

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Киселев С.В., магистрант; Авраменко С.В., аспирант; Тарасюк В.П., к.т.н., доц.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Общий анализ проблемы и постановка задачи исследований.

В настоящее время топливно-энергетический комплекс Украины переживает сложное состояние, связанное с мировым кризисом, низкими инвестициями в энергетику, старением энергетического оборудования и общим падением промышленного производства. Тепловые электростанции (ТЭС), призванные решать проблемы тепла и электроснабжения, были построены в середине прошлого века и давно выработали свой ресурс, 76% всех ТЭС имеют возраст более 30 лет, 90% всех действующих турбин имеют возраст более 15 – 20 лет. Актуальной задачей стало прогнозирование гидравлического удара, для предотвращения высокого количества аварий на ТЭС.

Гидравлическим ударом называется резкое повышение или понижение давления в напорном трубопроводе в результате изменения скорости движения жидкости в нем. Повышение или понижение давления зависит от: схемы трубопровода, длины, поперечного сечения и скорости распространения ударной волны, на каждом однородном участке, установившегося напора, величины и характера изменения пропускной способности регулирующего органа или органов в зависимости от времени.

Цель работы. Актуальность проблемы развития автоматизированного контроля за технологического процессом, протекающим в трубопроводных системах возрастает по мере интенсивности их работы и давности эксплуатации. Оперативное отслеживание режимов работы трубопроводных систем и прогнозирование гидравлического удара на основе полученных результатов методами математического моделирования являются одной из центральных задач, и даст возможность предупредить множество аварий на ТЭС.

Обзор существующих исследований. К началу шестидесятых годов прошлого столетия основные физические и гидродинамические процессы, протекающие в элементах трубопроводных систем при гидравлическом ударе, были в основном изучены. Важным вкладом в методику расчета гидравлического удара было создание «графического» метода, изложенного лучше всего в монографии Л. Бержерона. В последнее время, все чаще отказываются от аналитических и графических методов в пользу численных, что повлекло начало массового использования ЭВМ. Их внедрение и массовое использование позволило проводить расчеты практически без ограничения сложности сетей [2].

Выбор метода. Волны гидравлического удара распространяются по системе со скоростью звука в воде около 1000 м/с и могут многократно повторяться, пока энергия удара не израсходуется на работу сил трения и деформации трубопроводов или не будет погашена в специальных устройствах, ограничивающих распространение гидравлического удара (воздушные колпаки, резервуары и другие

устройства). Наибольшую амплитуду изменения давления имеет обычно первая волна удара, которая является наиболее опасной.

Наиболее интересны два параметра гидравлического удара - во-первых, его мощность (либо степень повышения давления) и, во-вторых, длительность стадий сжатия и расширения заглушки вместе с мощностью определяющих общую энергию гидравлического удара.

Давление гидравлического удар может быть определено на основе закона импульсов: Изменение количества движения равно импульсу силы:

$$G(w + a) = p_y f ,$$

где $G = f w \rho^2$ - массовый расход воды кг/с; w - скорость воды до торможения м/с; a - скорость звука в воде м/с; f - площадь сечения трубы m^2 ; ρ - плотность воды $\frac{кг}{м^3}$; p_y - давление гидравлического удара.

$p_y = a w \rho$ - известная формула Жуковского предложенная им в 1899 г.[1]

Повышение давления при гидравлическом ударе равно:

$$\Delta P_{уд} = \rho \cdot \Delta v \cdot a$$

$\Delta P_{уд}$ - скачок давления; ρ - удельная плотность жидкости; Δv - произошедшее изменение скорости (при полной остановке - скорость потока перед остановкой); a - скорость распространения ударной волны.

Н.Е. Жуковским была получена формула для расчета величины скорости распространения ударной волны.

$$a = \frac{\sqrt{E_a / \rho}}{\sqrt{1 + \frac{E_d}{E_{cm}} \frac{d}{s}}}$$

где E_v - модуль упругости воды, равной $2 \cdot 10^8$ Па; E_{cm} - модуль упругости материала стенок трубопровода; d, s - диаметр и толщина стенки трубопровода.

Длительность стадии сжатия заглушки не зависит от силы гидроудара, а определяется лишь временем распространения ударной волны по трубе, поэтому у заглушки она длится время, необходимое для прохода ударной волны по трубе «туда» и «обратно»:

$$t_{сз} = 2 \cdot L / c$$

где $t_{сз}$ - длительность стадии сжатия возле заглушки; L - длина трубы от входа до заглушки; c - скорость распространения ударной волны.

При слабых гидравлических ударах длительность стадии разрежения равна длительности стадии сжатия. Однако если силы гидроудара достаточно для возникновения отрыва жидкости от заглушки и образования области вакуума, то длительность стадии расширения равна:

$$t_{рз} = t_{сз} \cdot \Delta P_{уд} / P_0 = 2 \cdot L \cdot \rho \cdot v_0 / P_0$$

где $t_{рз}$ - длительность стадии разрежения возле заглушки; $t_{сз}$ - длительность стадии сжатия возле заглушки; $\Delta P_{уд}$ - повышение давления на стадии сжатия при гидроударе, вычисляемое по формуле Жуковского; P_0 - исходное давление до начала

гидроудара (давление вне трубы); L - длина трубы от входа до заглушки; ρ - удельная плотность жидкости; v_0 - скорость потока перед остановкой.

Решение задачи. Приведенная математическая модель характеризует параметры, которые описывают гидравлический удар. В данном случае к контролируемым параметрам относим давление при гидравлическом ударе, изменение скорости воды при ударе и плотность потока в трубопроводе.

Микропроцессорная система на основе микроконтроллера управляет блоками взаимодействия с измерительным устройством, датчиками, блоком коммутации, преобразованием сигнала с помощью АЦП, устройствами ввода-вывода: графическим дисплеем, интерфейсом для интеграции с персональным компьютером RS232. Структурная схема электронной системы приведена на рис.1

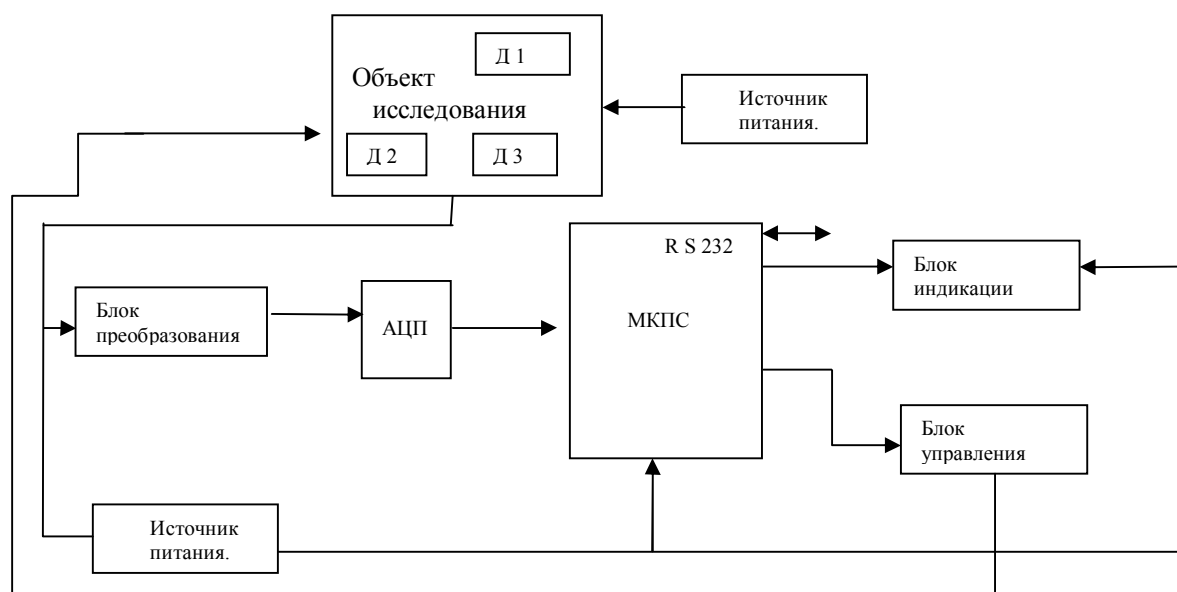


Рисунок 1 - Структурная схема электронной системы

Выводы.

1. Аргументирована необходимость оперативного отслеживания состояния параметров гидравлического удара в условиях ТЭС.

2. Предложена структура электронной системы прогнозирования гидравлического удара на основе микропроцессорной системы

Перечень ссылок

1. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М.-Л., Гостехиздат, 1949. 103 с.
2. Клименко А.В.. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы: Справочник/ В.М. Зорина - МЭИ, 2000.
3. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. М, 1981.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. - 7-е изд., стереот. - М: Издательство МЭИ, 2001. - 472 с: шт.