

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В РАЗВЕТВЛЕННО-ЗАМКНУТЫХ ГИДРОСИСТЕМАХ**

**Аксенова Е.А., магистрант; Магомедова М.А., аспирант; Прошкин В.Н. доц., к.т.н.**  
(*Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия*)

Большинство гидравлических систем в технологических процессах машиностроения, химии, нефтехимии, атомной, аэрокосмической промышленности, так или иначе, связаны с применением потенциально опасных рабочих сред, которые могут быть ядовитыми, токсичными, горючими и негорючими, способными образовывать с воздухом взрывоопасную смесь, обладать мутагенными и канцерогенными свойствами и т.п. Нарушение герметичности в таких системах во время работы может привести к выходу рабочей жидкости (РЖ) под давлением наружу и созданию аварийных ситуаций с тяжелыми экологическими последствиями и огромными материальными и финансовыми потерями. Поэтому необходимы меры для повышения надежности гидросистем, предотвращению или сведению к минимуму аварийных ситуаций, а также их последствий.

Известно множество методов и способов обнаружения утечек, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В числе авторов таких методов следует отметить, прежде всего, основоположника этого направления Н.Е. Жуковского, первым объяснившего не только причины возникновения разрывов трубопровода, но и предложившего метод их обнаружения. Известны также работы в этой области таких ученых как А.Н. Гольянов, Н.И. Жежера, Ф.С. Зверев, Е.С. Куленко, В.П. Луконин и других отечественных и зарубежных авторов, тем не менее, проблема все еще далека от окончательного решения.

В настоящее время контроль герметичности оборудования проводится с использованием внутренних и внешних способов обнаружения утечек РЖ, основанных на различных физических явлениях и принципах [1, 2]. Внутренние способы включают в себя: гидростатические, пузырьковые или манометрические способы с различными вариантами реализации (компрессионные, капиллярные, камерные, вакуумные и др.); способы контроля параметров процесса перекачки (метод баланса массы, объема, расходов, энергий и т.д.); способы использования зондовых устройств, транспортируемых вместе с потоком. К внешним способам относятся: способы опрессовки, нагревания, омыливания; способ акустического (ультразвукового) зондирования; способ локации сканирующих волн давления; способ определения химического состава воздушной смеси в контролируемой зоне.

Проведенный анализ показал, что большинство технических решений для обнаружения утечек предназначены в основном для контроля герметичности разомкнутых гидросистем (трубопроводный транспорт и т.п.) или полых изделий (гидравлические сосуды различного назначения и т.п.), а для диагностики разветвлено-замкнутых гидросистем (транспортные средства, отопительные и охлаждающие системы) представлены слабо.

Известен способ, реализованный в устройстве для защиты замкнутой гидросистемы от утечек рабочей жидкости [3], согласно которому ведется непрерывный контроль за разницей показаний расходов РЖ в гидролиниях нагнетания и слива, расположенных между источником и потребителем гидравлической энергии. Если разница показаний равна нулю, то система находится в безаварийном положении. В случае аварийной обстановки, координаты и величина утечек определяется знаком и амплитудой разностного сигнала.

Известный способ не сможет эффективно работать в системах, в состав которых входят агрегаты с изменяющимися объемами (гидроцилиндры, сильфоны, гидроаккумуляторы и т.п.) и с переменными температурными характеристиками (нагреватели, охладители и т.п.), так как в разностном сигнале будет присутствовать ошибка, связанная с изменением температуры и

объема РЖ. Рассмотренные обстоятельства определяют актуальность решения данной проблемы – повышение эффективности защиты таких систем от утечек РЖ. Показателями эффективности должны служить высокая чувствительность, точность и быстродействие определения факта разгерметизации. На рисунке 1 приведена предлагаемая структурная схема автоматизированной системы контроля герметичности, способная решить указанную проблему.

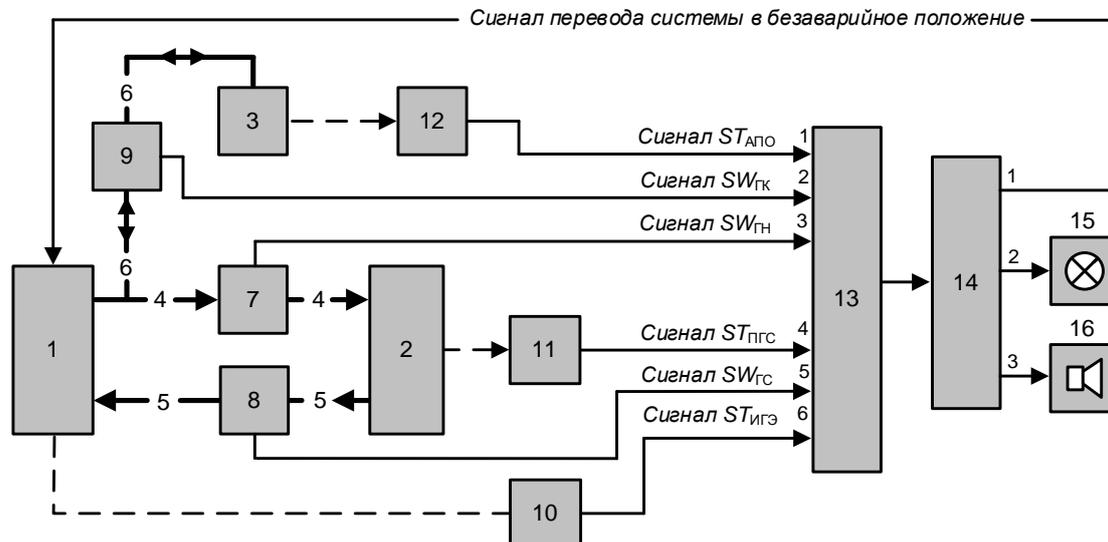


Рисунок 1 – Автоматизированная система контроля герметичности в разветвлено-замкнутой гидросистеме

В состав системы входят: источник 1 гидравлической энергии (ИГЭ), например, гидронасосная станция; потребитель 2 гидравлической энергии (ПГЭ) с постоянным объемом; источник 3 агрегат с переменным объемом (АПО), например, гидроаккумулятор; напорная гидролиния (ГН) 4; сливная гидролиния (ГС) 5; компенсационная гидролиния (ГК) 6; расходомер 7 в напорной гидролинии; расходомер 8 в сливной гидролинии; расходомер 9 в компенсационной гидролинии; датчик 10 скорости температуры в ИГЭ; датчик 11 скорости температуры в ПГЭ; датчик 12 скорости температуры в АПО; сумматор 13; блок 14 анализа и управления; визуальная система 15; акустическая система 16.

Рабочая жидкость, перемещаясь под давлением в замкнутом контуре от источника 1 гидравлической энергии через гидролинию 4 напора, расходомер 7 к потребителю 2 гидравлической энергии и далее через гидролинию 5 слива, расходомер 8 возвращается назад в бак ИГЭ 1. Для стабилизации давления и расхода в напорной 4 гидролинии при переходных процессах служит источник 3 гидравлической подпитки с изменяющимся объемом, подключенный расходомером 9 к компенсационной гидролинии 6. В качестве информационных сигналов, используемых для выявления аварийной обстановки, являются:

- $SW_{ГН}$  – сигнал объемной скорости потока рабочей жидкости в ГН 4;
- $SW_{ГС}$  – сигнал объемной скорости потока рабочей жидкости в ГС 5;
- $SW_{ГК}$  – сигнал объемной скорости потока рабочей жидкости в ГК 6;
- $ST_{ИГЭ}$  – сигнал скорости температуры рабочей жидкости в ИГЭ 1;
- $ST_{АПО}$  – сигнал скорости температуры рабочей жидкости в АПО 3;
- $ST_{ПГЭ}$  – сигнал скорости температуры рабочей жидкости в ПГЭ 2.

Формирование сигналов скоростей потоков рабочей жидкости осуществляется с помощью датчиков объемного расхода 7, 8, 9, установленных соответственно в ГН 4, ГС 5 и ГК 6. Формирование сигналов скоростей температур рабочей жидкости в ИГЭ 1, ПГЭ 2 и АПО 3 – с помощью датчиков 10, 11 и 12. Сигналы с выходов датчиков 7 – 13, в соответствующем масштабе подаются на аналоговый сумматор 14. При исправной гидросистеме

сумма всех составляющих сигналов с датчиков равна нулю, а математическая модель работы сумматора 14 выглядит следующим образом:

$$SW_{ГН} + SW_{ГС} + SW_{ГК} + ST_{ИГЭ} + ST_{ПГЭ} + ST_{АПО} = 0 \quad (1)$$

Если температура в ИГЭ 1, ПГЭ 2, АПО 3 постоянны, то сигналы  $ST_{ИГЭ}$ ,  $ST_{ПГЭ}$ ,  $ST_{АПО}$ , с выходов датчиков 10 – 12 равны нулю. Тогда уравнение (1) примет следующий вид:

$$SW_{ГН} + SW_{ГС} + SW_{ГК} = 0 \quad (2)$$

Рабочая жидкость, проходя через ПГЭ 2 и АПО 3, совершает определенную работу и нагревается. При нагреве происходит ее расширение, в результате чего изменяются скорости потоков во всех гидролиниях. Например, в ГС 5 она несколько выше, чем в ГН 4. Поступая в бак ИГЭ 1 жидкость, как правило, охлаждается и вновь подается в систему. Разница скоростей потоков жидкости пропорциональна скорости изменения ее температур  $ST_{ПГЭ}$ ,  $ST_{ИГЭ}$  и  $ST_{АПО}$ . Изменение объема АПО 3 также ведет к изменению скорости потоков во всех гидролиниях. При его увеличении расход жидкости в ГК 6 выше, чем в ГН 4 и в сумме равен расходу в ГС 5.

В случае разгерметизации системы в любом ее участке, на выходе сумматора 13 устанавливается сигнал, не равный нулю и несущий в себе информацию признака аварии. По знаку и амплитуде этого сигнала блоком 14 анализа и управления производится оценка сложившейся ситуации и определяется дальнейший ход работы системы. При малых утечках включаются визуальный или акустический сигнализаторы 15, 16 для обслуживающего персонала, который устраняет неполадки не выключая гидравлическую систему. При больших утечках блоком 14 формируется команда для перевода системы в безаварийное положение. Для предотвращения выхода РЖ под давлением наружу с помощью гидравлических кранов (на рисунке не показаны) перекрываются те участки гидролиний в которых произошла авария.

Предлагаемая автоматизированная система контроля по сравнению с известными аналогами позволит обеспечить:

- непрерывный контроль герметичности гидравлических систем в процессе ее работы;
- высокую точность и чувствительность выявления аварийной ситуации;
- исключение выхода агрессивной жидкости под давлением в месте разрушения;
- исключить травматизм обслуживающего персонала, повреждения оборудования и обеспечить экологическую защиту окружающей среды;
- по сигналу аварии выдать зрительную или слуховую информацию о координатах и объеме утечек;
- по количественной величине утечек определить дальнейший ход работы гидравлической системы, вплоть до перевода ее в безаварийное положение.

Устройство может быть использовано в атомных и тепловых электрических станциях, в системах регулирования и смазки подшипников паровых турбин, в системах охлаждения активной зоны ядерного реактора, конденсационных, пароохладительных и других установок, а также в конструкциях гидравлических приводов транспортных машин и испытательных стендов.

#### Перечень ссылок

1. Жежера Н.И. Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: дис... докт. техн. наук. – Оренбург, 2004. – 441 с.
2. Луконин В.П. Управление безопасностью химико-технологических систем на базе метода активного контроля утечек: дис... докт. техн. наук. – Нижний Новгород, 2005. – 313 с.
3. А.с. 1332965 СССР. МКИ: F15B 20/00. Устройство защиты замкнутой гидросистемы от утечек рабочей жидкости/ В.Н. Прошкин, Прошкина Л.А. и др.// Для служебного пользования.