

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ В САУ МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ ВОДООТЛИВОМ ШАХТ

Ткаченко В.Н., Бессараб В.И., Федюн Р.В.

Донецкий национальный технический университет

Многоступенчатая водоотливная установка относится к сложным объектам управления и характеризуется многомерностью, многосвязностью и распределенностью в пространстве [1]. Устройство управления, измерительные средства (технологические датчики) и исполнительные механизмы объекта управления расположены на различных горизонтах водоотлива - рассредоточены в пространстве.

В настоящее время в мире разработан отдельный класс локальных сетей, предназначенных для автоматизации распределенных технологических процессов и объектов управления. Это класс сетей имеет общее название: fieldbus - "полевая шина" [2,3]. Данная структура обладает большей надежностью, меньшим количеством соединительных линий, большей гибкостью. Стыковка элементов распределенной системы управления осуществляется с помощью стандартных сетевых интерфейсов на аппаратном уровне и с помощью стандартных протоколов - на программном. К наиболее известным и применяемым в мире открытым полевым шинам относятся: CAN, LON, Profibus, Interbus-S, FIP, ControlNet, Foundation Fieldbus, DeviceNET, ASI, HART, MicroLAN, и некоторые другие [2,3].

Назначение, предоставляемые возможности и область применения различных полевых шин зависит от того, для какого уровня предприятия предназначена данная шина. При автоматизации многоступенчатой водоотливной установки возникает необходимость связать периферийное оборудование (датчики и исполнительные механизмы) с управляющим устройством на поверхности шахты. Для решения этой задачи применяются сети самого нижнего уровня предприятия - уровня периферийного оборудования: CAN, LON, Profibus-DP, LON, Profibus-PA, Interbus-S, DeviceNET, ASI, HART, MicroLAN.

На основании анализа особенностей данных полевых шин и предъявляемых к ним требованиям со стороны объекта управления можно сделать вывод, что наиболее подходящей при автоматизации многоступенчатой водоотливной установки является полевая шина Profibus [4]. Немаловажным преимуществом данной шины перед

другими является наличие протокола Profibus-PA, предназначенного для работы во взрывоопасной среде. Структурная схема системы автоматизации трехступенчатой водоотливной установки с использованием телекоммуникационной сети Profibus приведена на рисунке 1.

Для реализации алгоритма управления в систему управления должны поступать следующие информационные сигналы от технологических датчиков: напор на входе в трубопровод ступени и напор на выходе трубопровода ступени (подпор на входе в насос следующей ступени). В рассматриваемой системе

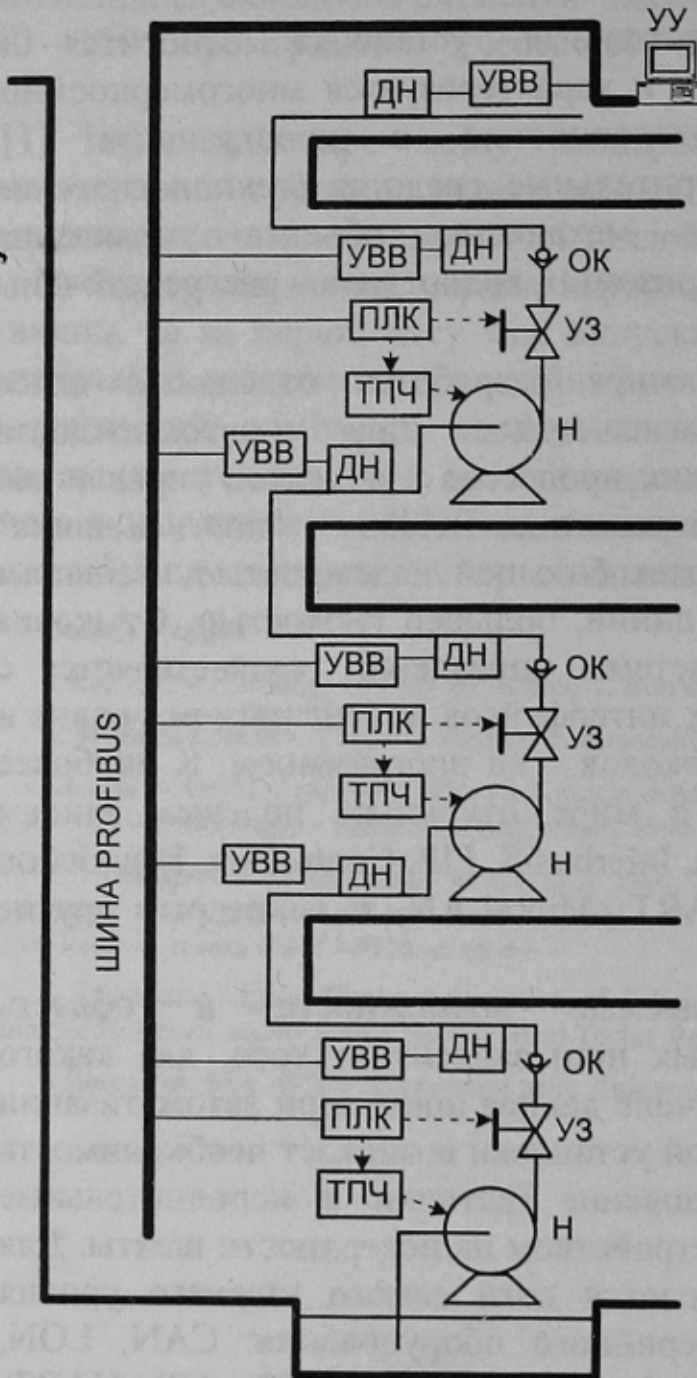


Рисунок 1 - Структурная схема САУ управления технологической установкой

датчики напора ДН. Каждый датчик снабжен платой ввода/вывода (УВВ), которая позволяет считывать данные с датчика по запросу управляющего устройства (УУ). В настоящее время существуют интеллектуальные датчики давления, которые имеют встроенный интерфейс для работы в той или иной промышленной сети. Вид исполнительных механизмов в системе управления зависит от применяемого способа управления водоотливной установкой. При управлении изменением частоты вращения приводного электродвигателя исполнительным механизмом выступает тиристорный преобразователь частоты (ТПЧ), при управлении дросселированием нагнетательного трубопровода - управляемая задвижка (УЗ). Каждый исполнительный орган (управляемая задвижка или тиристорный преобразователь частоты) снабжен программируемым контроллером. Программируемый логический контроллер (ПЛК) исполнительного органа выполняет несколько функций. Во-первых, в нем реализуется программа управления применяемым исполнительным механизмом (драйвер УЗ или ТПЧ). Во-вторых, программируемый логический контроллер выполняет функции сетевого контроллера, осуществляя обмен информацией с сервером.

При использовании сети Profibus для построения системы управления водоотливом необходимо учитывать временные задержки в каналах измерения и управления. Возникновение временных задержек при использовании шины Profibus связано с тем, что в данный момент времени возможен обмен только между двумя устройствами сети. Управляющее устройство последовательно опрашивает все технологические датчики, затем последовательно выдает управляющие сигналы на исполнительные механизмы. Другой трафик в сети Profibus не допустим. Для приведенной трехступенчатой схемы водоотливной установки при реализации алгоритма оптимального управления в технологической сети будет 9 узлов: 6 датчиков напора и 3 исполнительных органа (УЗ или ТПЧ), последовательный обмен информацией с которыми будет выполнять управляющее устройство.

Для определения временных характеристик процессов обмена данными в сети Profibus разработана коммуникационная модель

взаимодействия технических средств сети с использованием которой выполнено моделирование процессов обмена данными и определены интервалы изменения временных задержек в каналах контроля и управления [1].

Элементы задержки могут располагаться на входе модели, на ее выходе или между переменными состояния [5].

Запаздывание по входу описывается следующими уравнениями в пространстве состояний:

$$\bar{x}(kT + 1) = \Phi \bar{x}(kT) + \mathbf{H} \bar{u}(kT - d_1)$$

$$\bar{y}(k) = \mathbf{C} \bar{x}(k),$$

где d_1 - величина запаздывания на входе объекта управления.

Запаздывание по выходу:

$$\bar{x}(kT + 1) = \Phi \bar{x}(kT) + \mathbf{H} \bar{u}(kT)$$

$$\bar{y}(k) = \mathbf{C} \bar{x}(k - d_2),$$

где d_2 - величина запаздывания на выходе объекта управления.

Запаздывание, включенное в матрицы системы Φ и \mathbf{H} :

$$\bar{x}(kT + 1) = \Phi_d \bar{x}(kT) + \mathbf{H}_d \bar{u}(kT) \quad (1)$$

$$\bar{y}(kT) = \mathbf{C} \bar{x}(kT).$$

Способ введения запаздывания (по входу или выходу) зависит от технологической структуры реального объекта управления. В рассматриваемой системе автоматического управления многоступенчатым водоотливом присутствует запаздывание на входе и на выходе объекта управления. Наличие данного запаздывания связано с использованием полевой шины Profibus для взаимодействия элементов системы управления. По отношению к объекту управления сеть Profibus вносит следующие задержки: по каналам измерения - запаздывание по выходу; по каналам управления - запаздывание по входу.

При оценке влияния временных задержек на параметры замкнутой системы управления особое внимание следует уделить запаздыванию по входу. Во-первых, длительность задержек по каналам измерения меньше длительности задержек по каналам управления [5]. Во-вторых, вектор управляющих воздействий формируется в виде обратной связи по состоянию, а вектор переменных состояния \bar{x} восстанавливается наблюдателем состояния

на основании вектора выхода \bar{y} . Поэтому задержки измерения выходных координат могут быть учтены при формировании запаздываний по входу. Таким образом, будем считать, что временные задержки действуют на входе системы и равны длительности задержек по каналу управления [5].

Оценка влияния длительности цикла управления T_y на изменение динамических показателей системы выполняется согласно следующей методике:

- пересчитана модель дискретной системы с новым периодом дискретности $T_d = T_y$;
- введены новые матрицы динамики Φ_d и управления H_d , учитывающие наличие дополнительных переменных состояния, согласно (1);
- с использованием методики и разработанных программных средств построения переходных процессов в дискретной системе получены переходные процессы в системе управления трехступенчатым водоотливом;
- относительное отклонение полученных переходных процессов ε от процессов для "идеальной" системы при тех же параметрах модели динамики с учетом запаздывания в каналах исследовались в диапазоне изменения $T_y / T = 0.1 - 0.4$.

Обобщение результатов моделирования представлено на рис. 2. Приведенный на рис. 2, график отражает зависимость относительного отклонения динамических процессов реальной системы и "идеальной" ε от длительности цикла управления T_y (скорости обмена данными v_{Π}).

Определение соответствия между длительностью цикла управления T_y и скоростью передачи сети v_{Π} выполнено с использованием разработанной коммуникационной модели сети Profibus [5]. Таким образом, на приведенном графике (рис. 2) имеется по две оси абсцисс: ось T_y/T и ось v_{Π} , что позволяет определять влияние скоростных характеристик телекоммуникационной сети на параметры системы управления.

Таким образом, по полученной в результате моделирования зависимости (рис. 2) можно однозначно определить требования к

скоростным параметрам телекоммуникационной сети, предъявляемые системой управления многоступенчатым водоотливом. Относительное отклонение ε динамических процессов в реальной системе от процессов в "идеальной" при использовании сети Profibus в системе управления трехступенчатой водоотливной установкой составляет 7-8 %.

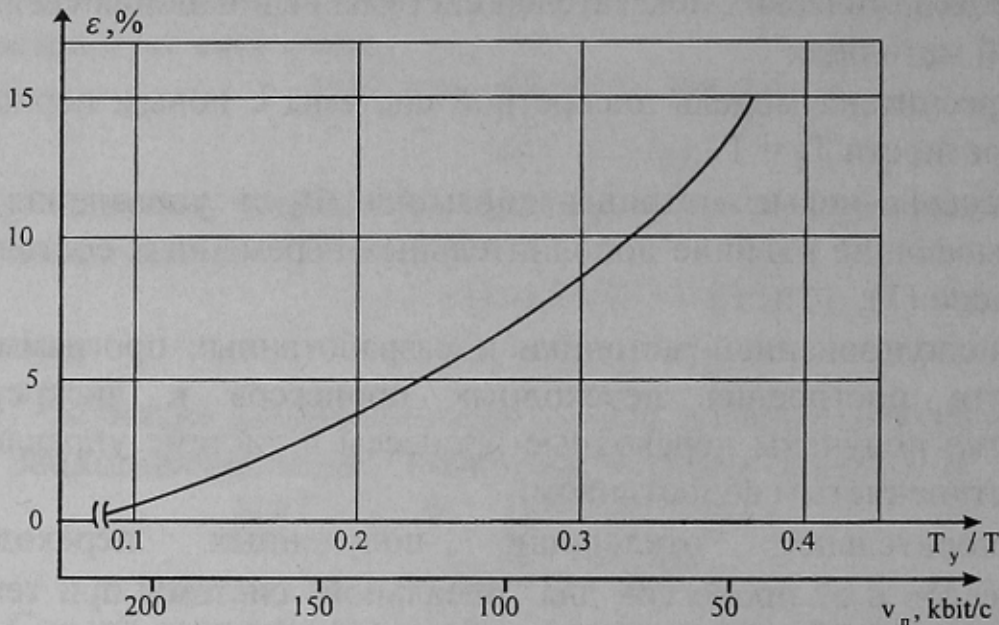


Рисунок 2 - Влияние длительности цикла управления T_y (скорости передачи v_n) на динамику замкнутой системы управления трехступенчатой водоотливной установкой

Список источников

1. Бессараб В.І., Федюк Р.В. Дослідження часових параметрів мережі Profibus при реалізації САУ багатоступінчастими водовідливними установками шахт. // Наукові праці ДонДТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 38, Донецьк: РВА ДонДТУ, 2002.- С. 27 - 33.
2. Звягинцев А.М., Красников А.Л., Курносков Н.М., Долинин И.В., Скрышников С.Н. Полевые шины "FIELDBUS" – новая перспектива в автоматизации управления технологическими процессами // Датчики и системы. - 1999. - №7-8. - С. 61 - 73.
3. Любашин А.Н. Первое знакомство: краткий обзор промышленных сетей по материалам конференции "FieldComms'95"// PCWeek.- 1996.- № 1, С. 8 - 13.
4. Любашин А.Н. PROFIBUS - открытая шина для открытых технологий // PCWeek. - 1998. - № 8. - С. 12-17.
5. Изерман Р. Цифровые системы управления.