# Programsko rješenje za prijenos alarma GSM tehnologijom u sustavu temeljenom na SIMATIC 1500

**Hržica, Mateja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:431073

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

# PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA PRIJENOS ALARMA GSM TEHNOLOGIJOM U SUSTAVU TEMELJENOM NA SIMATIC 1500

**Diplomski rad**

**Mateja Hržica**

**Osijek, 2017.**

# SADRŽAJ

**1. UVOD ..... 1**
1.1. Zadatak završnog rada ..... 1
**2. OPIS SUSTAVA UPRAVLJANJA EGALIZACIJSKIM BAZENOM ..... 2**
2.1. Postojeći sustav upravljanja otpadnim vodama ..... 2
2.2. Pojednostavljeni sustav upravljanja otpadnim vodama ..... 4
2.3. Korištena oprema ..... 6
**3. PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA OTKRIVANJE I PRIKAZ ALARMNOG STANJA ..... 8**
3.1. Definiranje alarmnog stanja u TIA Portalu ..... 8
3.1.1. Alarmi definirani sustavom ..... 11
3.1.2. Korisnički definirani alarmi ..... 11
3.2. Način određivanja alarmnog stanja u sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom ..... 11
3.2.1. Greške crpki ..... 12
3.2.2. Greške ventila ..... 13
**4. PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA DALJINSKU DOJAVU ALARMNOG STANJA ..... 14**
4.1. Prihvaćanje greške na GSM modemu ..... 14
4.1.1. Sintaksa SMS AT naredbi ..... 15
4.1.2. Uključivanje i isključivanje BGS2T modema ..... 16
4.1.3. Serijska komunikacija BGS2T modema s korisničkim aplikacijama ..... 16
4.2. Tijek izvršavanja programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja ..... 17
4.3. Funkcija za slanje alarmnih poruka putem SMS-a ..... 20
**5. TESTIRANJE FUNKCINALNOSTI PROGRAMSKOG RJEŠENJA ZA PRIJENOS ALARMA GSM TEHNOLOGIJOM ..... 24**
5.1. Povezivanje GSM modema i PLC-a putem RS-232 ..... 24
5.2. Simulacija rada programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja ..... 26
5.3. Testiranje programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja u stvarnim uvjetima rada ..... 32
5.4. Osvrt na izrađeno programsko rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja ..... 38
5.5. Druge mogućnosti za daljinski prijenos alarma ..... 39
5.5.1. Siemens 5TT7 GSM alarmni modul ..... 39
5.5.2. Dojava alarma e-poštom ..... 40
5.5.3. Korisničke aplikacije ..... 40
**6. ZAKLJUČAK ..... 41**
**LITERATURA ..... 42**
**SAŽETAK ..... 43**
**ABSTRACT ..... 44**
**ŽIVOTOPIS ..... 45**

# 1. UVOD

U sustavima automatskog upravljanja gdje nije potreban stalni lokalni nadzor operatera, daljinska dojava alarmnog stanja omogućava praćenje kritičnih stanja u procesu s udaljene lokacije. Uporaba moderne tehnologije kako u postrojenjima, tako i u svakodnevnom životu, čini prijenos alarma izvan fizičkih granica promatranog procesa do operatera iznimno jednostavnim i pouzdanim. Operater o nastanku alarma u procesu može biti obaviješten na razne načine, primjerice putem kratke tekstualne poruke (SMS) ili poruke e-pošte.

Jedan od načina daljinske dojave alarmnog stanja jest nadogradnja postojećeg sustava upravljanja s GSM modemom koji pruža mogućnost slanja alarmnih poruka putem SMS-a udaljenom operateru. GSM alarmni modul osigurava kompaktan, distribuirani upravljački i signalni sustav. Uz GSM alarmni modul moguće je nadzorno upravljanje sustava grijanja, klimatizacije i hlađenja, dizala i pokretnih stepenica te svih vrsta proizvodne opreme kao što su strojevi, automatizirani uređaji i transportni remeni u industrijskim sustavima upravljanja. Osim toga, GSM alarmni modul posebno je pogodan za daljinske uređaje, kao što su crpke za vodu u postrojenjima za pročišćavanje vode.

Upravo jedan od takvih sustava za prijenos alarma GSM tehnologijom predstavljen je u ovome radu. U drugom poglavlju ukratko je opisan odabran sustav upravljanja egalizacijskim bazenom temeljen na SIMATC 1500 opremi u kojemu je implementirana daljinska dojava alarmnog stanja. Kroz treće poglavlje opisani su načini definiranja alarmnog stanja te načini određivanja nastanka greški u tom sustavu upravljanja. Izrađeno programsko rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja detaljno je objašnjeno u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju dan je pregled rezultata simulacije i testiranja funkcionalnosti izrađenog programskog rješenja. Šesto poglavlje predstavlja zaključak u kojem se rezimiraju postignuti rezultati.

## 1.1. Zadatak završnog rada

U postojećem sustavu za pročišćavanje otpadnih voda, sa sustavom upravljanja zasnovanim na PLC-u SIMATIC 1500 te lokalnim sustavom za nadzor i prikupljanje podataka, potrebno je osmisliti i implementirati dodatni sustav za prijenos alarma GSM tehnologijom do udaljenog korisnika. Potrebno je uspostaviti odgovarajuću komunikacijsku vezu između PLC-a i GSM modula te izraditi programsko rješenje za otkrivanje i daljinsko proslježivanje alarmnog stanja koristeći programski paket Siemens TIA Portal. Pojasniti i proceduru otklanjanja alarma. Nakon implementacije izrađenog programskog rješenja, sustav je potrebno pustiti u rad i provjeriti njegovu funkcionalnost i pouzdanost.

# 2. OPIS SUSTAVA UPRAVLJANJA EGALIZACIJSKIM BAZENOM

U industrijskim sustavima s otpadnom vodom postoji potreba za ujednačavanjem varijabilnosti protoka otpadnih voda prilikom njihova ispuštanja u sustav javne odvodnje. Osim toga, prije ispuštanja otpadnih voda u kanalizacijski sustav potrebno je osigurati i kvalitetan tretmana tih voda, na primjer obaviti kontrolu pH vrijednosti i temperature vode. Proces postizanja željene pH vrijednosti otpadnih voda izjednačavanjem kiselina i lužina naziva se egalizacija. U tu svrhu koristi se egalizacijski bazen (engl. *equalization tank*). Otpadna voda se u egalizacijskom bazenu zadržava određen vremenski period kako bi se kiseline i lužine neutralizirale prirodnim putem. Kada je postignuta željena pH vrijednost otpadne vode, ona se pomoću crpki ispušta u sustav javne odvodnje čime je osiguran konstantan i reguliran protok vode.

Potreba izjednačavanja varijabilnosti dotoka otpadnih voda iz egalizacijskog bazena u sustav javne odvodnje (ili drugi prijemnik) proizlazi iz zakonska obveza o adekvatnom zbrinjavanju otpadnih voda pri čemu je potrebno osigurati kontinuirano mjerenje pH vrijednosti, temperature i protoka nakon postupka pročišćavanja [1].

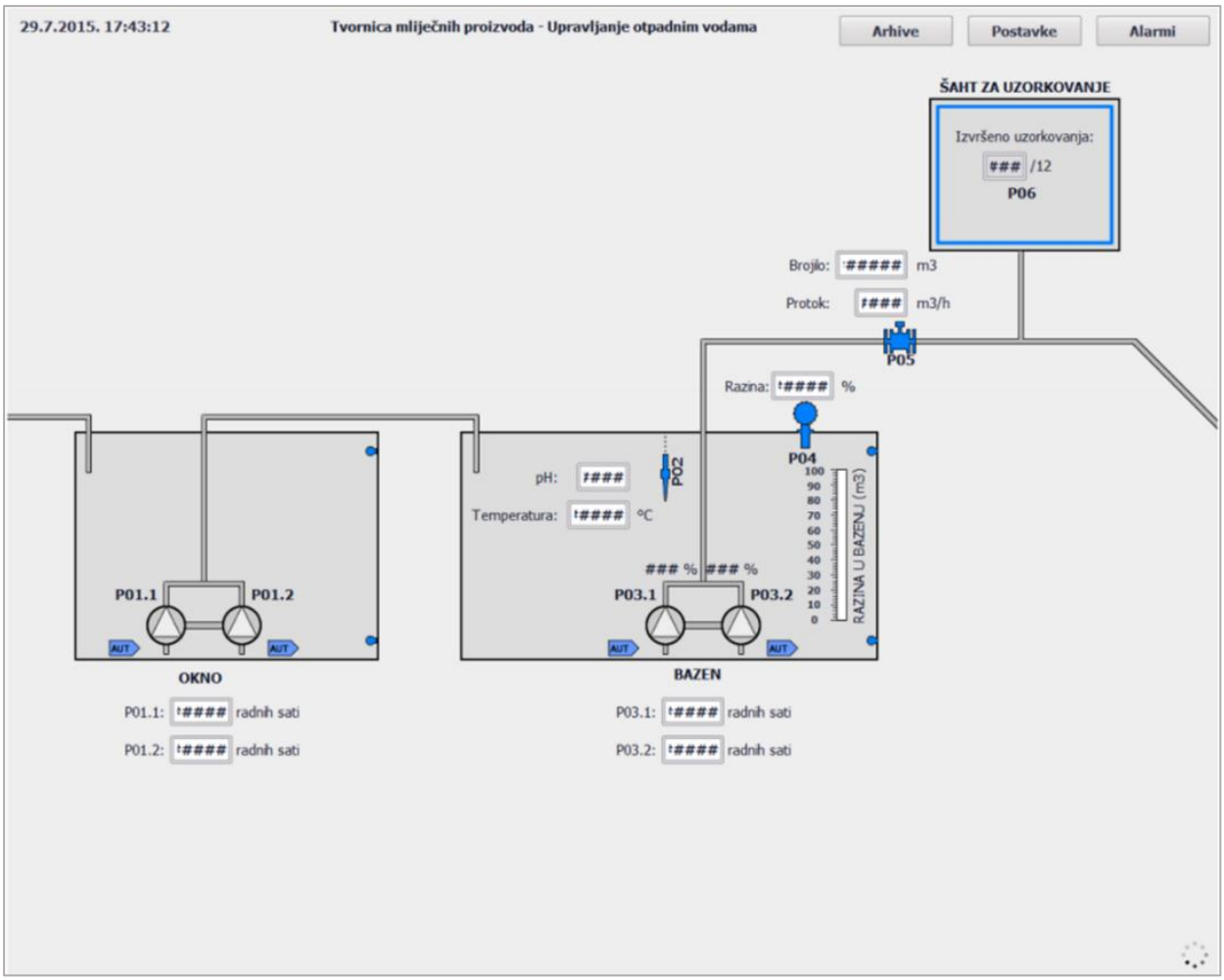
Pretjerano zadržavanje otpadne vode u egalizacijskom bazenu može dovesti do povećanja kiselosti otpadnih voda ili nastanka neugodnih mirisa. Egalizacijski bazeni se najčešće koriste u industrijskom sektoru prerade mlijeka.

U nastavku je opisan upravljački program sustava egalizacijskog bazena tvornice mliječnih proizvoda za koju je u sklopu ovog diplomskog rada izrađeno programsko rješenje za daljinski prijenos alarma.

## 2.1. Postojeći sustav upravljanja otpadnim vodama

Otpadne vode iz tvornice mliječnih proizvoda dopremaju se u precrpno okno, a zatim se crpkama prebacuju u egalizacijski bazen te se u konačnici, nakon uzorkovanja, ispuštaju u kanalizacijski sustav.

Korisničko sučelje (engl. *Human-Machine Interface* – HMI) upravljačkog sustava za egalizacijski bazen u odabranoj tvornici mliječnih proizvoda izvodi se na računalu sa zaslonom osjetljivim na dodir ugrađenim u razvodni ormar. Korisničko sučelje je izvedeno pomoću jednog zaslona na kojemu je prikazan cijeli proces, uz to na glavnom zaslonu postoji i navigacija na zaslone s posebnim namjenama: arhive, postavke i alarmi. Glavni zaslon korisničkog sučelja je prikazan na slici 2.1.




**Slika 2.1.** *Glavni zaslon korisničkog sučelja upravljačkog sustava za egalizacijski bazen* **[2]**.

Pretpostavlja se da je korisnik/operater upoznat s tehnologijom procesa. Korisnik može upravljati s četiri elementa: crpkama u precrpnom oknu (P1.1 i P1.2) i crpkama u bazenu (P3.1 i P3.2). Princip automatskog rada crpki u precrpnom oknu zasniva se na uključivanju jedne crpke kod pojave definirane minimalne razine vode u oknu, a druga crpke pri pojavi definirane maksimalne razine. Crpke se isključuju kod nestanka minimuma razine vode. Crpke u oknu su regulirane pomoću PID regulatora koji se vodi protokom ili razinom, što je određeno razinom u bazenu. Na nižim razinama regulator pokušava održati konstantan protok, a na višim razinama regulator pokušava održati konstantnu razinu.

Sustav upravljanja egalizacijskim bazenom sastoji se od procesnih mjerenja temperature, pH vrijednosti i razine otpadnih voda u bazenu te mjerenja protoka iz bazena u kanalizacijski sustav. U precrpnom oknu su postavljeni mjerači minimalne i maksimalne razine, dok je u bazenu ugrađen i kontinuirani mjerač razine. Unutar šahta za uzorkovanje provodi se se uzorkovanje otpadnih voda u svrhu osiguranja kvalitete.

Alarmi predstavljaju kritična stanja u promatranom procesu, a dojavljuju se porukama na zaslonu. Uz dojavu alarma postoji i dojava upozorenja koja predstavljaju važna stanja niže razine. Nakon pojave alarma, operater pritiskom gumba na kontrolnom panelu potvrđuje uočavanje pojave alarma. Po uklanjanju uzroka alarma, alarm je se poništava tipkom „*Poništi alarme"* u korisničkom sučelju ili tipkom „*Poništi alarme*" na razvodnom ormaru. Kod pojave alarma, odabranom (udaljenom) operateru se šalje kratka tekstualna poruka putem SMS-a (engl. *Short Message Service* - SMS) s opisom alarma.

Na glavnom zaslonu korisničkog sučelja se prilikom pojave alarma i upozorenja otvara novi prozor s prikazom alarma te se kreira dodatna tekstualna datoteka s popisom aktivnih alarma koja se pohranjuje na računalo. Dodatna aplikacija napisana u programskom jeziku C# pristupa memoriji računala te u vremenskom intervalu od 5 sekundi provjerava je li generirana nova tekstualna datoteka s popisom alarma. U slučaju detekcije nove datoteke s alarmima, korisnika se obavještava o sadržajima datoteke slanjem SMS-a putem GSM modema.

## 2.2. Pojednostavljeni sustav upravljanja otpadnim vodama

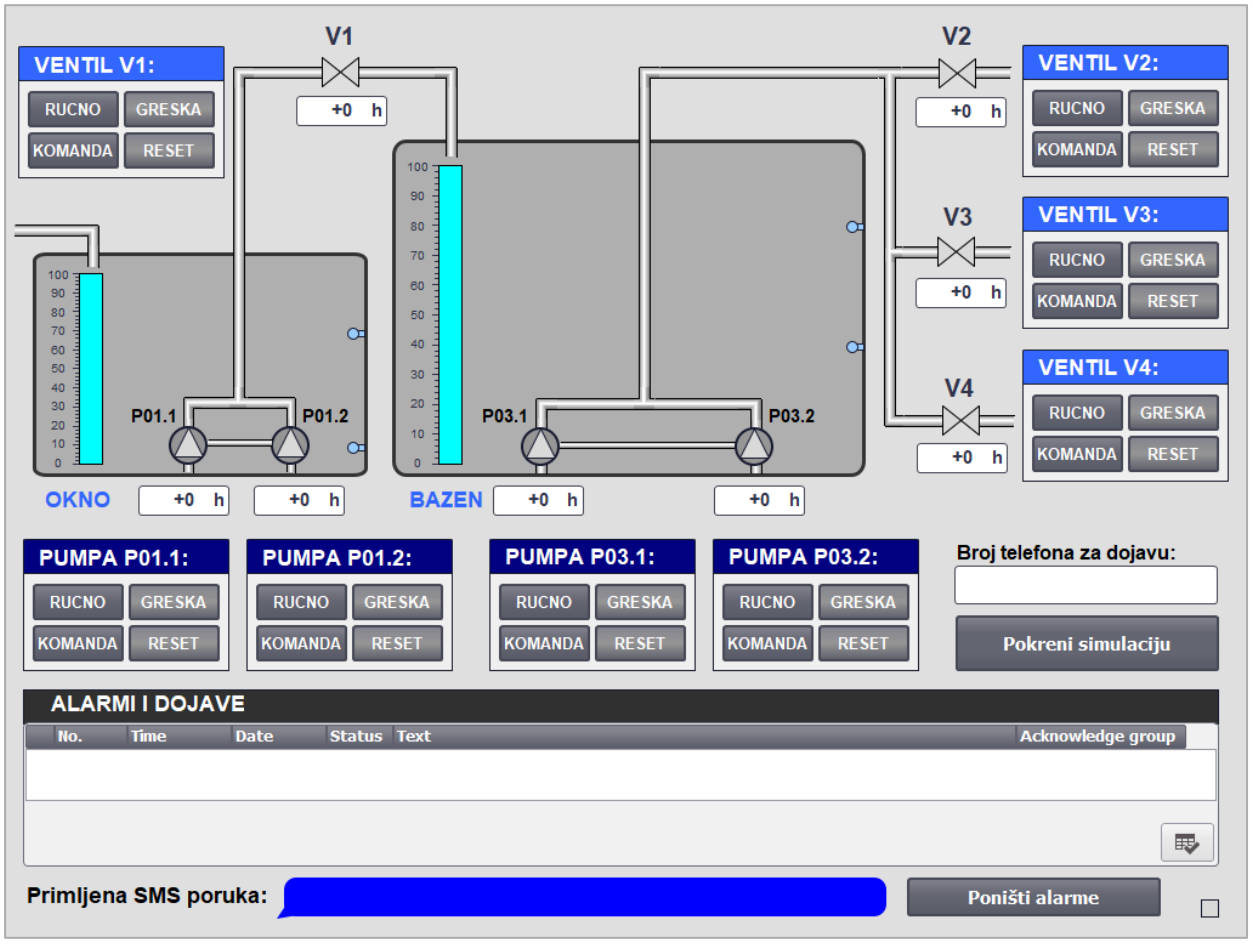
Za potrebe ovog diplomskog rada napravljena je pojednostavljena izvedba prethodno opisanog sustava upravljanja egalizacijskim bazenom. U ovome slučaju odvod egalizacijskog bazena je spojen s dodatna dva cjevovoda na ukupno tri različita sustava odvodnje, što zahtjeva postavljanje dodatna tri ventila. Stoga, sustav upravljanja otpadnim vodama je reguliran s dodatna dva ventila te ne sadrži mjerenja pH vrijednosti vode ni uzorkovanje otpadnih voda prije ispuštanja u sustav javne odvodnje. Razina vode u bazenu nije kontinuirano mjerena, već postoje samo informacije o dosegu definirane minimalne i maksimalne razine vode. Dodatno su umetnuta dva analogna pokazivača razine radi potrebe simulacije rada procesa. Minimum razine vode u oknu je definiran pri ispunjenosti od 10% volumena okna, dok se maksimum razine vode aktivira pri ispunjenosti okna 70%. U bazenu se minimum razine vode detektira pri ispunjenosti od 40% volumena bazena, a maksimum razine pri ispunjenosti od 80% volumena bazena.

Vrijeme za koje je crpka bila u pogonu predstavlja broj radnih sati pojedine crpke. U automatskom radu se kod pojave minimuma razine vode uključuje crpka s manjim brojem radnih sati, a u slučaju detekcije maksimuma uključuje se i druga crpka. Crpke se isključuju kod nestanka minimuma. Uvjet za rad crpki je otvorenost ventila. Ventil se otvara detekcijom minimuma razine vode u precrpnom oknu, odnosno bazenu. Za svaki ventil se prati broj radnih sati tijekom kojih je bio u funkciji, odnosno vrijeme za koje je bio otvoren. Kako na izlazu iz bazena postoje tri ventila, kod detekcije minimuma razine vode u bazenu otvara se ventil s najmanjim brojem radnih sati. Pri

detekciji maksimuma razine vode u bazenu otvara se idući ventil s najmanjim brojem radnih sati. Prilikom detekcije pada razine vode u bazenu ispod definiranog minimuma, zatvaraju se oba ventila.

Ukoliko je uključen ručni režim rada, moguće je ručno isključiti crpku ili zatvoriti ventil u bilo kojem trenutku, odnosno moguće je ručno uključiti crpku ili otvoriti ventil, ako su ispunjeni njihovi uvjeti za rad. Ručni režim rada ima prioritet nad automatskim režimom rada. Dakle, kada su obje crpke u ručnom režimu rada i nisu uključene, one će ostati nepokrenute, iako postoje uvjeti za njihov rad (minimum razine u oknu/bazenu i otvorenost ventila). Isto tako, ako je ispunjen uvjet rada jedne crpke (minimum razine u oknu/bazenu, otvorenost ventila i manji broj radnih sati), moguće je istovremeno uključiti i drugu crpku u ručnom režimu rada koja inače u automatskom režimu ne bi bila pokrenuta.

Korisničko sučelje je izvedeno putem jednog zaslona na kojemu je prikazan cijeli proces. Korisnik može upravljati radom osam elemenata: dvije crpke u precrpnom oknu, dvije crpke u bazenu i četiri ventila kao što je prikazano na slici 2.2.




**Slika 2.2.** *Korisničko sučelje pojednostavljenog upravljačkog sustava egalizacijskog bazena.*

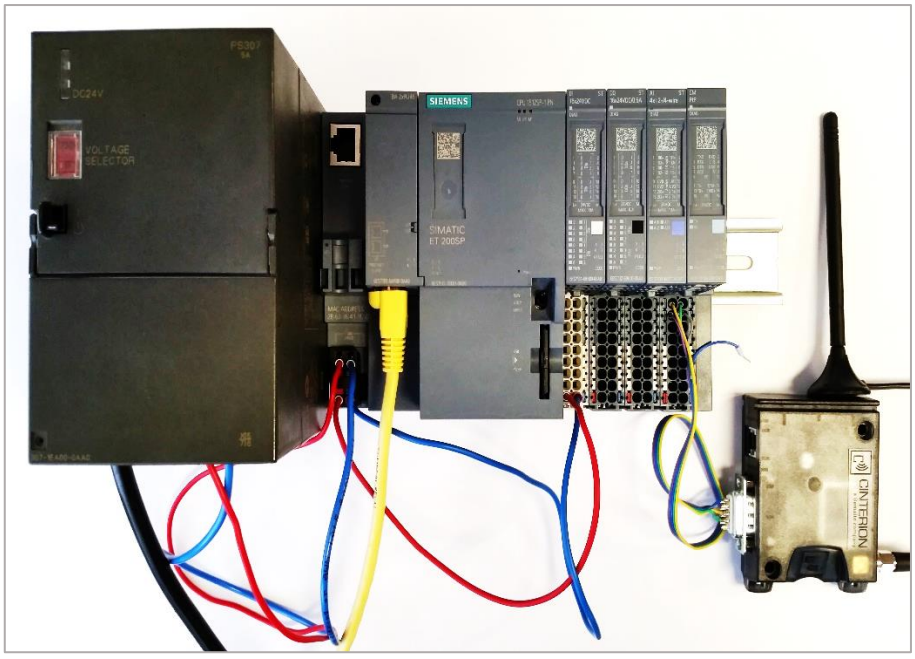
U donjem desnom uglu zaslona postoji signalizacija koja predstavlja status komunikacije računala s programabilnim logičkim kontrolerom (engl. *Programmable Logic Controller* – PLC). Ako je komunikacija aktivna, kvadrat treperi crnom bojom, inače je sive boje.

Dojava alarmnih stanja procesa implementirana je putem poruka na zaslonu u zasebnom dijelu „*Alarmi i dojave*“ koji prikazuje popis trenutnih alarma i upozorenja. Uočene nastale alarme (kritična stanja u procesu) je potrebno potvrditi u korisničkom sučelju kako bi se oni zatim mogli, nakon uklanjanja njihova uzroka, poništiti tipkom „*Poništi alarme*“ po. Upozorenja predstavljaju informacije o značajnim promjenama u procesu (maksimum razine vode u bazenu, iznadprosječne temperature motora…) te njih nije potrebno potvrditi, jer njihovi uzroci najčešće nestaju sami (nestanak maksimuma razine u bazenu).

U ovome slučaju, funkcija slanja SMS alarma realizirana je unutar samog upravljačkog programa korištenjem vanjskog GSM modema. Prilikom detekcije greške ili određenog stanja poziva se funkcija za slanje SMS-a s operateru s informacijom o trenutno aktivnom alarmu. U svrhu simulacije i testiranja daljinske dojave alarmnog stanja (poglavlje 5.) implementiran je prikaz primljenog SMS-a unutar korisničkog sučelja u odjeljku „*Poslana SMS poruka*“.

## 2.3. Korištena oprema

Opisani sustav upravljanja egalizacijskim bazenom realiziran je pomoću opreme za industrijsku automatizaciju SIMATIC 1500, tvrtke Siemens, koji je dio sustava za potpuno integriranu automatizaciju (engl. *Totally Integrated Automation* – TIA).




**Slika 2.3.** *Korištena oprema.*

Za izvođenje programa izabran je napredni programabilni logički kontroler SIMATIC S7-1512SP-1PN uz dodatna tri modula koji služe za povezivanja ulaza i izlaza procesa s PLC-om te jednim modulom za komunikaciju s GSM modemom. Sva korištena oprema prikazana je na slici 2.3.

Od dodatnih modula korišteni su: modul digitalnih ulaza (DI 16x24VDC), modul digitalnih izlaza (DQ 16x24VDC/0.5A), modul analognih ulaza (AI 4xI 2-/4-wire) te modul za komunikaciju točka-točka (engl. *point-to-point - PtP*). Za slanje SMS-a koristi se GSM modem Cinterion BGS2T tvrtke Gemalto. Modem je povezan s komunikacijskim modulom PLC-a putem RS-232 serijske komunikacije.

# 3. PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA OTKRIVANJE I PRIKAZ ALARMNOG STANJA

Za pisanje upravljačkog programa egalizacijskog bazena korišten je *Totally Integrated Automation Portal* verzije 14, *servis pack* 1 (TIA Portal v14 SP1). TIA portal u sebi sadržava programske pakete *STEP 7*, čija je namjena programiranje programabilnih logičkih kontrolera, te *WinCC* koji se koristi u svrhu izrade korisničkih sučelja. Unutar TIA portala integrirana je mogućnost automatskog generiranja alarma i njihov prikaz u korisničkom sučelju.

Podaci između SIMATIC S7 i HMI sustava se razmjenjuju preko procesnih oznaka (engl. *tag*). U osnovnoj WinCC konfiguraciji se za tu svrhu kreiraju HMI oznake i pridružuju se PLC varijablama procesora (engl. *central processing unit* - CPU). HMI sustav ciklički čita i prikazuje vrijednosti oznaka. Vrijednosti oznaka se u korisničkom sučelju prikazuju u izlaznim poljima (engl. o*utput fields*). Osim toga, kroz korisničko sučelje moguće je i unijeti željene vrijednosti putem ulaznih polja (engl. *input fields*) koje se zatim dodjeljuju zadanim oznakama. Korisnik unutar korisničkog sučelja može preko gumba (engl. *buttons*) aktivirati sistemske funkcije, na primjer odabir zaslona (postavke i alarmi). HMI varijable s CPU-om mogu biti povezane putem [3]:

- globalnih varijabli,
- podatkovnih blokova (engl. *data blocks* – DB),
- bitova memorije (engl. *bit memories* - M),
- ulaza (engl. *inputs* – I) i izlaza (engl. *outputs* – Q).

HMI uređaj komunicira sa zadanim PLC-om putem PROFIBUS-a [4] ili PROFINET-a [5]. Za tu svrhu se koristi S7 protokol. HMI uređaj može razmjenjivati podatke s više PLC-ova u isto vrijeme. Podaci se između SIMATIC S7 i HMI sustava prenose ciklički [3].

U ovom je poglavlju opisan način definiranja alarmnog stanja u TIA Portalu te je objašnjeno kako su definirana alarmna stanja u prethodno opisanom sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom.

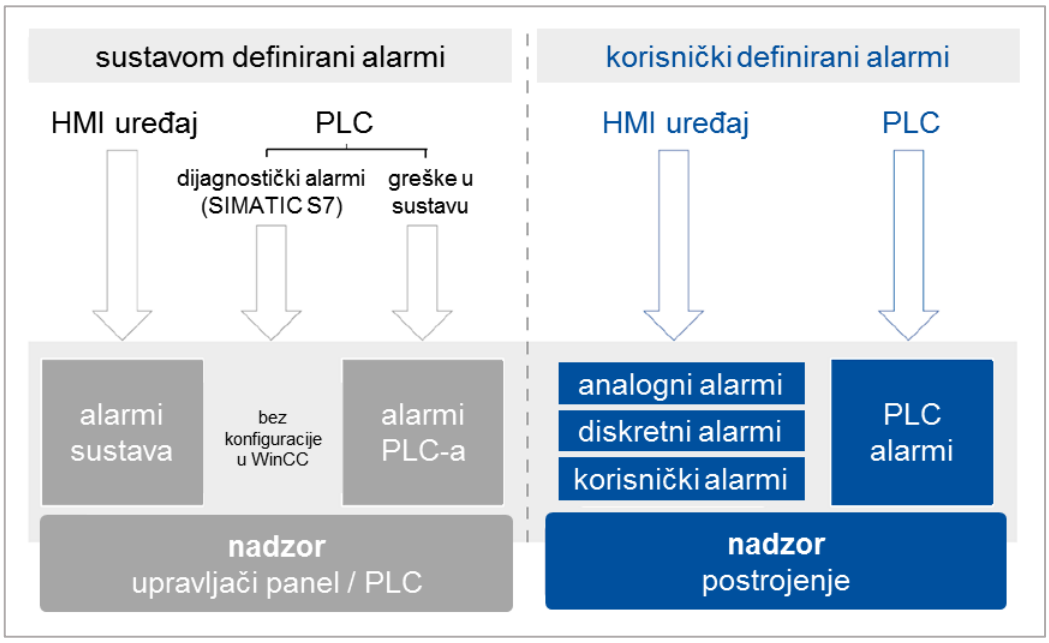
## 3.1. Definiranje alarmnog stanja u TIA Portalu

Alarmni sustav u WinCC-u omogućuje praćenje, prikaz i spremanje trenutnih radnih stanja i/ili grešaka koje se pojavljuju u postrojenju ili na upravljačkom panelu (korisničkom sučelju). Alarmni sustav obrađuje različite postupke dojave alarmnih stanja uzrokovanih detekcijom greške

u promatranom sustavu upravljanja, PLC-u ili upravljačkom panelu. Postupci detekcije alarma podijeljeni su na:

1. **alarme definirane sustavom** koji se koriste za praćenje unutarnjeg stanja PLC sustava ili upravljačkog panela,
2. **korisničke definirane alarme** koji se koriste za nadzor postrojenja u kojemu je implementiran sustav automatskog upravljanja.

Na slici 3.1. je prikazana osnovna struktura alarmnog sustava u programu WinCC.




**Slika 3.1.** *Struktura alarmnog sustava u WinCC (TIA Portal)* **[6]**.

Zabilježeni alarmni događaji se prikazuju unutar korisničkog sučelja (HMI) upravljačkog panela, što omogućuje brz i jednostavan pregled detektiranih alarma, kao i dodatne informacije o svakom pojedinom alarmu.

Alarmi ukazuju na događaje i stanja koja su se pojavila u procesu, sustavu upravljanja ili na samom HMI-ju. Alarmi se unutar programa aktiviraju promjenom stanja aktivacijske oznake (engl. *trigger tag*). Nakon zaprimanja statusa alarma o nekoj promatranoj veličini taj se status bilježi te alarm pohranjuje sljedeće informacije [7]:

- datum,
- vrijeme,
- poruku alarma,
- lokaciju/poziciju greške ili kvara,
- status,
- klasu alarma,
- broj alarma,
- grupu alarma.

Svaki alarm posjeduje **vremensku oznaku** u kojoj je sadržana informacija o vremenu i datumu nastanka alarma. **Poruka alarma** opisuje uzrok nastanka tog alarma, a može sadržavati i izlazne vrijednosti promatrane veličine.

Alarm mijenja svoj status (aktivan, deaktiviran ili potvrđen) ovisno o vrsti alarmnog događaja (engl. *alarm events*) [6]:

- **aktivacija alarma** (engl. *incoming*)
  postoji uvjet za aktivaciju alarma, alarm se aktivira i prikazuje na HMI
- **deaktivacija alarma** (engl. *outgoing*)
  uvjet za aktivaciju alarma više ne postoji, alarm se deaktivira i ne prikazuje se na HMI
- **potvrda alarma** (engl. *acknowledge*)
  operater mora prihvatiti i potvrditi alarm putem HMI-ja.

Alarmi mogu biti podijeljeni u nekoliko klasa od kojih su, u okviru ovog rada, najznačajnije iduće klase [7]:

- **upozorenja** (engl. *warnings*)
  alarmi u ovoj klasi ukazuju na stanje postrojenja (npr. uključenje motora) i ne zahtijevaju potvrdu operatera nakon njihove pojave
- **greške** (engl. *errors*)
  alarmi u ovoj klasi ukazuju na kritične greške u postrojenju (npr. previsoka temperatura motora) i uvijek zahtijevaju potvrdu operatera
- **sustav** (engl. *system*)
  alarmi u ovoj klasi ukazuju na stanje ili događaje HMI-ja (npr. greška u komunikaciji s PLC-om)

Sustav dodjeljuje jedinstveni **broje alarma** svakom pojedinom alarmu radi identifikacije određenog alarma nakon pojave njegovog uzroka, slika 3.2**.**

**Discrete alarms**

| ID | Name | Alarm text | Alarm class | Trigger tag | Trigger bit |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Discrete_alarm_1 | Greška motora 1 | Errors | alarmi_01_16 | 0 |
| 2 | Discrete_alarm_2 | Greška motora 2 | Errors | alarmi_01_16 | 1 |
| 3 | Discrete_alarm_3 | Greška motora 3 | Errors | alarmi_01_16 | 2 |
| 4 | Discrete_alarm_4 | Greška motora 4 | Errors | alarmi_01_16 | 3 |
| 5 | Discrete_alarm_5 | Greška ventila 1 | Errors | alarmi_01_16 | 4 |
| 6 | Discrete_alarm_6 | Greška ventila 2 | Errors | alarmi_01_16 | 5 |
| 7 | Discrete_alarm_7 | Greška ventila 3 | Errors | alarmi_01_16 | 6 |
| 8 | Discrete_alarm_8 | Greška ventila 4 | Errors | alarmi_01_16 | 7 |
| 9 | Discrete_alarm_9 | Maksimalna razina vode u bazenu. | Errors | alarmi_01_16 | 8 |

**Slika 3.2.** *Definiranje alarma u TIA portalu.*

### 3.1.1. Alarmi definirani sustavom

Alarmi sustava su prikazani na upravljačkom panelu, a koriste se za praćenje unutarnjih stanja upravljačkog panela ili PLC-a. Alarmi sustava daju informacije o statusu sustava i vizualizaciji, primjerice greške u komunikaciji između upravljačkog panela i PLC-a.

### 3.1.2. Korisnički definirani alarmi

Korisnički definirani postupci detekcije alarma koriste se za praćenje stanja procesa u postrojenju, kao i samog postrojenja. Ovi alarmi se mogu podijeliti prema vrsti informacija potrebnih za aktivaciju alarma na analogne i diskretne alarme [7].

**Analogni alarmi** prate trenutne vrijednosti promatranih veličina, a aktiviraju se pri prekoračenju tih vrijednosti iznad ili ispod prethodno definiranih graničnih vrijednosti. **Diskretni alarmi** detektiraju konačnu promjenu stanja neke promatrane veličine u procesu. Promjena procesne veličine iz jednog stanja u drugo poistovjećuje se promjenom bita koji aktivira diskretni alarm.

Uz prethodno spomenuta dva alarma korisnik može kreirati i **PLC alarme** čija je svrha nadziranje statusnih veličina samog PLC-a, na primjer obustava rada PLC-a iz prethodnog stanja rada.

Korisnički definirani alarmi nadziru operacijske radnje u WinCC-u, a pokreću se okidanjem unaprijed definiranog broja alarma i mogu sadržavati informacije o:

- vrsti i sadržaju aktivnog alarma,
- datumu i vremenu aktivacije alarma,
- podatke o korisniku.

## 3.2. Način određivanja alarmnog stanja u sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom

Alarmno stanje u sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom proizlazi iz detektiranja nastanka greške kroz upravljački program. Uzrok greške se može definirati na dva načina:

1. **detekcija fizičke greške** na aktuatoru, sustavu ili senzoru – iznenadni prekid u radu, što dovodi do nemogućnosti očitanja mjernih podataka ili očigledno neispravan rad,
2. **detekcija definiranog stanja greške** – u slučaju kada aktuator, sustav ili senzor u određenom periodu na svome izlazu ne postigne definiranu (ili očekivanu) vrijednost na određenu pobudu.

U sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom detekcija definiranog stanja greške svodi se na detekcije grešaka motora (crpki) i ventila. Nakon detekcije greške motora ili ventila unutar

upravljačkog programa, generira se alarm koji se prikazuje na upravljačkom panelu o čemu se korisniku se šalje SMS.

Osim alarmnih stanja implementirana su i upozorenja. Upozorenje ne predstavlja alarmno stanje, već informaciju o događaju koji potencijalno može dovesti do problema u radu procesa. Na primjer, detekcija maksimuma razine vode u bazenu ne predstavlja alarmno stanje, ali se o tome korisniku šalje dojava.

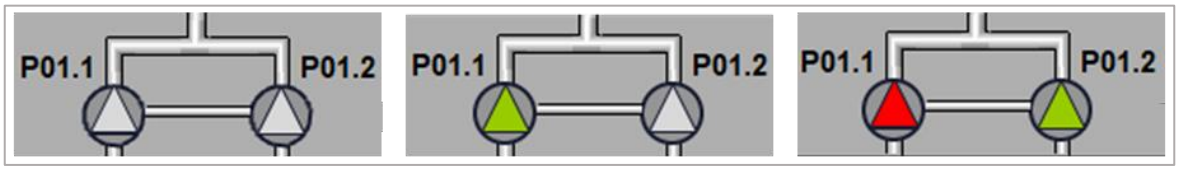
Rad motora i ventila u upravljačkom programu je ostvaren putem funkcija (engl. *function* – FC). Na ulazu funkcije rada definira se vrijeme zaleta i zaustavljanja pojedine crpke, odnosno vrijeme otvaranja i zatvaranja ventila. Također, funkcija omogućuje početak rada crpke ili otvaranje ventila tek po primitku signala za uključivanje, odnosno otvaranje. Informacije o ovim ulazima su polazište definiranja stanja greške motora i ventila kako je to opisano u nastavku.

### 3.2.1. Greške crpki

Greške crpki, odnosno motora, mogu biti unutarnje i vanjske. Unutarnja greška crpke je definirana kao stanje u kojemu motor crpke nije započeo s radom (ili nije dosegnuo nazivni broj okretaja) unutar određenog vremena zaleta motora, iako je zaprimio signal za uključenjem. Nagli porast temperature motora i rad motora bez signala za uključenje (ili rad motora nakon definiranog vremena zaustavljanja motora), smatraju se vanjskim greškama.

Unutar upravljačkog programa egalizacijskog bazena implementirana je i funkcija mjerenja temperature motora. Ako temperatura motora (crpke) dosegne veću vrijednost od standardne radne temperature motora, to može ukazati na kvar samog motora ili na neku drugu nepravilnost u sustavu.

U korisničkom sučelju greška motora se signalizira crvenom bojom, dok je zelenom bojom prikazan normalan rad motora. Ukoliko je motor isključen tada je on prikazan sivom bojom kako je to prikazano na slici 3.3.

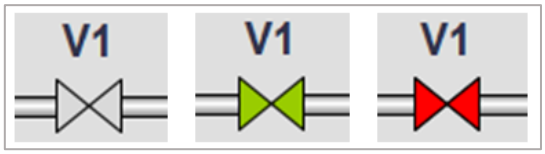



**Slika 3.3.** *Vizualizacija rada crpki.*

### 3.2.2. Greške ventila

U sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom greške ventila nastaju kada ventil zaprimi signal za otvaranjem, ali on ostaje zatvoren ili pri detekciji otvorenog ventila, unatoč zaprimljenog signala za zatvaranje. Za svaki ventil se definira vrijeme njegovog otvaranja, odnosno zatvaranja unutar kojeg greška neće biti generirana.

Kao i kod motora, u korisničkom sučelju greška ventila se signalizira crvenom bojom, dok je zelenom bojom prikazan normalan rad ventila. Zatvoreni ventil je prikazan sivom bojom kao što je prikazano na slici 3.4.




**Slika 3.4.** *Vizualizacija rada ventila.*

# 4. PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA DALJINSKU DOJAVU ALARMNOG STANJA

Sustav upravljanja egalizacijskim bazenom ne zahtjeva stalni nadzor operatera nad procesom, stoga je upravljački program nadograđen daljinskom dojavom alarmnog stanja. Daljinska dojava alarmnog stanja operateru pruža mogućnost nadzora sustava s udaljene lokacije.

SIMATIC oprema dopušta brzo i jednostavno povezivanje s industrijskim uređajima drugih proizvođača. Za povezivanje s ostalim uređajima i opremom potrebno je uspostaviti ispravnu komunikaciju kroz upravljački program. U svrhu daljinske dojave alarmnog stanja egalizacijskog bazena koristi se GSM modem Cinterion BGS2T tvrtke Gemalto [8]. Modem se povezuje putem serijske RS-232 [9] komunikacije s dodatnim komunikacijskim modulom PLC-a. Postoje dva osnovna načina upravljanja drugim uređajima putem SIMATIC opreme:

- integracija naredbi drugih uređaja kroz glavni upravljački program i
- prosljeđivanje naredbi iz glavnog upravljačkog programa prema drugim uređajima.

Dodatna funkcija za slanje alarmnih poruka putem SMS-a o detektiranim greškama nastalim u upravljačkom procesu integrirana je unutar samog upravljačkog programa. Funkcija za slanje poruke se poziva nakon detekcije greške, odnosno prilikom generiranja alarmnog stanja. Osim slanja alarmnih stanja, implementirano je i slanje SMS dojave pri detekciji maksimuma razine u egalizacijskom bazenu.

U nastavku je opisan način upravljanja GSM modemom u svrhu slanja SMS-a, kao i način na koji je funkcija za daljinsku dojavu alarmnog stanja implementirana u upravljački program egalizacijskog bazena.

## 4.1. Prihvaćanje greške na GSM modemu

GSM modemom se upravlja putem proširenog seta AT naredbi (engl. *AT commands*) [10]. AT standard je mrežno orijentirani programski jezik i njegovom uporabom se gubi potreba za korištenjem posebnih programa za komunikaciju između uređaja i operativnog sustava, jer omogućuje kontroliranje funkcija uređaja izravno putem AT naredbi.

Sam naziv ovih naredbi proizašao je iz skraćenice engleske riječi „*attention*“ (hrv. pažnja) i upravo ta skraćenica – AT se koristi kao prefiks svake naredbe. Svaka AT naredba je sastavljena iz tri elementa: prefiksa, tijela naredbe i izvršnog znaka.

AT naredbe se obično dijele u četiri skupine:

1. osnovni set naredbi,
2. produženi set naredbi,
3. specijalni set naredbi i
4. naredbe namijenjene registru.

Kod GSM modema AT naredbe se mogu podijeliti na sljedeći način:

- naredbe za kontrolu poziva,
- naredbe za mrežni servis i informacije o statusu,
- dodatne naredbe za mrežni servis,
- naredbe za SIM,
- naredbe za ulazno/izlazna sučelja,
- naredbe za kontrolu uređaja,
- naredbe za informacije o uređaju,
- naredbe za SMS i
- naredbe za slanje i primanje podataka i faksiranje

### 4.1.1. Sintaksa SMS AT naredbi

Svaki naredbeni redak (engl. *command line*) kod zadavanja AT naredbi mora započeti s prefiksom „AT“ i završiti s izvršnim znakom. Za izvršni znak uobičajeno se koristi povrat pokazivača <CR> (engl. *carriage return character*). Nakon zadavanja naredbi uobičajeno slijedi odgovor u obliku „<CR><LF><odgovor><CR><LF>“ gdje je <LF> (engl. *line feed*) naredba za prelazak u novi redak.

Naredbeni redak može sadržavati više AT naredbi. U tom slučaju samo prva AT naredba treba započeti s prefiksom „AT“, dok ostale naredbe moraju biti odvojene točka-zarezom.

Kada je parametar naredbe niz znakova (engl. *character string*), na primjer <tekst> ili <broj>, on se mora nalazi unutar dvostrukih navodnika ("). Simboli upisani unutar dvostrukih navodnika smatraju se nizom [8].

Za slanje SMS-a putem GSM modema koristi se naredba AT+CMGS. Prethodno tome potrebno je odabrati format SMS-a naredbom AT+CMGF. Ukoliko nije drugačije zadano format poruke je sedam bitna GSM abeceda. Ako je odabrana GSM abeceda, svi znakovi koji se prenose putem serijske veze između korisničke aplikacije i GSM modema, moraju biti u sedam bitnom rasponu.

GSM modem u tekstualnom načinu rada (AT+CMGF=1) nakon zadavanja naredbe za slanje poruke (AT+CMGS="+38598123456") vraća odgovor „>“, što upućuje na očekivani unos poruke. Završetak unosa poruke signalizira se kombinacijom tipki *Control+Z*, odnosno heksadekadskim

znakom 0x1A. Ukoliko se želi prekinuti slanje poruke potrebno je pritisnuti tipku *Escape* (heksadekadski znak 0x1B).

Poruka je uspješno poslana ukoliko modem odgovori porukom „OK“, u suprotnom se dobiva poruka greške „ERROR“. Kada se unutar poruke unesu znakovi koji nisu podržani u definiranoj abecedi modema, modem ulazi u nedefinirano stanje.

### 4.1.2. Uključivanje i isključivanje BGS2T modema

Modem se nakon uključivanja nalazi u nedefiniranom stanju 900 ms, što može prouzrokovati slanje nedefiniranih znakova [11].

Za resetiranje BGS2T koristi se naredba AT+CFUN=x,1. Za isključivanje modema najčešće se koristi naredba AT^SMSO, umjesto direktnog isključivanja napajanja. Nakon zaprimljene naredbe za isključivanje modema i zaprimljenog odgovora „^SHUTDOWN“, BGS2T se isključuje u vremenu kraćem od jedne sekunde. Za vrijeme isključivanja modema komunikacijski kanali su još uvijek dostupni, stoga se može dogoditi slanje nedefiniranih znakova.

### 4.1.3. Serijska komunikacija BGS2T modema s korisničkim aplikacijama

GSM modemom se upravlja putem korisničkih aplikacija, na primjer putem *HyperTerminala* (direktno upravljanje modemom) ili prilagođenih korisničkih aplikacija – TIA Portal (indirektno upravljanje) [11].

Modem za komunikaciju s drugim uređajima koristi RS-232 sučelje koje je implementirano kao asinkroni serijski odašiljač ili prijemnik u skladu s ITU-T V.24 standardom. Prijenos podataka je konfiguriran za 8 bitni prijenos, bez pariteta s jednim stop bitom uz brzine prijenosa od 1200 bps do 230 kbps.

Korisničke aplikacije po završetku slanja AT naredbe (i primitka odgovora „OK“ ili „ERROR“) prije slanja iduće naredbe trebaju pričekati najmanje 100 ms kod brzina prijenosa podatka od 9600 bps i više. Pri brzinama manjim od 9600 bps vrijeme čekanje se povećava na 300 ms (1200 bps), odnosno 500 ms (300 bps).

Osim toga, nužno je i upravljanje tijekom rada (engl. *Flow Control*) serijskog sučelja kako bi se spriječio gubitak podataka ili kako bi se izbjegle greške prilikom prijenosa podataka u slučaju kada uređaj koji šalje podatke prenosi podatke brže nego što ih prijemni uređaj može prihvatiti.

U slučaju kada se popuni kapacitet međuspremnika za prihvaćanje podataka, prijemni uređaj to treba signalizirati uređaju koji šalje podatke kako bi on privremeno zaustavio slanje podataka, dok prijam podataka ne bude ponovno moguć.

Gornja granica (engl. *High Watermark* – HWM) ulaza/izlaza međuspremnika trebala bi biti postavljena na oko 60% njegove ukupne veličine. Donja granica (engl. *Low Watermark* – LWM) međuspremnika se uobičajeno postavlja na 30% njegove ukupne veličine. Prijenos podataka bi trebao biti zaustavljen kada kapacitet međuspremnika dosegne vrijednost gornje granice, odnosno prijenos treba biti nastavljen kada kapacitet padne ispod donje granice.

Upravljanje tijekom prijenosa podataka od uređaja koji šalje podatke prema uređaju koji ih prima (ili obrnuto) može se postići na dva načina: putem programa ili putem sklopovlja [8].

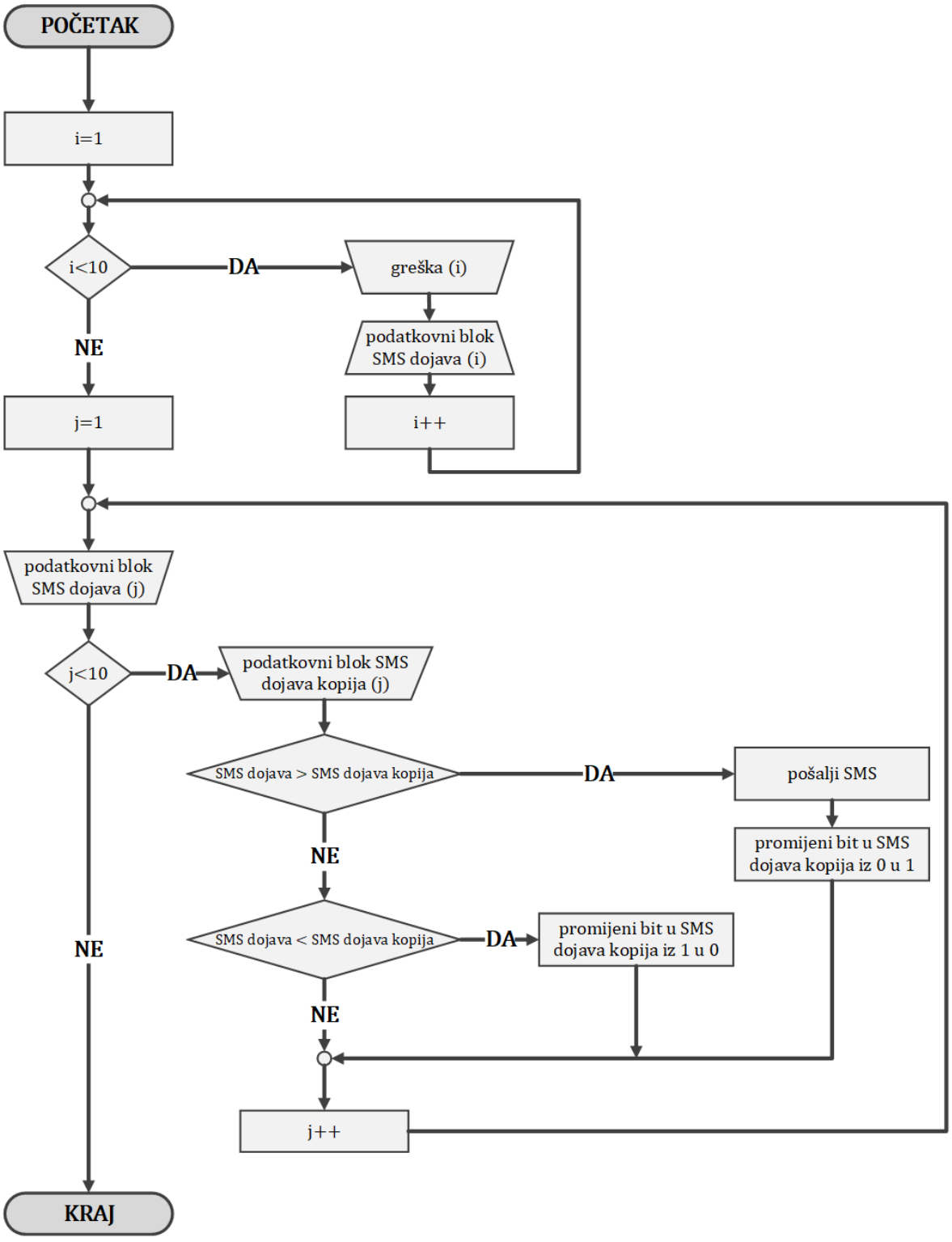
**Programsko upravljanje** tijekom prijenosa podataka (engl. *Software Flow Control – XON/OFF Handshake*) koristi se za kontrolu prijenosa podataka u oba smjera – od korisničkih aplikacija prema GSM modemu ili suprotno [8]. U ovom slučaju se za upravljanje tijekom prijenosa podataka koriste predodređeni znakovi za prekid (XOFF, dekadski znak 19) ili nastavak (XON, dekadski znak 17) prijenosa podataka. Dakle, svi podaci koji su predstavljeni XON ili XOFF znakovima se interpretiraju kao kontrolni znakovi. Za ovakav način upravljanja tijekom dovoljne su svega tri žice u serijskom prijenosu podataka, što je ujedno i jedina prednost ovakvog načina upravljanja.

**Hardversko upravljanje** tijekom prijenosa podataka (engl. *Hardware Flow Control – RTS/CTS Handshake*) za upravljanje koristi RTS (engl. *ready to send*) i CTS (engl. *clear to send*) priključke uređaja [8]. CTC priključak postaje neaktivan kada se dosegne gornja granica kapaciteta međuspremnika prilikom prijenosa podataka. Nakon što je kapacitet međuspremnika manji od donje granice, ponovno se aktivira CTS priključak čime se osigurava neometan prijenos podataka. Ovaj način upravljanja je brži i pouzdaniji od programskog upravljanja, zbog čega se i koristi češće. Da bi se omogućilo hardversko upravljanje tijekom prijenosa podatka, potrebno ga je omogućiti kako na GSM modemu, tako i na korisničkoj aplikaciji.

## 4.2. Tijek izvršavanja programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja

Na kraju izvršavanja upravljačkog ciklusa egalizacijskog bazena, upravljački program detektira nastanak eventualnih grešaka u sustavu te aktivira odgovarajuće alarme. Unutar upravljačkog programa definirano je osam grešaka (četiri greške crpki i četiri greške ventila) i jedno stanje upozorenja (maksimum razine u bazenu) koji se operateru dojavljuju putem SMS-a.

Tijek izvršavanja programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja je prikazan slikom 4.1. Za svaku se detektiranu grešku u definirani podatkovni blok za SMS dojavu zapisuje njeno stanje. Ukoliko je greška trenutno aktivna u podatkovni blok se upisuje „1“, u suprotnom se upisuje „0“.




**Slika 4.1.** *Dijagram tijeka programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja.*

Po završetku upisivanja stanja greški u podatkovni blok za SMS dojavu provjerava se stanje podatkovnog bloka koji sadržava kopije prethodnog stanja bloka „SMS dojava“ za svaku pojedinu grešku. Podatkovni blok s kopijama prethodnog stanja podatkovnog bloka „SMS dojava“ naziva se „SMS dojava kopija“. Ovisno o međusobnim stanjima ekvivalentnih alarma u podatkovnom bloku i kopiji podatkovnog bloka za SMS dojavu moguća su tri slučaja opisana u nastavku.

Ako je u podatkovnom bloku trenutno aktivna određena greška, ali ekvivalentna greška u kopiji podatkovnog bloka trenutno nije aktivna, došlo je do nastanka greške te je o tome potrebno obavijestiti operatera. U tom slučaju poziva se funkcija za slanje SMS-a o trenutno aktivnom alarmu. Po završetku slanja poruke u kopiji podatkovnog bloka za SMS dojavu mijenja se status tog alarma iz neaktivnog u aktivni, odnosno stanje alarma prelazi iz stanja „0“ u stanje „1“.

Kada je unutar podatkovnog bloka „SMS dojava kopija“ greška aktivna, ali ekvivalentna greška nije aktivna u podatkovnom bloku „SMS dojava“, operater je prethodno bio obavješten o nastaloj grešci, a greška je u međuvremenu uklonjena. Dakle, u ovom slučaju nije potrebno slati SMS dojavu te aktivan alarm u kopiji može preći u neaktivan status.




**Slika 4.2.** *Općeniti dijagram tijeka funkcije za slanje SMS alarma.*

Ukoliko su alarmi aktivni u oba podatkovna bloka, može se zaključiti da je greška i dalje prisutna i da je operater o tome obavješten SMS-om. Stoga, nije potrebno poduzimati dodatne postupke dok se ne dogodi promjena statusa alarma na ulazu u podatkovni blok za dojavu. U slučaju kada greška nije prethodno bila detektirana niti je ona trenutno prisutna, alarmi ni u jednom podatkovnom bloku nisu aktivni, dakle ni u ovom slučaju nije potrebno mijenjati status tih alarma.

Slikom 4.2. je prikazan općeniti tijek izvršavanja funkcije slanja SMS-a. Funkcija na svome ulazu prima tri podatka: broj telefona na koji će SMS biti poslan, željeni tekst poruke te razinu vode u bazenu u trenutnu nastanka greške. Nakon poziva funkcije slanja SMS-a, AT naredbama se inicira slanje SMS-a. U ovom koraku je potrebno definirati tekstualni način rada modema te zadati naredbu za slanje SMS-a prema unesenom telefonskom

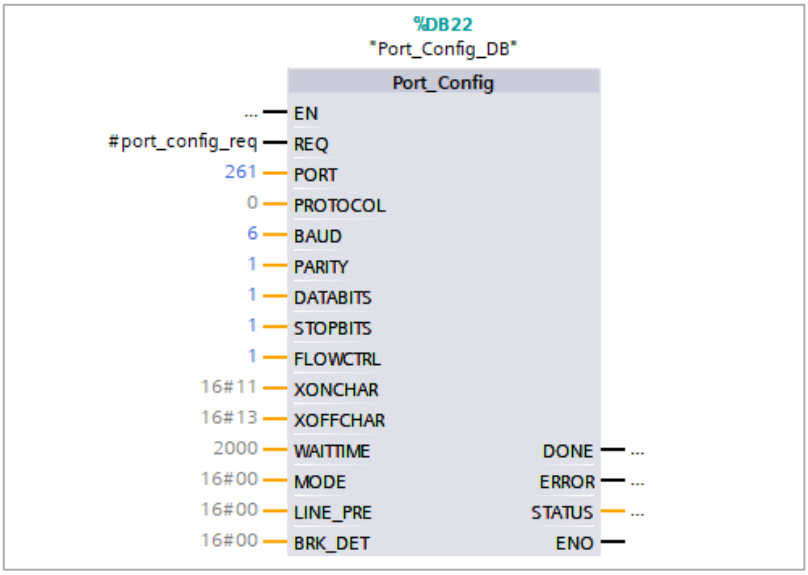
broju. Kada se zaprimi odgovor da je modem spreman za početak unosa poruke, unosi se željeni tekst SMS-a. Završetak unosa teksta potrebno je signalizirati odgovarajućom naredbom, nakon čega GSM modem šalje SMS prema zadanom broju.

Nakon što je SMS uspješno poslan, funkcija za slanje poruke na svome izlazu vraća vrijednost „slanje završeno“. Tek po završetku uspješnog slanja SMS-a, algoritam za daljinsku dojavu alarmnog stanja prelazi u idući korak i nastavlja sa svojim radom. Na ovaj način se osigurava slanje svakog pojedinog alarma bez ometanja rada GSM modema u tijeku slanja poruke.

## 4.3. Funkcija za slanje alarmnih poruka putem SMS-a

Prilikom prvog pokretanja upravljačkog programa potrebno je konfigurirati postavke priključka za prijenos podataka serijskom vezom između PLC-a i GSM modema. U tu svrhu koristi se funkcijski blok *Port_Config* (slika 4.3.). Priključak za serijski prijenos podataka postavlja se prema zadanim parametrima GSM modema opisanim u potpoglavlju 4.1.3. Unos tih parametara potrebno je prilagoditi očekivanim ulaznim parametrima funkcijskog bloka *Port_Config*.

Nakon što je konfiguracija priključka za prijenos podataka uspješno obavljena, GSM modemu je moguće prosljeđivati naredbe za slanje SMS-a direktno iz upravljačkog programa putem SIMATIC opreme. Prije svakog pozivanja funkcije za slanje SMS-a provjerava se je li konfiguracija priključka uspješno obavljena. Ako je konfiguracija izvedena uspješno, obavlja se slanje poruke, u suprotnom SMS neće biti poslan.

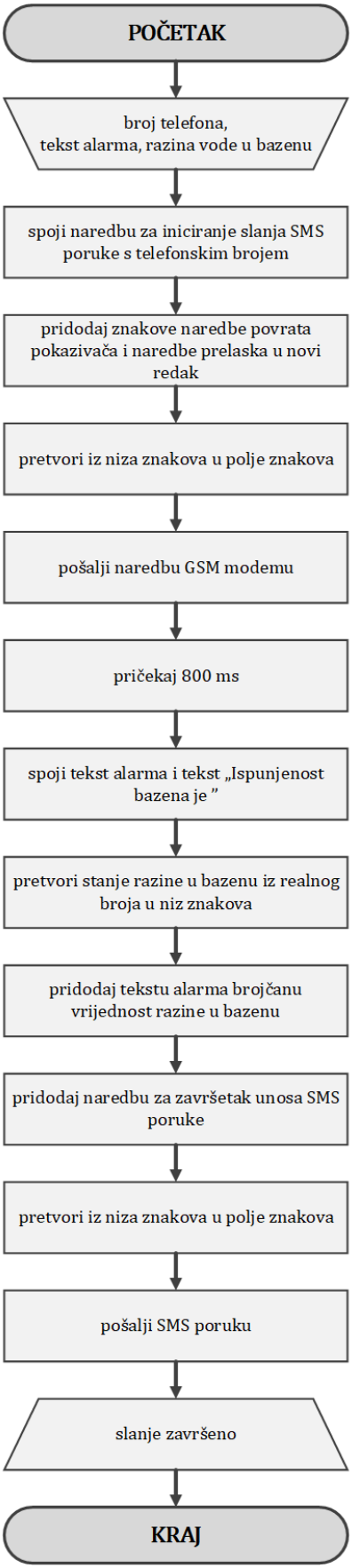



**Slika 4.3.** *Funkcijski blok za konfiguraciju porta u TIA portalu v14.*

Kako bi poruke bile uspješno poslane, potrebno je integrirati upravljačke AT naredbe GSM modema unutar upravljačkog programa procesne opreme. Pravilna integracija AT naredbi unutar upravljačkog programa je složen proces, stoga je potrebno osigurati pravilan redoslijed izvršavanja svih nužnih koraka u procesu prosljeđivanja naredbi GSM modemu. Tek kada je pojedini korak uspješno završen, funkcija omogućava prelazak u novi korak. Kada su svi koraci završeni, funkcija završava s izvođenjem te na svome izlazu vraća vrijednosti „slanje završeno“. Detaljni tijek izvršavanja funkcije za slanje SMS-a o aktivnom alarmu je prikazan slikom 4.4.

Kako je to opisano u prethodnom potpoglavlju, okidač (engl. *trigger*) pokretanja funkcije slanja SMS-a u upravljačkom programu jest postojanje aktivnog alarma u podatkovnom bloku za SMS dojavu bez trenutno aktivnog ekvivalentnog alarma u kopiji podatkovnog bloka za SMS dojavu. Prilikom pozivanja funkcija za slanje SMS-a, ona na svome ulazu prima podatke s telefonskim brojem operatera kojem se želi poslati SMS o nastalom alarmu, kratki opis alarma ili upozorenja i trenutna razina vode u bazenu u trenutku nastanka greške koja je prouzrokovala alarm.

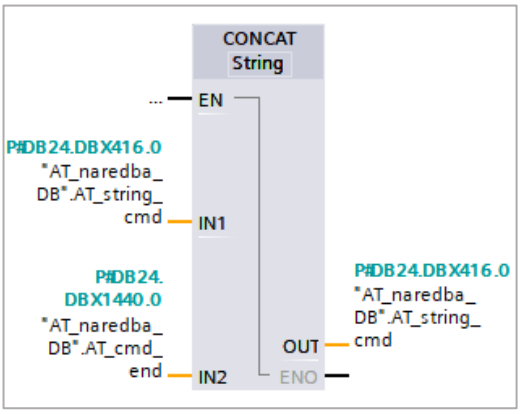
Telefonski broj korisnika je u naprijed zadan unutar upravljačkog programa, ali ga je u svakom trenutku moguće promijeniti lokalno putem korisničkog sučelja. Opis alarma je specifičan za svaku nastalu grešku. Tekstovi svih alarma i upozorenja spremljeni su u zasebni podatkovni blok iz kojeg se pozivaju na ulazu u funkciju za slanje SMS-a. Unutar spomenutog podatkovnog bloka nalaze se i



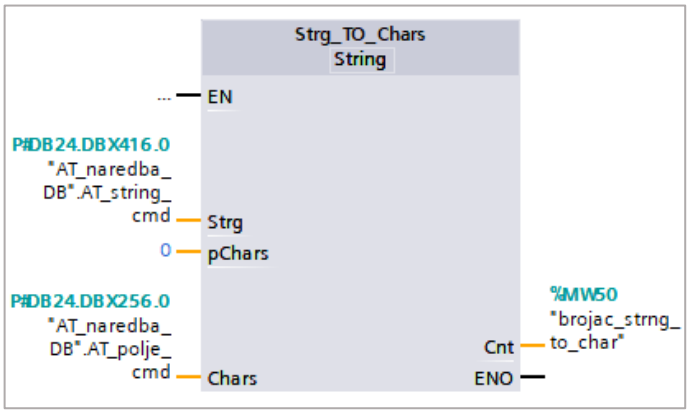

**Slika 4.4.** *Detaljan dijagram tijeka funkcije za slanje SMS alarma.*

potrebne AT naredbe, kao i naredbe za završetak unosa AT naredbi. Na ovaj način je omogućeno jednoznačno proširivanje i promjena potrebnog seta AT naredbi ili tekstova alarma u slučaju promjene upravljačkog programa. Podaci unutar podatkovnog bloka se unose kao niz znakova (engl. *character string*).

Nakon pozivanja funkcije za slanje SMS-a i učitavanja njenih ulaza, putem funkcijskog bloka *CONCAT* (slika 4.5.) AT naredbama za slanje poruke (AT+CMGF=1;+CMGS) se pridjeljuje zadani broj telefona te heksadekadski znakovi naredbe povrata pokazivača i naredbe prelaska u novi redak (0D 0A).

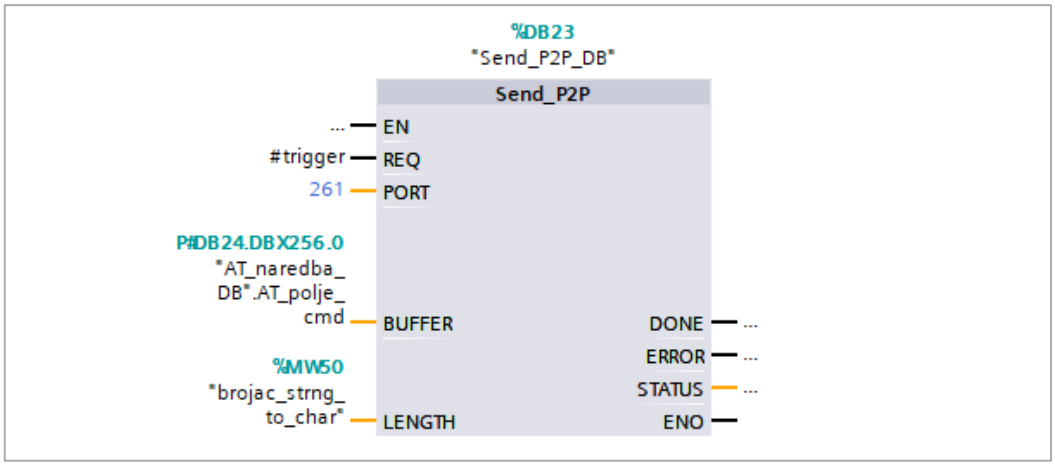



**Slika 4.5.** *Funkcijski blok za spajanje dva niza u TIA portalu v14.*




**Slika 4.6.** *Funkcijski blok za pretvaranje niza znakova u polje znakova u TIA portalu v14.*

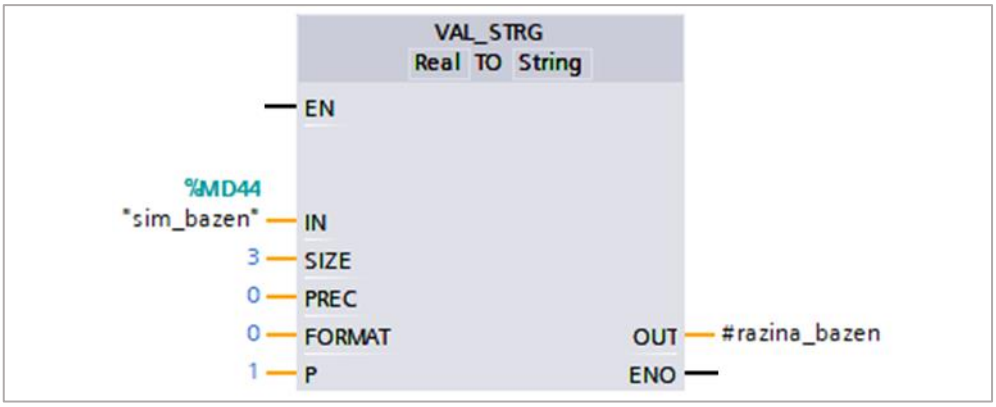
Cjelokupna naredba se potom pretvara iz niza znakova (engl. *character string*) u polje znakova (engl. *character array*) pomoću funkcijskog bloka *Strg_TO_Chars* (slika 4.6.) kako bi se mogla poslati prema GSM modemu. Naredba za slanje poruke se prosljeđuje GSM modemu serijskom vezom putem funkcijskog bloka *Send_P2P* (slika 4.7.)




**Slika 4.7.** *Funkcijski blok za slanje podataka od točka do točke u TIA portalu v14.*

Kako bi se osiguralo vrijeme potrebno za odgovor modema koji označava početak primanja teksta poruke (znak „>“), funkcija za slanje SMS-a čeka 800 ms prije sljedećeg koraka. Nakon toga se unosi tekst alarma koji se spaja s početkom informacije o trenutnoj razini vode u bazenu.

Funkcija potom pretvara trenutnu vrijednost razine vode u bazenu iz realnog broja u niz znakova putem funkcijskog bloka *VAL_STRG* (slika 4.8.), zatim se taj iznos pridodaje tekstu poruke iz prethodnog koraka.




**Slika 4.8.** *Funkcijski blok za pretvaranje numeričkih vrijednosti u niz znakova u TIA portalu v14.*

Kraj unosa poruke se signalizira heksadekadskim znakom 0x1A koji se pridodaje na kraj teksta SMS-a prije njegovog slanja. Poruka se zatim pretvara iz niza znakova u polje znakova te se u posljednjem koraku serijskom vezom prosljeđuje GSM modemu čime završava izvršavanje funkcije za slanje SMS-a.

Nakon što je SMS uspješno proslijeđen GSM modemu, tijek izvršavanja funkcije slanja SMS-a je završen i funkcija u konačnici postavlja svoj izlaz „slanje završeno“ u jedinicu.

# 5. TESTIRANJE FUNKCINALNOSTI PROGRAMSKOG RJEŠENJA ZA PRIJENOS ALARMA GSM TEHNOLOGIJOM

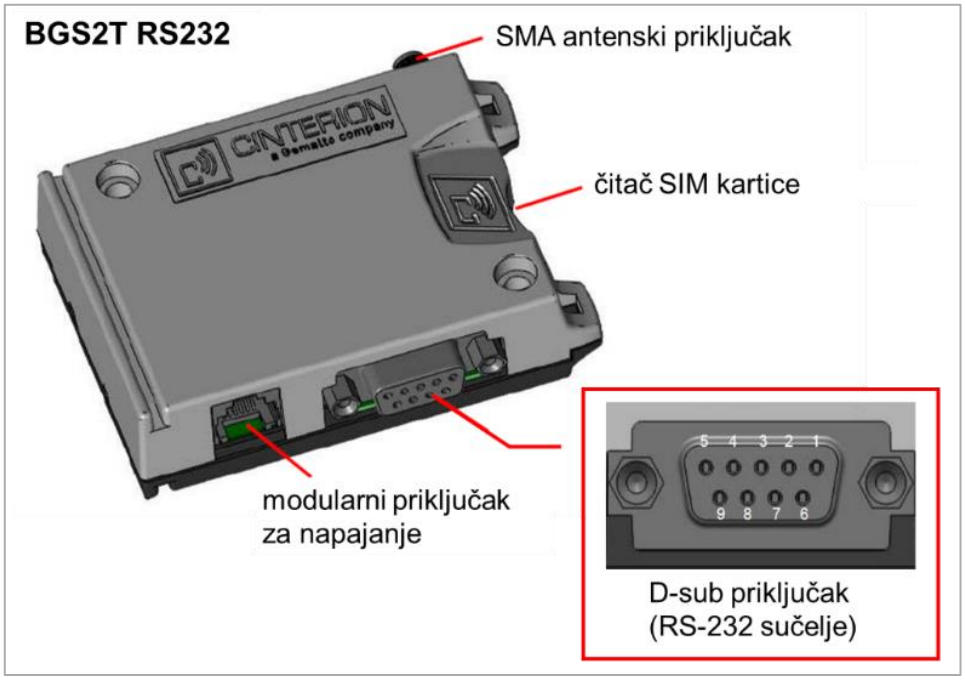
Kako bi se provjerila ispravnost i funkcionalnost opisanog programskog rješenja za prijenos alarma GSM tehnologijom u sustavu temeljenom na SIMATIC 1500 provedena je simulacija rada upravljačkog sustava egalizacijskog bazena.

Nakon toga je korisničko sučelje upravljačkog programa postavljeno na procesno računalo te je testirana ispravnost slanja SMS-a prema korisniku u trenutku nastanka greški u procesu. Pomoću terminala je obavljen nadzor nad poslanim podacima od komunikacijskog modula PLC-a prema GSM modemu koji vrši slanje alarmnih SMS-ova.

Rezultati testiranja, kao i osvrt na funkcionalnost izrađenog programskog rješenja su prikazani u nastavku ovog poglavlja.

## 5.1. Povezivanje GSM modema i PLC-a putem RS-232

GPS modem BGS2T za serijsko povezivanje s drugim uređajima koristi devet pinski D-sub ženski priključak, slika 5.1. Raspored pinova je prikazan u tablici 5.1.




**Slika 5.1.** *BGS2T RS232: raspored pinova (D-sub 9-pin ženski)* **[11]**.

**Tablica 5.1.** *Raspored pinova* **[11]**.

| PIN | SIGNAL | ULAZ (I) - IZLAZ (O) | FUNKCIJA |
|---|---|---|---|
| 1 | **DCD** | O | otkrivanje prijenosa podataka |
| 2 | **RXD** | O | primanje podataka |
| 3 | **TXD** | I | slanje podataka |
| 4 | **DTR** | I | podatkovni terminal – spreman<br>*Prijenos podataka započinje na pozitivan brid signala visokog potencijala (+3 ... +15 V) |
| 5 | **GND** | - | uzemljenje |
| 6 | **DSR** | O | skup podataka spreman za prijenos |
| 7 | **RTS** | I | zahtjev za prijenos |
| 8 | **CTS** | O | spreman za slanje |
| 9 | **RING** | O | indikacija komunikacije |

BGS2T je predviđen za DCE (engl. *data circuit-terminating equipment*) uporabu. Prema dogovoru za povezivanje DCE i DTE uređaja, BGS2T se s korisničkim aplikacijama (DTE - engl. *data terminal equipment*) povezuje na sljedeći način:

- priključak TxD na korisničkoj aplikaciji šalje podatke na TXD priključak BGS2T,
- priključak RxD na korisničkoj aplikaciji prima podatke od RXD priključka BGS2T.

Potpuni raspored međusobnog povezivanja pinova GSM modema s pinovima komunikacijskog modula PLC-a prikazan je tablicom 5.2.

**Tablica 5.2.** *Način povezivanja BGS2T modema s Point-to-point modulom.*

| CINTERION | | P2P PLC | |
|---|---|---|---|
| **pin** | **signal** | **pin** | **signal** |
| **2** | RXD | **2** | RXD |
| **3** | TXD | **1** | TXD |
| **5** | GND | **M** | GND |
| **7** | RTS | **3** | RTS |
| **8** | CTS | **4** | CTS |

Prije uključivanja GSM modema potrebno je umetnuti SIM karticu u modem. Čip kartice treba biti okrenut prema Cinterion logu. Uklanjanje ili umetanje SIM kartice za vrijeme rada modema zahtjeva reinicijalizaciju modema njegovim ponovnim pokretanjem.

Modem BGS2T ima dvije svjetleće diode koje upućuju na trenutno stanje modema. Modem je spreman za rad kada je uključena zelena svjetleća dioda. Narančasta svjetleća dioda svojim treperenjem ukazuje na trenutno operativno stanje terminala. Operativna stanja prikazana su u tablici 5.3.

**Tablica 5.3.** *Indikacija operativnih stanja modema treperenjem narančaste svjetleće diode* **[11]**.

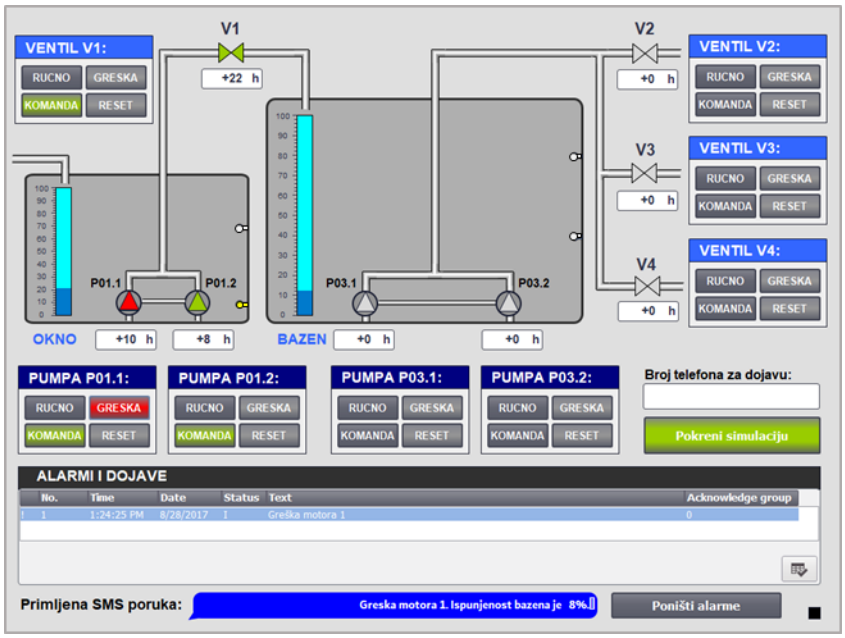
| STANJE SVJETLEĆE DIOIDE | OPERATIVNI STATUS BGS2T |
|---|---|
| **isključena** | isključivanje modema |
| **600 ms uključena / 600 ms isključena** | **ograničena usluga mreže**: SIM kartica nije umetnuta, ili PIN nije unesen, ili traženje mreže u tijeku, ili provjeravanje autentičnosti korisnika, ili prijava na mrežu u tijeku |
| **75 ms uključena / 3 s isključena** | **stanje mirovanja**: modem je prijavljen na mrežu; poziv nije u tijeku |
| **75 ms uključena / 75 ms isključena / 75 ms uključena / 3 s isključena** | jedan ili više GPRS konteksta aktivno |
| **500 ms uključena / 25 ms isključena** | prijenos podataka u tijeku |
| **uključena** | povezan s daljinskim uređajem, ili razmjena parametara tijekom postavljanja, ili prekidanje poziva |

## 5.2. Simulacija rada programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja

Prije samog puštanja sustava u rad opisane funkcionalnosti upravljačkog programa su testirane putem simulacije koja je provedena u TIA Portalu v14.

Simuliran je dotok vode u okno. Pomoću upravljačkog panela moguće je simulirati nastanak greške ventila i motora. Daljinska dojava alarmnog stanja putem SMS-a je simulirana unutar korisničkog sučelja kroz prikaz poslane, odnosno primljene poruke o detektiranom alarmu u sustavu. Na ovaj način je testirana funkcionalnost daljinske dojave alarmnog stanja prije testiranja rada sustava u stvarnim uvjetima kako bi se izbjegle eventualne greške u radu sustava. Rezultati simulacije su prikazani u nastavku.

Nastankom greške crpke P01.1 aktivira se alarm broj 1 i o tome se šalje SMS s tekstom alarma i informacijom o popunjenosti egalizacijskog bazena u trenutku nastanka greške, kako je to prikazan slikom 5.2. Tekst poslane poruke glasi: „*Greska motora 1. Ispunjenost bazena je 8%.*“. U trenutku nastanka greške crpke P01.1 daljnji rad crpljenja vode iz okna preuzima crpka P01.2.



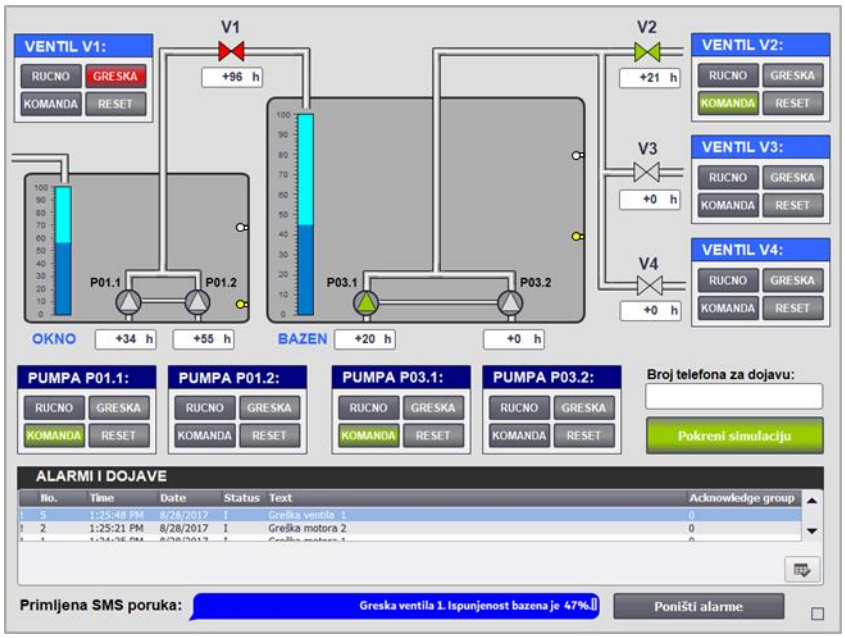

**Slika 5.2.** *Simulacija greške crpke P01.1.*

Na slici 5.3. prikazana je dojava alarma broj 2 nakon detektiranjem greške crpke P01.2. Poslana poruka sadrži tekst „*Greska motora 2. Ispunjenost bazena je 36%.*“. Na slici je također vidljivo kao je nastankom greške na crpki P01.2. rad crpljenja vode ponovno preuzela crpka P01.1.



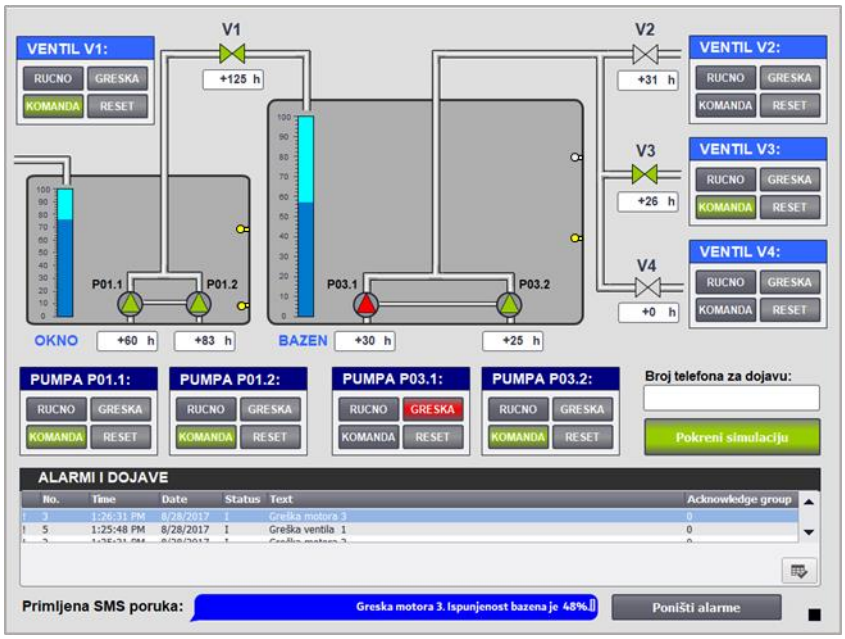

**Slika 5.3.** *Simulacija greške crpke P01.2.*

Prilikom nastanka greške na ventilu V1 generira se alarm broj 5, a operateru se šalje SMS dojava „*Greska ventila 1. Ispunjenost bazena je 47%.*“ kao što je vidljivo na slici 5.4. Kako je ventil V1 u grešci, zaustavlja se crpljenje vode iz okna u bazen, odnosno obustavlja se rad crpki P01.1 i P01.2.



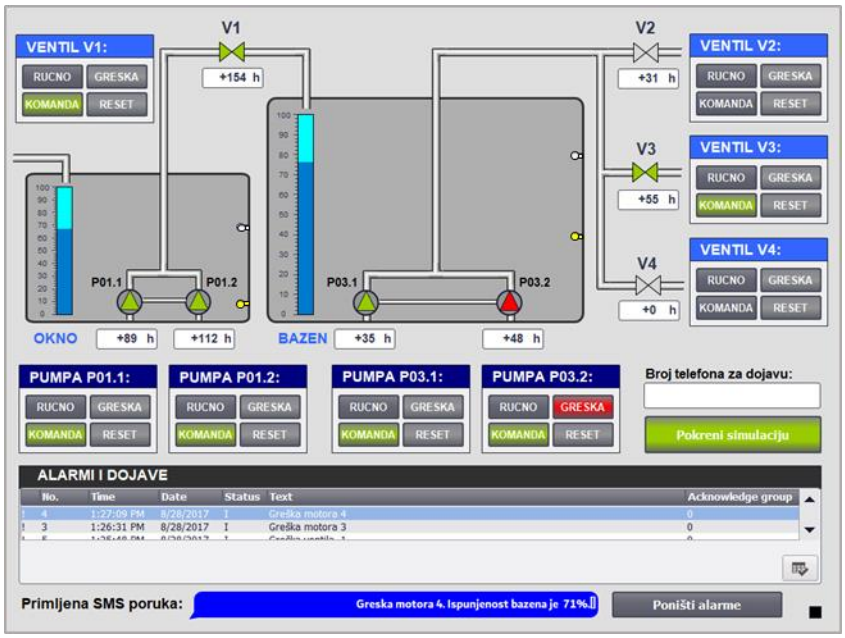

**Slika 5.4.** *Simulacija greške ventila V1.*

Greška crpke P03.1 dojavljuje se alarmom broj 3. Simulirana greška motora je prikazana slikom 5.5. iz koje je vidljivo da je korisniku o nastaloj grešci poslana poruka sadržaja „*Greska motora 3. Ispunjenost bazena je 48%.*“. Kako su nakon pojave greške na crpki P03.1 i dalje ispunjeni svi uvjeti za crpljenje vode iz bazena, rad preuzima crpka P03.2.



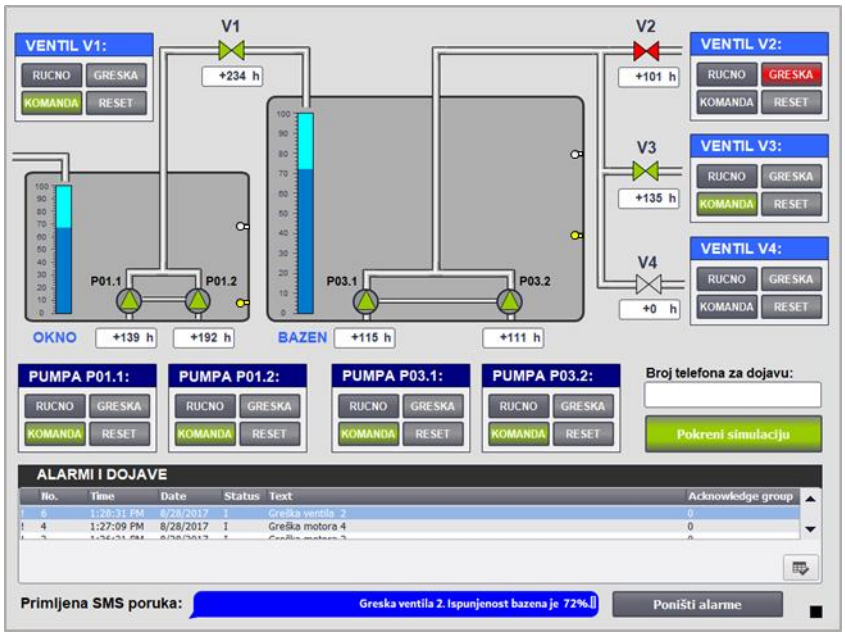

**Slika 5.5.** *Simulacija greške crpke P03.1.*

Greška crpke P03.1 je potom uklonjena i simulirana je greška crpke P03.2. Generira se alarm broj 4 i sustav šalje SMS: „*Greska motora 4. Ispunjenost bazena je 71%.*“, slika 5.6.



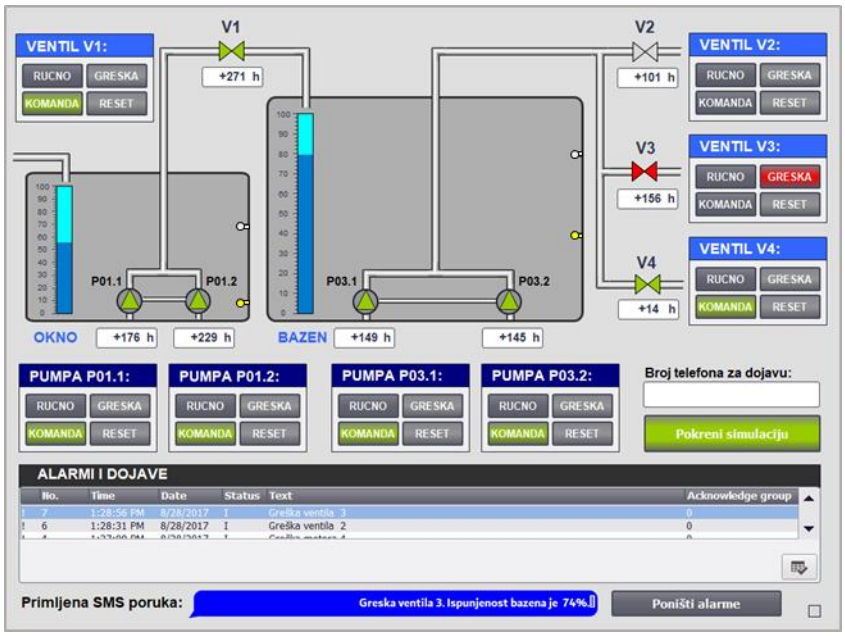

**Slika 5.6.** *Simulacija greške crpke P03.2.*

Operater prima poruku „*Greska ventila 2. Ispunjenost bazena je 72%.*“ u trenutku simulacije greške ventila V2. Greška ventila V2 generira alarm broj 5 kako je to prikazano na slici 5.7.



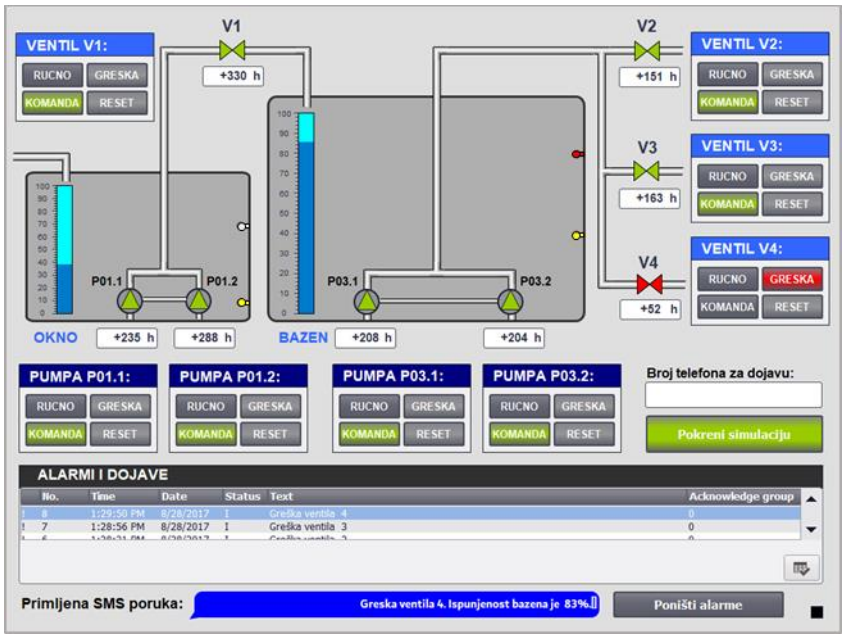

**Slika 5.7.** *Simulacija greške ventila V2.*

Greška ventila V3 se dojavljuje alarmom broj 7, o čemu je korisnik obavješten SMS-om „*Greska ventila 3. Ispunjenost bazena je 74%.*“, slika 5.8. Budući da je ventil V3 prije simulacije greške bio otvoren, a u bazenu postoje uvjeti za crpljenje vode, otvara se idući ventil s najmanje radnih sati, odnosno ventil V4.



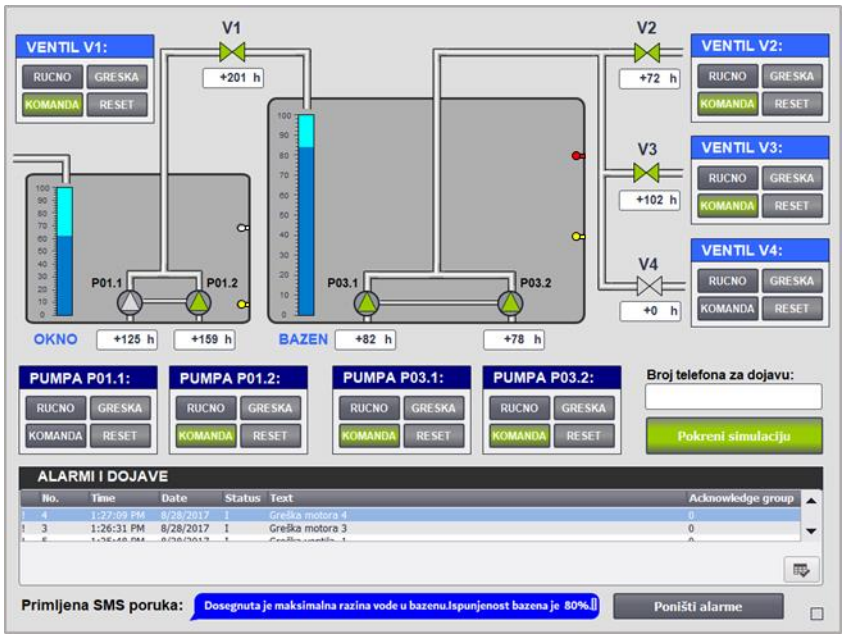

**Slika 5.8.** *Simulacija greške ventila V3.*

U slučaju nastanka greške na ventilu V4 u korisničkom sučelju se generira alarm broj 8 te se izvršava daljinska dojava alarma putem poruke „*Greska ventila 4. Ispunjenost bazena je 83%.*“.




**Slika 5.9.** *Simulacija greške ventila V4.*

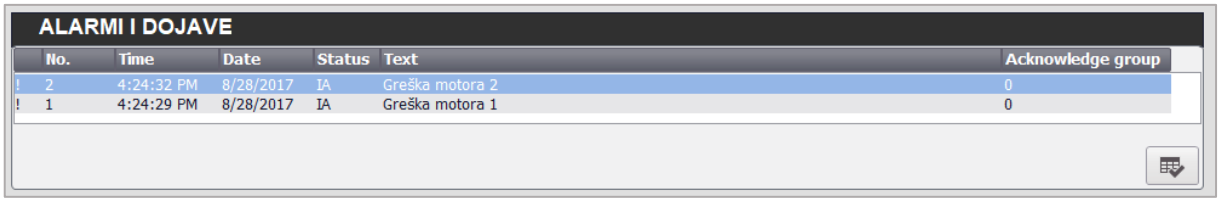
Pojava maksimuma razine u bazenu (80% popunjenosti bazena) ne predstavlja alarmno stanje, odnosno ne generira se poruka alarma u prozoru „Alarmi i dojave“. No, udaljenom korisniku se o takvom stanju šalje SMS: „*Dosegnuta je maksimalna razina vode u bazenu. Ispunjenost bazena je 80%.*“. Upozorenje o maksimumu razine u bazenu SMS-om prikazano je slikom 5.10.




**Slika 5.10.** *Detekcija maksimuma razine bazena.*

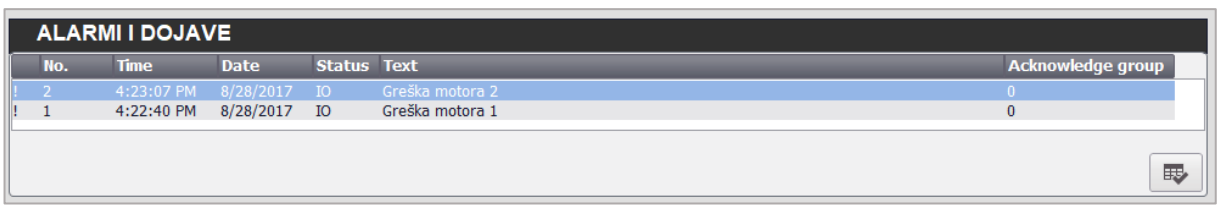
Iako su uzroci simuliranih grešaka uklonjeni, odnosno greške su kroz simulaciju resetirane, poruke alarma su i dalje prikazane. Ukoliko se u sustavu ponovno pojavi greška koja je prethodno već bila detektirana, korisniku će ponovno biti poslana poruka o grešci, ali se u korisničkom sučelju neće pojaviti nova poruka o dojavi alarmnog stanja sve dok prethodna poruka nije prihvaćena i poništena.

Na slici 5.11. je vidljivo kako se statusi alarma nakon njihovog prihvaćanja u korisničkom sučelju promjene iz statusa „I“ (engl. *incoming*) u status „IA“ (engl. *incoming – acknowledged*).




**Slika 5.11.** *Promjena statusa alarma nakon prihvaćanja greške.*

Kada se pritisne gumb „Poništi alarme“ prije nego su oni potvrđeni, status alarma prelazi iz statusa „I“ u status „IO“ (engl. *incoming – outgoing*), slika 5.12.

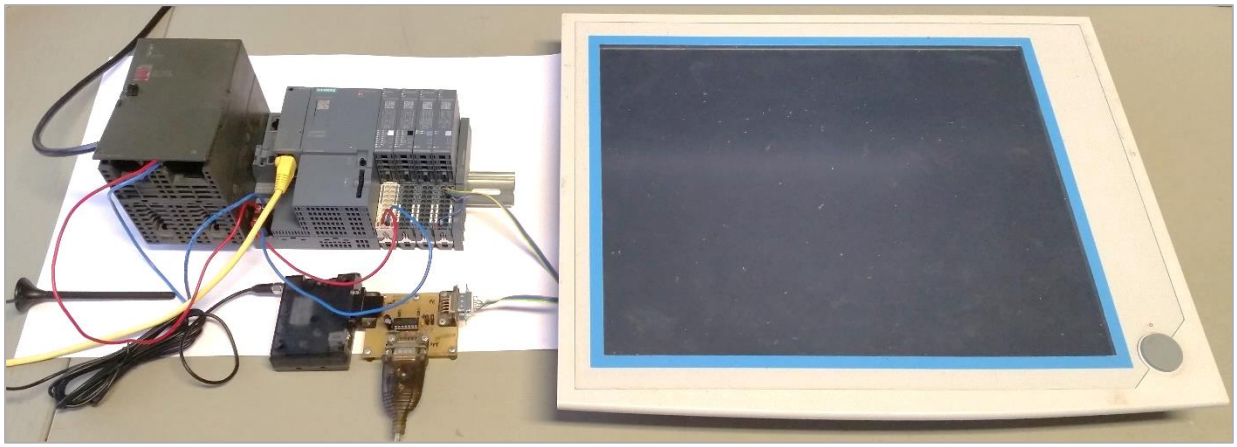



**Slika 5.12.** *Promjena statusa alarma nakon poništavanja alarma prije prihvaćanja greške.*

Ukoliko su alarmi nalaze u statusu „IO“, nakon njihova prihvaćanja oni se automatski brišu iz polja za prikaz alarma. Alarme nije moguće poništiti ako prethodno nije otklonjen njihov uzrok.

## 5.3. Testiranje programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja u stvarnim uvjetima rada

Funkcionalnost programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja testiranja je na opremi prikazanoj na slici 5.13. Na procesno računalo sa zaslonom osjetljivim na dodir instalirano je korisničko sučelje upravljačkog programa egalizacijskog bazena. Komunikacijski modul PLC-a spojen je preko eksperimentalnog elektronički sklopa na GSM modem Cinterion BGS2T. Elektronički sklop omogućava vanjski nadzor komunikacije PLC-a prema GSM modemu putem terminala. Za slušanje terminala korišten je pregaram *BinTerm*.



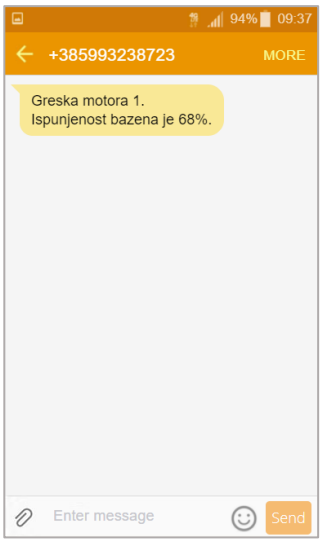
**Slika 5.13.** *Korištena oprema za testiranje funkcionalnosti programskog rješenja za daljinsku dojavu alarmnog stanja.*

Za testiranje funkcionalnost daljinske dojave alarmnog stanja na industrijskoj opremi ponovno je korištena simulacija dotoka vode u okno te simulacija grešaka pojedinih elemenata u procesu. Za svaku je grešku testirano aktivira li ona daljinsku dojavu alarmnog stanja, a rezultati su prikazani u nastavku.

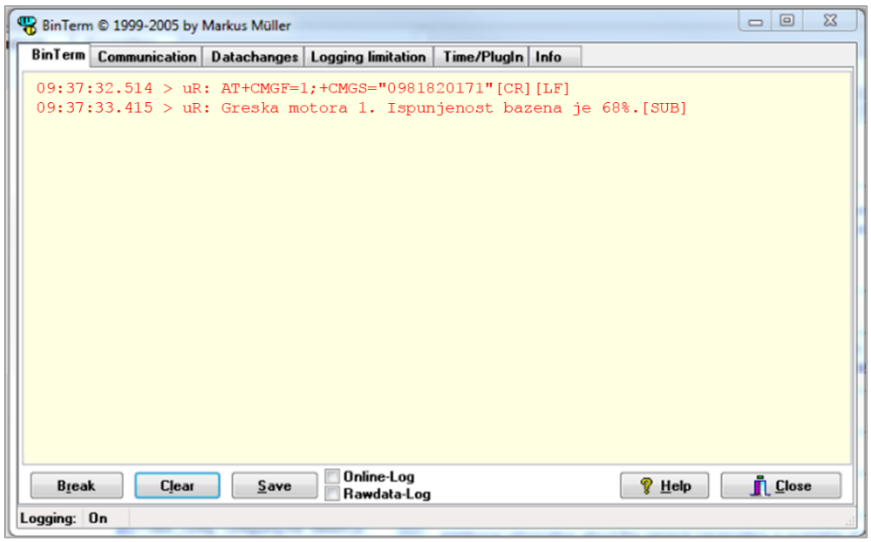
Greške se u korisničkom sučelju prikazuju na jednak način kako je to prikazano u prethodnim rezultatima simulacije, stoga ti rezultati testiranja nisu ovdje predstavljeni.

Prilikom nastanka greške motora 1, korisnik zaprima SMS o nastaloj grešci kako je to prikazano slikom 5.14. Primitku SMS-a prethodilo je prosljeđivanje odgovarajućeg slijeda naredbi od strane PLC-a prema GSM modemu, što je vidljivo na slici 5.15.

U terminalu su prikazani svi poslani znakovi, uključujući i naredbe za povrat pokazivača, prelazak u novi redak te završetak unosa teksta poruke.

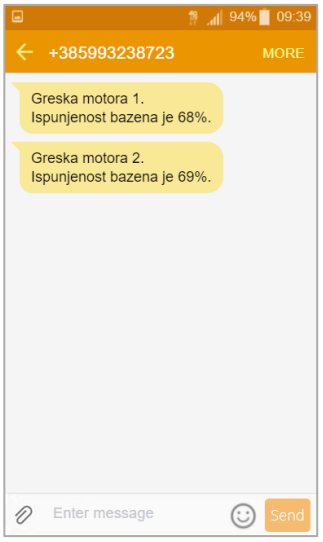



**Slika 5.14.** *Primljeni SMS o grešci motora 1.*

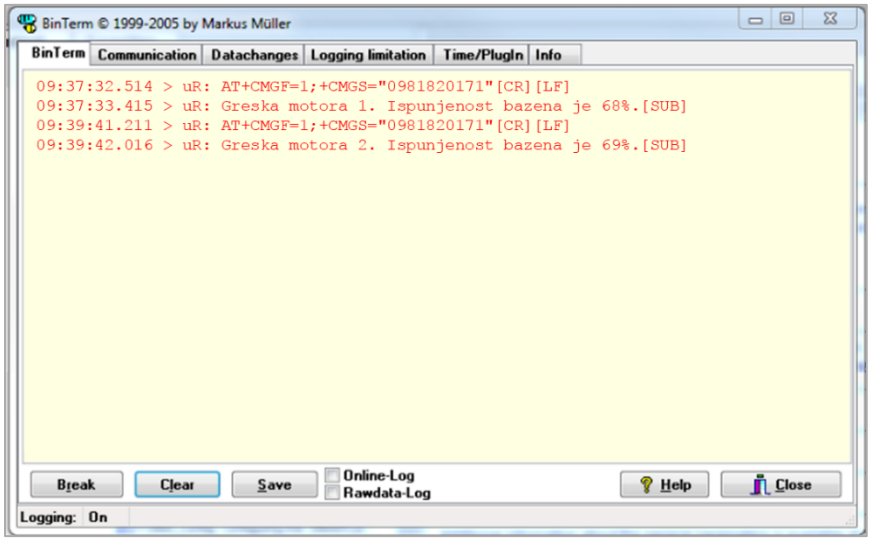



**Slika 5.15.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja motora 1.*

Kao što je i očekivano SMS o grešci motora 1 je korisniku poslan samo jedanput, iako je greška i dalje prisutna. Kada se u procesu pojavila greška motora 2, upravljački program detektira nastanak novog alarma koji prethodno nije dojavljen korisniku te na svoj izlaz za serijsku komunikaciju prosljeđuje naredbe za slanje SMS-a, prikazano slikom 5.17. Primljena poruka o grešci motora 2, nakon primljene poruke o grešci motora 1, pokazana je slikom 5.16.



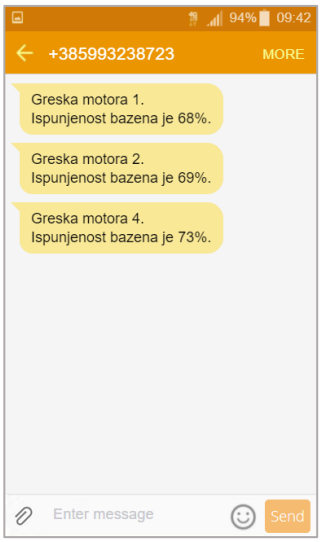

**Slika 5.16.** *Primljeni SMS o grešci motora 2.*



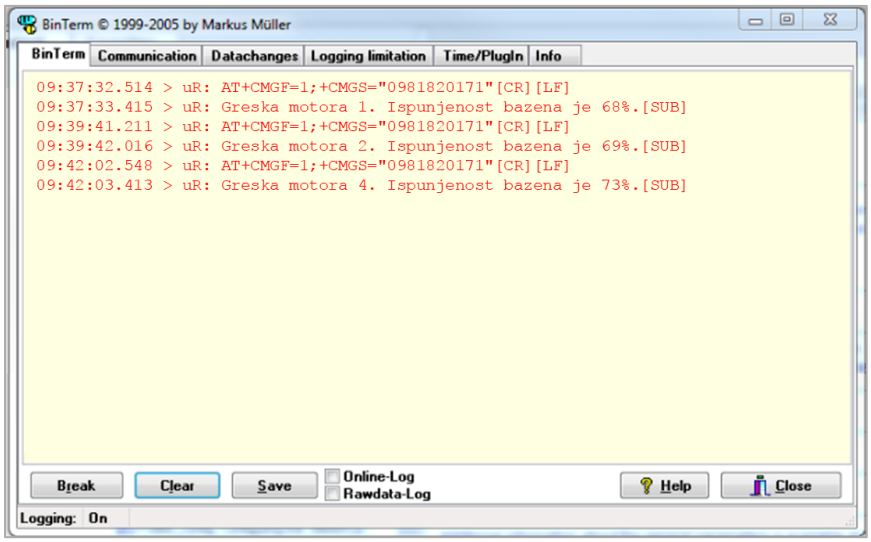

**Slika 5.17.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja motora 2.*

Nadalje je testirana dojava greške motora 4. Odabrana je simulacija greške motora 4 kako bi se pokazalo da redoslijed nastanka greški ne utječe na izvršavanje programa za daljinsku dojavu alarma. Uzorci grešaka motora 1 i motora 2 su prije nastanka greške motora 4 otklonjeni.

Korisnik zaprima SMS prikazan slikom 5.18., dok je status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja motora 4 prikazan slikom 5.19.

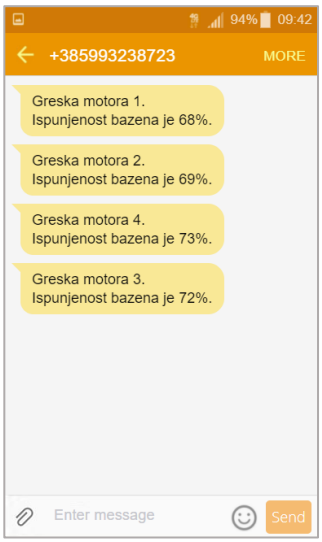



**Slika 5.18.** *Primljeni SMS o grešci motora 4.*

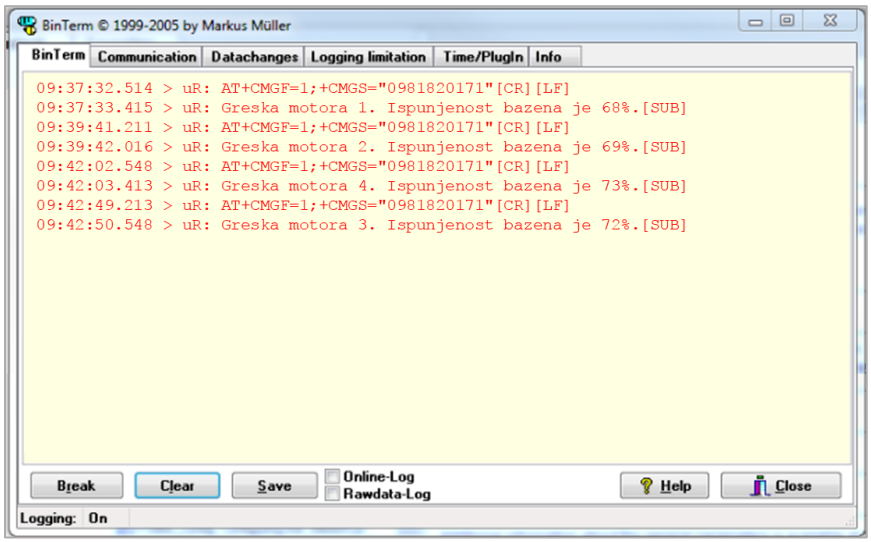



**Slika 5.19.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja motora 4.*

Pojavom greške motora 3 (nakon manje od 60 sekundi od pojave greške motora 4) upravljački program prosljeđuje naredbe GSM modemu na način koji je prikazan slikom 5.21. Korisnik neometano zaprima SMS o nastaloj grešci kao što je vidljivo na slici 5.20.

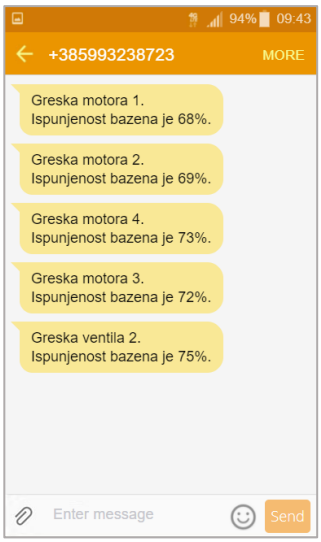



**Slika 5.20.** *Primljeni SMS o grešci motora 3.*

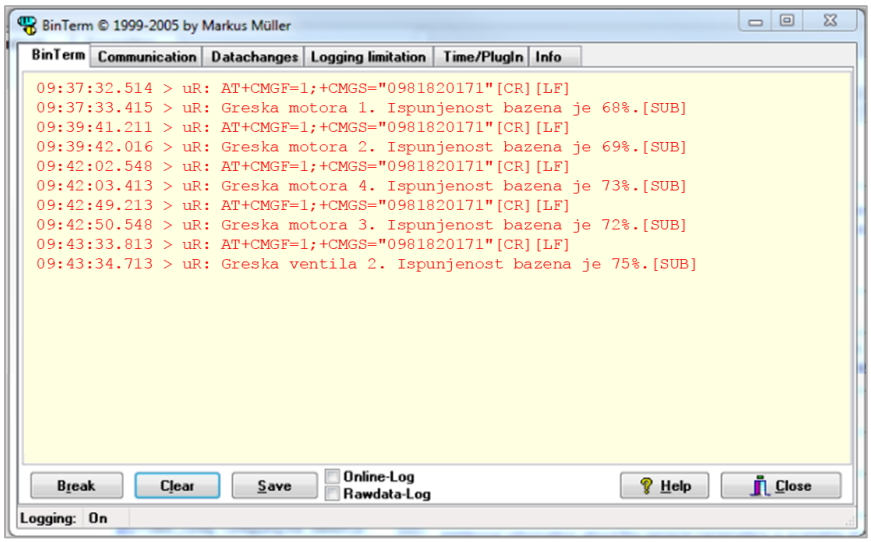



**Slika 5.21.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja motora 3.*

Iduće je testirana aktivacija alarma ventila 2. Nastanak greške na ventilu 2 prouzročio je aktivaciju daljinsku dojavu alarmnog stanja putem SMS, što je prikazano slikama 5.22. i 5.23. analogno prethodnim slučajevima.

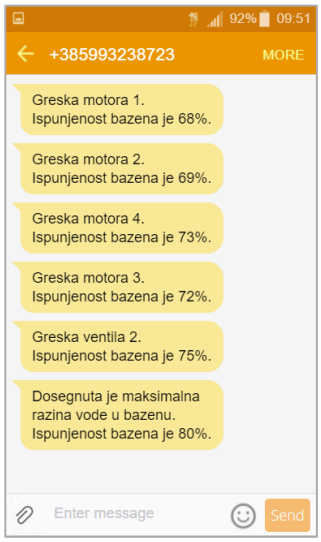



**Slika 5.22.** *Primljeni SMS o grešci ventila 2.*

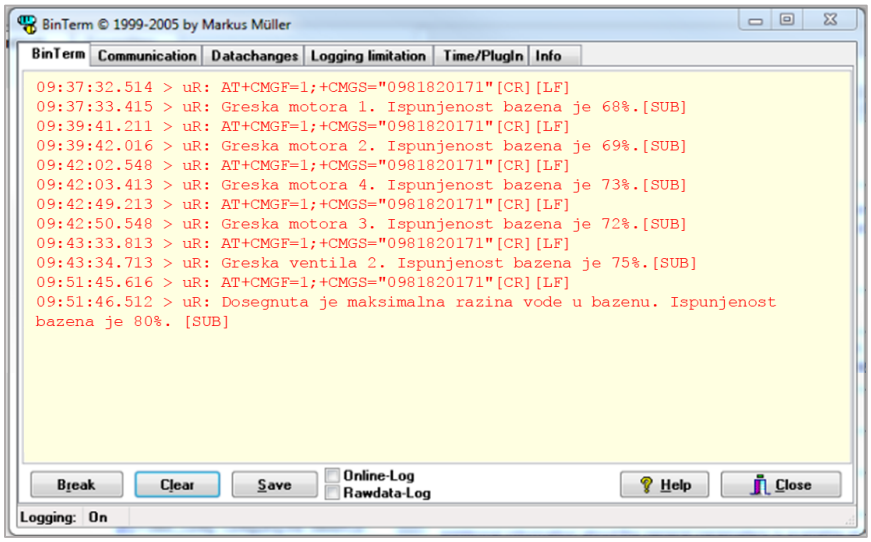



**Slika 5.23.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja ventila 2.*

Greška ventila 2 onemogućila je rad crpki P03.1 i P03.1 te prouzročila nakupljanje vode u egalizacijskom bazenu, što dovodi do detekcije maksimuma razine vode u bazenu o čemu se korisnika obavještava SMS-om (slika 5.24.). Proslijeđene naredbe upravljačkog programa prema GSM modemu vidljive su u terminalu prikazanom na slici 5.25.




**Slika 5.24.** *Primljeni SMS o nastanku maksimalne razine u bazenu.*

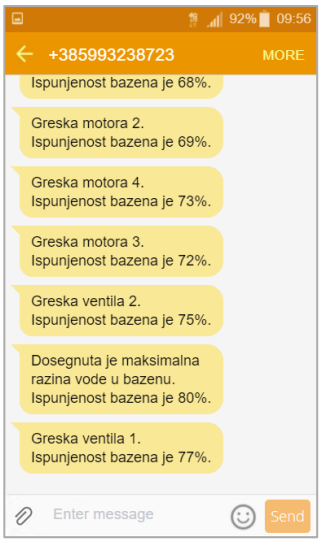



**Slika 5.25.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu maksimalne razine u bazenu.*

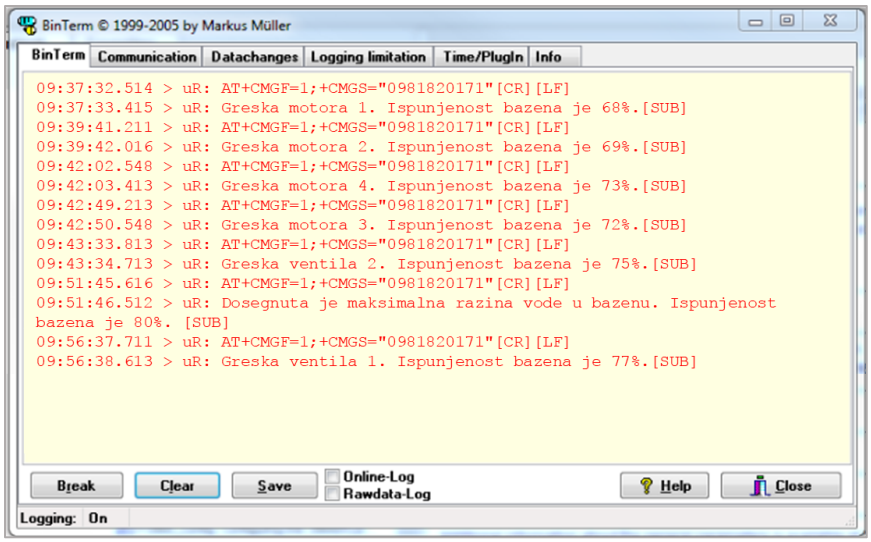
Nakon testiranja dojave maksimuma razine vode u bazenu, testiranja je funkcionalnost slanja SMS-a o nastanku alarma u slučaju istovremene pojave dvije greške u procesu. Simulirana je pojava istovremene greške ventila V1 i ventila V3.

Na slikama 5.26. i 5.28. može se vidjeti kako je korisnik prvo zaprimio SMS dojavu o nastanku greške ventila 1, a zatim o nastanku greške na ventilu 3. Ovime je potvrđena ispravnost izvršavanja programskog rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja po redoslijedu koji je opisan u poglavlju 4.2.

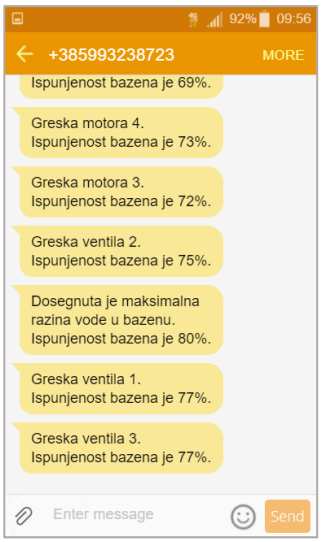
Vrijeme izvršavanja slanja SMS-a o alarmnim stanjima koja su se dogodila istovremeno moguće je provjeriti putem očitavanja stanja terminala prilikom slanja spomenutih poruka, što je prikazano slikama 5.27. i 5.29.



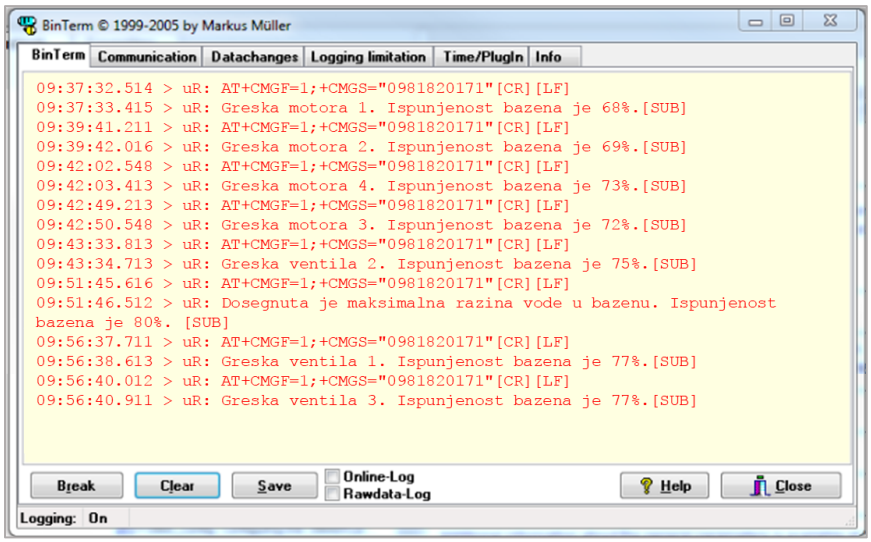

**Slika 5.26.** *Primljeni SMS o grešci ventila 1.*




**Slika 5.27.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja ventila 1.*

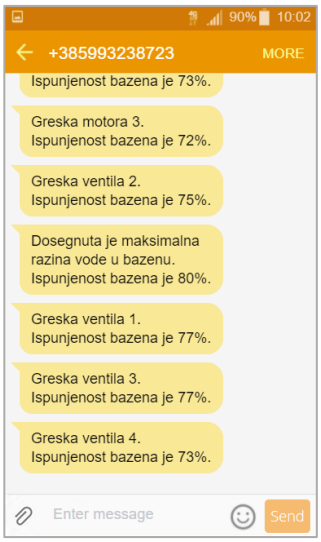



**Slika 5.28.** *Primljeni SMS o grešci ventila 3.*

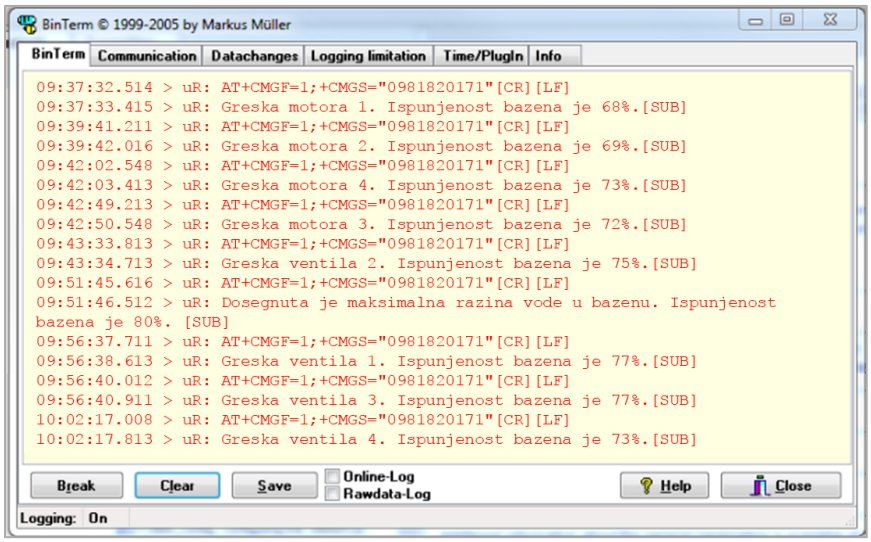



**Slika 5.29.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja ventila 3.*

Na posljetku je slikom 5.30. prikazana SMS dojava alarmnog stanja ventila V4 te status terminala tijekom prosljeđivanja naredbi za slanje SMS-a, slika 5.31.

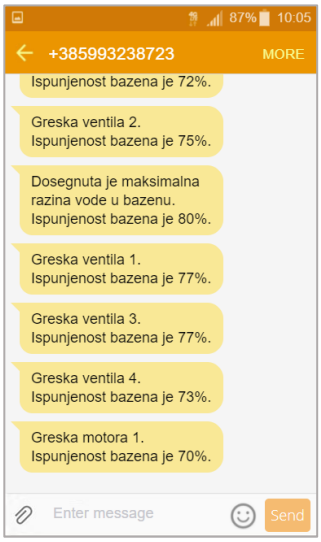



**Slika 5.30.** *Primljeni SMS o grešci ventila 4.*

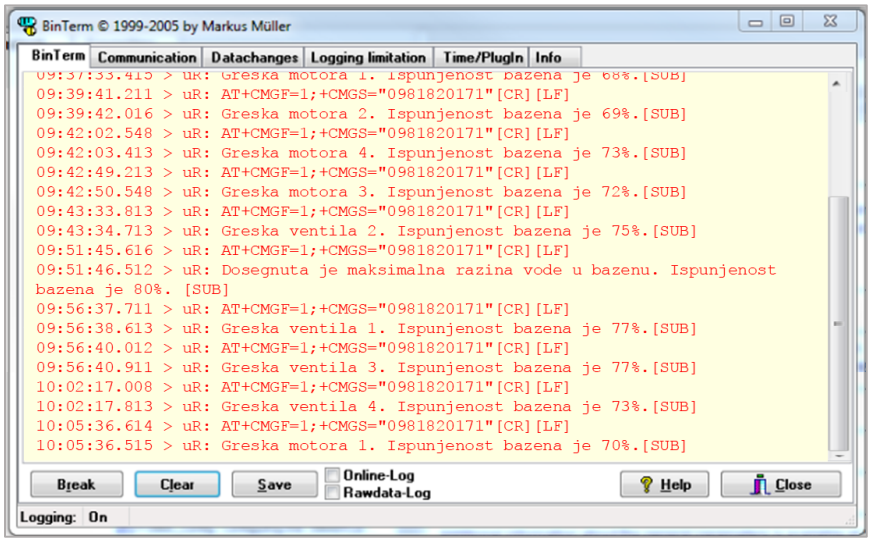



**Slika 5.31.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu alarmnog stanja ventila 4.*

Po završetku testiranja funkcionalnosti slanja SMS-a u svrhu daljinske dojave alarmnog stanja svakog pojedinog elementa, testirana je ispravnost slanja SMS dojave u slučaju ponovnog nastanka alarma prethodno dojavljene greške koja je u međuvremenu poništena. U tu svrhu ponovno je prouzročena greška motora 1.




**Slika 5.32.** *Primljeni SMS o novoj grešci motora 1.*




**Slika 5.33.** *Status terminala prilikom prosljeđivanja naredbi za daljinsku dojavu novog alarmnog stanja motora 1.*

Kao što je vidljivo na slici 5.33., odgovarajuće naredbe za ponovno slanje SMS-a su proslijeđene prema GSM modemu te je korisnik SMS-om obaviješten o ponovnom nastanku greške (slika 5.32.). Dakle, implementirano programsko rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja je u potpunosti ispravno te se izvršava na način koji je opisan u poglavlju 4.2.

Također, iz prikazanih rezultata testiranja slanja daljinske dojave alarma iz terminala je vidljivo kako vrijeme primitka SMS-a odgovara vremenu slanja poruke.

## 5.4. Osvrt na izrađeno programsko rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja

Programsko rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja uporabom GSM tehnologije u sustavu temeljenom na SIMATIC 1500 pruža mogućnost upravljanja radom svih uređaja s jednog mjesta. Prednost ovakvog načina implementacije daljinske dojave alarma jest objedinjena uporaba svih procesnih veličina u svrhu upravljanja, kontrole i nadzora rada samog procesa.

Slanje alarmnih SMS-ova nije povezano s prikazom alarma u korisničkom sučelju. Pojava greške u upravljačkom programu aktivira programsko rješenje za SMS dojavu neovisno o statusu alarma u korisničkom sučelju. Dakle, ukoliko korisničko sučelje u bilo kojem trenutku postane neaktivno, alarmna poruka će unatoč tome biti poslana operateru.

Za upravljanje radom GSM modema nije potrebno poznavanje dodatnog programskog jezika, već je dovoljno samo poznavanje osnovnog seta naredbi potrebnih za izvršavanje željenih funkcija modema (slanje SMS-a). Odnosno, nije potrebno dodatno prosljeđivanje podataka između upravljačkog programa i eventualnog vanjskog programa koji bi bio zadužen za upravljanje radom GSM modema u svrhu slanja SMS-a.

Međutim, prednosti ovako realiziranog sustava za daljinsku dojavu alarmnog stanja čine ujedno i njegove mane. Rad GSM modema i sama daljinska dojava alarmnog stanja ovisi o ispravnosti rada PLC-a i njegovog upravljačkog programa. Ukoliko dođe do unutarnje greške rada upravljačkog programa, operater neće biti pravovremeno obavješten o nastanku greške u procesu. Osim toga, integracija rada GSM modema te implementacija funkcije za slanje SMS-a u sam upravljački program predstavlja složen proces i zahtjeva dodatna proširenja upravljačkog programa.

## 5.5. Druge mogućnosti za daljinski prijenos alarma

Izuzev daljinske dojave alarmnog stanja u sustavima automatskog upravljanja predstavljene u sklopu ovoga rada, postoje i druga moguća rješenja koja se koriste u tu svrhu.

Na tržištu se mogu pronaći već gotova rješenja za daljinski prijenos alarmnih stanja putem SMS-a. Uz to, operater ne mora nužno biti obavješten o nastalom alarmu SMS-om, već o nastaloj grešci može biti obavješten porukom e-pošte. Također, moguća je i kombinacija prethodno predstavljenih rješenja u smislu kombiniranja dojave alarmnih stanja nastalih u upravljačkom sustavu putem drugih korisničkih aplikacija.

### 5.5.1. Siemens 5TT7 GSM alarmni modul

GSM alarmni modul 5TT7 (slika 5.32.) je Siemensovo gotovo rješenje u obliku GSM modema za daljinsku dojavu alarmnog stanja putem SMS-a. Ovaj GSM modem omogućuje praćenje dva digitalna ulaza i upravljanje radom releja putem mobilnog telefona [12].




**Slika 5.34.** *Siemens 5TT7 GSM alarmni modul* **[12]**.

Alarmni modul 5TT7 podržava do pet korisnika. Samo jedan telefonski broj može biti registriran kao administrator GSM modema. Ovaj administratorski broj koristi se za određivanje tekstova za signalizaciju i kontrolu, definiranje vremenskih odgovora na izlazima i ulazima, te registriranje i pohranjivanje do 5 daljnjih telefonskih brojeva u uređaju. Ukoliko modem registrira grešku na nekom od svojih ulaza, o tome obavještava sve registrirane korisnike uređaja putem

SMS-a. Osim dojave alarma putem SMS-a, 5TT7 modul podržava funkciju besplatnog dolaznog poziva u svrhu upravljanja izlazima.

Konfiguracija i upravljanje GSM modema se vrši putem naredbi u obliku SMS-a ili Android aplikacije, dakle nije potrebno dodatno programiranje upravljačkog programa. Uz to, ovaj je uređaj opremljen vlastitom punjivom baterijom koja omogućuje neometan rad daljinske dojave alarmnog stanja i u slučaju nestanka napajanja u postrojenju.

### 5.5.2. Dojava alarma e-poštom

Ukoliko je upravljački program implementiran putem *WinCC Runtime* programa, daljinsku dojavu o aktivnom alarmu pute e-pošte moguće je napraviti direktno kroz upravljački program. Tijekom definiranja alarma potrebno je definirati dodatnu opciju slanja generiranog alarma putem e-pošte. specificirati da se pojedini alarmi šalji različitim primateljima.

Nakon aktivacije alarma u upravljačkom panelu, oni će biti automatski poslani putem e-pošte zadanom korisniku. Za daljinsku dojavu alarma putem e-pošte, nužno je da upravljački uređaj ima pristup internetu.

### 5.5.3. Korisničke aplikacije

Prosljeđivanje alarmnih poruka iz upravljačkog programa procesa prema vanjskom GSM modemu u svrhu slanja alarmnih SMS-ova je složen proces koji zahtjeva međusobnu integraciju različitih programskih jezika. No, TIA portal omogućuje jednostavno prosljeđivanje generiranih alarma iz korisničkog sučelja u vanjsku tekstualnu datoteku kojoj se zatim lako može pristupiti putem nekog drugog programa. Na ovaj način upravljanje GSM modemom može biti ostvareno putem drugog programa koji će biti zadužen za slanje alarmnih SMS-ova.

Kako bi se druge korisničke aplikacije mogle iskoristiti za slanje SMS alarma na ovaj način, potrebno je da ona bude instalirana na isto procesno računalo, kao i korisničko sučelje procesa.

# 6. ZAKLJUČAK

Alarmi ukazuju na kritične događaje i stanja koja su pojavljuju u procesu, sustavu upravljanja ili na samom korisničkom sučelju. Alarmno stanje u sustavu upravljanja egalizacijskim bazenom proizlazi iz detektiranja nastanka greške kroz upravljački program. Detekcija definiranog stanja greške svodi se na detekcije grešaka motora (crpki) i ventila. Nakon detekcije greške motora ili ventila unutar upravljačkog programa, generira se alarm koji se prikazuje na upravljačkom panelu te se operateru šalje alarmni SMS.

Sustav upravljanja egalizacijskim bazenom ne zahtjeva stalni nadzor operatera nad procesom, stoga je upravljački program nadograđen programskim rješenjem za daljinsku dojavu alarmnog stanja GSM tehnologijom. Dodatna funkcija za slanje alarmnih SMS-ova o detektiranim greškama nastalim u upravljačkom procesu integrirana je unutar samog upravljačkog programa izrađenom u TIA Portalu v14. Prednost ovakvog načina realizacije daljinske dojave alarma jest objedinjena uporaba svih procesnih veličina u svrhu upravljanja, kontrole i nadzora rada procesa. Integracija rada GSM modema te implementacija funkcije za slanje SMS-a u upravljački program predstavlja složen proces i zahtjeva dodatna proširenja upravljačkog programa.

Funkcija za slanje SMS-a se poziva nakon detekcije greške, odnosno prilikom generiranja alarmnog stanja. U svrhu daljinske dojave alarmnog stanja egalizacijskog bazena koristi se GSM modem Cinterion BGS2T tvrtke Gemalto. Modem se s dodatnim komunikacijskim modulom PLC-a povezuje putem serijske RS-232 komunikacije. GSM modemom se upravlja putem proširenog seta AT naredbi.

Implementirano programsko rješenje za daljinsku dojavu alarmnog stanja se nakon testiranja njegovih funkcionalnosti pokazalo u potpunosti ispravno.

# LITERATURA


1. Narodne novine,
   http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_43_801.html. (pristupa 15.06.2017.)

2. TEO - Belišće d.o.o., „Egalizacijski bazen - upute za korištenje apliakcije za upravljanje“, Belišće, 2015.

3. SIEMENS, „SITRAIN Tečajevi za automatizaciju i rješenja u industriji u *SIMATIC S7-1200 osnovni tečaj TIA-MICRO1*“, 2010.

4. K. Bender, Profibus: the fieldbus for industrial automation, Upper Saddle River, New Jersey, SAD: Prentice-Hall, 1993.

5. SIEMENS, 2010.
   https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/en/Documents/PROFINET.pdf.
   (pristup 25.07.2017.)

6. SIEMENS, „Configuring Messages and Alarms in WinCC (TIA Portal) - Extension with S7-1500, u *STEP 7 V13 SP1, WinCC V13 SP1 (Basic/Comfort/Advanced/Professional/Runtime Advanced/Runtime Professional)*“, 2016.

7. SIEMENS, „SIMATIC WinCC Advanced V14 u *System Manual*“, 2016.

8. CINTERION a Gemalto company, „BGS2T *AT Command Set*“, 2012.

9. M. D. Seyer, RS-232 made easy: connecting computers, printers, terminals, and modems, Upper Saddle River, New Jersey, SAD: Prentice-Hall, 1984.

10. N. Agnihotri, „Engineers Garage“
    https://www.engineersgarage.com/tutorials/at-commands?page=1 (pristup 10.08.2017.)

11. CINTERION a Gemalto company, „BGS2T Hardware Interface Description“, 2012.

12. SIEMENS - 5TT7 GSM Alarm Modules,
    https://mall.industry.siemens.com/mall/en/tr/Catalog/Products/10036294.
    (pristup 15.08.2017.)

# SAŽETAK

Glavni zadatak ovog diplomskog rada je prikazati programsko rješenje za prijenos alarma GSM tehnologijom u sustavu temeljenom na SIMATIC 1500. Programsko rješenje je izrađeno u softverskom paketu TIA portal uz integraciju AT naredbi u upravljački program. Upravljački program postojećeg sustava upravljanja otpadnim vodama je izmijenjen kako bi podržavao novu metodu prijenosa alarma. Predloženo programsko rješenje šalje informacije o detektiranim alarmima u procesu putem SMS-a korištenjem vanjskog GSM modema. Pojava greške u procesu prouzrokuje aktivaciju alarma. Novo alarmno stanje u procesu se detektira usporedbom trenutnih stanja alarma sa zapisom prethodnih stanja ekvivalentnih alarma. Ukoliko je detektirana promjena u stanju pojedinog alarma, u upravljačkom programu se poziva dodatna funkcija za slanje SMS-a. Programsko rješenje za prijenos alarma osigurava slijednu dojavu svih nastalih alarma bez ometanja rada GSM modema tijekom slanja trenutno aktivnog alarma.

**Ključne riječi:**
alarm, nadzor procesa, SIMATIC 1500, GSM modem, daljinska dojava alarma, SMS

# ABSTRACT

## Software solution for alarm transmitting via GSM technology in SIMATIC 1500 based system

This Master's Thesis demonstrates a software solution for alarm transmitting via GSM technology in SIMATIC 1500 based system. Software solution was implemented using TIA portal and integration of AT commands into it. Software of existing wastewater control system was modified in order to accommodate new method for alarm transmission. Proposed software solution transmits information about detected alarm in the process is via SMS using an external GSM modem. Defined system malfunction will activate corresponding alarm. Alarm state change is detected by comparing the current alarm states with a record of prior states of equivalent alarms. If a change in alarm state is detected, an additional function for SMS sending is called. Software solution for alarm transmission ensures sequential alarm transmission without interrupting GSM modem in its current state of operation.

**Key words:**
alarm, process monitoring, SIMATIC 1500, GSM modem, remote alarm signaling, SMS

# ŽIVOTOPIS

Mateja Hržica rođena je 24. kolovoza 1992. godine u Osijeku. Tijekom školovanja u osnovnoj školi „Mladost“ (1999.-2007.) sudjelovala je na Županijskim natjecanjima iz informatike, Državnim natjecanjima iz tehničke kulture u području strojarstva te na Državnoj smotri LiDraNo, kao i na Revijama hrvatskoga filmskog i videostvaralaštva djece u Čakovcu. Na kraju osmog razreda proglašena je učenicom generacije te trećom „najodlikašicom“ Osječko-baranjske županije.

Po završetku osnovne škole upisuje Elektrotehničku i prometnu školu Osijek, smjer elektrotehničar. Kroz četiri razreda srednje škole sudjelovala je na Županijskim natjecanjima iz fizike, matematike i osnova informatike te Državnom natjecanju iz osnova elektrotehnike i mjerenja u elektrotehnici. Bila je i finalistica natjecanja Najuspješniji tinejdžer Hrvatske. Na kraju svog srednjoškolskog obrazovanja prima nagradu za odličan uspjeh i uzorno vladanje tijekom školovanja te ostvaruje pravo na izravan upis na Elektrotehnički fakultet Osijek.

Godine 2011. upisuje preddiplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu Osijek, a iste te godine postaje Microsoft Student Partner. U akademskoj godini 2012./2013. uručena joj je nagrada tvrtke HEP-a d.o.o. za izvrstan uspjeh tijekom studiranja. S kolegom Markom Pinjuhom 2014. godine osvaja Rektorovu nagradu za izvrstan seminarski rad iz kolegija Osnove električnih strojeva.

Svoje akademsko obrazovanje nastavila je na diplomskom studiju elektroenergetike, izborni blok industrijska elektroenergetika na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. U srpnju 2015. godine putem studentske udruge IAESTE odlazi u Sjedinjene Američke Države na stručnu praksu u trajanju od šest mjeseci koju odrađuje na *Carnegie Mellon Universityju* u Pittsburghu. Tijekom zadnje godine studija odrađuje još dvije stručne prakse u tvrtkama *TEO - Belišće* i *Gideon Brothers*.

Kao Microsoft Student Partner aktivno sudjeluje u raznim projektima te volontira na mnogim događanjima iz STEM područja pa je tako imala priliku biti mentorica na Pyxie Dust Projectu u Osijeku i Zadru te dio organizacijskog i provedbenog tima Internet of Things ljetnog hackathona 2016.

Mateja Hržica