

**GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP, NORTH MACEDONIA
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING**

ETIMA 2025
THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE
24-25 SEPTEMBER, 2025



**TECHNICAL SCIENCES APPLIED IN ECONOMY,
EDUCATION AND INDUSTRY**



УНИВЕРЗИТЕТ
ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ
ФАКУЛТЕТ



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“, ШТИП
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING

ТРЕТА МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE

ЕТИМА / ETIMA 2025

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
CONFERENCE PROCEEDINGS

24-25 септември 2025 | 24-25 September 2025

ISBN: 978-608-277-128-1

DOI: <https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531>

Главен и одговорен уредник / Editor in Chief

проф.д-р Сашо Гелев
Prof.d-r Saso Gelev

Јазично уредување / Language Editor

Весна Ристова (македонски) / Vesna Ristova (Macedonian)

Техничко уредување / Technical Editing

Дарко Богатинов / Darko Bogatinov

Издавач / Publisher

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

Адреса на организационен комитет / Address of the organizational committee

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

Адреса: ул. „Крсте Мисирков“ бр. 10А / Address: Krste Misirkov, 10A

Пош. фах 201, Штип - 2000, С. Македонија / PO BOX 201, Stip 2000, North Macedonia

E-mail: conf.etf@ugd.edu.mk

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

62-049.8(062)

004-049.8(062)

МЕЃУНАРОДНА конференција ЕТИМА (3 ; 2025 ; Штип)

Зборник на трудови [Електронски извор] / Трета меѓународна конференција ЕТИМА 2025, 24-25 септември 2025 ; [главен и одговорен уредник Сашо Гелев] = Conference proceedings / Third international conference, 24-25 September 2025 ; [editor in chief Saso Gelev]. - Текст во PDF формат, содржи 357 стр., илустр. - Штип : Универзитет "Гоце Делчев", Електротехнички факултет ; Штип : "Goce Delchev" University, Faculty of Electrical engineering, 2025

Начин на пристапување (URL): <https://js.ugd.edu.mk/index.php/etima/en>. - Наслов преземен од екранот. - Опис на изворот на ден 30.10.2025. - Трудови на мак. и англ. јазик. - Библиографија кон трудовете

ISBN 978-608-277-128-1

а) Електротехника -- Примена -- Собири б) Машинство -- Примена -- Собири
в) Автоматика -- Примена -- Собири г) Информатика -- Примена -- Собири

COBISS.MK-ID 67297029



Трета меѓународна конференција ЕТИМА
24-25 Септември 2025
Third International Conference ETIMA
24-25 September 2025

**ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР
ORGANIZING COMMITTEE**

Драган Миновски / Dragan Minovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Сашо Гелев / Saso Gelev

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Маја Кукушева Панева / Maja Kukuseva Paneva

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Дарко Богатинов / Darko Bogatinov

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia



Трета меѓународна конференција ЕТИМА
24-25 Септември 2025
Third International Conference ETIMA
24-25 September 2025

**ПРОГРАМСКИ И НАУЧЕН ОДБОР
SCIENTIFIC COMMITTEE**

Антонио Курадо / António Curado

Политехнички институт во Виана до Кастело, Португалија
Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal

Стелијан – Емилијан Олтеан / Stelian –Emilian Oltean

Факултет за инженерство и информатичка технологија,
Медицински универзитет Георге Емил Паладе, фармација, наука и технологија
во Таргу Муреш, Романија
Faculty of Engineering and Information Technology, George Emil Palade
University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Targu Mures, Romania

Митко Богданоски / Mitko Bogdanoski

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

Верица Тасеска Ѓоргиевска / Verica Taseska Gjorgievska

Македонска академија на науките и уметностите, Северна Македонија
Macedonian Academy of Sciences and Arts, North Macedonia

Југослав Ачкоски / Jugoslav Ackoski

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

Димитар Богатинов / Dimitar Bogatinov

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

Со Ногучи / So Noguchi

Висока школа за информатички науки и технологии
Универзитет Хокаидо, Јапонија
Graduate School of Information Science and Technology
Hokkaido University, Japan

Диониз Гашпаровски / Dionýz Gašparovský

Факултет за електротехника и информатички технологии,
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Георги Иванов Георгиев / Georgi Ivanov Georgiev
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

Антон Белан / Anton Belán
Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Ивелина Стефанова Балабанова / Ivelina Stefanova Balabanova
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

Бојан Димитров Карапенов / Boyan Dimitrov Karapenev
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

Сашо Гелев / Saso Gelev
Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Влатко Чингоски / Vlatko Cingoski
Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Божо Крстајиќ / Bozo Krstajic
Електротехнички факултет
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора
Faculty of Electrical Engineering,
University in Montenegro, Montenegro

Милован Радуловиќ / Milovan Radulovic
Електротехнички факултет
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора
Faculty of Electrical Engineering,
University in Montenegro, Montenegro

Гоце Стефанов / Goce Stefanov
Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Мирјана Периќ / Mirjana Peric
Електронски факултет
Универзитет во Ниш, Србија
Faculty of Electronic Engineering,
University of Nis, Serbia

Ана Вучковиќ / Ana Vuckovic

Електронски факултет,
Универзитет во Ниш, Србија
Faculty of Electronic Engineering,
University of Nis, Serbia

Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Далибор Серафимовски / Dalibor Serafimovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Мирослава Фаркаш Смиткова / Miroslava Farkas Smitková

Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Петер Јанига / Peter Janiga

Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Јана Радичова / Jana Raditschová

Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Драган Миновски / Dragan Minovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Василија Шарац / Vasilija Sarac

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Александар Тузаров / Aleksandar Tudzarov

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Владимир Талевски / Vladimir Talevski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Владо Гичев / Vlado Gicev

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Марија Чекеровска / Marija Cekerovska

Машински факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Mechanical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Мишко Цидров / Misko Dzidrov

Машински факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Mechanical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Александар Крстев / Aleksandar Krstev

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Ванчо Аџиски / Vancho Adziski

Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Natural and Technical Sciences,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Томе Димовски / Tome Dimovski

Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Information and Communication Technologies,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Зоран Котевски / Zoran Kotevski

Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Information and Communication Technologies,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Никола Рендевски / Nikola Rendevski

Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Information and Communication Technologies,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Илија Христовски / Ilija Hristovski

Економски факултет,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Economy,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Христина Спасовска / Hristina Spasovska

Факултет за електротехника и информациски технологии,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Роман Голубовски / Roman Golubovski

Природно-математички факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Маре Србиновска / Mare Srbinovska

Факултет за електротехника и информациски технологии,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Билјана Златановска / Biljana Zlatanovska

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Александра Стојанова Илиевска / Aleksandra Stojanova Ilievska

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Мирјана Коцалева Витанова / Mirjana Kocaleva Vitanova

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Ивана Сандева / Ivana Sandeva

Факултет за електротехника и информациски технологии,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Наташа Стојковиќ / Natasa Stojkovik

Факултет за информатика,

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;

Faculty of Computer Science,

Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;



Трета меѓународна конференција ЕТИМА Third International Conference ETIMA

PREFACE

The Third International Conference “Electrical Engineering, Technology, Informatics, Mechanical Engineering and Automation – Technical Sciences in the Service of the Economy, Education and Industry” (ETIMA’25), organized by the Faculty of Electrical Engineering at the “Goce Delchev” University – Shtip, represents a significant scientific event that enables interdisciplinary exchange of knowledge and experience among researchers, professors, and experts in the field of technical sciences. The conference was held in an online format and brought together 78 authors from five different countries.

The ETIMA conference aims to establish a forum for scientific communication, encouraging multidisciplinary collaboration and promoting technological innovations with direct impact on modern life. Through the presentation of scientific papers, participants shared the results of their research and development activities, contributing to the advancement of knowledge and practice in relevant fields. The first ETIMA conference was organized four years ago, featuring 40 scientific papers. The second conference took place in 2023 and included over 30 papers. ETIMA’25 continued this scientific tradition, presenting more than 40 papers that reflect the latest achievements in electrical engineering, technology, informatics, mechanical engineering, and automation.

At ETIMA’25, papers were presented that addressed current topics in technical sciences, with particular emphasis on their application in industry, education, and the economy. The conference facilitated fruitful discussions among participants, encouraging new ideas and initiatives for future research and projects.

ETIMA’25 reaffirmed its role as an important platform for scientific exchange and international cooperation. The organizing committee extends sincere gratitude to all participants for their contribution to the successful realization of the conference and its scientific value.

We extend our sincerest gratitude to all colleagues who, through the presentation of their papers, ideas, and active engagement in discussions, contributed to the success and scientific significance of ETIMA’25.

The Organizing Committee of the Conference

ПРЕДГОВОР

Третата меѓународна конференција „Електротехника, Технологија, Информатика, Машинство и Автоматика – технички науки во служба на економијата, образованието и индустријата“ (ЕТИМА’25), организирана од Електротехничкиот факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, претставува значаен научен настан кој овозможува интердисциплинарна размена на знаења и искуства меѓу истражувачи, професори и експерти од техничките науки. Конференцијата се одржа во онлајн формат и обедини 78 автори од пет различни земји.

Конференцијата ЕТИМА има за цел да создаде форум за научна комуникација, поттикнувајќи мултидисциплинарна соработка и промовирајќи технолошки иновации со директно влијание врз современото живеење. Преку презентација на научни трудови, учесниците ги споделуваат резултатите од своите истражувања и развојни активности, придонесувајќи кон унапредување на знаењето и практиката во релевантните области.

Првата конференција ЕТИМА беше организирана пред четири години, при што беа презентирани 40 научни трудови. Втората конференција се одржа во 2023 година и вклучи над 30 трудови. ЕТИМА’25 продолжи со истата научна традиција, презентирајќи повеќе од 40 трудови кои ги отсликуваат најновите достигнувања во областа на електротехниката, технологијата, информатиката, машинството и автоматиката.

На ЕТИМА’25 беа презентирани трудови кои обработуваат актуелни теми од техничките науки, со посебен акцент на нивната примена во индустријата, образованието и економијата. Конференцијата овозможи плодна дискусија меѓу учесниците, поттикнувајќи нови идеи и иницијативи за идни истражувања и проекти.

ЕТИМА’25 ја потврди својата улога како значајна платформа за научна размена и интернационална соработка. Организациониот одбор упатува искрена благодарност до сите учесници за нивниот придонес кон успешната реализација на конференцијата и нејзината научна вредност. Конференцијата се одржа онлајн и обедини седумдесет и осум автори од пет различни земји.

Изразуваме голема благодарност до сите колеги кои со презентирање на своите трудови, идеи и активна вклученост во дискусиите придонесоа за успехот на ЕТИМА’25 и нејзината научна вредност.

Организационен одбор на конференцијата

СОДРЖИНА / TABLE OF CONTENTS:

СОВРЕМЕНО РАНОГРАДИНАРСКО ПРОИЗВОДСТВО СО ПРИМЕНА НА ОБНОВЛИВИ ЕНЕРГЕТСКИ ИЗВОРИ И ТЕХНОЛОГИИ.....	15
ШИРОКОПОЈАСЕН ПРЕНОС НА ПОДАТОЦИ ПРЕКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКАТА МРЕЖА	25
TRANSIENT PHENOMENA IN BLACK START	32
OPTIMIZATION OF SURPLUS ELECTRICITY MANAGEMENT FROM MUNICIPAL PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: VIRTUAL STORAGE VS BATTERY SYSTEMS.....	43
IMPACT OF LIGHT POLLUTION ON ENERGY EFFICIENCY	53
ПЕРСПЕКТИВИ, ПРЕДИЗВИЦИ И ИНОВАЦИИ ВО ПЕРОВСКИТНИТЕ СОЛАРНИ КЕЛИИ	61
ПРИМЕНА НА НАНОМАТЕРИЈАЛИ КАЈ ФОТОВОЛТАИЧНИ КЕЛИИ ЗА ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА НИВНАТА ЕФИКАСНОСТ ПРЕКУ НАМАЛУВАЊЕ НА РАБОТНАТА ТЕМПЕРАТУРА	68
LONG-TERM POWER PURCHASE AGREEMENT FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY AS A SOLUTION FOR ENHANCING THE PROFITABILITY OF THE TASHMARUNISHTA PUMPED-STORAGE HYDRO POWER PLANT	75
СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА ПОТРОШУВАЧКА, ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ТРОШОЦИ КАЈ ВОЗИЛА СО РАЗЛИЧЕН ТИП НА ПОГОН	87
АВТОМАТСКИ СИСТЕМ ЗА НАВОДНУВАЊЕ УПРАВУВАН ОД ARDUINO МИКРОКОНТРОЛЕР	95
ПРИМЕНА НА WAMS И WACS СИСТЕМИ ВО SMART GRID	103
IoT-BASED ENVIRONMENTAL CONTROL IN 3D PRINTER ENCLOSURES FOR OPTIMAL PRINTING CONDITIONS.....	112
BENEFITS OF STUDYING 8086 MICROPROCESSOR FOR UNDERSTANDING CONTEMPORARY MICROPROCESSOR.....	123
ПРАКТИЧНА СИМУЛАЦИЈА НА SCADA СИСТЕМ ЗА СЛЕДЕЊЕ И РЕГУЛАЦИЈА НА НИВО НА ТЕЧНОСТ ВО РЕЗЕРВОАР	130
ADVANCEMENTS IN INDUSTRIAL DIGITAL SENSORS (VERSION 3.0 TO 4.0) AND RADAR SYSTEMS FOR OBJECT DETECTION: A STATE-OF-THE-ART REVIEW.	140
CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR ENHANCING DRONE-TO-TOC COMMUNICATION PERFORMANCE IN MILITARY AND CRISIS OPERATIONS..	148
BRIDGING TELECOM AND AVIATION: ENABLING SCALABLE BVLOS DRONE OPERATIONS THROUGH AIRSPACE DIGITIZATION.....	157
MEASURES AND RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ELECTRICAL MOTORS	167
USE OF MACHINE LEARNING FOR CURRENT DENSITY DISTRIBUTION ESTIMATION OF REBCO COATED CONDUCTORS	180
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL MEDICINE	186
ИНТЕГРАЦИЈА НА ДИГИТАЛНИОТ СПЕКТРОФОТОМЕТАР ВО ДЕНТАЛНАТА МЕДИЦИНА – НОВИ МОЖНОСТИ ЗА ТОЧНОСТ И КВАЛИТЕТ	194

CORRELATION OF DENTAL MEDICINE STUDENTS' PERFORMANCE IN PRECLINICAL AND CLINICAL COURSES	205
INTRAORAL ELECTROSTIMULATOR FOR RADIATION INDUCED XEROSTOMIA IN PATIENTS WITH HEAD AND NECK CANCER.....	214
ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE OF ENDODONTIC EQUIPMENT WITH GASTRIC PACEMAKER	221
DENTAL IMPLANTS ANALYSIS WITH SEM MICROSCOPE	226
ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТОЦИ ПРИ УПОТРЕБА НА ЛАСЕР ВО РЕСТАВРАТИВНАТА СТОМАТОЛОГИЈА И ЕНДОДОНЦИЈА.....	231
LASERS AND THEIR APPLICATION IN PEDIATRIC DENTISTRY	238
INCREASE OF ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE BEHAVIOUR THROUGH EDUCATION AND TECHNOLOGICAL INNOVATION.....	242
A DATA-DRIVEN APPROACH TO REAL ESTATE PRICE ESTIMATION: THE CASE STUDY SLOVAKIA.....	249
ANALYSIS OF THE BACKWARD IMPACTS OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE DISTRIBUTION SYSTEM	261
VARIANT SOLUTIONS FOR A PARKING LOT COVERED WITH PHOTOVOLTAIC PANELS.....	268
COMPARISON OF ENERGY STATUS IN PORTUGAL AND IN SLOVAKIA	279
DESIGN, ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ...	286
BATTERY STORAGE IN TRACTION POWER SUPPLY	297
THE ROLE OF CYBERSECURITY AWARENESS TRAINING TO PREVENT PHISHING.....	304
A REVIEW OF RESOURCE OPTIMIZATION TECHNIQUES IN INTRUSION DETECTION SYSTEMS	311
APPLICATION OF A ROBOTIC ARM IN A SIMPLE PICK-AND-DROP OPERATION	321
SIMULATION-BASED PERFORMANCE ANALYSIS OF A SECURE UAV-TO-TOC COMMUNICATION FRAMEWORK IN MILITARY AND EMERGENCY OPERATIONS	328
DIGITALIZATION OF BPM USING THE CAMUNDA SOFTWARE TOOL ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL BANK OF MONTENEGRO	339
DESIGNING A SECURE COMMUNICATION FRAMEWORK FOR UAV-TO-TOC OPERATIONS IN MILITARY AND EMERGENCY ENVIRONMENTS.....	349



Трета меѓународна конференција ЕТИМА

Third International Conference ETIMA

UDC: [621.398:681.518]:621.642.057

<https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531130d>

ПРАКТИЧНА СИМУЛАЦИЈА НА SCADA СИСТЕМ ЗА СЛЕДЕЊЕ И РЕГУЛАЦИЈА НА НИВО НА ТЕЧНОСТ ВО РЕЗЕРВОАР

Југослав Додевски¹, Сашо Гелев¹

¹ Faculty of Electrical Engineering, Goce Delcev University, Krste Misirkov 10A, 2000 Stip, North Macedonia

email: jugoslav.22580@student.ugd.edu.mk;

email: saso.gelev@ugd.edu.mk;

Краток извадок

SCADA системите во денешно време се широко распространети и речиси и да не постои автоматски систем без имплементација на SCADA.

Во овој труд ќе креираме програма за следење и регулација на ниво на течност во резервоар. Ќе користиме достапен PLC контролер Siemens S7-1200 1212 AC/DC/Rly, софтвер за креирање на PLC програми TIA Portal и верзија на VT SCADA софтвер инсталиран на персонален компјутер. PLC-то ќе биде поврзано со персонален компјутер кој ќе се користи како работна станица. Комуникацијата помеѓу PLC-то и компјутерот е преку RJ 45 мрежна конекција, со Profinet протокол. Во ladder дијаграм во PLC-то ќе креираме релативно едноставна програма за следење и регулација на ниво во резервоар. На високо ниво (hi) контролерот ќе вклучи пумпа и ќе се празни резервоарот. На ниско ниво (low) пумпата автоматски ќе се гаси за да се спречи непожелна работа на суво, т.е. без проток. За симулација на мерењето на ниво ќе поврземе потенциометар делител на напон како аналоген влез. Додатно во SCADA програмот ќе се дефинираат нивоа hi hi и low low кои ќе го предупредат операторот за аномалија во процесот. Операторот ќе има опција за т.н. рачно управување и преземање на контролата од автоматски режим.

Клучни зборови

SCADA, PLC, Siemens, VT SCADA

Вовед

SCADA (Supervisory control and data acquisition) системите прибираат податоци од различни влезови или извори, ги обработуваат, прикажуваат и дејствуваат врз основа на примените информации и соодветната програма. SCADA системите овозможуваат контрола, мониторинг и анализа на процесите.

Хардверски компоненти на SCADA систем:

- сензори и актуатори,
- уреди за локална контрола (plc, rtu, hmi уреди итн.),
- сервери и операторски станици (индустриски компјутери),
- комуникациска мрежа за прибирање на процесни податоци и праќање на команди (ethernet, оптичка мрежа, радио комуникација, мобилна телефонија итн.).

Софтверски компоненти SCADA систем:

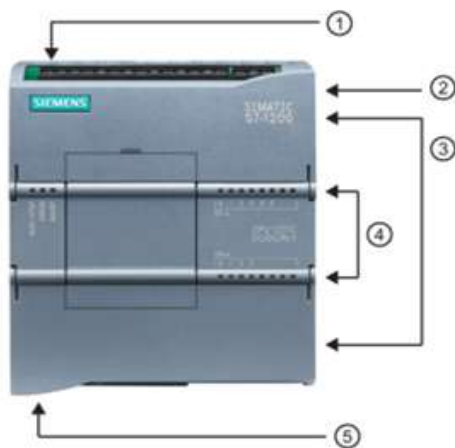
- графика за приказ и следење на процесот,

- систем за менаџирање на аларми преку кој операторите се запознаени со нарушување на процесните параметри како и со состојба на опремата,
- програми за работа со бази со податоци за запис на влезни податоци,
- алатки за следење на трендови и настани во процесот.

ОПИС НА КОНТРОЛЕРОТ SIEMENS SIMATIC S7 1200 1212C AC/DC/RLY

Главни карактеристики и опис (Слика 1):

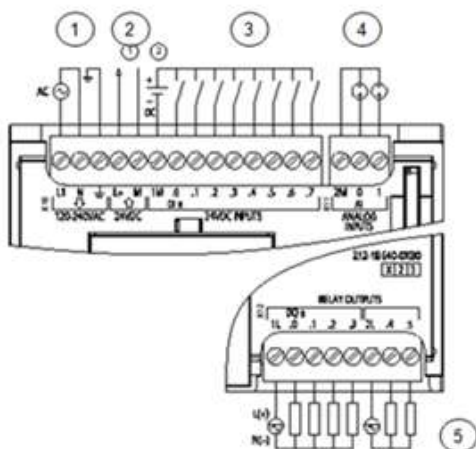
- напојување AC 85-264 V AC at 47-63 Hz,
- дигитални влезови DI 8x24 V DC,
- аналогни влезови 2x0-10 V DC,
- дигитални излези 6x relay output,
- работна меморија 25 kbytes, вкупна 1 Mbytes.



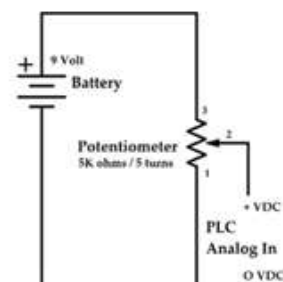
1. Конекции за напојување
2. Слот за мемориска картичка (опционо)
3. Конектори за влезови и излези (под капак)
4. Лед диоди за статус на влез/излез
5. Profinet конекција (RJ 45)

Слика 1. Контролер S7 1200 AC/DC/Rly

Шема на поврзување на s7-1200:



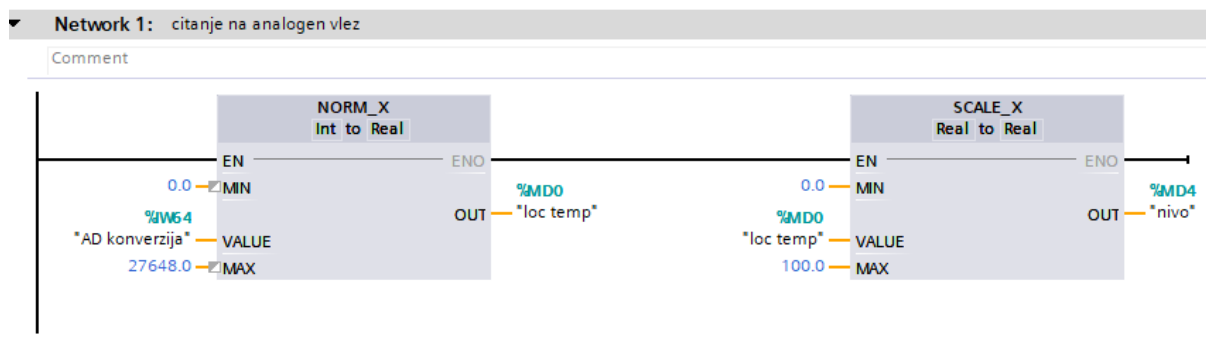
1. L1 и N напојување 85-264 VAC
2. L+, M извор на 24 волти DC
3. 1M, 0-7 24 V DC дигитални влезови (x8)
4. 2M 0, 1 аналогни влезови 0-10 V DC
5. 1L, 0-3; 2L, 4-5 релејни излези



Слика 2. Ожичување на S7 1200 1212C

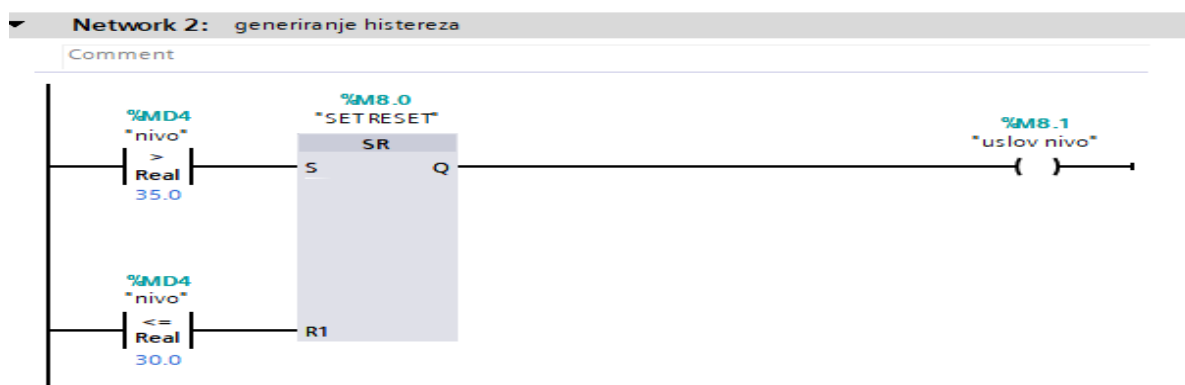
Креирање на програмата:

За креирање на програмата неопходно е користење на софтвер за програмирање на PLC-а на Siemens TIA PORTAL. На Слика 3 се прикажани блокови за вчитување на аналогниот влез:



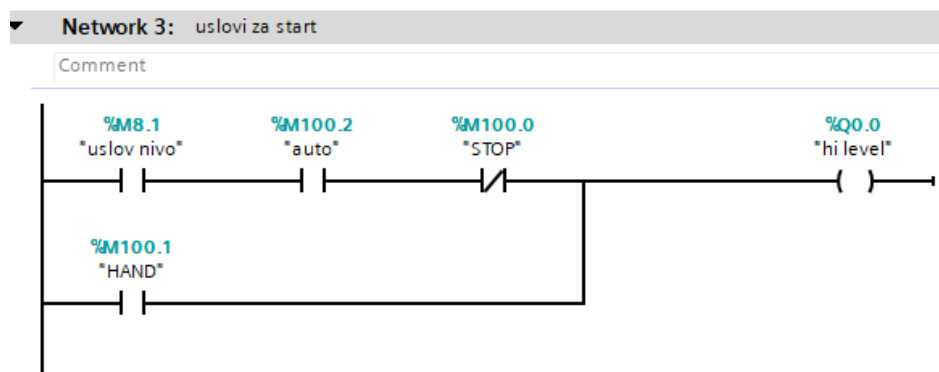
Слика 3. Читање на аналоген влез

Прикажаните блокови се конфигурирани да вчитаат вредност на аналогниот влез (0-10 волти) од адреса IW64/65 и да ја конвертираат истата во опсег од 0 до 100 проценти ниво. Блокот NORM_X ја конвертира вредноста на аналогниот влез и тоа за опсег од 0-27648 како integer дава на излез вредност од 0-1 како real. Притоа на излез се доделува локална променлива MD0 во која се содржи реалниот број (double word-четири бајта). Блокот SCALE_X променливата MD0 ја конвертира во сакан опсег, во случајот на излез се добива вредност во опсег од 0-100 и истата се сместува во наредна слободна мемориска локација MD4.



Слика 4. Компаратори за ниво и хистереза

Следна мрежа (слика 4) е генерирање на логичка “1” како услов за старт на пумпа ако нивото надминало одредена вредност. За да нема чести старт/стоп циклуси на пумпата со помош на set/reset флип флоп ќе се генерира хистереза, односно пумпата ќе се вклучува на високо ниво, а ќе се исклучува на ниско ниво. Вредноста од променливата MD4, т.е. моменталното ниво се носи на компаратори за висока и ниска вредност, се генерираат Boolean вредности и се носат на флип-флопот. Резултатот (Q) од овие операции се Boolean вредности од еден бит доделени на мемориски адреси M8.0 и M8.1.



Слика 5. Логика за старт на пумпа

На слика 5 се прикажани условите за работа на пумпата. Имено излезот од PLC-то односно старт командата ќе се активира на еден од два начини: автоматски или рачно. За автоматски потребно е да биде исполнет условот за високо ниво, додека за рачно по процена на оператор, да речеме во случај на нереално мерење или отказ на сензор за ниво. Оператор преку скадата ќе има контрола на преклопка со три позиции: автоматски (auto), рачно (hand) и стоп позиција. Секоја од избраните позиции се запишува во PLC-то на избраните мемориски локации M100.0, M100.1 и M100.2 и тие добиваат вредност “1” за соодветниот избор.

Откако ќе се креира програмата истата се компајлира и се снима во контролерот. Подесување на комуникација.

За да се овозможи комуникација на PC-то со PLC-то и да нема конфликти со адресирање во Ethernet properties на PC то на IPv4 адресирањето се менува начинот на доделување адреси од автоматски во рачно и доделуваме вредност различна од default адресата на PLC-то (192.168.0.1), и во случајов ќе се додели 192.168.0.100.

Понатаму за да се овозможи комуникација помеѓу PLC-то и SCADA-та неопходно е да во проектот за изработка на програмата во TIA PORTAL (properties/ connection mechanism) се селектира Permit access with PUT/GET communication from remote partner.

VT SCADA LIGHT

VT SCADA софтверот е главен продукт на Trihedral Engineering Limited, Канадска компанија за софтвер за индустриска автоматизација. Софтверот е највеќе применуван во постројки за третман на вода, нафтена и хемиска индустрија итн.

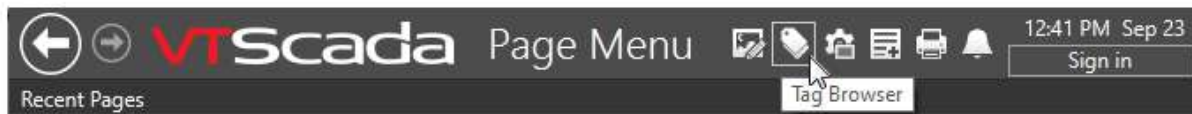
За реализација на проектната задача е избран овој софтвер од причина што е бесплатен за ограничена примена (50 точки) и можноста да комуницира со Siemens S7 контролерите. Инаку во себе содржи драјвери за комуникација од повеќето познати производители на компоненти за индустриска автоматизација како Omron, Honeywell, ABB, Mitsubishi, Motorola, Eaton и многу други. Притоа се подржани стандардни комуникациски протоколи како Modbus, DNP3, но и мноштво други протоколи од креирани од самите производители.

Конфигурација на конекција на скадата

Пред да се започне со креирање на влезно излезните точки т.е. тагови, неопходно е да се конфигурира конекцијата помеѓу скадата и хардверот што се користи (во случајот PLC-то). Постојат три компоненти во комуникациската верига кои ќе бидат разгледани:

1. Комуникациска порта (сериска, TCP, UDP итн.),

2. Драјвер, односно комуникациски протокол на уредот,
3. Влезно излезни адреси на PLC-то или RTU.



Слика 6. Пристап кон прелистувач на тагови

Подесување на комуникациска порта:

Се отвора tag browser, десен клик на тагот и одбираме ports. Ќе селектираме TCP/IP порта. TCP/IP- Transfer control protocol /internet протокол. Ова ќе е протоколот со кој ќе се креира комуникација помеѓу скадата и PLC-то. Profinet протоколот го користи TCP/IP протокол. Портата ќе ја именуваме како Siemens S7-1200. Доделуваме адреса 192.168.0.1, која што треба да е истата во PLC-то. Ова е default адреса на PLC-то, коешто ќе е директно поврзано со PC. Број на TCP/IP порта 102, која се користи за пренос на податоци од страна на индустриските контролни системи, вклучително и Siemens.

Комуникација со контролерот:

Понатаму на комуникацискиот таг Siemens S7-1200 ќе биде потребно да се формира ново подмножество (new child), нов комуникациски таг со поконкретни подесувања околу комуникација со контролерот. Тагот ќе го именуваме pump control. Во options ќе селектираме S7-Other types. S7-200 е друг тип на контролери. Селектираме rack 0 и slot1. Во Settings ќе оставиме default вредности. Во последниот таб не се менува ништо.

Пристап до мемориски адреси и комуникација со тагови:

Понатаму потребно е да се дефинираат конкретни точки /тагови од контролерот. Креираме нови подмножества –new child. За секое мерење или дигитален статус ќе се формира таг. Карактеристично е тоа што треба да се дефинира типот на сигналот (аналоген или дигитален), мемориската адреса на контролерот од која се чита или во која се запишува одредена вредност. Постојат повеќе типови на понудени типови на тагови како аналогни, дигитални итн. Ние ќе користиме универзален таг т.н. **input output and calculation tag**. Ќе покажеме отчитување на аналогна вредност од контролерот. На првиот аналоген влез ќе се поврзе потенциометар како делител на напон со влезен сигнал 0-10 волти. Така ќе се симулира мерен претворник или сензор кој го мери нивото и на излез дава сигнал 0-10 волти пропорционален од мерниот опсег. S7-1200 серијата на контролери за запис на аналогната вредност користи два бајта, кои сочинуваат збор (word). Мемориската адреса во која се содржи првиот аналоген влез е дефинирана како IW64 (Input word). IW64 е адреса на првиот бајт. Вториот бајт е во адреса IW65. Вториот аналоген влез ги користи адресите IW66 и IW67.

За аналогна во дигитална конверзија аналогните модули на Siemens опсегот од 0-10 волти стандардно го претвораат во опсег од 0-27648. Имено со помош на 16 бита имаме 15-битна конверзија плус знак. ($2^{15}=32768$). Опсегот меѓу 27648 и 32768 е резерва за т.н. overflow. Инкрементот е 3.6 mV.

Таг за вчитување на аналогна вредност:

Во тагот ќе се дефинира скалирање и вредноста од 0-27648 може да се претвори во опсег по избор, во случајов од 0-100%, за аналоген влез од 0-10 V.

Некои од подесувањата што треба да се селектираат:

- во ID табот се дава назив на тагот и во data type се селектира analog;
- во I/O табот ја внесуваме адресата на PLC-то од која се чита (IW64);
- во Scaling се дефинира опсегот за приказ односно вредноста од 0-27648 се конвертира во опсег од 0-100% (ниво);
- во Quality може да се додели (форсира) вредност различна од реалната за тест потреби;
- во Logging се дефинира дали и како вредноста да се снима во дата база;
- во Alarm табот се дефинираат приоритети и граници на аларм;
- во Display табот се одбира начинот на приказ на графика, единица мерка и број на децимали. Прикажуваме проценти со едно децимално место.

На сличен начин се креираат таговите за останатите дигитални влезови и излези. Што се однесува до дигиталните излези од скадата карактеристично е тоа што може да се запише вредност во контролерот во точно специфицирана мемориска адреса и истата таа вредност да биде обработена од логиката на контролерот. Дигиталните влезови пак во скадада ќе ни користат за приказ на статус на одреден елемент како мотор, пумпа, сигнална сијалица итн. Во нашиот труд во скадата нема да се креира логика на работа на конкретниот систем, туку истата ќе се креира во контролерот како независен дел.

Креирање на кориснички интерфејс и визуелизација

За креирањето на графички компоненти и кориснички интерфејс во VT SCADA се користи подпрограменскиот дел IDEA STUDIO. Графичките елементи кои се поврзани со тагови се нарекуваат виџети. Суштинско во креирање на интерфејсот е опцијата да на графичките елементи им се доделат предходно креираните тагови, односно се линкуват. Постојат неколку групи на готови графички елементи, т.н.. виџети:

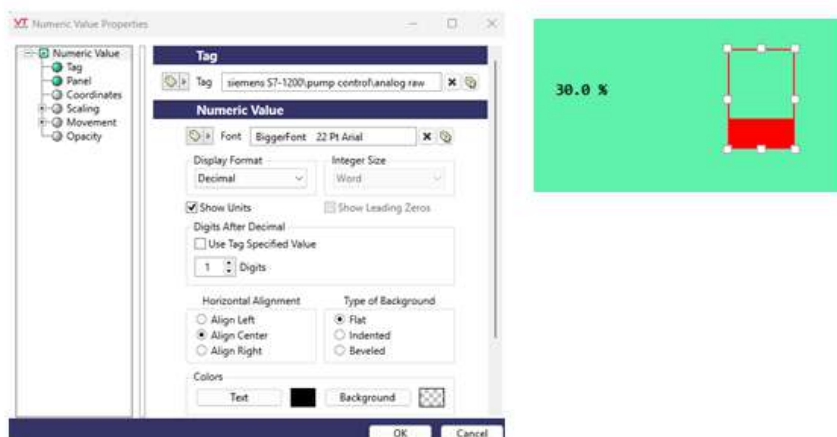
- виџети за аналогна контрола,
- виџети за дигитална контрола,
- индикатори и мерни инструменти за приказ на мерење и
- индикатори за статус на опрема, сигнални сијалици итн.

Понатаму постои широк спектар на графички елементи од разна процесна опрема како мотори, пумпи, вентили, резервоари, реактори итн, при што не мора секој елемент да е поврзан со таг, туку може да фигурира само како анимација. Со drag and drop опцијата елементите лесно се внесуваат на цртежот.

Виџети за приказ на аналогна вредност

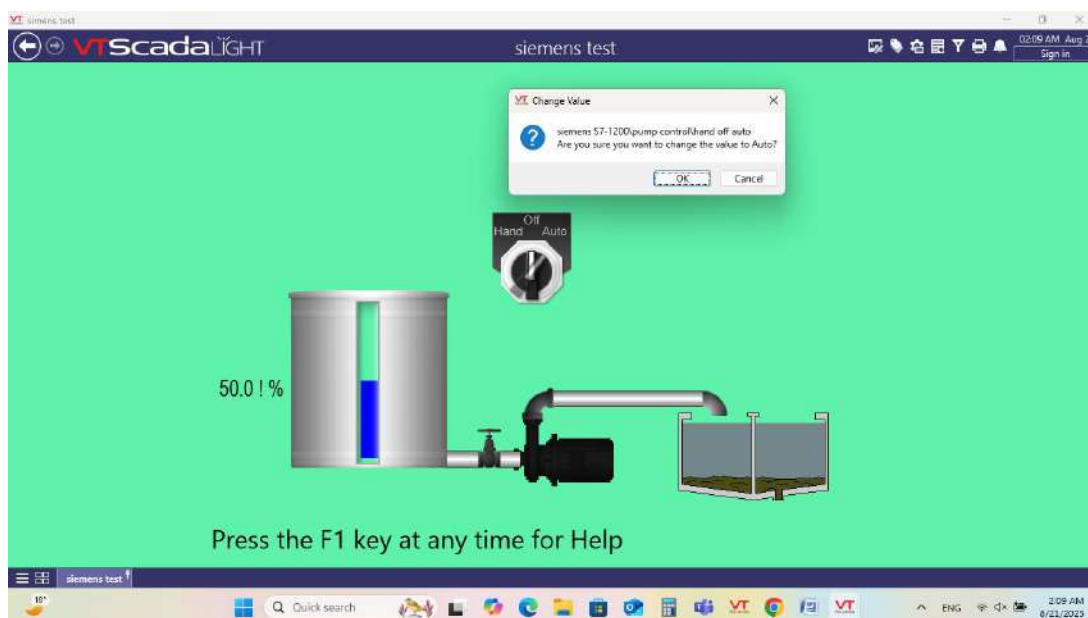
За приказ на аналогната вредност за симулираната вредност за ниво ќе се искористат два виџети: “numeric value” и “bar color”. Така истовремено ќе се прикажува нивото како бројка во проценти и т.н.. барграф за визуелизација. И двата виџети се линкуваат со предходно дефинираниот таг за читање на аналогна вредност од мемориска локација на IW64 од PLC-то, каде што е дефинирано дека вредноста ќе се прикажува во опсег од 0-

100 во проценти како единица мерка. Сме одбрале приказ на една децимала, боја за приказ, размер, фонт итн.



Слика 7. Вицети за приказ на аналогна вредност

Графика на процесот



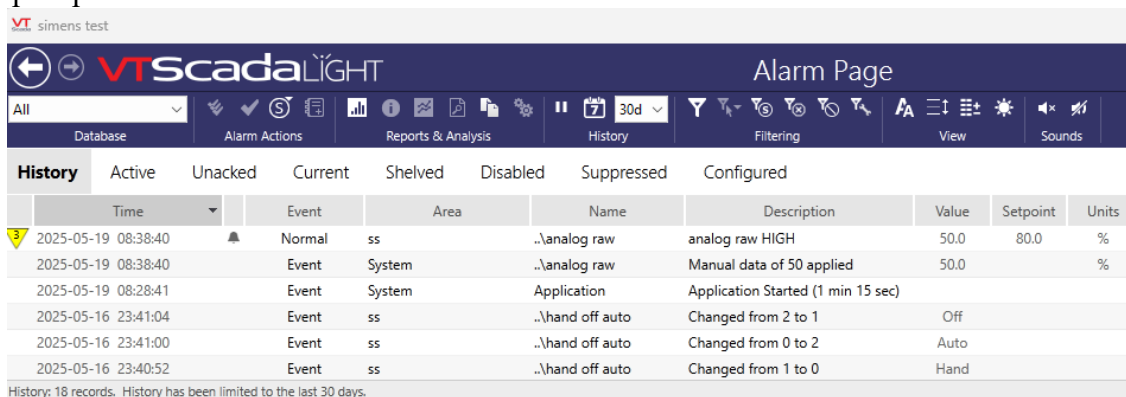
Слика 8. Изглед на графиката

За конечниот изглед на графиката додадени се уште неколку графички елементи од готовите понудени палети: резервоар, цевки, вентил, када за таложење и др. Ваквиот цртеж со визуелизација на процесот се нарекува и мимик (имитирање).

Задавање на командите за промена на позиција на селекторот односно режимот на работа на пумпата се извршува со виртуелно движење на лев клик на маусот. “Hand”- рачно вклучено, “Off”-исклучено и “Auto”-автоматска работа. За статус на пумпата е креиран дигитален таг поврзан со Q0.0 излез од PLC и вицет кој менува боја во зелена ако Q0.0 има “1”, односно пумпата е вклучена.

Аларми

Функцијата на алармите е да предупредат на нарушување на нормална работа на системот. Се користи звучна и светлосна сигнализација за да се привлече вниманието на операторот.



Time	Event	Area	Name	Description	Value	Setpoint	Units
2025-05-19 08:38:40	Normal	ss	..analog raw	analog raw HIGH	50.0	80.0	%
2025-05-19 08:38:40	Event	System	..analog raw	Manual data of 50 applied	50.0		%
2025-05-19 08:28:41	Event	System	Application	Application Started (1 min 15 sec)			
2025-05-16 23:41:04	Event	ss	..hand off auto	Changed from 2 to 1	Off		
2025-05-16 23:41:00	Event	ss	..hand off auto	Changed from 0 to 2	Auto		
2025-05-16 23:40:52	Event	ss	..hand off auto	Changed from 1 to 0	Hand		

History: 18 records. History has been limited to the last 30 days.

Слика 9. Аларм листа

Алармите се дефинираат по приоритет: висок, низок итн. За секој приоритет се генерира различна звучна и светлосна сигнализација. Притоа операторот треба да го потврдува присуството на алармот (acknowledge) за да се изгуби звучниот сигнал. Постојат опции да алармите времено се исклучат (shelve, suppress), посебно оние кои зачестено се појавуваат или се со низок приоритет и непотребно одвлекуваат внимание.

При дефинирање на алармите може да се додели хистереза или временско доцнење со цел да се избегне колебање на мониторираниот параметар околу алармна вредност и непотребно често појавување.

Скада системите регистрираат и “events” односно настани. Така што постои разлика помеѓу настан и аларм. На пример ако нивото во резервоарот е високо и стартувала пумпа тоа е event кој служи за давање информација и не е потребна преземање на акција од оператор. Аларм треба да се генерира ако од одредена причина пумпата не е стартувана или нивото пораснало недозволено високо и тогаш е потребно да се реагира и преземе некаква акција.

Хисториан и тренд на податоци

Хисторианот е алатка што овозможува да се екстрахираат и прикажат вредности предходно запишани во база од податоци. За извршување на оваа операција по дифолт се креирани и се користат таговите System historian и System Alarm historian. Значи се складираат и аналогни и дигитални вредности во посебни фолдери. Ова е потребно да се следи историјата на промена на процесните параметри, анализа на процесот, аларми итн. Апликацијата автоматски и без посебни нагодувања врши складирање на податоците во соодветен фолдер. Постои опција доколку нема потреба од запис во хисториан да се одбере истата и да не се оптеретува базата на податоци. При ова не е неопходно да се користат дополнителни програми за работа со бази на податоци како MS SQL Server, MySQL, Oracle итн, иако постои таква можност. Во пракса често е пожелна редундантност на локации за складирање и конфигурација на бекап сервер итн, но за ова е потребно напредно познавање и нема да го разгледуваме.

МЕРЕЊЕ И РЕГУЛАЦИЈА НА НИВО

Мерењето на ниво е всушност мерење на висина на течноста. Примери за потреба мерење и регулација на ниво на течност:

- избегнување на преполнување на резервоари заради високо ниво,
- избегнување на работа на суво на пумпи и нивно оштетување заради ниско ниво,
- кај парни котли при ниско ниво може да дојде до оштетување заради прегревање на металот од висока температура од горилник.

Сензори:

Според начинот на инсталација сензорите за ниво можат да бидат во директен или индиректен контакт со течноста. Во зависност од сигналот што го даваат може да се поделат на сензори кои даваат дискретна вредност на сигналот (“1” или “0”) и сензори кои даваат континуирана вредност за нивото, најчесто аналоген сигнал 4-20 mA или некој комуникациски интерфејс.

Сензорите за дискретна вредност (нивостати) се користат за детекција на ниво во одредена точка, високо или ниско. Притоа се менува состојба на контакти NO или NC. Начини на детекција:

Пловаци: Најчесто користени се т.н.. пловаци кои механички директно активираат контакт. Во процеси каде е потребна поголема доверливост и робустност се користат сензори со пловак од магнетен тип кои индиректно преку магнетно поле активираат рид (reed) магнетен контакт.

Сензори со вибрациона виљушка: Почесто се користат за детекција на материјал во цврста состојба, но постојат и изведби за детекција на течност. При присуство на материјал вибрациите на виљушката се намалуваат и се детектира присуство на материјал.

Кондуктивни сензори: Се состојат од електроди потопени во течност преку кои се мери кондуктивност зависна од нивото.

Капацитивни сензори: Сондата и сидот на резервоарот формираат кондензатор чијашто капацитивност зависи од нивото на течност.

Оптички: Користат извор на светлина и ресивер. Присуство на течност предизвикува рефракција т.е. прекршување на светлинскиот зрак и тој не стигнува до ресиверот.

Сензори за континуирано мерење на ниво:

Ултразвучни: Емитираат ултразвучни бранови при што се мери времето на враќање на бранот. Така се пресметува растојанието од сензорот, односно нивото течности.. Недостаток кај ултразвучните сензори е губење на рефлектираниот бран, т.е. ехото во средини каде на површината на течноста има нечистотии, пена и испарувања.

Радарски: Користат микробранови со фреквенција од ранг на GHz. Се користат во средини каде се бара поголема доверливост на мерењето. Во средини со испарувања и вакуум се користи сонда која ги спроведува брановите (guided radar) која е во директен контакт со материјалот.

Хидростатски: Се мери притисок пропорционален со висината на водениот столб.

Радиометриски инструменти. Користат радиоактивен извор, изотоп (Цезиум 137, Кобалт 60) и детектор на гама зрачење и доколку има присуство на материјал се детектира ослабено зрачење. Се користат во екстремни ситуации.

Мерење на ниво со ќелии за оптоварување (load cells). Се мери тежината на садот заедно со материјалот. При празен сад се се минусира неговата тежина т.н. тара.

Сензори за диференцијален притисок: Се користат мерење на хидростатски притисок, т.е. ниво во садови под притисок и котли. Преку две т.н. импусни линии се спроведуваат притисоците до сензорот, кој е монтиран на страна од садот и не е изложен на високи температури.

Изборот на сензори зависи од многу фактори: цена, доверливост, точност, мерен опсег, напојување итн.

Во критични апликации се користат повеќе сензори за мерење на едно исто ниво за да во случај на загуба на мерење од еден сензор не се наруши функционалноста на процесот. Постојат примери со два или три сензори со континуирано мерење, еден сензор со континуирано мерење и два пловаци како бекап за ниско и високо ниво итн.

Стратегии за регулација

On/Off регулација: Се вклучува или исклучува пумпа зависно од нивото или пак се отвара/ затвора вентил.

Континуирана регулација, најчесто PID (proportional, integrate, derivate) регулација со постојана работа на пумпа и отвореност на вентил зависна од отстапување на нивото во однос на зададена вредност. Во парни котли се користи feed forward стратегија на регулација каде што протокот на напојна вода се регулира не само од нивото, туку и од масениот проток на пареа на излез од котел.

ЗАКЛУЧОК

Иако во овој труд се креирани едноставни програми, како во PLC-то така и во SCADA-та, сепак се прикажани концептот и основите за понатамошна надградба. Најголем предизвик беше да се оствари комуникација помеѓу програмите од различни производители и да се направи нивна интеграција. Сепак благодарение на распространетоста на избраниот контролер и широкиот опсег на поддршка од SCADA софтверот, истото е реализирано без поголеми тешкотии.

Понатаму битно е да се напомене дека системите за автоматско управување и супервизија треба да бидат креирани за да навреме ги детектираат аномалиите како во процесот, така во и опремата и да иницираат навремена реакција на персоналот кој го следи процесот и ја одржува опремата. Со тој пристап може да се избегнат непотребни трошоци, поголема достапност на опремата, зголемена ефикасност итн.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1]https://cache.industry.siemens.com/dl/files/875/39644875/att_76194/v1/s71200_getting_started_en-US_en-US.pdf
- [2]https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf
- [3] <https://www.vtscada.com/training-courses/>
OpsConfig_Workbook vt scada
AdvConfig_Workbook vt scada
- [4]<https://www.youtube.com/watch?v=FCRHLjSTS70&list=PLaEgD3YjzVROn2N0aS0wXWEws-OnJPvAI&index=11>
(Connecting VTScada to Siemens S7 Series PLC)