



## ПРИМЈЕНА *inVIEW* ЗА НАДЗОР И УПРАВЉАЊЕ РАДОМ НАФТНИХ БУШОТИНА

### APPLICATION OF *inVIEW* FOR SUPERVISION AND CONTROL OF OIL WELL OPERATIONS

Жељка Кокотовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – Индустијско инжењерство**

**Кратак садржај** – *inVIEW SCADA* представља савремени систем за надзор и управљање нафтним бушотинама у реалном времену. Систем користи *cloud* инфраструктуру (*OCI*) и подржава комуникацију кроз протоколе као што су *MQTT*, *OPC UA* и *Modbus*, интегришући различите уређаје преко *IoT gateway*-а. Главни модули – *Configurator*, *Editor* и *Client* – омогућавају конфигурацију, визуелизацију и интеракцију са подацима. Систем доприноси ефикасности, безбједности и унапријеђеној анализи производних процеса.

**Кључне рјечи:** *inVIEW*, *SCADA*, нафтна бушотина, аутоматизација

**Abstract** – *inVIEW SCADA* represents a modern system for monitoring and controlling oil wells in real time. The system relies on cloud infrastructure (*OCI*) and supports communication through protocols such as *MQTT*, *OPC UA*, and *Modbus*, integrating various devices via *IoT gateways*. The main modules – *Configurator*, *Editor*, and *Client* – enable configuration, visualization, and interaction with data. The system contributes to efficiency, safety, and enhanced analysis of production processes.

**Keywords:** *inVIEW*, *SCADA*, oil well, automation

#### 1. УВОД

*SCADA* системи имају кључну улогу у надзору и управљању индустријским процесима, посебно у нафтној индустрији гдје је потребно праћење великог броја параметара у реалном времену. Традиционални *SCADA* системи често имају ограничења у погледу интеграције различите опреме и протокола, што умањује њихову флексибилност. *inVIEW SCADA* представља савремено рјешење које омогућава повезивање широког спектра уређаја кроз употребу *IoT gateway*-а и модерних протокола као што су *MQTT* и *OPC UA*. Платформа функционише у оквиру *cloud* инфраструктуре (*OCI*), што обезбјеђује високу доступност, скалабилност и сигурност. *inVIEW SCADA* обухвата модуле *Configurator*, *Editor* и *Client*, који заједно омогућавају једноставну конфигурацију, визуелизацију и интерактивно управљање процесима.

**Напомена:** Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је др Гордана Остојић, ред. проф

Систем је прилагођен специфичним захтијевима нафтне индустрије, укључујући праћење бушотина са компресорском технологијом. Надзор параметара као што су притисак, температура и проток омогућава оптимизацију производње и благовремено откривање неправилности. На овај начин, *inVIEW SCADA* унапријеђује ефикасност и безбједност рада, као и квалитет доношења одлука у комплексним индустријским окружењима.

#### 2. *SCADA* У НАФТНОЈ ИНДУСТРИЈИ

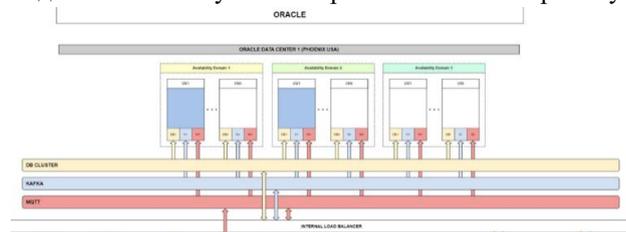
*SCADA* системи прате све релевантне параметре нафтних бушотина попут производног капацитета, притиска и температуре, токова флуида. Подаци прикупљени путем *SCADA* система се могу анализирати како би се оптимизовали процеси или предвиђали проблеми. На основу историјских података могуће је идентификовати најбоље вријеме за производњу или одржавање, а анализом трендова открити потенцијалне отказе прије него што до њих дође. Ови системи генеришу детаљне графичке извјештаје на корисничком интерфејсу, који омогућају приказ кључних перформанси у реалном времену, олакшавајући анализу и процес доношења одлука, док алармни системи дају аутоматска обавјештења у случају да праћени параметри имају вриједност изван дефинисаних граница.

##### 2.1 Архитектура система

*inVIEW SCADA* омогућава надзор и управљање удаљеним нафтним бушотинама, укључујући и подземне и површинске инсталације, уз приказ података у реалном времену и потпуну контролу преко прилагодљивог корисничког интерфејса. Систем не поставља ограничења у погледу броја уређаја, типова опреме или броја корисника, што га чини изузетно флексибилним за различите индустријске сценарије. За интеграцију са класичним аутоматизованим системима, који нису изворно дизајнирани за рад у *cloud* или *IoT* окружењима, користе се *IoT gateway*-и који омогућавају конверзију индустријских протокола као што су *Modbus RTU* и *TCP/IP* у протоколе погодне за *IoT* платформе, попут *OPC*, *OPC UA* и *MQTT*. *OPC* сервер служи као посредник између индустријских уређаја и *SCADA* система, док *MQTT* брокери омогућавају laku интеграцију са *IoT* уређајима и мобилним апликацијама. Сви прикупљени подаци се чувају у *SQL* базама или на *Nadoor* платформама ради дубље анализе и визуелизације.

### 2.1.1 OCI и сервиси

Архитектура cloud система приказана на слици 1 обухвата кључне компоненте попут OCI платформе, DB Cluster-a, Kafka-е и MQTT-а, које заједно омогућавају ефикасну обраду, складиштење и пренос података у реалном времену.



Слика 1. OCI и сервиси

Сервиси се извршавају на виртуелним машинама, користећи њихове ресурсе за обављање функција као што су пријем, слање и анализа података. DB Cluster обезбјеђује високу доступност и отпорност на отказе, омогућавајући брзу обраду великих количина података у SCADA системима [1]. Kafka служи као платформа за пренос података, комбинујући механизме редова и објаве-претплате, и омогућава стримовање и обраду података у реалном времену путем својих API-ја [2]. MQTT је лаган и ефикасан протокол за разmjену кратких порука између уређаја, користећи систем тема, порука и брокера за управљање комуникацијом [3]. Сви подаци се уско повезују и преко интерног балансера оптерећења (ILB), који обезбјеђује унутрашњу комуникацију, распоdjелу саобраћаја и већу безбједност. ILB минимизује прекиде услуга и аутоматски преусмјерава саобраћај у случају отказа појединих инстанци [4]. OCI платформа пружа скалабилну и сигурну инфраструктуру за cloud рад, са подршком за Oracle и open-source рјешења, распоређену у глобалне регије и домене доступности.

### 2.1.2. Драјвери

У архитектури inVIEW Web SCADA система, драјвери имају кључну улогу у омогућавању комуникације између различитих уређаја и протокола. MQTT драјвер омогућава разmjену порука између SCADA система и IoT уређаја путем MQTT брокера, подржавајући механизме за контролу квалитета услуге, трајање везе и рад у edge окружењима. Путем ELB и ILB балансера, обезбјеђује се оптимална распоdjела саобраћаја како интерно тако и ка спољним корисницима. IPР протокол повезује inVIEW IoT gateway-е са OPC сервером, уз високу сигурност (256-битна енкрипција), компресију података и локално логовање у случају прекида везе. OPC UA протокол омогућава интероперабилност SCADA система са различитим уређајима и системима, уз подршку за шифровање, клијент-сервер комуникацију и модуларну архитектуру. DNP3 драјвер подржава поуздану и ефикасну комуникацију са индустријским уређајима, користећи слојевити модел и више типова података у једној поруци [5]. IEC 60870-5-101/104 драјвери, засновани на стандардима Међународне

електротехничке комисије, омогућавају SCADA систему комуникацију са удаљеним станицама, што је посебно корисно у електродистрибутивним и водоводним системима. Захваљујући овој хетерогеној подршци, SCADA систем може поуздано интегрисати и контролисати широк спектар индустријских уређаја и процеса.

### 2.1.3 Интерфејс inVIEW SCADA-е

Интерфејс inVIEW Web SCADA система развијен је у HTML5 и CSS3, што омогућава прилагодљив приказ на различитим уређајима и брзо учитавање садржаја. За приказ процеса користи се SVG графика, која обезбјеђује високу прецизност визуализације без губитка квалитета при увећању [6]. Интерфејси SCADA Platform-е и Oilfield-Monitor-а повезани су на исту базу података, али се разликују по намјени и капацитету WebAPI-ја. Оба интерфејса садрже три подмодула: inVIEW Configurator (за конфигурацију система), inVIEW Editor (за креирање визуелних екрана) и inVIEW Client (за приказ процеса у реалном времену). Ови подмодули раде заједно како би обезбједили ефикасно управљање и надзор у SCADA окружењу.

## 2.2 inVIEW Configurator

inVIEW Configurator је кључни модул интерфејса inVIEW SCADA система који служи за конфигурацију свих важних елемената апликације. Конфигурација је организована по картицама као што су: конекције, уређаји, компоненте, промјенљиве, корисници, улоге и скрипте. Сваки дефинисани елемент може се визуелно приказати у модулу inVIEW Editor, чиме се остварује веза између конфигурације и визуализације процеса.

### 2.2.1 Конекције

Прозор Connections у inVIEW Configurator-у служи за креирање и подешавање веза са уређајима и изворима података, као што су брокери и SCADA протоколи (нпр. OPC UA, MQTT, I3x). Називи конекција у нафтној индустрији често одражавају комбинацију имена компаније и нафтног налазишта. Након сваке измјене конфигурације, неопходно је ажурирати gateway како би подаци на интерфејсу били тачни. Учесталост преноса података одређује се постављеним интервалом освјежавања.

### 2.2.2 Уређаји

Уређаји у SCADA систему представљају појединачне нафтне бушотине повезане са одређеном компанијом. Једна компанија може имати више уређаја, али не и обрнуто. Захваљујући дефинисању типова уређаја, inVIEW Oilfield-Monitor омогућава једноставно додавање нових бушотина коришћењем унапријед дефинисаних шаблона.

## 2.3 inVIEW Editor

Главна функција inVIEW Editor-а је припрема графичког интерфејса који се приказује на inVIEW Client-у, повезујући варијабле из inVIEW Configurator-а са визуелним елементима. Радни простор обухвата мени за подешавање странице, алатке, предефинисане компоненте и табелу за њихова подешавања. Ту се дефинишу димензије екрана, боја позадине, креирају и

бришу екрани, форматирају датум и вријеме, као и управља слојевима компоненти. Најчешће алатке укључују основне облике и унапред направљене SVG графике из библиотеке inVIEW Editor-a.

#### 2.4 Нафтне бушотине са технологијом компресора

Компресори у нафтним бушотинама служе за повећање притиска гаса како би се гасно-течне смјеше из дубине бушотине транспортовале до површине, што омогућава континуитет у производњи нафте и гаса. Постоје два главна типа компресора: центрифугални, који користе ротирајуће лопатице за стварање притиска и погодни су за велике протоке при константној ефикасности, и клипни компресори, који компримују гас помоћу клипова, омогућавају веће притиске и флексибилнији су за варирање услова у бушотинама. Како производња нафте с временом опада, природни гас губи способност да потисне течност према површини, што може довести до застоја у производњи због нагомилавања течности у цијевима. Компресори рјешавају овај проблем механичким повећањем притиска гаса у неколико фаза док се не постигне довољан притисак за наставак производње. Три-степен дизајн компресора са четири цилиндра често се користи за ефикасно одржавање експлоатације, а битни параметри овог система су притисак испуштања, број степени компресије, број цилиндара и уисна температура.

### 3. КОНФИГУРАЦИЈА SCADA СИСТЕМА

Конфигурација SCADA система за надзор нафтних бушотина са компресорима реализује се кроз inVIEW Configurator и Editor, чиме се креира шаблон за додавање више бушотина исте технологије. Процес обухвата дефинисање новог типа опреме, развој скрипти за надзор аларма и стања бушотине, као и креирање корисничког интерфејса у inVIEW Client-у.

#### 3.1 Дефинисање новог типа опреме

inVIEW Web SCADA систем омогућава лако конфигурисање већег броја нафтних бушотина са истом технологијом путем дефинисања једног „типа опреме“, који функционише као шаблон. На тај начин, свака нова бушотина која користи исти технолошки процес може бити додата у систем без потребе за поновним ручним конфигурисањем сваког параметра. За потребе надзора бушотина са компресорима, креиран је тип опреме *Archrock\_Centurion806656*, унутар ког су дефинисани одговарајући тагови за лакше филтрирање у интерфејсу, као и припадајући драјвер за комуникацију са стварном опремом.

Након креирања типа опреме, дефинишу се његове компоненте као што су *Standard*, *Trends* и *CalculationsIntern*. Ове компоненте садрже суфиксне варијабле – унапред дефинисане шаблоне правих варијабли – које касније добијају реалне адресе када се конкретна бушотина дода у систем. На примјер, *Standard* компонента садржи варијаблу *Fault*, која чита Modbus регистар и користи бит маске за откривање различитих грешака у систему, као што су прегријавање, пад притиска или квар компресора. Ове грешке се категоришу, биљеже у логовима и приказују као догађаји у SCADA интерфејсу, чиме се олакшава

дијагностика и праћење статуса бушотине.

Поред догађаја, варијабле из компоненте *Trends* омогућавају прикупљање података у дефинисаним интервалима ради приказа историјских трендова, што је кључно за анализу перформанси компресора кроз вријеме. Свака промјена вриједности може бити забиљежена у бази података уз тачан временски тренутак њеног догађања. Када се дефинишу све компоненте и варијабле, SCADA систем је спреман за аутоматизовано додавање нових бушотина истог типа, чиме се постиже значајна уштеда времена и смањење могућности за грешке у конфигурацији. Наредни корак у конфигурацији обухвата креирање скрипти које ће управљати логиком и статусом ових уређаја.

#### 3.2. Скрипте

Скрипте у оквиру inVIEW Configurator-a се користе за аутоматско израчунавање вриједности интерних варијабли и омогућавају генерисање јединствених логика за сваку нафтну бушотину на основу претходно дефинисаног шаблона. Скрипте се пишу у C# језику, а шаблони се извршавају циклично – на пример, сваких 10 секунди – за све бушотине истог типа (нпр. *Archrock\_Centurion806656*), при чему се аутоматски прилагођавају називи варијабли конкретном уређају.

Кључна функција шаблонске скрипте је израчунавање статуса бушотине, који може бити:

- Running (активно),
- Stopped (заустављено),
- Faulted (у отказу),
- Offline (изван домета).

Статус се одређује на основу вриједности више системских варијабли – попут притисака, грешака, статуса комуникације и стања погона. Примјера ради, вриједност грешке ( $Fault \neq 0$ ) указује на отказ, док проблеми у комуникацији воде до статуса *Offline*. Функција *calculateStatus()* у скрипти враћа вриједности од -1 до 3, које одговарају наведеним стањима. Осим статуса, скрипте служе и за израчунавање броја активних аларма и отказа у последњих 24 часа, користећи SQL упите. Добијени подаци се уписују у интерне варијабле (*AlarmActivationCount*, *FaultsCount*) и касније користе за извјештавање и анализу рада бушотина. Ове скрипте омогућавају напредно управљање, праћење перформанси и лаку дијагностику стања система, док се визуелизација добијених података реализује у inVIEW Client-у.

#### 3.3 Интерфејс

Након дефинисања типа опреме, додавања суфиксних варијабли и креирања скриптних шаблона, у оквиру inVIEW Editor-a реализован је дизајн визуелног интерфејса за надзор и управљање системима компресора у нафтним бушотинама. Интерфејс је у потпуности прилагођен структури конкретног типа опреме (*Archrock\_Centurion806656*). Развијена је група од девет функционалних екрана, од којих први мора носити идентичан назив као и сам тип опреме, чиме се обезбјеђује исправно повезивање и приказ у inVIEW Client-у. Поред основног екрана (*Archrock\_Centurion806656*), систем обухвата и: ... *\_RealTime*,

...\_Control,  
...\_Trends,  
...\_AlarmNotify,  
...\_EventNotify,  
...\_Comments и друге.

Уз наведене, креирани су и глобални екрани, намјењени праћењу више нафтних бушотина, као што су листе аларма, трендова и догађаја.

Кључне компоненте коришћене на екранима и функционалности су:

- Screen Container: Омогућава динамичко учитавање садржаја екрана унутар истог интерфејса, задржавајући стабилно заглавље и конзистентну навигацију.
- Trend компонента: Користи се за графички приказ вриједности логабилних варијабли, уз могућност подешавања изгледа графика (боја, дебљина линије, јединице мјере).
- Control екран: Обезбјеђује правовременску интервенцију оператера путем команди *Takeover* и *Release*.
- RealTimeContainer: Служи као подлога за учитавање подменија и повезаних екрана (Live Monitor, Alarms, Comments и др.), уз могућност брзог преласка између њих.
- Специјализовани екрани
- Trends екран: Приказ више трендова истовремено, путем предефинисане компоненте *Chart*.
- AlarmNotify и EventNotify: Визуелизација алармних и догађајних стања на основу варијабли означених у *Configurator*-у.
- Comments: Омогућава унос и преглед коментара оператера у *Client* окружењу, што доприноси колаборативном надзору.

Овако структурисан интерфејс омогућава стандардизован, али уједно флексибилан приказ података и управљачких функција за све уређаје који користе исти тип опреме.

### 3.4 Резултат додавања уређаја

Након дефинисања типа опреме, шаблона за скрипте и одговарајућих екрана, приступа се интеграцији уређаја, односно повезивању нафтне бушотине са тим типом опреме. Први корак подразумијева додавање нове конекције, чији назив се састоји од имена компаније, тачке као сепаратора и назива бушотине. У другом кораку се додаје уређај који носи назив дефинисаног типа опреме. Овим корацима се аутоматски генеришу јединствене варијабле на основу шаблона, које добијају јединствен префикс састављен од конекције и назива уређаја, а затим се додаје суфикс према формату шаблона. На исти начин се креирају и скрипте, које добијају назив као комбинацију префикса и назива шаблона. Свака варијабла у скрипти се у потпуности именује у складу са договореном конвенцијом, што омогућава прецизно препознавање у систему. Главни екран типа опреме се преко свог ID-а у *inVIEW Configurator*-у повезује са одређеном бушотином. На тај начин, у *inVIEW Client*-у се за сваку бушотину приказују тачне вриједности параметара који се прате у реалном времену.

## 4. Закључак

У овом раду приказана је примјена *inVIEW SCADA* система као модерног и флексибилног рјешења за надзор и управљање нафтним бушотинама, које превазилази могућности традиционалних *SCADA* система. Систем омогућава интеграцију различитих врста опреме без технолошких ограничења и подржава старе и нове комуникационе протоколе као што су *Modbus*, *MQTT* и *OPC*. Коришћењем платформи као што су *Kafka* и *MQTT*, омогућен је поуздан пренос података у реалном времену, што побољшава мониторинг и анализу. Интерфејси прилагођени кориснику омогућавају визуелни приказ кључних параметара, аларма и статуса уређаја, чиме се побољшава ефикасност и брзина реаговања. *inVIEW SCADA* такође олакшава додавање нових уређаја, конфигурацију скрипти и управљање алармима, што доприноси безбједном и ефикасном раду. Будући развој система усмјерен је ка примјени вјештачке интелигенције за предиктивну анализу и управљање подацима у реалном времену. Примјеном машинског учења могуће је предвиђање кварова и радних услова опреме, као и развој система за процјену ризика. Интеграција *Big Data* анализе и обраде природног језика доприноси бољем разумевању података, доношењу прецизнијих одлука и унапређењу сигурности и продуктивности нафтне индустрије.

## Литература

- [1] Real Application Clusters, <https://www.oracle.com/database/real-application-clusters/#fastest-response-time>, accessed on 17.09.2024.
- [2] Kafka 3.9 Documentation, <https://kafka.apache.org/documentation/#api>, accessed on 19.09.2024.
- [3] Beginners Guide to The MQTT Protocol, <http://www.steves-internet-guide.com/mqtt/>, accessed on 27.09.2024.
- [4] What is Azure Load Balancer? <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/load-balancer/load-balancer-overview#why-use-azure-load-balancer>, accessed on 29.09.2024.
- [5] DNP3 Overview, [https://www.trianglemicroworks.com/docs/default-source/referenced-documents/DNP3\\_Overview.pdf](https://www.trianglemicroworks.com/docs/default-source/referenced-documents/DNP3_Overview.pdf), accessed on 02.10.2024.
- [6] SVG, <https://en.wikipedia.org/wiki/SVG>, accessed on 20.10.2024.

## Кратка биографија:



**Жељка Кокотовић** рођена у Требињу 2000. године. Дипломирала је 2023. године. на Факултету техничких наука, смјер Индустрijско инжењерство, аутоматизација процеса рада, на којем је исте године уписала мастер студије.