



---

---

## БЕЗОПАСНО ФУНКЦИОНИРАНЕ НА ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ ПРИ УПРАВЛЕНИЕ НА SCADA

**Проф. д-р инж. Радостин Долчинков**  
**Доц. Д-р инж. Камен Сейменлийски**  
**Докторант инж. Христо Михайлов**  
*Бургаски свободен университет*

**Резюме:** SCADA системите са една от индустриалните системи за управление, които се използват за автоматизиране и контрол на множество процеси и операции. В днешно време SCADA системите се прилагат в различни широкомащабни области като енергетиката, както и при транспортът на нефт, газ и вода. Компонентите на системата са разпределени географски на много голямо разстояние и трябва да е възможно да бъдат централно наблюдавани и управлявани.

**Ключови думи:** Възобновяема енергия, SCADA, енергийни системи, сигурност

## SAFE OPERATION OF POWER SYSTEMS UNDER SCADA MANAGEMENT

**Prof. Dr. Eng. Radostin Dolchinkov**  
**Assoc. Dr. Eng. Kamen Seymenliyski**  
**Doctoral student Eng. Hristo Mihailov**  
*Burgas Free University*

**Abstract:** SCADA systems are one of the industrial control systems that are used to automate and control multiple processes and operations. Nowadays, SCADA systems are applied in various large-scale fields such as energy, as well as oil, gas and water transportation. The components of the system are geographically distributed over a very large distance and must be possible to be centrally monitored and managed.

**Key words:** Renewable energy, SCADA, power systems, security.

В съвременния свят, където промишлените процеси и автоматизацията се развиват с невиджана скорост, Системите за контрол и управление на разпределени обекти (SCADA) заемат централно място в ефективното функциониране на различни отрасли. С този напредък, нараства и необходимостта от по-съвършени методи за идентификация, предотвратяване и отстраняване на потенциални аварийни ситуации. В този контекст, използването на изкуствен интелект изглежда като обещаваща технология, която може да подпомогне тези системи в постигането на по-голяма надеждност и ефективност [1, 2, 3].

Изкуственият интелект предоставя уникални възможности за обработка и анализ на големи обеми от данни в реално време, което е от съществено значение за реакцията на промишлените системи при аварийни ситуации. В настоящата работа се разглежда интеграцията на изкуствен интелект в SCADA системите като ключов инстру-

мент за повишаване на сигурността и надеждността на индустриалните процеси [4, 5, 6, 7].

Чрез съчетаване на актуални технологии и добър опит, стремежът е към формулиране на конкретни препоръки за подобрене на съществуващите SCADA системи чрез внедряването на изкуствен интелект [8,9,10].

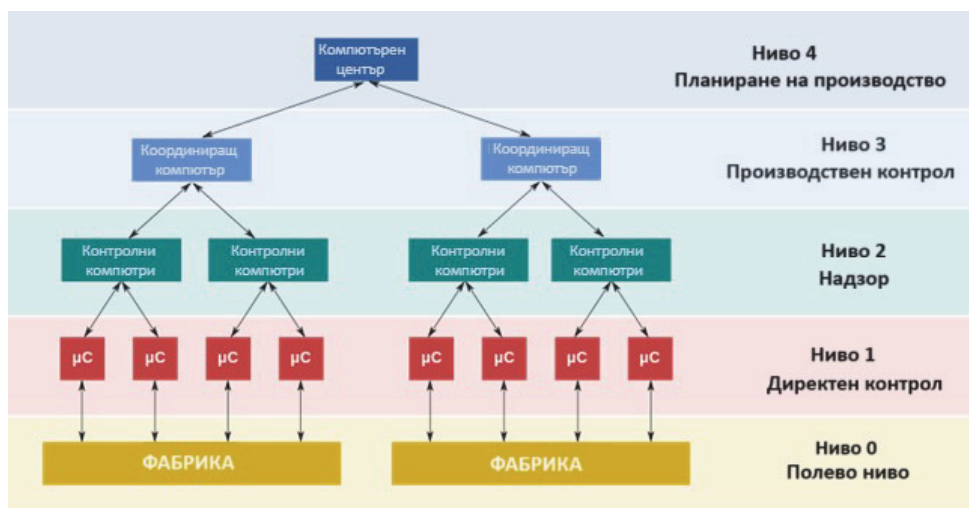
Този изследователски подход ще предостави ценни насоки за инженерите, отговорни за управлението на промишлени процеси, към по-безопасни и ефективни решения [11,12,13].

## Структура и принципи на работа на SCADA

### SCADA структура

SCADA системите са една от индустриалните системи за управление, които се използват за автоматизиране и контрол на множество процеси и операции. В днешно време SCADA системите се прилагат в различни широкомасщабни области като енергетиката, както и при транспортът на нефт, газ и вода. Компонентите на системата са разпределени географски на много голямо разстояние и трябва да е възможно да бъдат централно наблюдавани и управлявани. Всяка система се състои от едно или повече отдалечени терминални устройства (RTU), програмируеми логически контролери (PLC) и интелигентни електронни устройства (IED). Те са свързани директно към сензорите и изпълнителните механизми на системите, за да улавят данни от дейността на инсталацията, да изпълняват ограничени контролни команди към обекта и да изпращат данни от обекта до централни контролни станции, известни като главни станции (MS). Системата също така има една главна станция, която събира данни от всички полски обекти чрез мощна комуникационна мрежа, анализира тези данни и показва резултатите на графичен терминал, наречен човешко-машинен интерфейс (HMI).

Ключовият атрибут на SCADA система е нейната способност да извършва надзорна операция върху различни други патентовани устройства.



Фиг. 1. Топология на SCADA система обслужваща енергийни предприятия



- Ниво 0 съдържа полеви устройства, като сензори за поток и температура, и елементи за крайно управление, като контролни вентили .
- Ниво 1 съдържа индустриализираните входно/изходни (I/O) модули и свързаните с тях разпределени електронни процесори, програмируемите логически контролери (PLC) или отдалечени терминални устройства (RTU).
- Ниво 2 съдържа контролните компютри, които събират информацията от възли на системата и предоставят екраните за управление на оператора.
- Ниво 3 е нивото на контрол на производството, което не контролира директно процеса, но се занимава с мониторинг на производството и целите.
- Ниво 4 е нивото на производствения график.

Данните се компилират и форматират по такъв начин, че оператор на контролна зала, използващ HMI (Human Machine Interface), може да взема надзорни решения за коригиране или отмяна на действията, предприети от нормалните компоненти. Данните могат също така да се подават на архив, често изграден върху система за управление на база данни за стоки , за да се позволи аналитична проверка.

SCADA системите обикновено използват бази данни, които съдържат елементи наречени тагове или точки. Те разбират специфични инструменти или задвижващи механизми опериращи в рамките на процесната система. Данните се натрупват към тези уникални етикети за контрол на процеси.

## SCADA елементи

SCADA системата се състои от следните основни елементи:

### Контролни компютри

Ядрото на системата SCADA, изпълнява събирането на данни за процеса и изпращане на команди за управление към свързаните устройства. Включва хардуера и софтуера отговорен за комуникацията между контролерите и полевите връзки, които са RTU и PLC, както и HMI софтуер, които организира работните станции на оператора. В по-малките SCADA системи компютърът за наблюдение може да бъде съставен от единичен компютър. В такъв случай HMI става част от този компютър. В по-големите SCADA системи главната станция може да включва няколко интерфейса, поставени на клиентски компютри, множество сървъри за събиране на данни, разпределени софтуерни приложения и сайтове за възстановяване след инциденти. За да се увеличи целостта на системата, множеството сървъри често биват конфигурирани във формат с двойно резервиране, осигуряваща непрекъснат контрол и наблюдение в случай на неизправност или повреда на сървъра.

### Дистанционни терминални устройства (RTU)

RTU свързват сензори към изпълнителните механизми. Те са свързани в мрежа към контролните компютри. Имат вградени възможности за управление и отговарят на стандарта IEC 61131-3 за програмиране. Поддържат автоматизация чрез стълбищна логика, функционална блокова диаграма или различни други езици. Отдалечените местоположения често имат малко или никаква местна инфраструктура, така че не е необичайно да се намери контролер, функциониращ от малка фотоволтаична система, използваща радио, GSM или сателит за комуникация, с устойчивост при температури от -20С до +70С или дори -40С до +85С, без външно оборудване за термо регулиране.

### **Програмируеми логически контролери (PLC)**

Както при RTU, PLC свързват сензори към изпълнителните механизми и също са свързани с контролните компютри. Във фабричната автоматизация PLC обикновено имат високоскоростна връзка към SCADA системата. В отдалечени приложения, като например голяма пречиствателна станция за вода, PLC могат да се свързват директно към SCADA чрез безжична връзка или по-често да използват RTU за управление на комуникациите. PLC са специално проектирани за управление и са основополагащата платформа за езиките за програмиране IEC 61131-3. Поради икономически причини PLC често се използват за отдалечени обекти, където има голям брой входно-изходни устройства, вместо да се използва само RTU.

### **Комуникационна инфраструктура (CI)**

Това свързва контролните компютри с RTU и PLC и може да използва както индустриален стандарт, така и собствени протоколи на производителя. И RTU, и PLC работят автономно при управление на процеса в почти реално време, като използват последната команда, дадена от системата за надзор. Повредата на комуникационната мрежа не спира непременно контролите на процесите в завода и при възобновяване на комуникациите операторът може да продължи с наблюдението и контрола. Някои критични системи ще имат двойни излишни магистрала за данни, често окабелени по различни маршрути.

### **Интерфейс човек-машина (HMI)**

HMI е операторският прозорец на надзорната система. Предоставя информацията за инсталацията на оперативния персонал в графичен вид с помощта на диаграми, които представляват схематично инсталацията, както и страници за регистриране на аларми и събития. HMI е свързан към компютъра за наблюдение на SCADA, за да предостави данни на живо за управление на диаграми, алармени дисплеи и графики на тенденции. В много инсталации HMI е графичният потребителски интерфейс за оператора, който събира всички данни от външни устройства, създава доклади, извършва аларми, из праща известия и т.н. Мимическите диаграми се състоят от линейни графики и схематични символи за представяне на елементи на процеса или могат да представляват цифрови снимки на технологичното оборудване, насложени с анимирани символи. Управлението на инсталацията се осъществява посредством HMI, като операторите задават команди с помощта на сензорни екрани. Например символ на помпа може да покаже на оператора, че помпата работи, а символ на разходомер може да покаже колко течност се изпомпва през тръбата. Операторът може да изключи помпата чрез щракване на мишката или докосване на екрана. HMI ще покаже разлики в течностите в тръба в реално време. Пакетът HMI за SCADA система обикновено включва програма за графика, която операторите или персоналът по поддръжката използват, за да променят начина, по който тези точки са представени в интерфейса. Тези представяния могат да бъдат толкова прости като екранен светофар, който представя състоянието на действителен светофар в полето, или толкова сложни като дисплей с множество проектори, представящ позицията на всички асансьори в небостъргач или всички влаковете на железопътен превоз. “Историкът” е софтуерна услуга в рамките на HMI, която натрупва данни с точна дата, събития и аларми в база данни, която може да бъде запитвана или използвана за попълване на графични тенденции в HMI. „Историкът” е клиент, който иска данни от сървър за събиране на данни.

Важна част от повечето реализации на SCADA е обработката на аларми. Системата следи дали са изпълнени определени алармени условия, за да определи



кога е възникнало алармено събитие. След като бъде открито алармено събитие, се предприемат едно или повече действия (като активиране на един или повече алармени индикатори и, може би, генериране на имейл или текстови съобщения, така че управлението или отдалечените SCADA оператори да бъдат информирани). В много случаи SCADA оператор може да трябва да потвърди аларменото събитие. Това може да деактивира някои индикатори за аларма, докато други индикатори остават активни, докато условията за аларма не бъдат изчистени.

Алармените условия могат да бъдат изрични – например алармена точка е цифрова точка на състояние, която има или стойността NORMAL, или ALARM, която се изчислява по формула, базирана на стойностите в други аналогови и цифрови точки – или косвени: SCADA системата може автоматично да наблюдава дали стойността в аналогова точка е извън високите и долните гранични стойности, свързани с тази точка.

Примери за алармени индикатори включват сирени, изскачащо поле на екрана или цветна мигаща област на екрана (която може да действа по подобен начин на светлината за "празен резервоар за гориво" в кола). Във всеки случай ролята на индикатора за аларма е да привлече вниманието на оператора към частта от системата, която е „в състояние на аларма“, така че да могат да бъдат предприети подходящи действия.

### **PLC/RTU програмиране**

Интелигентните RTU или стандартните PLC контролери са в състояние автономно да изпълняват прости логически процеси, без да включват контролният компютър. Те използват стандартизирани контролни програмни езици, като IEC 61131-3 (пакет от пет езика за програмиране, включително функционален блок, стълба, структуриран текст, последователни функционални диаграми и списък с инструкции), често се използва за създаване на програми, които работят на тези RTU и PLC. За разлика от процедурен език като C или FORTRAN, IEC 61131-3, има минимални изисквания за обучение по силата на наподобяване на исторически масиви за физически контрол. Това позволява на системните инженери на SCADA да изпълняват както проектирането, така и внедряването на програма, която да се изпълнява на RTU или PLC.

Програмируемият контролер за автоматизация (PAC) е компактен контролер, който съчетава функциите и възможностите на PC-базирана система за управление с тази на типичен PLC. PAC се внедряват в SCADA системи, за да придадат функции, подобни на тези при RTU и PLC контролери. В много приложения на SCADA за електрически подстанции, „разпределените RTU“, използват информационни процесори или компютри на станцията, за да комуникират с цифрови защитни релета, PAC, други устройства за вход и изход, както и със SCADA Master, вместо традиционните RTU контролери.

### **PLC търговска интеграция**

От 1998 г. насам почти всички големи производители на PLC контролери предлагат интегрирани HMI/SCADA системи, много от които използват отворени и непатентовани комуникационни протоколи. Множество специализирани HMI/SCADA пакети на трети страни, предлагащи вградена съвместимост с повечето големи PLC, също навлязоха на пазара, позволявайки на машинни инженери, електроинженери и техници да конфигурират сами HMI, без да е необходима програма, създадена по поръчка, написана от софтуерен програмист. Отдалеченото терминално устройство (RTU) се свързва с физическо оборудване. Обикновено RTU преобразува

електрическите сигнали от оборудването в цифрови стойности. Чрез преобразуване и изпращане на тези електрически сигнали към RTU може да се управлява оборудването.

### **Комуникационна инфраструктура и методи**

SCADA системите традиционно използват комбинации от радио вълни и директни кабелни връзки, въпреки че SONET/SDH също се използва често за големи системи като железопътни линии и електроцентрали. Функцията за дистанционно управление или наблюдение на SCADA система често се нарича телеметрия. Някои потребители искат SCADA данните да пътуват през техните предварително установени корпоративни мрежи или да споделят мрежата с други приложения.

SCADA протоколите са проектирани да бъдат много компактни. Много от тях са проектирани за да изпращат информация само когато главната станция търси RTU. Типичните наследени SCADA протоколи включват Modbus RTU, RP-570, Profibus и Conitel. С изключение на Modbus (Modbus е направен отворен от Schneider Electric), всички са специфични за доставчика на SCADA, но са широко възприети и използвани. Стандартните протоколи са IEC 60870-5-101 или 104, IEC 61850 и DNP3. Тези комуникационни протоколи са стандартизирани и признати от всички основни доставчици на SCADA. Много от тези протоколи сега съдържат разширения за работа през TCP/IP. Въпреки че използването на конвенционални мрежови протоколи, като TCP/IP, размива границата между традиционните и индустриалните мрежи, всяка от тях покрива коренно различни изисквания. Мрежовата симулация може да се използва заедно със SCADA симулатори за извършване на различни сценарии.

С нарастващите изисквания за сигурност като Северноамериканската корпорация за електрическа надеждност (NERC) и защитата на критичната инфраструктура (CIP) в САЩ все повече се използва сателитна комуникация. Тя има основните предимства, че инфраструктурата може да бъде самостоятелна (без да използва вериги от обществена телефонна система), може да има вградено кодиране и може да бъде проектирана според наличността и надеждността изискана от системния оператор на SCADA. Предишните опити при използването на потребителски клас VSAT бяха неуспешни. Модерните системи от операторски клас осигуряват качеството на услугата, необходимо за SCADA.

RTU контролери и други устройства за автоматичен контролер са разработени преди появата на индустриални стандарти за оперативна съвместимост. Резултатът е, че разработчиците и тяхното ръководство създадоха множество контролни протоколи. Сред по-големите доставчици също са имали стимул да създадат свой собствен протокол, за да „заклучат“ своята клиентска база. Тук е съставен списък с протоколи за автоматизация.

Пример за усилия на групи доставчици за стандартизиране на протоколите за автоматизация е OPC-UA (бивш „OLE за контрол на процеси“, сега Open Platform Communications Unified Architecture).

Ранните изчисления на SCADA системи се извършват от миникомпютри. Общите мрежови услуги не са съществували по времето, когато SCADA е била разработена. Така SCADA системите са били независими и не са имали начин за свързване с други системи. Използваните комуникационни протоколи са били строго патентовани по това време. Резервирането на системата SCADA от първо поколение е било постигнато с помощта на резервна система, свързана към всички сайтове на отдалечен терминален модул и е била използвана в случай на повреда на основната система.

SCADA информацията и обработката на команди са били разпределени между станции, които са били свързани чрез локална мрежа. Информацията е била споделя-

на в почти реално време. Всяка станция е отговаряла за определена задача, което е намалило разходите в сравнение със SCADA системите от първо поколение. Използваните мрежови протоколи все още не са били стандартизирани. Тъй като тези протоколи са били под патент, малко хора освен разработчиците им са знаели колко сигурна е една SCADA инсталация. Сигурността е била пренебрегната.

Подобно на разпределената архитектура, всяка сложна SCADA може да бъде намалена до най-простите компоненти и свързана чрез комуникационни протоколи. В случай на мрежов дизайн, системата може да бъде разпръсната в повече от една LAN мрежа, наречена мрежа за контрол на процеси (PCN) и разделена географски. Няколко SCADA системи с разпределена архитектура, работещи паралелно, с един ръководител и историк, могат да се считат за мрежова архитектура. Това позволява по-рентабилно решение в много мащабни системи.

С навлизането на интернетът, SCADA системите успяха да внедрят уеб технологии, позволяващи на потребителите да преглеждат данни, да обменят информация и да контролират процеси от всяка точка на света чрез SOCKET връзка. В началото на 2000г. се наблюдава разпространението на интернет базираните SCADA системи. Те използват интернет браузъри като Google Chrome и Mozilla Firefox с графичен потребителски интерфейс (GUI) за HMI на операторите. Това опростява инсталирането от страна на клиента и позволява на потребителите да имат достъп до системата от различни платформи с уеб браузъри като сървъри, персонални компютри, лаптопи, планшети и мобилни телефони.

## Приложения



**Фиг. 2.** *Индустриалните сфери, в които се използват SCADA системи*

Както големи, така и малки системи могат да бъдат изградени с помощта на концепцията SCADA. Тези системи могат да варират от десетки до хиляди контролни контури, в зависимост от приложението. Примерните процеси включват индустриални, инфраструктурни и базирани на съоръжения процеси.



*Индустриалните процеси включват производство, контрол на процеси, генериране на електроенергия, производство и рафиниране. Могат да работят в непрекъснати, партидни, повтарящи се или дискретни режими.*

Инфраструктурните процеси могат да бъдат публични или частни и включват пречистване и разпределение на вода, събиране и пречистване на отпадъчни води, нефтопроводи и газопроводи, пренос и разпределение на електроенергия и вятърни паркове.

Процеси на съоръжения, включително сгради, летища, кораби и космически станции. Те наблюдават и контролират системите за отопление, вентилация и климатизация (HVAC), достъпа и консумацията на енергия .

SCADA системите стават все по-важен компонент на производството и управлението на възобновяема енергия. SCADA системите наблюдават, контролират и оптимизират работата на инсталации за възобновяема енергия като вятърни турбини, слънчеви панели и системи за съхранение на енергия. Тези системи предоставят данни в реално време за ефективността на активите за възобновяема енергия, позволявайки на операторите на централи да вземат информирани решения, които подобряват цялостната ефективност и производителност на инсталациите.

SCADA системите също са критични за осигуряване на безопасна и надеждна работа на инсталациите за възобновяема енергия чрез откриване и адресиране на потенциални повреди или повреди в реално време. С нарастването на използването на възобновяеми енергийни източници ролята на SCADA в управлението на възобновяемата енергия ще стане още по-важна.

**Възобновяемите енергийни системи** използват естествено възстановяващи се или практически неизчерпаеми ресурси като слънчевата светлина, вятъра, дъжда, приливите и геотермалната енергия. Те включват малки водноелектрически централи, съвременна биомаса, вятърни електроцентрали, слънчеви и геотермални електроцентрали, биогорива.

Въпреки че много от проектите за възобновяема енергия са голямомасабни, тя намира приложение и в отдалечени райони, където е трудно да се доставя енергия по обичайния начин. В световен мащаб около 3 милиона домакинства се снабдяват с електричество от малки фотоволтаични системи. На много места функционират малки водноелектрически централи, свързани в мрежи на селищно или общинско ниво. Над 30 милиона селски домакинства ползват за осветление и домакински нужди биогаз, извлечан от локални инсталации. Готварски печки на дърва и друга биомаса се използват от 160 милиона домакинства.

В електроенергетиката, съоръженията за ВЕИ са ветрогенераторите, фотоволтаичните централи, геотермални паро и топлоцентрали. С все по-нарастващия проблем с глобалното затопляне, много от конвенционалните източници вече се заместват от ВЕИ. Учените продължават да търсят нови ВЕИ и да подобряват ефективността на съществуващите съоръжения за по-ефективно преобразуване на енергията от ВЕИ.

Въздушните течения може да се използват за задвижване на вятърни турбини. Модерните вятърни турбини са с висок КПД на ветрогенераторите и с двигателна мощност от 600 киловата до 5 мегавата, въпреки че за комерсиални цели най-използвани са турбините с мощност от 1,5 – 3 MW. Мощността на турбината зависи от това с каква скорост се върти роторът ѝ. За изграждане на вятърни паркове от ветрогенератори се предпочитат места, където ветровете са по-силни и по-продължителни, като морските брегове и високи места с постоянни и устойчиви въздушни течения.





### **SCADA в системите за възобновяема енергия**

Вятърните турбини, слънчевите панели и системите за съхранение на енергия са примери за системи за възобновяема енергия, които стават все по-важни, тъй като светът се насочва към по-устойчиви енергийни източници. Въпреки това, управлението и експлоатацията на тези системи може да бъде трудно, особено като се има предвид периодичният характер на производството на възобновяема енергия. Тук влизат в действие SCADA системите [14,15].

SCADA системите в системите за възобновяема енергия предоставят данни в реално време и контрол върху целия процес на производство на енергия на операторите на централи. Това позволява на операторите да оптимизират работата на централата за възобновяема енергия, като гарантират максимално производство на енергия, и същевременно минимизират прекъсванията и загубите на енергия [16,17,18,19].

SCADA системите събират данни от сензори за възобновяема енергия като скорост и посока на вятъра, нива на слънчева радиация, нива на заряд на батерията и други. След това тези данни се анализират, за да се предостави информация за ефективността на системите за възобновяема енергия. Операторите могат да използват тези данни за откриване и адресиране на потенциални неизправности или повреди в реално време, като гарантират, че всички проблеми са разрешени възможно най-скоро, за да се избегнат прекъсвания или загуби на енергия.

Едно от основните предимства на SCADA системите в системите за възобновяема енергия е възможността за наблюдение и контрол на производството на енергия от разстояние. Това означава, че операторите могат да използват компютър или мобилно устройство, за да наблюдават и контролират работата на централи за възобновяема енергия от всяка точка на света. Това е особено важно за офшорни вятърни паркове или отдалечени слънчеви инсталации, където персоналът на място по всяко време може да бъде предизвикателство.

SCADA системите са важна технология в системите за възобновяема енергия, защото позволяват на операторите да увеличат максимално производството на енергия, да подобрят ефективността и надеждността и да намалят разходите. Ролята на SCADA системите в управлението на енергията от възобновяеми източници ще нараства все повече, тъй като системите за енергия от възобновяеми източници продължават да растат и да се развиват.

За инсталациите за възобновяема енергия архитектурата и функционалността на системите за контрол и събиране на данни (SCADA) са от решаващо значение за осигуряване на ефективна и безопасна работа.

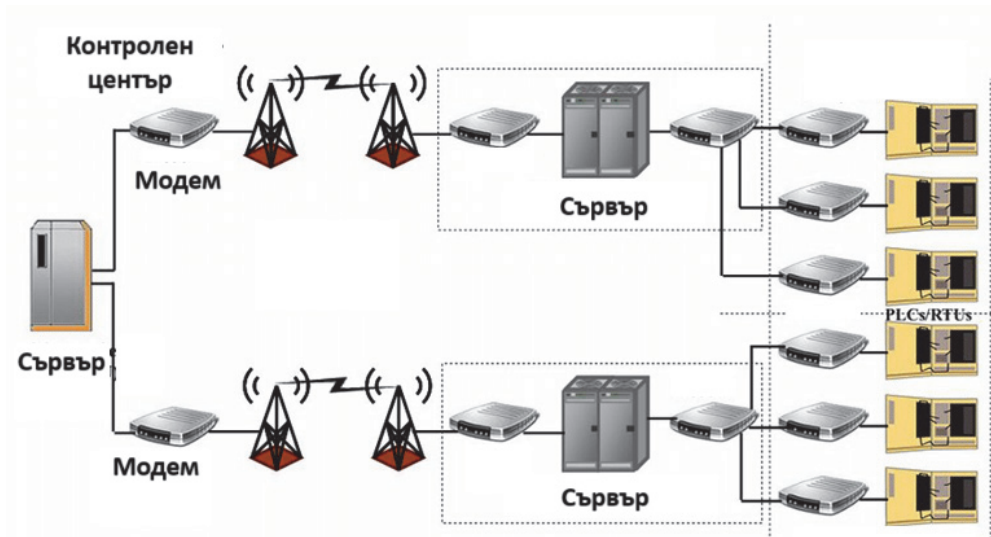
SCADA системите се използват в инсталации за възобновяема енергия за наблюдение и контрол на работата на различни компоненти като вятърни турбини, слънчеви панели и системи за съхранение на енергия. Системата SCADA събира данни от сензори, инсталирани в тези компоненти, и ги използва, за да предостави на оператора обратна връзка в реално време. Тази обратна връзка може да включва данни за производителността на компонентите, като нива на производство на енергия, скорост на вятъра или нива на зареждане на батерията. Операторите могат да използват тези данни, за да оптимизират работата на централата за възобновяема енергия.

*SCADA системите също са критични за безопасността и надеждността на инсталациите за възобновяема енергия. Те могат да открият потенциални повреди или повреди в системите за възобновяема енергия, като например неизправна вятърна турбина или неправилно заредена батерия. След това сис-*

*темата SCADA може да уведоми оператора и да предприеме коригиращи действия, за да избегне по-нататъшни повреди или прекъсвания.*

Способността на SCADA системите в централи за възобновяема енергия да осигурят дистанционно наблюдение и контрол е едно от основните им предимства. Това означава, че операторите могат да използват компютър или мобилно устройство за достъп до SCADA системата отвсякъде. Това е особено важно за офшорни ветърни паркове или отдалечени слънчеви инсталации, където персоналът на място по всяко време може да не е осъществимо.

Архитектурата и функционалността на системата SCADA в централи за възобновяема енергия са от решаващо значение за осигуряване на ефективна и безопасна работа. SCADA системите помагат на операторите да оптимизират производителността, да предотвратят прекъсвания и да намалят разходите за поддръжка чрез предоставяне на данни в реално време и възможности за дистанционно наблюдение и контрол.



Фиг. 3. Архитектура на SCADA система

**Изводи:**

Системите SCADA имат няколко предимства в операциите и управлението на възобновяема енергия. Сред тези предимства са следните:

- Предоставят данни в реално време за ефективността на активите за възобновяема енергия, позволявайки на операторите на централи да вземат информирани решения, които подобряват цялостната ефективност и производителност на инсталациите. Мониторингът в реално време също позволява на операторите да откриват и разрешават потенциални проблеми, преди те да станат критични.
- Подобрена ефективност: SCADA системите могат да оптимизират работата на инсталацията за възобновяема енергия, осигурявайки максимално производство на енергия, като същевременно минимизират прекъсванията и загубите



на енергия. Това допринася за повишена ефективност на инсталацията и пониски оперативни разходи.

- SCADA системите позволяват дистанционно наблюдение и контрол на инсталации за възобновяема енергия, което позволява на операторите да наблюдават и контролират операциите на инсталациите от всяка точка на света. Това е особено важно за офшорни вятърни паркове или отдалечени слънчеви инсталации, където персоналът на място по всяко време може да не е осъществимо.
- SCADA системите могат да откриват потенциални повреди в системите за възобновяема енергия в реално време, което позволява на операторите да предприемат коригиращи действия, преди да настъпи повреда или прекъсване.
- SCADA системите могат да осигурят представа за ефективността на активите за възобновяема енергия, позволявайки на операторите да предвидят кога е необходима поддръжка. Това помага за намаляване на разходите за поддръжка и времето за престой.
- Анализ на данни и докладване: SCADA системите могат да събират и анализират данни от възобновяеми енергийни активи, като предоставят на операторите представа за работата на централата. Тази информация може да се използва за генериране на отчети и идентифициране на потенциални области за подобрение.
- SCADA системите осигуряват значителни ползи при операциите и управлението на възобновяема енергия. SCADA системите допринасят за ефективността, надеждността и безопасността на системите за възобновяема енергия чрез предоставяне на данни в реално време, възможности за дистанционно наблюдение и контрол и ранно откриване на грешки и повреди. Те също така помагат за намаляване на оперативните разходи и подобряване на цялостната производителност на инсталацията, което прави възобновяемата енергия по-конкурентна с традиционните енергийни източници.

## Литература:

1. Емил Стоилов, Сигурност в системите за управление на технологични процеси, София, май 2010
2. Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependences. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6), 11-25
3. International Electrotechnical Commission, IEC 61158, Digital Data Communications for Measurement and Control: Fieldbus of Use in Industrial Control Systems, 2003.
4. Радослав Симионов – Развитие и реализация на хардуерна платформа на лабораторен компютърен клъстер, БСУ - Годишник, Том XXXVII, 2018, ISSN: 1311-221X
5. Радослав Симионов – Съвременни методи за инженерингови решения в сградни енергийни системи, Годишник БСУ 2018, том XXXVIII, ISSN: 1311-221X
6. Radoslav Simionov, Kaloyan Totev, Hrusav Hrusafov - IOT IN ADVANTAGE OF THE UNIVERSITY, , Годишник ТОМ XXXIX – конференция за студентско научно творчество, 2019 г., ISSN: 1311-221-X

7. Radoslav Simionov - INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNICAL FACTORS ON THE PROCESSES OF INTEGRATION OF ENERGY SECTOR SYSTEM IN BALKAN REGION, Списание „Компютърни науки и комуникации”, Том 8, No1 (2019), БСУ, Бургас, стр. 48-53
8. Здравко Здравков Караджов, Радослав Русков Симионов – БЪДЕЩИ ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА PV ЦЕНТРАЛИ В БЪЛГАРИЯ И ЕС – ТЕХНИЧЕСКИ ФАКТОРИ, БСУ - Годишник, Том XLI, 2020, ISSN: 1311-221X, стр. 368 – 375
9. Радослав Симионов, Александър Стамболиев – ВЛИЯНИЕ НА ПАНДЕМИИ ВЪРХУ ОБМЕНА НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ МЕЖДУ БЪЛГАРИЯ И СЪСЕДНИ ДЪРЖАВИ, БСУ - Годишник, Том XLI, 2020, ISSN: 1311-221X, стр. 442 – 448
10. Radoslav Simionov - ЕКСПЕРТИЗИ ПРИ МАНИПУЛАЦИИ НА СРЕДСТВА ЗА ТЪРГОВСКО МЕРЕНЕ В СГРАДНИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ, Списание „Компютърни науки и комуникации”, Том 9, No1 (2020), БСУ, Бургас, стр. 85-92
11. Радослав Симионов – Транзитният обмен на електроенергия – фактор за развитие на преносната инфраструктура, Годишник БСУ 2021, том XLIV, ISSN: 1311-221X, стр. 273 – 284
12. Радослав Симионов – ФАКТОРИ ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ЦЕНАТА НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯТА ФОРМИРАНА ОТ ДОСТАВЧИК ОТ ПОСЛЕДНА ИНСТАНЦИЯ, Юридически сборник, БСУ 2021, том XXVIII, ISSN 1311-3771, стр. 198 – 203
13. Радослав Симионов – ИЗПОЛЗВАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ЗНАНИЯ ПРИ ИЗГОТВЯНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИ ЕКСПЕРТИЗИ, Юридически сборник, БСУ 2021, том XXVIII, ISSN 1311-3771, стр. 204 – 211
14. Radoslav Simionov - ENERGY POLICY OF THE BLACK SEA BASIN COUNTRIES – A FACTOR INFLUENCING THE EXCHANGE OF ELECTRICITY, BULGARIAN JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH 2022, ISSN 2367-9247 p 12 – 18
15. Радослав Симионов, Велизар Тодоров - ИНТЕГРИРАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ СТРОИТЕЛНИ ТЕХНОЛОГИИ В СГРАДИ С БЛИЗКО ДО НУЛЕВО ПОТРЕБЛЕНИЕ, БСУ - Годишник, Том XLVII, 2023, ISSN: 1311-221X, стр. 30 – 38
16. Калоян Тотев, Антон Василев, Радослав Симионов, Хрусав Хрусафов – МИКРОСИСТЕМИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВРЕДНИТЕ ВЛИЯНИЯ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА, БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, стр. 314 – 320
17. Хрусав Хрусафов, Радослав Симионов, Антон Василев – СИСТЕМА ЗА НАСОЧВАНЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ ПАНЕЛИ С PLC КОНТРОЛЕРИ, БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, стр. 358 – 364
18. Калоян Тотев, Антон Василев, Радослав Симионов, Хрусав Хрусафов – МИКРОСИСТЕМИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВРЕДНИТЕ ВЛИЯНИЯ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА, БСУ - Годишник, Том XLV, 2022, ISSN: 1311-221X, стр. 447 – 453
19. Yoznur Sevme, Milena Kichekova, Dimitar Dimitrov, SAFETY IN THE AUTOMATED MANAGEMENT OF THE ENERGY EFFICENCY PROCESSES IN THE UNIVERSITY BUILDING, X Jubilee International Scientific Conference, „Civil Engineering Design and Construction“ (Science and Practice), Sept. 20-22, 2018, Varna, Bulgaria