

Решение задач раннего обнаружения нештатных событий на линейной части многониточного магистрального газопровода средствами системы линейной телемеханики

С. В. Евсеев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

telemeh@niiis.nnov.ru

Аннотация

Целью данной работы является дополнение системы телемеханики методами определения места утечки из многониточного магистрального газопровода. В работе предлагаются алгоритмы выявления перепада давления газа на датчике, возникающего в начале утечки, и модернизация математической карты многониточного магистрального газопровода. Проведён анализ действий диспетчеров при ликвидации реальной аварии с неполным разрывом газопровода на границе двух линейно-производственных управлений. В результате анализа предлагается решение для точного определения места утечки в границах ЛПУ на основе организации дополнительного канала связи между крайними контролируруемыми пунктами.

Ключевые слова

Телемеханика, система обнаружения утечек, ликвидация аварии

Материалы и методы

В работе представлен алгоритм определения перепадов давления

на контролируемом пункте телемеханики, показан способ формирования единой информационной карты многониточного магистрального газопровода, рассмотрен пример реальной аварии и сделан вывод о необходимости информационного взаимодействия между системами линейной телемеханики соседних участков магистрального газопровода

Для цитирования:

Евсеев С. В. Решение задач раннего обнаружения нештатных событий на линейной части многониточного магистрального газопровода средствами системы линейной телемеханики // Экспозиция Нефть Газ. 2020. №4. С. 28–32. DOI:10.24411/2076-6785-2020-10089

Поступила в редакцию: 12.03.2020

AUTOMATION

UDC 65.011.56 | Original Paper

Problem solving for emergency early detection at gas-main multi-pipeline linear part by linear telemechanics systems

Sergey V. Yevseyev

FSUE “RFNC-VNIIEF”

telemeh@niiis.nnov.ru

Abstract

The present work object is to add the telemechanics system by methods for detecting gas-main multi-pipeline points of leakage. There are proposed algorithms for detecting gas pressure decrease at the sensor arising at the beginning of the leak and updating mathematical map of gas-main multi-pipeline (GMMP). Analysis of dispatcher actions when eliminating real breakdown in case of gas-pipeline partial break at the boundary of two linear production areas (LPA) was carried out. As a result of the analysis there is proposed a solution for accurate defining the point of leakage within LPA at the basis of providing additional communication channel between the end supervised stations.

Keywords

Telemechanics, leak detection system, fault isolation

Materials and methods

The work presents the algorithm for detecting pressure decrease at

telemechanics supervised stations, the method for generating an integrated information card of gas-main multi-pipeline, an example of the real breakdown is studied and a conclusion was drawn about the necessity of interaction between the adjacent sections of the gas-main pipeline

For citation:

Sergey V. Yevseyev Problem solving for emergency early detection at gas-main multi-pipeline linear part by linear telemechanics systems // Ekspozitsiya Net' Gaz = Exposition Oil Gas, 2020. issue 3, pp. 20–24. DOI:10.24411/2076-6785-2020-10089

Received: 12.03.2020

Введение

В предыдущей статье [1], посвященной созданию подсистемы обнаружения утечек на базе системы телемеханики, были рассмотрены основные требования к системе телемеханики и основные пути построения данной подсистемы. Однако в процессе разработки подсистемы возникла необходимость

применения дополнительных алгоритмов, касающихся определения мест утечек посредством поиска и фиксации перепада давления на датчике («волн давления»), возникающих при разрыве магистральных газопроводов (МГ) и доработки математической карты многониточных магистральных газопроводов (ММГ). Изложенный в [1] метод, позволяющий

не только определять наличие утечки, но и выявлять нештатные перестановки запорной арматуры, которые тоже являются нештатными ситуациями на ММГ, путем анализа изменений основного информационного элемента, страдает весьма существенным недостатком, влияющим на точность и время определения утечки газа [2]. Одновременное использование

двух алгоритмов выявления повышает надежность выявления мест утечки газа на ММГ.

1. Алгоритм определения перепадов давления на КП

Поскольку для определения места утечки газа на линейной части МГ важным является определение точного времени возникновения перепада давления на каждом датчике давления контролируемого пункта (КП) телемеханики, сформулируем алгоритм определения перепадов давления (рис. 1). Цель данного алгоритма – зафиксировать перепад давления на основном информационном объекте [1] КП с точностью не менее 1с и передать информацию о нем на пункт управления (ПУ). Обычно информация с каждого датчика давления считывается контроллером КП с частотой от 10 до 1000 Гц и усредняется каждую секунду, что позволяет достаточно точно определить время возникновения перепада давления и, как следствие, место возникновения утечки с точностью до ±1км.

Определим условия фиксации перепада давления как:

$$dPp = Pold - Pnew$$

где: Pold - значение давления в предыдущем цикле измерения;

Pnew - значение давления в текущем цикле измерения.

При фиксации резкого уменьшения давления на датчике $dPp > 0,1 \text{ кг/см}^2$ между опорным и текущим давлением необходимо запомнить реальное время возникновения события и перейти в режим подтверждения для исключения ложных обнаружений. В алгоритм должна быть включена проверка тенденций изменения датчиков давления в течение определенного времени Tt , например 5с.

Определим критерии ежесекундных тенденций изменения показания давления газа по каждому датчику Di на КП, на котором зафиксирован возможный перепад как:

$$Ti = A1 + A2 + A3$$

$$A1 = \begin{cases} 0 - Pst = Pold \\ 2 - Pst < Pold \\ -2 - Pst > Pold \end{cases}$$

$$A2 = \begin{cases} 0 - Pold = Pnew \\ 2 - Pold < Pnew \\ -2 - Pold > Pnew \end{cases}$$

$$A3 = \begin{cases} 0 - Pst = Pnew \\ 1 - Pst < Pnew \\ -1 - Pst > Pnew \end{cases}$$

$$St = \frac{\sum_{i=1}^5 Ti}{5} < -3$$

где: Pst - значение давления опорное;
Pold - значение давления в предыдущем

цикле измерения;

Pnew – значение давления в текущем цикле измерения;

Tt – количество секунд проверки тенденций (например, 5с);

N – критерий подтверждения (определен эмпирическим путём как -3);

St – средняя величина тенденций изменения за последние K секунд.

Если средняя величина тенденций изменения давления меньше заданного критерия, то это является свидетельством наличия перепада давления вызванного утечкой. Если есть подтверждение по 2-м датчикам основного информационного объекта для открытого крана или по одному для закрытого, то на пункт управления должна передаваться информация в виде экстренного аварийного сообщения с меткой времени, типом события, величиной изменения и номером крана.

2. Модернизация карты ММГ

Как было сказано в [1], для обработки сообщений об утечках от КП на ПУ должна быть разработана карта ММГ в виде матрицы или взвешенного неориентированного графа. В карте ММГ устанавливаются связи основных информационных объектов с расстояниями между ними, что позволяет, посредством алгоритма Дейкстры, производить подсчет времени возможного распространения перепада давления между основными информационными объектами, с учетом состояния открытия перемычек.

При создании карты ММГ необходимо учесть состояние компрессорной станции (КС), которая является центральным элементом карты. В 90% случаев система телемеханики не контролирует охранные площадки КС и, следовательно, не имеет информации о состоянии линейных охранных кранов, перемычек между ними и работе компрессорных цехов.

Для получения информации о состоянии КС существуют два основных способа. Первый способ подразумевает передачу информации о состоянии охранных кранов и цехов в систему телемеханики по протоколу обмена данными. Но поскольку и телемеханика и АСУ ТП КС системы нижнего уровня, то требуется либо создание прямого канала связи, либо канала связи через верхний уровень линейно-производственного управления (ЛПУ) МГ, что весьма сложно осуществимо. Второй способ осуществляется прямым вводом информации диспетчером о состоянии объектов в базу данных подсистемы. Данный способ подразумевает «человеческий» фактор, что является существенным недостатком. Вследствие этого, самым простым способом является создание алгоритма прогнозирования состояния объектов КС.

Рассмотрим какие элементы КС значимы для обнаружения утечек системой телемеханики. Наиболее значимым элементом является состояние крана 20 компрессорного цеха, который определяет возможность прохождения волны давления от утечек через

компрессорную станцию. При открытом кране 20 компрессорный цех находится в состоянии «на проходе», при закрытом волна давления не может пройти через цех вне зависимости от степени работы цеха. Важными элементами также являются перемычки между нитками, которые позволяют волне давления пройти в соседний трубопровод при их открытии. Таким образом, можно в упрощенном виде представить сегмент КС как обычную крановую площадку (рис. 2).

Используя данные о параметрах давления на крановых площадках, контролируемых телемеханикой и ближайших к обеим сторонам КС, можно спрогнозировать состояние кранов 20 и перемычек между нитками, применив простой алгоритм (рис. 3).

В случае необходимости, для подтверждения правильности определения алгоритмом состояния КС достаточно обеспечить воспроизведение схемы на видеомониторе ПУ с возможностью изменения состояния объектов диспетчером.

3. Пример реальной аварии на границе между ЛПУ МГ

Рассмотрим реальную аварию, возникшую на границе между ЛПУ. В этом случае подсистема выявления утечек сообщила бы только информацию о нахождении утечки в районе последнего линейного крана на нитке, поскольку карта ММГ не определена далее границ ЛПУ. Подобная ситуация с разрывом на границе между ЛПУ произошла на одном из участков ММГ.

Участок ЛПУ МГ, приведенный на рисунке 4, обслуживаются системами телемеханики УНК ТМ, разработки филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова». На рисунке 4 стрелкой обозначено место утечки. Нитка МГ, на которой произошла утечка, стояла в резерве (давление по всей нитке одинаково) и была закрыта на охранный площадке КС1. На охранный площадке КС2 была открыта перемычка между нитками. Работал только компрессорный цех (КЦ) на первой нитке.

Хронология событий представлена на рисунке 5.

В 2ч 17м на участке между КП 101 одного ЛПУ и КП 203 другого ЛПУ произошло неполное раскрытие МГ без возгорания в виде трещины на стыке труб.

Информация в виде волны давления размером $0,2 \text{ кг/см}^2$ прошла по всем КП телемеханики на данном участке. Диспетчерские службы обоих ЛПУ не приняли во внимание данное событие. Падение давления составило более $0,5 \text{ кг/см}^2$.

В 2ч 29м произошло повторное неполное раскрытие места утечки с возгоранием и отобразилось на обоих ПУ в виде аварийных сигналов.

В 2ч 38м диспетчерская служба КС2 перевела КЦ1 на «кольцо».

В 2ч 42м диспетчерская служба КС2 закрыла охранную перемычку между МГ.

В 2ч 45м диспетчерская служба КС2 закрыла линейный кран на КП101.

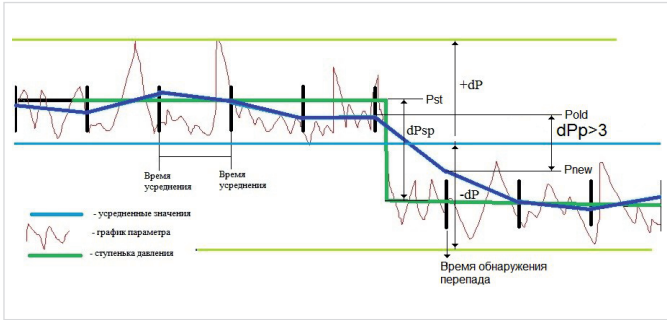


Рис. 1. – Алгоритм определения перепадов давления.

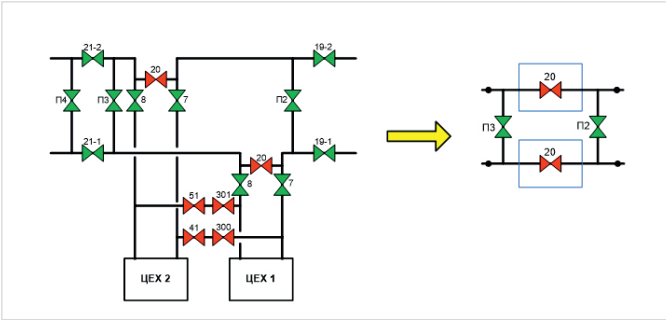


Рис. 2. – Представление схемы КС в виде упрощенного КП.



Высокотехнологичные комплексные решения в области промышленной автоматизации

Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» – современный научно-производственный комплекс радиоэлектронного профиля. Основан 23 февраля 1966 года. Институт имеет развитую эффективную инфраструктуру с полным производственно-технологическим циклом: от проведения научных исследований, проектирования, изготовления и испытаний до комплектной поставки наукоемкой продукции заказчику «под ключ» и обеспечения сервисного сопровождения приборов и систем в течение всего жизненного цикла.

Исследование и разработка

Инжиниринг

Производство

Комплектная поставка

Основные направления деятельности:

- Исследования, разработка, изготовление приборов и систем автоматики в интересах Росатома.
- Разработка, изготовление, внедрение программно-аппаратных средств и автоматизированных систем управления технологическими процессами объектов топливно-энергетического комплекса, включая атомные электростанции.
- Проектирование и серийное изготовление изделий твердотельной микроэлектроники.

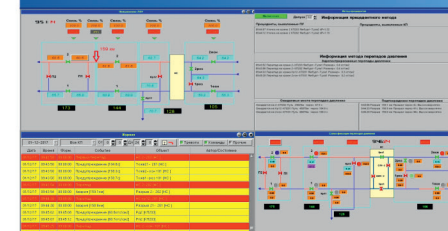
Директор НИИИС –
Андрей Юлиевич Седаков, лауреат
премии правительства РФ в
области науки и техники, д.т.н.,
профессор



Решение вопросов безопасности предприятий энергетики

Безопасность транспорта газа

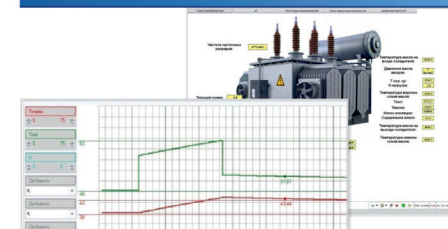
Подсистема обнаружения нештатных событий



Обнаружение в реальном масштабе времени и информирование оперативного диспетчерского персонала ЛПУ о нештатных событиях на многониточных магистральных газопроводах.

Безопасность электроэнергетики

Программно-технический комплекс мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования



Мониторинг и автоматизация процессов оценки состояния и диагностики трансформаторного оборудования.

Информационная безопасность

Российская программная платформа СКАДА АТОМ-НН



ПП СКАДА АТОМ-НН внесена в реестр отечественного ПО. Поставляется на объекты дочерних обществ ПАО "НК "Роснефть" в составе "верхнего уровня" АСУ ТП. Успешно прошла сертификационные испытания на соответствие требованиям ПАО «Газпром нефть».

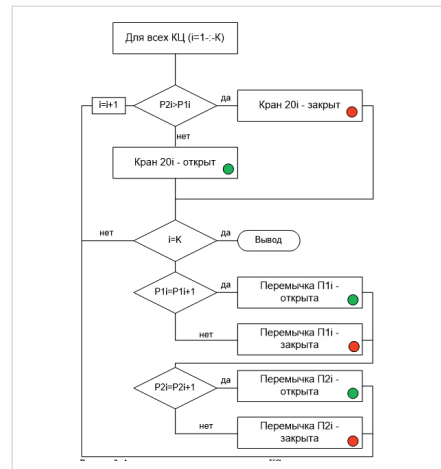


Рис. 3. – Алгоритм прогнозирования состояния КС.

В 2ч 51м диспетчерская служба КС1 закрыла линейный кран на КП301 и локализовала участок МГ длиной более 80 км.

В 2ч 53м диспетчерская служба КС1 закрыла линейный кран на КП203 и локализовала участок МГ длиной 10 км.

Таким образом, локализация данной аварии потребовала более 36 минут. При этом потеря давления газа на нитке 1 на участке МГ длиной более 120 км составила 9 кг/см², что привело к потере более 2 млн. м³ газа без учета газа потерянного из нитки 2.

Рассмотрим, что привело к неверным действиям ДС при локализации аварии и какие

недостатки систем телемеханики желательно устранить.

При анализе суточных протоколов УНК ТМ было выявлено:

- ДС КС1 установила на КП 301, 201, 202, 203 для датчиков давления уставки предупредительной и аварийной сигнализации 25-75 кг/см², что привело к отсутствию своевременного срабатывания сигнала тревоги, что в дальнейшем и привело к неверному определению места аварии;

- установленные службой телемеханики КС1 уставки передачи на ПУ аварийной информации об изменении давления газа размером ± 1 кг/см², не позволили определить наличие аварийной ситуации на раннем этапе.

Так какие же проблемы и недостатки выявила данная авария, кроме недостатков перечисленных выше:

- несогласованность действий диспетчерских служб при локализации утечек на границах ЛПУ. Каждая из служб имела основания считать, что разрыв произошел не на их участке;

- отсутствие возможности определить точное место возникновения утечки при разрыве между ЛПУ даже системой обнаружения утечек.

Таким образом, наиболее оптимальным решением для точного определения места утечки в данном случае была бы организация дополнительного канала связи между соседними КП двух ЛПУ с возможностью быстрой передачи информации о состоянии их кранов и об обнаружении волн давления. Именно наличие данной информации позволяет подсистеме обнаружения нештатных событий

точно определить место расположения аварии и принадлежность ее к зоне ответственности конкретного ЛПУ.

Итоги

Показана необходимость определения волн давления, а также организация информационного обмена между системами телемеханики соседних участков магистрального газопровода для использования в подсистеме определения нештатных событий.

Выводы

Дополнение подсистемы обнаружения нештатных событий алгоритмами выявления волн давления газа при разрыве магистрального газопровода и прогнозирования состояния компрессорного цеха, а также оперативной связью между соседними контролируемыми пунктами разных линейных производственных управлений позволяет на базе системы линейной телемеханики создать полноценную систему обнаружения утечек с точностью до километра.

Литература

- Евсеев С.В. Проблема определения места утечки на многониточном магистральном газопроводе штатными средствами линейной телемеханики // Экспозиция Нефть Газ. 2019. №6(73). С. 70–72.
- Александров Д.В. Методы и модели поддержки принятия решений в нештатных ситуациях при эксплуатации магистральных трубопроводных сетей. М.: Финансы и статистика. 2013. 102 с.

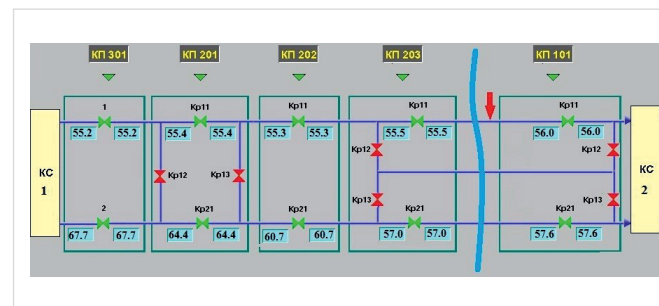


Рис. 4. – Схема участка контроля двух ЛПУ МГ.

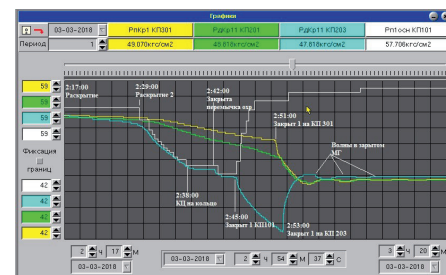


Рис. 5. – Графики параметров реальной аварии.

ENGLISH

Conclusions

Addition of the algorithms for detecting gas pressure waves when GMP is broken and predicting CS state as well as operative communication between the neighboring SS of the different LPA to the emergency detection subsystem allows to create a full-blown leak detection system at SLTM basis having the accuracy up to one kilometer to the subsystem of detecting emergency events.

References

- Yevseyev S.V. The problem of detecting leak point at gas-main multi-pipeline by standard linear telemechanics facilities// Exposition Oil Gas, 2019, Issue 6(73), pp. 70–72.
- D.V. Alexandrov. Methods and models for supporting decision-making in case of emergencies when operating main pipeline systems. M.: Finances and statistics. 2013. 102 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Евсеев Сергей Владимирович, начальник научно-исследовательского отдела программно-технических комплексов и систем управления объектами ТЭК

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ФИЛИАЛ Федерального государственного унитарного предприятия «РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ им. Ю.Е. Седакова». telemeh@niiis.nnov.ru

Sergey V. Yevseyev, head of Research department for fuel-energy complex objects program-technical and control systems

FSUE “RFNC-VNIIEF” Branch of “Russian Federal Nuclear center – All Russian Research Institute of Experimental Physics” “Research Institute of Measuring Systems named after Yu. Ye. Sedakov” telemeh@niiis.nnov.ru

