

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОБОТИ АДАПТИВНОЇ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ LPG-ТАНКЕРА

Наговський Д.А., Дощенко Г.Г.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Процес вивантаження та завантаження LPG та LNG – танкерів є складним завданням з точки зору безпеки та оптимальності управління відносно зовнішніх умов: вид живлення, обладнання, ступінь завантаження тощо. Для підвищення безпеки процесів вивантаження, а також раціонального розподілу енергоресурсів засоби автоматизації цих процесів, а також моделі та закони управління постійно вдосконалюються.

Актуальність досліджень. Оскільки різні порти мають різний рівень оснащення, LPG танкер має власну систему вивантаження. Судно має обмежену потужність електростанції, а умови вивантаження різняться від порту до порту. Тому доцільно, щоб вантажна система середньостатистичного LPG – танкера мала декілька варіантів технічних засобів та адаптивний закон управління.

Постановка задачі. Вантажна система LPG – суден зазвичай керується комп'ютеризованою системою управління. Необхідно створити модель управління, яка б враховувала вид живлення, оптимізацію вивантаження за часом або енергоефективністю, не зменшуючи показники безпеки операції.

Результати досліджень. Зріджений газ, що перевозиться на газозах, після прибуття в порт вивантажують різними способами. Наприклад, скраплений газ можна вивантажувати за допомогою насосів: палубних, погрузних і бустерних.

Палубні насоси при вивантаженні застосовують тільки при створенні в танках надлишкового тиску - так, щоб вантаж під напором сам підходив до насоса. У цьому випадку тиск у вантажному танку створюється або за рахунок тиску парів вантажу, підігрівається з використанням компресорів, або за рахунок тиску парів, що подаються по парової лінії з берегу [1,2].

Бустерні насоси можуть бути встановлені на палубах деяких суден, обладнаних повністю зануреними насосами. Бустерні насоси можуть включатися в роботу в тих випадках, коли при подачі рідини на берег виникає необхідність подолати підвищений тиск на береговому терміналі[1,2].

Для запобігання різких змін тиску в танку необхідно контролювати напір насоса. Необхідну величину напору визначають за наступним виразом [10]:

$$f = \frac{(P_P - P_S)K}{\rho}, \quad (1)$$

де f – напір, P_P – тиск нагнітання, K – постійний коефіцієнт, ρ – густина сировини.

Щоб визначити реальну швидкість вивантаження для типової установки, необхідно знати характеристику системи: тиск, проти якого повинен працювати насос. Величину цього тиску визначає різницю висот (між береговим танком і судновим з'єднанням шлангів), а також тиск в береговому танку. До цієї величини необхідно додати опір в магістралі, яке збільшується в міру зростання витрати від насоса.

Режими роботи вантажної системи залежать від типу вантажу: етилен, метан та ін. Для урахування всіх факторів доцільно використовувати комбінований принцип управління вивантаженням газу: регулювання подачі та температури сировини. Управління відбувається через відповідні регулятори.

В даний час більшість традиційних регуляторів (П, ПІ, ПІД) при проведенні пуско-

налагоджувальних робіт доводиться донастроювати вручну. Саме такі регулятори використовуються в основному на більшості суден. Налаштування виконується до тих пір, поки перехідний процес регулювання не стане задовільним.

Реакція на зміну в часі регульованої величини $y(t)$ з точністю до амплітуди вхідного впливу являє собою відповідну перехідну характеристику замкнутої системи. З неї при відомому алгоритмі функціонування регулятора може бути отримана передавальна функція об'єкта. Розраховуючи таку математичну модель об'єкта, можна зробити розрахунок оптимальних параметрів настройки ПІ або ПІД - регулятора. Слід зазначити, що оцінка перехідною характеристикою замкнутого контуру в реальних умовах роботи систем регулювання зазвичай володіє відносно нестабільним характером, тобто якщо експеримент повторювати кілька разів, то будуть отримуватись сильно різні результати, що вплине на адекватність моделі об'єкту. Однак, якщо характеристика має коливальний характер, то по ній можна оцінювати ступінь загасання коливань і їх період.

Останнім часом починають застосовуватись автоматичні системи каскаднозв'язного регулювання, в яких для поліпшення якості регулювання наводяться додаткові зв'язки між каскадами (контурами). Однак, разом з перевагами, каскадні системи мають і низку недоліків. Одним з них є складність настройки такої системи і відсутність методик по розрахунку параметрів для головного та допоміжного ПІ - регуляторів. Також можна відзначити, що при зміні значень параметрів об'єкта вибрані настройки не задовольняють якості перехідного процесу. Виходячи з вищевикладеного, пропонується використовувати нечітку систему регулювання з одним фаззи-контролером і введенням в нього інформації по двох каналах: з виходу об'єкта; з проміжної точки об'єкта. Таке управління є найбільш досконалим. Система з нечітким мікропроцесором реалізує оптимальне (програмованого) управління по нечіткій моделі і раціонально використовує всі можливості системи. Дані системи з високою точністю підтримують регульовані параметри на заданому рівні.

При моделюванні визначені множини помилки $e(t)$, швидкості її зміни $e'(t)$ і керуючого впливу $u(t)$, вищевказані множини можуть бути описані за допомогою лінгвістичного мови, де лінгвістичні змінні (ЛЗ) наступні: (NB - негативно велике, NS - негативно середнє, NM - негативно мале, Z - нульове, PS - позитивно середнє, PM - позитивно мале, PB - позитивно велике). База правил записана в табл. 1. Схема системи управління в середовищі Matlab показана на рис. 1.

Таблиця 1.База правил контролера

Похибка $e(t)$	Похідна від відхилення $e'(t)$						
	NB	NS	NM	Z	PM	PS	PB
	$u(t)$ – управління						
NB	NB	NB	NB	OS	Z	PM	PS
NS	NS	NS	NS	NM	PM	PM	PS
NM	NS	NM	NM	Z	Z	PM	PS
Z	NS	NM	NM	Z	PM	PM	PS
PM	NM	NM	Z	Z	PM	PM	PS
PS	NM	NM	Z	PM	PS	PS	PS
PB	NS	NM	Z	PS	PS	PB	PB

Для забезпечення управління використовується центральний процесор Siemens S7-400H [3], використання якого зменшує час простою обладнання шляхом віддаленої діагностики та відключення непрацюючих вузлів. Модулі вводу виводу – ET200M та ET200iSP. ET200M з'єднується з панелями управління двигунами, соленоїдними клапанами та внутрішньою вантажною системою. ET200iSP застосовуються в вантажних танках та в вузлах повторного зжиження (рис. 2.).

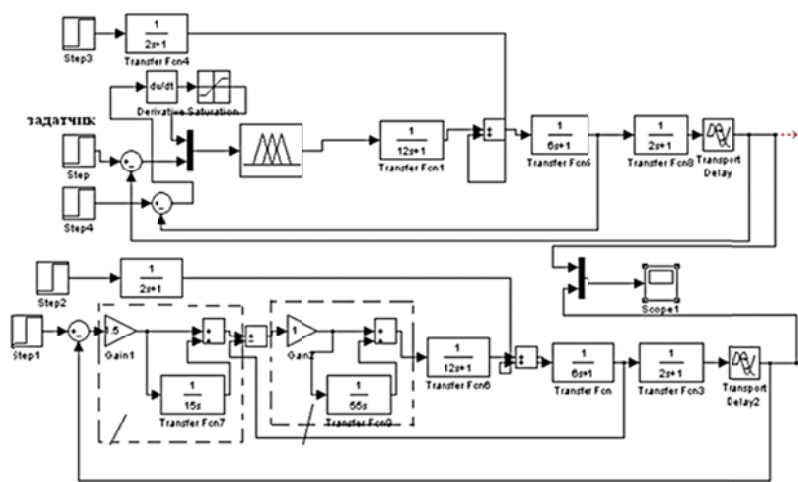


Рисунок 1. Модель системи управління в середовищі Matlab

Для зв'язку з людиною використовуються РС – консолі, які розміщені на містку та в приміщенні для вантажних операцій. РС – консолі через 8-портові некеровані комунікатори з головним PLC Siemens S7-400, який обробляє інформацію від інших PLC Siemens S7-400, з'єднаних мережею Profibus IS, через яку система отримує відповідні показники температури, тиску вантажу, стану компресорів тощо. З'єднання організовано через інтерфейси RS 485/422.

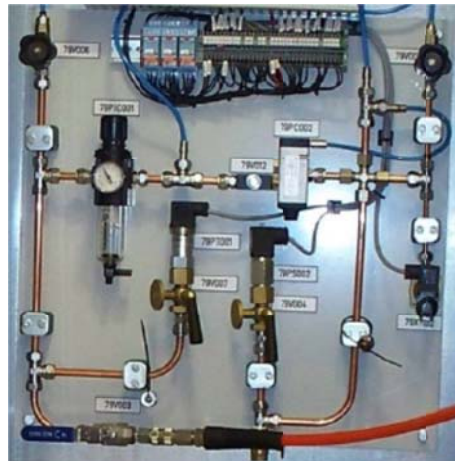


Рисунок 2. Модулі вводу виводу в вузлах повторного зжиження

Висновки. Для побудови імітаційної моделі управління адаптивною вантажною системою вивантаження LPG – продукції з танкеру використано прикладний пакет Matlab. Модель враховує вид живлення, оптимізацію вивантаження за часом або енергоефективністю, не зменшуючи показники безпеки операції вивантаження. В моделі враховується температура та тиск сировини. Фізична реалізація можлива з використанням ПЛК Siemens S7-400H та його периферії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петухов В.А. Безопасность и эксплуатация газозовов. Учебно-справочное пособие / В.А. Петухов. – СПб: Элмор, 1999. – 128 с.
2. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. – Лондон.: ИМО. «Эшфорд Пресс», 2011. – 450 с.
3. SIMATIC. Система автоматизации S7-400 Н Отказоустойчивые системы [Електронний ресурс] / SIMATIC. – 2003. – Режим доступу до ресурсу: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-400/S7-400H_r.pdf.