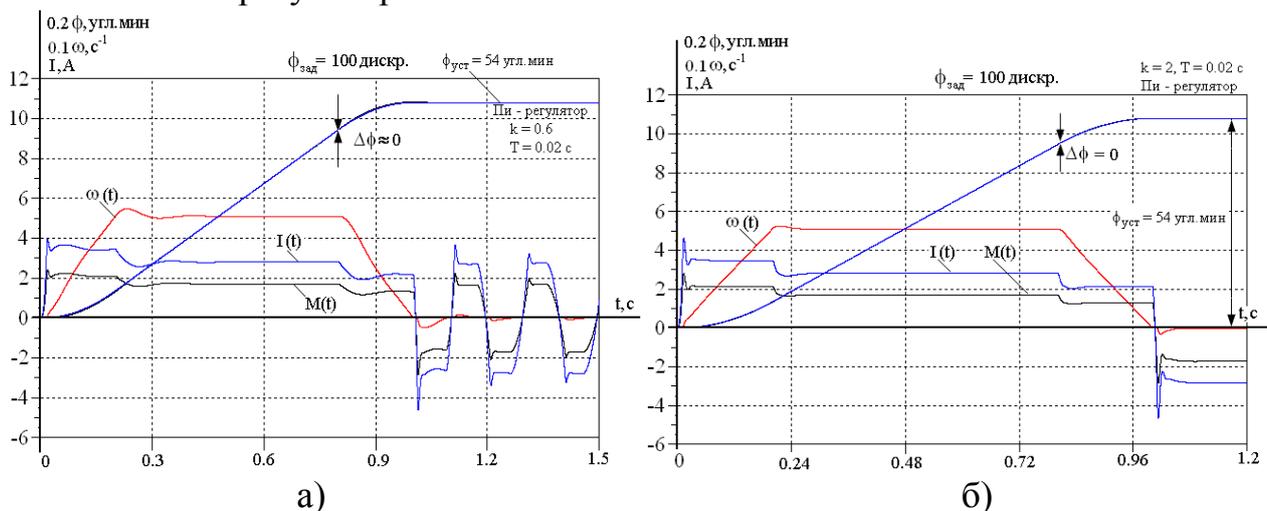


Рис. 3. Процесс обработки задания: а). $N_{зад} = 200$ дискрет с ПИ – регулятором положения ($k_{рп} = 2, T_{рп} = 0.02$ с); б). $N_{зад} = 200$ дискрет с ПИ – регулятором положения ($k_{рп} = 0.6, T_{рп} = 0.02$ с).

Таким образом, как следует из рисунков 3,а, б подбором значений двух параметров настройки ПИ-регулятора: коэффициента усиления и постоянной времени достигается требуемый характер движения электропривода заслонки и ее подход к заданной точке позиционирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мустафин Ф.М. Трубопроводная арматура. Учебное пособие для вузов. – Уфа: ГУП РБ УПК, УГНТУ, 2007. – 326 с.;
2. Дементьев Ю.Н. Моделирование асинхронного двигателя с устройством косвенного измерения момента / А.Д. Умурзакова, Л.С. Удут // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – с. 931–935.
3. Demytyev Yu. N. , Bragin A. D. , Koyain N. V. , Udut L. S. Control system with sinusoidal PWM three-phase inverter with a frequency scalar control of induction motor // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) : proceedings, Omsk, May 21-23, 2015. - IEEE Russia Siberia Section, 2015 - p. 1-6.
4. Дементьев Ю.Н., Негодин К.Н., Кояин Н.В., Удут Л.С. Система управления с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией трехфазного инвертора при частотном скалярном управлении асинхронным двигателем. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2016. № 4. С. 49-54.
5. Чернышев А.Ю., Дементьев Ю.Н., Чернышев И.А. Электропривод переменного тока. – Томский политехнический университет. – 2-е изд.– Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 210 с.

6. Odnokopylov I. G. , Dementyev Y. N. , Usachyov I. V. , Lyapunov D. Y. , Petrusyov A. S. Load balancing of two-motor asynchronous electric drive // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) : proceedings, Omsk, May 21-23, 2015. - IEEE Russia Siberia Section, 2015 - p. 1-4.
7. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч.8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод.– Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 648 с.

Научный руководитель: Н.В. Гусев, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОПРИВОД ТОКАРНОГО СТАНКА

А.Б. Арьяев

Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5АМ67

В современном мире приборам и машинам предъявляются самые большие требования по надежности, технико-эксплуатационным характеристикам и точности работы [7,8]. Роль обработки резанием металлорежущих станков в машиностроении непрерывно повышается, несмотря на высокие достижения технологий производства качественных заготовок [1,2]. Токарный станок служит для обработки тел путем снятия резанием слоя материала с заготовок. Токарные станки составляют одну из подгрупп металлорежущего оборудования.

Для защиты электрических сетей напряжением до 1000 В применяют автоматические выключатели, тепловое реле магнитных пускателей, плавкие предохранители.

После расчета аппаратов защиты, выбираем силовой шкаф типа ШРС-1-20У3, принципиальная схема показана на рисунке 1 и параметры шкафа приведены в таблице 1.

Табл. 1.

Тип шкафа	Номинальный ток шкафа, А	Габаритные размеры, мм		
		Ширина	Высота	Глубина
ШРС-1-20У3	250	500	1600	350