

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Јован Н. Вујасиновић

**ТЕРМИНАЛ ЗА ДАЉИНСКУ КОНТРОЛУ  
ХИБРИДНЕ СТАНИЦЕ ЗА ПУЊЕЊЕ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Београд, 2023

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING

Jovan N. Vujasinović

**Terminal for remote control of hybrid station for  
electric vehicles charging**

DOCTORAL DISSERTATION

Belgrade, 2023

## **Подаци о менторима и члановима комисије**

### **Ментори:**

1. Др Милан Прокин, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. Др Горан Савић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

### **Чланови комисије:**

1. Др Предраг Пејовић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. Др Зоран Чича, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
3. Др Жељко Деспотовић, научни саветник, Универзитет у Београду – Институт Михајло Пупин

Датум одбране:

## Захвалница

Захваљујем се свом коментору, проф. др Милану Прокину, на сарадњи, као и на стручној помоћи и корисним сугестијама током докторских студија и приликом израде ове дисертације.

Посебну захвалност дугујем свом коментору, проф. др Горану Савићу, за изузетну и несебичну стучну помоћ приликом израде ове дисертације, као и приликом припреме скоро свих објављених научних радова.

Такође, захвалност дугујем и проф. др Зорану Чичи и др Жељку Деспотовићу, за активну помоћ током целог истраживања, односно на труду који су уложили за прегледавање дисертације, припрему и рецензију научних радова и конструктивне савете у вези са тим.

Захваљујем се председницима комисија, проф. др Предрагу Пејовићу и проф. др Милану Поњавићу за несебичну помоћ и конструктивне савете.

Захваљујем се, такође, и проф. Др Жељку Ђуришићу за помоћ приликом дефинисања оквира истраживања и приликом припреме научног рада за публикавање, као и проф. др Александру Ракићу за помоћ приликом припреме научног рада за публикавање.

Захвалност дугујем и проф. др Николи Рајаковићу и др. Илији Батас-Бјелићу за значајну помоћ и корисне савете током истраживања и припреме научних радова за публикавање.

Такође, захвалност дугујем и мом колеги Саши Гавриловићу, мојој сестричини Биљани Славуј и мом сину Илији за значајну техничку помоћ приликом припреме ове дисертације.

Велику захвалност дугујем својој супрузи Ивани, на разумевању и моралној подршци током израде ове дисертације, као и нашим синовима Илији, Рељи и Дамјану, који су ме додатно мотивисали да пут истраживања на докторским студијама приведем крају.

Желим да се захвалим и мојим родитељима, Србијанки и Николи, за љубав, пажњу и подршку у периоду мог одрастања и образовања, што је омогућило да стигнем до места на ком сам данас.

Докторску дисертацију посвећујем свом ментору и драгом пријатељу проф. др Славољубу Цаји Марјановићу, ког ћу увек чувати у својим успоменама.

# ТЕРМИНАЛ ЗА ДАЉИНСКУ КОНТРОЛУ ХИБРИДНЕ СТАНИЦЕ ЗА ПУЊЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА

*Сажетак* – У овој докторској дисертацији је описан терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила. Поред напајања из сопствених обновљивих извора електричне енергије, оваква станица је повезана и на електроенергетску мрежу. Терминал омогућава даљинску контролу пуњача електричних возила, паметних батерија, паметних бројила, фискалних каса и евентуално даљинско управљање обновљивим извором електричне енергије и другим уређајима у оквиру објекта. На овај начин се хибридне станице за пуњење електричних возила, чине доступнијим корисницима електричних возила, оператерима електродистрибуције, снабдевача и пореске управе, власницима и корисницима станице итд. Дакле, комуникација и контрола са свим овим уређајима и системима су интегрисане у један уређај. У овом раду је разматрана реализација хардвера и софтвера оваквог терминала. Његов развој и комерцијализација би потенцијално подстакли повећање обима коришћења електричних возила за које се енергија обезбеђује из обновљивих извора, чиме би се смањио степен загађења ваздуха као и негативни ефекти које оно са собом доноси. Разматране су различите категорије овог уређаја. Штавише, иако се ради о уређају са уграђеним софтвером, коришћена је веома напредна метода, односно метода МД развоја, која омогућава брз и ефикаснији развој и одржавање уређаја. Дати су резултати примене ове методе на терминалу за даљинско управљање фискалним касама. Они су упоређени са резултатима развоја терминала за даљинско управљање паметним бројилима без примене ове методе. Урађена је и симулација развоја терминала за даљинско управљање хибридном станицом. Приказани метод се може користити у будућности за бржи и квалитетнији развој уграђеног софтвера.

У овој докторској дисертацији такође је описана и комплетна архитектура система за даљинско управљање хибридне станице за пуњење електричних возила. Величине и комбинације разних компоненти (обновљиви извори, батерије, пуњачи итд.) за различите сврхе (домаћинства, замена постојећих бензинских станица и велики паркинзи у шопинг молловима, јавним гаражама итд.) су такође анализирани. Систем омогућава обједињавање већег броја функционалности које доприносе ефикаснијем коришћењу засебних подсистема, као што су: подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила, подсистем за даљинско управљање паметним батеријама, подсистем за даљинско управљање паметним бројилима и подсистем за даљинско управљање фискалним касама.

Повећање броја електричних возила доводи до потребе за постављањем комерцијалних, као и резиденцијалних станица за пуњење електричних возила. Постављене станице се могу увести у концепт паметног града ради повећања искоришћености станица, квалитета живота, као и остваривања енергетских и економских уштеда. Стога је предложена и IoT архитектура хибридне станице за пуњење електричних возила, која се интегрише у IoT систем паметног града. Предложена IoT архитектура има за циљ увођење стандардизоване интеграције станица за пуњење у IoT систем паметног града чиме би се значајно смањили проблеми интероперабилности и повећала брзина увођења станица у концепт паметног града.

Како је управљање потражњом веома важна тема за хибридне станице за пуњење електричних возила, размотрена је интеграција станице у smart grid. Дата је општа анализа како се може управљати потражњом за електричном енергијом. Показано је и како се управљање потражњом примењује код хибридне станице. Затим је предложен контролер за

управљање станицом на основу fuzzy логике. У овом осетљивом процесу интеграције microgrid into smart grid, анализирано је шта је битно са становишта smart grid, а шта са становишта власника микромреже.

Описана је и примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила. Како терминал омогућава даљинско управљање пуњачима електричних возила, паметним батеријама, паметним бројилима, фискалним касама и евентуално даљинско управљање обновљивим извором електричне енергије и другим уређајима у оквиру објекта, неопходно је дефинисати и разрадити одговарајући алгоритам управљања радом терминала. Стога је разматрана реализација тог управљања применом вештачке интелигенције. На овај начин овакве станице за пуњење електричних возила могу постати потпуно аутономне у свом раду, и дати оптималне резултате, што би подигло њихову доступност корисницима електричних возила.

Кључне речи: пуњачи електричних возила, обновљиви извори енергије, даљинско управљање, IoT, електрична возила, паметан град, управљање потражњом, паметна мрежа, вештачка интелигенција, model-driven development.

Научна област: Техничке науке, електротехника и рачунарство

Ужа научна област: Електроника

# **Terminal for remote control of hybrid station for electric vehicles charging**

Abstract – This doctoral dissertation describes a terminal for remote control of hybrid station for electric vehicles charging. In addition to powering from its own renewable sources of electricity, this station is also connected to the power grid. This terminal enables remote control of electric vehicle chargers, smart storage batteries, smart electricity meters, cash registers, as well as, remote control of renewable energy sources and other devices within the station. In this way, hybrid stations for electric vehicles charging are made more accessible to electric vehicles users, to electricity distribution system operators, to supplier operators, to tax administration operators, and finally to users and owners of station for electric vehicles charging. Thus, communication and control of all these devices and systems are integrated into one device. In this dissertation, the realization of hardware and software of such terminal has been also described. Its development and commercialization would potentially encourage an increase in the use of electric vehicles powered by energy from renewable sources, which would decrease the level of air pollution as well as the negative effects it brings. Different categories of this device are considered. Moreover, although it is a device with embedded software, a very advanced method was used, that is, a model-driven development method, which enables fast and more efficient development and maintenance of the device. The results of the application of this method to the terminal for remote control of fiscal cash registers are provided. They were compared with the results of the development of the terminal for remote control of smart meters without applying this method. A simulation of the development of the terminal for remote control of the station is also provided. The presented method can be used in the future for faster and better-quality development of embedded software.

In this doctoral dissertation, architecture of system for remote control of hybrid station for electric vehicles charging is also presented. Sizes and combinations of various components (renewable sources, batteries, chargers etc.) for different purposes (households, existing petrol stations replacements and large parking slots in shopping malls, public garages etc.) are also considered. This system allows integration of many different functionalities which contribute to more efficient utilization of several different subsystems: subsystem for remote control of electric vehicle chargers, subsystem for remote control of smart storage batteries, subsystem for remote control of smart electricity meters and subsystem for remote control of cash registers.

The market share of electric vehicles is growing rapidly. As a consequence of this trend, there is a great need for commercial and private stations for electric vehicles charging. The installed stations can be introduced into a smart city environment for increasing the usage of stations, achieving energy and cost savings, and increasing the quality of life in the community. Thus, it is proposed station for electric vehicles charging that integrates in the smart city environment. Proposed IoT based architecture aims to standardize the integration of stations into smart city concept. In this way, the interoperability problems would be significantly decreased and the integration process would be easier and faster.

As demand management is a very important topic for hybrid station for electric vehicles charging, the integration of the station into the smart grid is also considered. A general analysis of how electricity demand can be managed is given. It is also shown how demand management is applied at the charging station for electric vehicles. A controller based on fuzzy logic was then proposed. In this sensitive process of microgrid integration into a smart grid, what is important from the point of

view of a smart grid and what is important from the point of view of the owner of a microgrid is analyzed.

It is also described the application of artificial intelligence to a terminal for remote control of a hybrid charging station for electric vehicles. As the terminal enables remote control of electric vehicle chargers, smart batteries, smart meters, fiscal cash registers and possibly remote control of a renewable source of electricity and other devices within the facility, it is necessary to define and develop a suitable algorithm for managing the operation of the terminal. In this paper, the realization of that management using artificial intelligence is discussed. In this way, these electric vehicle charging stations become completely autonomous in their work, and provide optimal results, which increases their availability to electric vehicle users.

**Key words:** electric vehicles chargers, renewable energy sources, remote control, IoT, electric vehicles, smart city, demand side management, smart grid, artificial intelligence, model-driven development.

Scientific area: technical sciences, electrical engineering and computer science

Specific scientific area: electronics



# Садржај

Садржај .....	vii
Листа слика.....	ix
Листа Табела.....	xi
Листа најважнијих скраћеница/појмова .....	xii
1    Увод.....	1
2    Преглед стања технике .....	5
3    Архитектура и димензионисање система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила.....	7
3.1    Архитектура система .....	7
3.2    Опис подсистема .....	8
3.3    Подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила .....	8
3.4    Подсистем за даљинско управљање паметним батеријама .....	9
3.5    Подсистем за даљинско управљање паметним бројилима .....	11
3.6    Подсистем за даљинско управљање фискалним касама .....	12
3.7    Типови пуњача из обновљивих извора и батерија.....	13
3.8    Категорије станица .....	14
3.9    Димензионисање резиденцијалне станице .....	15
4    Увођење IoT у станицу за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора енергије.....	19
4.1    Класе терминала.....	20
4.2    Телекомуникациони аспекти система.....	21
4.3    Комуникациони протоколи система .....	23
4.4    Увођење IoT у станицу за пуњење електричних возила .....	25
5    Управљање потражњом и интеграција хибридне станице за пуњење електричних возила у паметну мрежу .....	27
5.1    Општа анализа и одговор потражње .....	28
5.2    Управљање потражњом код станице .....	29
5.3    Интеграција станице у паметну мрежу.....	30
5.4    Fuzzy контролер .....	31
6    Примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила.....	36
6.1    Вештачка интелигенција .....	37
6.2    Машинско учење.....	39
6.3    Примена вештачке интелигенције на терминал.....	39
7    МД развој терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила .....	42
7.1    Хардвер терминала .....	43

7.2	Варијанте реализације хардвера терминала .....	45
7.3	Електрична шема Light терминала .....	46
7.4	Електрична шема Standard терминала .....	53
7.5	Електрична шема Extended терминала .....	64
7.6	Софтвер терминала .....	71
7.7	Драјвери .....	73
7.8	Потпрограми за извршење процеса.....	75
7.9	Резултати и дискусија.....	80
8	Закључак .....	107
	Литература.....	110
	Биографија аутора.....	115
	Изјава о ауторству.....	118
	Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада.....	119
	Изјава о коришћењу.....	120

## Листа слика

Слика 3-1 Блок шема архитектуре система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила [30] .....	7
Слика 3-2 Подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила [31] .....	9
Слика 3-3 Подсистем за даљинско управљање паметним батеријама [31] .....	10
Слика 3-4 Подсистем за даљинско управљање паметним бројилима [31] .....	11
Слика 3-5 Подсистем за даљинско управљање фискалним касама [31] .....	12
Слика 3-6 Резиденцијална станица за пуњење електричних возила [30] .....	15
Слика 3-7 Димензионисање станица за пуњење електричних возила – дијаграм [30] .....	15
Слика 4-1 Увођење IoT у хибридную станицу за пуњење електричних возила- употреба Light терминала [38] .....	19
Слика 4-2 DLMS/COSEM клијент модел за комуникацију Light терминала [38] .....	24
Слика 4-3 DLMS/COSEM сервер модел за комуникацију Light терминала [38] .....	25
Слика 5-1 Интеграција хибридне станице за пуњење електричних возила у паметну мрежу [36] .....	27
Слика 5-2 Функција чланства за SOC батерије [36] .....	32
Слика 5-3 Функција чланства за број EV [36] .....	32
Слика 5-4 Fuzzy контролер [36] .....	33
Слика 5-5 Алгоритам имплементације fuzzy логике [36] .....	34
Слика 6-1 Примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила [48] .....	36
Слика 7-1 Илустрација МД развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила [31] .....	42
Слика 7-2 Блок шема хардвера терминала [31] .....	44
Слика 7-3 Електрична шема Light терминала – лист 1 [12] .....	47
Слика 7-4 Електрична шема Light терминала – лист 2 [12] .....	48
Слика 7-5 Електрична шема Light терминала – лист 3 [12] .....	49
Слика 7-6 Електрична шема Light терминала – лист 4 [12] .....	50
Слика 7-7 Електрична шема Standard терминала – лист 1 .....	53
Слика 7-8 Електрична шема Standard терминала – лист 2 .....	54
Слика 7-9 Електрична шема Standard терминала – лист 3 .....	55
Слика 7-10 Електрична шема Standard терминала – лист 4 .....	56
Слика 7-11 Електрична шема Standard терминала – лист 5 .....	57
Слика 7-12 Електрична шема Standard терминала – лист 6 .....	58
Слика 7-13 Електрична шема Standard терминала – лист 7 .....	59
Слика 7-14 Електрична шема Standard терминала – лист 8 .....	60
Слика 7-15 Електрична шема Standard терминала – лист 9 .....	61
Слика 7-16 Електрична шема Extended терминала – лист 1 .....	64
Слика 7-17 Електрична шема Extended терминала – лист 2 .....	65
Слика 7-18 Електрична шема Extended терминала – лист 3 .....	66
Слика 7-19 Електрична шема Extended терминала – лист 4 .....	66
Слика 7-20 Електрична шема Extended терминала – лист 5 .....	67
Слика 7-21 Електрична шема Extended терминала – лист 6 .....	68
Слика 7-22 Електрична шема Extended терминала – лист 7 .....	69
Слика 7-23 Главни програм [31] .....	71
Слика 7-24 Потпрограм прекида тајмера [31] .....	74
Слика 7-25 Потпрограм серијског прекида [31] .....	75
Слика 7-26 Дијаграм стања процеса рада комплетног Z извештаја [31] .....	77
Слика 7-27 Алгоритам потпрограма РадКомплетногZИзвештаја [31] .....	79

Слика 7-28 Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима .....	81
Слика 7-29 Уверење о одобрењу типа мерила за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима .....	82
Слика 7-30 MID сертификат за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима .....	83
Слика 7-31 DLMS/COSEM сертификат за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима .....	84
Слика 7-32 IDIS сертификат за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима .....	85
Слика 7-33 Extended терминал за даљинско управљање паметним бројилима .....	86
Слика 7-34 Light терминал за даљинско управљање фискалним касама применом методе МД развоја [12] .....	86
Слика 7-35 Уверење о испуњености техничких и функционалних карактеристика терминала за даљинско читавање фискалне касе .....	87
Слика 7-36 График примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама и поређење са резултатима развоја терминала за даљинско управљање паметним бројилима без примене ове методе .....	88
Слика 7-37 График примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама у периоду одржавања – укупно .....	90
Слика 7-38 График симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-максимално време .....	91
Слика 7-39 График симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-минимално време .....	92
Слика 7-40 График симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-оптимално време .....	93
Слика 7-41 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – максимално време .....	94
Слика 7-42 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – минимално време .....	95
Слика 7-43 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – оптимално време .....	96
Слика 7-44 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице и поређење са резултатима развоја таквог терминала без примене ове методе-оптимално време .....	97
Слика 7-45 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање хибридном станицом у периоду одржавања – укупно .....	98
Слика 7-46 Монокристални соларни панели [84] .....	99
Слика 7-47 Трофазни хибридни инвертор [85] .....	99
Слика 7-48 Батерија [86] .....	100
Слика 7-49 Пуњач електричних возила [87] .....	100
Слика 7-50 Соларни ресурс (синтетизовани подаци) .....	101
Слика 7-51 Профил оптерећења .....	101
Слика 7-52 Преглед месечне средње вредности коришћења енергије .....	102
Слика 7-53 Излазне вредности снаге фотонапонских панела .....	103
Слика 7-54 Хистограм фреквенције .....	103
Слика 7-55 Месечна статистика напуњености батерије .....	103
Слика 7-56 Стање пуњења батерије .....	104
Слика 7-57 Излазна снага инвертора .....	104
Слика 7-58 Излазна снага исправљача .....	104

## Листа Табела

Табела 7-1 Резултати примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама и поређење са резултатима развоја терминала за даљинско управљање паметним бројилима без примене ове методе [31] .....	88
Табела 7-2 Резултати примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама током периода одржавања за сваку верзију софтвера [31] .....	89
Табела 7-3 Резултати примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама у периоду одржавања – укупно [31].....	89
Табела 7-4 Резултати симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-максимално време .....	90
Табела 7-5 Резултати симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-минимално време .....	92
Табела 7-6 Резултати симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-оптимално време .....	93
Табела 7-7 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – максимално време [31] .....	94
Табела 7-8 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – минимално време.....	95
Табела 7-9 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – оптимално време.....	96
Табела 7-10 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице и поређење са резултатима развоја таквог терминала без примене ове методе-оптимално време .....	97
Табела 7-11 Соларни ресурси.....	101
Табела 7-12 Компоненте коришћене енергије .....	102
Табела 7-13 Компоненте потрошње .....	102
Табела 7-14 Фотонапонски панели.....	102
Табела 7-15 Карактеристике батерије .....	103
Табела 7-16 Статистика рада трофазног хибридног инвертора.....	104
Табела 7-17 Мрежа – дневна тарифа .....	105
Табела 7-188 Мрежа – ноћна тарифа.....	105
Табела 7-199 Мрежа - укупно .....	106

## *Листа најважнијих скраћеница/појмова*

- EV – електрична возила
- МД развој (model-driven development) – развој вођен моделом, развој помоћу модела
- ИКТ – информационо комуникационе технологије
- IoT (Internet of Things) – Интернет ствари
- DLMS/COSEM (Device Language Message Specification/Companion Specification for Energy Metering) - протокол за комуникацију са бројилом
- WiFi (Wireless Fidelity) - технологија бежичног умрежавања за приступ Интернету
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) - Протокол за пренос хипертекста
- ЕЕС – електроенергетски систем
- ОИЕ – обновљиви извори енергије
- ЕФГ – електране на фосилна горива
- PVE – фотонапонске електране
- BE – ветроелектране
- TE – термоелектране
- XE – хидроелектране
- BE – биогасне електране
- Smart Phone Application - Апликација за паметне телефоне
- Data – подаци
- Power – снага
- EVC – пуњач електричног возила
- Meter – бројило
- Cell Service – Мобилни сервис
- Internet (land) connection – Интернет (копнена) веза
- Electric Utility – Електродистрибуција
- Network Administrator – Мрежни администратор
- Cloud – глобална мрежа удаљених сервера која функционише као јединствен екосистем
- Transaction Processor – Процесор трансакција
- Mesh мрежа – мрежа у којој су сви уређаји, односно чворови, повезани заједно, гранајући се ка другим уређајима, односно чворовима
- Mfg/Service Center – платформа за кориснике пуњача електричних возила
- Bank – Банка
- AMI center (Advanced Metering Infrastructure center) – информациони систем оператера електродистрибутивног система
- WAN (Wide Area Network) – мрежа широког региона
- GSM/GPRS (Global Systems for Mobile Telecommunications/General Packet Radio Service) – стандард за комуникацију преко мобилних мрежа
- MOBILE OPERATOR – мобилни оператер
- CONCENTRATOR – концентратор
- PLC (Power Line Communication) – комуникација путем линија за напајање
- MV/LV (middle voltage/low voltage) transformer station – средње напонска/ниско напонска трансформаторска станица
- TAX ADMINISTRATION Main or Regional Headquarters – Пореска управа главно или регионално седиште
- Tax Administration – Пореска управа
- FTP server (file transfer protocol server) – стандардни мрежни протокол који се користи за пренос датотека
- Intranet – приватна затворена мрежа

Expert software – Стручни софтвер  
 Existing link – Постојећа веза  
 GPRS node Operator – оператер чвора мобилне мреже  
 VPN GPRS network (Virtual Private Network GPRS network) – мобилна виртуална приватна мрежа  
 FCR Terminal (Fiscal Cache Register Terminal) – терминал фискалне касе  
 Charger for el. Vehicle – Пуњач електричног возила  
 Smart Battery – Паметна батерија  
 Renewable source – Обновљиви извор  
 Smart Meter – Паметно бројило  
 Smart grid – паметна мрежа  
 Smart cities – паметни градови  
 Smart home – паметна кућа  
 Smart energy management – паметно управљање енергијом  
 Other devices – Остали уређаји  
 Terminal – Терминал  
 User access – Приступ корисника  
 Smart city platform – Платформа паметног града  
 AP 1 – Приступна тачка 1  
 AP 2 – Приступна тачка 2  
 AP n – Приступна тачка n  
 Protocol converter – Конвертер протокола  
 Transport layer (TCP,UDP) (Transmission Control Protocol, User Datagram Protocol) – Транспортни слој  
 IP layer (Internet Protocol) – интернет протокол  
 DL and Phy layer (WiFi) (Data Layer Phy layer (WiFi)) – слој података и физички слој WiFi  
 DL and Phy layer (4G/5G) (Data Layer Phy layer (4G/5G)) – слој података и физички слој 4G/5G  
 Electricity Price – Цена електричне енергије  
 EV smart charging (mamdani) – паметно пуњење електричних возила  
 Insolation – insolација, osunčanost, изложеност Сунцу  
 ProducedEnergy – произведена енергија  
 SOC3 – системска и организациона контрола 3  
 NoCars – Број возила  
 CarEnergy – Енергија возила  
 Windspeed – Брзина ветра  
 Real-time or predicted data – Подаци у реалном времену или предвиђени подаци  
 Insolation, price of electrical energy, temperature, wind speed, SOC and NoCars – инсолација, цена електричне енергије, температура, брзина ветра, системска и организациона контрола и број возила  
 Fuzzification – фузификација  
 Rule base – База правила  
 Defuzzification – дефузификација  
 Results, numerical values connected with decisions about – Резултати, нумеричке вредности повезане са одлукама о  
 Produced energy – Произведена енергија  
 store energy – складиштити енергију  
 charge EV – пунити електрична возила  
 sell energy to the network – продати енергије мрежи

shift charging – померити пуњење  
sell energy from EV – продати енергију из електричних возила  
in-circuit – у електричном колу  
push механизам – механизам редовног иницирања слања (гурања) података  
single board компјутер – компјутер на једној плочи  
touch screen – екран који је у исто време и екран и тастатура која реагује на додир  
Clearness index – индекс прегледности  
Daily Radiation – дневна радијација  
Load Profile – профил оптерећења  
Hour – сат  
Demand – оптерећење  
Monthly Average Electric Production – средња вредност месечне производње електричне енергије  
PV Output – излаз соларних панела  
Hour of Day – сати у току дана  
Frequency Histogram – хистограм фреквенције  
Monthly Statistics – месечна статистика  
SOC – State of Charge – стање напуњености  
Battery Bank State of Charge – стање напуњености батерије  
Inverter Output Power – излазна снага инвертера  
Rectifier Output Power – излазна снага исправљача



# 1 Увод

Присутна је стална тенденција повећања броја произведених електричних возила и повећања обима њихове употребе, како би се смањило загађење ваздуха које је узроковано емисијом продуката сагоревања возила на дизел и бензински погон, и редуковале штетне последице које оно са собом доноси. Процене су да ће у неким од најмногољуднијих земаља на свету, чије су економије уједно и међу најбрже растућим, број продатих аутомобила да се до 2030. године скоро удесетостручи у односу на 2016. годину. Примера ради, 2016. године је у Индији продато око 21 милион возила, док се очекује да број продатих возила 2030. године достигне број од око 200 милиона [1]. Повећано загађење ваздуха доводи и до повећаних здравствених проблема становништва, као и до повећања броја смртних случајева. Да би коришћење електричних аутомобила заиста допринело смањењу загађења ваздуха, неопходно је да и електрична енергија која се користи за пуњење електричних возила буде произведена из извора који не загађују животну средину, тј. из обновљивих извора. Стога, решење за описане проблеме загађења ваздуха се превасходно огледа у повећању коришћења обновљивих извора енергије, и повећаном обиму употребе електричних возила, за које би се електрична енергија производила из обновљивих извора. Дакле, добијање енергије из обновљивих извора (хидроелектране, ветроелектране, фотонапонске електране, солар-термалне електране) има све већи значај. С тим у вези, владе многих држава су се обавезале да наредних година и деценија редукују емисију угљен диоксида у атмосферу, смањењем коришћења фосилних горива. Паралелно са тим процесом, како би се задовољиле и даље растуће потребе за енергијом, повећаваће се удео енергије добијене из обновљивих извора. Цене компонената које су саставни део електрана за неке од обновљивих извора енергије опадају због све већих улагања у развој технологија за њихову производњу. Тиме и цена киловат-часа електричне енергије произведене из обновљивих извора енергије постаје све конкурентнија цени киловат-часа електричне енергије добијене из електрана које користе фосилна горива.

Стога и развој инфраструктуре за пуњење електричних возила постаје императив, првенствено кроз константно повећање броја станица за пуњење електричних возила које се напајају из обновљивих извора електричне енергије [2]. Захваљујући IoT технологији, станице за пуњење електричних возила постају интегрални део концепта паметних градова. На тај начин, станице за пуњење електричних возила на обновљиву енергију интегришу се у један већи систем, чиме се повећава њихова доступност корисницима електричних возила, електродистрибуцијама, добављачима и пореским управама, као и власницима и корисницима станица за пуњење електричних возила. Оваква интеграција повећава ефикасност коришћења електродистрибутивне мреже и штеди време и новац, и генерално доводи до повећања квалитета живота. Једна од најважнијих карактеристика оваквог система је даљинско управљање станицом за пуњење електричних возила. Даљинско управљање омогућава управљање поменутиим уређајима из једног центра. На пример, контрола свих паметних бројила из једног центра омогућава оператеру дистрибуције да управља електричном мрежом на страни потрошње, што је постало неопходност због појаве великог броја малих и средњих извора електричне енергије, као и електричних возила. Контрола свих паметних батерија из једног центра омогућава добављачу да оптимизује трговину електричном енергијом и постигне веће приносе. Контрола свих фискалних каса из једног центра омогућава пореској управи да лако и брзо прати наплаћени порез и смањи утају пореза. Контрола свих EV пуњача из једног центра омогућава власницима електричних возила да имају правремене информације о оптималном месту за пуњење својих возила. Поред тога, даљинско управљање омогућава власницима станица да њиме управљају у реалном времену где год да се налазе. Кључни уређај у овом систему је терминал за даљинску контролу хибридних станица за

пуњење електричних возила. У овој докторској дисертацији је приказана реализација овог терминала. Наравно, дат је и опис комплетног система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила.

Технички услови за овај терминал су да омогући даљинско читавање свих регистара, даљинско подешавање свих параметара и покретање свих могућих радњи у EV пуњачима, паметним батеријама, паметним бројилима и фискалним касама од стране корисника електричних возила, оператера дистрибуције електричне енергије, добављача и пореске управе, као и за власнике и кориснике станица за пуњење електричних возила. За паметна бројила постоје регистри активне енергије и реактивне енергије, профила оптерећења, максималне снаге, квалитета електричне енергије, евиденције догађаја и сл., параметри тарифних политика, ограничења снаге и сл. и акције прикључења или искључења потрошача и сл. За паметне батерије постоје регистри статуса капацитета, профил наплате и сл., параметри режима рада (пуњење/пражњење), дозвола (дозвола/забрана пуњења), цена енергије итд. радње пуњења батерије из мреже, пражњења батерије у мрежу, пуњења батерије из обновљивих извора и преноса енергије из обновљивих извора у мрежу. За EV пуњаче постоје регистри укупно потрошене енергије, дневно потрошене енергије, профил наплате итд., параметри ограничења максималне потрошње током дана, цена енергије, режим рада (пуњење/пражњење), и дозвола (дозвола/забрана наплате), итд. За фискалне касе постоје регистри промета, ресетовања и сл. и параметри пореских стопа, артикала, цена, благајника итд. Поред тога, напредна функционалност терминала је аутоматски режим операција у којој терминал доноси одлуке о томе шта да ради са батеријом, пуњачем и обновљивим изворима енергије у зависности од променљивих улаза (тренутна цена енергије, тренутна потрошња енергије, тренутна производња енергије, итд.).

Системска свеобухватна безбедносна архитектура мора да понуди ИКТ основу за заштиту података и функционалност у свим сегментима комуникационе мреже, од EV пуњача, паметних батерија, паметних бројила и фискалних каса до корисника електричних возила, оператера дистрибуције електричне енергије, добављача, и пореске управе, као и власницима и корисницима станица за пуњење електричних возила. Иако постоји много детаља за имплементацију система, имплементација безбедносне инфраструктуре је веома слична оној код других високо безбедних ИКТ инфраструктура (као што су банкарство, осигурање, влада, итд.), и неопходно је користити индустријски стандард и тестиране безбедносне елементе и решења. На основу радио технологија, терминали стварају mesh мрежу. Пре него што добије приступ информационој инфраструктури, сваки терминал који се придружује mesh мрежи мора прво да докаже свој идентитет. Extensible Authentication Protocol (EAP), RADIUS и IEEE 802.1к су само неколико примера отворених протокола који се могу искористити до свог пуног потенцијала за јаку аутентификацију чвора. Шифровање слоја везе мора да се користи у архитектури мреже. Терминали морају да имплементирају безбедносни слој апликације који, у најмању руку, испуњава пакет #0 стандарда DLMS COSEM (AES GCM 128). Систем за управљање криптографским кључевима је неопходан за терминале који садрже криптографске кључеве за аутентификацију, шифровање, интегритет или друге криптографске операције. Овај систем мора понудити довољну разноликост кључева и одговарајућу заштиту за криптографске материјале.

Један од великих проблема увођења станица за пуњење у систем паметног града је недостатак стандарда који би јединствено дефинисали комуникацију станице за пуњење са IoT платформом паметног града нарочито имајући у виду разноврсност уређаја унутар станице (паметна бројила, пуњачи, ...) и тренутно стање стандардизације њихове комуникације. У оквиру ове дисертације предложена је IoT архитектура станице за пуњење која треба да подржи стандардизован приступ који би омогућио унификовано повезивање станица за пуњење на IoT платформу паметног града, чиме би се омогућила брза експанзија и интеграција станица за пуњење у концепт паметног града. Тиме би се превазишао и проблем

интероперабилности како постојећих уређаја, тако и будућих уређаја који се користе у оквиру станица за пуњење. Предложено решење треба да подржи како комерцијалне и индустријске станице за пуњење, тако и резиденцијалне (домаћинства) чиме би интеграција у концепт паметног града била потпуна.

У последње време сведоци смо феномена да многа домаћинства практично постају станице за пуњење електричних возила, које се напајају из обновљивих извора енергије. Ово се дешава из два разлога. Први разлог је тај што, осим што прелазе на електричне аутомобиле, власници уграђују пуњаче у своје домове. Други разлог је што све више домаћинстава постају прозјумери, односно истовремено и купци и произвођачи електричне енергије. Сваки корисник може код куће да угради соларне панеле или ветрогенераторе како би не само производио и користио произведену електричну енергију за сопствене потребе већ и да би, у случају вишкова, имао право да уђе на тржиште, прода електричну енергију и добије надокнаду за то. Ово омогућава кориснику да самоиницијативно смањи своје трошкове и повећа приход. Корисници такође имају могућност да се удружују или оснивају локалне енергетске заједнице, које би окупиле више корисника и тиме истовремено задовољиле сопствене потребе за електричном енергијом и биле конкурентније на тржишту при продаји вишка производње. Агрегатори су учесници на тржишту који комбинују потрошњу или производњу електричне енергије од више корисника и тргују њом на тржишту.

Потражња за електричном енергијом значајно варира не само на сезонском нивоу, већ и на дневном нивоу. Да би се обим производње електричне енергије ускладио са потражњом, неопходно је да се производња електричне енергије повећава или смањује у складу са повећањем или смањењем обима потражње [3], што подразумева укључивање додатних извора електричне енергије у систем (нпр. обновљивих извора енергије или енергије која је ускладиштена у батеријама). Укључивање додатних извора електричне енергије у систем, само да би се покрили периоди повећане потражње за електричном енергијом може узроковати нестабилност електроенергетског система, свакако доводи до повећаних трошкова, а поред свега тога и даље постоје значајни изгледи да се не постигне потпуно подмиривање потражње за електричном енергијом [4]. Такође, уколико се повећање производње електричне енергије остварује укључивањем додатних извора електричне енергије као што су термоелектране, то доводи до повећане емисије угљендиоксида у атмосферу, што има за последицу интензивирање нежељених климатских промена. Из наведених разлога се јавила потреба за управљањем потражњом за електричном енергијом.

Управљање потражњом за електричном енергијом обухвата низ активности које утичу на потрошњу електричне енергије. Те активности [5] укључују контролу и модификацију начина коришћења енергије (нпр. повећање енергетске ефикасности, штедња електричне енергије, складиштење вишка електричне енергије када се он појави), као и контролу и модификацију начина понашања које утиче на потражњу за електричном енергијом (нпр. усвајање одговарајућих закона и прописа, образовање, промоција и подстицање смањења потражње за електричном енергијом у периодима када је она највећа, промоција и подстицање повећања потражње за електричном енергијом у периодима када је она најмања).

Највећи утицај на појаву потребе да се управља потражњом за електричном енергијом су имале велике енергетске кризе. Прва велика енергетска криза је наступила 1973. године као последица арапско-израелског рата. Тада се цена сирове нафте четворостручила, што је довело до рецесије у западним економијама. Тада се први пут јасно развила свест о потреби управљања енергијом и почела су и прва разматрања управљања потражњом за електричном енергијом. Као резултат усвојени су и први правни акти с тим у вези у Сједињеним Америчким Државама. До друге енергетске кризе је дошло 1979. године, када је најпре Исламска револуција у Ирану, а годину дана касније и избијање ирачко-иранског рата довело до значајног пада производње сирове нафте, што је за последицу имало скоро троструко повећање цене сирове нафте. Значајни утицај на тржиште сирове нафте је имао и Заливски рат

1990. године. Да би се избориле са последицама енергетских криза, Сједињене Америчке Државе су усвојиле Закон о енергетској политици 1992. године, којим се наглашава важност повећања енергетске ефикасности, уштеде и складиштења енергије, као и значај управљања енергијом. Тада се први пут истиче и значај коришћења обновљивих извора енергије. Коначно, након кризе са електричном енергијом 2001. године у Калифорнији, управљање потражњом за електричном енергијом се наметнуло као императив, и од тада привлачи све више пажње.

Значај ових техника додатно долази до изражаја са масовном применом обновљивих извора електричне енергије и све већом употребом електричних возила. Самим тим, јавља се и потреба за управљањем потражњом код станица за пуњење електричних возила, посебно још ако се напајају из обновљивих извора електричне енергије.

Процес управљања може бити заснован и на примени напредних алгоритама вештачке интелигенције, чија је примена на терминал за даљинску контролу станице за пуњење електричних возила такође дискутована у овом раду.

Популарност електричних аутомобила временом расте. У неким земљама број електричних возила расте из године у годину. Међутим, тржиште електричних возила у неким другим земљама је још увек у настајању, о чему сведочи недостатак инфраструктуре за пуњење возила или незнатна потражња за таквим услугама на локацијама где је таква инфраструктура већ успостављена, а да не говоримо о оскудној продаји електричних возила [6]. Стога је развој инфраструктуре и услуга за пуњење возила и интеграција обновљивих извора енергије у систем од великог значаја за даљи развој индустрије електричних возила.

Горивне ћелије такође играју значајну улогу у примени за погон аутомобила због својих предности високе ефикасности, велике густине снаге на ниским температурама, брзог покретања и нултог загађења [7].

Због повећања броја електричних аутомобила, последњих година неколико пута су повећане цене материјала неопходног за производњу батерија. То је разлог зашто рециклажа батерија постаје све важнија и веома популарна јер није свака ћелија у коришћеној батерији већ испунила услове за крај свог века и још увек се може користити у наредне сврхе.

У периоду дужем од двадесет година, аутор је радио и водио развој, истраживање и имплементацију многих производа из области даљинског управљања разним уређајима из области система паметних мерења, паметних градова, паметних кућа, паметне мреже и паметног управљања енергијом уопште. За ово време реализовани су паметна електрична бројила и терминали за даљинско управљање паметним бројилима у разним варијантама. Ови производи су сертификовани у признатим међународним лабораторијама и имплементирани широм света. Поред тога, реализовани су и терминали за даљинско управљање фискалним касама, информациони систем за даљинско управљање паметним бројилима, као и информациони систем за надзор и аутоматску контролу пуњења батерија. Ови производи су сертификовани у националним лабораторијама и имплементирани у Србији. Поред тога, урађена је и симулација рада терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила. Ова дисертација садржи наведене резултате и искуства.

Ова докторска дисертација има следећу структуру. Преглед стања технике је представљен у одељку 2. У делу 3 је описана архитектура система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила које се напајају из обновљивих извора енергије и/или електроенергетске мреже. Одељак 4 садржи опис увођења IoT у станицу. Управљање потражњом и интеграција хибридне станице у паметну мрежу су описани у одељку 5. Примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице је представљена у одељку 6. Одељак 7 садржи опис МД развоја (МД развој (model-driven development) – развој вођен моделом, развој помоћу модела) терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, као и резултате и дискусију. Закључак је дат у одељку 8.

## 2 Преглед стања технике

У погледу постојећих решења система за даљинску контролу хибридних станица за пуњење електричних возила, вреди истаћи да се углавном могу наћи слични системи за управљање енергијом код индустријских и комерцијалних потрошача [8], односно паметних зграда [9]. Овакви системи обично садрже пуњаче за електрична возила, паметна бројила и обновљиве изворе енергије праћене системима за паметно управљање батеријама и разрадом алгоритама за уштеду електричне енергије [9].

Могу се наћи и радови који се баве појединачним подсистемима. Па тако, радови [10, 11] приказују анализу хардвера и софтвера терминала за систем за даљинску контролу бројила, док радови [12, 13] приказују анализу хардвера и софтвера за систем за даљинску контролу фискалних каса, док радови [14-19] дају анализу система за контролу пуњача електричних возила. Рад [20] пружа преглед радова који се баве системима и терминалима за даљинску контролу станица за пуњење електричних возила напајаних из соларних електрана. Референца [21] приказује систем за даљинску контролу паметних батерија.

Могу се наћи радови који се баве методом МД развоја софтвера (model-driven development), односно објектно оријентисаним начином програмирања embedded софтвера иако нису чести. Ова метода ставља акценат на развој софтвера помоћу модела, односно развој софтвера вођен креирањем модела. И примена у пракси још увек није честа због мање контроле програмера над брзином извршавања и количином програмске и радне меморије потребне за рад тако добијеног софтвера, што је код embedded софтвера веома битно. Рад [22] пружа модел за објектно оријентисано програмирање који је примењен у аутомобилској индустрији. Рад [23] говори о тренду да embedded развој софтвера прелази са традиционалног програмирања на МД развој, и зашто је то важно у смислу обезбеђивања квалитета embedded софтвера. Рад [24] разрађује проверу усаглашености протокола коришћењем софтверског модела, анализирајући примену методе МД развоја на embedded системе.

Оптимизирана локална енергетска заједница са различитим типовима потрошача (кућни, комерцијални и индустријски), а сваки од њих је опремљен фотонапонским панелом и батеријским системом је приказана у [25]. Финансијске и економске користи у вези са управљањем електричним возилима у технологијама од возила до зграда (V2B), од возила до куће (V2H) и од возила до мреже (V2G) представљене су у [26]. Све већи продор електричних возила може да представља неколико изазова за електроенергетске системе, посебно за дистрибутивне системе, због увођења значајног неизвесног оптерећења, што се може решити методама кластерисања [27]. У складу са случајношћу производње фотонапонске енергије и EV пуњења, способност динамичког одзива, способност подршке за напајање, ефективно време конвергенције, стабилност система, стопа кварова система и друге карактеристике регионалних оптерећења су свеобухватно анализирани, и модел управљања енергијом у мрежи EV пуњача и дистрибуираних соларних електрана је предложен, док ће, према одређеним статистичким карактеристикама, дистрибуиране соларне електране бити концентрисане, а EV пуњење ће бити приоритетно за постизање потрошње у близини [28]. Сензор дубине ZED 2i се може користити у апликацији за аутоматско пуњење EV заснованој на роботу ради даљег побољшања [29].

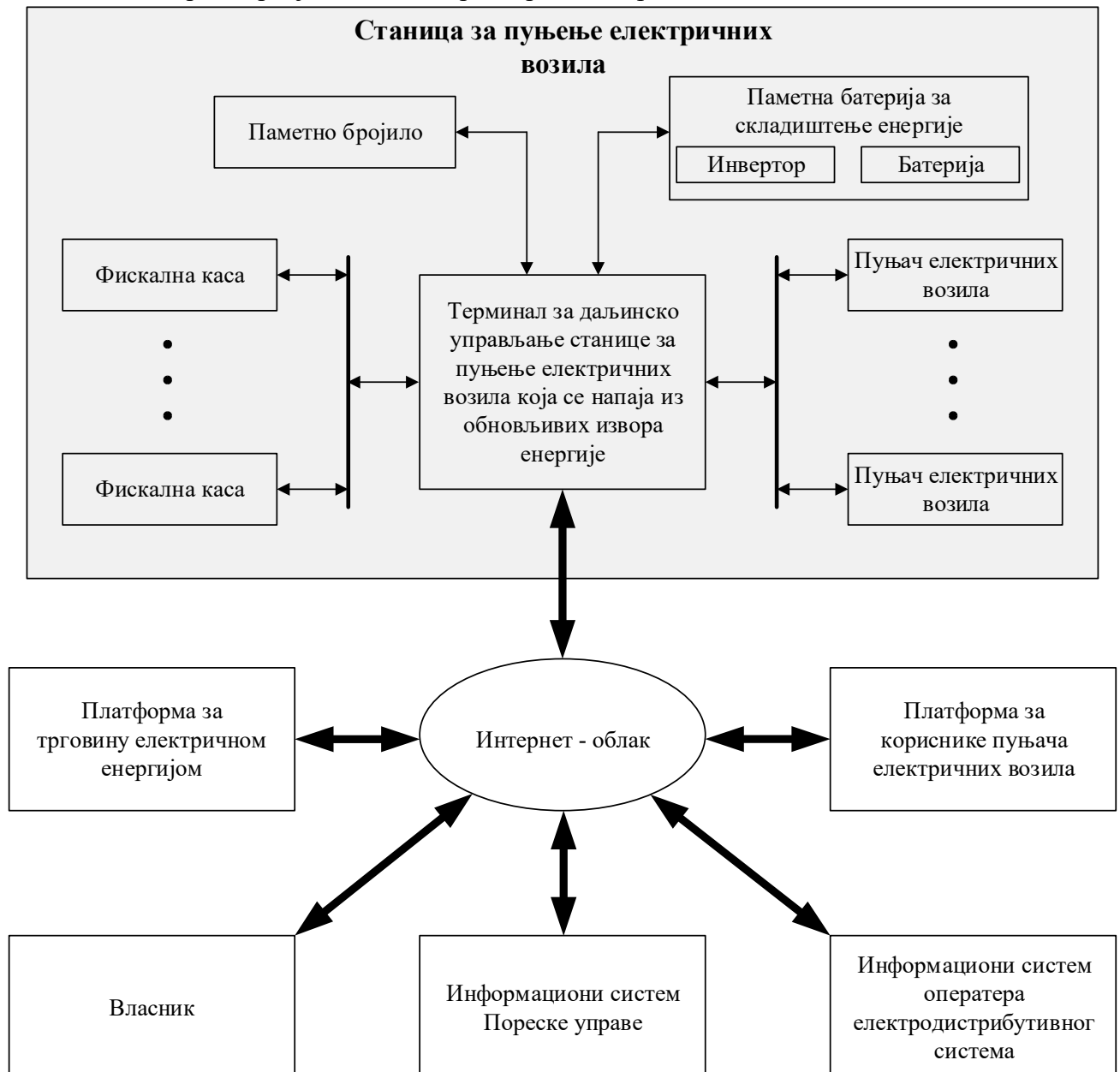
Дакле, отворена питања су пројектовање обједињеног система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила, које се напајају из обновљивих извора електричне енергије и развој обједињеног терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење

електричних возила. Приликом решавања ова два питања, простори за побољшање су у категоризацији самих станица, односно терминала, као и развој софтвера коришћењем МД методе.

### 3 Архитектура и димензионисање система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила

#### 3.1 Архитектура система

У овом поглављу су изложени архитектура и димензионисање система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила, при чему су резултати овог дела дисертације објављени у [30] и [31]. На слици 3-1 [30] је приказана блок шема архитектуре система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила, које се напајају из обновљивих извора енергије и/или електроенергетске мреже.



Слика 3-1 Блок шема архитектуре система за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила [30]

Терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, као кључни део система, има могућност комуникације са пуњачима електричних возила, паметном батеријом за складиштење енергије, паметним бројилом и фискалним касама. Сви ови делови система се физички налазе у станици за пуњење електричних возила. На тај начин овакав

терминал је у једном уређају објединио све функције иначе посебних терминала (уређаја), односно терминала за даљинско управљање пуњачима електричних возила, терминала за даљинско управљање паметним батеријама, терминала за даљинско управљање паметним бројилима и терминала за даљинско управљање фискалним касама. Са друге стране, поменути терминал преко одговарајуће конекције ка интернету, има могућност преноса ускладиштених података добијених од наведених периферних делова система (пуњача електричних возила, паметне батерије за складиштење енергије, паметног бројила и фискалних каса), као и њиховог праћења и подешавања, што ствара предуслове и за даљу обраду тих информација.

Приступ тим подацима имају и платформе као што су платформа за кориснике пуњача електричних возила (преко које корисници пуњача електричних возила, односно власници електричних возила, добијају све релевантне информације о пуњачима електричних возила) и платформа за трговину електричном енергијом (која омогућава трговину електричном енергијом, расположивом у систему). Осим тога, поменути подаци су доступни и информационом систему оператера електродистрибутивног система, информационом систему Пореске управе, као и самом власнику станице за пуњење електричних возила. То омогућава добављачима електричне енергије, комуналним предузећима, контролним органима, провајдерима услуга и индустријским и комерцијалним корисницима (= произвођачи енергије + потрошачи), односно менаџерима кампуса и објеката да набаве огромне количине података и обраде их користећи врхунску аналитику и технологију вештачке интелигенције. Изведене информације и интелигенција могу се користити за омогућавање иновативних паметних енергетских услуга, остварење разних уштеда и ефикасније покретање енергетског система, као и ефикаснију употребу дистрибутивне мреже, укључујући рано откривање неправилности и превентивне поправке како би се минимизирали или спречили испади [8].

Комуникација између терминала са једне стране и поменутих платформи и информационих система са друге стране се одвија преко уграђеног ETHERNET порта (ако у објекту већ постоји интернет прикључак) или преко уграђеног GSM/GPRS/3G/4G/5G комуникационог модема. Протокол на основном нивоу је TCP/IP, док су на вишем нивоу углавном специфични нестандардизовани протоколи, реализовани за сваку платформу, односно информациони систем засебно.

Комуникација између терминала са једне стране и сваког од периферних делова система са друге стране се одвија преко одговарајућег комуникационог порта, који може бити RS232, RS485 и сл. Евентуално за ову сврху може се и користити нека од бежичних технологија: Zigbee, LoRa итд. За сваки уређај, протокол је различит, углавном нестандардизован специфичан протокол, који је дефинисао конкретан произвођач сваког посебног уређаја. Код паметних бројила углавном се користи стандардизован DLMS/COSEM протокол.

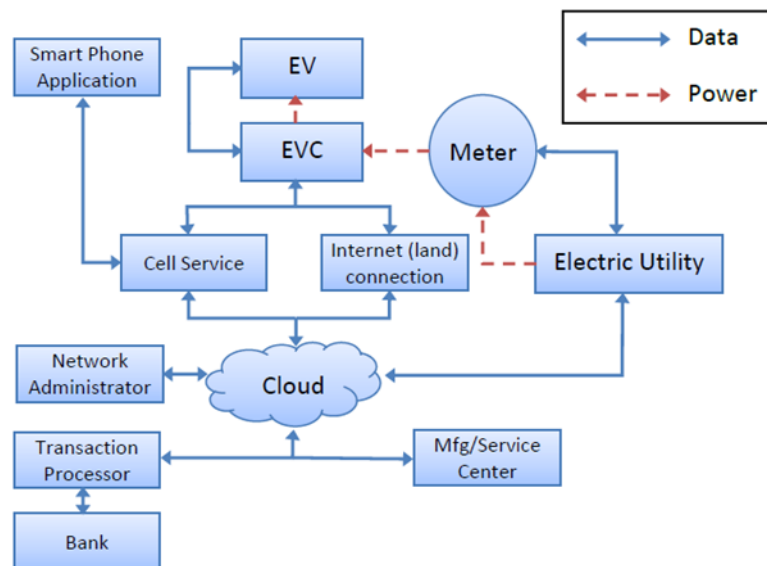
### *3.2 Опис подсистема*

Систем за даљинско управљање станице за пуњење електричних возила, која се напаја из обновљивих извора енергије се састоји од четири подсистема, и то: подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила, подсистем за даљинско управљање паметним батеријама, подсистем за даљинско управљање паметним бројилима и опционо подсистем за даљинско управљање фискалним касама.

### *3.3 Подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила*

Овај подсистем [20] сачињавају три основне компоненте: пуњачи електричних возила, терминал за даљинско управљање пуњачима електричних возила и платформа за кориснике пуњача електричних возила. Овај подсистем је приказан на слици 3-2 [31]. Пуњачи електричних возила електричну енергију добијају из паметне батерије у којој се складишти енергија добијена из обновљивих извора, а по потреби додатно и из електродистрибутивне мреже.





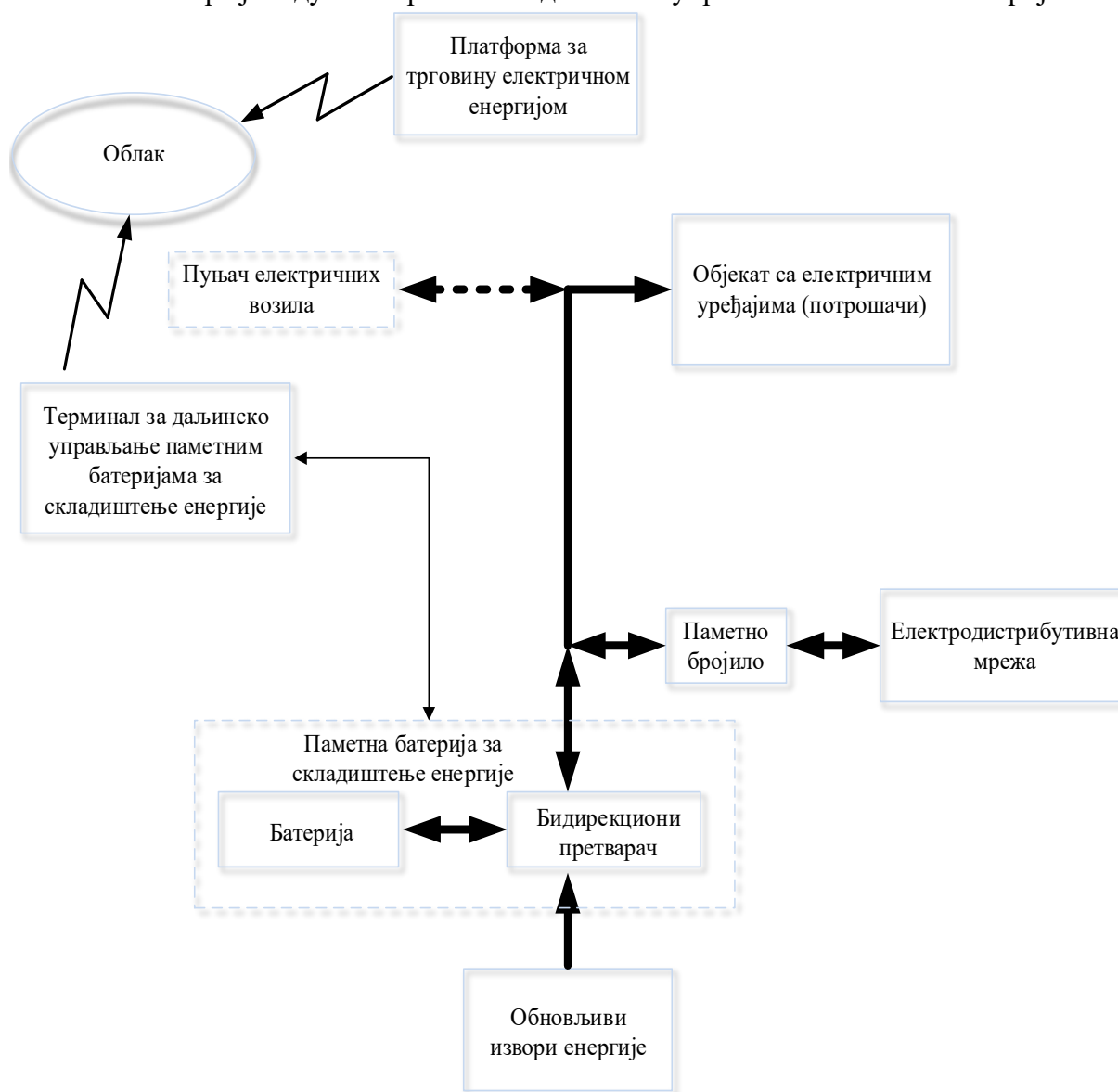
Слика 3-2 Подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила [31]

Терминал за даљинско управљање пуњачима електричних возила од пуњача електричних возила добија податке о тренутно расположивој снази, програмима пуњења и ценама, које даље преко интернета прослеђује платформи за кориснике пуњача електричних возила, чиме они постају доступни и крајњим потрошачима (тј. корисницима пуњача електричних возила). Помоћу одговарајућих софтверских алгоритама и уз одговарајућу комуникацију станица за пуњење електричних возила и платформе за кориснике пуњача електричних возила, овај подсистем обезбеђује корекцију цена електричне енергије која се може купити на различитим локацијама на којима се налазе станице за пуњење електричних возила. На пример, на тај начин могуће је да се цена електричне енергије смањи на оним станицама код којих је у датом тренутку расположива већа снага (како би се купци мотивисали да баш на тим станицама снабдевају своја возила електричном енергијом), док се истовремено цена електричне енергије може повећати на оним станицама код којих је у датом тренутку расположива мања снага (чиме се купци одвраћају од снабдевања својих возила електричном енергијом на тим станицама). На овај начин се практично управља потрошњом расположиве енергије на оптималан начин. У засебном подсистему за даљинско управљање пуњачима електричних возила, овакве одлуке доноси и спроводи власник пуњача, док се код система за управљање обновљивим изворима напајане станице за пуњење електричних возила, доношење и спровођење оваквих одлука, уз коришћење врхунске аналитике и технологија вештачке интелигенције може пренети на обједињени терминал који има приступ свим уређајима (паметном бројилу, паметној батерији, фискалним касама, пуњачима електричних возила) и/или одговарајућим информационим системима и софтверским платформама.

### 3.4 Подсистем за даљинско управљање паметним батеријама

Овај подсистем [21] се састоји од три основне компоненте: паметних батерија за складиштење енергије, терминала за даљинско управљање паметним батеријама и платформе за трговину електричном енергијом. Овај подсистем је приказан на слици 3-3 [31]. Паметне батерије за складиштење електричне енергије добијају енергију из обновљивих извора (из хидроелектрана, ветроелектрана, фотонапонских електроана, солар-термалних електроана, итд.). Терминал за даљинско управљање паметним батеријама у сваком тренутку располаже информацијама о доступним резервама електричне енергије у паметним батеријама, и те информације прослеђује платформи за трговину електричном енергијом. На овај начин,

власници станица за пуњење електричних возила, који у датом тренутку имају мањак расположиве енергије, исту могу да купе од произвођача електричне енергије (добијене из обновљивих извора) који у том тренутку имају вишак расположиве енергије. Исто тако, власници станица за пуњење електричних возила, који у датом тренутку имају вишак расположиве енергије, исти могу да продају потрошачима електричне енергије који у том тренутку имају мањак расположиве енергије. Такође, с обзиром на то да се купљена енергија може ускладиштити у паметним батеријама за складиштење енергије, власници станица за пуњење електричних возила у произвољном тренутку могу купити вишак енергије од произвођача електричне енергије (добијене из обновљивих извора) који тим вишком располажу (по повољним ценама које су последица повећане понуде произведене електричне енергије из обновљивих извора у том тренутку), да би је у интервалима када у систему постоји мањак енергије продавали по вишим ценама (које су последица смањене понуде електричне енергије у тренуцима када у систему постоји мањак произведене енергије). За управљање процесом пуњења паметних батерија након куповине електричне енергије добијене из обновљивих извора је задужен терминал за даљинско управљање паметним батеријама.



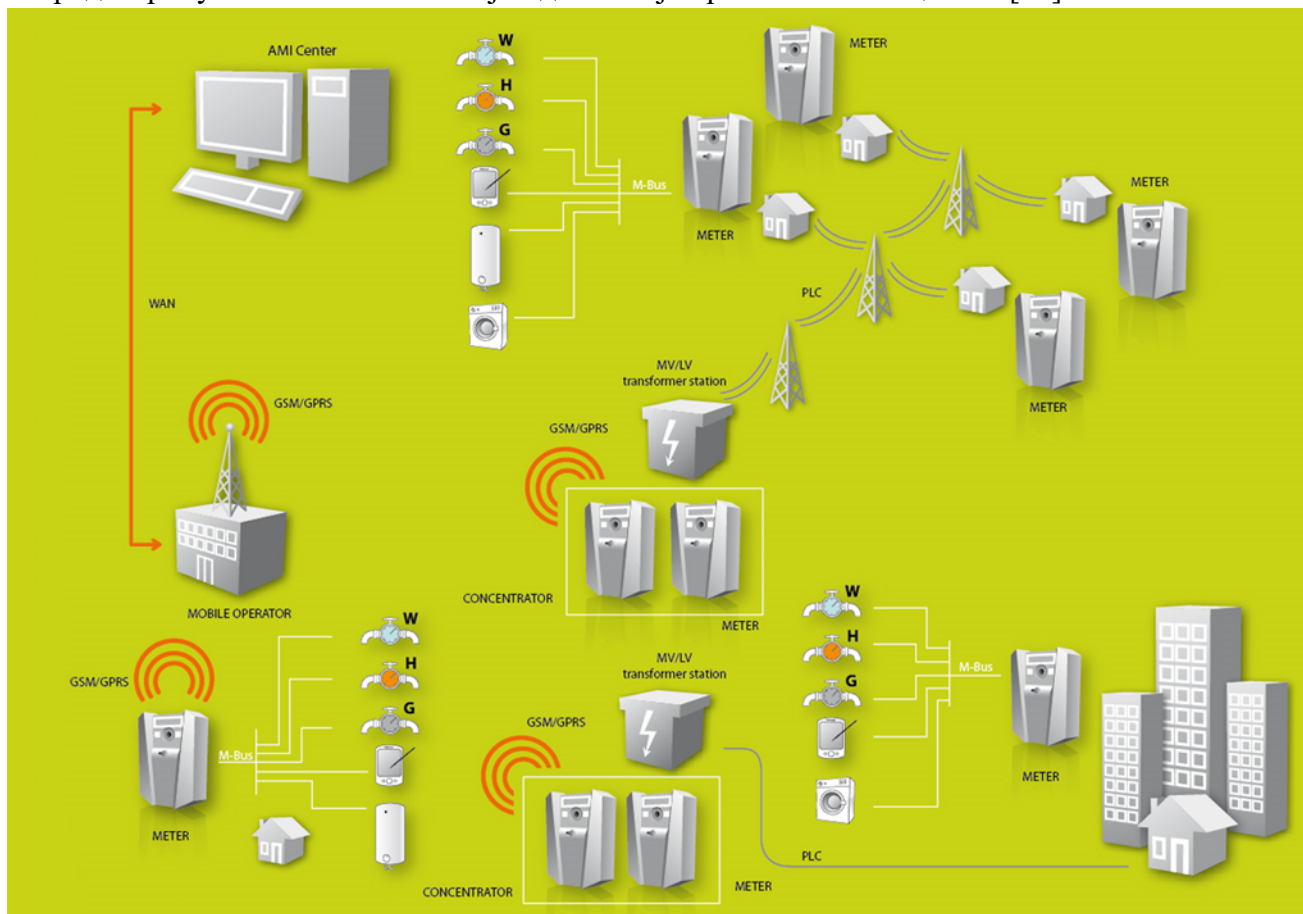
Слика 3-3 Подсистем за даљинско управљање паметним батеријама [31]

С обзиром на то да се батерије налазе у самим електричним возилима, употреба тих батерија (V2G концепт) у возилима се у последње време све више разматра. Пошто тај концепт значајно зависи од расположивости возила, у овом раду је, ради поузданости, предвиђена посебна

независна батерија — паметна батерија. Међутим, свакако детаљна анализа да ли би и у ком случају акумулатори возила били довољни може бити предмет даљег рада.

### 3.5 Подсистем за даљинско управљање паметним бројилима

Овај подсистем [32] сачињавају три основне компоненте: паметна бројила, терминал за даљинско управљање паметним бројилима и информациони систем оператера електродистрибутивног система. Овај подсистем је приказан на слици 3-4 [31].

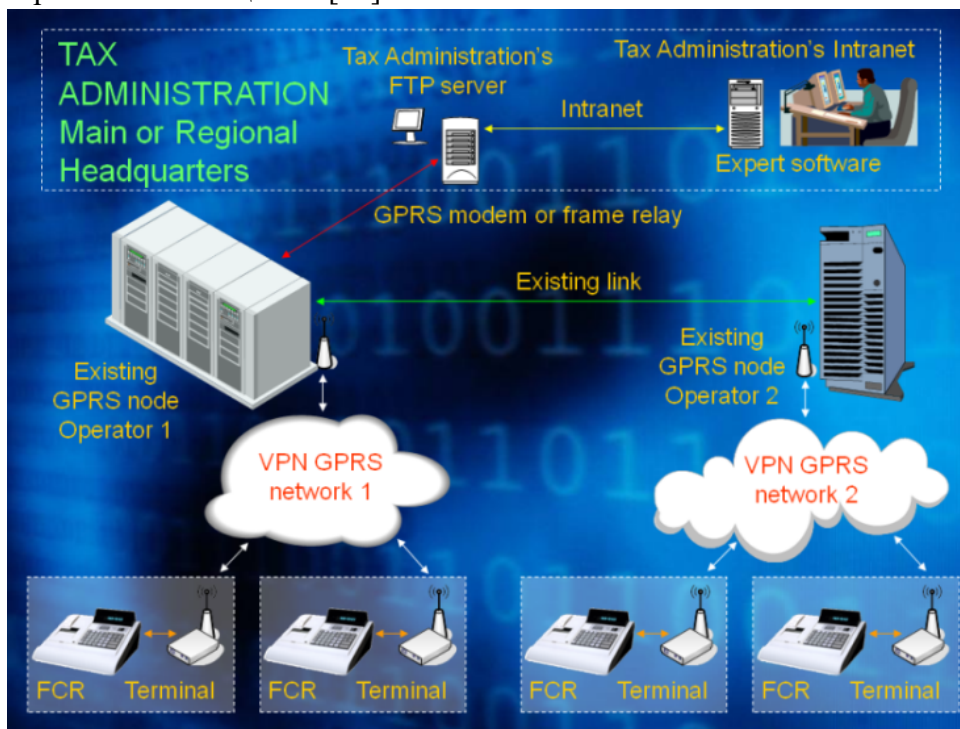


Слика 3-4 Подсистем за даљинско управљање паметним бројилима [31]

Паметна бројила поседују могућност мерења активне и реактивне енергије, регистровања средње максималне снаге са програмабилним периодом одређивања те снаге, могућност мерења квалитета електричне енергије и приказа одговарајућих података на дисплеју. Паметна бројила подржавају флексибилну тарифну политику, обезбеђују интегритет мерења и имају могућност читавања и подешавања и у безнапонском стању. Бројила бележе профиле одговарајућих мерних величина и дневнике догађаја. Поседују и могућност лимитације снаге, као и даљинског укључивања и искључивања потрошача. Терминал за даљинско управљање паметним бројилима остварује комуникацију са паметним бројилима са циљем прикупљања података од бројила, конфигурирања бројила, подешавања параметара бројила и управљања потрошњом. Са друге стране, терминал остварује и комуникацију са информационом системом оператера електродистрибутивног система који обавља функције администрације компонената подсистема за даљинско управљање паметним бројилима, функције прикупљања и архивирања података, функције подешавања паметних бројила и функције креирања извештаја (са анализом статуса, о квалитету електричне енергије, о успешности комуникације, итд.).

### 3.6 Подсистем за даљинско управљање фискалним касама

Овај подсистем [12] се састоји од три основне компоненте: фискалних каса, терминала за даљинско управљање фискалним касама и информационог система Пореске управе. Овај подсистем је приказан на слици 3-5 [31].



Слика 3-5 Подсистем за даљинско управљање фискалним касама [31]

Фискалне касе имају могућност пријема команди од касира преко тастатуре уз визуелно праћење података о евидентираним промету, као и могућност памћења података у оперативној и фискалној меморији и штампања података на фискалном рачуну. Фискалне касе врше груписање, сумирање и исказивање података о оствареном евидентираним промету и оствареном рекламираним промету по пореским стопама, по артиклима и по касирима. Имају и могућност преузимања свих релевантних података у електронском облику преко одговарајућег улазно-излазног порта. Фискалне касе задовољавају и одговарајуће безбедносне критеријуме (заштита измене програмске и фискалне меморије, брисања бројача, и сл.). Терминал за даљинско управљање фискалним касама омогућава даљинско читавање и управљање фискалном касом од стране пореског обвезника, за кориснике који желе да на ефикасан и економичан начин читавају жељене информације са произвољног броја својих удаљених фискалних каса, као и да ажурирају њихове радне параметре, базе артикала и цене, не реметећи процес продаје. Терминал омогућава програмирање фискалне касе подацима о структурама артикала и подацима о ценама артикала. Терминал врши преузимање података од фискалне касе и то: података о тренутном промету, података о дневном промету по артиклима, података о дневном промету по касирима, података о дневном извештају и података о садржају фискалне меморије. На основу тако добијених података терминал формира одговарајуће извештаје које преноси ка информационом систему Пореске управе. Информациони систем Пореске управе од терминала за даљинско управљање фискалним касама преузима следеће врсте података: извештаје о прометима по пореским стопама за задати период, податке о ресетима и спецификације пореских стопа. Напредне функционалности подразумевају генерисање разних корисних извештаја, користећи чињеницу да сви битни подаци о пореским обвезницима постоје на једном месту у релационој бази података. Пореска управа преко свог

информационог система надгледа и све трансакције, обезбеђујући притом благовремену наплату пореза.

### 3.7 Типови пуњача из обновљивих извора и батерија

Пуњачи електричних возила испоручују електричну енергију возилима у форми наизменичног (AC) или једносмерног (DC) напона напајања. У самом возилу се та енергија контролисано претвара у најпогоднији облику за пуњење батерије. Генерално гледано, можемо пуњаче поделити у 3 различита нивоа напајања [33], с тим што опет у сваком нивоу има много разних начина извођења.

- Ниво 1 означава монофазне (AC/DC) пуњаче, који се углавном користе у домаћинствима, односно код резиденцијалних корисника. У Европи, ови пуњачи су обично снаге око 3 kW, и испоручују максималне струје од 13 А до 16 А при максималном напону од 240 VAC. У Северној Америци, њихова снага је око 1,9 kW, и типично испоручују струје до 16 А при напону од 120 VAC.
- Ниво 2 представља једнофазне или трофазне пуњаче (AC/DC), који се углавном користе код индустријских корисника и на јавним местима, а ређе у домаћинствима. Ови пуњачи су обично снаге од око 20 kW, и испоручују максималне струје до 80 А при напону од 208-240 VAC.
- Ниво 3 се односи на пуњаче једносмерне струје, који се углавном користе за брза пуњења на јавним местима, посебно на јавним местима приступачним приликом путовања. Снаге ових пуњача иду и до 240 kW, и испоручују максималне струје до 400 А при максималном напону од 600 VDC. Напони и струје варирају са различитим вредностима од пуњача до пуњача.

Обновљиви извори електричне енергије претварају енергију створену из природних ресурса који се природно обнављају у електричну енергију погодну за даље коришћење. Добијају се из сунчеве енергије, енергије ветра, хидроенергије и енергије биомасе и биогорива. С обзиром на различиту доступност ових извора у различитим периодима дана и године, најбољи систем је онај који комбинује различите типове обновљивих извора, односно користи тзв. хибридну конфигурацију обновљивих извора [34]. За потребе станица за пуњење електричних возила могу се комбиновати, односно користити следећи извори:

- Фотонапонски панели – представљају примарни извор за напајање станица за пуњење електричних возила, јер је могућност њихове примена највећа. Претварају сунчеву енергију у електричну енергију, која се даље користи за напајање пуњача и/или батерија станице. Ако се довољно енергије прикупи у току дана од Сунца, напајање целе станице може бити покривено само тим извором. Панели се константно развијају и сваким даном добијају све боље и боље карактеристике. Данас, обично стандардан панел димензија 1 m x 1,7 m, односно површине 1,7 m<sup>2</sup>, има номиналну снагу од око 370 W, и даје у тачки максималне снаге једносмерни напон од око 40 V.
- Ветрогенератори – представљају секундарни извор за напајање станица за пуњење електричних возила. Електричну енергију производе на бази енергије ветра и могу се користити у подручјима где има довољно ветра да би њихова примена била економски исплатива. Стога је могућност њихове примене у различитим географским подручјима значајно мања у односу на фотонапонске панеле. С друге стране предност у односу на фотонапонске панеле је та што може да генерише енергију и ноћу. Такође и на дневном нивоу постоји компатибилност са сунчевом енергијом која се огледа у томе да када су сунчеве инсолације ниске обично постоји ветар и обрнуто. Њихова снага највише зависи од њихових димензија. Праве се у различитим опсезима, и на тржишту се могу наћи ветрогенератори од пар kW до пар MW. Сваким даном се развијају све већи и већи генератори, тако да данас има и генератора од 5 MW.

- Генератори на бази биомасе – представљају резервни извор за напајање станица за пуњење електричних возила. Претварају енергију биомасе у електричну енергију. Могућа је примена на било ком географском подручју, уколико постоје просторни капацитети. Ови извори се користе само да надоместе друге изворе током ноћи или периода са неповољним временским условима када нема довољно енергије добијене од Сунца или ветра. За ову примену могу се користити и биодизел генератори

За чување електричне енергије користе се батерије. Основне батеријске јединице се праве са номиналним напоном од 12 V. На тржишту се могу наћи основне батеријске јединице капацитета до 300 Ah и максималне струје пражњења до 150 A. Већи напони се постижу паралелним везивањем неколико основних батеријских јединица, што наравно повећава и капацитет тако добијене батерије. Ако има потребе само за повећањем капацитета, то се постиже редним повезивањем основних батеријских јединица. Поред батерија, за сврху складиштења електричне енергије могу се користити и горивне ћелије. Постоје водоничне и амонијачне горивне ћелије. Код водоничне ћелије у процесу пуњења се добијена електрична енергија користи за издвајање водоника из воде. Тако добијен водоник се смешта у посебни резервоар. У процесу пражњења, електрична енергија се добија из хемијске реакције спајања водоника и кисеоника. У ову технологију се полаже велика нада за будућност. За сада највећи проблем у примени је складиштење водоника, с обзиром на то да је у смеси са ваздухом веома експлозиван. Сличан је принцип рада и амонијачне горивне ћелије, само што се уместо водоника користи амонијак. У овом случају постоје одређени проблеми складиштења, обзиром да су амонијак и његова једињења отровни.

### 3.8 Категорије станица

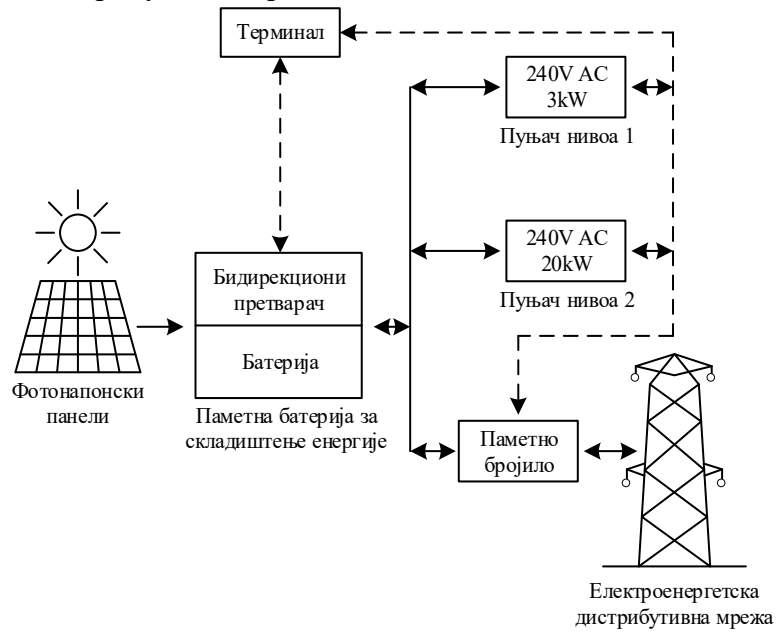
На основу потреба и величине станице за пуњење електричних возила, можемо их разврстати у три категорије – резиденцијалне, комерцијалне и индустријске.

Резиденцијалне станице су намењене за кућну употребу само за потребе предметног домаћинства. У оквиру ове станице се очекује да постоји 1-2 пуњача за електрична возила. Опције које задовољавају потребе једног домаћинства су: један пуњач нивоа 1, један пуњач нивоа 2, два пуњача нивоа 1 и максимална опција са једним пуњачем нивоа 1 и једним пуњачем нивоа 2, која је приказана на слици 3-6 [30]. Потребне оваквих станица могуће је покрити коришћењем само фотонапонских панела.

Комерцијалне станице су мање и средње станице за пуњење електричних возила које имају велику фреквенцију пуњења возила. То су обично станице намењене за продају електричне енергије власницима електричних возила, као на пример мање станице у домаћинствима са 1-2 пуњача са овом наменом, станице средње величине које ће временом заменити постојеће бензинске станице са 10-20 пуњача, као и станице на мањим паркинзима са до 20 пуњача. Такође, у ову групу спадају и станице код мањих превозника итд. Код ових станица има смисла користити пуњаче нивоа 2 и 3. Понегде, можда има смисла користити и мањи број пуњача нивоа 1 (мањи паркинзи испред хотела, мотела и код превозника). Потребне оваквих станица није могуће покрити коришћењем само фотонапонских панела. Тамо где географско подручје дозвољава има смисла користити ветрогенератор. Могуће је користити генераторе на бази биомасе, ако просторни капацитети то дозвољавају, што најпре може бити случај у руралним срединама. У градским срединама, на многим местима једини начин за надокнаду недостајуће електричне енергије је преузимање енергије из електроенергетске дистрибутивне мреже.

Индустријске станице су велике станице за пуњење електричних возила намењене опслуживању флоте електричних возила од пар стотина комада. У ову групу станица спадају станице код произвођача електричних возила, код великих превозника, на масовним паркинзима попут гаража, тржних центара итд. Има смисла користити све три групе пуњача и треба одредити праву меру њихове међусобне сразмере. Слично као и код комерцијалних станица, потребе оваквих станица није могуће покрити коришћењем само фотонапонских

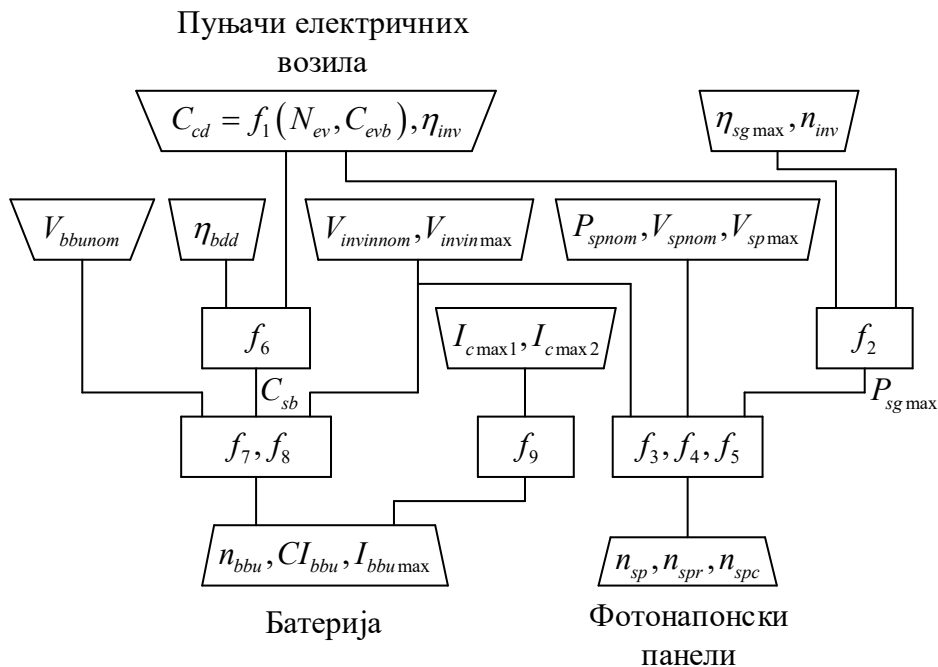
панела, те је често једини начин надокнаде недостајуће електричне енергије њено преузимање из електроенергетске дистрибутивне мреже



Слика 3-6 Резиденцијална станица за пуњење електричних возила [30]

### 3.9 Димензионисање резиденцијалне станице

У раду који даје пресек стања у области кућних система за управљање енергијом [35] може се видети да постоје групе радова које се баве компјутерским трендовима и компонентама [31], комуникационим технологијама [2] и резиденцијалним програмима одговора потражње и техникама распоређивања оптерећења [36]. За разлику од тога, у овом поглављу се приказује димензионисање резиденцијалне хибридне станице за пуњење електричних возила.



Слика 3-7 Димензионисање станица за пуњење електричних возила – дијаграм [30]

Општи дијаграм тока димензионисања станица за пуњење електричних возила приказан је на слици 3-7 [30]. Како је резиденцијална станица предвиђена само за потребе тог домаћинства, кренућемо од претпоставке да у току једног дана треба имати енергије за пуњење два путничка аутомобила ( $N_{ev}=2$ ). Уобичајени капацитет батерије путничког аутомобила ( $C_{evb}$ ) је 24 kWh, и

за њено пуњење до 80% капацитета, пуњачу нивоа 1 ( $I_{cmax1}=16$  A) је потребно 7,8 часова, док је пуњачу нивоа 2 ( $I_{cmax2}=80$  A) потребно 1,2 часа. То значи да је за максималну опцију резиденцијалне станице (слика 3-6), односно станице са једним пуњачем нивоа 1 и једним пуњачем нивоа 2, који су оба у могућности да једном дневно напуне путнички аутомобил, дневно потребна електрична енергија ( $C_{ed}$ ) у вредности од 48 kWh. Ако желимо да таква станица има довољно електричне енергије из сопствене производње, односно да буде независна од електроенергетске мреже (у даљем тексту: аутономна резиденцијална станица), потребно је да њена соларна електрана буде у могућности да дневно производи енергију у вредности од 48 kWh.

Снага коју даје соларна електрана варира у току дана у зависности од јачине Сунца, и ретко прелази 80% максималне снаге за коју су панели димензионисани. Емпиријски резултати показују да се енергија која се добија из соларне електране на дневном нивоу у летњем периоду може одредити као енергија коју би та соларна електрана дала за пет часова рада максималном снагом (при  $\eta_{sgmax}$ ) [37]. Стога, можемо закључити да аутономна резиденцијална станица треба да има соларну електрану максималне снаге од 9,6 kW у случају да немамо никакве губитке. Међутим како приликом претварања и складиштења енергије долази до губитака требамо то узети у обзир и предвидети укупне губитке (губици у претварању енергије плус губици у кабловима и на спојевима) од око 14%. Када би енергија из панела ишла директно у пуњаче, губици би били типично око 7% до 8% ( $\eta_{inv}=0,92-0,93$ ) јер би постојало само претварање једносмерног напона панела на наизменични напон пуњача. Међутим, како станица најчешће ради у режиму са два степена претварања енергије ( $n_{inv}=2$ ), онда треба предвидети губитке од 14% до 15%. Једно претварање енергије је претварање и складиштење енергије са панела у батерије у току дана, а друго претварање је претварање једносмерног напона батерије у наизменични напон пуњача у току ноћи. То значи да реално треба пројектовати соларну електрану максималне снаге ( $P_{sgmax}$ ) од 11,1 kW. За такву соларну електрану потребно је 30 ( $n_{sp}$ ) соларних панела номиналне снаге ( $P_{spnom}$ ) 370 W. За смештање ових панела потребна је површина од 51 m<sup>2</sup>, што практично на једној типичној кући основе 10 m x 10 m, може да стане на једну половину крова, и то наравно најбоље на јужној, југоисточној страни ради веће ефикасности.

Паметна батерија се састоји од бидирекционог претварача и батерије. Паметни батеријски менаџмент укључује оптимизацију рада бидирекционог претварача и припадајуће батерије. У вези избора бидирекционог претварача потребног за рад соларне електране, емпиријски резултати показују да је најбоље изабрати бидирекциони претварач чија је максимална снага једнака 80% максималне снаге за коју су панели димензионисани. Овакав систем поуздано ради, с обзиром да панели у експлоатацији не прелазе овај ниво снаге. Предност оваквог избора бидирекционог претварача је што је његов полазни напон мањи, па ће бидирекциони претварач моћи да ради и при слабијем интензитету Сунчевог светла, те ће самим тим бити већа ефикасност соларне електране. Номинална или средња вредност улазног напона бидирекционог претварача је обично око 300 VDC ( $V_{invmin}$ ) (типично је стартни напон 100 VDC ( $V_{invmin}$ ) а максимални који може поднети је 600 VDC ( $V_{invmax}$ )) за генерисање монофазног наизменичног напона или типично око 600 V (стартни 200 VDC, а максимални 1.000 VDC) DC за генерисање трофазног наизменичног напона. Како је номинални напон соларног панела ( $V_{spnom}$ ) најчешће 24 V, а максимални ( $V_{spmax}$ ) 36 V, у овом случају треба редно везати 15 ( $n_{spr}$ ) панела, а затим остале панеле додавати њима паралелно формирајући тако укупно две колоне ( $n_{spc}$ ). Бидирекциони претварач ради при мањим напонима, али су му најбоље перформансе приликом рада на номиналном напону. Овај једносмерни напон и енергију добијену од панела, бидирекциони претварач претвара или у наизменични напон од 240 VAC за директно напајање пуњача, или у једносмерни напон 300 VDC за пуњење батерија. То су два могућа основна режима рада бидирекционог претварача. Поред њих постоје и трећи и четврти основни режим рада, у којем бидирекциони претварач претвара једносмерни напон



и енергију добијену од батерија у наизменични напон 240 VAC за директно напајање пуњача или предају енергије електродистрибутивној мрежи. Пети режим рада је када бидирекциони претварач претвара наизменични напон 240 VAC из електродистрибутивне мреже у једносмерни напон 300 VDC за пуњење батерија. Бидирекциони претварач може радити и у комбинованим режимима рада, који су комбинација основних режима рада. На пример, један комбиновани режим рада је када бидирекциони претварач енергију добијену од панела користи и за напајање пуњача и за пуњење батерије. Бидирекциони претварач има могућност и да аутоматски подешава режим рада у зависности од услова окружења, али и да екстерно добија команду у ком режиму рада да ради. У овом предметном случају те команде бидирекциони претварач добија од терминала. Батерије се везују да дају напон од 300 VDC, јер бидирекциони претварач има најбоље перформансе и најмање губитке при раду на номиналном напону. Бидирекциони претварач треба да буде у стању да обезбеди максималну струју до 96 А, због ситуације у којој су укључена оба пуњача.

Капацитет батерија треба да одредимо тако да оне могу да складиште комплетну дневну производњу електричне енергије соларне електране аутономне резиденцијалне станице. То из разлога што се енергија скупља само преко дана док има Сунчеве светлости, а аутомобили у домаћинствима се најчешће пуне ноћу док власници аутомобила спавају и немају потребе за коришћењем истих. Дакле, у идеалном случају потребно је да пројектујемо батерију која може да складиште 48 kWh. Међутим, требамо увећати ову вредност због губитака од 7% до 8%, који настају приликом претварања енергије из батерије у пуњач. Такође, како се батерија не треба никад празнити испод 20% свог капацитета, односно изнад дубине пражњења од 80% ( $\eta_{\text{bdc}}=0,8$ ), потребно је предвидети батерију која номинално може да складишти око 65 kWh ( $C_{\text{sb}}$ ). Да би постигли напон од 300 V, потребно је да вежемо редно 25 основних батеријских јединица ( $n_{\text{bbu}}$ ) од 12 V ( $V_{\text{bbunom}}$ ). У том случају, свака та батеријска јединица треба да има струјни капацитет од 216,67 Ah ( $CI_{\text{bbu}}$ ). Како постоје батерије капацитета 200 Ah или 220 Ah, имамо две опције које су обе прихватљиве. Ако се користе батерије капацитета 220 Ah, таквих 25 батерија ће имати капацитет од 66 kWh, што је мало већи капацитет од потребног. Ако се користе батерије капацитета 200 Ah, таквих 27 батерија ће имати капацитет од 64,8 kWh, што је приближно једнако потребном капацитету. Овакве редно везане батерије ће дати напон од 324 V, што је такође прихватљиво с обзиром да и при том напону бидирекциони претварач има добре перформансе и мале губитке, Максимална струја пражњења батерија не сме да буде мања од 96 А ( $I_{\text{bbumax}}$ ). Типичне димензије једне литијум-јонске батеријске јединице 12 V, 220 Ah су 0,522 m x 0,24 m x 0,224 m, што значи да је у домаћинству потребно одредити простор од око 0,70 m<sup>3</sup> за смештање целокупне батерије.

Овако пројектована соларна електрана са бидирекционим претварачем и батеријом покрива и потребе аутономне резиденцијалне станице са два пуњача нивоа 1, са једином разликом што бидирекциони претварач и батерија не морају да подржавају максималну струју од 96 А, већ је довољно да могу да дају максималну струју од 32 А. За потребе аутономне резиденцијалне станице са једним пуњачем нивоа 1, довољна је соларна електрана дупло мањег капацитета и максималне струје 16 А. За потребе аутономне резиденцијалне станице са једним пуњачем нивоа 2, такође је довољна соларна електрана дупло мањег капацитета, али са максималном струјом од 80 А.

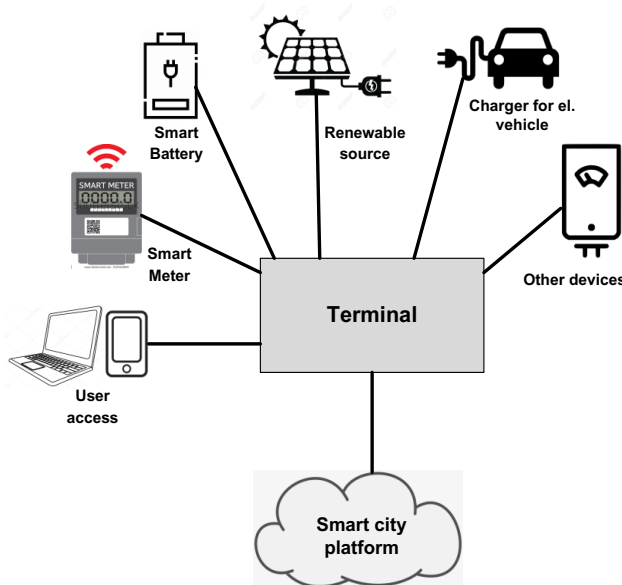
У овој анализи је разматран најстандарднији рад резиденцијалне станице на дневном нивоу. Наравно, у експлоатацији могу постојати одступања од оваквог рада станице, као што су следеће ситуације: у једном дану је дошло до обављања мање или више од два пуњења електричних возила, у једном дану је било мање Сунчеве енергије итд. Све су то ситуације када постоји мањак или вишак произведене електричне енергије у аутономној резиденцијалној станици. Из ових разлога је добро да станица буде повезана на електродистрибутивну електроенергетску мрежу, тако да се сви мањкови електричне енергије могу преузети из ње, као што се и сви вишкови могу предати у њу.

Такође, у овој анализи је димензионисање урађено за ситуацију када соларна електрана у летњем периоду производи онолико енергије колико је станици потребно. У зимском, јесењем, и пролећном периоду, станици је потребна додатна енергија, коју она може преузимати из електродистрибутивне мреже. За ситуације када је цена енергије која се предаје у мрежу значајно нижа од цене енергије која се преузима из мреже, економски интерес је да станица енергију произведену из сопствених ресурса (соларна електрана) максимално користи за сопствене потребе, односно минимално предаје у мрежу. За реализацију овог захтева неопходно је постојање батерије и терминала за управљање енергијом у предметној резиденцијалној хибридној станици за пуњење електричне енергије.

Претходно наведена ситуација је присутна у већини земаља од када је кренуло увођење обновљивих извора електричне енергије. Електродистрибутивна предузећа, односно снабдевачи електричне енергије већином нису заинтересована да плаћају преузету енергију купаца-произвођача из приватних соларних електрана или других обновљивих извора. Међутим, у последње време се у неким државама појављује политичка воља, која намеће државним електродистрибутивним компанијама, односно државним снабдевачима електричне енергије, да преузимају енергију добијену из обновљивих извора од купаца-произвођача по истој цени, по којој им наплаћују предату енергију. Ово је углавном ограничено за неке мање снаге. У оваквим ситуацијама, улогу батерије преузима електродистрибутивна мрежа, и могуће је димензионисати соларну електрану тако да на годишњем нивоу преузета енергија из мреже буде једнака предатој енергији у мрежи. У овом случају, купцу-произвођачу практично рачун за електричну енергију постаје једнак нули.

## 4 Увођење IoT у станицу за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора енергије

У овом поглављу је изложено увођење IoT у станицу за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора енергије, при чему су резултати овог дела дисертације објављени у [38]. Повећање броја станица за пуњење електричних возила, намеће потребу њиховог повезивања у јединствени систем или мрежу, којој би приступ имали не само власници и корисници пуњача електричних возила, већ и добављачи електричне енергије, провајдери услуга, индустријски потрошачи, контролни органи и други заинтересовани субјекти. Захваљујући *Internet of Things* (IoT) технологији, станице за пуњење електричних возила постају интегрални део концепта паметних градова, што омогућава већу искоришћеност станица за пуњење електричних возила, повећава квалитет њиховог рада, доводи до енергетских и економских уштеда, и генерално доводи до повећања квалитета живота. Повезивање станица за пуњење електричних возила у један већи информациони систем доноси и бенефите у смислу значајних уштеда времена (захваљујући доступности информација корисницима пуњача електричних возила о тренутним гужвама на станицама) и новца (усмеравање корисника пуњача електричних возила ка станицама које у датом тренутку имају најповољније цене електричне енергије). Са друге стране тај информациони систем омогућава и ефикаснију употребу електродистрибутивне мреже доприносећи ефикаснијем управљању потражњом за електричном енергијом.



Слика 4-1 Увођење IoT у хибриду станицу за пуњење електричних возила- употреба Light терминала [38]

Овакав систем за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила је приказан на слици 4-1 [38]. Централни део система [38] је терминал за даљинску контролу станице за пуњење електричних возила, који је преко комуникационих канала повезан са пуњачима електричних возила, паметном батеријом за складиштење енергије, паметним бројилом, фискалним касама, обновљивим изворима електричне енергије, осталим и корисничким уређајима. Такође, поменути терминал је преко интернета повезан са системом паметног града (платформа у облаку), чиме се омогућава праћење, подешавање, складиштење и обрада података добијених од пуњача електричних возила, паметне батерије, паметног бројила, фискалних каса и обновљивих извора електричне енергије. Платформа паметног града користи податке ради повећања остваривања енергетских и финансијских уштеда (на пример, стимулисање пуњења возила у одређеним периодима, обавештавање грађана о доступности комерцијалних станица, и др). Али, могу и други системи да се повежу на

платформу паметног града и користе податке попут: платформа за кориснике пуњача електричних возила (преко које власници електричних возила могу добити све информације о пуњачима електричних возила), платформа за трговину електричном енергијом (преко које се обавља трговина електричном енергијом која је расположива у систему), информациони систем оператера електродистрибутивног система и информациони систем Пореске управе. чиме концепт паметног града додатно добија на значају и корисности. Такође, тим сопственим подацима могу приступити и власници станица за пуњење електричних возила (смањење складишних ресурса за податке у самим станицама).

Обрадом ових података уз помоћ напредних алгоритама вештачке интелигенције, могу се остварити иновативне паметне енергетске услуге, постићи ефикаснија употреба дистрибутивне мреже и остварити значајне уштеде у систему. Систем се може проширити тако да приступ подацима у облаку имају и друге платформе концепта паметних градова. Информациони систем у облаку који обезбеђује комуникацију терминала и свих наведених информационих система и платформи називамо платформом за концепт паметних градова (smart city platform).

#### *4.1 Класе терминала*

На основу потреба и величине станице за пуњење електричних возила, предлажемо три класе терминала - Light, Standard и Extended. Разликујемо комерцијалне и резиденцијалне станице за пуњење електричних возила. Резиденцијалне станице су намењене за кућну употребу и пример је дат на слици 1. У оквиру резиденцијалне станице се очекује да постоји 1-2 пуњача за електричних возила. Поред тога, очекује се да корисник нема потребе за обрадом података, већ само да има увид у прикупљене податке попут потрошене електричне енергије, воде, гаса и сл. Такође, терминал треба да омогући кориснику једноставан избор енергетског профила преко smart city платформе. За ову примену је предвиђен Light терминал са ограниченим складишним и процесорским ресурсима, али и веома економичан (ниска цена) и самим тим доступан обичним корисницима. Ниска цена, могућност увида у податке о потрошњи и једноставност повезивања на smart city платформу би требало да омогући да велик број корисника набави Light терминал и самим тим се укључи у smart city окружење. Већи број укључених корисника у smart city платформу доприноси бољем раду smart city окружења и повећању квалитета живота комплетне заједнице.

С друге стране, комерцијална употреба има додатне захтеве, попут масовније и сложеније обраде података, повезивања фискалних каса, омогућавање комуникације са уређајима других корисника (аутомобили, мобилни телефони), омогућавање комуникације преко облака са платформом за кориснике пуњача електричних возила и информационим системом Пореске управе, тарифирање и наплату услуге. Стога, Standard и Extended терминали имају веће складишне и процесорске капацитете, а самим тим и већу цену, што је оправдано имајући у виду њихову комерцијалну намену. Разлика између Standard и Extended варијанте се пре свега огледа у броју подржаних уређаја. Standard класа терминала је намењена за до двадесет пуњача и могла би се користити за мање комерцијалне станице на путевима и у мањим насељима, које би временом замениле садашње бензинске станице. Такође, може се применити и код мањих превозника и на мањим паркинзима итд. Extended варијанта је намењена опслуживању флоте електричних возила од пар стотина комада и могла би се користити код произвођача електричних возила, код великих превозника, на масовним паркинзима попут гаража, тржних центара итд. Додатна разлика је што Extended варијанта терминала омогућава покривање веће површине што је неминовност имајући у виду површину неопходну за смештање флоте електричних возила ради њиховог пуњења.

Основна функција терминала је у суштини иста. На терминал се повезују уређаји да би се остварило локално IoT окружење. Терминал има задатак да прикупља податке са уређаја (мерења, аларми). Прикупљени подаци се прослеђују smart city платформи на облаку, а део

података за корисника би се смештао и локално. Такође, терминал омогућава конфигурацију и управљање уређајима. На пример, рад пуњача електричних возила, попут, да се електрично возило пуни из обновљивог извора енергије у периодима скупље тарифе електричне енергије из јавне мреже. Сама конфигурација би се преузимала из smart city платформе са облака, али и кориснику би биле омогућене једноставне контроле уређаја (локална аутономија уређаја) преко терминала. Корисник би са свог уређаја (нпр. паметни телефон) могао да приступа терминалу ради читавања података или задавања команди уређајима који су повезани на терминал. Као што се види, терминал би омогућио повезивање великог броја уређаја на smart city платформу, чиме би заједнице могле паметно да управљају енергијом и остваре знатне енергетске уштеде што као последицу има и веће финансијске уштеде како корисника тако и градске управе, као и мање загађење околине, али и већи квалитет живота последично. У следећим поглављима се даје увид у комуникационе протоколе и стандарде који се користе за повезивање уређаја на терминал

## 4.2 Телекомуникациони аспекти система

Узимајући у обзир целокупну архитектуру система за даљинско управљање станицом за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора енергије (приказана на Сл. 1.), јасно је да постоји неколико телекомуникационих аспеката који се морају пажљиво испланирати и имплементирати да би се постигло економично, ефикасно и скалабилно решење које је атрактивно и корисно, како корисницима, тако и власницима.

Први аспект који треба узети у обзир јесте повезивање контролног терминала са периферијом (паметно бројило, паметна батерија, фискална каса, пуњач електричних возила). Комуникација контролног терминала са периферијом мора да буде поуздана и сигурна, али је пожељно и да буде флексибилна са становишта имплементације и проширивости система. Потенцијална ограничења која могу да се јаве су везана за сам комуникациони интерфејс периферије, тако да је потребно узети у обзир и тај параметар приликом планирања система и набавке периферних уређаја. Имајући у виду да интензитет комуникације терминала и периферије није велики у смислу количине података која се размењује (команде од стране терминала, извештаји и аларми од стране периферије), параметар пропусног опсега није критичан приликом избора одговарајуће комуникационе технологије. Употреба жичне технологије попут етернета или серијског интерфејса је примерена када терминал покрива једну станицу као што је приказано на слици 1. У овом случају је аспекте поузданости и сигурности, углавном лако испунити, али је мана ограничена флексибилност пре свега у погледу накнадног проширења система додатним периферним јединицама. При томе, етернет би представљао најбољу опцију имајући у виду доступност опреме и униформност у повезивању терминала са периферијом. С друге стране, бежичне технологије доприносе флексибилности и проширивости система, али је потребно додатно водити рачуна о сигурности система. У случају када терминал покрива једну станицу, ZigBee или WiFi представљају потенцијално економично решење за комуникацију терминала са периферним јединицама.

Други аспект је протокол комуникације између терминала и периферије. Као што је већ речено, сама комуникација не захтева велике протоке и практично се своди на издавање команди терминала ка одговарајућим периферијама, односно на слање извештаја, статуса и аларма од стране периферија ка контролном терминалу. Међутим, периферије у зависности од своје функције углавном имају стандардизован протокол комуникације, и потребно је да терминал имплементира одговарајуће протоколе да би могао да комуницира са периферним јединицама. На пример, DLMS/COSEM спецификација се користи у комуникацији са паметним бројилима. Имајући у виду растући значај и све већу присутност пуњача електричних возила, дошло је до потребе за стандардизацијом комуникације пуњача са контролним системом (терминалом у нашем случају). Тако су се појавили IEC 63110 протокол

[39], као и OCPP (*Open Charge Point Protocol*) протокол [40], [41], који представљају потенцијалне кандидате да постану будући доминантни протокол комуникације између пуњача и контролног терминала.

Из изложеног се може уочити да различити уређаји често користе различите стандарде, а да код неких уређаја је стандардизација још увек у току. Са становишта интероперабилности и интеграције уређаја у IoT систем паметног града пожељно је да уређаји буду представљени систему по истом принципу/стандарду. Управо је то један од главних циљева предложеног терминала.

Прва два аспекта покривају комуникацију контролног терминала са периферним јединицама. Међутим, станица за пуњење електричних возила није изоловано острво. Имајући у виду парадигму паметних градова, станица за пуњење електричних возила мора да се integriше у такво окружење и тиме омогући додатно подизање квалитета живота што је и један од главних циљева паметних градова. Концепт паметног града представља информационо комуникациони систем који прикупља податке, обрађује их и на основу резултата обраде доноси одлуке које подижу квалитет рада станица и њихову бољу искоришћеност. Примери могућности станице за пуњење електричних возила која је укључена у парадигму паметних градова су: усмеравање грађана ка станици која омогућава најјефтиније пуњење електричног возила или најмање чекање, могућност укључивања станице у берзу електричне енергије, и др. Отуда, трећи аспект представља повезивање станице на информациони систем (паметни град) у облаку.

Што се тиче повезивања станице за пуњење електричних возила на облак постоји више могућности. Оно што је константа у свим могућностима је да се сама комуникација са облаком заснива на IP технологији. Једна могућност је употреба оптичког или бакарног кабла од интернет провајдера. Друга могућност је употреба бежичне технологије, на пример, 4G или 5G. Као што је већ речено, сама комуникација терминала и информационог система у облаку је заснована на IP комуникацији, али сама реализација на апликационом слоју зависи од самог конкретног решења, али би требало да се заснива на клијент-сервер моделу. Једна могућност је употреба HTTP протокола (на пример, XML преко HTTP или SOAP преко HTTP) [42]. С обзиром на хардверске ресурсе, то би се могло реализовати код Extended класе терминала, док би код Light и Standard класе терминала требало користити мање комплексан протокол, који је једноставнији за имплементацију. Наравно, битно је да комуникација буде стандардизована и заштићена.

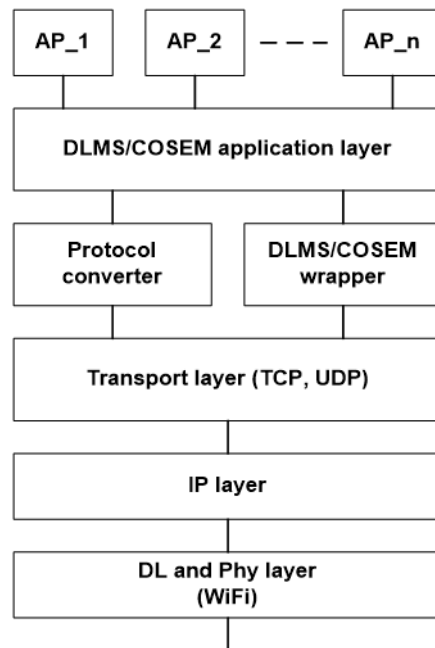
Што се тиче самог информационог система и његовог повезивања са спољашњим светом, комуникација мора да буде компатибилна са другим системима са којима комуницира тј. мора да се имплементира одговарајући протокол комуникације. Тако, на пример, комуникација са информационом системом Пореске управе мора да поштује стандарде и протоколе тог информационог система. Слично важи и за комуникацију са платформом за трговину електричном енергијом. С друге стране, комуникација са корисницима путем платформе за кориснике пуњача електричних возила (на пример, слање обавештења корисницима или могућност корисника да се информишу о станицама за пуњење електричних возила попут тренутне цене, заузетости и сл.) може да се креира и самостално и да се понуди корисницима одговарајућа апликација која би им омогућила ефикасније коришћење услуга станица за пуњење електричних возила [41]. Међутим, са становишта паметних градова, много ефикасније би било да информациони систем за станице за пуњење електричних возила не буде самосталан већ део једне веће целине тј. информационог система за комплетно решење паметног града где би информациони систем за станице за пуњење електричних возила практично био један подсистем у оквиру целокупног информационог система.

### 4.3 Комуникациони протоколи система

У овом поглављу је дат предлог комуникационе архитектуре за повезивање станице за пуњење електричних возила у smart city окружење. Предложено решење треба да помогне у лакшој интеграцији smart city концепта и превазиђе проблеме интероперабилности и компатибилности наведене у претходном тексту.

Имајући у виду тренутно стање по питању протокола и стандарда на тржишту, предлог је терминал заснован на DLMS/COSEM концепту. Постоји неколико разлога за овај приступ. Концепт паметног града подразумева и приступ паметном бројилу како за електричну енергију тако и за друге мераче (бројило за воду, гас и сл.). Додатно, провајдери електричне енергије, воде, гаса морају да имају приступ тим уређајима, и на основу тренутног тренда, DLMS/COSEM концепт ће бити примењиван. Сам DLMS/COSEM концепт је добро развијен и стандардизован, при чему је лако прилагодити друге уређаје том концепту. С друге стране, за smart city платформу, предложени терминал представља IoT уређај, или прецизније представника групе IoT уређаја. Ако би се DLMS/COSEM концепт користио и у комуникацији између терминала и smart city платформе, то би омогућило једноставно додавање нових типова уређаја, али исто тако и једноставну интероперабилност и компатибилност уређаја различитих произвођача. На крају, била би омогућена и једноставнија интеграција провајдера основних услуга (струја, вода, гас) у smart city платформу чиме би се добила комплетнија платформа која би лакше остварила своје циљеве у погледу подизања квалитета општег живота заједнице.

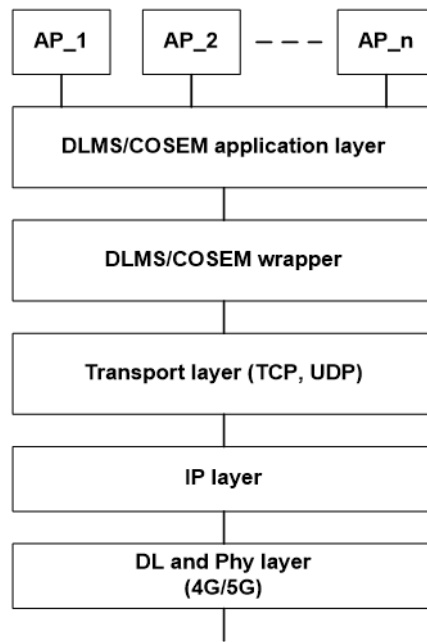
Главни проблем у овом приступу је да се на тржишту већ налазе уређаји који користе друге комуникационе протоколе - нпр. пуњачи електричних возила. У ту сврху, терминал би представљао и конвертер протокола који би прилагођавао постојеће уређаје DLMS/COSEM концепту. На тај начин, smart city платформа би све уређаје видела као DLMS/COSEM компатибилне уређаје чиме би се омогућила потенцијална транзиција ка свеопштем DLMS/COSEM концепту у будућности ако предложени приступ заживи. Али, чак и да неки од уређаја усвоје на крају другачији комуникациони протокол, терминал би и даље могао да има улогу конвертера и превазиђе такав проблем. Са становишта smart city концепта, ово би поједноставило сам развој smart city решења, јер би фокус био на функционалностима које smart city решење треба да нуди, а не на комуникационе аспекте са IoT уређајима.



Слика 4-2 DLMS/COSEM клијент модел за комуникацију Light терминала [38]

Слика 4-2. [38] приказује комуникациону архитектуру предложеног терминала која је заснована на DLMS/COSEM концепту за комуникацију Light терминала са IoT уређајима (пуњач, паметно бројило...). Предлажемо употребу WiFi мреже за повезивање уређаја на терминал из неколико разлога: флексибилност, лака инсталација и додавање нових уређаја, распрострањеност WiFi технологије, очекује се да сваки од повезаних уређаја има сопствено напајање. Наравно, у случају Extended варијанте терминала би се могла користити и другачија бежична технологија за покривање већег простора (LoRa, SigFox) и то може бити предмет неког будућег истраживања. Уколико неки од уређаја нема WiFi подршку, потребно је додати WiFi донгле који омогућава WiFi повезивање уређаја. Може се сматрати да је и даље ово економичније решење, него увођење жичне инфраструктуре да би се уређај повезао, бар за случај резиденцијалних станица, односно Light терминала. У овом случају конвертер протокола може бити и у самом WiFi донгле уређају или у терминалу. Код Standard и Extended терминала може се додати још један порт, који би био жични и служио за повезивање жичних IoT уређаја. Слика 4-2 приказује Light терминал са становишта клијента у DLMS/COSEM архитектури што је у складу са принципима DLMS/COSEM концепта. Сам DLMS/COSEM стандард предвиђа подршку за више различитих комуникационих профила, али у предложеном решењу се предвиђа употреба TCP/IP профила имајући у виду раширеност саме TCP/IP архитектуре и предложени концепт увођења IoT инфраструктуре у станицу. У складу с тим за комуникацију са DLMS/COSEM уређајима неопходно је користити DLMS/COSEM wrapper. Међутим, постоје и уређаји које је потребно повезати на терминал а који нису засновани на DLMS/COSEM стандарду. За њихово повезивање се користи протокол конвертер, који конвертује DLMS/COSEM протокол у одговарајући протокол који подржава дотични уређај. Идеја је да се сви уређаји представе по DLMS/COSEM концепту. За оне уређаје за које не постоји одговарајуће класе података, креирају се исте кроз проширење протокола, обезбеђујући и даљу стандардизацију и интероперабилност. Поред комуникације са уређајима, предложени DLMS/COSEM клијент модел се може користити и за локални приступ корисника терминалу, имплементацијом push механизма, по којем терминал у правим временским тренуцима шаље кључне информације кориснику, односно његовој одговарајућој апликацији на паметном телефону, рачунару и сл. Код Standard и Extended варијанте не мора се користити овај механизам, јер тамо се може додати и посебан порт за корисника, на коме се може применити сервер модел.





Слика 4-3 DLMS/COSEM сервер модел за комуникацију Light терминала [38]

Са становишта smart city платформе, терминал би представљао улогу уређаја који се повезује на платформу. Стога, по DLMS/COSEM принципима, терминал би сада представљао сервер. Архитектура терминала са становишта комуникације са smart city платформом је приказана на слици 4-3 [38]. Имајући у виду слике 4-2 и 4-3, очигледно је да терминал игра улогу својеврсног гејтвеја за уређаје ка smart city платформи. Пошто су сви уређаји представљени по DLMS/COSEM концепту, са становишта smart city платформе, сви уређаји који се повезују на њу су у складу са DLMS/COSEM концептом чиме се избегава употреба конвертера протокола у smart city платформи, а исто важи и за терминал у комуникацији терминал - smart city платформа. Тиме је олакшан развој smart city платформе јер су сви уређаји унифицирани по истом моделу (DLMS/COSEM). Ова особина је од огромног значаја за развој и усвајање smart city платформе, као и њене свеобухватности. Код Light терминала, за комуникацију са smart city платформом је предвиђен 4G или 5G порт. Ово је битно, нарочито ако је потребно омогућити приступ терминалу и провајдерима основних услуга (струја, вода, гас) јер провајдери у тим ситуацијама типично захтевају овакав начин повезивања. Код Standard и Extended терминала може се додати још један порт којим се омогућава додатни приступ терминала smart city платформи. То може бити жични етернет или бежични WiFi порт. С обзиром на чињеницу да већина домаћинстава има широкопојасни приступ интернету који иде преко рутера, може се размотрити коришћење те мреже за повезивање терминала на Интернет, односно smart city платформу. У том случају, наведени додатни порт би се могао користити на тај начин. Standard и Extended терминал могу имати и посебан сервер модел порт за корисника. Код Extended варијанте, на наведеним сервер модел портovima може се и имплементирати употреба веб сервиса преко HTTP протокола.

#### 4.4 Увођење IoT у станицу за пуњење електричних возила

IoT трансформише посао, индустрију, друштво, и тако остварује значајан утицај на свакодневни живот људи, подижући удобност, ефикасност и сигурност на виши ниво [43]. Због тога се све више и више шири на све области.

European Research Cluster on the Internet of Things (IERC) дефинише IoT као [44]: „Динамична глобална мрежна инфраструктура са самоконфигурационим способностима, заснована на стандардним и интероперабилним комуникационим протоколима, где физичке и виртуелне ствари имају идентитете, физичке атрибуте и виртуелне личности, и користе интелигентни интерфејс, и неприметно су интегрисане у информациону мрежу.

IoT се такође често дефинише као мрежа физичких објеката који преко Интернет мреже могу да комуницирају са другим системима и уређајима, да би разменили информације и извршили радње покренуте било ручним уносом корисника, било командом аутоматизованог контролног система.

Конкретно код станице за пуњење електричних возила, увођење IoT значи увођење одговарајуће мрежне инфраструктуре која би повезала периферне уређаје и цео систем за даљинско управљање станицом са интернет мрежом.

Предности које доноси IoT су ангажман корисника, оптимизација и смањење расипања ресурса [2].

Увођењем IoT, станица за пуњење електричних возила би обезбедила додатну услугу својим корисницима. Наиме, преко IoT инфраструктуре остварује се директна комуникација између електричног возила и станице, што кориснику, односно власнику електричног возила омогућава да може доносити одлуке у реалном времену. То све пружа бољи ангажман корисника, кроз правовременост и тачност информација, као и бржи одзив на захтеве корисника.

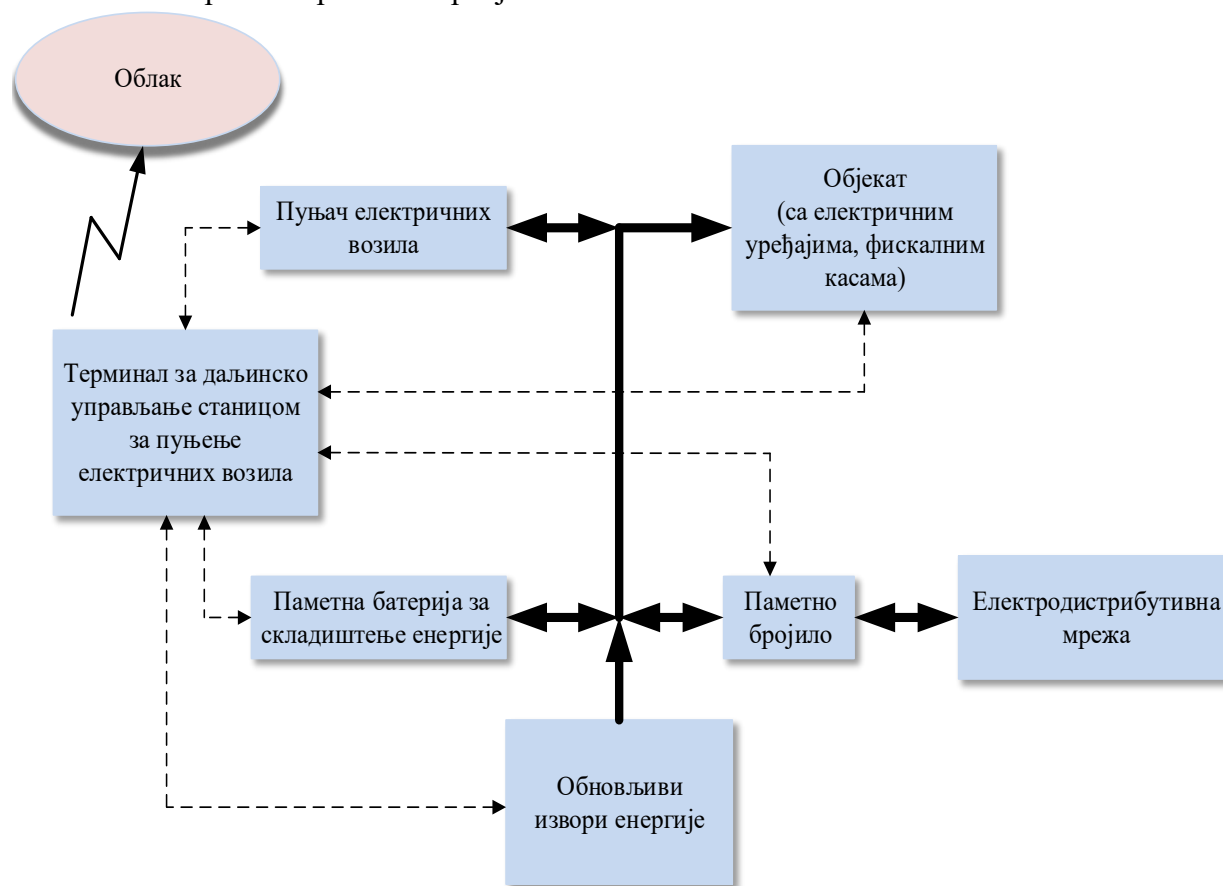
Поред тога, IoT доноси оптимизацију, јер побољшавањем и изоштравањем учешћа клијента побољшава се и коришћење уређаја, као и повећање степена аутоматизације. Такође, IoT пружа простор за извршавање захтевних функција и размену података, у коме истовремено могу да учествују различити корисници.

Увођење IoT чува ресурсе. Тренутна аналитика података пружа нам спољни увид, али IoT даје стварне информације у реалном времену, које воде до сигурног и савршеног администрирања ресурса. Тако је расипање ресурса смањено, те уместо досадашње пасивне употребе информација, IoT обезбеђује активну употребу информација, односно рад у реалном времену.

Да би се увео IoT у станицу за пуњење електричних возила, неопходно је да комуникација између терминала и облака буде заснована на IP технологији која је широко распрострањена и доминантна технологија. Међутим, на апликационом слоју постоји већи број могућности у реализацији IoT парадигме, а предлог је употреба и проширење DLMS/COSEM протокола. Протокол би свакако требало проширити. Поред додавања нових одговарајућих класа података, требало би стандардизовати употребу веб сервиса преко HTTP протокола, која би била прикладна за примену код Extended терминала. Додатне могућности се отварају увођењем интелигенције, односно подршке за IP комуникацију у периферне јединице попут пуњача електричних возила, паметних бројила, паметних батерија, фискалне касе, обновљиве изворе, итд. Тиме се, на пример, откључава потенцијал и за развој централизованог терминала који контролише више станица. Додатно, и други уређаји могу се укључивати у IoT мрежу станице, који иако нису директно везани за функцију станице, утичу на квалитет рада станице. То могу бити разни уређаји који се налазе у самом објекту (системи осветљења, системи грејања, вентилације и климатизације, бојлери, машине за прање итд.), који су на Сл. 1. означени као остали уређаји. Такође, то могу бити и разни уређаји аутомобила који су дошли на пуњење (нпр. батерија електричног возила итд.), које можемо назвати кориснички уређаји. Поред тога у IoT мрежу станице се преко својих телефона, таблета, рачунара итд. могу укључивати како власници и запослени (остали уређаји), тако и корисници (такође кориснички уређаји) станице за пуњење електричних возила, у циљу добијања разних корисних информација у реалном времену.

## 5 Управљање потражњом и интеграција хибридне станице за пуњење електричних возила у паметну мрежу

У овом поглављу је изложено управљање потражњом и интеграција хибридне станице за пуњење електричних возила у паметну мрежу, при чему су резултати овог дела дисертације објављени у [36]. На слици 5-1 [36] је приказана интеграција хибридне станице за пуњење електричних возила у паметну мрежу, односно електродистрибутивну мрежу. Систем се састоји од терминала за даљинско управљање станицом за пуњење електричних возила, који је комуникационим каналима (означени испрекиданим линијама на слици) повезан са пуњачима електричних возила, паметном батеријом за складиштење енергије, паметним бројилом, фискалном касом (која се поред осталих електричних потрошача налази у објекту који је саставни део станице за пуњење електричних возила) и обновљивим изворима електричне енергије. Са друге стране, поменути терминал је путем интернета повезан на облак, чиме је омогућено подешавање, праћење, складиштење и обрада података добијених од пуњача електричних возила, паметне батерије, паметног бројила, фискалних каса и обновљивих извора електричне енергије.



Слика 5-1 Интеграција хибридне станице за пуњење електричних возила у паметну мрежу [36]

У овом систему, обновљиви извори електричне енергије преко енергетских водова (означени пуним линијама на слици) обезбеђују електричну енергију за пуњаче електричних возила, за паметну батерију за складиштење енергије, као и за уређаје (укључујући и фискалну касу) у објекту који је део станице за пуњење електричних возила. Вишак електричне енергије произведене од стране обновљивих извора се прослеђује електродистрибутивној мрежи. Са друге стране, у временским интервалима када у систему постоји мањак електричне енергије произведене од стране обновљивих извора, потребна енергија се обезбеђује из

електродистрибутивне мреже. Енергија коју овај систем прима или прослеђује електродистрибутивној мрежи се мери паметним бројилом.

Систем омогућава пружање иновативних паметних енергетских услуга, остваривање уштеда, ефикаснију употребу дистрибутивне мреже, промовисање ефикасних операција на тржишту, тренутну размену информација о производњи и потражњи електричне енергије, рационалније и транспарентније трансакције, унапређење механизма за формирање цена електричне енергије. Овај систем доприноси ефикаснијем управљању потражњом за електричном енергијом повећавајући поузданост и стабилност електроенергетског система и ублажавајући загушења у потражњи за електричном енергијом.

### *5.1 Општа анализа и одговор потражње*

Купце генерално можемо разврстати у три категорије: резиденцијални, комерцијални и индустријски купци [3]. Резиденцијални купци имају најсложенији модел потражње из разлога што су најбројнији и међусобно најразличитији са различитим навикама и различитим кућним уређајима. Индустријски купци су велики потрошачи електричне енергије, посебно ако су на високом напону, и имају значајна вршна оптерећења. Промена модела потражње код ових купаца је велики изазов с обзиром на поверљивост информација о уређајима и машинама које се користе, и често временску осетљивост производних процеса. Комерцијални купци имају прилично типичан и идентичан модел потражње, јер су њихова главна оптерећења системи грејања, вентилације и климатизације и системи осветљења. Промена начина употребе ових система је релативно лака јер се могу контролисати према унапред постављеним параметрима и јер је предвидљив утицај спољних фактора (температуре, влажности итд.) на њихов рад. Међу ове три категорије купаца, програме управљања потражњом најлакше је реализовати код комерцијалних и индустријских купаца. Њихова потражња је много већа, уређаји и контролни системи које користе су много напреднији и често су опремљени резервним генераторима, обновљивим изворима енергије и батеријама.

Одговор потражње подразумева акције предузете на страни купаца које на основу ценовне политике утичу на ниво и време потражње за електричном енергијом на начин да за купца остваре оптималан начин потрошње електричне енергије, односно најбољи однос цене и квалитета (комфора). Могуће је дефинисати пет врста акција: сечење врха, попуњавање долина, померање оптерећења, стратешко смањење и стратешко повећање.

На основу оперативних карактеристика, оптерећења код купаца можемо поделити у две групе: према одложивости коришћења електричне енергије и према подесивости укупне потрошње електричне енергије. У првој групи могу се дефинисати одложива и неодложива оптерећења, док се у другој групи могу дефинисати подесива и неподесива оптерећења. Одложива оптерећења се могу зауставити, поново покренути или пребацити у друге временске слотове (бојлери, машине за прање судова, веша итд.), и као таква погодна су за програме одговора потражње, односно за примену акције померања оптерећења. Уз одговарајућу ценовну политику и новчане подстицаје, ова оптерећења се могу пребацити из вршних у невршне сате и на тај начин, смањити вршно оптерећење у електроенергетској мрежи. Неодложива оптерећења не подносе временска померања или прекид, односно морају да заврше свој распоред у тачно одређено време (осветљење, системи грејања и климатизације итд.), и као таква нису погодна за програме одговора потражње. За подесива оптерећења, потрошња се може смањити на нижи ниво или повећати на виши ниво (системи грејања, климатизације итд.), и као таква погодна су за програме одговора потражње, односно за спровођење акција сечење врха и попуњавање долина. Одговарајућом ценовном политиком и новчаним подстицајима, ова подесива оптерећења се могу користити за смањење или повећавање вршног оптерећења, с тим што се том приликом мора водити рачуна да се не наруши комфор купаца. Супротно томе, код неподесивих оптерећења потрошња електричне енергије је фиксна (рачунари, телевизори итд.), те као такви нису погодни за програме

одговора потражње. Поред наведеног, могуће је самим избором енергетски ефикаснијих уређаја (промена сијалица са жарном нити, прелазак на уређаје боље енергетске класе итд.) спроводити програм одговора потражње, односно акције стратешког смањења. Даље, примену акције стратешког повећања је могуће постићи увођењем додатних уређаја, попут електричних возила, батерија итд.

У погледу приступа потражњи које снабдевачи електричном енергијом заузимају према својим купцима, постоји низ мотивационих метода које подстичу купце да примењују програме одговора потражње. То се дефинише одговарајућим пакетима услуга који се нуде купцима и који се могу сврстати у две групе: временски пакети, односно одговори потражње засновани на времену и подстицајни пакети, односно одговори потражње засновани на подстицају. Најчешће, временски пакети погодни су за примену код резиденцијалних купаца, док су подстицајни пакети више примењиви код комерцијалних и индустријских купаца. Код подстицајних пакета, ценовна политика је одређена тако да подстиче одговарајуће понашање купца, на основу којих он остварује одговарајуће новчане уштеде. Промена понашања купаца је добровољна, мада се могу предвидети и дестимулације за одређене ситуације. Постоји пет типова подстицајних пакета: директни пакет, услужни пакет, лицитациони пакет, пакет системског капацитета и пакет помоћних услуга. Код директног пакета, снабдевач потпуно по свом нахођењу даљински управља неким уређајима код купца (нпр. бојлер, клима уређај итд.), те укључивањем/искључивањем истих може регулисати електроенергетски систем, док купац заузврат остварује одговарајуће новчане уштеде. Услужни пакет је сличан са директним пакетом са разликом да снабдевач не може слободно и независно да смањује/повећава потрошњу код купца, већ у случају своје потребе шаље захтеве купцу, а купац у складу са својим могућностима реагује на исте. Код купаца код којих процеси нису строго контролисани и временски зависни (нпр. цементаре) више је примењив директни пакет. Услужни пакет је примењив код купаца код којих процес мора бити врло прецизно спроведен (нпр. хемијска индустрија). Код лицитационог пакета, уместо да чека захтев од снабдевача, купац се сам укључује на тржиште електричне енергије и у складу са својим могућностима лицитира за одговарајућа смањења потрошње електричне енергије. Купци, који су уговорили пакет системског капацитета, су дужни да смање своју потрошњу када систем нема довољно капацитета, у складу са најавом један дан раније од стране снабдевача. Пакет помоћних услуга је сличан са лицитационим пакетом, са разликом што се цена не лицитира, већ се утврђује према актуелној цени на берзи. Код неких снабдевача, могу се комбиновати лицитациони пакет, пакет системског капацитета и пакет помоћних услуга. Стога можемо дефинисати активни подстицајни пакет који представља примену било само једног од тих пакета, било комбинацију два од три пакета или комбинацију сва три наведена пакета. Код временских пакета, ценовна политика је одређена тако да највише зависи од временског тренутка у којем се остварује потрошња. Постоје четири типа временских пакета: паушални пакет, тарифни пакет, пакет максиграфа и активни пакет. Уколико се примењује паушални пакет, цена је иста све време, тако да се уштеда може остварити само смањењем укупне потрошње електричне енергије. Код тарифног пакета, уводе се временске тарифе, односно различите цене за различите временске периоде дана или недеље, те се уштеде могу остварити померањем потрошње у временске периоде када је цена електричне енергије нижа. Пакет максиграфа је изведен из тарифног пакета, тако што се додатно наплаћује одговарајући износ у зависности од максималне снаге остварене у обрачунском периоду. Код активног пакета, цена се мења из сата у сат, углавном у складу са променама на берзи електричне енергије, те је за примену овакве методе неопходна интензивна комуникација између купца и снабдевача.

## *5.2 Управљање потражњом код станице*

Ради лакшег разумевања, у овом поглављу врши се анализа за режим рада у коме станица само узима енергију из smart grid. Потом се у наредном поглављу разматра интеграција

станице у smart grid, узимајући у обзир и режим рада у коме станица испоручује енергију у smart grid. Станица за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора енергије се може сврстати у комерцијалне купаце. У случајевима када није велика учесталост пуњења електричних возила на станици и када обновљиви извори дају много, односно довољно електричне енергије, станица се понаша као мали комерцијални купац. С друге стране, у случајевима када је велика учесталост пуњења електричних возила на станици, односно када обновљиви извори дају мало, односно недовољно електричне енергије, станица се може понашати као велики комерцијални купац.

У погледу оптерећења, станица има и одложивих и неодложивих оптерећења, и подесивих и неподесивих оптерећења. У самом објекту, неодложива оптерећења су систем осветљења, систем грејања, вентилације и климатизације, фискална каса, рачунари, терминал итд., док су одложива оптерећења бојлер, машине за прање итд. Такође, у самом објекту, подесива оптерећења су систем грејања, вентилације и климатизације итд., док су неподесива оптерећења систем осветљења, фискална каса, рачунар, терминал итд. Гледано ван објекта, паметна батерија је одложиво оптерећење, као и подесиво оптерећење, при чему се мора водити рачуна о режимима пуњења и пражњења, да се не би значајно смањило животни век батерије. Такође, пуњачи електричних возила могу бити подесива и одложива оптерећења, водећи рачуна да се тиме не угрози услужност и предусретљивост према корисницима станице, односно власницима електричних возила. Уз сагласност власника електричних возила могуће је мењати програме пуњења на спорије и брже, смањујући или повећавајући тиме потрошњу електричне енергије. Такође, уз помоћ платформе за кориснике пуњача електричних возила, могуће је у жељеним временским интервалима привући или одбити власнике електричних возила, и на тај начин повећати или смањити потрошњу електричне енергије, а све у складу са актуелном ситуацијом у електроенергетском систему, односно на тржишту електричне енергије.

На станици је могуће реализовати свих пет врста акција у програму одговора потражње. Стратешко смањење се постиже избором енергетски ефикасних уређаја и система, који се уграђују у станицу приликом саме изградње, и евентуално касније по потреби занављају. У погледу стратешког повећања, поред тога што је станица опремљена батеријом која се може користити у ове сврхе, станица може у значајној мери реализовати ову врсту акција уз помоћ великог броја електричних возила који су јој на располагању, наравно уз спровођење паметне политике према њиховим власницима. Батерија и електрична возила, односно политика која се води према њиховим власницима су кључни и за реализацију преосталих врста акција у програму одговора потражње: сечење врха, попуњавање долина и померање оптерећења. Поред тога, за спровођење ових акција могу се користити и остала подесива и одложива оптерећења наведена у претходном пасусу.

У погледу избора оптималног пакета услуга за власника станице за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора електричне енергије, с обзиром на широку лепезу подесивих и одложивих оптерећења, као и могућности убацивања енергије у систем, са економске тачке гледишта највише бенефита се може остварити применом активног пакета. Овај пакет пружа највише простора за искоришћење наведених потенцијала станице у погледу примене програма одговора потражње, с тим што захтева активно бављење, односно управљање на страни станице. То може радити и власник или одговарајући менаџер станице, или систем, односно терминал применом техника вештачке интелигенције.

### *5.3 Интеграција станице у паметну мрежу*

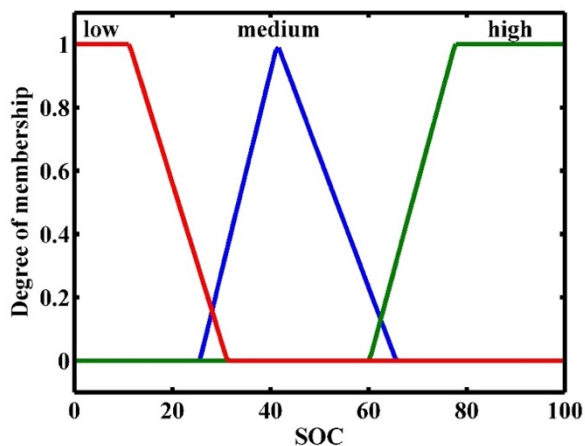
Станица за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора енергије представља микромрежу, коју је неопходно интегрисати, односно прикључити на одговарајући начин у smart grid. Приликом интеграције било које микромреже у smart grid неопходно је то урадити водећи рачуна о два веома битна фактора. Прво, потребно је да се то

уради на најбољи могући начин са становишта одржавања стабилности електроенергетског система. Друго, са становишта власника микромреже, битно је да се интеграција уради на најбољи могући начин у погледу економског интереса власника, односно максималног остварења економских бенефита за власника. Стога, о наведена два фактора је неопходно водити рачуна и приликом интеграције станице за пуњење електричних возила која се напајају из обновљивих извора у smart grid. За очекивати је да се одлуке које задовољавају ове услове у великој мери поклапају. Наиме, интерес власника је да се произведена енергија у микромрежи испоручује у smart grid када је цена електричне енергије висока, као и да се преузима из smart grid у тренуцима када је цена електричне енергије ниска. С друге стране, како у smart grid влада закон понуде и потражње, и са становишта одржавања електроенергетске стабилности, у ситуацијама када је цена електричне енергије висока, значи да постоји мањак енергије у систему и пожељно је да у том тренутку што више микромрежа крене да испоручује електричну енергију у систем. Такође, ако је цена електричне енергије ниска, у том тренутку има вишка енергије у систему и пожељно је да што више микромрежа почне да преузима енергију из smart grid. За остварење наведених циљева потребно је одговарајуће управљање у самој станици. Како су батерија и сама станица најважнија оптерећења у станици, у сваком тренутку потребно је имати одлуку шта се ради са таквим оптерећењима. Такође, како је цена електричне енергије променљива, у сваком тренутку је потребно имати одлуку шта се ради са произведеном електричном енергијом. Одлука о томе зависи од тренутне цене електричне енергије, тренутног стања напуњености батерије, броја возила која су присутна на станици у том тренутку и наравно прогнозе одговарајућих метеоролошких услова на станици који су битни за производњу обновљивих извора енергије станице. Па тако, код соларних извора, улазни параметар је инсолација, односно осунчаност, док се код ветрогенератора прати брзина ветра. За овако једно сложено управљање са много улаза, много излаза, где улази и излази нису прецизно одређени, мерљиви и предвидиви и где не постоји прецизно одређена функција зависност излаза од улаза, згодно је применити fuzzy logic controller [45]. Наравно, постоје и други начини за реализацију управљања, међутим управљање на бази fuzzy логике се може носити са неизвесностима у систему кроз примену одговарајућих IF-THEN правила, елиминишући потребу за дефинисањем прецизног математичког модела. То је посебно важно за овако сложене системе, где практично није могуће одредити прецизан математички модел. Променљива оптерећења, променљива потрошња и променљива цена електричне енергије су главни разлози за примену fuzzy logic контролера у оваквом систему. Треба нагласити и да је овакав контролер брз, односно да може радити у реалном времену. Такође, у солидној мери отпоран је на непрецизности података. Једноставно се могу мењати IF-THEN правила на основу којих контролер доноси одлуке, што је такође још једна предност у примени.

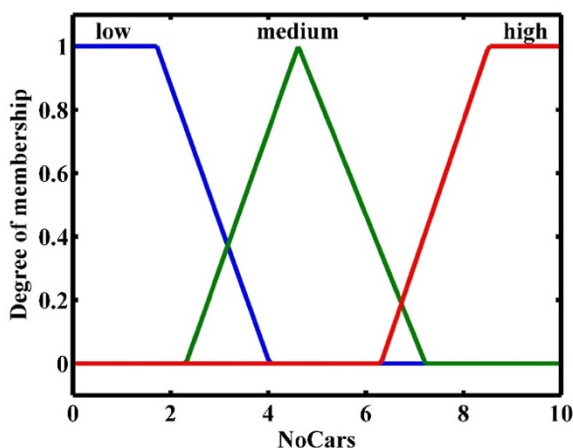
#### 5.4 Fuzzy контролер

У овом поглављу се презентује fuzzy контролер за управљање станице која има производњу електричне енергије из соларних панела и ветро турбина, батерију и могућност одлагања пуњења електричних возила, као и могућност преузимања електричне енергије из електричних возила (тзв. V2G – vehicle to grid концепт). То је контролер који треба да оптимизује потрошњу, производњу и складиштење електричне енергије. Он се може користити за управљање у реалном времену на основу реалних података у датом тренутку за одређивање рада станице у наредном сату. Такође, може се користити за израду оперативних планова за наредни дан на основу предикције будућих података о цени електричне енергије на тржишту, својој

производњи и оптерећености станице у погледу броја возила. Улази на основу којих овај контролер доноси одлуке, односно одређује стање излаза, су: цена електричне енергије (ElectricityPrice), инсолација (Insolation), брзина ветра (WindSpeed), стање напуњености батерије (SOC – state of charging) и број возила у станици (NoCars). Излази из контролера су контрола произведене енергије и контрола енергије возила. Свим улазима и излазима се додељују одговарајуће fuzzy функције чланства (degree of membership). Тај процес се назива фузификација. Фузификација мења улазне сигнале тако да их надаље представља са свега неколико вредности, што омогућава једноставну и правилну примену IF-THEN правила. Свака функција чланства се додељује одређеном сету вредности.



Слика 5-2 Функција чланства за SOC батерије [36]



Слика 5-3 Функција чланства за број EV [36]

Цена електричне енергије је представљена са четири функције чланства, док су сви остали улази представљени са три функције чланства. Функције чланства се односе на атрибуте који одређују: ниске (“low”), средње (“medium”) и високе (“high”) вредности посматраног инпута. Четврта функција чланства је највиша вредност (“the highest”). На сликама 5-2. [36] и 5-3. [36] су приказани примери фузификације стања напуњености батерије и броја возила. Стању напуњености батерије испод 20% је додељена функција чланства “low”. Функција чланства “high” је додељена стању напуњености батерије преко 80%, док функција чланства “medium” представља сва стања напуњености батерије између 20% и 80%. На сличан начин се врши фузификација свих осталих улазних сигнала.



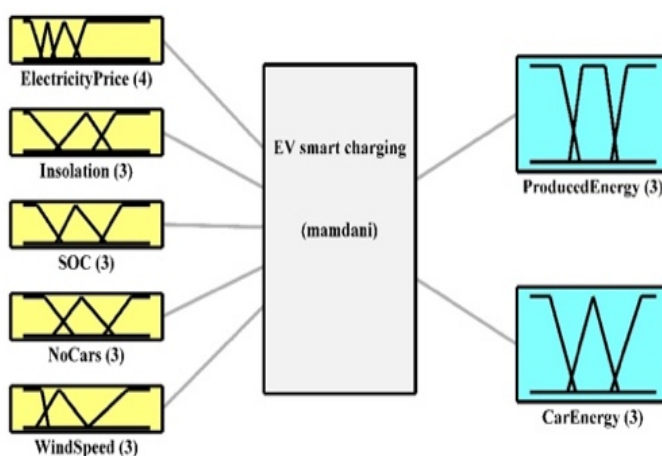
Два излаза система дефинишу како контролисати производњу енергије и енергију аутомобила. Први излаз се односи на произведену енергију (ProducedEnergy) са функцијама припадности које указују на атрибуте у различитим распонима бројева:

- складиштити енергију (вредности из опсега [0, 1]),
- пуњење EV ([1, 2]) и
- продавати енергију дистрибутивној мрежи ([2, 3]).

Други излаз се односи на одлуке за власнике електричних аутомобила (CarEnergy):

- пуњење EV (вредности из опсега [0, 1]),
- померити пуњење ([1, 2]) и
- продавати енергију из батерије EV ([2, 3]).

Фузификација излаза се врши у складу са наведеним опсезима. Цео расплинути експертски систем са улазима и излазима приказан је на слици 5-4. [36]



Слика 5-4 Fuzzy контролер [36]

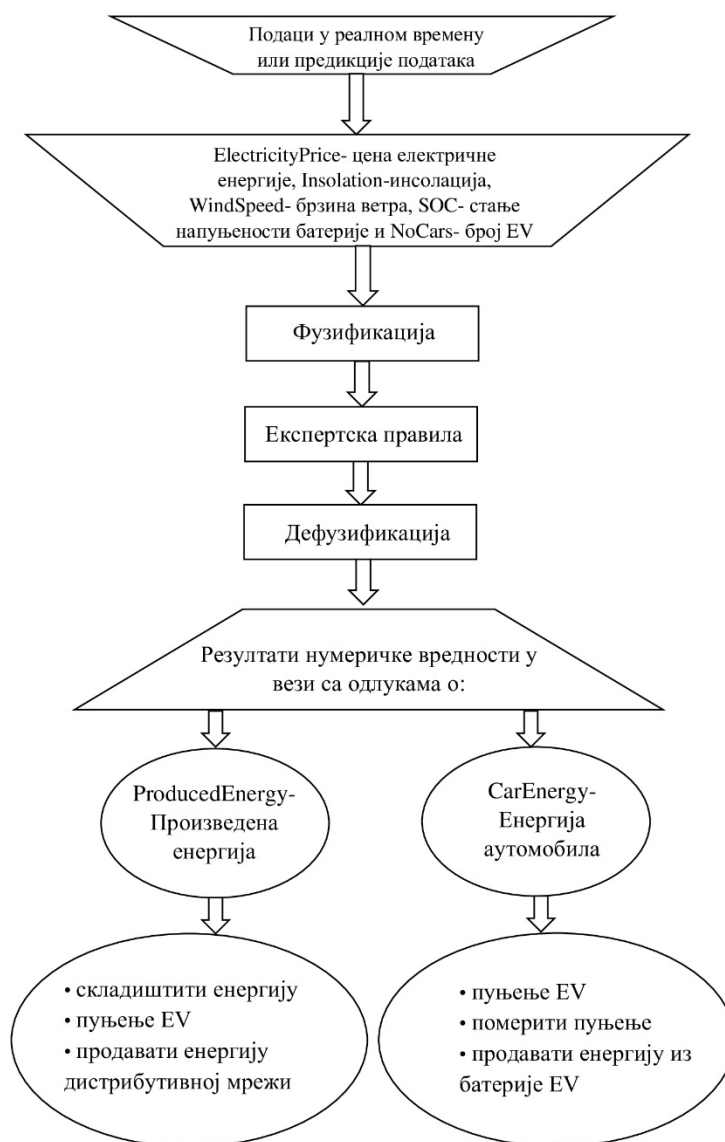
Поред дефинисања процеса фузификације, потребно је и дефинисати експертска правила на основу којих се излазима додељују одговарајуће вредности према одговарајућој комбинацији вредности улазних сигнала. Генерална форма једноставног правила је:

*ако <услов> онда <последица>*

Могу се дефинисати и сложенија правила која се састоје од више једноставних правила, и у том случају се користе логичке одреднице “and”, “or” и “not”. Ова правила се дефинишу на основу експертског знања и наравно зависе од задатих циљева. У овом случају станице за пуњење електричних возила која се напаја из обновљивих извора електричне енергије, кључни циљеви које поставља власник станице су максималан профит и задовољство корисника станице. За максималан профит, потребно је обезбедити продају произведене електричне енергије по што вишој цени, било испоруком у smart grid, било пуњењем електричних возила и што већу посредничку зараду у трговини енергијом између smart grid и власника електричних возила. Мора бити дефинисано најмање једно правило, а даље се она могу додавати, мењати сл. Пример једног правила је:

„ако (цена електричне енергије је висока) и (инсолација је висока) и (брзина ветра је велика) и (SOC је висока) и (NoCars је ниска) онда (ProducedEnergy = продавати енергију дистрибутивној мрежи), (CarEnergy = померити пуњење) “.

Применом система, временом се може доћи до потврђеног скупа правила која дају најбољи резултат. Тада се можда може дефинисати и одговарајући математички модел, односно прецизна дефиниција функција зависности излаза од улаза. Такав поступак се назива агрегација.



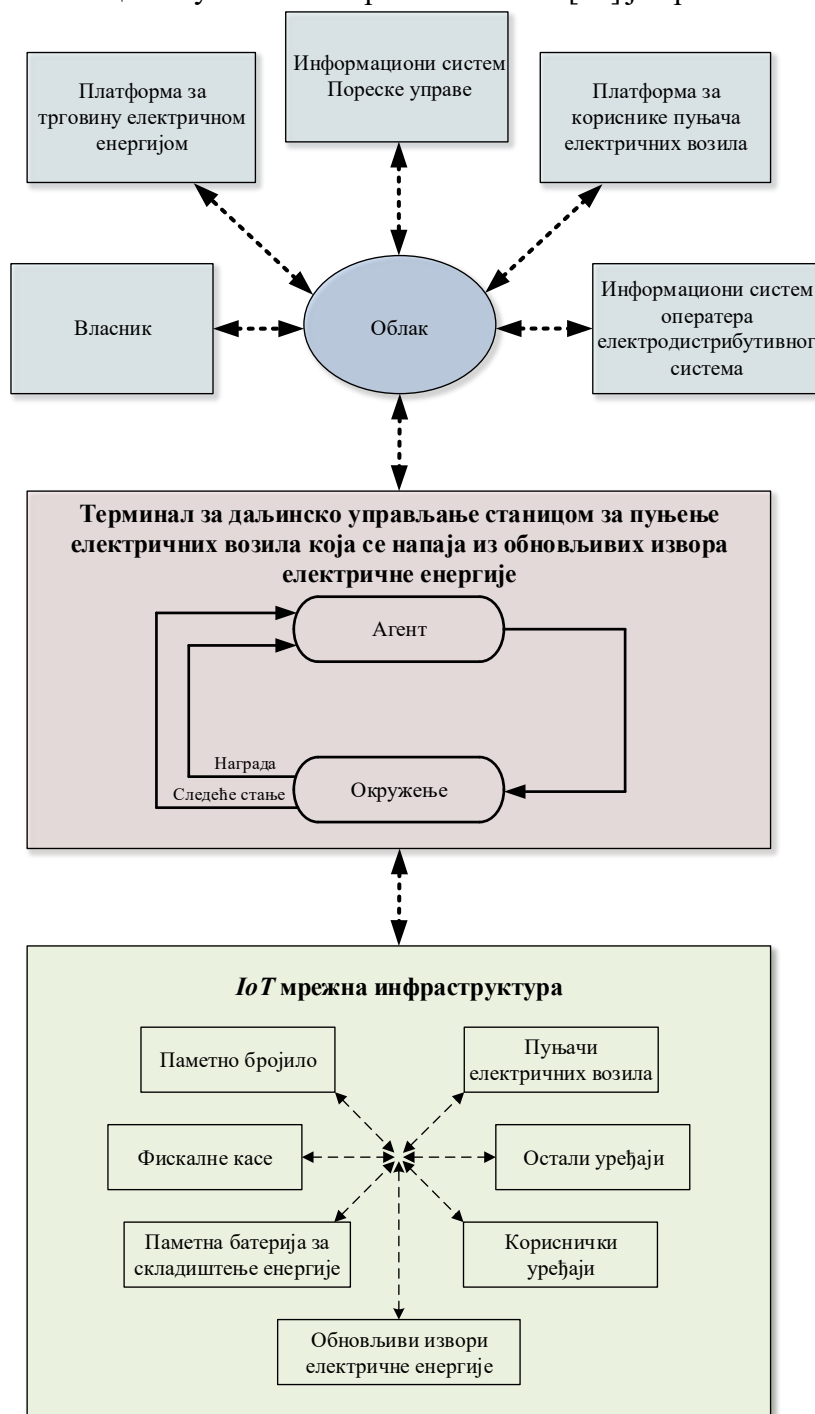
Слика 5-5 Алгоритам имплементације fuzzy логике [36]

Последњи корак у процесу управљања на бази fuzzy логике је дефузификација. Овим поступком се вредности добијене применом fuzzy логике трансформишу у сигнале који даље представљају излазе и покрећу одговарајуће акције. Тако на пример, ако је закључено да произведена електрична енергија треба да буде складиштена, излаз ProducedEnergy након дефузификације мора имати вредност између 0 и 1. Ако је закључено да произведена електрична енергија треба да буде продата дистрибуционој мрежи, излаз ProducedEnergy након дефузификације мора имати вредност између 2 и 3. Ако произведена енергија треба да буде коришћена за пуњење електричних аутомобила, излаз ProducedEnergy након

дефузификације мора имати вредност између 1 и 2. Тај сигнал даље контролише прекидач који спроводи жељену акцију. На слици 5-5. [36] је приказан описани алгоритам имплементације fuzzy логике. Постоје и други начини за реализацију управљања контролера [46]. Оно што свакако може унапредити резултате рада контролера је примена метода вештачке интелигенције, посебно у предикцији вредности улазних параметара [47].

## 6 Примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила

У овом поглављу изложена је примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, при чему су резултати овог дела дисертације објављени у [48]. Примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила [48] је приказана на слици. 6-1 [48].



Слика 6-1 Примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила [48]

Тако добијен терминал за даљинско управљање станице за пуњење електричних возила, који представља основну компоненту система, је повезан са пуњачима електричних возила,

паметном батеријом за складиштење енергије, обновљивим изворима електричне енергије, паметним бројилом, фискалним касама, корисничким уређајима и осталим уређајима, помоћу IoT мрежне инфраструктуре. Поред тога, терминал за даљинско управљање станице за пуњење електричних возила је повезан и са облаком преко интернет везе, чиме је омогућено да се подаци добијени од пуњача електричних возила, паметне батерије за складиштење енергије, обновљивих извора електричне енергије, паметног бројила и фискалних каса, прате, складиште и обрађују. Приступ тим подацима је омогућен следећим платформама: платформи за кориснике пуњача електричних возила, платформи за трговину електричном енергијом, информационом систему оператера електродистрибутивног система и информационом систему Пореске управе. Платформа за кориснике пуњача електричних возила омогућава власницима електричних возила да добију све потребне информације о пуњачима електричних возила. Платформа за трговину електричном енергијом омогућава обављање трговине електричном енергијом која је расположива у систему. Такође, приступ подацима у облаку имају и власници станица за пуњење електричних возила. Ти подаци се процесирају применом алгоритама вештачке интелигенције, чиме се остварује ефикасна употреба дистрибутивне мреже уз коришћење иновативних паметних енергетских услуга, као и значајне уштеде у целом систему.

### *6.1 Вештачка интелигенција*

Вештачка интелигенција се може дефинисати као способност дигиталног рачунара или компјутерски контролисаног робота да обавља задатке који се обично повезују са интелигентним бићима [49]. Израз се често примењује на пројекат развоја система обдарених интелектуалним процесима карактеристичним за људе, као што је способност расуђивања, откривања значења, генерализације или учења из претходног искуства. Психолози генерално не карактеришу људску интелигенцију само једном особином, већ комбинацијом многих различитих способности. Истраживања у области вештачке интелигенције су се углавном фокусирала на следеће компоненте интелигенције: учење, расуђивање, решавање проблема, перцепцију и коришћење језика. Поред ових основних компоненти, могу се наћи истраживања која се баве и развојем машина које имају следеће способности: планирање, представљање знања, кретање, социјална интелигенција и општа интелигенција.

Расуђивање значи извођење закључака који одговарају ситуацији. Закључци се класификују као дедуктивни или индуктивни. Најзначајнија разлика између ових облика резонувања је у томе што у дедуктивном случају истинитост премиса гарантује истинитост закључка, док у индуктивном случају истинитост премисе даје подршку закључку без да даје апсолутну сигурност. Постигнут је значајан успех у програмирању рачунара за извођење закључака, посебно дедуктивних закључака. Међутим, право резонување укључује више од самог извођења закључака; подразумева извођење закључака релевантних за решење конкретног задатка или ситуације. Ово је један од најтежих проблема са којима се вештачка интелигенција суочава.

Решавање проблема, посебно у вештачкој интелигенцији, може се окарактерисати као систематско тражење низа могућих радњи у циљу достизања неког унапред дефинисаног циља или решења. Методе решавања проблема деле се на методе посебне намене и методе опште намене. Метода посебне намене је скројена за одређени проблем и често користи веома специфичне карактеристике ситуације у којој је проблем уграђен. Насупрот томе, метода опште намене је применљива на широк спектар проблема. Многи различити проблеми решени су програмима вештачке интелигенције. Неки примери су проналажење победничког потеза

(или низа потеза) у игри на плочи, осмишљавање математичких доказа и манипулација „виртуелним објектима“ у компјутерски генерисаном свету.

Перцепцију можемо описати као скенирање околине помоћу различитих чулних органа, стварних или вештачких, и разлагање сцене на засебне објекте у различитим просторним односима. Анализа је компликована чињеницом да објекат може изгледати другачије у зависности од угла из којег се посматра, правца и интензитета осветљења у сцени и колико је објекат у контрасту са околним пољем. Машинску перцепцију [50] можемо дефинисати као способност да се користе улазни сигнали са сензора (као што су камере, микрофони, бежични сигнали, сонар, радар и тактилни сензори) да би се закључили аспекти света, односно окружења. Апликације укључују и препознавање говора, препознавање лица и препознавање објеката. Тренутно је вештачка перцепција довољно напредна да омогући оптичким сензорима да идентификују појединце, аутономним возилима да возе умереном брзином на отвореном путу и роботима да лутају кроз зграде скупљајући празне лименке сода.

Коришћење језика омогућава машинама да читају и разумеју људски језик. Довољно моћан систем за обраду људског језика би омогућио корисничке интерфејсе на људском језику и стицање знања директно из извора писаних од стране људи, као што су текстови и вести. Неке једноставне примене коришћења језика укључују проналажење информација, одговарање на питања и машинско превођење [51].

Планирање омогућава рачунару да предвиђа како ће га његове акције променити и да доноси одлуке које максимизирају корист из доступних избора [52]. У класичним проблемима планирања, рачунар може претпоставити да је он једини систем који делује на свету, дозвољавајући себи да буде сигуран у последице својих акција. Међутим, ако рачунар није једини актер, онда то захтева да агент размишља у неизвесности, и континуирано поново процењује своје окружење и прилагођава се. Планирање са више рачунара користи сарадњу и конкуренцију многих рачунара за постизање задатог циља.

Представљање знања и инжењеринг знања [50] омогућавају програмима вештачке интелигенције да интелигентно одговарају на питања и доносе закључке о чињеницама из стварног света. Репрезентација „оног што постоји“ је онтологија: скуп објеката, релација, концепата и својстава формално описаних тако да софтверски програми могу да их тумаче. Најопштије онтологије се називају горње онтологије, које покушавају да обезбеде основу за сва друга знања и делују као посредници између онтологија домена које покривају специфично знање о одређеном домену знања.

Кретање се у великој мери користи у роботизици [50]. Локализација је начин на који робот зна своју локацију и мапира своје окружење. Када се добије мало, статичко и видљиво окружење, ово је лако; међутим, динамична окружења, као што је (у ендоскопији) унутрашњост тела које дише, представљају већи изазов.

Развој способности социјалне интелигенције је интердисциплинарна област који обухвата системе који препознају, тумаче, обрађују или симулирају људска осећања, емоције и расположење [53]. На пример, неки виртуелни асистенти су програмирани да причају разговорно или чак да се шале на духовит начин; то чини да изгледају осетљивији на емоционалну динамику људске интеракције или да на други начин олакшају интеракцију између човека и рачунара.

Машина са општом интелигенцијом може решити широк спектар проблема са ширином и свестраношћу сличном људској интелигенцији. Постоји неколико конкурентних идеја о томе како развити вештачку општу интелигенцију.

## 6.2 *Машинско учење*

Машинско учење је дисциплина вештачке интелигенције која се бави имплементацијом компјутерског софтвера који су у стању да самостално уче [54]. Како би могли да предвиђају или доносе одлуке, алгоритми машинског учења граде модел заснован на узорку података, познатих као подаци о обуци. Подскуп машинског учења је уско повезан са статистиком, али није свако машинско учење статистичко учење. Претрага података, односно пракса анализе великих база података у циљу генерисања нових информација, је сродна област проучавања, која се фокусира на истраживачку анализу података.

Генерално, алгоритми машинског учења се користе за предвиђање или класификацију [55]. На основу неких улазних података, који могу бити означени или неозначени, алгоритам ће произвести процену о обрасцу у подацима. Затим се врши процена таквог предвиђања. Ако постоје познати примери, функција грешке може да направи поређење да процени тачност предвиђања. Ако предвиђање може боље да се уклопи у тачке података у скупу за обуку, онда се одговарајући коефицијенти прилагођавају да би се смањила неслагања између познатог примера и процене. Алгоритам ће поновити овај процес евалуације и оптимизације, самостално ажурирајући коефицијенте док се не достигне праг тачности.

Машинско учење се може класификовати на: надгледано, ненадгледано и полунадгледано учење, као и појачано учење. Учење под надзором, такође познато као надгледано машинско учење, дефинисано је употребом означених скупова података за обуку алгоритма који класификују податке или тачно предвиђају исходе. Како се улазни подаци уносе у модел, он прилагођава своје коефицијенте док се модел не уклопи на најбољи могући начин. Учење без надзора, познато и као ненадгледано машинско учење, користи алгоритме машинског учења за анализу и груписање неозначених скупова података. Ови алгоритми откривају скривене обрасце или груписање података без потребе за људском интервенцијом. Његова способност да открије сличности и разлике у информацијама чини га идеалним решењем за истраживачку анализу података, стратегије унакрсне продаје, сегментацију купаца, препознавање слика и образаца. Полунадгледано учење нуди оптималан однос између учења под надзором и учења без надзора. Током обуке, користи мањи скуп означених података да води класификацију и издвајање карактеристика из већег, неозначеног скупа података. Полунадгледано учење може да реши проблем недостатка означених података (или немогућности да приуштите да означите довољно података) за обуку алгоритма за учење под надзором. Појачано учење је модел машинског учења понашања који је сличан надгледаном машинском учењу, али алгоритам није обучен коришћењем узорака података. Овај модел учи користећи покушаје и грешке. Низ успешних исхода ће бити појачан како би се развила најбоља препорука или политика за дати проблем.

Неке методе које се користе у машинском учењу укључују неуронске мреже, Бајесове мреже, линеарну регресију, логистичку регресију, случајну шуму (дрво одлучивања), машину вектора подршке (SVM), груписање  $k$ -средњих вредности, методе вероватноће кластерисања и још много тога. Метода неуронске мреже имитира рад биолошког мозга.

## 6.3 *Примена вештачке интелигенције на терминал*

У раду који даје преглед стања у области система управљања енергијом у домаћинству [35] може се уочити да између осталих постоје и групе радова који се баве применом вештачке интелигенције у тој области. Увидом у то, можемо уочити да се највише примењује појачано учење. Ово сазнање се такође односи и на систем за даљинско управљање станицом за пуњење електричних возила, из разлога што је Light варијанта терминала намењена за коришћење код

резиденцијалне станице за пуњење електричних возила. Резиденцијална станица за пуњење електричних возила представља систем управљања енергијом у домаћинству. Поред резиденцијалне станице, постоје и комерцијалне и индустријске станице, код којих се користе доста сложеније Standard и Extended варијанта терминала. Ипак, због њихове сличности са Light варијантом терминала, можемо рећи да се и на њих односи горе поменуто сазнање. Дакле, генерално за рад терминала за даљинско управљање најзгодније је применити појачано учење. Из свега претходно реченог следи да можемо у даљем тексту дати преглед главних закључака из примене техника машинског учења, односно техника појачаног учења на системе управљања енергијом у домаћинству, јер су они потпуно применљиви и добра полазна основа за примену истих техника на терминал за даљинско управљање станицом за пуњење електричних возила, која се напаја из обновљивих извора електричне енергије.

Код управљања енергијом у домаћинству, главни циљ је оптимизација, односно минимизирање укупне потрошње електричне енергије и смањење рачуна за струју у паметној кући [56], као и оптималан пласман електричне енергије добијене из обновљивих извора, ако су они примењени. Типичан систем управљања се не може успешно прилагодити разним уређајима са различитом сложеносћу распореда, нити је прикладан за примену у реалном времену. Алгоритми појачаног учења (RL) су у последње време предложени као потенцијални кандидати за решавање ових проблема због њихове прилагодљивости и способности да науче приоритете и навике купаца и оптимизују управљање оваквим енергетским системима који су често подложни различитим улазима као што су динамичке цене електричне енергије, подаци метеоролошке прогнозе (сунце, ветар,...) и обрасци потрошње енергије (понашање корисника). RL се сматра типом алгоритма са машинским учењем за доношење одлука у стохастичком окружењу. Не захтева математички модел и погодан је за сложене апликације у реалном времену. RL алгоритам има шест параметара, а то су агент, окружење, скуп стања  $S$ , скуп акција  $A$ , награде  $R$  и вредност акције  $Q(s,a)$ . Генерално, RL агент је у интеракцији са окружењем као што је приказано на слици 6-1 у самом блоку терминала.

Прва употреба појачаног учења за управљање енергијом код куће описана је у [57], где се неуронска мрежа користи за контролу грејања, вентилације, климатизације (HVAC) и осветљења како би се смањила нелагодност корисника и смањили трошкови енергије. Поред тога, постоје и радови у којима се користи појачано учење за планирање укључивања/искључивања уређаја као одговор на сигнале о ценама. То практично значи померање одређених флексибилних оптерећења, што омогућава минимизирање трошкова за потрошњу електричне енергије, тако што не се прелази одређени праг снаге а без изазивања незадовољства корисника због одлагања рада уређаја. Појачано учење примењује се такође и на реализацију различитих функција које мере незадовољство корисника када уређаји не успеју да обаве тражени задатак у потребном времену. Од почетка доста је примењивана метода неуронске мреже [58, 59], а у последње време прилично се примењује и метода названа Q-учење.

Алгоритми Q-учења су RL технике које су усвојене да би се стекла оптимална политика одређивања акција које агент преузима. На основу примљене награде, агент је у стању да оптимизује своју политику одређивања акција које треба преузети, и тиме максимизира укупне награде које ће добити у будућности. То се постиже ажурирањем одговарајућих коефицијената приликом сваке итерације, како би се оптимизовале перформансе агента. У зависности од сложености архитектуре конкретних система, могуће је и оптимизацију управљања енергијом решити директно применом Q-учења [56], или применити Q-учење за разбијање главног проблема на подзадатке који се затим решавају независно коришћењем RL [60].



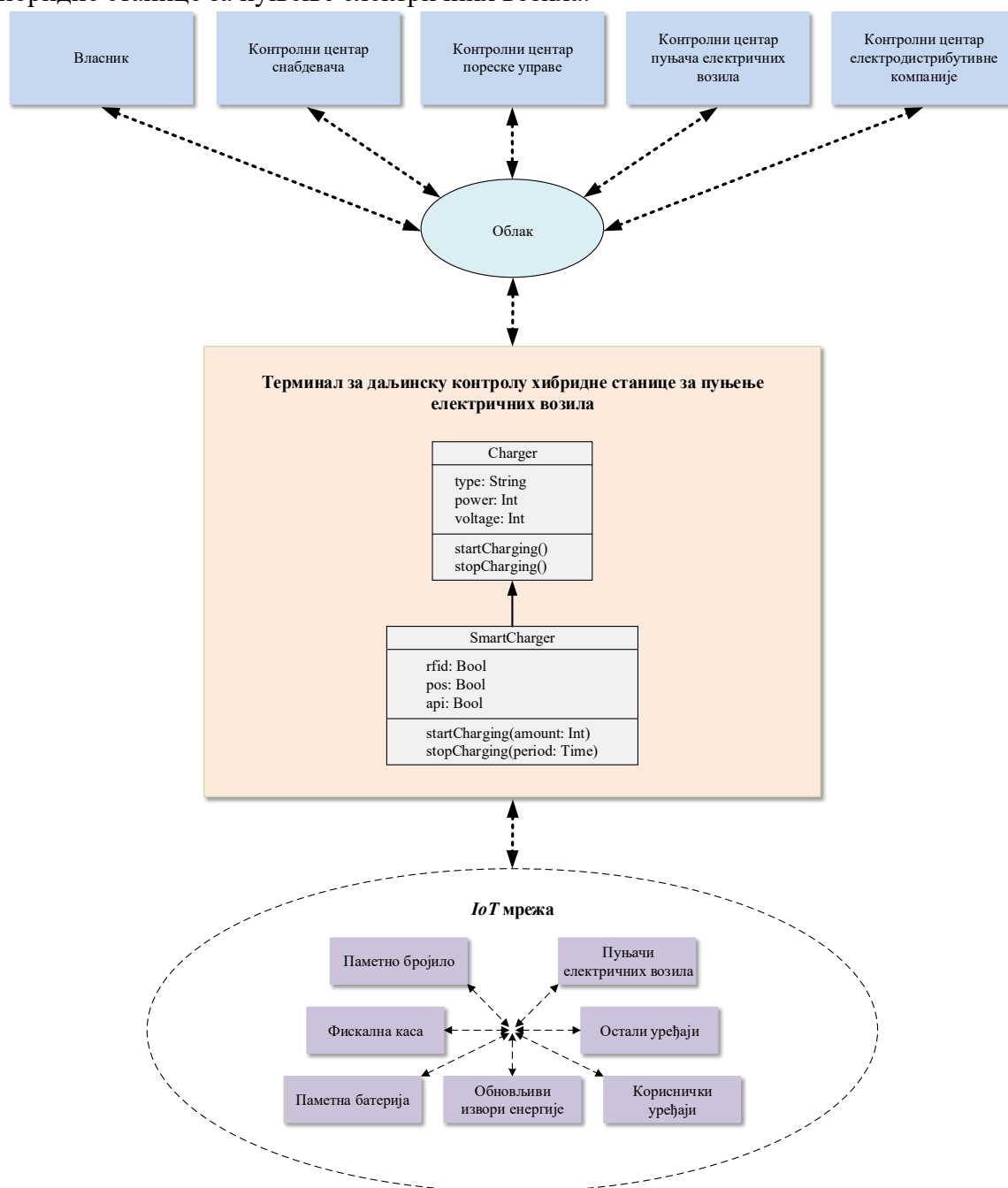
Поред наведених могућих примена техника вештачке интелигенције на решавање главног проблема оптимизације управљања енергијом у оваквим системима, постоје и примене у којима се главни проблем оптимизације управљања енергијом решава применом неке друге технике за управљање енергије, али се вештачка интелигенција користи као помоћна метода за предвиђање улазних параметара [47,36].

Дакле једна могућност примене RL технике машинског Q-учења на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила је реализација алгоритма управљања. Међутим треба рећи да се сам алгоритам управљања може реализовати и без примене вештачке интелигенције, односно применом других техника управљања, као што је то приказано у претходном поглављу.

Друга могућност примене RL технике машинског Q-учења на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила је реализација прогнозу кретања цене на берзи електричне енергије, прогнозу количине електричне енергије која ће се произвести из сопствених обновљивих извора, као и прогнозу потреба за потрошњом. Ове прогнозе су изузетно важне у напредном режиму у којем се користи за трговину електричном енергијом и када доноси власнику највеће приходе. Тад терминал прати цену електричне енергије на берзи, која се мења из сата у сат, и предаје енергију мрежи када је цена висока, односно преузима енергију из мреже када је цена ниска. Наравно у припреми за овакво реаговање, терминалу су потребне наведене прогнозе. Све наведене прогнозе зависе од случаја до случаја, од власника/корисника до власника/корисника и зато је неопходна примена наведене технике RL технике машинског Q-учења. Она обезбеђује да је терминал у стању: да учи понашање свога власника, и прилагођава прогнозе потрошње његовим навикама; да прилагођава прогнозе количине електричне енергије која ће се произвести из сопствених обновљивих извора и географској локацији на којој се налази, али и микро локацији у смислу да ли је објекат заклоњен сенком неког другог објекта у неком временском тренутку и сл.; да прилагођава прогнозе цене електричне енергије на берзи од државе до државе.

## 7 МД развој терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила

У овом поглављу изложен је МД развој терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, при чему су резултати овог дела дисертације објављени у [31] и [12]. На слици 7-1 [31] је приказана илустрација МД развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила.



Слика 7-1 Илустрација МД развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила [31]

Терминал је основна компонента система за даљинско управљање хибридне станице за пуњење електричних возила. Он је помоћу IoT мрежне инфраструктуре повезан са пуњачима

електричних возила, паметном батеријом за складиштење енергије, обновљивим изворима електричне енергије, паметним бројилом, фискалним касама, корисничким уређајима и осталим уређајима. Са друге стране, терминал за даљинску контролу станице за пуњење електричних возила је конектован са облаком преко интернета. На тај начин се омогућава низ функционалности као што су праћење, обрада и складиштење података који се добију од пуњача електричних возила, паметне батерије за складиштење енергије, обновљивих извора електричне енергије, паметног бројила и фискалних каса, као и подешавање истих. Поменути подацима у облаку приступ има низ платформи као што су: платформа за кориснике пуњача електричних возила, платформа за трговину електричном енергијом, информациони систем оператера електродистрибутивног система и информациони систем Пореске управе. Преко платформе за кориснике пуњача електричних возила власници електричних возила добијају све информације о пуњачима електричних возила, док се преко платформе за трговину електричном енергијом обавља трговина електричном енергијом расположивом у систему. Подацима у облаку приступ имају и власници станица за пуњење електричних возила. Ти подаци се обрађују коришћењем напредних алгоритама, којима се остварује ефикасна употреба дистрибутивне мреже, битне уштеде у систему и омогућава остваривање иновативних паметних енергетских услуга.

### *7.1 Хардвер терминала*

Реализације првих терминала за читање фискалних регистар каса и фискалних штампача су приказане у [12, 61, 62]. Унапређене фискалне касе са интегрисаним терминалом без и са додатним сервисима су приказане у [63, 13]. Терминали за бежичну контролу пуњача електричних возила су приказани у [64].

Блок шема хардвера терминала је приказана на Сл. 7-2 [31]. Централни део терминала представља микроконтролер, који управља свим операцијама. За поуздан рад микроконтролера потребно је у хардверу терминала предвидети коло ресета микроконтролера, које омогућава исправан старт микроконтролера по укључењу напајања. Уобичајено, код оваквог типа уређаја, неопходан је и одговарајући конектор, коме је могуће приступити само након отварања кућишта уређаја, и који се користи за везу са персоналним рачунаром преко кога се врши програмирање микроконтролера у *in-circuit* моду програмирања (мод програмирања у којем је микроконтролер већ повезан са осталим компонентама, односно залемљен на штампаној плочи) и тестирање рада самог терминала. Такође, ако нема посебног порта на микроконтролеру за ову намену потребни су и конектори на којима се постављањем краткоспајача у одговарајући положај, серијски порт микроконтролера повезује или на одговарајући порт терминала (у овом случају најпре порт ка облаку) или на претходно описани конектор за програмирање микроконтролера. Први положај се користи када је терминал у регуларном раду, док се други положај користи када се врши програмирање и тестирање терминала приликом производње и сервисирања. Део за прилагођење напајања представља одговарајуће напонске регулаторе са пратећим кондензаторима и отпорницима. Ови регулатори прилагођавају улазни напон на све потребне нивое напона, који се даље користе за напајање свих компоненти терминала. У случају да је захтев да се терминал прикључује на мрежни наизменични напон, онда у овом делу се предвиђа и одговарајући исправљач наизменичног у једносмерни напон. Сат реалног времена обезбеђује информацију о тачном времену у сваком тренутку, без обзира на нестанке напајања. Из тих разлога, ово интегрисано коло треба имати реализован батеријски бекап напајања. Параметри неопходни за исправан рад софтвера микроконтролера су смештени у сталној меморији. У питању су параметри који

се морају трајно памтити, и они обезбеђују континуитет у раду терминала без обзира на нестанке напајања. За ове сврхе може се користити EEPROM меморија, или данас све доступнија FRAM меморија. Како постоји временски размак између размене података са IoT инфраструктуре и размене података са облаком, терминал за то време мора негде складиштити прикупљене податке. С обзиром на велику количину ових података, за очекивати је да није довољна интерна оперативна меморија микроконтролера. То је један од разлога да се у блок шеми хардвера терминал предвиди коришћење додатне оперативне меморије одговарајућег капацитета. Други разлог је што подаци који се налазе у овој меморији требају бити сачувани без обзира на могуће нестанке спољашњег напајања. За ове сврхе данас се може користити FRAM меморија. Раније се користила најчешће SRAM меморија са реализованим батеријским бекапом напајања, коришћењем одговарајућег кола са диодама.



*Слика 7-2 Блок шема хардвера терминала [31]*

Терминал има минимално два порта, један за комуникацију са облаком и други за комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром [38]. Стога би требало користити микроконтролер са бар два серијска порта. Евентуално се може користити и микроконтролер са једним серијским портом, а други серијски порт реализовати додатним интегрисаним колом. За напреднији терминал, микроконтролер би требао имати пет серијских портова. Два би се користила за комуникацију са облаком, и то један за серијску комуникацију са одговарајућим GSM/GPRS/3G/4G/5G модемом а други за ETHERNET порт. Реализација ETHERNET порта је могућа директно ако микроконтролер већ има интерно реализован такав порт, или индиректно коришћењем серијског порта микроконтролера и додатног интегрисаног кола. Остала три серијска порта микроконтролера би се користила за комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром, и то један за жично повезивање уређаја станице, други за бежично повезивање уређаја станице и трећи за бежично повезивање корисника станице (порт за локални приступ, првенствено намењен власницима електричних возила, који користе станицу за пуњење својих возила, али га могу користити и сервисери и власници/оператери станице). Жично повезивање уређаја станице би требало реализовати преко RS485 порта, било директно ако микроконтролер већ има такав интерно реализован порт, било индиректно

помоћу додатног интегрисаног кола за супротан случај. За бежично повезивање уређаја станице може се користити Zigbee или LoRa, док за бежично повезивање корисника станице најбоље би било користити WiFi. За реализацију сваког од ових интерфејса потребно је предвидети одговарајуће додатно интегрисано коло које се повезује на серијски порт микроконтролера.

У зависности од функционалних захтева, на терминалу је уобичајено потребно предвидети део за визуелну индикацију и део са тастерима. Генерално ова два дела омогућавају оператеру или сервисеру директну комуникацију са терминалом. Уобичајено, део са тастерима може бити реализован као пар посебних тастера у случају основне реализације терминала или коришћењем одговарајуће тастатуре за неку напреднију изведбу истога. Преко овог дела, терминал, односно микроконтролер добија улазне информације, било само команде или и податке од оператера или сервисера. Део за визуелну индикацију може бити реализован помоћу светлећих диода са пратећим отпорницима и инверторима, у основној варијанти, или помоћу одговарајућег дисплеја, у напреднијој варијанти. Светлећим диодама може управљати микроконтролер или директно нека периферија, као нпр. GSM/GPRS/3G/4G/5G модем, за индикацију присуства GSM/GPRS/3G/4G/5G мреже, док дисплејом управља директно микроконтролер. Коришћењем дела за визуелну индикацију, микроконтролер приказује оператеру или сервисеру све неопходне информације о подацима, стањима и сл. У данашње време, део за визуелну индикацију и део са тастерима може бити реализован једном компонентом – touch screen.

## *7.2 Варијанте реализације хардвера терминала*

Дакле, могуће варијанте реализације хардвера зависе од сложености пројектних захтева за функционалности и максималне дозвољене цене. Очигледна је потреба за уређајем (Терминалом) који би објединио наведене аспекте у једну целину за потребе како описане комерцијалне станице за пуњење електричних возила, тако и самих домаћинстава. Међутим, домаћинства имају другачије потребе и капацитете у односу на комерцијалне станице за пуњење електричних возила, па самим тим су предложене три класе терминала: Light, Standard и Extended.

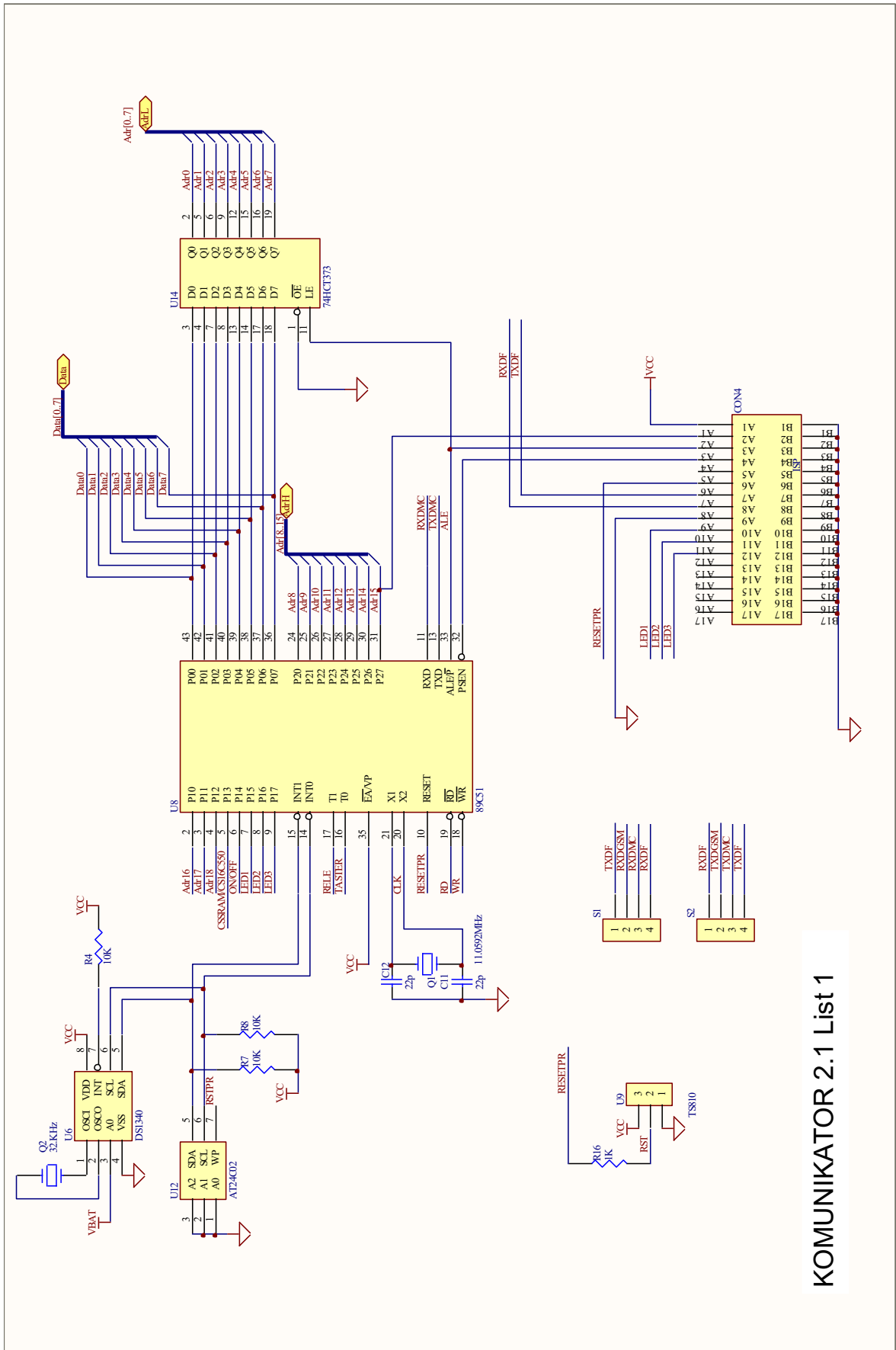
Водећи рачуна о оптималном односу цене и перформанси јасно је да је најмањи буџет на располагању за реализацију Light терминала, а највећи за остварење Extended терминала. Стога, Light терминал би се могао реализовати са одговарајућим 8051 микроконтролером са два серијска порта (или евентуално једним портом и додатним интегрисаним колом за реализацију другог серијског порта), EEPROM меморијом и SRAM меморијом са реализованим батеријским бекапом напајања, пар тастера и пар LED диода. За реализацију Standard терминала за мање захтевни пројектни задатак, односно мање захтевне функционалне захтеве може се користити сличан хардвер као за Light терминал, само са јачим процесором и више меморије, док за више захтевни пројектни задатак може се користити ARM микроконтролер са 5 серијских портова, FRAM меморија, одговарајућа тастатура и одговарајући дисплеј. Слично тако и Extended терминал се може у некој најосновнијој варијанти реализовати сличним хардвером као за Light терминал, само са јачим процесором и више меморије, док за сложеније варијанте, Extended терминал има смисла реализовати коришћењем индустријског single board компјутера са одговарајућих 5 серијских портова, великим меморијама и портовима за прикључење тастатуре и екрана.

Ниска цена је веома битна за Light терминале, док за Standard и Extended терминале није толико значајан фактор. Предложена конфигурација хардвера за Light терминал већ обезбеђује

најнижу могућу цену. Међутим, оно што додатно утиче на смањење цене и што се стога мора узети у обзир јесте интероперабилност. Због тога је важно да се стандардизовани комуникациони протоколи користе у целом систему јер то такође значајно смањује цену. То је показало и искуство из имплементације система паметног мерења [65]. Још пре 20 година многе анализе исплативости су показале техничку и економску оправданост уградње овог система и у домаћинствима. У међувремену, многе дистрибуције су покренуле овај процес масовне замене паметних бројила. Стога већ постоји интересовање и економска оправданост за уградњу терминала за даљинско управљање паметним бројилима. Електродистрибуције, као и снабдевачи, су заинтересовани за проширење функционалности оваквог терминала на даљинско управљање паметним батеријама и EV пуњачима. Пошто овакво проширење функционалности терминала не утиче битно на његову цену, јасна је економска оправданост његове примене у пракси.

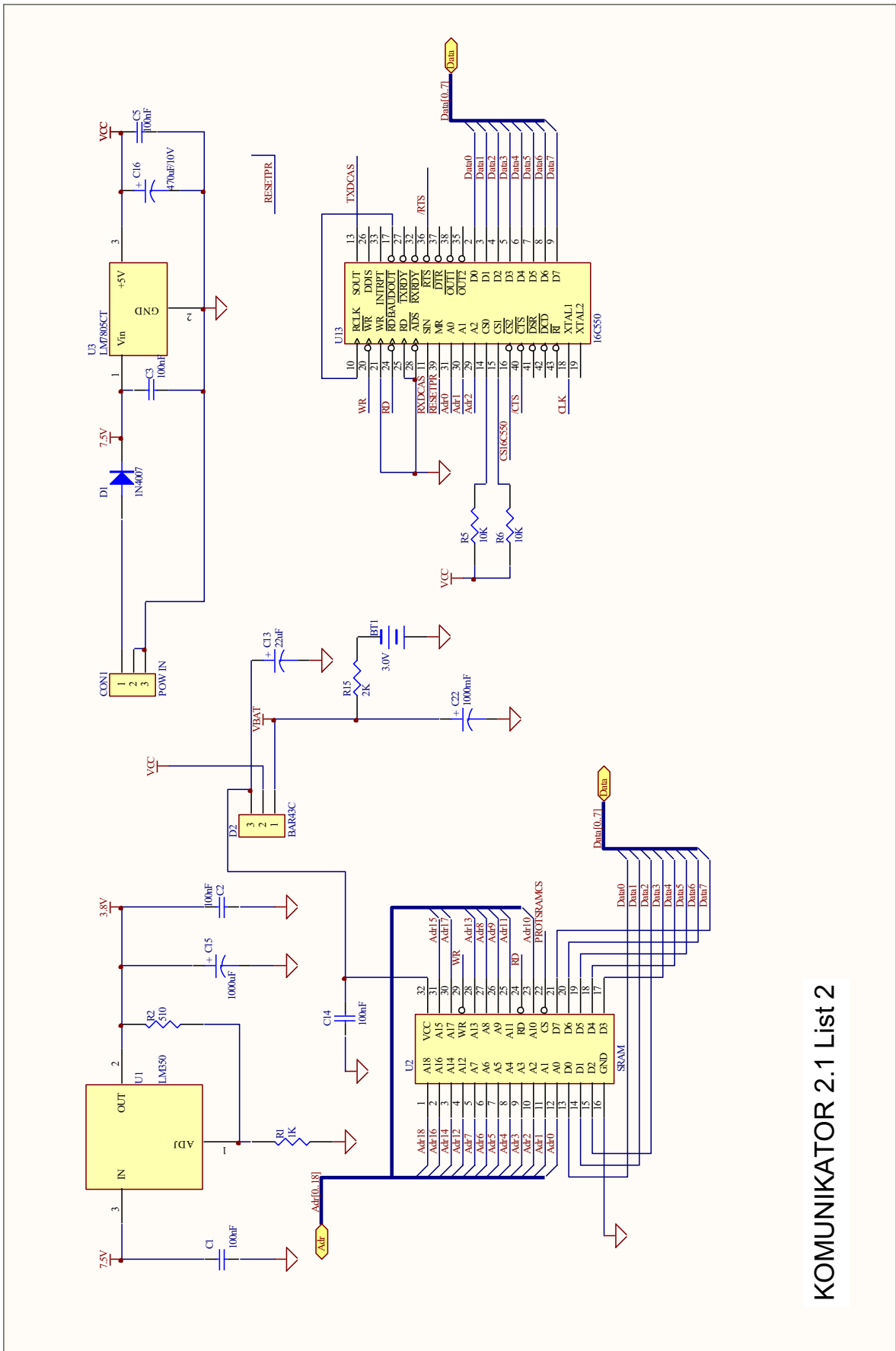
### *7.3 Електрична шема Light терминала*

Хардверска реализација, односно електрична шема Light терминала је приказана на сликама 7-3, 7-4, 7-5 и 7-6 [12].



## КОМУНИКАТОР 2.1 List 1

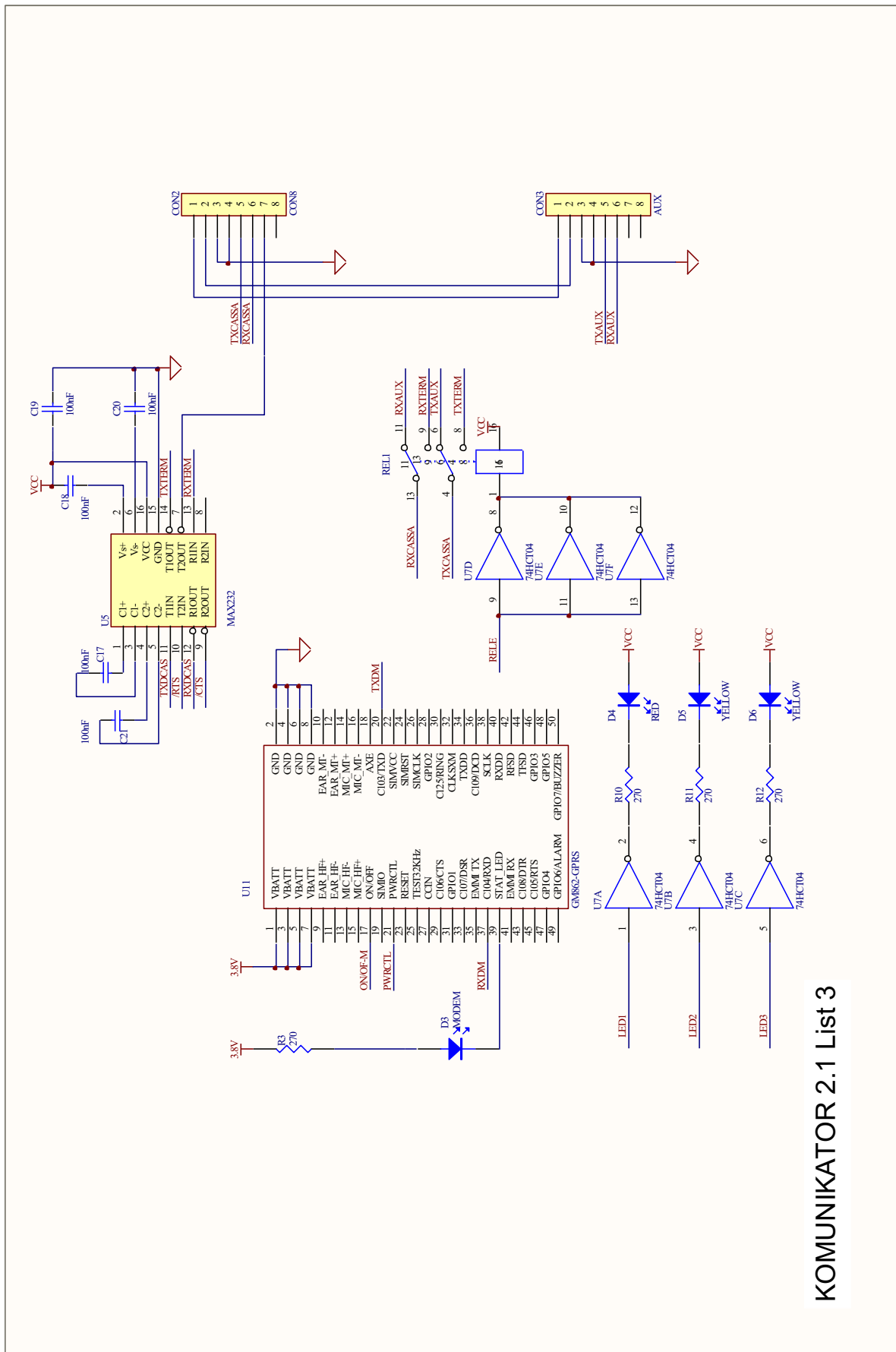
Слика 7-3 Електрична шема Light терминала – лист 1 [12]



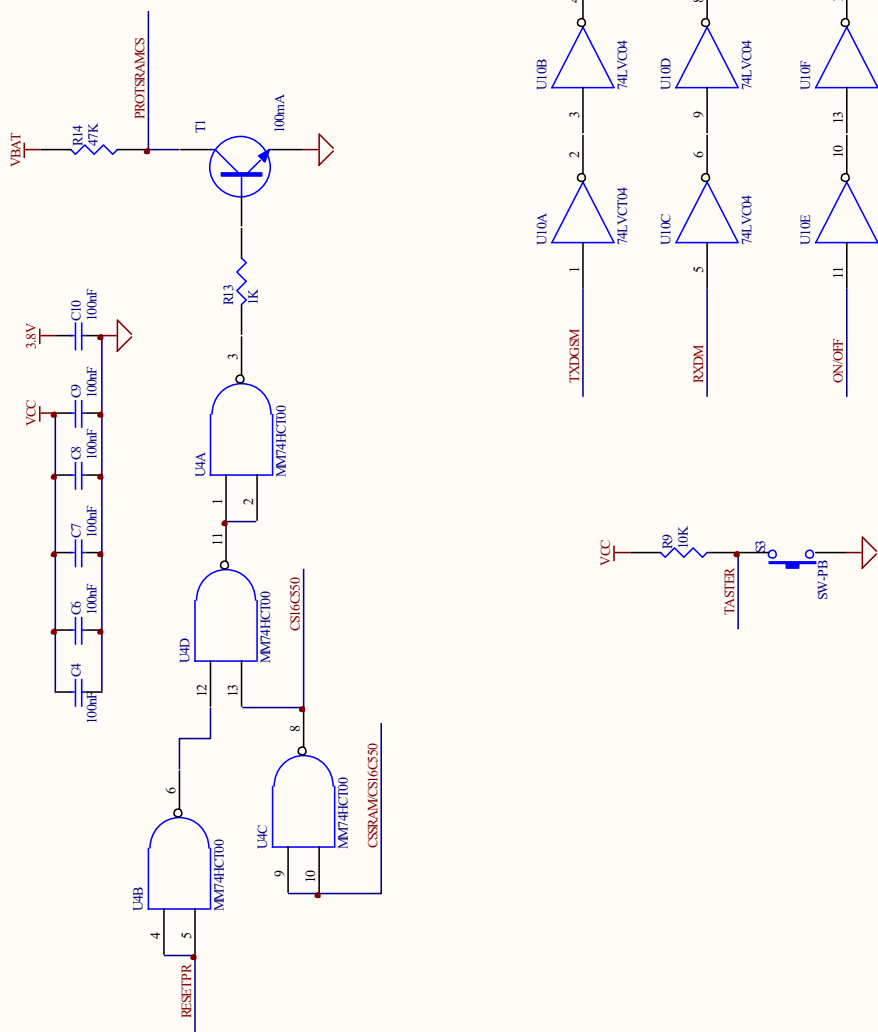
КОМУНИКАТОР 2.1 List 2

Слика 7-4 Електрична шема Light терминала – лист 2 [12]





Слика 7-5 Електрична шема Light терминала – лист 3 [12]



КОМУНІКАТОР 2.1 List 4

Слика 7-6 Електрична шема Light терминала – лист 4 [12]

Слика 7-3 приказује централни део хардвера терминала. Логику терминала представља микроконтролер (89C51RD2), који управља свим операцијама.

Параметри неопходни за исправан рад софтвера микроконтролера су смештени у EEPROM меморији (AT24C02). У питању су параметри који се морају трајно памтити, и они обезбеђују континуитет у раду терминала без обзира на нестанке напајања.

TS810 је коло ресета микроконтролера, које омогућава исправан старт микроконтролера по укључењу напајања.

74HCT373 је осмобитно лач коло у којем се памти нижи бајт адресе уређаја којег селекује микроконтролер (UART -а или SRAM меморија).

DS1340 је сат реалног времена, који обезбеђује информацију о тачном времену у сваком тренутку, без обзира на нестанке напајања. Из тих разлога, ово интегрисано коло има реализован батеријски бекап напајања.

CON4 је конектор који се користи за везу са персоналним рачунаром преко кога се врши програмирање микроконтролера у in-circuit моду програмирања (мод програмирања у којем је микроконтролер већ повезан са осталим компонентама, односно залемљен на штампаној плочи) и тестирање рада самог терминала.

S1 и S2 су конектори на којима се постављањем краткоспајача у одговарајући положај UART микроконтролера повезује или са GSM/GPRS модемом (краткоспојени RXDGSM и RXDMC, као и TXDGSM и TXDMC) или са конектором CON4 (краткоспојени RXDMC и RXDF, као и TXDMC и TXDF). Први положај се користи када је терминал у регуларном раду, док се други положај користи када се врши програмирање и тестирање терминала приликом производње и сервисирања.

Слика 7-4 приказује SRAM меморију, део за прилагођење напајања и додатни UART микроконтролера.

CON1 је конектор за довођење спољњег напајања 9 V /мин 1000 mA из одговарајућег мрежног исправљача. Део за прилагођење напајања представљају напонски регулатор LM7805 и напонски регулатор LM350 са пратећим кондензаторима и отпорницима. Први регулатор служи за прилагођење улазног напона на напон +3,8 V, који служи за напајање GSM/GPRS модема. Други регулатор служи за прилагођење улазног напона на напон +5 V (VCC), који служи за напајање свих осталих компоненти терминала.

Како постоји временски размак између размене података са IoT мрежном инфраструктуром и размене података са облаком, терминал за то време мора негде складиштити формиране извештаје. За то се користи SRAM меморија капацитета 512 KB. Диодом D2 реализован је батеријски бекап напајања SRAM меморије, с обзиром да извештаји морају бити сачувани без обзира на могуће нестанке спољњег напајања.

Једини UART микроконтролера искоришћен је за серијску комуникацију са GSM/GPRS модемом. Како постоји потреба и за серијском комуникацијом са IoT мрежном инфраструктуром, други UART микроконтролера је реализован додатним интегрисаним колом UART 16C550.

Како микроконтролер има адресни простор од 64 KB, проширење адресног простора је реализовано коришћењем три додатна пина микроконтролера Adr18, Adr17 и Adr16 (слика 7.3). С обзиром да се у адресном простору микроконтролера налазе и SRAM меморија и UART 16C550, чије се адресе преклапају, пин микроконтролера CSSRAM/CS16C550 обезбеђује селекцију у датом моменту потребне компоненте.

Слика 7-5 приказује део за серијску комуникацију са IoT мрежну инфраструктуру, део за визуелну индикацију и GSM/GPRS модем.

Део за серијску комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром се састоји од конектора CON2 и CON3, релеја REL1 и интегрисаног кола MAX232 са пратећим кондензаторима. MAX 232 је трансформатор нивоу који прилагођава напонске нивое UART-а 16C550, напонским нивоима које захтева RS232. Тек тако формирану сигналу се изводе на

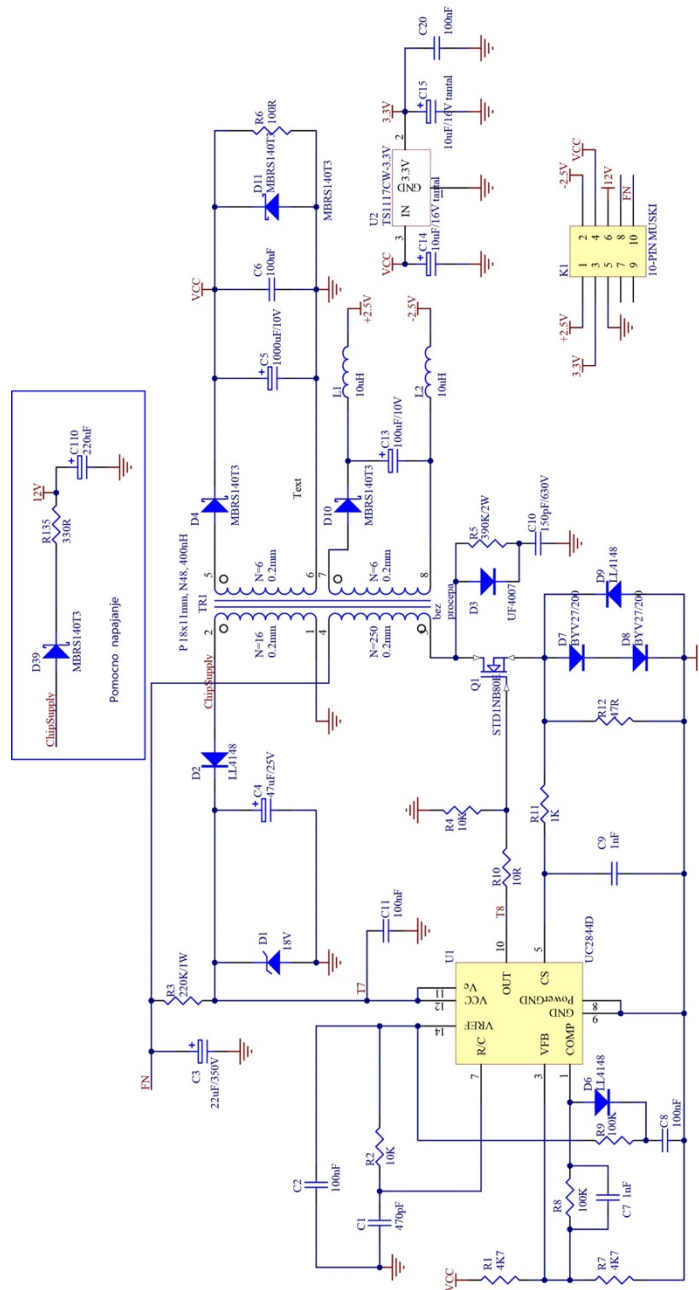
конектор CON2, који је предвиђен за повезивање са серијским портом IoT мрежне инфраструктуре. Конектор CON3 представља додатни RS232 порт терминала, за повезивање додатних уређаја, као што су нпр. вага, бар код читач, РС. Ако је додатни уређај повезан на конектор CON3 и ако је IoT мрежна инфраструктура повезана на конектор CON2, реле REL1 омогућава серијску комуникацију терминала (микроконтролера) и IoT мрежне инфраструктуре у једном свом положају, и серијску комуникацију додатног уређаја и мрежне IoT инфраструктуре у другом свом положају.

Део за визуелну индикацију представљају светлеће диоде D3, D4, D5 и D6 са пратећим отпорницима и инверторима. Првом светлећом диодом управља GSM/GPRS модем, и она врши индикацију присуства GSM/GPRS мреже. Осталим светлећим диодама управља микроконтролер преко инвертора 74HCT04 у складу са техничким описом. GM862-GPRS је GSM/GPRS модем, који омогућава комуникацију терминала (микроконтролера) са облаком преко GSM/GPRS мреже. Поред везе UART-а микроконтролера и UART-а GSM/GPRS модема, постоји и веза микроконтролера и i GSM/GPRS модема преко пина за укључење/искључење GSM/GPRS модема.

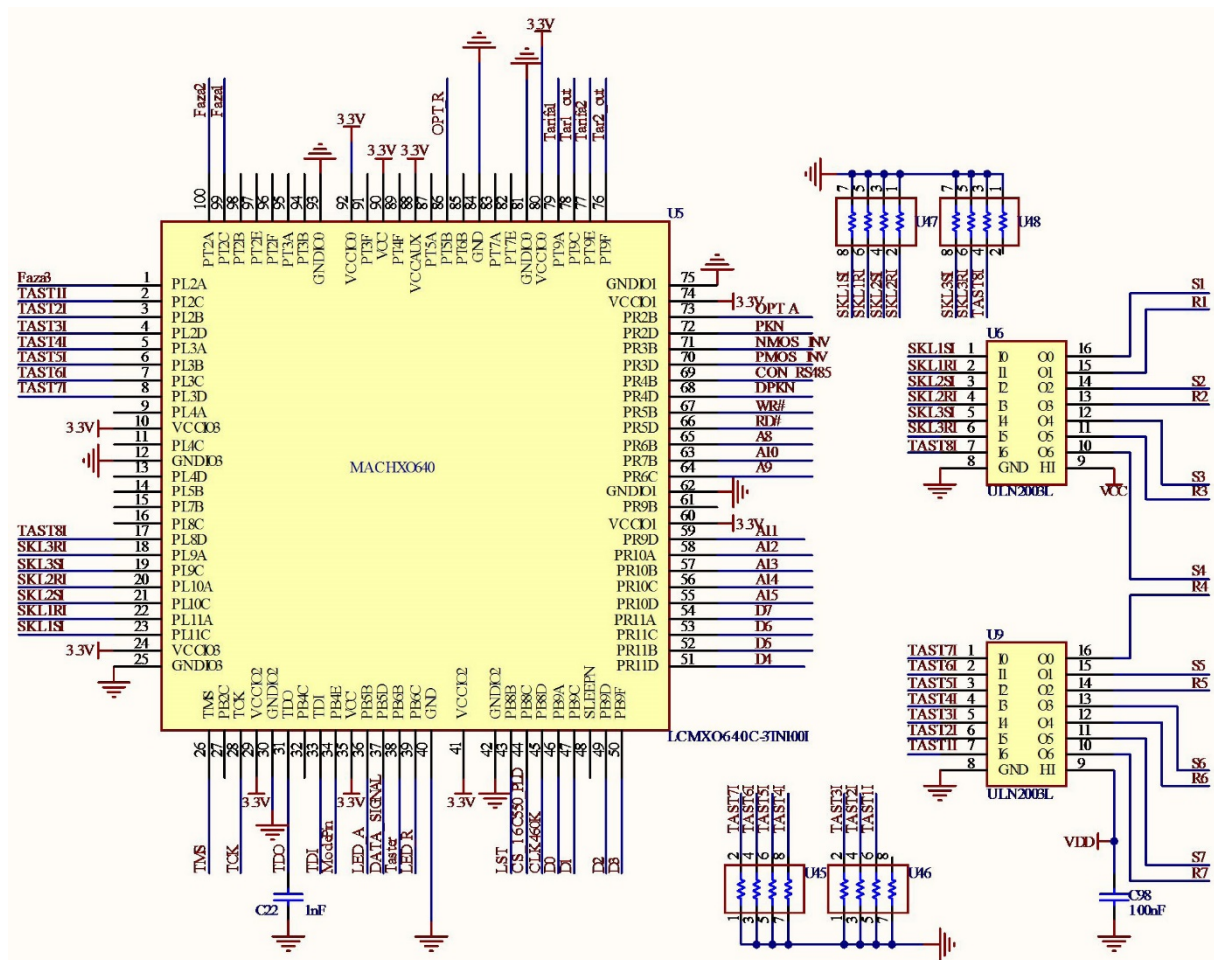
Слика 7-6 приказује тастер са пратећим отпорником, блок кондензаторе који се на штампаној плочи смештају директно поред интегрисаног кола, инверторе за повезивање микроконтролера и GSM/GPRS модема, и коло за спречавање непотребног пражњења батерије.

## 7.4 Електрична шема Standard терминала

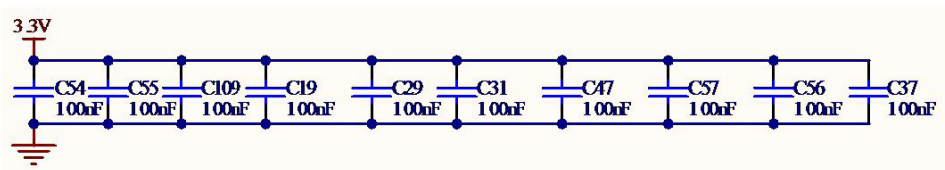
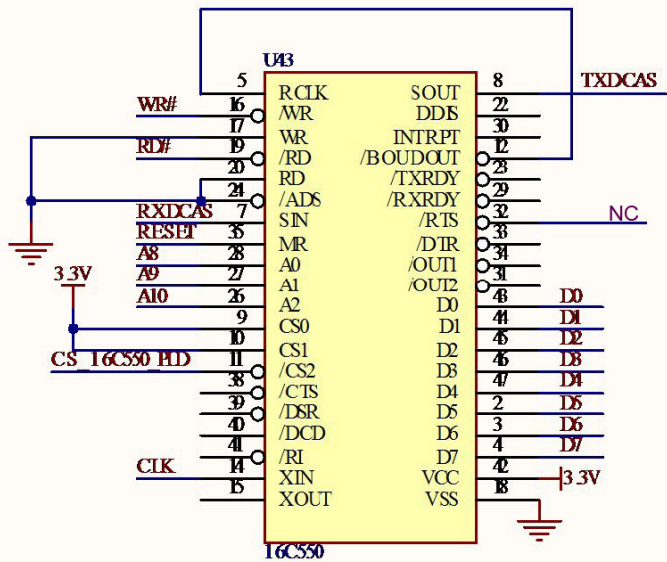
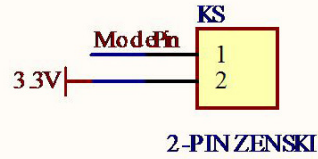
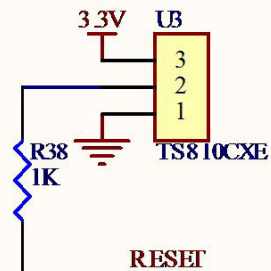
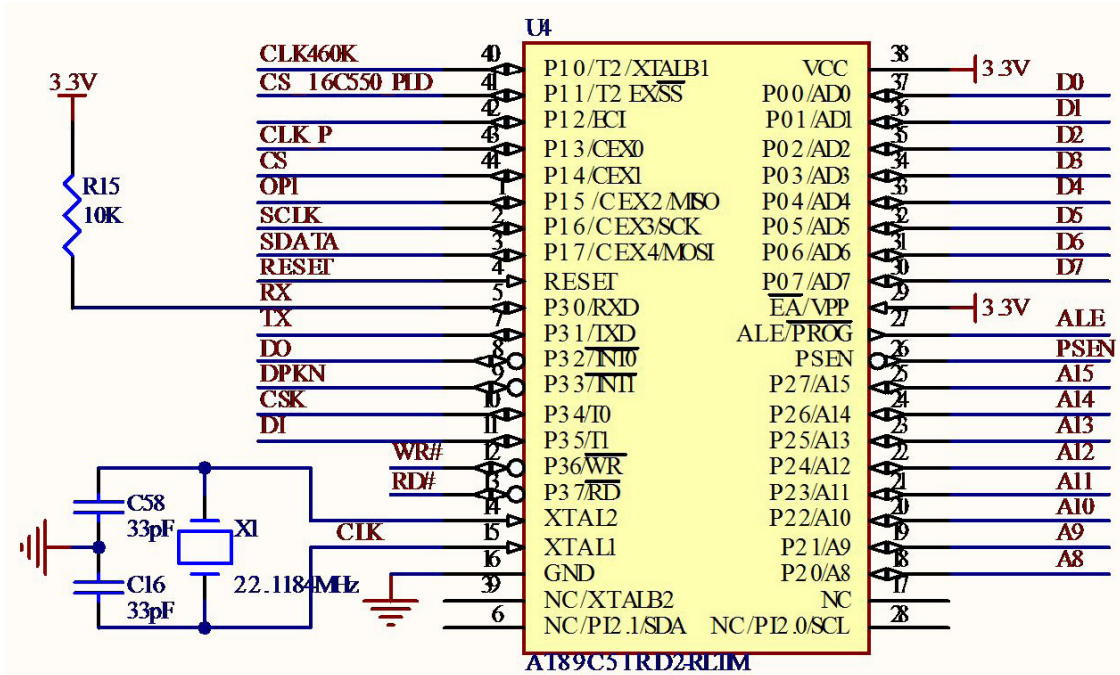
Хардверска реализација, односно електрична шема Standard терминала је приказана на сликама 7-7, 7-8, 7-9, 7-10, 7-11, 7-12 и 7-13. Приказан је терминал који за комуникацију према облаку користи PLC модем (модем за комуникацију преко нисконапонске мреже), док за комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром користи RS485 магистралу. Преко ове магистрале, терминал омогућава даљинску контролу до 32 уређаја.



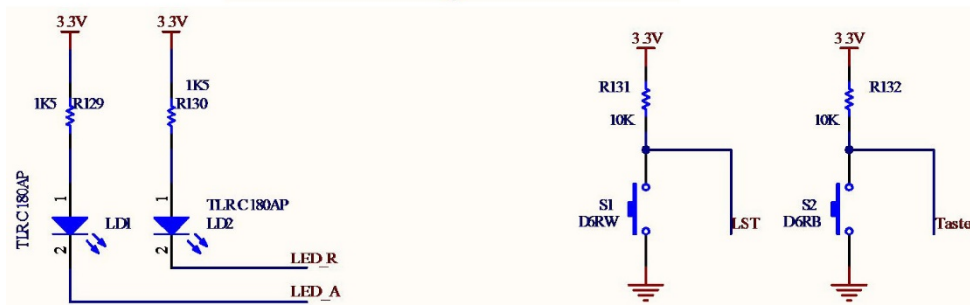
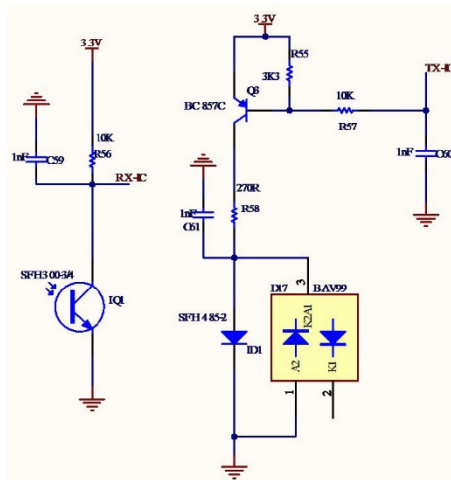
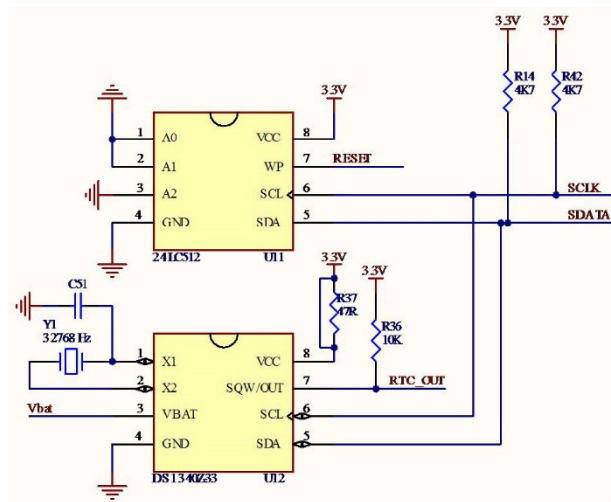
Слика 7-7 Електрична шема Standard терминала – лист 1



Слика 7-8 Електрична шема Standard терминала – лист 2

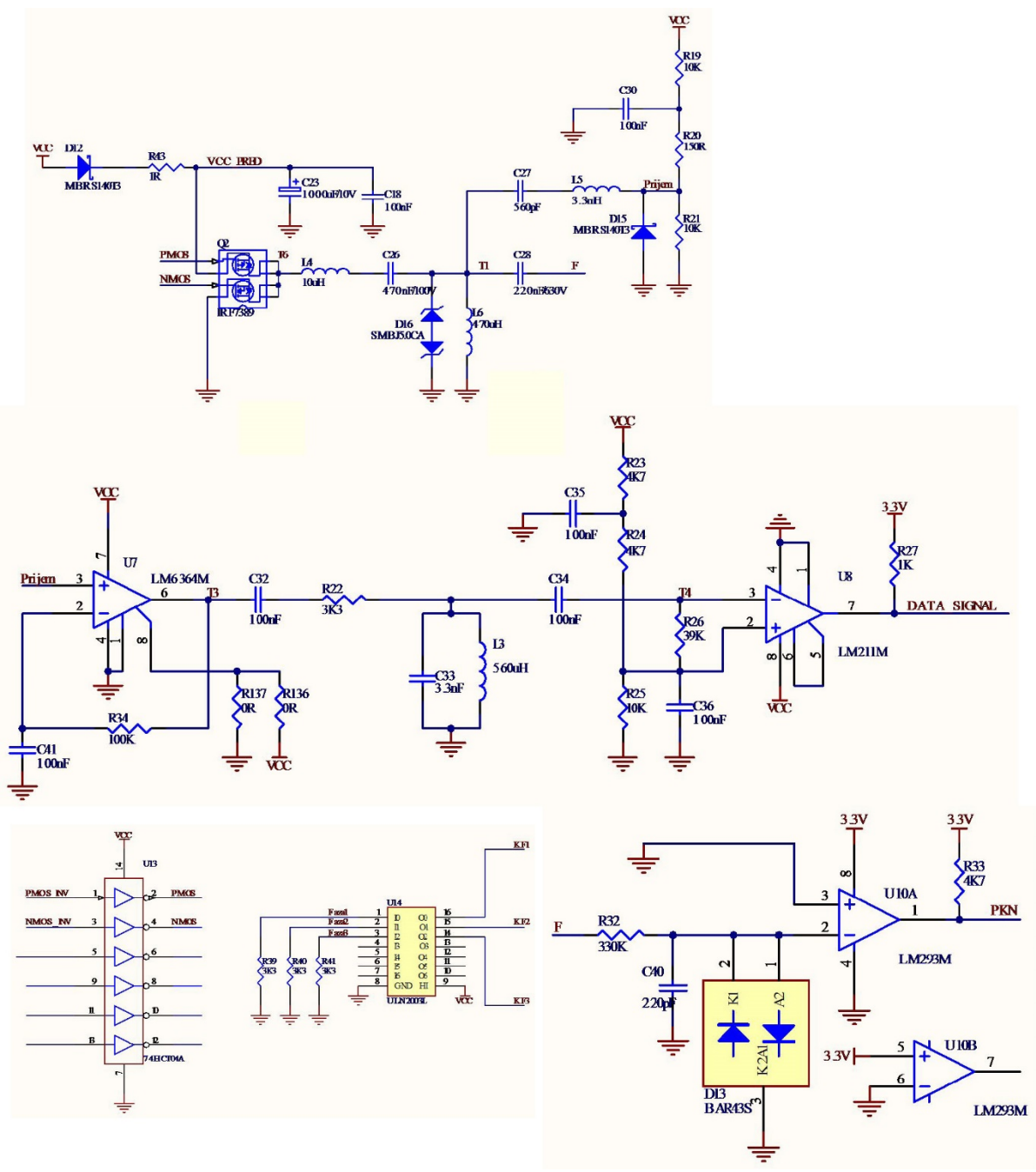


Слика 7-9 Електрична шема Standard терминала – лист 3

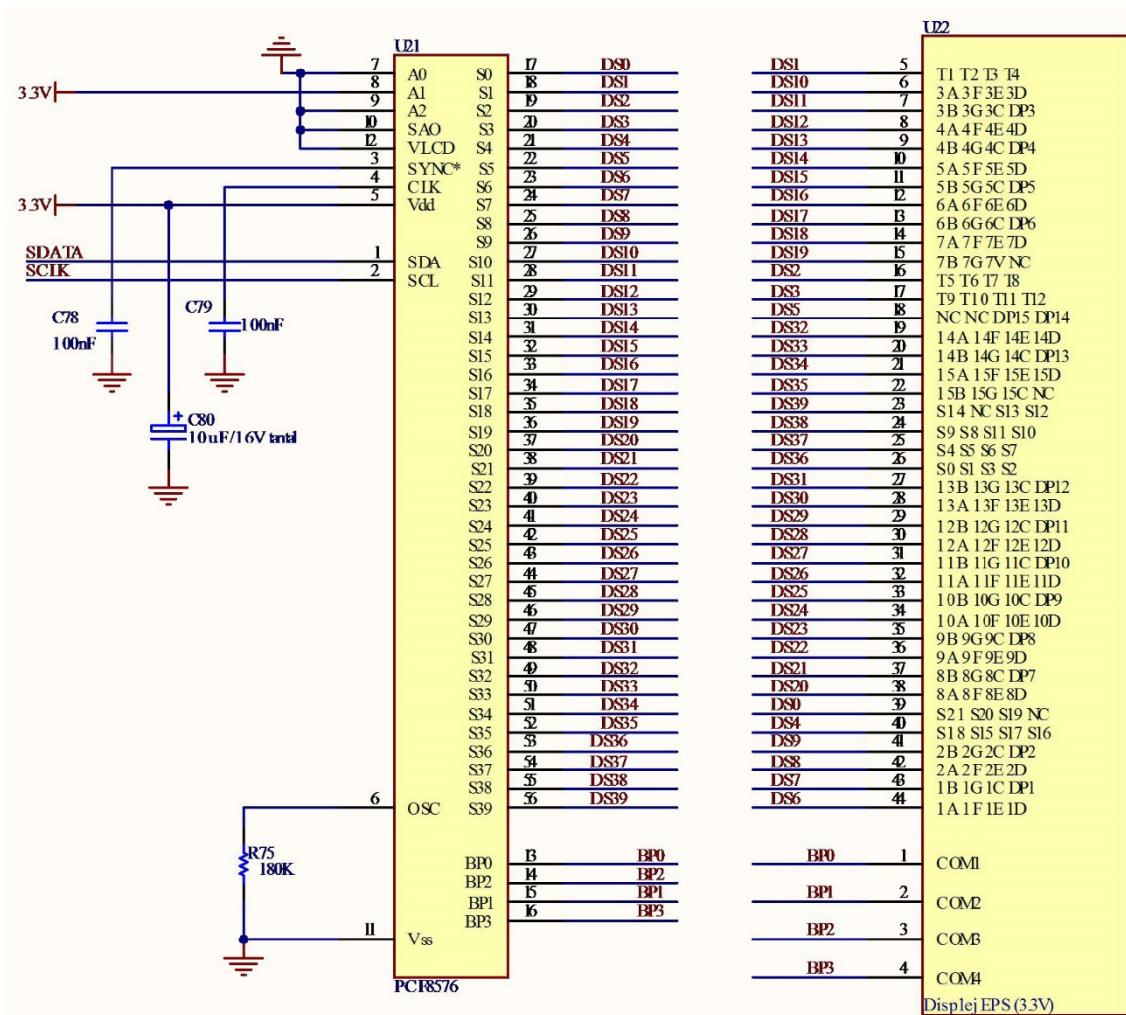


Слика 7-10 Електрична шема Standard терминала – лист 4

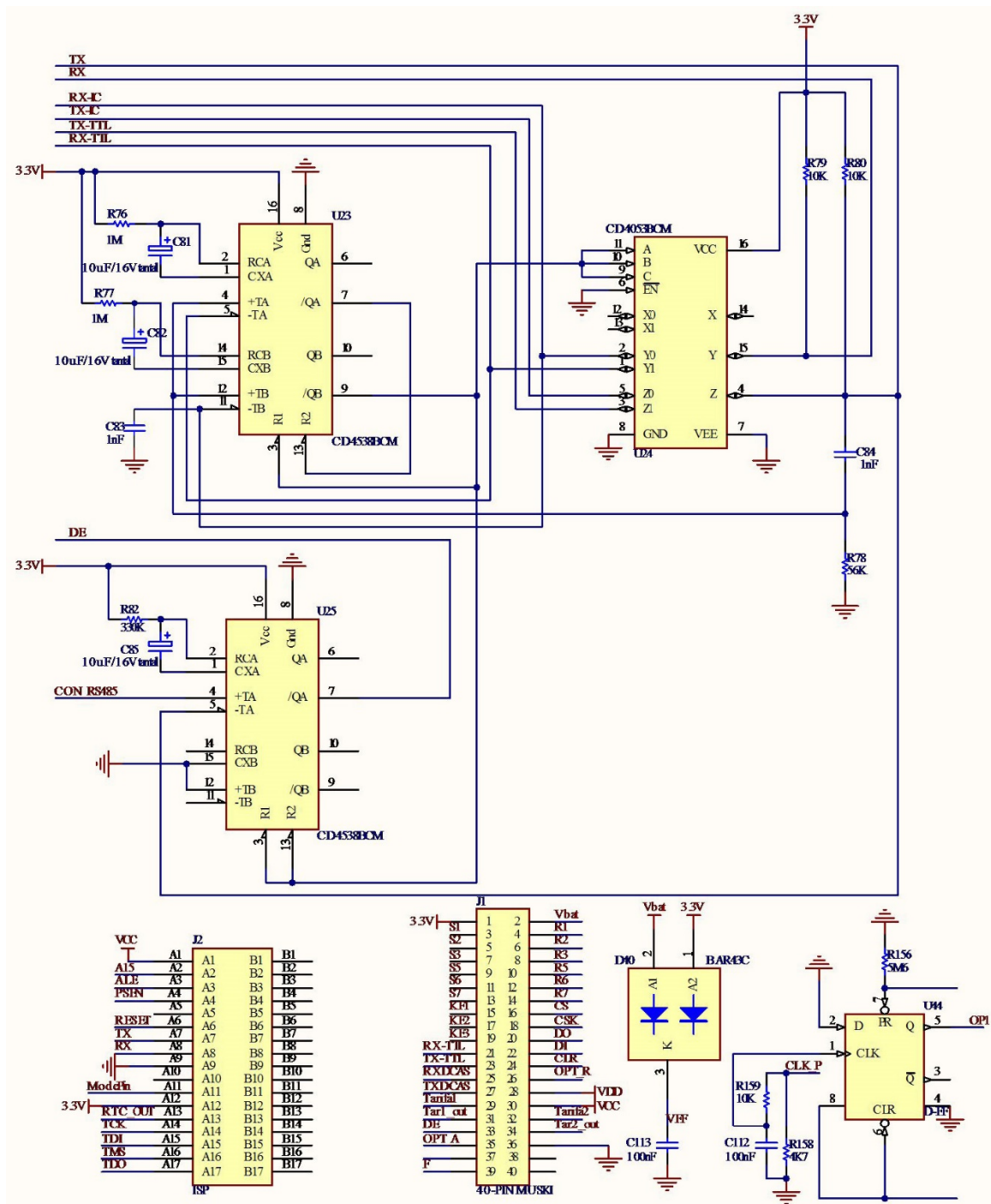




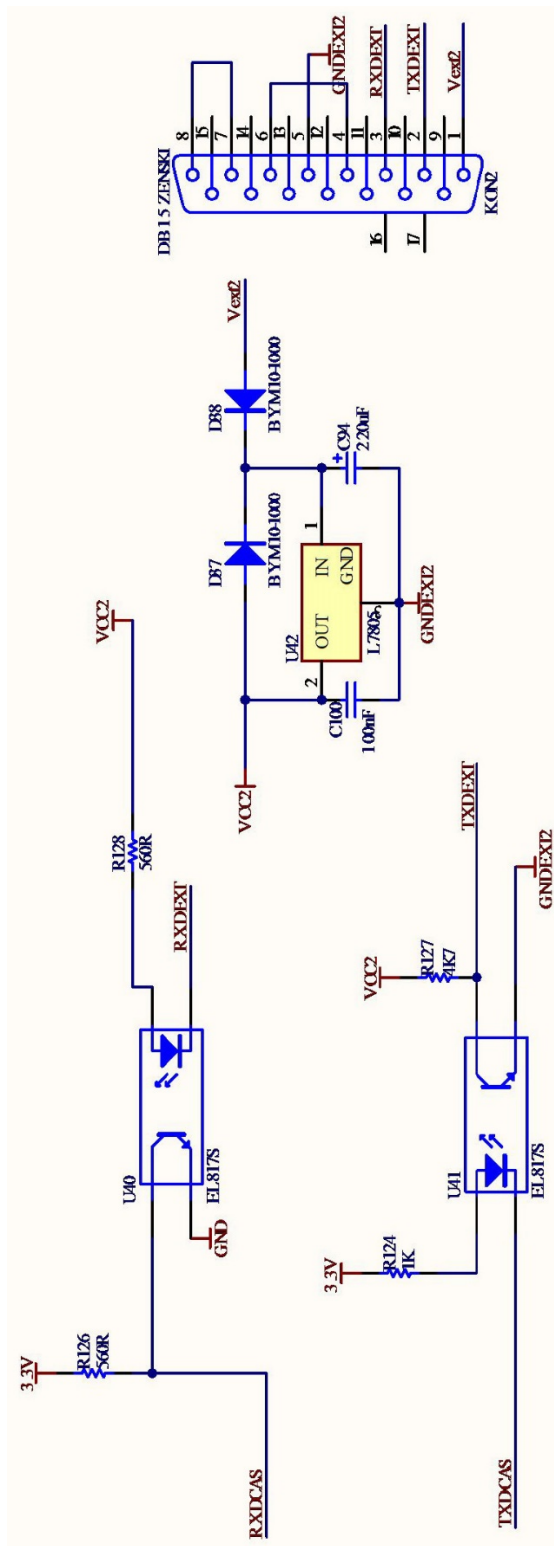
Слика 7-11 Електрична шема Standard терминала – лист 5



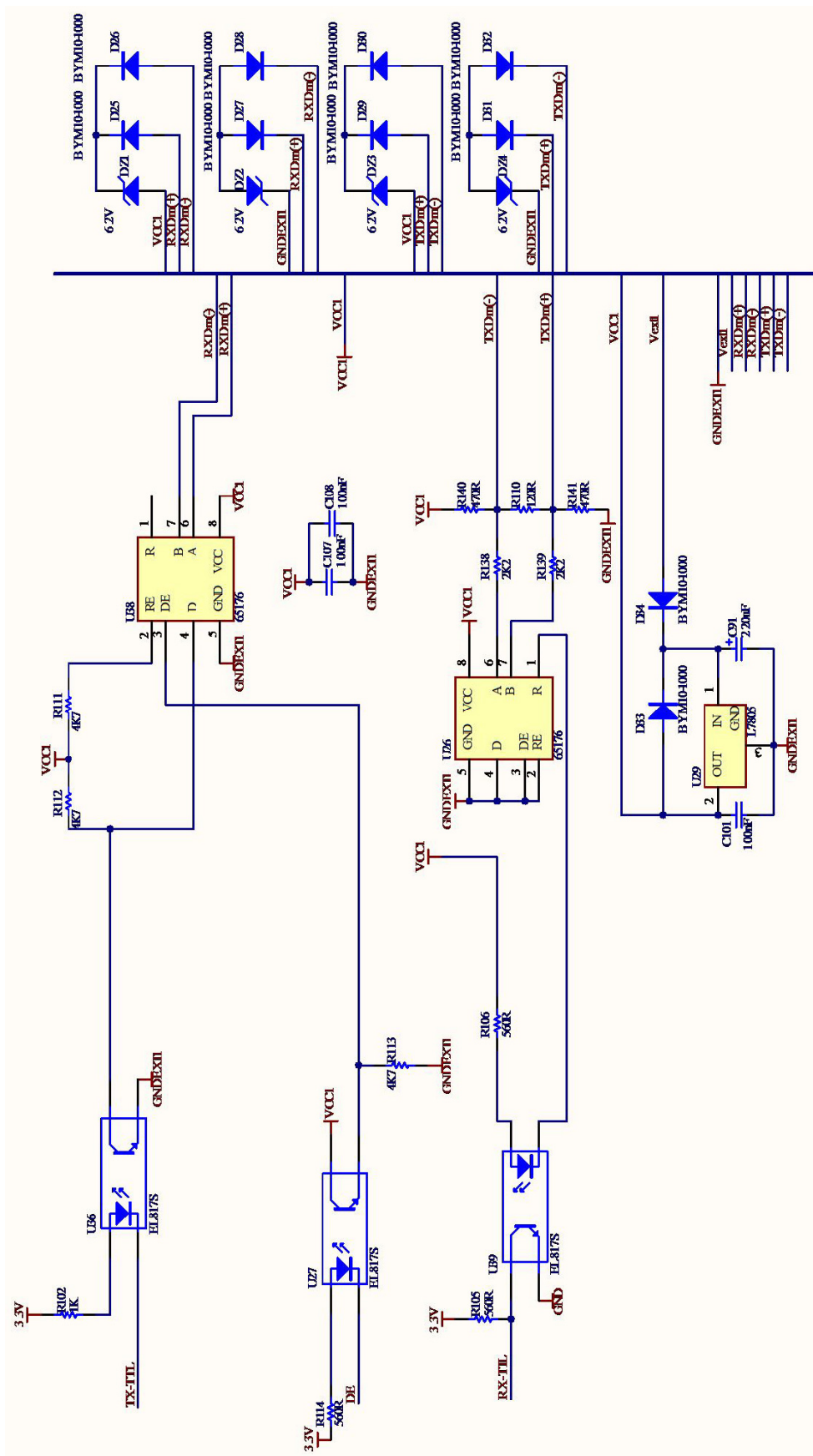
Слика 7-12 Електрична шема Standard терминала – лист 6



Слика 7-13 Електрична шема Standard терминала – лист 7



Слика 7-14 Електрична шема Standard терминала – лист 8



Слика 7-15 Електрична шема Standard терминала – лист 9

Слика 7-7 приказује напајање терминала, које је изведено као стандардно прекидачко напајање са интегрисаним колом U1, односно UC2844D, које је задужено за управљање радом

овог напајања. Трафо има три секундарна намотаја, јер поред основног напајања VCC, напајање обезбеђује и још два додатна напајања: 12 V и симетрично +2,5 V и – 2,5 V. K1 је конектор који служи за даље развођење свих ових напона до осталих штампаних плоча, на којима се налазе остале компоненте терминала. Поред основног напона VCC, са рад терминала је неопходан и напон од 3,3 V. За добијање овог напона користи се линеарни регулатор TS1117CW-3.3V са пратећим кондензаторима и отпорницима.

Слика 7-8 приказује интегрисано коло LCMX0640C са пратећим баферима са транслацију напонских нивоа ULN2003L и пратећим отпорницима. У овом програмабилном логичком колу је реализована комплетна логика PLC модема, укључујући и регистре за паралелну комуникацију између PLC модема и микроконтролера.

Слике 7-9 и 7-10 приказују централни део хардвера терминала. Логику терминала представља микроконтролер (AT89C51RD2), који управља свим операцијама.

TS810CXE је коло ресета микроконтролера, које омогућава исправан старт микроконтролера по укључењу напајања.

Параметри неопходни за исправан рад софтвера микроконтролера су смештени у EEPROM меморији (24LC512). У питању су параметри који се морају трајно памтити, и они обезбеђују континуитет у раду терминала без обзира на нестанке напајања.

DS1340Z33 је сат реалног времена, који обезбеђује информацију о тачном времену у сваком тренутку, без обзира на нестанке напајања. Из тих разлога, ово интегрисано коло има реализован батеријски бекап напајања.

Поред наведеног, слика 7-9 приказује и додатни UART микроконтролера, док слика 7-10 приказује и део за визуелну индикацију (два тастера и две LED диоде), као и оптички порт који је повезан на серијски порт микроконтролера (основни UART).

Основни, тј. једини интегрисани UART микроконтролера искоришћен је за серијску комуникацију са RS485 портом и оптичким портом. Како може постојати потреба и за бежичну комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром, други UART микроконтролера је реализован додатним интегрисаним колом UART 16C550. За то су коришћени пинови Adr10, Adr9 и Adr8. У адресном простору микроконтролера налазе се и одређени регистри из интегрисаног кола LCMX0640C и UART 16C550, али се њихове адресе не преклапају.

Слика 7-11 приказује монофазни пријемник и предајник PLC модема.

Слика 7-12 приказује додатни део за визуелну индикацију, односно дисплеј. Драјвер за дисплеј је реализован интегрисаним колом PCF8576, које команде од микроконтролера добије путем I2C магистрале.

Слика 7-13 приказује одговарајуће конекторе J1 и J2, као и коло за раздвајање оптичког порта и RS485 порта. Ово коло омогућава да основни UART микроконтролера подржава рад преко оба порта, односно да постоји комуникација са оним портом који први затражи конекцију. По истеку те конекције, опет се нова конекција прави са портом који први приступи. Оптички порт служи за локални приступ, што значи приступ преко оптичке сонде уређаја који се физички налази код самог терминала, док RS485 порт служи за приступ уређајима који су физички удаљени, али повезани са терминалом преко RS485 магистрале. На ову магистралу могуће је повезати до 32 уређаја, које терминал на тај начин може даљински контролисати.

Пошто се овај терминал састоји из више штампаних плоча, конектор J1 служи да пренесе сигнале исмеђу тих плоча.

J2 је конектор који се користи за везу са персоналним рачунаром преко кога се врши програмирање микроконтролера у in-circuit моду програмирања (мод програмирања у којем је

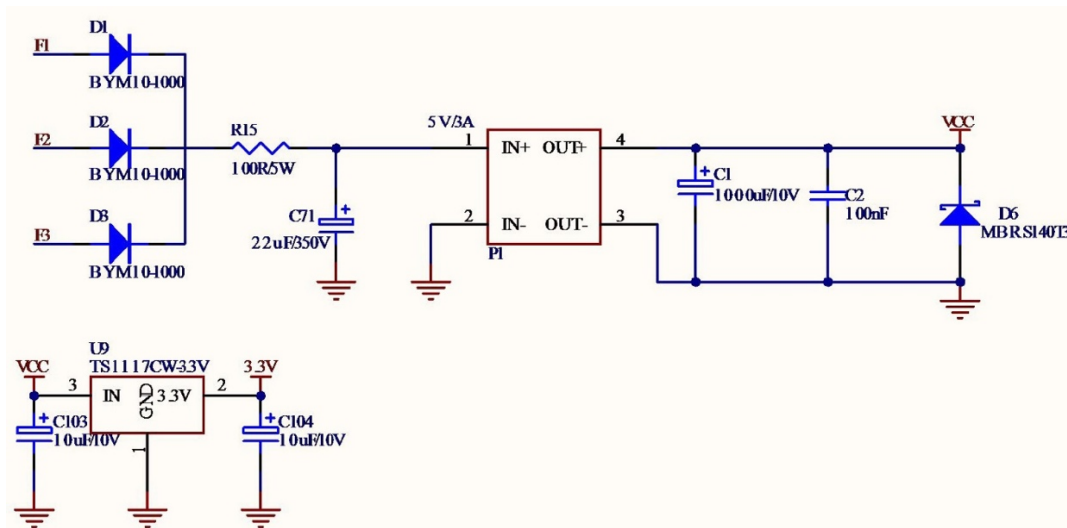
микроконтролер већ повезан са осталим компонентама, односно залемљен на штампаној плочи) и тестирање рада самог терминала.

Слика 7-14 приказује коло које обезбеђује додатни галвански изолован RS232 порт. Овај порт се може користити као засебан порт за власника објекта у којем се терминал користи, или као додатни бежични порт за IoT мрежну инфраструктуру. Коло се састоји од конектора KON2, два оптокаплера U40 и U41, и линеарног регулатора LM7805, који служи да прилагоди спољно напајање. Да би се порт користио, неопходно је довести спољно напајање.

Слика 7-15 приказује део за серијску жичну комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром преко RS485 порта, односно преко RS485 магистрале. Састоји се од одговарајућег конектора, три оптокаплера U26, U27 и U39, два интегрисана кола 65176 и и линеарног регулатора LM7805, који служи да прилагоди спољно напајање. Да би се порт користио, неопходно је довести спољно напајање. Интегрисано коло 65176 је трансратор нивоа, који прилагођава напонске нивое UART-а 16C550, напонским нивоима које захтева RS485 магистрала. Тек тако формирану сигналу се изводе на одговарајући конектор, који је даље предвиђен за повезивање са IoT мрежном инфраструктуром.

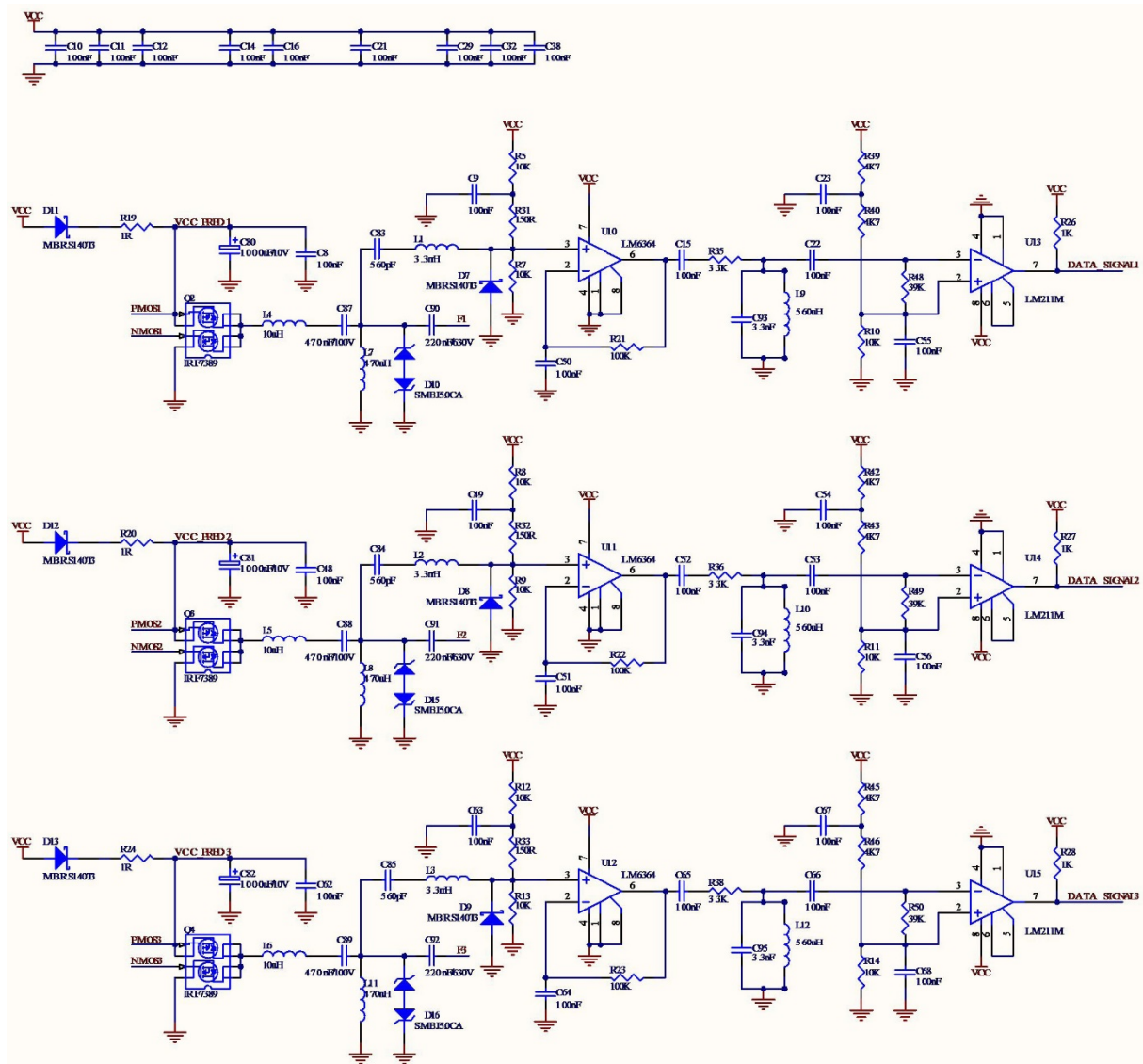
## 7.5 Електрична шема Extended терминала

Хардверска реализација, односно електрична шема Extended терминала је на сликама 7-16, 7-17, 7-18, 7-19, 7-20, 7-21 и 7-22. Приказан је терминал који за комуникацију према облаку користи GSM/GPRS модем, док за комуникацију са IoT мрежном инфраструктуром користи трофазни PLC модем (модем за комуникацију преко нисконапонске мреже). Преко трофазног PLC модема, терминал омогућава даљинску контролу до 1000 уређаја.

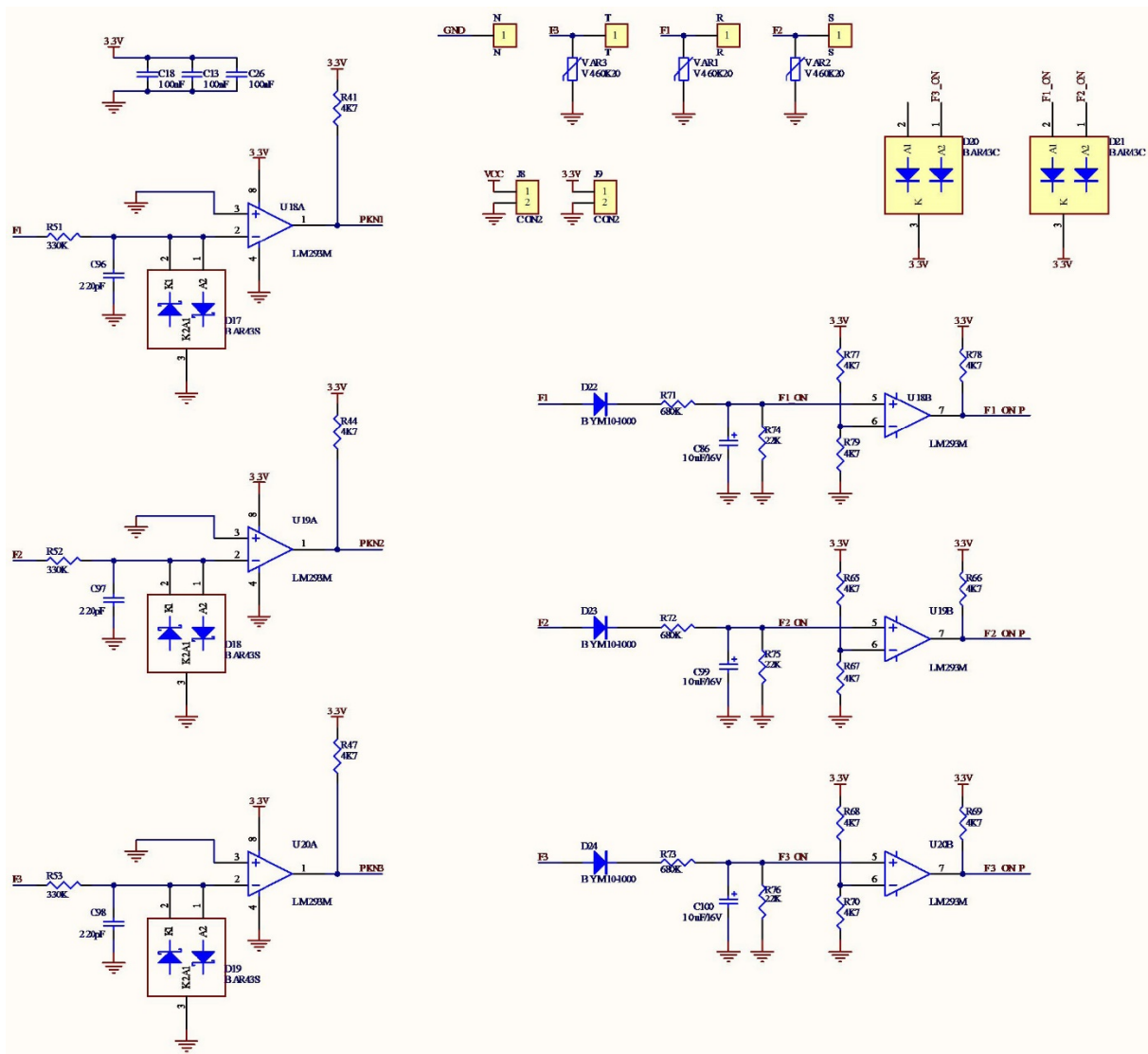


Слика 7-16 Електрична шема Extended терминала – лист 1

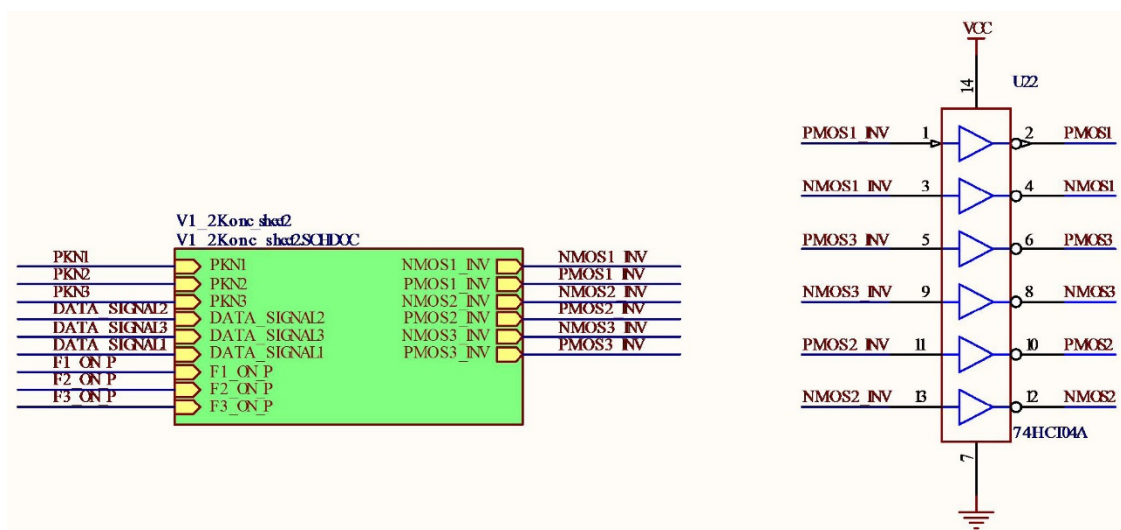




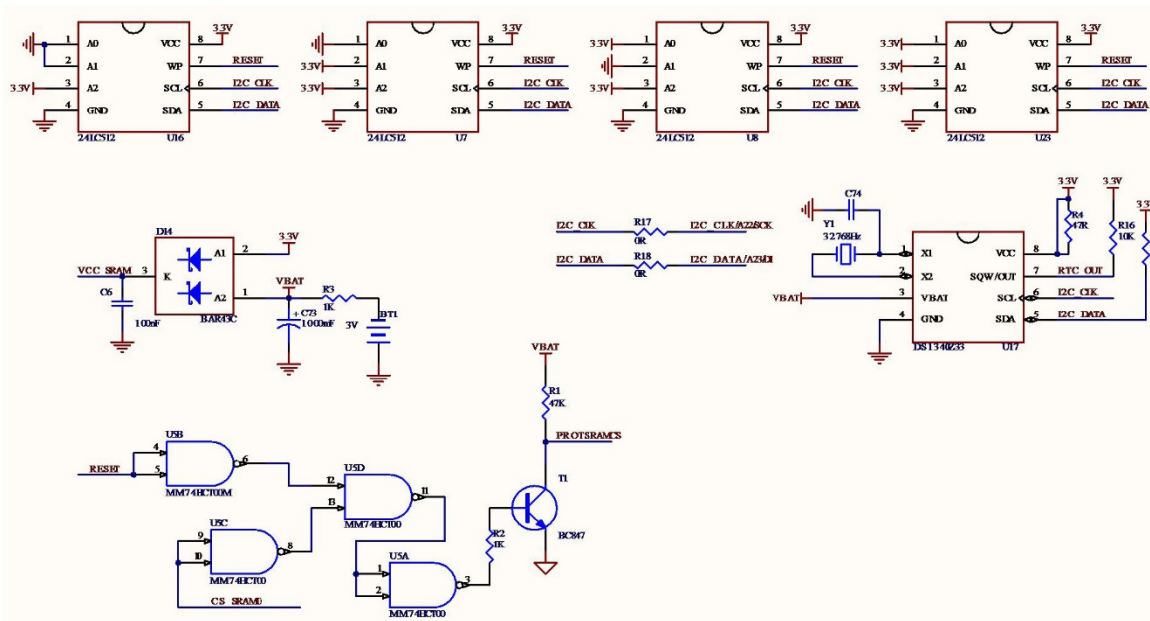
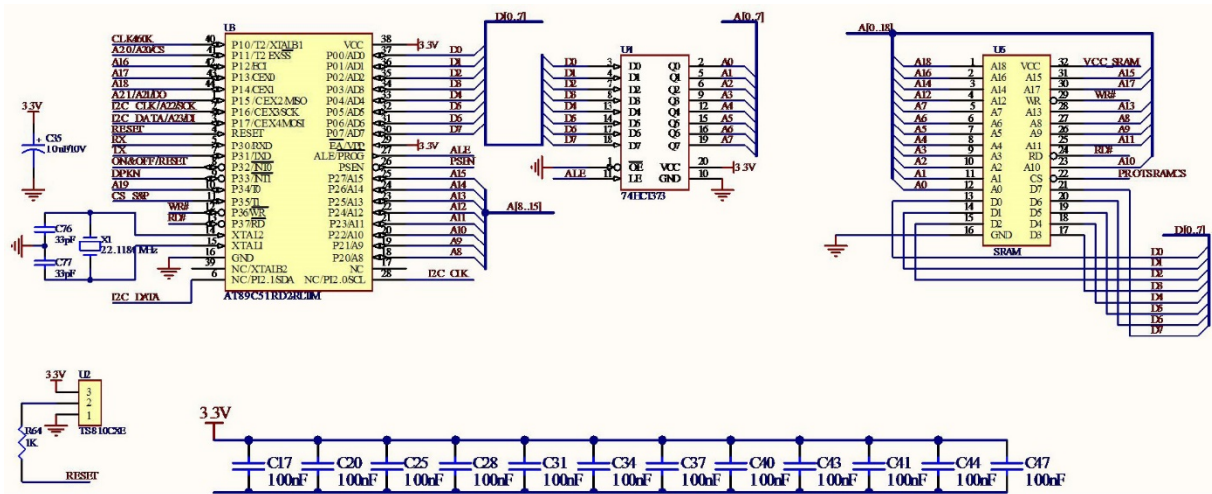
Слика 7-17 Електрична шема Extended терминала – лист 2



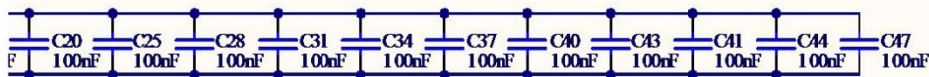
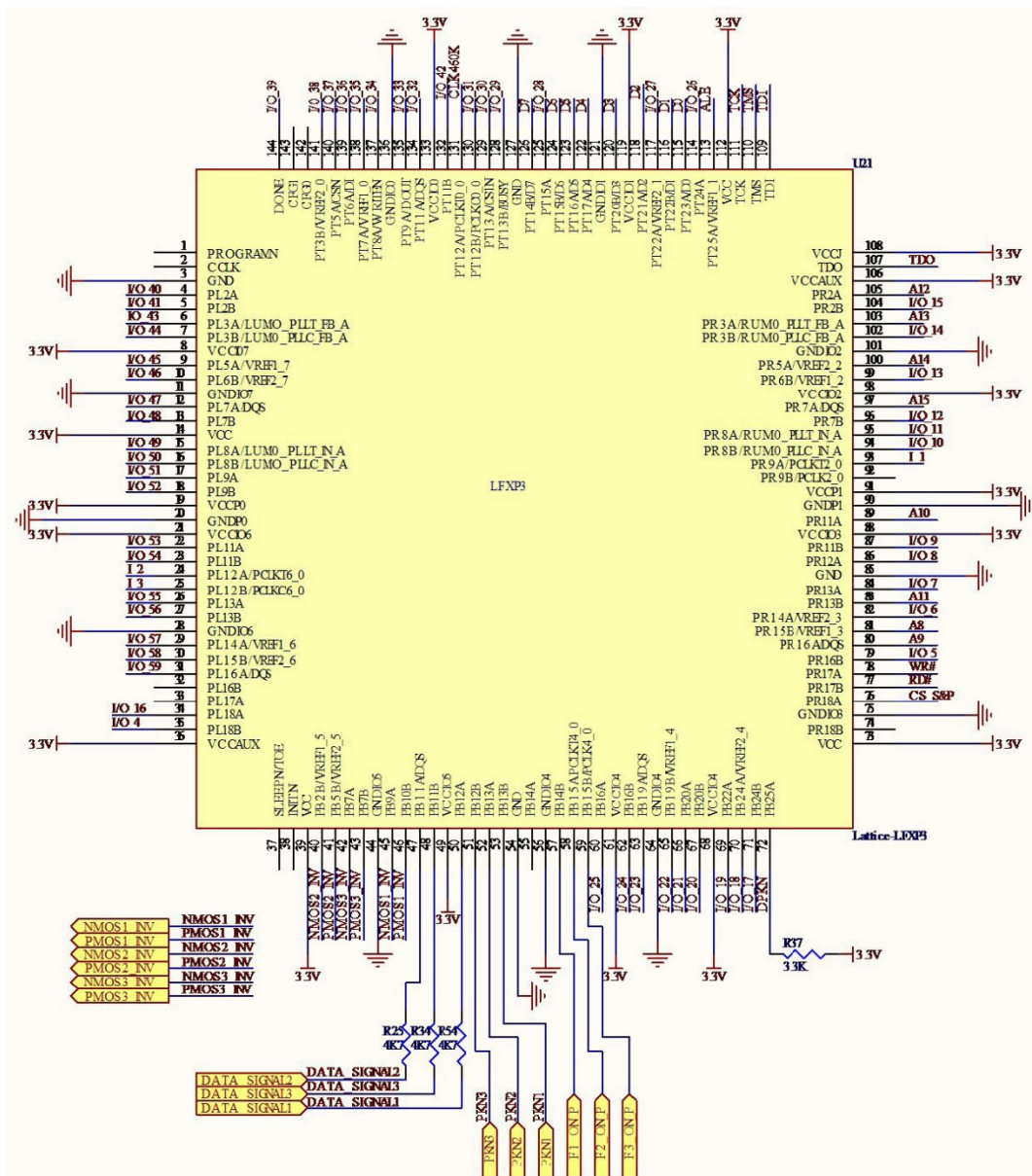
Слика 7-18 Електрична шема Extended терминала – лист 3



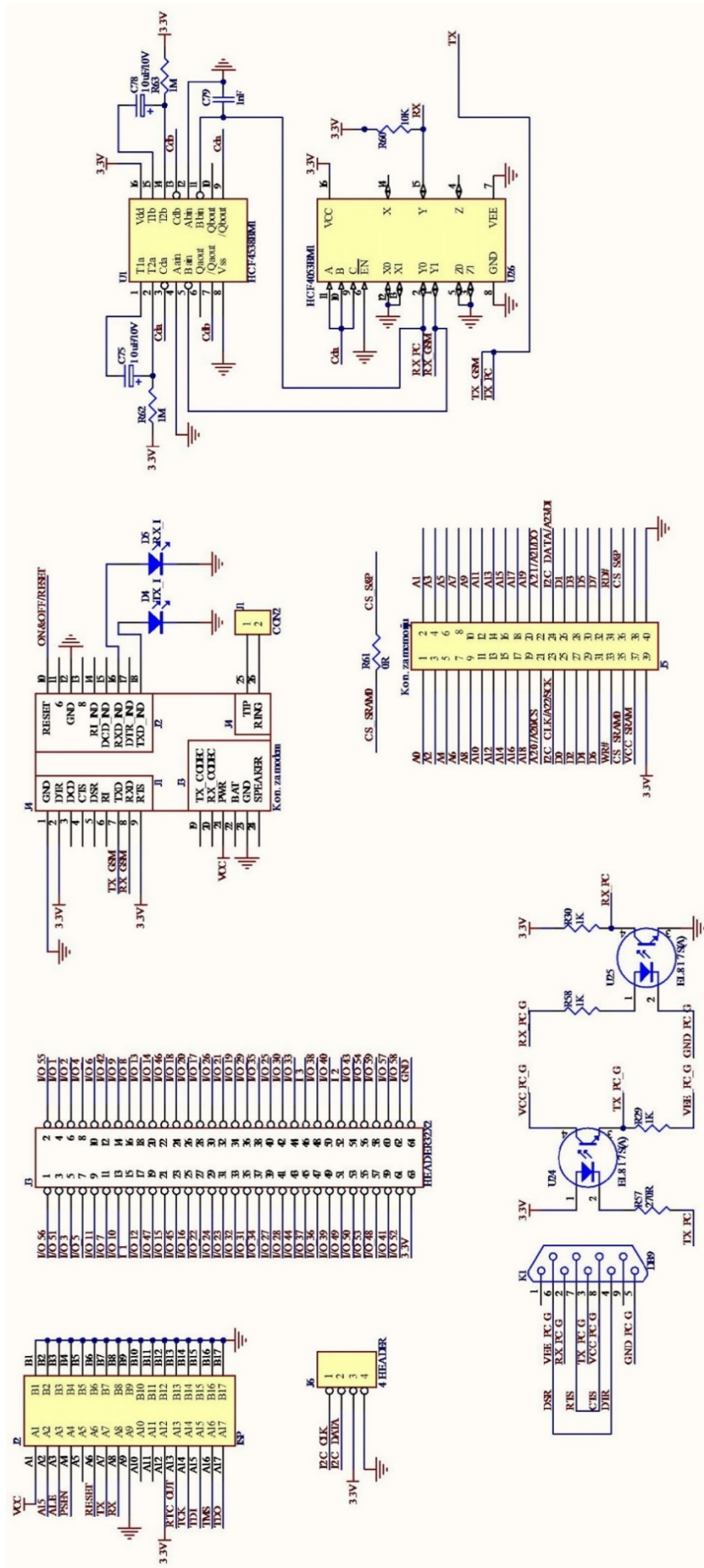
Слика 7-19 Електрична шема Extended терминала – лист 4



Слика 7-20 Електрична шема Extended терминала – лист 5



Слика 7-21 Електрична шема Extended терминала – лист 6



Слика 7-22 Електрична шема Extended терминала – лист 7

Слика 7-16 приказује напајање терминала, које је изведено као стандардно линеарно напајање. Поред основног напона VCC, са рад терминала је неопходан и напон од 3,3 V. За добијање овог напона користи се линеарни регулатор TS1117CW-3.3V са пратећим кондензаторима и отпорницима.

Слике 7-17, 7-18 и 7-19 приказују трофазни пријемник и предајник PLC модема. Пошто се овај терминал састоји из више штампаних плоча, конектор служи да пренесе сигнале између тих плоча.

Слика 7-20 приказује централни део хардвера терминала. Логику терминала представља микроконтролер (AT89C51RD2), који управља свим операцијама.

Параметри неопходни за исправан рад софтвера микроконтролера су смештени у EEPROM меморијама (24LC512). У питању су параметри који се морају трајно памтити, и они обезбеђују континуитет у раду терминала без обзира на нестанке напајања. С обзиром да Extended терминал може контролисати и до 1.000 уређаја, неопходно је много више меморије него код Light и Standard терминала.

Како постоји временски размак између размене података са IoT мрежном инфраструктуром и размене података са облаком, терминал за то време мора негде складиштити формиране извештаје. За то се користи SRAM меморија капацитета 512 KB. Диодом D14 реализован је батеријски бекап напајања SRAM меморије, с обзиром да извештаји морају бити сачувани без обзира на могуће нестанке спољњег напајања. Коло U5 и транзистор T1 обезбеђују исправно покретање микроконтролера, односно да се садржај SRAM меморије не изгуби приликом доласка напајања.

TS810 је коло ресета микроконтролера, које омогућава исправан старт микроконтролера по укључењу напајања.

74HCT373 је осмобитно лач коло у којем се памти нижи бајт адресе уређаја којег селекује микроконтролер (UART -а или SRAM меморија).

DS1340 је сат реалног времена, који обезбеђује информацију о тачном времену у сваком тренутку, без обзира на нестанке напајања. Из тих разлога, ово интегрисано коло има реализован батеријски бекап напајања.

Слика 7-21 приказује интегрисано коло LFXP3 са пратећим блок кондензаторима који се на штампаној плочи постављају поред интегрисаног кола. У овом програмабилном логичком колу је реализована комплетна логика трофазног PLC модема, укључујући и регистре за паралелну комуникацију између PLC модема и микроконтролера.

Слика 7-22 приказује одговарајуће конекторе. Једини UART микроконтролера искоришћен је за серијску комуникацију са GSM/GPRS модемом у регуларном раду. U1 и U26 су интегрисана кола која са пратећим отпорницима и кондензаторима обезбеђују да UART микроконтролера буде повезан или са GSM/GPRS модемом или са конектором K1. Ово коло служи за раздвајање ове две компоненте и омогућава да основни UART микроконтролера подржава комуникацију са обе ове компоненте, односно да постоји комуникација са оном компонентом која прва затражи конекцију. По истеку те конекције, опет се нова конекција прави са компонентом која први приступи. Конекција са GSM/GPRS модемом се користи када је терминал у регуларном раду, док се конекција са K1 конектором користи када се врши програмирање и тестирање терминала приликом производње и сервисирања. Уз конектор K1 додати су и оптокаплери U24 и U25 са пратећим отпорницима, што обезбеђује галванску изолацију овог порта. Да би се порт користио, неопходно је довести спољно напајање.

J2 је конектор који се користи за везу са персоналним рачунаром преко кога се врши програмирање микроконтролера у in-circuit моду програмирања (мод програмирања у којем је микроконтролер већ повезан са осталим компонентама, односно залемљен на штампаној плочи) и тестирање рада самог терминала.

J3 је конектор који обезбеђује додавање додатних улаза и/или излаза.

J4 је конектор на који се повезује GSM/GPRS модем

J5 је конектор који обезбеђује додавање додатне SRAM меморије.

J6 је конектор који обезбеђује додавање додатне EEPROM меморије, или генерално интегрисаних кола која комуницирају по серијској I2C магистралаи.

## 7.6 Софтвер терминала

Уобичајено, за реализацију софтвера који се извршава у микроконтролеру терминала, већином се користи традиционални, односно процесно оријентисан начин програмирања. За такву реализацију софтвера, потребно је дефинисати алгоритам главног програма, а затим разрадити и алгоритме свих позиваних потпрограма, као и опис организације меморије за чување података. Сами детаљи ових алгоритама зависе од детаљног пројектног задатака, односно техничког описа терминала.

На почетку рада главног програма извршава се група потпрограма за покретање терминала, што се може видети на слици 7-23 [31]. Након тога програм улази у извршење бесконачне петље, у оквиру које нон-стоп проверава одговарајуће флегове, и кад год су они активирани (сетовани) позива извршење одговарајућег потпрограма. Ови потпрограми се могу поделити у 3 групе: потпрограми за временски зависне послове, потпрограми за обраду примљених порука и потпрограми за извршење процеса. Приликом извршења бесконачне петље врши се још и слање *strobe* сигнала ка уграђеном “watch-dog“ тајмеру микроконтролера. То обезбеђује да “watch-dog“ тајмер ресетује микроконтролер у случају блокирања рада софтвера микроконтролера. Извршење главног програма се по потреби прекида, ради извршења одговарајућих прекидних потпрограма. Минимално постоје потпрограми серијских прекида и потпрограми прекида тајмера.



Слика 7-23 Главни програм [31]

У групу потпрограма за покретање терминала спадају: *Конфигурисање микроконтролера*, *Иницијализација глобалних променљивих*, *Конфигурација осталих компоненти* и *Опоравак од нестанка напајања*. Потпрограм *Конфигурисање микроконтролера* врши подешавање свих битних регистара микроконтролера. То су регистри који одређују: дозволу рада тајмера, мод рада тајмера, учестаност окидања тајмера, дозволу рада UART-а, мод рада UART-а, дозволу

прекида, приоритете прекида итд. Потпрограм *Иницијализација глобалних променљивих* обавља постављање почетних вредности свих глобалних променљивих. То је неопходно с обзиром да ове променљиве, које су смештене у оперативној меморији микроконтролера, приликом доласка напајања имају неке произвољне вредности. Потпрограм *Конфигурација осталих компоненти* обавља конфигурисање свих осталих компоненти терминала, изузев микроконтролера. То подразумева постављање дисплеја и/или LED диода за визуелну индикацију у одговарајуће стање, конфигурисање додатних интегрисаних кола (за портове итд.), читавање времена из сата реалног времена и покретање процеса иницијализације GSM/GPRS/3G/4G/5G модема помоћу одговарајућег потпрограма. Конфигурисање додатних интегрисаних кола врши подешавање свих битних регистара тог кола. Покретање иницијализације GSM/GPRS/3G/4G/5G модема се врши активирањем одговарајућег флега *активиранаИницијализацијаМодема* и иницијализацијом променљивих битних за рад модема (одговарајуће постављање променљиве стања и статусне променљиве, иницијализација осталих контролних променљивих процеса, иницијализација контролних променљивих првог стања) и покретањем активности првог стања процеса. Потпрограм *Опоравак од нестанка напајања* обезбеђује континуитет у раду терминала, односно да терминал по доласку напајања настави свој рад тачно тамо где је исти био прекинут нестанком напајања. Овај потпрограм је неопходан јер терминал приликом извршења процеса пролази кроз одговарајућа стања. За потребе његове реализације, у току рада терминала, све глобалне променљиве, које су битне за обезбеђење континуитета рада терминала се поред складиштења у оперативној меморији, складиште и у трајној меморији. У потпрограму *Опоравак од нестанка напајања* прво се глобалне променљиве подешавају са читаним вредностима из трајне меморије, па се затим на основу тих вредности одређује у којем је стању био терминал приликом нестанка напајања и да ли су све потребне операције у том стању одрађене до краја. У зависности од тога терминал се поставља или у исто стање у којем је био приликом нестанка напајања, или у наредно стање.

У групу потпрограма за временски зависне послове минимално спада потпрограм *Покретање извршења временски зависних послова*. По активирању флега *истекаоЈеданМинут*, у главном програму се позива тај потпрограм. У оквиру тог потпрограма врши се читавање времена и покретање извршења одговарајућих послова у одговарајућим временским моментима. Флег *истекаоЈеданМинут* се активира у прекидној рутини одговарајућег тајмера сваки пут након истека задатог временског интервала, који је најчешће један минут.

У другу групу спадају потпрограми за обраду примљених порука. Основна намена ових потпрограма је обрада порука, које микроконтролер прима преко својих портова током комуникације са облаком и IoT инфраструктуром, као и током тестирања. Сваки од ових потпрограма за одговарајућу комуникацију врши или покреће проверу исправности пакета, обраду садржаја примљене поруке, припрему одговора на примљену поруку и дозволу за пријем нове поруке. У зависности од сложености ових операција, оне се извршавају у самом потпрограму, или у оквиру других помоћних потпрограма. У том случају прослеђивање информација другим потпрограмима, односно процесима, се генерално обавља преко одговарајућих променљивих и флегова.

У трећу групу спадају потпрограми за извршење процеса. Процес је затворени скуп активности које се предузимају као одговор на неки догађај, да би се генерисао излазни резултат. У току извршавања, процес пролази кроз различита стања. Промене стања процеса су условљене одговарајућим догађајима. У сваком стању, предузима се одговарајућа активност. За реализацију процеса потребан је низ одговарајућих флегова, променљивих и помоћних потпрограма. Пример једног једноставнијег процеса је процес иницијализације GSM/GPRS/3G/4G/5G модема. Да би се овај модем приликом доласка напајања исправно покренуо, потребно је неколико корака, односно да микроконтролер и модем прођу кроз неколико стања разменом одговарајућих порука.



Примери сложенијих процеса су процес доношења одлука о управљању потражњом [36] и оптимална контрола пуњача електричних возила за смањење оптерећења мреже [14], коришћењем различитих стратегија [15-19] у зависности од тарифе.

Посебан сет проблема на које се мора обратити пажња је безбедност IoT уређаја [66-68] и терминала [69-70], на основу великог броја стратешких и тактичких препорука и најбољих искустава у успешним и безбедним имплементацијама [71-72].

## 7.7 Драјвери

За рад софтвера, описаног у претходном поглављу, код Light терминала неопходна је и реализација потребних драјвера, који обезбеђују везу софтвера са микроконтролером. Код реализације Standard терминала постоје две могуће варијанте: прва на бази коришћења ових драјвера, и друга на бази коришћења специјализованог оперативног система (FreeRTOS, ...). Extended терминал се изводи уз коришћење оперативног система Linux или Windows.

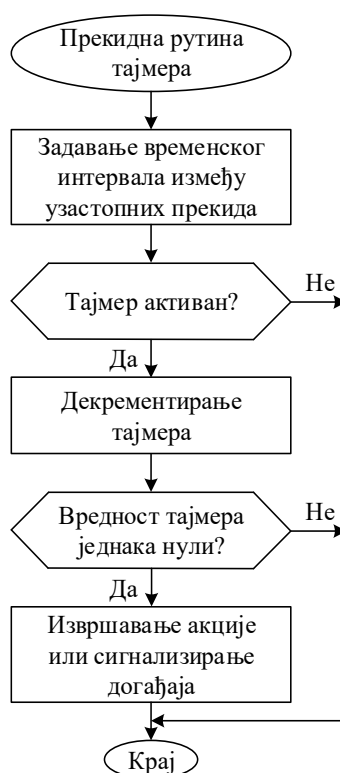
Кључни драјвери су потпрограми за извршавање прекида, и то потпрограм серијског прекида и потпрограми временских прекида.

У потпрограму прекида тајмера извршавају се праћење истицања периода од једне минуте, контрола тастера и обрада одговарајућег броја тајмера, потребних за рад целог софтвера микроконтролера. Евентуално се у овом потпрограму извршава серијска комуникација (са IoT инфраструктуром или власником или облаком), ако су додатни серијски портови реализован екстерним интегрисаним колима.

Овај потпрограм се позива одговарајући број пута у секунди, што је обезбеђено уписивањем одговарајућег временског размака између два прекида у регистре тајмера приликом сваког извршавања овог потпрограма.

Сваки пут када истекне временски период од једне минуте, потпрограм прекида тајмера врши активирање флега *истекаоЈеданМинут*.

Тајмер је променљива која служи за детекцију догађаја да је истекао одређени временски период, односно мерење истицања тог временског периода. Обрада тајмера у потпрограму прекида тајмера 0 подразумева декрементирање тајмера у сваком извршавању прекида, и спровођење одговарајуће акције када се тајмер изједначи са нулом. Ова обрада се извршава само ако је тајмер активан, односно докле год је његова вредност различита од нуле. У супротном, када је вредност тајмера једнака нули, тајмер је неактиван и нема никакве обраде. Акција ће се извршити само ако до деактивирања тајмера дође декрементирањем тајмера у оквиру ове обраде. Тајмер се може деактивирати и изван оквира ове обраде, и у том случају неће доћи до извршења акције. Активирање тајмера се увек врши изван оквира ове обраде. Код неких тајмера, уместо спровођења одговарајуће акције врши се сигнализација догађаја постављањем одговарајућег флега. Ова сигнализација ће даље обезбедити спровођење акције у неким другим потпрограмима или главном програму. Овај алгоритам рада тајмера је приказан на слици 7-24 [31]. Тајмери имају веома важну улогу у спречавању блокирања извршавања програма микроконтролера услед чекања на одговарајући догађај из спољњег окружења. Микроконтролер може имати више временских прекида, и они се могу независно користити, тако да се за сваки временски прекид може посебно дефинисати број колико ће се пута понављати у секунди. Тако се могу раздвојити тајмери значајно различитих учестаности понављања.



Слика 7-24 Потпрограма прекида тајмера [31]

У потпрограму серијског прекида извршава се пријем и слање порука у серијској комуникацији, коју микроконтролер остварује преко свог UART-а. Потпрограма серијског прекида се позива у ситуацијама када је примљен један бајт поруке, или када је завршено слање једног бајта поруке и треба послати нови бајт поруке. Такође, у потпрограму серијског прекида се детектује крај примљене поруке, односно догађај да је примљена цела порука. Како је то већ претходно описано, UART микроконтролера се користи за серијску везу са GSM/GPRS модемом, и преко те серијске везе микроконтролер остварује три различите комуникације: комуникацију са самим модемом, комуникацију са облаком и комуникацију са сервисером. Стога се у потпрограму серијског прекида извршава пријем и слање порука у овим комуникацијама. Такође, UART микроконтролера се може користити и за серијску везу са конектором (поглавље III), и преко те серијске везе микроконтролер може остварити комуникацију са сервисером. Комуникацију са модемом, микроконтролер остварује помоћу AT протокола, односно AT команди. Комуникацију са облаком, микроконтролер остварује преко модема у оквиру успостављене GSM/GPRS/3G/4G/5G DATA конекције, помоћу протокола за комуникацију са облаком. Приликом дефинисања структуре пакета овог протокола треба водити рачуна о питању стандардизације истога, различитих потреба и процесорских могућности у зависности од класе терминала, задовољењу захтева за потребе комуникације са свим потребним, односно наведеним информационим системима и платформама. Комуникацију са сервисером, микроконтролер остварује било директно кабловском везом преко конектора, било индиректно бежичном везом преко модема у оквиру успостављене GSM/GPRS/3G/4G/5G DATA конекције, помоћу одговарајућег протокола. Ради једноставније реализације zgodno је да структура пакета овог протокола буде иста као структура пакета AT протокола.

Стога, због наведених различитих структура пакета који се користе у серијској комуникацији, неопходно је да постоји променљива која чува информацију о текућем моду серијске комуникације, односно променљива *модСеријскеВезе*. Ова променљива стандардно има вредност константе AT\_КОМАНДЕ, што значи да је структура пакета текуће комуникације у складу се структуром пакета AT протокола. Једино одступање од своје

стандардне вредности, ова променљива има за време комуникације са облаком у периоду од момента успостављања до момента престанка GSM/GPRS/3G/4G/5G DATA конекције, и тада је њена вредност једнака константи ОБЛАК\_ПОДАЦИ. У том периоду структура пакета текуће комуникације је у складу са протоколом за комуникацију са облаком. Слика 7-25 [31] приказује алгоритам потпрограма серијског прекида. Како различите структуре пакета условљавају различиту обраду, потпрограм серијског прекида проверава променљиву модСеријскеВезе, и у зависности од њене вредности позива један од потпрограма: *АТКомуникација* или *КомуникацијаСаОблаком*. У оквиру ових потпрограма врши се пријем и слање порука у складу са одговарајућим протоколом.



Слика 7-25 Потпрограм серијског прекида [31]

Уколико постоји потреба, потпрограм серијског прекида се може допунити делом за спречавање прекорачења интерног бафера модема. Наиме, овај део је користан у случајевима када се преко модема преносе датотеке са много већом количином података од оне коју интерни бафер модема може да прими. Тада може доћи до прекорачења интерног бафера модема у случајевима када је реална брзина преноса података између микроконтролера и модема већа од реалне брзине преноса података по GSM/GPRS мрежи. У циљу спречавања прекорачења интерног бафера, сам модем поседује следећи механизам. Када се бафер потпуно попуни, модем шаље специјални карактер 0x13. Када се након што је бафер био потпуно попуњен један део бафера испразни, модем шаље специјални карактер 0x11. Део потпрограма за спречавање прекорачења интерног бафера модема се умеће на почетак потпрограма серијског прекида. У њему се, само ако је дошло до пријема податка у току слања података, проверава вредност примљеног бајта. Уколико је хексадецимална вредност примљеног бајта 0x13, привремено се зауставља слање података. Уколико је хексадецимална вредност примљеног бајта 0x11, наставља се слање података.

Микроконтролер може имати више серијских прекида, и они се могу користити као независни портови. Аналогна је и реализација потпрограма осталих серијских прекида, само што се имплементирају одговарајући протоколи који се користе на тим портovima.

## 7.8 Потпрограми за извршење процеса

У циљу јаснијег објашњења потпрограма из ове групе, вреди прво изложити сам механизам извршења процеса. Процес је затворени скуп активности који се предузимају као одговор на неки догађај, да би се генерисао излазни резултат. У току извршавања, процес пролази кроз различита стања. Промене стања процеса су условљене одговарајућим догађајима. У сваком стању, предузима се одговарајућа активност.

Начин реализације процеса је следећи:

Сваком процесу се додељују: флег активiranости, променљива стања, статусна променљива, потпрограм покретања, потпрограм извршавања, потпрограм стања, контролне променљиве процеса и контролне променљиве стања.

Процес се може наћи у различитим стањима. Информација о стању процеса се чува у одговарајућој променљивој стања.

Одговарајући догађаји изазивају промену стања процеса. Информација о тим догађајима се чува у одговарајућим флеговима или променљивама.

Процес се извршава у већем броју тактова. У једном такту процеса једанпут се извршава активност стања у ком се процес налази у том тренутку.

У сваком стању процеса извршава се одговарајућа активност. Број различитих активности је једнак броју различитих стања процеса, односно сваком стању процеса одговара једна активност.

Понављање исте активности се дешава у случају задржавања процеса у одговарајућем стању више од једног такта.

Процес се извршава у оквиру одговарајућег потпрограма извршавања, који се извршава у главном програму приликом сваког проласка кроз бесконачну петљу све док је активан флег активираниости.

Један такт процеса одговара једном проласку кроз бесконачну петљу главног програма.

У зависности од вредности променљиве стања потпрограм извршавања позива одговарајући потпрограм стања.

У оквиру потпрограма стања врши се извршење одговарајуће активности, провера да ли су се десили одговарајући догађаји и у зависности од тога останак процеса у истом стању или одговарајућа промена стања процеса.

Стартовање процеса, односно промена стања процеса из стања неактивности у прво стање извршења се врши позивом и извршењем потпрограма покретања. У оквиру потпрограма покретања врши се активирање одговарајућег флега активираниости, одговарајуће постављање променљиве стања и статусне променљиве, иницијализација осталих контролних променљивих процеса, иницијализација контролних променљивих првог стања и покретање активности првог стања процеса

Промена стања процеса из текућег стања у наредно стање се врши одговарајућим постављањем променљиве стања, иницијализацијом контролних променљивих наредног стања и покретањем активности наредног стања

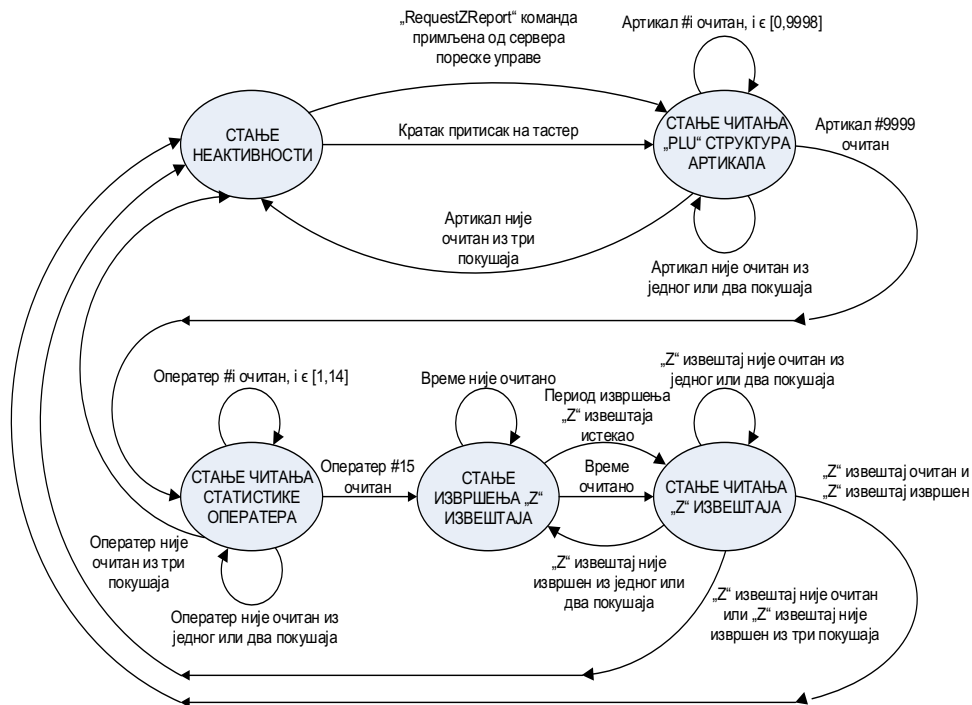
Заустављање процеса, односно промена стања процеса из текућег стања у стање неактивности се врши деактивирањем флега активираниости, одговарајућим постављањем променљиве стања и статусне променљиве и по потреби подешавањем одговарајућих параметара који утичу на следеће покретање процеса, покретање других потпрограма или процеса и сл. Уколико је потребно, заустављање процеса се може радити у оквиру посебног потпрограма, односно у оквиру потпрограма заустављања.

Стављање процеса у стање чекања, односно промена стања процеса из текућег стања извршавања у стање чекања се врши деактивирањем флега активираниости, одговарајућим постављањем променљиве стања и по потреби покретањем детекције одговарајућих догађаја који ће процес вратити из стања чекања у стање извршавања.

Статус процеса, односно информација да ли је процес успешно генерисао резултат, се чува у одговарајућој статусној променљивој. У истој променљивој се чува и информација о разлогу неуспешности спровођења процеса, у случају неуспешног завршетка процеса.

Овакав опис процеса је МД развој, односно модел за објектно оријентисани начин програмирања. Предност оваквог начина програмирања је што омогућава много бржу и квалитетнију израду и одржавање софтвера. С друге стране мана је што је мања контрола програмера над брзином извршавања и количином програмске и радне меморије потребне за рад тако добијеног софтвера. То може бити ограничавајуће за примену код наменског (embedded) софтвера. Међутим у даљем тексту ћемо описати како се овако добијени модел процеса преводи у програмски код, на начин да се остваре све предности а неутралишу наведене мане на примеру сложених потпрограма.

У даљем тексту овог поглавља следи детаљно објашњење једног сложенијег потпрограма из ове групе, односно потпрограма рад комплетног дневног (З) извештаја. Објашњење се даје за фискалну касу CR401 произвођача Intracom, а аналогно се може применити и за друге фискалне касе. Намена потпрограма *РадКомплетногЗИзвештаја* је извршење процеса рада комплетног Z извештаја. Слика 7-26 [31] приказује дијаграм стања процеса рада комплетног Z извештаја.



Слика 7-26 Дијаграм стања процеса рада комплетног Z извештаја [31]

Резултат процеса, односно намена процеса рада комплетног Z извештаја је да припреми дневни извештај промета по артиклима, дневни извештај промета по касирима и дневни извештај за слање серверу ПО, односно да обезбеди читавање података са фискалне касе, форматирање тако очитаних података у извештаје и смештање тако формираних извештаја у меморију терминала. Сервер ПО је сервер пореског обвезника, који му омогућава праћење свих њему релевантних података и евентуално подешавање њему доступних параметара.

Процес се може наћи у пет стања. Називи стања су одређени у складу са поступком који се у том стању спроводи у фискалној каси. Следи преглед стања и одговарајућих активности, догађаја и промена стања:

Стање неактивности. Процес се иницијално налази у овом стању. Из овог стања процес може прећи у стање читања PLU структуре артикала, ако се догоди активирање тастера краће од 5 секунди или пријем команде *RequestZReport* од сервера ПО

Стање читања PLU структура артикала. Намена овог стања је припрема дневног извештаја промета по артиклима за слање серверу ПО. Стога, активност процеса у овом стању је читавање PLU структуре артикала са фискалне касе, форматирање тако добијених података и смештање истих у меморију терминала у блок података *низKЗИзвештаја* у поље *PLUIзвештај*. У регуларном извршавању процеса, ова активност се извршава 10000 пута, јер фискална каса CR401 произвођача Intracom има могућност рада са 10000 артикала. Процес остаје у истом стању све док се догађа да је очитана PLU структура артикла са редним бројем из скупа бројева од 0 до 9998. Када се деси да је очитана PLU структура артикла са редним бројем 9999, процес прелази у стање читања статистике оператера. Процес остаје у истом стању све док се догађа да нека PLU структура није очитана у првом, или другом покушају. Ако се деси да нека PLU структура није очитана у трећем покушају, процес прелази у стање

неактивности и смешта информацију о неуспешном извршењу процеса јер каса не одговара на команду читавања PLU структуре у статусну променљиву *статусZИзвештаја*.

Стање читања статистике оператера. Намена овог стања је припрема дневног извештаја промета по касирима. Стога, активност процеса у овом стању је читавање статистичких података о оператеру (у даљем тексту структуре оператера) са фискалне касе, форматирање тако добијених података и смештање истих у меморију терминала у блок података *низKZИзвештаја* у поље *благајничкиИзвештај*. У регуларном извршавању процеса, ова активност се извршава 15 пута, јер фискална каса CR401 произвођача Intracom има могућност рада са 15 касира. Процес остаје у истом стању све док се догађа да је прочитана структура оператера са редним бројем из скупа бројева од 1 до 14. Када се деси да је прочитана структура оператера са редним бројем 15, процес прелази у стање извршења Z извештаја. Процес остаје у истом стању све док се догађа да нека структура оператера није прочитана у првом, или другом покушају. Ако се деси да нека структура оператера није прочитана у трећем покушају, процес прелази у стање неактивности и смешта информацију о неуспешном извршењу процеса јер каса не одговара на команду читавања статистике оператера у статусну променљиву *статусZИзвештаја*.

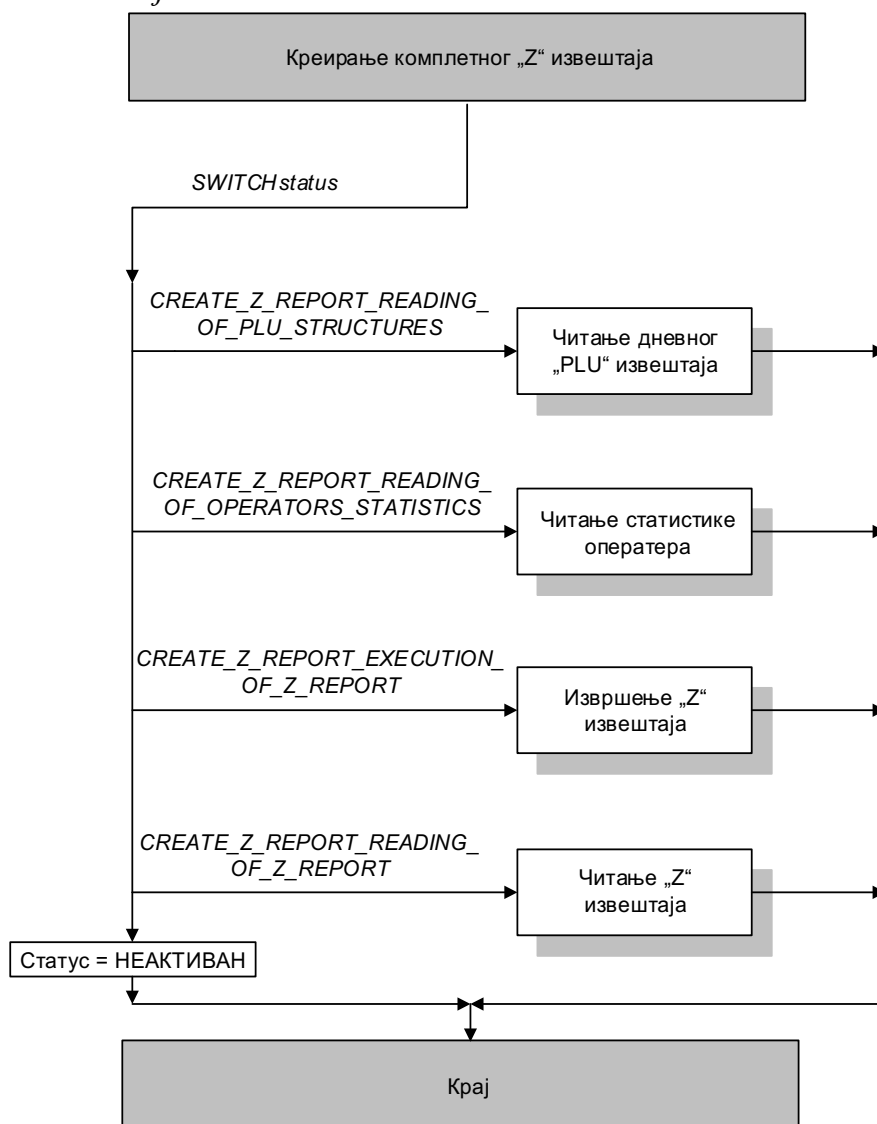
Стање извршења Z извештаја. Намена овог стања је формирање дневног извештаја, односно извршење Z извештаја у фискалној каси у предвиђеном временском периоду. Стога, активност процеса у овом стању је извршење Z извештаја у фискалној каси, детекција догађаја да је поступак извршења Z извештаја у фискалној каси завршен и покретање поступка детекције догађаја да је истекао предвиђени временски период за извршење Z извештаја. Детекција догађаја да је поступак извршења Z извештаја у фискалној каси завршен се врши пропитивањем да ли каса одговара на команду за читавање времена (читавање времена је изабрана као једна од једноставнијих команди). Оваква детекција је неопходна из следећих разлога: каса не даје одговор на команду за извршење Z извештаја, каса не даје одговор на било коју команду за време извршења Z извештаја и време потребно каси за извршење Z извештаја није константно већ зависи од броја продатих артикала у том дану и других фактора. Покретање поступка детекције догађаја да је истекао предвиђени временски период за извршење Z извештаја се врши активирањем одговарајућег тајмера. У регуларном извршавању процеса ова активност се извршава једанпут. Читавање времена се извршава неколико пута, а што зависи од односа времена потребног каси да изврши Z извештај и времена чекања на одговор од касе. Ако се деси догађај да време није прочитано, процес остаје у истом стању. Ако се деси догађај да време јесте прочитано (догађај да је поступак извршења Z извештаја у фискалној каси завршен) или да јесте истекао предвиђени временски период за извршење Z извештаја, процес прелази у стање читања Z извештаја.

Стање читања Z извештаја. Намена овог стања је припрема дневног извештаја за слање серверу ПО. Стога, активност процеса у овом стању је читавање последњих Z података (у даљем тексту последњег Z извештаја) са фискалне касе, форматирање тако добијених података, смештање истих у меморију терминала у блок података *низKZИзвештаја* у поље *описZИзвештаја* и детекција догађаја да је поступак извршења Z извештаја у фискалној каси успешно завршен. Ова детекција се врши провером да ли је број последњег Z извештаја прочитаног из касе различит од броја последњег Z извештаја упамћеног у терминалу. У регуларном извршавању процеса ова активност се извршава једанпут. Ако се десе догађаји да је последњи Z извештај прочитан и да је Z извештај успешно извршен, процес прелази у стање неактивности и смешта информацију о успешном извршењу процеса у статусну променљиву статус. Процес остаје у истом стању све док се догађа да последњи Z извештај није прочитан у првом, или другом покушају. Ако се деси да последњи Z извештај није прочитан у трећем покушају, процес прелази у стање неактивности и смешта информацију о неуспешном извршењу процеса јер каса не одговара на команду читавања последњег Z извештаја у статусну променљиву *статусZИзвештаја*. Ако се десе догађаји да је последњи Z извештај

очитан и да је Z извештај неуспешно извршен у првом или другом покушају, процес прелази у стање извршења Z извештаја. Ако се деси да је последњи Z извештај очитан и да је Z извештај неуспешно извршен у трећем покушају, процес прелази у стање неактивности и смешта информацију о неуспешном извршењу процеса јер каса не извршава Z извештај у статусну променљиву *статусZИзвештаја*.

Флег активiranости овог процеса је флег *радКомплетногZИзвештаја*. Потпрограм извршења овог процеса је потпрограм *РадКомплетногZИзвештаја*. Променљива стања овог процеса је променљива статус, односно иста променљива која се користи за чување информације о статусу заузетости комуникације са фискалном касом. Статусна променљива овог процеса је променљива *статусZИзвештаја* у оквиру поља *описZИзвештаја* показаног члана блока *низKZИзвештаја* у меморији терминала. Потпрограм покретања процеса је потпрограм *иницијализацијаРадаКомплетногZИзвештаја*.

Процес се покреће потпрограмом *иницијализацијаРадаКомплетногZИзвештаја* у оквиру потпрограма тајмера 0 или потпрограма *ОбрадаПОПорукеОдМодема* или потпрограма *ОпоравакОдНестанкаНапајања*. Процес се извршава у потпрограму *РадКомплетногZИзвештаја*.



Слика 7-27 Алгоритам потпрограма *РадКомплетногZИзвештаја* [31]

Потпрограм *РадКомплетногZИзвештаја* се извршава у главном програму све време док је активан флег *радКомплетногZИзвештаја*. За све време током процеса рада комплетног Z извештаја, информација о стању процеса се чува у променљивој статус. За све време током и

након процеса рада комплетног *Z* извештаја, информација о статусу се чува у променљивој статусу *Z* извештаја у оквиру поља опису *Z* извештаја показаног члана блока низ *K* *Z* извештаја у меморији терминала.

Слика 7-27 [31] приказује алгоритам потпрограма *РадКомплетногZИзвештаја*. Основна намена потпрограма *РадКомплетногZИзвештаја* је обезбеђење извршавања процеса рада комплетног *Z* извештаја, односно извршавање одговарајуће активности, односно одговарајућег потпрограма стања, у зависности од стања процеса.

Стога се на почетку потпрограма *РадКомплетногZИзвештаја* врши провера стања процеса, односно провера променљиве статус. У зависности од стања процеса извршава се одговарајућа претходно описана активност позивом и извршењем одговарајућег потпрограма стања.

Ако се процес налази у стању читања *PLU* структура, позива се потпрограм *ОчитавањеДневногPLUИзвештаја*. Ако се процес налази у стању читања статистике оператера, позива се потпрограм *ОчитавањеСтатистикеОператера*. Ако се процес налази у стању извршења *Z* извештаја, позива се потпрограм *ИзвршењеZИзвештаја*. Ако се процес налази у стању читања *Z* извештаја позива се потпрограм *ЧитањеZИзвештаја*. Ако се процес не налази ни у једном од наведених 5 стања, променљива статус се поставља на вредност константе НЕАКТИВАН.

На крају, излази се из потпрограма.

### 7.9 Резултати и дискусија

Реализација Standard терминала за даљинско управљање паметним бројилима је дата у [73]. Овај терминал је приказан на слици 7-28. Како је овај терминал развијан и експлоатисан у периоду дужем од двадесет година, он је прошао кроз много различитих верзија. У неким је само мењан софтвер, у неким и хардвер, а било је и промена самих механичких кутија. Такође, поред варијанте у којој је терминал засебан уређај, постоје и варијанте у коме је терминал интегрисан са паметним бројилом. Први терминали су имплементирани у Србији, и пре пуштања у експлоатацију, били су подвргнути тестирањима, након чега је Дирекција за мере и драгоцене метале Републике Србије издала сертификат за његово несметано коришћење у пракси. У каснијој фази терминали су поред експлоатације у Србији, имплементирани прво у Европи, а касније и у свету. Из тог разлога, терминали су додатно тестирани и након успешних резултата, реномирана лабораторија NMI је издала MID сертификат, односно одобрење типа које важи за Европу, као и за неке земље у свету. Даље, на терминалу су вршене провере да ли је усаглашен са DLMS/COSEM протоколом. Након успешних резултата, DLMS UA организација је издала сертификат о усаглашености са DLMS/COSEM протоколом. На крају, круна свих ових тестирања је било тестирање о усаглашености са IDIS спецификацијом. То је спецификација која представља подскуп DLMS/COSEM протокола, и која гарантује интероперабилност уређаја на терену [65]. Поред провере протокола, ово тестирање је покривало и проверу функционалних захтева. Терминал је успешно прошао и ово тестирање, о чему је IDIS организација издала сертификат. У том тренутку су свега четири произвођача на свету поседовали овај сертификат. На сликама 7-29, 7-30, 7-31 и 7-32 су приказани наведени сертификати. Реализација информационог система за даљинско управљање паметним бројилима је дата у [74-77]. Реализација информационог система за надзор и аутоматску контролу пуњења батерија је дата у [78].





*Слика 7-28 Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима*



РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
МИНИСТАРСТВО ЕКОНОМИЈЕ И РЕГИОНАЛНОГ РАЗВОЈА  
**ДИРЕКЦИЈА ЗА МЕРЕ И ДРАГОЦЕНЕ МЕТАЛЕ**  
11000 Београд, Мике Аласа 14, пошт. преградак 34, ПАК 105305  
тел. (011) 32-82-736, телефакс: (011) 2181-668

На основу члана 192. став 1. Закона о општем управном поступку („Службени лист СРЈ”, бр. 33/97 и 31/01 и „Службени гласник РС”, бр. 30/10) и члана 20. Закона о метрологији („Службени гласник РС”, бр. 30/10), а у вези са Правилником о метролошким условима за статичка бројила активне електричне енергије класе тачности 0,2S и 0,5S („Службени лист СФРЈ”, бр. 28/89), Правилником о метролошким условима за статичка бројила активне електричне енергије класе тачности 1 и 2 („Службени лист СФРЈ”, бр. 9/92) и Правилником о метролошким условима за електронска (статичка) бројила реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3 („Службени лист СРЈ”, бр. 47/98), поступајући по захтеву Rudnar Group-Meter&Control d.o.o., Тршћанска 21 из Београда-Земуна, директор Дирекције за мере и драгоцене метале издаје

#### У В Е Р Е Њ Е

#### О ОДОБРЕЊУ ТИПА МЕРИЛА

Назив мерила:	Трофазно електронско бројило електричне енергије
Ознака основног типа:	ST40x
Произвођач мерила:	Rudnar Group-Meter&Control, Београд-Земун
Службена ознака типа:	F - 6 - 197
Рок важења уверења:	28. 05. 2022. године

Испитивањем типа утврђено је да мерила испуњавају захтеве прописане Правилником о метролошким условима за статичка бројила активне електричне енергије класе тачности 0,2S и 0,5S („Службени лист СФРЈ”, бр. 28/89), Правилником о метролошким условима за статичка бројила активне електричне енергије класе тачности 1 и 2 („Службени лист СФРЈ”, бр. 9/92) и Правилником о метролошким условима за електронска (статичка) бројила реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3 („Службени лист СРЈ”, бр. 47/98).

Број: 393-7/0-01-4344-2011  
Београд, 28. 05. 2012. године

ДИРЕКТОР

  
мр Вида Живковић

Слика 7-29 Уверење о одобрењу типа мерила за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима



# Certificate of Conformity

No. CoC-14200185-02

Applicant : METER&CONTROL d.o.o.  
Trščanska 21  
11080 Zemun  
Serbia

Issued by : NMI Certin B.V.  
Hugo de Grootplein 1  
3314 EG DORDRECHT  
The Netherlands

Submitted : **Static electrical energy meter**

Manufacturer : **METER&CONTROL**  
Type : **ST40xD**

Characteristics : reference voltage : 3x230/400 V  
reference current : 5 A or 10 A  
maximum current : 100 A  
class : 1 or 2 for active energy (IEC 62053-21)  
B or A for active energy (EN 50470-3)  
2 for reactive energy (IEC 62053-23)  
destined for the : electrical energy, in a  
measurement of - three-phase four-wire system

In accordance with : - **IEC 62052-11** "Electricity metering equipment (AC) - General requirements, tests and test conditions - Part 11: Metering equipment"  
- **IEC 62053-21** "Electricity metering equipment (AC) - Particular requirements - Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2)"  
- **IEC 62053-23** "Electricity metering equipment (AC) - Particular requirements - Part 23: Static meters for reactive energy (classes 2 and 3)"  
- **EN 50470-1** "Electricity metering equipment (a.c.) - General requirements, tests and test conditions - Part 1: Metering equipment (class indexes A, B and C)"  
- **EN 50470-3** "Electricity metering equipment (a.c.) - Particular requirements - Part 3: Static meters for active energy (class indexes A, B and C)"  
- **CLC/TR 50579** "Electricity metering equipment - Severity levels, immunity requirements and test methods for conducted disturbances in the frequency range 2 -150 kHz"

The described products are tested according to the above mentioned product standards and meet the essential requirements, based on a non-recurrent examination. The appertaining test data is presented in report no. NMI-14200185-02 and NMI-14200185-06, granted by NMI.

18 September 2015  
NMI Certin B.V.

  
C. Oosterman  
Head Certification Board

**NMI Certin BV**  
Hugo de Grootplein 1  
3314 EG Dordrecht  
PO Box 394  
3300 AJ Dordrecht, NL  
T +31 78 6332332  
F +31 78 6332309  
certin@nmi.nl  
www.nmi.nl

Parties concerned can lodge objection against this decision, within six weeks after the date of submission, to the general manager of NMI (see "Regulation objection and appeal against decisions of NMI")

This document is issued under the provision that no liability is accepted and that the applicant shall indemnify third-party liability.

Reproduction of the complete document is permitted.





## DLMS User Association

Bahnhofstrasse 28  
CH-6304 Zug  
Switzerland

Tel. +36 28 514065  
Fax +36 28 514066  
dlms@dlms.com

### Certification No. 1244

This is to certify that the metering equipment identified as:

**Type: ST401**

**Mgmt. LDN: SAP = 1, "4D414331303130373030303030303839" (MAC101070000089)**

manufactured by:

**Meter&Control**

has successfully passed the DLMS/COSEM Conformance test, under the following conditions:

- CTT version: CTT version 2.5
- Licensed to: METER & CONTROL (2.4.2009)
- COSEM object definitions file version: Object\_defs\_v2.5\_released\_111107.dat
- Media identifiers used: [ABSTRACT, ELECTRICITY]

Test performed	Communication profile	Opening mode	Appl. context	Date and time	Digital signature of the test report
Test 1 optical	3-layer HDLC	DIRECT_HDLC	LN	28 <sup>th</sup> May 2012	511E117F2D76D5F6677F6B545B72D645

The authenticity of the test report(s) has been verified by the DLMS User Association and the metering equipment identified above is listed on its web site at: <http://www.dlms.com>.

With this, the manufacturer is entitled to display the DLMS/COSEM Compliant mark – shown below – on its product duly identified and on its product literature.



The test reports are filed by the DLMS UA. Copies are available from the manufacturer.

This Certificate is only valid for the functions successfully tested. The test has been executed on one specimen of the product, as identified by the Management Logical Device Name reported. Results may not be applicable for other test specimens.

Date: Zug, the 29<sup>th</sup> May 2012

Paul Fuchs  
General Secretary

*Слика 7-31 DLMS/COSEM сертификат за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима*

IDIS Industry Association  
Bahnhofstrasse 28  
6304 Zug  
Switzerland

[www.idis-association.com](http://www.idis-association.com)



## IDIS Certificate

We herewith certify that the equipment

**ST401D**

manufactured by

**Meter & Control doo**

is compliant to the IDIS specifications for package 1.

The equipment supports the following functions:

- Basic IDIS functionality
- Extension D Disconnection/reconnection
- Extension L Load management
- Extension M Multi-utility metering

The equipment was tested at KEMA and at the IDIS laboratories. All tests have been successfully passed and the equipment is granted the IDIS quality label

**IDIS** 1DLM

Reg No: 0015

A detailed test report is available from [www.idis-association.com](http://www.idis-association.com) under the registration number  
**Reg No: 0015.**

Zug, 25/04/2014

Dieter Brunner  
President  
IDIS Association

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'D. Brunner', written over the printed name and title.

*Слика 7-32 IDIS сертификат за Standard терминал за даљинско управљање паметним бројилима*

Реализација Extended терминала за даљинско управљање паметним бројилима је дата у [79]. Овај терминал је приказан на слици 7-33.



Слика 7-33 Extended терминал за даљинско управљање паметним бројилима

Реализација Standard терминала за даљинско управљање фискалним касама применом методе МД развоја је дата у [80], док је реализација Light терминала за даљинско управљање фискалним касама применом методе МД развоја дата у [81]. Овај Light терминал је приказан на слици 7-34. Пре пуштања у експлоатацију, терминал је подвргнут тестирању техничких и функционалних карактеристика, након чега је Завод за мере и драгоцене метале Србије и Црне горе издао Уверење за његово несметано коришћење у пракси. Ово Уверење је приказано на слици 7-35.



Слика 7-34 Light терминал за даљинско управљање фискалним касама применом методе МД развоја [12]



**СРБИЈА И ЦРНА ГОРА**  
МИНИСТАРСТВО ЗА УНУТРАШЊЕ ЕКОНОМСКЕ ОДНОСЕ  
**ЗАВОД ЗА МЕРЕ И ДРАГОЦЕНЕ МЕТАЛЕ**  
11 000 Београд, Мике Аласа 14,  
поштански фах 384, телефон 011 / 32 82 736, телефакс 011 / 21 81 6 68

На основу члана 7. став 6. Закона о фискалним касама («Службени гласник РС», број 135/2004), на захтев SDD ITG d.o.o. из Београда, издаје се

**У В Е Р Е Њ Е**

Број 10

о испуњености техничких и функционалних карактеристика терминала за даљинско читавање фискалне касе

Тип терминала: **ITGcc-04**

Произвођач терминала: **SDD ITG d.o.o., Београд**

Испитивањем узорка типа утврђено је да задовољава захтеве прописане интерном процедуром ИП-04: Утврђивање испуњености техничких и функционалних карактеристика терминала за даљинско читавање фискалне касе.

Саставни део овог уверења су уверења о испуњености функционалних карактеристика терминала за даљинско читавање одобрених типова фискалних каса, за које је овај тип терминала намењен.

Београд, 15.07.2005. године

ПРЕДСЕДНИК КОМИСИЈЕ

Мирослав Савић, дипл.инж.маш.

ДИРЕКТОР

мр-Драган Милошевић

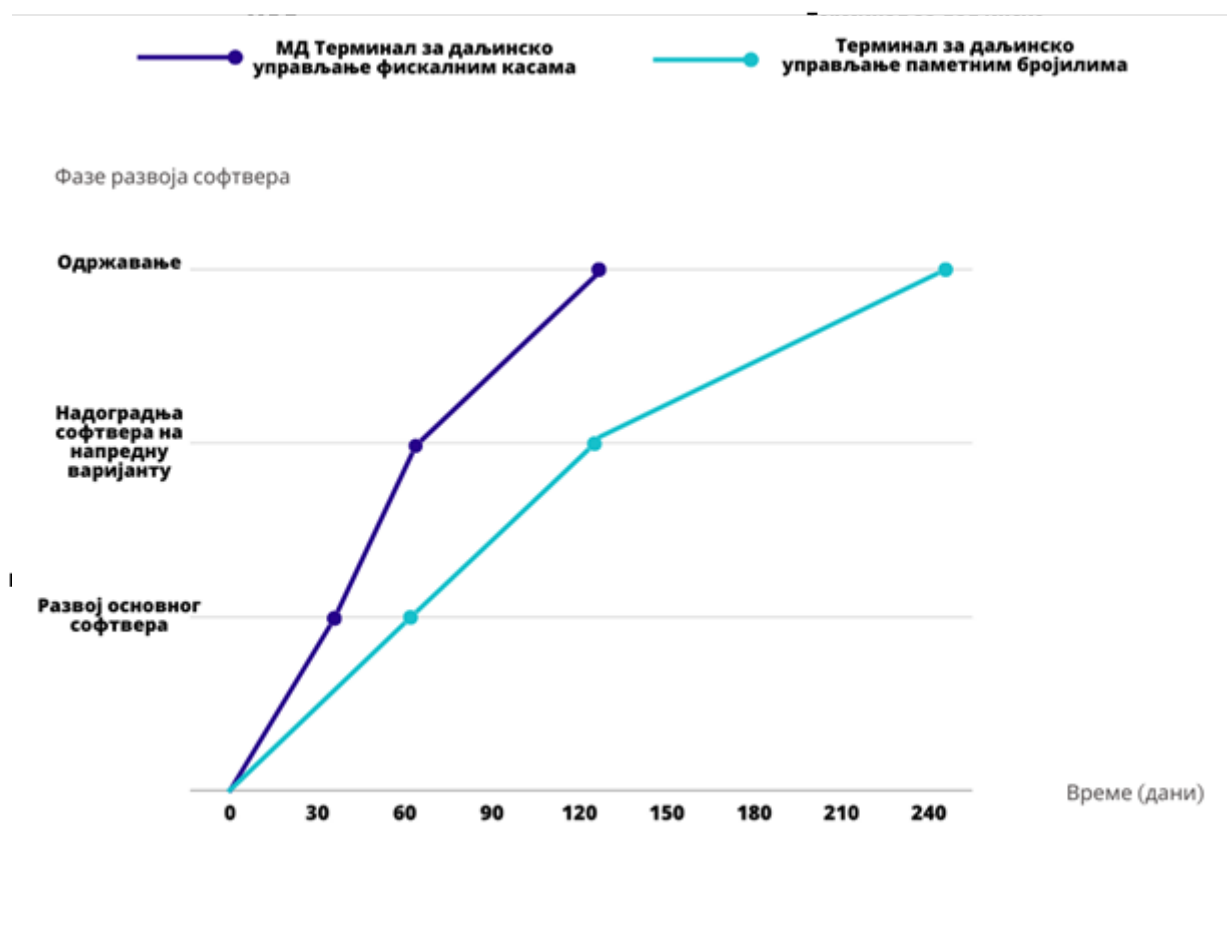
Слика 7-35 Уверење о испуњености техничких и функционалних карактеристика терминала за даљинско читавање фискалне касе

Због сличности, хардвер терминала за даљинско управљање хибридном станицом може се реализовати на исти начин као реализовани терминали за даљинско управљање паметним бројилима и фискалним касама уз неопходно прилагођење потребног броја портова и величине програмске, радне и сталне меморије. У погледу реализације софтвера, у табели 7-1 [31] и слици 7-36 приказани су резултати примене описане методе МД развоја на Light терминал за даљинско управљање фискалним касама и поређење са резултатима развоја Light терминала за даљинско управљање паметним бројилима без примене ове методе. Основни софтвер овог терминала обухватао је припрему одговарајућих извештаја и комуникацију са сервером пореског обвезника, док је у напредној верзији софтвер надограђен како би подржао припрему одговарајућих извештаја и комуникацију са контролним центром пореске управе. Видимо да

је за развој основног софтвера терминала било потребно 30 дана. Исти период је био потребан за надоградњу софтвера на напредну варијанту, док је одржавање трајало око 60 дана. Током периода одржавања дошло је до издавања 24 верзије софтвера, што значи да је просечно време одговора у том периоду било 2,5 дана, свеукупно за исправку софтвера (исправку грешака или дорату функционалности) и тестирање. У поређењу са терминалом за даљинско управљање паметним бројилима електричне енергије, који је развијен без коришћења методе МД развоја, сви наведени параметри су били најмање два пута већи.

Табела 7-1 Резултати примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама и поређење са резултатима развоја терминала за даљинско управљање паметним бројилима без примене ове методе [31]

Активност	МД Терминал за даљинско управљање фискалним касама		Терминал за даљинско управљање паметним бројилима
	Период	Број верзија	Период
Развој основног софтвера	30	N/A	> 60
Надоградња софтвера на напредну варијанту	30	N/A	> 60
Одржавање	60	24	> 120



Слика 7-36 График примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама и поређење са резултатима развоја терминала за даљинско управљање паметним бројилима без примене ове методе

Табеле 7-2 [31] и 7-3 [31] и слика 7-37 приказују више детаља о све 24 верзије софтвера у периоду одржавања. Табела 7-2 наводи трајање и активност која се обављала за сваку верзију софтвера. Активности које се обављају током периода одржавања су исправка грешака, додавање нових функција и побољшање функционалности. Најдуже трајање развоја једне



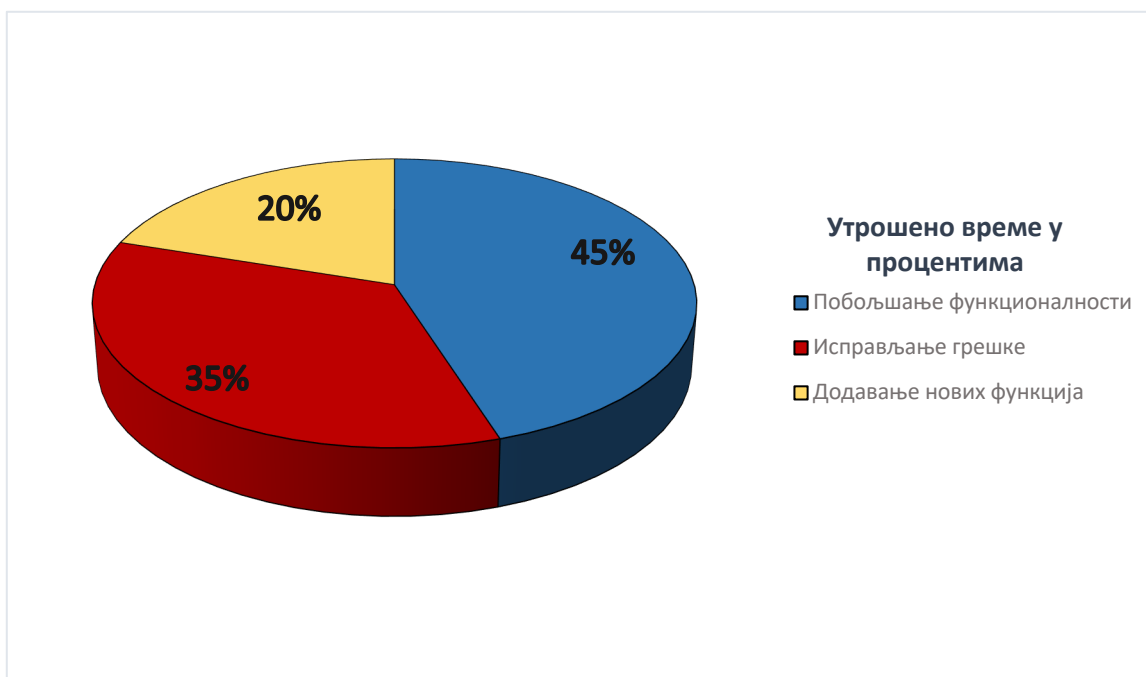
верзије софтвера било је 10 дана, а најкраће 1 дан. Табела 7-3 наводи укупан број произведених верзија софтвера и укупно време утрошено на сваку од наведених активности. Дакле, 45% времена је потрошено на побољшање функционалности, 35% времена је потрошено на исправљање грешака, а 20% времена је потрошено на додавање нових функција. Стога је највише времена утрошено на побољшање функционалности, а најмање на додавање нових функција. То показује да, колико год времена утрошило на прецизан опис производа, односно што прецизније дефинисање техничких захтева, нека побољшања се увек уочавају тек након реализације производа.

*Табела 7-2 Резултати примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама током периода одржавања за сваку верзију софтвера [31]*

Терминал за даљинско управљање фискалним касама		
Одржавање верзије	Период (дана)	Активност
Верзија 1	1	Побољшање функционалности
Верзија 2	4	Исправљање грешке
Верзија 3	7	Исправљање грешке
Верзија 4	8	Додавање нових функција
Верзија 5	1	Побољшање функционалности
Верзија 6	10	Побољшање функционалности
Верзија 7	2	Додавање нових функција
Верзија 8	5	Побољшање функционалности
Верзија 9	2	Исправљање грешке
Верзија 10	1	Побољшање функционалности
Верзија 11	1	Исправљање грешке
Верзија 12	1	Побољшање функционалности
Верзија 13	2	Побољшање функционалности
Верзија 14	1	Исправљање грешке
Верзија 15	3	Побољшање функционалности
Верзија 16	1	Побољшање функционалности
Верзија 17	1	Исправљање грешке
Верзија 18	1	Исправљање грешке
Верзија 19	1	Додавање нових функција
Верзија 20	1	Исправљање грешке
Верзија 21	3	Исправљање грешке
Верзија 22	1	Побољшање функционалности
Верзија 23	1	Додавање нових функција
Верзија 24	1	Побољшање функционалности

*Табела 7-3 Резултати примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама у периоду одржавања – укупно [31]*

МД Терминал за даљинско управљање фискалним касама			
Активност	Верзије софтвера	Период укупно	
	Број	Дана	Процент
Побољшање функционалности	11	27	45%
Исправљање грешке	9	21	35%
Додавање нових функција	4	12	20%



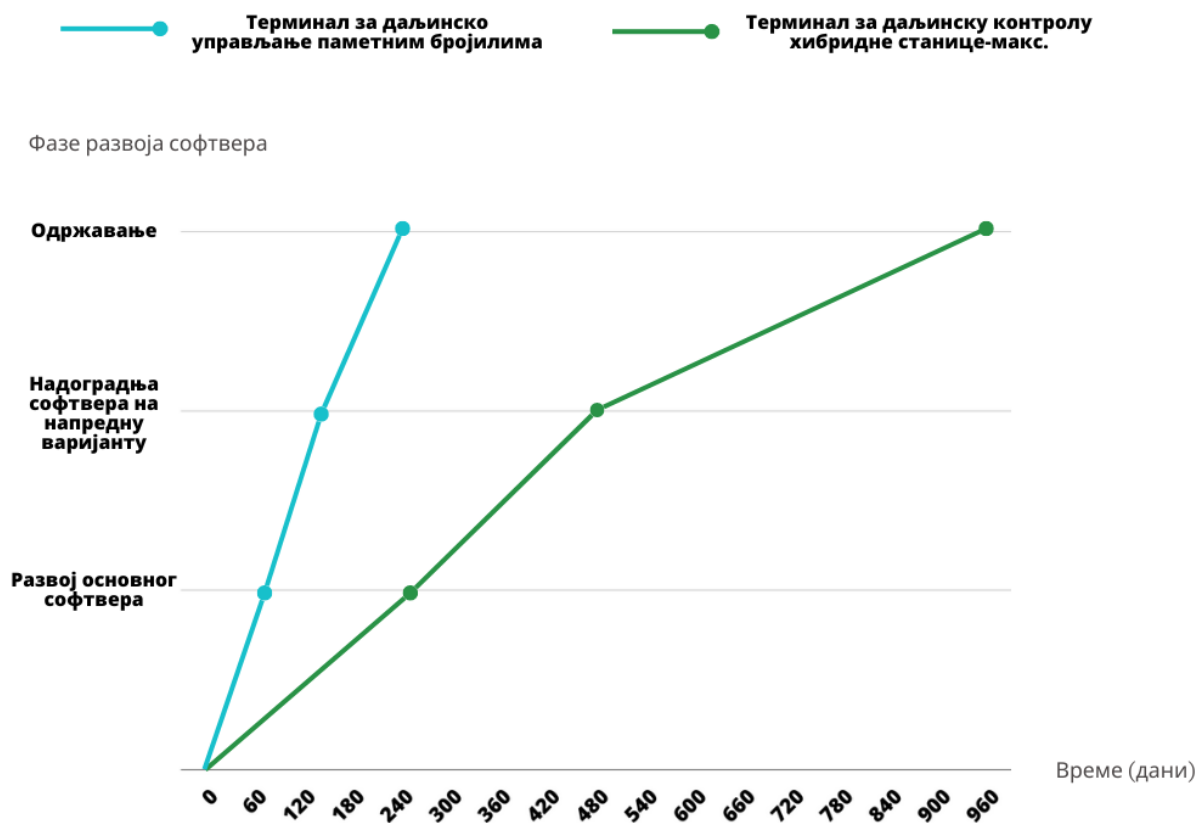
Слика 7-37 График примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање фискалним касама у периоду одржавања – укупно

Ови експериментални резултати јасно потврђују важност примене методе МД развоја у развоју софтвера. Овај пример истиче главну особину ове методе, која се огледа у томе што значајно скраћује време потребно за накнадне промене софтвера и време потребно за исправљање грешака.

У табели 7-4 [31] и слици 7-38 приказана је симулација, односно предвиђање максималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, без примене методе МД развоја. Почетна претпоставка је да развој и одржавање сваког појединачног терминала од терминала за даљинско управљање паметним батеријама, фискалним касама и EV пуњачима не захтева више времена од времена утрошеног на развој и одржавање терминала за даљинско управљање паметним бројилима. Надаље, узето је у обзир да терминал за даљинску контролу станице комбинује функционалности ова четири терминала. На основу ове претпоставке и наведене чињенице, закључено је да израда терминала за даљинску контролу станице неће трајати дуже од четири пута времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинско управљање фискалном касом.

Табела 7-4 Резултати симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-максимално време

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
Терминал за даљинско управљање паметним бројилима	60	60	120
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - макс	240	240	480

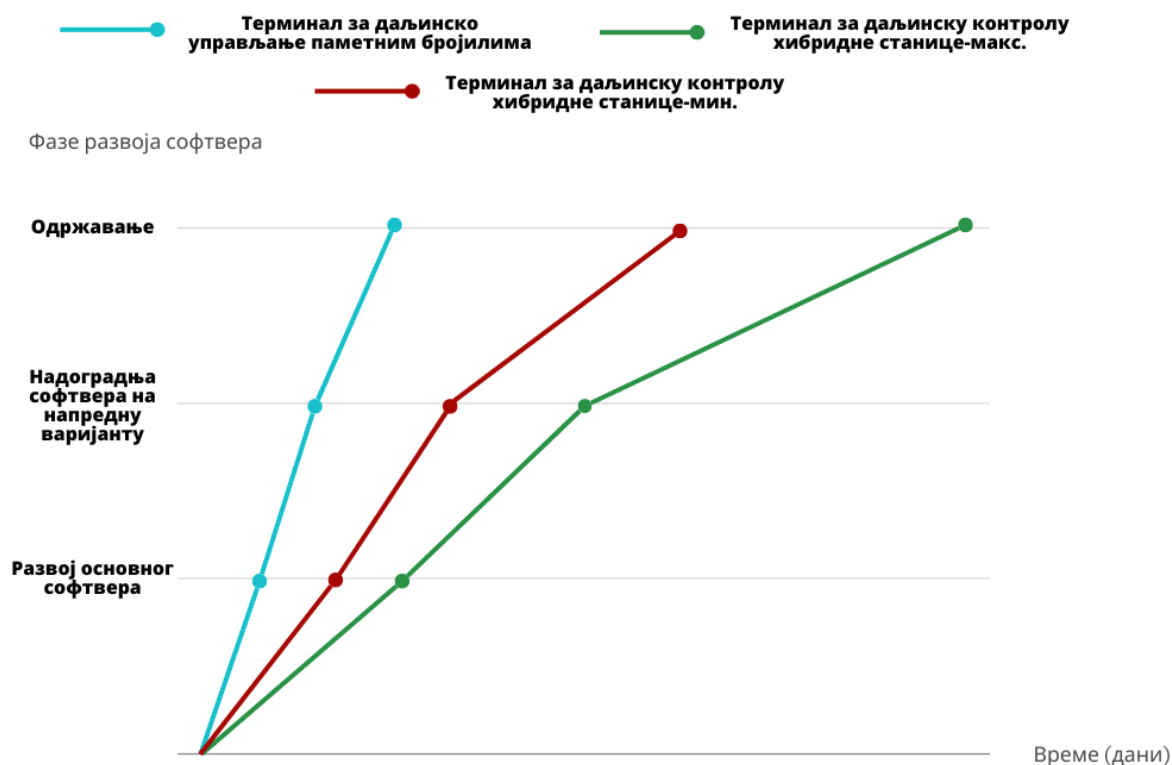


Слика 7-38 График симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-максимално време

У табели 7-5 и слици 7-39 приказана је симулација, односно предвиђање минималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, без примене методе МД развоја. Прва претпоставка је да су протоколи комуникације исти за сва четири терминала. Друга претпоставка је да развој и одржавање сваког појединачног терминала од терминала за даљинско управљање паметним батеријама, фискалним касама и EV пуњачима захтева мање времена од времена утрошеног на развој и одржавање терминала за даљинско управљање паметним батеријама, из разлога што се за сваки од њих може користити исти програмски код који је коришћен за развој и одржавање терминала за даљинско управљање паметним батеријама. Због сличности ових терминала, тај код би се практично копирао за сваки нови појединачни терминал, уз неопходне измене параметара који се читавају и/или мењају. Стога, искуствено на основу наведених реализација, можемо предвидети да би за развој и одржавање софтвера за сваки нови појединачни терминал било потребно минимално 50% времена потрошеног за развој и одржавање терминала за даљинско управљање паметним бројилима. То значи да би за додавање програмског кода за три нова појединачна терминала, додатно било потребно 150% времена потребног за развој и одржавање софтвера терминала за даљинско управљање паметним бројилима. Дакле, укупно за развој и одржавање софтвера терминала за даљинско управљање хибридном станицом минимално би било потребно 250% времена потребног за развој и одржавање софтвера терминала за даљинско управљање паметним бројилима.

Табела 7-5 Резултати симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-минимално време

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
Терминал за даљинско управљање паметним бројилима	60	60	120
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - макс	240	240	480
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - мин	150	150	300

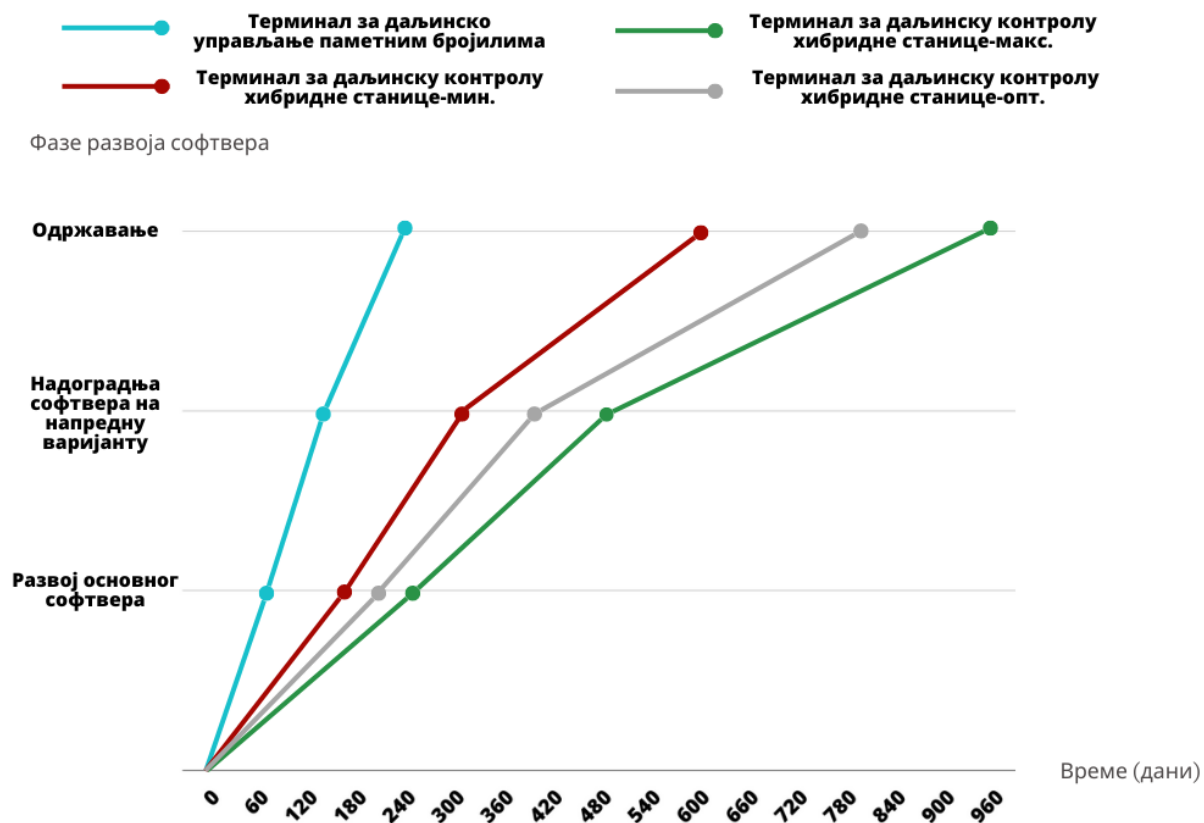


Слика 7-39 График симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-минимално време

У табели 7-6 и слици 7-40 приказана је симулација, односно предвиђање оптималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, без примене методе МД развоја. У односу на минимално време потребно за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице, још је неопходно да предвидимо да је поред писања програмског кода потребно и додатно време за спајање ова четири програмска кода, као и додатне модификације приликом компајлирања и спуштања и прилагођавања за одговарајући хардвер. Такође, потребно је да предвидимо и додатно време за измене програмског кода због различитости протокола сваког од четири наведена терминала. На крају, искуство у реализацији наведених терминала и генерално било којих других уређаја, показује да постоји и фактор утицаја искуства и увежбаности програмера, прецизност пројектног задатка, мењања пројектних захтева током израде програмског кода и других ванредних околности. Стога неко реално, односно оптимално време потребно за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила можемо предвидети као аритметичку средину максималног и минималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила.

Табела 7-6 Резултати симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-оптимално време

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
Терминал за даљинско управљање паметним бројилима	60	60	120
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - макс	240	240	480
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - мин	150	150	300
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - опт	195	195	390

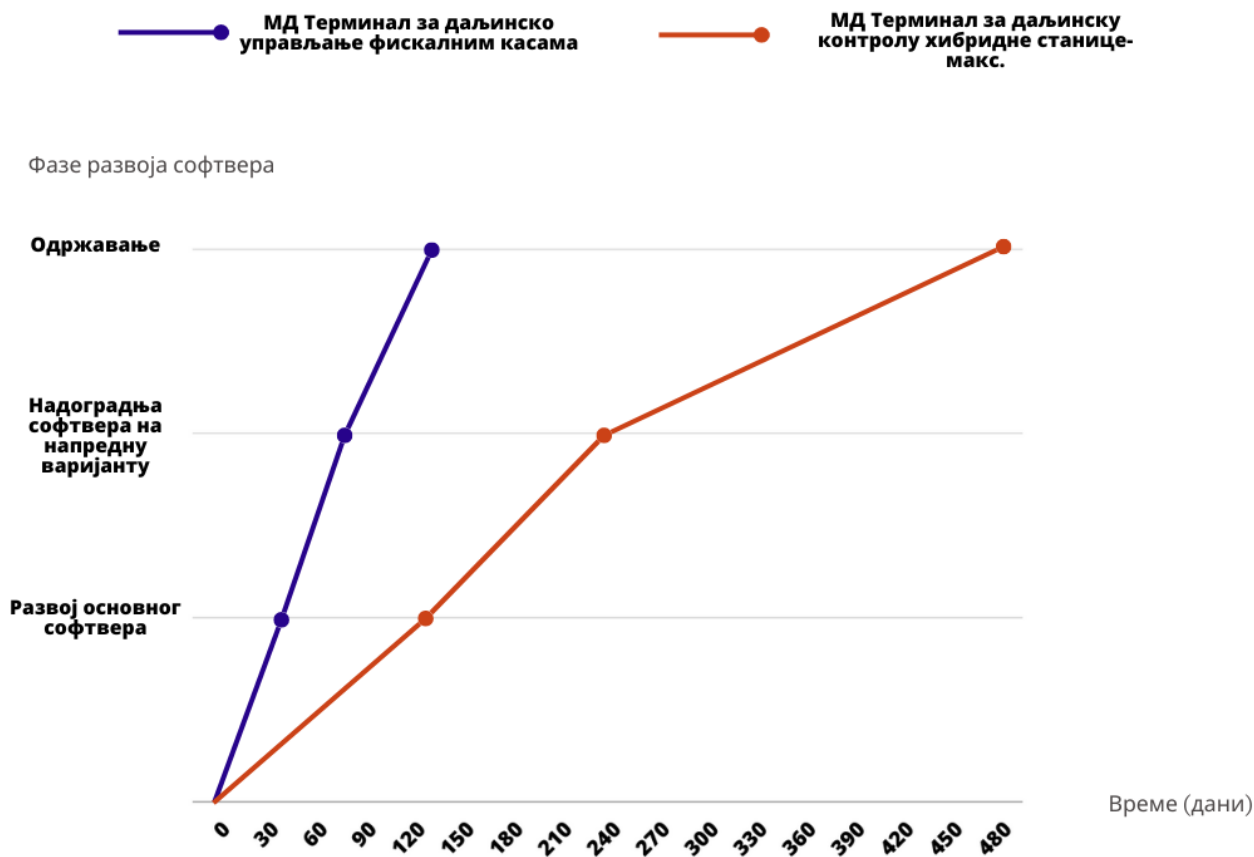


Слика 7-40 График симулације развоја терминала за даљинску контролу хибридне станице без примене МД методе-оптимално време

У табели 7-7 и слици 7-41 приказана је симулација, односно предвиђање максималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, коришћењем методе МД развоја. Почетна претпоставка је да развој и одржавање сваког појединачног терминала од терминала за даљинско управљање паметном батеријом, паметног бројила и EV пуњача не захтева више времена од времена утрошеног на развој и одржавање терминала за даљинско управљање фискалним касама. Надаље, узето је у обзир да терминал за даљинску контролу станице комбинује функционалности ова четири терминала. На основу ове претпоставке и наведене чињенице, закључено је да израда терминала за даљинску контролу станице коришћењем методе МД развоја неће трајати дуже од четири пута времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинско управљање фискалном касом.

Табела 7-7 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – максимално време [31]

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
МД Терминал за даљинско управљање фискалним касама	30	30	60
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - макс	120	120	240



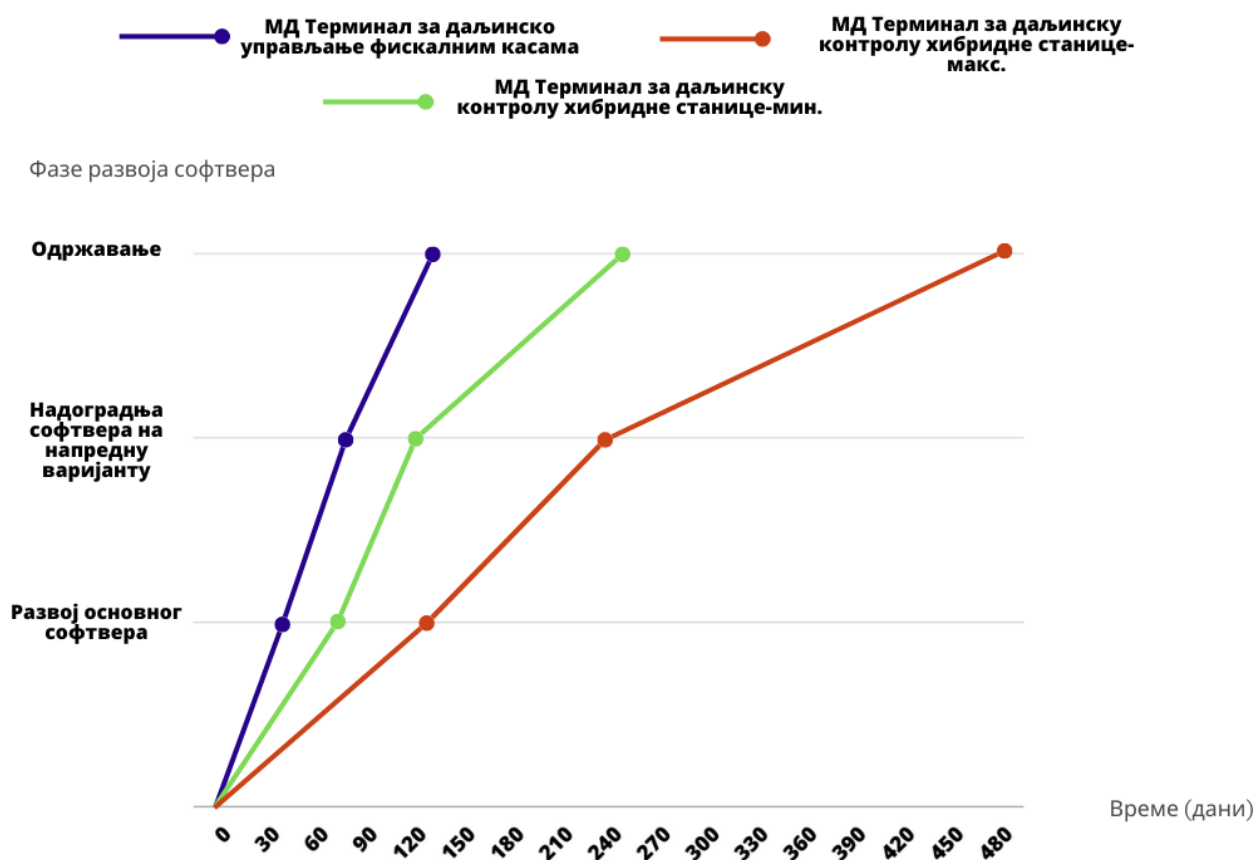
Слика 7-41 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – максимално време

У табели 7-8 и слици 7-42 приказана је симулација, односно предвиђање минималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, коришћењем методе МД развоја. Прва претпоставка је да су протоколи комуникације исти за сва четири терминала. Друга претпоставка је да развој и одржавање сваког појединачног терминала од терминала за даљинско управљање паметним батеријама, паметним бројилима и EV пуњачима захтева мање времена од времена утрошеног на развој и одржавање терминала за даљинско управљање фискалним касама, из разлога што се за сваки од њих може користити исти програмски код који је коришћен за развој и одржавање терминала за даљинско управљање фискалним касама. Због сличности ових терминала, тај код би се практично копирао за сваки нови појединачни терминал, уз неопходне измене параметара који се читавају и/или мењају. Стога, искуствено на основу наведених реализација, можемо предвидети да би за развој и одржавање софтвера за сваки нови појединачни терминал коришћењем методе МД развоја било потребно минимално шест пута мање времена потрошеног за развој и одржавање терминала за даљинско управљање паметним бројилима. То значи да би за додавање програмског кода за три нова појединачна терминала,

додатно било потребно 50% времена потребног за развој и одржавање софтвера терминала за даљинско управљање фискалним касама. Дакле, укупно за развој и одржавање софтвера терминала за даљинско управљање хибридном станицом коришћењем методе МД развоја минимално би било потребно 150% времена потребног за развој и одржавање софтвера терминала за даљинско управљање фискалним касама.

Табела 7-8 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – минимално време

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
МД Терминал за даљинско управљање фискалним касама	30	30	60
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - макс	120	120	240
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - мин	45	45	90



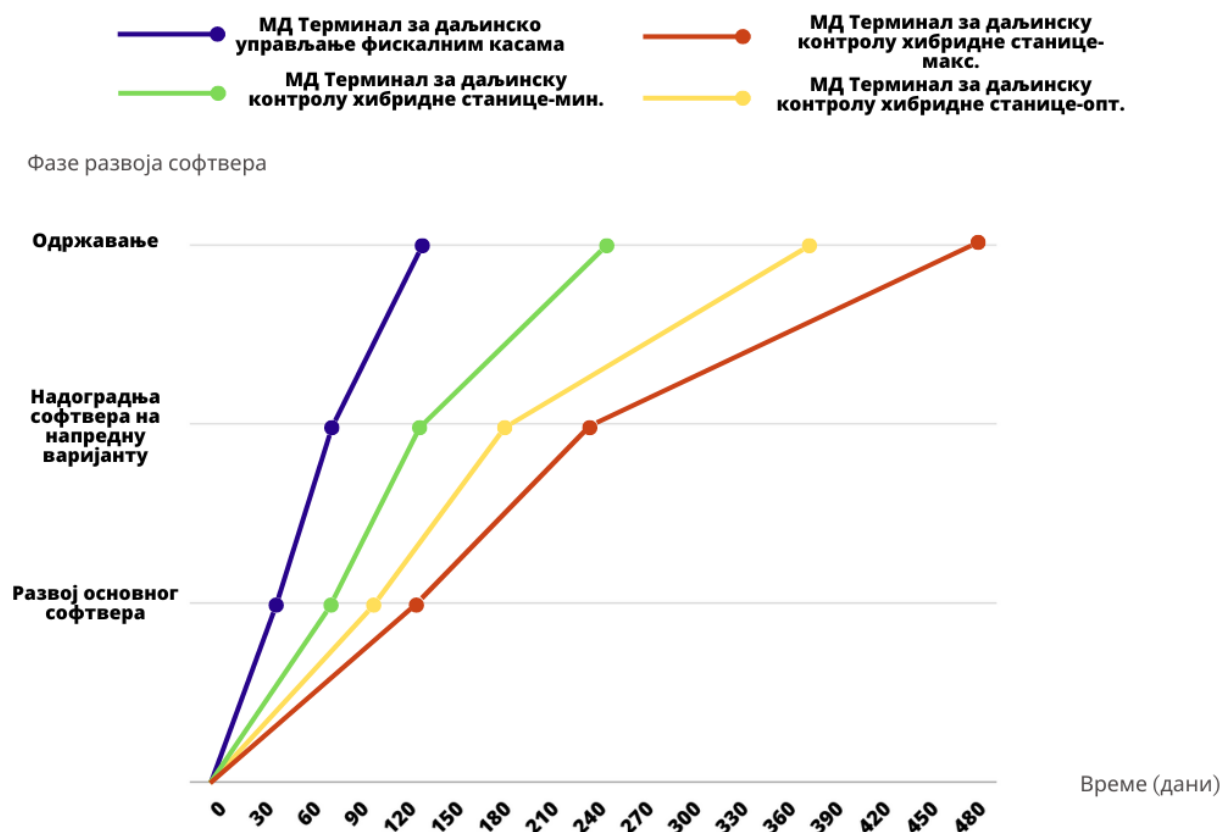
Слика 7-42 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – минимално време

У табели 7-9 и слици 7-43 приказана је симулација, односно предвиђање оптималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, коришћењем методе МД развоја. У односу на минимално време потребно за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице, још је неопходно да предвидимо да је поред писања програмског кода потребно и додатно време за спајање ова четири програмска кода, као и додатне модификације приликом компајлирања и спуштања и прилагођавања за одговарајући хардвер. Такође, потребно је да предвидимо и додатно време за измене програмског кода због различитости протокола сваког

од четири наведена терминала. На крају, искуство у реализацији наведених терминала и генерално било којих других уређаја, показује да постоји и фактор утицаја искуства и увежбаности програмера, прецизност пројектног задатка, мењања пројектних захтева током израде програмског кода и других ванредних околности. Стога неко реално, односно оптимално време потребно за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила коришћењем методе МД развоја можемо предвидети као аритметичку средину максималног и минималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила коришћењем методе МД развоја.

Табела 7-9 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – оптимално време

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
МД Терминал за даљинско управљање фискалним касама	30	30	60
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - макс	120	120	240
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - мин	45	45	90
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - опт	82,5	82,5	165



Слика 7-43 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице – оптимално време

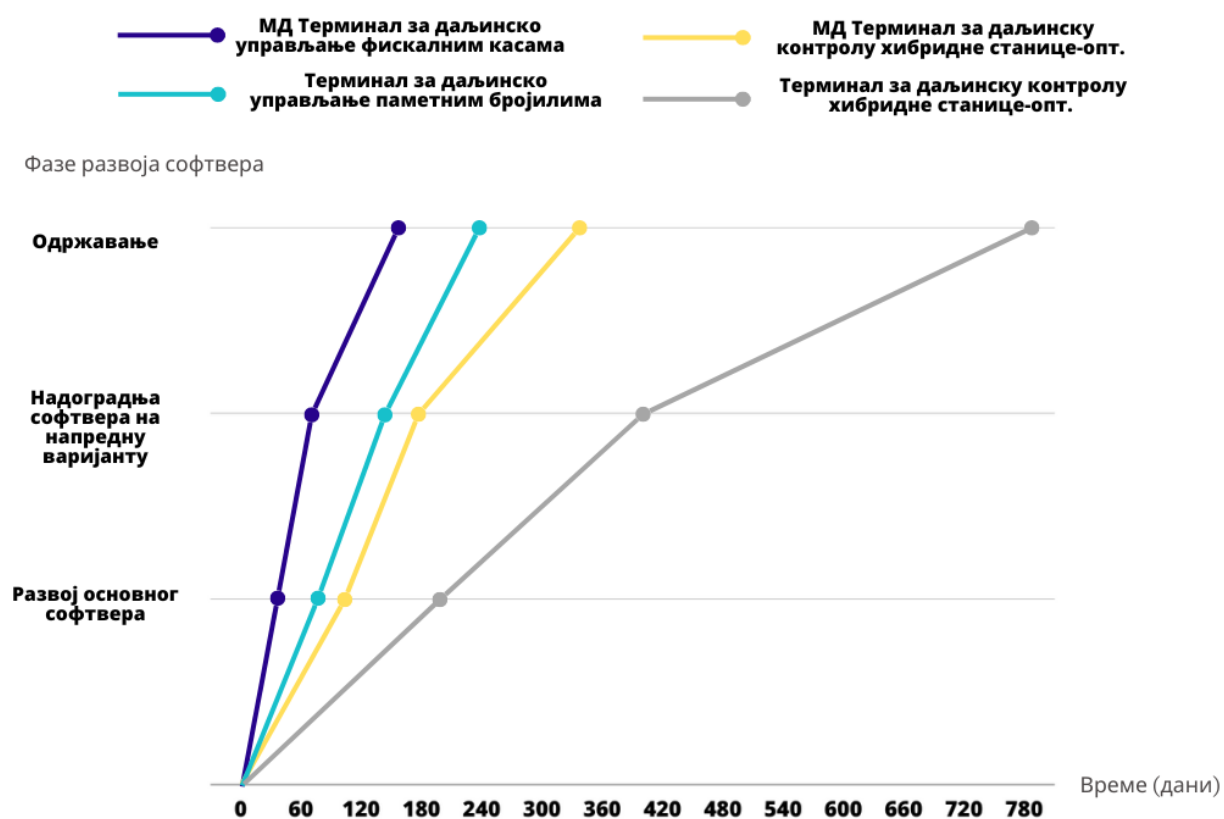
На крају, у табели 7-10 и слици 7-44 приказана је симулација оптималног времена потребног за развој и одржавање терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила, коришћењем методе МД развоја, и поређење симулацијом оптималног



времена потребног за развој таквог терминала без примене ове методе. Можемо видети оптимално време коришћењем ове методе 2,36 пута мање од оптималног времена без примене ове методе. Дакле, поред тога што ови симулациони резултати потврђују значај примене МД методе у развоју софтвера, они приказују да у случајевима када се више сличних софтвера комбинују у један програмски код, МД метода доноси додатно скраћење времена.

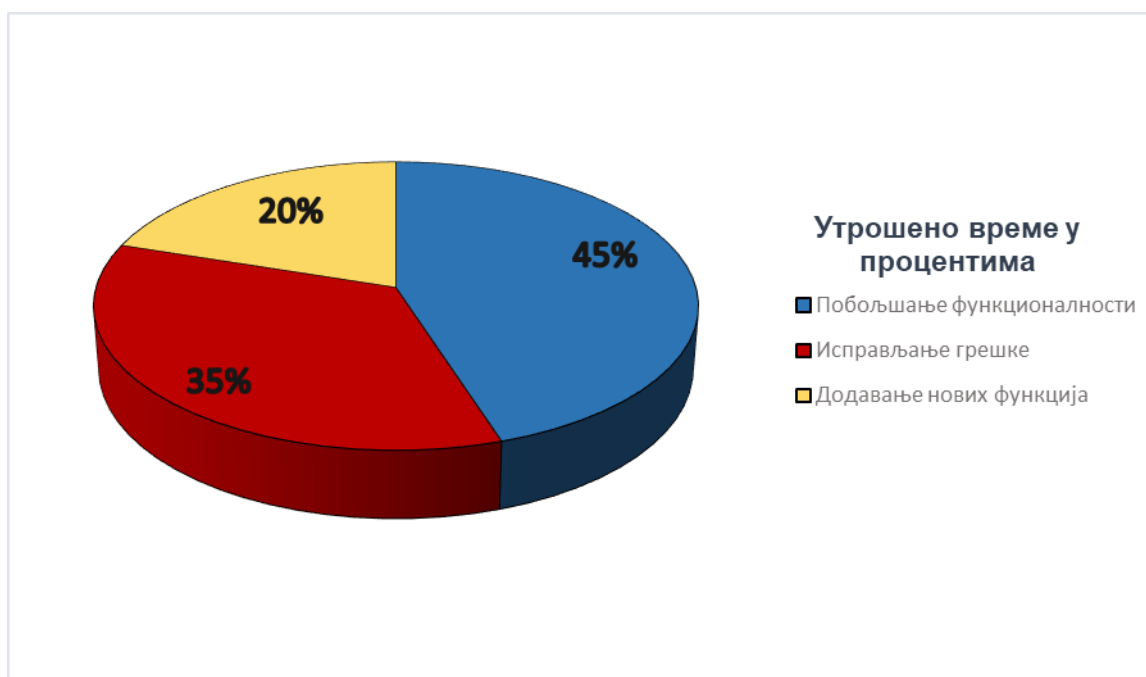
Табела 7-10 Резултати симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице и поређење са резултатима развоја таквог терминала без примене ове методе-оптимално време

Активност	Развој основног софтвера	Надоградња софтвера за напредну варијанту	Одржавање
	Период (дана)	Период (дана)	Период (дана)
МД Терминал за даљинско управљање фискалним касама	30	30	60
Терминал за даљинско управљање паметним бројилима	60	60	120
МД Терминал за даљинску контролу хибридне станице - опт	82,5	82,5	165
Терминал за даљинску контролу хибридне станице - опт	195	195	390



Слика 7-44 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинску контролу хибридне станице и поређење са резултатима развоја таквог терминала без примене ове методе-оптимално време

У погледу периода одржавања и времена које ће бити потрошено на активности исправке грешака, додавања нових функција и побољшања функционалности, код терминала за даљинску контролу хибридне станице коришћењем методе МД развоја, можемо предвидети да ће однос времена која би била утрошена на сваку од ових активности бити једнак односу времена која су утрошена на сваку од ових активности код терминала за даљинско управљање фискалним касама, коришћењем методе МД развоја. То можемо закључити због велике сличности између ова два терминала. То је приказано на слици 7-45.



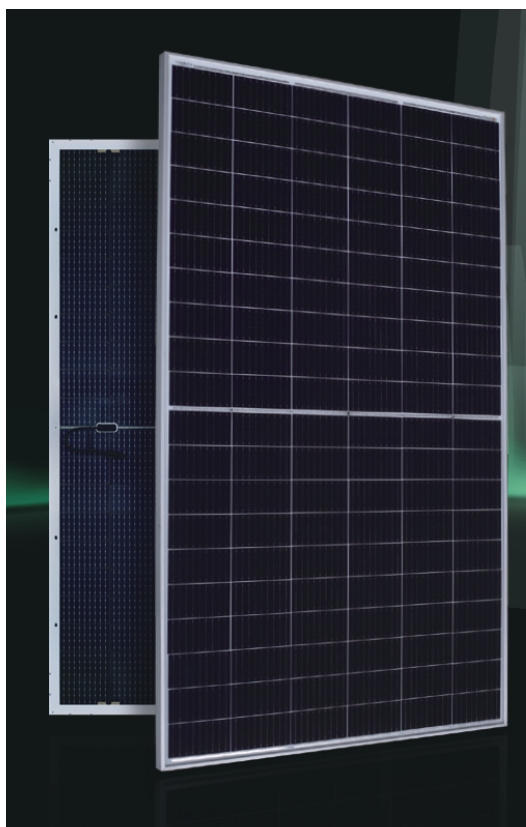
*Слика 7-45 График симулације примене методе МД развоја на терминал за даљинско управљање хибридном станицом у периоду одржавања – укупно*

Што се тиче скалабилности терминала, закључак да је за повећање броја уређаја којима се жели управљати даљински преко терминала, довољно повећати процесорску моћ и капацитет меморије терминала. То потврђује искуство са Standard и Extended терминалом за даљинско управљање паметним бројилима, где је са повећањем EEPROM и SRAM меморије, незнатним повећањем снаге процесора и повећањем програмабилне логике, повећан број уређаја којима терминал може даљински да управља са 32 на 1.000.

У погледу безбедности комуникације, података и уопште уређаја закључак је да систем лозинки у комбинацији са енкрипцијом података обезбеђује довољан степен заштите. То потврђује искуство са коришћењем DLMS/COSEM протокола за даљинско управљање паметним бројилима, који поред система лозинки додатно обезбеђује два нивоа енкрипције (нижи и виши). За сада није евидентиран било какав проблем безбедности у вези са коришћењем овог протокола, иако се он користи масовно у целом свету.

Даље је извршена симулација рада станице која је описана у поглављу 3 уз помоћ Хомер софтвера [82, 83]. Хомер симулира рад хибридне микромреже током целе године, у временским корацима од једног минута до једног сата. Симулација се ради за комбинацију опреме која је узета у разматрање, а која је описана у тексту ниже.

За потребе симулације одабрани су монокристални соларни панели типа AE370MC-120BD чија је номинална снага 370 W. Тридесет панела је повезано тако да заједно могу да произведу енергију снаге 11,1 kW. Изглед једног панела је дат на Слици 7-46 [84].



*Слика 7-46 Монокристални соларни панели [84]*

На Слици 7-47 [85] дат је изглед бидирекционог претварача, односно трофазног хибридног инвертора који је коришћен у овој симулацији. Инвертор је типа GW8K-ET максималне улазне снаге 9,6 kW и максималне излазне струје 13,5 A.



*Слика 7-47 Трофазни хибридни инвертор [85]*

У симулацији је коришћено 27 батеријских ћелија типа GPDG200-12 (Слика 7-48 [86]) номиналног напона 12 V и номиналног капацитета 200 Ah. Батеријске ћелије су повезане редно тако да је укупан номинални напон тако формиране батерије 324 V са укупним номиналним капацитетом од 64,8 kWh.



*Слика 7-48 Батерија [86]*

Пуњачи електричних возила који су коришћени у симулацији су типа 1, TAC-W4-S-0, који је монофазни, снаге 3 kW и максималне струје 16 A и типа 2, TAC-W22-S-RD-MC-0, који је трофазни, укупне снаге 24 kW и максималне фазне струје 32 A приказани су на Слици 7-49 [87]. Пуњач типа 1 је у симулацији дефинисан као неодложиво оптерећење које се користи у фиксно време, радним данима од 16h до 24h, суботом од 12h до 20h и недељом од 9h до 17h. Пуњач типа два је дефинисан као одложиво оптерећење чије активирање терминал може да помера у току дана, и чију снагу терминал може да подешава у интервалу између 10 kW и 20 kW.

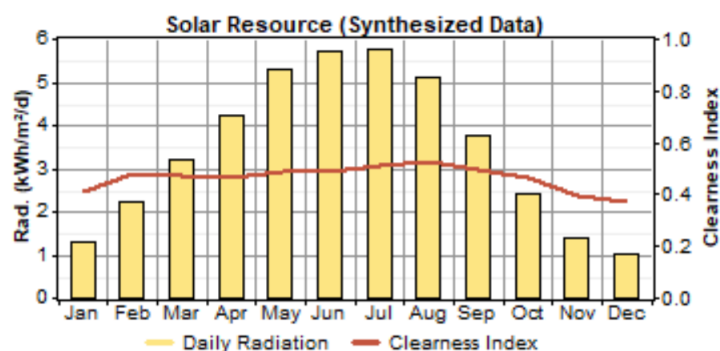


*Слика 7-49 Пуњач електричних возила [87]*

На бази унете географске ширине и географске дужине софтвер Хомер из базе података повлачи индекс прегледности (Clearness index) и просечну радијацију (Daily Radiation) за дату локацију. Ове вредности, које се користе у симулацији за предметну локацију у Србији су дате у Табели 7-11 и на Слици 7-50.

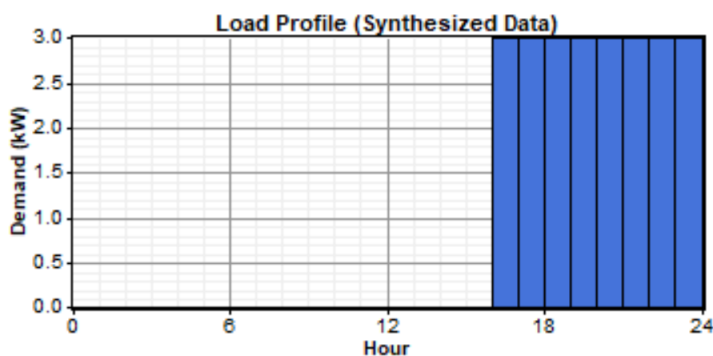
Табела 7-11 Соларни ресурси

Месец	Индекс прегледности	Просечна радијација
		(kWh/m <sup>2</sup> /дан)
Јан	0.410	1.310
Феб	0.482	2.240
Мар	0.473	3.220
Апр	0.466	4.250
Мај	0.487	5.280
Јун	0.492	5.700
Јул	0.515	5.770
Ауг	0.525	5.120
Сеп	0.498	3.780
Окт	0.463	2.440
Нов	0.393	1.380
Дец	0.375	1.040



Слика 7-50 Соларни ресурс (синтетизовани подаци)

Слика 7-51 приказује профил оптерећења (Load Profile) по сатима (Hour) за пуњач типа 1 чије је оптерећење (Demand) неодложиво, за радни дан.

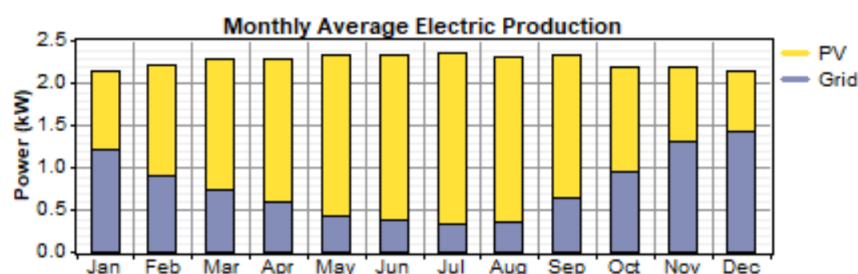


Слика 7-51 Профил оптерећења

У Табели 7-12 приказана је расподела коришћења електричне енергије из сопствене производње и коришћења енергије из електродистрибутивне мреже, а на Слици 7-52 је приказан преглед средњих вредности коришћења енергије из сопствене производње и мреже по месецима (Monthly Average Electric Production).

Табела 7-12 Компоненте коришћене енергије

Компоненте	Производња	Процент
	(kWh/год.)	
Сопствена производња (PV)	13.013	66%
Набавка из мреже	6.777	34%
Укупно	19.789	100%



Слика 7-52 Преглед месечне средње вредности коришћења енергије

Из Табеле 7-13 видимо који проценат потрошње је ангажован на неодложиво оптерећење, који проценат на одложиво и колико енергије је предато у дистрибутивну мрежу.

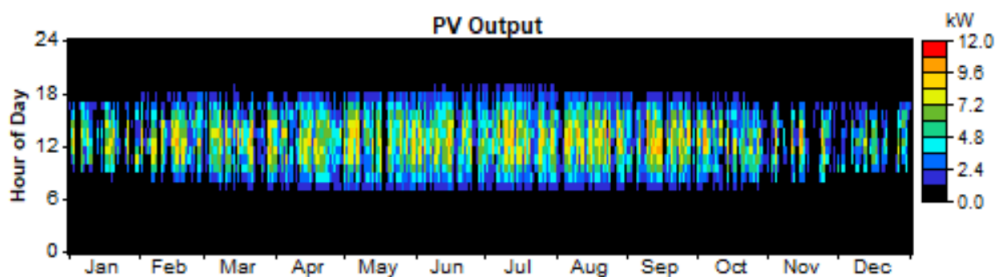
Табела 7-13 Компоненте потрошње

Оптерећење	Потрошња	Процент
	(kWh/год.)	
Неодложива оптерећења	8760	50%
Одложива оптерећења	8747	49%
Продаја у мрежу	165	1%
Укупно	17672	100%

Табела 7-14 приказује капацитет фотонапонских панела, као и сате рада и укупну производњу електричне енергије на нивоу године, а на Слици 7-53 су детаљније приказане излазне вредности снаге фотонапонских панела (PV Output) по месецима и периодима дана (Hour of Day) у ком су били активни.

Табела 7-14 Фотонапонски панели

Величина	Вредност	Јединица
Номинални капацитет	11,1	kW
Укупна производња	13013	kWh/год.
Минимални износ	0,0	kW
Максимални износ	10,5	kW
Сати рада	4389	часова/год.

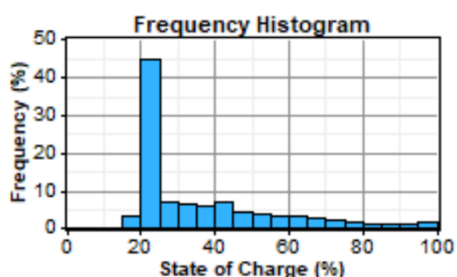


Слика 7-53 Излазне вредности снаге фотонапонских панела

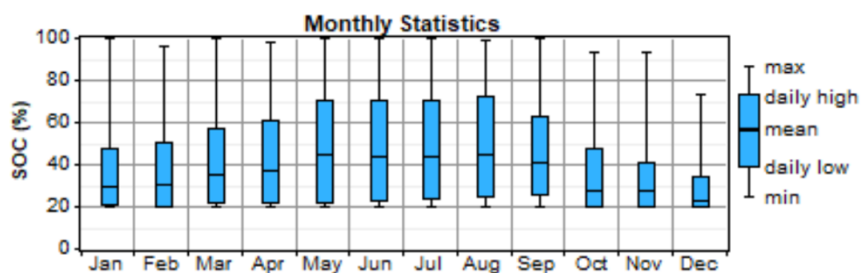
Табела 7-15 приказује карактеристике батерије која је састављена од батеријских ћелија, а која је коришћена у симулацији. На Сликама 7-54, 7-55 и 7-56 приказани су хистограм учестаности (Frequency Histogram) процента напуњености батерије, статистика (Monthly Statistics) напуњености батерије (SOC – State of Charge) по месецима и стање напуњености (Battery Bank State of Charge) батерије по месецима и периодима дана (Hour of Day).

Табела 7-15 Карактеристике батерије

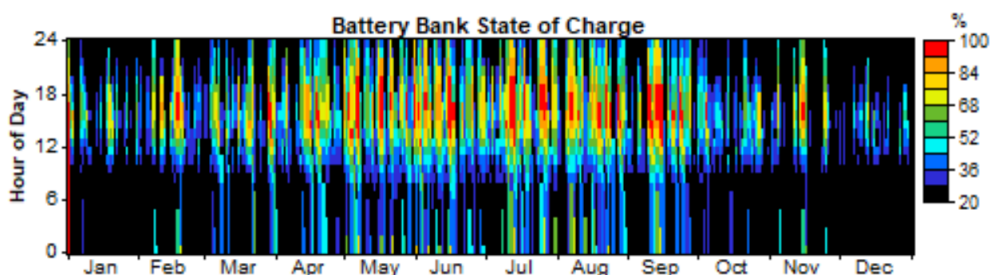
Величина	Вредност	Јединица
Величина низа	27	
Низови у паралели	1	
Батерија	27	
Напон	324	V
Номинални капацитет	64,8	kWh
Коришћење номиналног капацитета	51,8	kWh
Аутономија	25,9	часова
Пропусност животног века	24.759	kWh
Улазна енергија	9.426	kWh/год.
Излазна енергија	7.586	kWh/год.
Трошење батерије	51,8	kWh/год.
Губици	1.788	kWh/год.
Годишња пропусност	8.481	kWh/год.
Очекивани животног век	2,92	год.



Слика 7-54 Хистограм фреквенције



Слика 7-55 Месечна статистика напуњености батерије

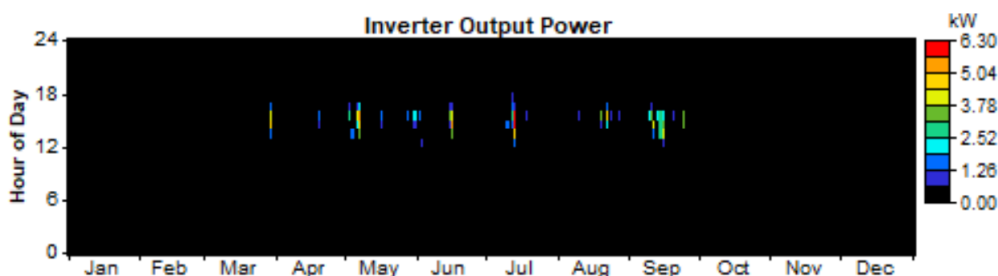


Слика 7-56 Стање пуњења батерије

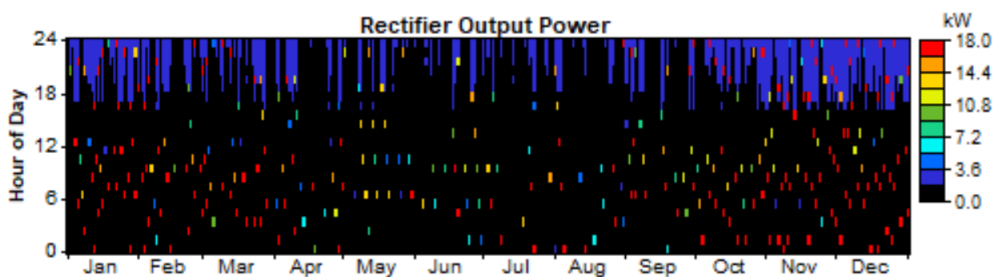
Из Табеле 7-16 видимо статистику рада трофазног хибридног инвертора, Слика 7-57 приказује излазну снагу инвертора (Inverter Output Power), односно снагу електричне енергије која се предаје у електродистрибутивну мрежу, а Слика 7-58 излазну снагу исправљача (Rectifier Output Power), односно снагу електричне енергије која преузима из електродистрибутивне мреже по месецима и периодима дана.

Табела 7-16 Статистика рада трофазног хибридног инвертора

Величина	Инвертор	Исправљач	Јединица
Капацитет	10,0	20,0	kW
Оперативни сати	87	1529	часова/год.
Улазна енергија	172	6777	kWh/год.
Излазна енергија	165	6506	kWh/год.
Губици	7	271	kWh/год.



Слика 7-57 Излазна снага инвертора



Слика 7-58 Излазна снага исправљача



У Табелама 7-17, 7-18 и 7-19 приказане су количине енергије које су преузете из мреже и предате у мрежу по месецима и укупно за дневну и ноћну тарифу, као и укупне количине енергије које су из преузете и предате у мрежу.

*Табела 7-17 Мрежа – дневна тарифа*

Месец	Купљена енергија	Продата енергија	Нето набавка
	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Јан	718	1	717
Феб	470	0	470
Мар	384	13	370
Апр	287	3	283
Мај	252	37	215
Јун	206	22	185
Јул	163	30	134
Ауг	178	18	160
Сеп	337	42	295
Окт	515	0	515
Нов	748	0	748
Дец	828	0	828
Годишњи	5.086	165	4.921

*Табела 7-18 Мрежа – ноћна тарифа*

Месец	Купљена енергија	Продата енергија	Нето набавка
	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Јан	185	0	185
Феб	132	0	132
Мар	162	0	162
Апр	150	0	150
Мај	74	0	74
Јун	65	0	65
Јул	87	0	87
Ауг	90	0	90
Сеп	118	0	118
Окт	192	0	192
Нов	198	0	198
Дец	238	0	238
Годишњи	1691	0	1691

Табела 7-19 Мрежа - укупно

Месец	Купљена енергија	Продата енергија	Нето набавка
	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Јан	903	1	902
Феб	601	0	601
Мар	546	13	533
Апр	437	3	434
Мај	325	37	289
Јун	271	22	250
Јул	250	30	221
Ауг	268	18	250
Сеп	456	42	413
Окт	707	0	707
Нов	946	0	946
Дец	1066	0	1066
Годишњи	6777	165	6612

Симулација показује да је терминал управљао енергијом у предметној резиденцијалној хибридној станици за пуњење електричне енергије на начин да је обезбедио да се енергија произведена из сопствених ресурса (соларни панели) максимално користи за сопствене потребе, односно минимално предаје у мрежу. Од произведених 13013 kWh (табела 7-12), свега 165 kWh (табела 7-13) је предато мрежи, док је све преостало, односно скоро 99% произведене енергије, потрошено за сопствене сврхе. Овакав начин управљања је од великог интереса у станицама које не добијају надокнаду за предату енергију у електродистрибутивну мрежу, или добијају неки минималан, значајно нижи износ од цене која се плаћа за преузету енергију. Ово је случај у многим земљама, јер електродистрибутивна предузећа, односно снабдевачи већином нису заинтересована да плаћају преузету енергију из приватних соларних електрана.

Да резиденцијална станица није имала инсталиране терминал и батерију, сва излазна енергија батерије у износу од 7586 (табела 7-15) би била предата електродистрибутивној мрежи. Додавањем 165 kWh на ову вредност, добијамо да би укупно 7751 kWh, од произведених 13013 kWh, било предато мрежи. Толико енергије би додатно било преузето из мреже, док би само 5262 kWh, односно 40% произведене енергије из сопствених извора, било потрошено за сопствене потребе. Цена електричне енергије се у последње време кретала у интервалу од 100 до 300 EUR/MWh. Ако рачунамо да је просечна цена електричне енергије 200 EUR/MWh, то значи да би у режиму рада без терминал и батерије, власник станице за трошкове преузете електричне енергије морао додатно да плати 1550 EUR годишње.

Ово показује корисност примене терминала у овој основној ситуацији. Треба напоменути да терминал доноси још веће уштеде, односно још веће приходе у напредном режиму у којем се користи за трговину електричном енергијом. Тад терминал прати цену електричне енергије на берзи, која се мења из сата у сат, и предаје енергију мрежи када је цена висока, односно преузима енергију из мреже када је цена ниска. Наравно у припреми за овакво реаговање, терминал користи прогнозу кретања цене на берзи електричне енергије, прогнозу количине електричне енергије која ће се произвести из сопствених обновљивих извора, као и прогнозу потреба за потрошњом, које се добијају применом техника вештачке интелигенције.

## 8 Закључак

У овој докторској дисертацији је разматрана реализација терминала за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила. Прво је приказана архитектура комплетног система за даљинско управљање станице. Приказано је и да се тај систем састоји од четири подсистема: подсистем за даљинско управљање пуњачима електричних возила, подсистем за даљинско управљање фискалним касама, подсистем за даљинско управљање паметним бројилима електричне енергије и подсистем за управљање паметним батеријама. Показано је да се сваки од ових подсистема састоји од три компоненте: информационог система односно софтверске платформе за даљинско управљање, терминала за даљинску контролу и крајњег мерно-извршног уређаја (паметно бројило или фискална каса или паметна батерија или пуњач електричних возила). Дат је преглед пуњача, обновљивих извора и батерија. Станице за пуњење електричних возила су разврстане у три категорије: резиденцијалне, комерцијалне и индустријске. Показано је да централни део тог система може да буде један уређај — терминал са обједињеном контролом пуњача, паметног бројила и фискалне касе, паметне батерије и обновљивих извора. Овај јединствени терминал може да замени четири одвојена терминала, који засебно омогућавају даљинско управљање поменутиим уређајима. Урађено је димензионисање резиденцијалне станице за пуњење електричних возила, и показано је да се са данашњим стањем технологије, иста може реализовати и врло једноставно уклопити у оквире једног просечног домаћинства.

Даље је разматрано увођење IoT у хибридну станицу за пуњење електричних возила. Показани су сви телекомуникациони аспекти система, и то како комуникације између терминала и периферних јединица (пуњачи електричних возила, паметне батерије, паметна бројила, фискалне касе итд.), тако и комуникације преко облака између терминала и одговарајућих информационих система (електродистрибуција, снабдевач енергије, Пореска управа, платформа за кориснике пуњача, власник итд.). За сваку комуникацију предложена су тренутно најпогоднија комуникациона решења. Дефинисане су и класе терминала у зависности од примене. Предложена је архитектура комуникационих протокола за Light класу терминала. Закључено је, да је за увођење IoT у хибридну станицу за пуњење електричних возила, за Light и Standard терминал најпогодније применити и проширити DLMS/COSEM протокол, док је за реализацију протокола комуникације између smart city платформе и Extended терминала најпогодније стандардизовати веб сервисе преко HTTP протокола.

Анализом потражње, најпре уопштено, а затим и конкретно примењено на хибридну станицу за пуњење електричних возила, утврђено је да се станица може сврстати у комерцијални сектор, и да може бити и мали и велики комерцијални купац. Утврђено је и да станица има и одложивих и подесивих оптерећења, да су од таквих оптерећења најзначајнији батерија и сама електрична возила, те да се самим тим у станици могу примењивати одговарајући програми одговора потражње у циљу оптималне потрошње електричне енергије, односно остварења уштеда и на страни купца, тј. власника станице, и на страни снабдевача електричне енергије, тј. снабдевача станице. За остварење најбољих резултата у овом погледу, прво је показано да је за режим рада у коме станица само преузима енергију из smart grid, кључно дефинисати и применити одговарајућу политику према власницима електричних возила на начин да се не наруши њихов комфор, а да се укупан број, максимална снага и временски тренутак пуњења возила прилагоде тренутној ситуацији у електроенергетском систему. Са свим овим у вези, закључено је да код ове станице, у овом тренутку, активни пакет услуга пружа највише простора за примену програма одговора потражње, односно омогућава остварење највише економских бенефита за власника станице. Затим је предложен контролер за управљање станицом на основу fuzzy логике. Управљање је реализовано на начин да се не угрожава електроенергетска стабилност у smart grid а остварују максимални бенефити за власника

станции. Овај контролер је узео у обзир и други могући режим рада станице, односно режим у коме станица испоручује енергију у smart grid, и он обезбеђује и да станица користи паметну батерију, електрична возила и/или обновљиви извор енергије за убацивање енергије у електроенергетски систем и тиме додатно доприноси одржавању стабилности истога.

Такође је разматрана примена вештачке интелигенције на терминал за даљинску контролу хибридне станице за пуњење електричних возила. Дат је преглед компоненти интелигенције које су досада истраживачи покушали да имплементирају у машинама. Посебно је приказана компонента машинско учење са класификацијом и методама које се користе. Потом је дат преглед примене вештачке интелигенције у области система за управљање енергијом у домаћинствима. Узевши у обзир одређене сличности оваквих система са системима за даљинско управљање станицама за пуњење електричних возила, које се напајају из обновљивих извора електричне енергије и/или електроенергетске мреже, закључено је да у овом тренутку на терминал за даљинско управљање оваквом станицом највише смисла има применити технику појачаног учења, и то тзв. методу Q-учења.

На крају је дата и описана блок шема хардвера терминала. Закључено је да се реализација хардвера терминала може базирати на микроконтролеру са одговарајућим меморијама, комуникационим портовима, тастерима, визуелним индикаторима, сатом реалног времена и адаптером напајања. Предложене су три могуће варијанте реализације хардвера и потребних драјвера, у зависности од сложености пројектних захтева за функционалности. За сваку од ове три варијанте је развијена и приказана електрична шема. На крају је дефинисан основни алгоритам рада софтвера терминала за традиционални, односно процесно оријентисан начин програмирања. Закључено је да се он може заснивати на почетној иницијализацији свих потребних регистара, променљивих, компоненти и процеса, и даљем извршавању бесконачне главне петље програма, у оквиру које се извршавају све неопходне обраде и процеси, уз повремено прекидање исте ради извршавања прекидних рутина. Даље је дат приказ комплетног софтвера терминала. Детаљно је и објашњена реализација врло сложених потпрограма за извршење процеса. Коришћен је МД развој, што омогућава примену објектно оријентисаног начина програмирања. За наменски (embedded) софтвер ово је врло напредна метода. Потенцијални проблем ове методе може бити недостатак меморије. С друге стране, ова метода омогућава много бржу и квалитетнију израду и одржавање софтвера уз задржавање контроле над брзином извршавања и потрошњом програмске и радне меморије.

У периоду дужем од двадесет година, аутор је радио и водио развој, истраживање и имплементацију многих производа из области даљинског управљања разним уређајима из области система паметних мерења, паметних градова, паметних кућа, паметне мреже и паметног управљања енергијом уопште. За ово време реализовани су паметна електрична бројила и терминали за даљинско управљање паметним бројилима у разним варијантама. Ови производи су сертификовани у признатим међународним лабораторијама и имплементирани широм света. Поред тога, реализовани су и терминали за даљинско управљање фискалним касама, информациони систем за даљинско управљање паметним бројилима, као и информациони систем за надзор и аутоматску контролу пуњења батерија. Ови производи су сертификовани у националним лабораторијама и имплементирани у Србији. Приказани су и анализирани наведени практични резултати и искуства. Приликом имплементације терминала за даљинску контролу фискалних каса, практична примена софтверског модела развијеног МД методом је дала задовољавајуће резултате. Добијени су много бољи резултати у односу на терминале развијене без примене МД методе. Примена DLMS/COSEM протокола у пракси је такође дала задовољавајуће резултате, посебно гледано у погледу безбедности комуникације, података и терминала уопште. У погледу скалабилности, практичне реализације свих ових терминала су показале да је за повећање броја уређаја којима се жели управљати даљински преко терминала, довољно повећати процесорску моћ и капацитет меморије терминала. Експериментални резултати добијени симулацијом рада терминала за даљинску контролу

гибридне станице за пуњење електричних возила показали су корисност и потребу за применом оваквог терминала. У основној варијанти терминал управља енергијом у предметној резиденцијалној хибридној станици за пуњење електричне енергије на начин да обезбеђује да се енергија произведена из сопствених обновљивих извора максимално користе за сопствене потребе, односно минимално предају у мрежу. На тај начин се власнику умањује рачун за преузету електричну енергију из електродистрибутивне мреже.

Научни доприноси ове докторске дисертације су:

- У поређењу са другим радовима, ниједан од напред поменутих приступа не нуди систем, односно терминал са обједињеном контролом пуњача, обновљивог извора, паметне батерије, бројила и фискалне касе.
- Извршена је дефиниција и класификација типова терминала по капацитету (броју возила) који треба да се подржи са становишта комуникационе инфраструктуре
- Реализован је хардвер, односно приказане су електричне шеме за сва три типа терминала
- Додатно, поред реализације хардвера терминала који омогућава комуникацију са свим овим наведеним уређајима, овај рад пружа и МД развој, односно модел за (како структурирану, тако и) објектно оријентисану реализацију наменског (embedded) софтвера, који се може уопштено користити за примену код система паметних мерења, паметних градова, паметних кућа, паметне мреже и паметног управљања енергијом уопште.
- Овај модел добијен применом методе МД развоја је дао одличне резултате у пракси приликом примене код терминала за даљинско управљање фискалним касама, омогућивши истовремено и много бржу и квалитетнију израду и одржавање софтвера уз задржавање довољног нивоа контроле брзине извршавања и количине потребне радне и програмске меморије.
- Урађено је димензионисање резиденцијалне хибридне станице за пуњење електричних возила.
- Дат је предлог унификације комуникационог протокола са становишта презентације уређаја у станици употребом DLMS/COSEM протокола као основе, чиме се омогућује лакша интеграција станице/терминала у окружење паметног града, али и ефикаснији развој целокупног екосистема паметних градова.
- У погледу примене техника аутоматског управљања у терминалу за даљинско управљање хибридном станицом, дат је предлог примене контролера на бази fuzzy логике.
- У погледу примене техника вештачке интелигенције, урађена је анализа са посебним освртом на примену машинског учења, конкретно технике појачаног учења, и то тзв. Q учења.

У даљем раду може се размотрити развој преводиоца који би аутоматски генерисао програмски код на основу модела, развој софтвера за димензионисање резиденцијалне хибридне станице за пуњење електричних возила и разрада димензионисања комерцијалне и индустријске хибридне станице за пуњење електричних возила.

Такође од интереса може бити анализа димензионисања соларне електране тако да на годишњем нивоу преузета енергија из мреже буде једнака предатој енергији у мрежи. Ово је интересантно за купце-произвођаче којима електродистрибутивна компанија, односно снабдевач електричне енергије, преузима енергију добијену из обновљивих извора по истој цени, по којој им наплаћује предату енергију.

- [1] “India | International Council on Clean Transportation.” [Online]. [Accessed 2017 Oct 31]. Available from: <http://www.theicct.org/india>
- [2] Arunkumar P., Vijith K., “IOT Enabled Smart Charging Stations for Electric Vehicle”, International Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 119, no. 7, pp. 247-252, 2018.
- [3] Li D., Chiu W.-Y., Sun H., “Demand side management in microgrid control systems”, in Microgrid: Advanced Control Methods and Renewable Energy System Integration, pp. 203-230, Oct. 2016.
- [4] Giordano V., Gangale F., Fulli G., Sanchez Jiménez M., Colta A., Papaioannou I., Onyeji K., Mengolini A., Ojala T., Maschio I., Alecu E., “Smart Grid Projects in Europe – Lessons Learned and Current Developments”, EUR 24856 EN, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2011, JRC65215.
- [5] Alizadeh M., Li X., Wang Z., Scaglione A., Melton R., “Demand-side management in the smart grid: information processing for the power switch”, IEEE Signal Process. Mag. vol. 29, no. 5, pp. 55-67, 2012.
- [6] Macioszek E., “Electric vehicles—Problems and issues”, Smart and Green Solutions for Transport Systems, TSTP 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, Sierpiński, G., Eds., Springer, Cham, Switzerland, (pp.169-183), 2019, Volume 1091. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35543-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35543-2_14).
- [7] Huang H., Ding H., Hu D., Cheng Z., Qiu C., Shen Y., Su X., “Thermal Performance Optimization of Multiple Circuits Cooling System for Fuel Cell Vehicle”, Sustainability 2023, 15, 3132. <https://doi.org/10.3390/su15043132>.
- [8] <http://icentic.com/smart-energy/> (accessed on 1 September 2020).
- [9] Hannan M.A., Faisal M., Ker P.J., Mun L. H., Parvin K., Mahlia T.M.I., Blaabjerg F., “A Review of Internet of Energy Based Building Energy Management Systems: Issues and Recommendations”, IEEE Access, 1-1. Doi:10.1109/access.2018.2852811
- [10] Lapčević V., Manojlović S., Vujasinović J., Marjanović S., “Experimental results on the load management system and remote meter reading system”, Proceedings of the XI International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2002, Portorož, Slovenia, 23–25 September 2002.
- [11] England B.S., Alouani A. T., “Internet-based advanced metering and control infrastructure of smart grid”, Electrical Engineering (2021) 103:2989–2996, <https://doi.org/10.1007/s00202-021-01287-5>.
- [12] Vujasinović J., “Terminal za daljinsko očitavanje i upravljanje fiskalnim kasama”, magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, 2013.
- [13] Prokin M., Prokin D., “Improved fiscal devices with additional services”, Proceedings of the 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Bar, Montenegro, 12–16 June 2016.
- [14] Prokin M., Stojković J., Čabarkapa M., Prokin D., “Optimal control of chargers for electric vehicles”, Proceedings of the 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Budva, Montenegro, 10–14 June 2019.
- [15] Zhang C., Huang Q., Tian J., Chen L., Cao Y., Zhang R., “Smart grid facing the new challenge: The management of electric vehicle charging loads”, Energy Procedia 2012, 12, 98–103.
- [16] Xu G., Bai L., “Heuristic methods for optimal electric vehicle charging scheduling in smart grid”, Int. J. Autom. Logist. 2013, 1, 22–46.
- [17] Crisostomi E., Shorten R., Stuedli S., Wirth, F., “Electric and Plug-in Hybrid Vehicle Networks: Optimization and Control”, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.

- [18] Tang W., Zhang Y.J. (A.), “Optimal Charging Control of Electric Vehicles in Smart Grids”, Springer Briefs in Electrical and Computer Engineering, Springer, Cham, Switzerland, 2017.
- [19] Rajakaruna S., Shahnia F., Ghosh A., “Plug in Electric Vehicles in Smart Grids—Charging Strategies”, Power Systems, Springer, Singapore, 2015.
- [20] Khan S., Ahmad A., Ahmad F., Shemami M.S., Alam M.S., Khateeb S., “A comprehensive review on solar powered electric vehicle charging system”, *Smart Sci.* 2017, 6, 54–79.
- [21] Sonnen Batterie. Available online: <https://sonnengroup.com/sonnenbatterie/> (accessed on 1 September 2020).
- [22] Konrad S., Cheng B.H.C., Campbell L.A., “Object Analysis Patterns for Embedded Systems”, *IEEE Trans. Softw. Eng.* 2004, 30, 970–992.
- [23] Liggesmeyer P., Trapp M., “Trends in Embedded Software Engineering”, *IEEE Softw.* 2009, 26, 19–25.
- [24] Moffett Y., Dingel J., Beaulieu A., “Verifying Protocol Conformance Using Software Model Checking for the Model-Driven Development of Embedded Systems”, *IEEE Trans. Softw. Eng.* 2013, 39, 1307–1325.
- [25] Faia R., Soares J., Vale Z., Corchado J.M., “An Optimization Model for Energy Community Costs Minimization Considering a Local Electricity Market between Prosumers and Electric Vehicles”, *Electronics* 2021, 10, 129. <https://doi.org/10.3390/electronics10020129>.
- [26] Barreto R., Faria P., Vale Z., “Electric Mobility: An Overview of the Main Aspects Related to the Smart Grid”, *Electronics* 2022, 11, 1311. <https://doi.org/10.3390/electronics11091311>.
- [27] Nazari M., Hussain A., Musilek P., “Applications of Clustering Methods for Different Aspects of Electric Vehicles”, *Electronics* 2023, 12, 790. <https://doi.org/10.3390/electronics12040790>.
- [28] He Q., Wu M., Sun P., Guo J., Chen L., Jiang L., Zhang Z., “Research on a Charging Mechanism of Electric Vehicles for Photovoltaic Nearby Consumption Strategy”, *Electronics* 2022, 11, 3407. <https://doi.org/10.3390/electronics11203407>.
- [29] Tadic V., “Study on Automatic Electric Vehicle Charging Socket Detection Using ZED 2i Depth Sensor”, *Electronics* 2023, 12, 912. <https://doi.org/10.3390/electronics12040912>.
- [30] Vujasinovic J., Savic G., Despotovic Z., “Architecture and Sizing of System for Remote Control of Renewable Energy Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging”, 7<sup>th</sup> IEEE International Energy Conference, 9-12, May 2022, Riga, Litvania
- [31] Vujasinović J., Savić G., Prokin M., “Model-Driven Developed Terminal for Remote Control of Charging Station for Electric Vehicles Powered by Renewable Energy”, *Electronics* (ISSN: 2079-9292) 2023, 12(8), 1769, DOI: 10.3390/electronics12081769
- [32] Marjanović S., Vujasinović J., Savić G., Manojlović S., Ninković B., Međedović P., “Sistem za daljinsko očitavanje i upravljanje potrošnjom električne energije“, VI Savetovanje Bosanskohercegovačkog Komiteta CIGRE, Neum, Bosna i Hercegovina, novembar 2003.
- [33] <https://www.mpoweruk.com/infrastructure.htm> (accessed on 1 September 2020).
- [34] Al Wahedi A., Yusuf Bicer Y., “Development o fan off-grid electrical vehicle charging station hybridized with renewables including battery cooling system and multiple energy storage units”, Elsevier, 2352-4847, 2020.
- [35] Zafar U., Bayhan S., Sanfilippo A., “Home energy management system concepts, configurations, and technologies for the smart grid”, *IEEE Access*, 10.1109/ACCESS.2020.3005244
- [36] Vujasinovic J., Savic G., “Demand Side Management and Integration of a Renewable Sources Powered Station for Electric Vehicle Charging into a Smart Grid”, 15. International Conference on Applied and Theoretical Electricity ICATE, May 2021, Craiova, Romania
- [37] Al Riza D., Haq Gilani D., “Standalone Photovoltaic System Sizing using Peak Sun Hour Method and Evaluation by TRNSYS Simulation”, *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 4, No. 1, 2014
- [38] Vujasinović J., Čiča Z., Savić G., “IoT Based Renewable Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging”, 16th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications - TELSIS 2023, Nis, Serbia, October 2023.

- [39] Zhang Z., Shin M. and Jang H., “Fairness-aware Distributed Scheduling of Charging and Discharging Electric Vehicles in Dynamic Virtual Power Plants”, 2019 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific), Seogwipo-si, Korea (South), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ITEC-AP.2019.8903634.
- [40] Alcaraz C., Lopez J. and Wolthusen S., “OCPP Protocol: Security Threats and Challenges”, IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 8, no. 5, pp. 2452-2459, Sept. 2017, doi: 10.1109/TSG.2017.2669647.
- [41] Orcioni S., Buccolini L., Ricci A. and Conti M., “Electric Vehicles Charging Reservation Based on OCPP”, 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Palermo, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC.2018.8494366.
- [42] Zanella, Bui N., Castellani A., Vangelista L. and Zorzi M., “Internet of Things for Smart Cities”, IEEE Internet of Things Journal, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- [43] Ranabhat P., “Secure Design and Development of IoT Enabled Charging Infrastructure for Electric Vehicle, Using CCS Standard for DC Fast Charging”, theses, Metropolia University of Applied Sciences, Finland, 2018
- [44] [http://www.internet-of-things-research.eu/about\\_iot.htm](http://www.internet-of-things-research.eu/about_iot.htm) (accessed on 1 September 2023).
- [45] M. Žarković, G. Dobrić, "Fuzzy expert system for management of smart hybrid energy microgrid", J. Renewable Sustainable Energy 11, 034101 (2019), p. 03, May 2019, <https://doi.org/10.1063/1.5097564>.
- [46] Luo L., Abdulkareem S., Rezvanid A., Reza Miveh M., Samad S., Aljojo N., Pazhoohesh M., “Optimal scheduling of a renewable based microgrid considering photovoltaic system and battery energy storage under uncertainty“, 2352-152X/ © 2020 Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101306>.
- [47] Galván L., Navarro J.M. , Galván E. , Carrasco J. M., Alcántara A., “Optimal Scheduling of Energy Storage Using A New Priority-Based Smart Grid Control Method”, Energies 2019, 12, 579, doi:10.3390/en12040579.
- [48] Vujasinović J., Savić G., “Primena veštačke inteligencije na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije”, 66. konferencija ETRAN, Jun 2022, Novi Pazar, Srbija
- [49] <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence#ref219078> (accessed on 1 Jun 2022).
- [50] Russell S. J., Norvig P., “Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.)”, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2, 2003
- [51] Luger G., Stubblefield W., “Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (5th ed.)”, Benjamin/Cummings, ISBN 978-0-8053-4780-7, 2004.
- [52] Poole D., Mackworth A., Goebel R., “Computational Intelligence: A Logical Approach”, New York, Oxford University Press, ISBN 978-0-19-510270-3, 1998.
- [53] Jianhua T., Tieniu T., “Affective Computing and Intelligent Interaction” Affective Computing, A Review Vol. LNCS 3784, Springer, pp. 981–995, doi:10.1007/11573548, 2005.
- [54] <https://www.britannica.com/technology/machine-learning> (accessed on 1 Jun 2022).
- [55] <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning> (accessed on 1 Jun 2022).
- [56] Alfaverh F., Denai M., Sun Y., “Demand Response Strategy Based on Reinforcement Learning and Fuzzy Reasoning for Home Energy Management”, IEEE Access, 10.1109/ACCESS.2020.2974286, February 2020.
- [57] Mozer M. C., “The neural network house: An environment that adapts to its inhabitants”, Assoc. Advancement Artif. Intell., Menlo Park, CA, USA, Tech. Rep. SS-98-02, 1998. [Online]. Available: <https://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1998/SS-98-02/SS98-02-017.pdf>



- [58] Matallanas E., Castillo-Cagigal M., Gutiérrez A., Monasterio-Huelin F., Caamaño-Martín E., Masa D., and Jiménez-Leube J., “Neural network controller for active demand-side management with PV energy in the residential sector”, *Appl. Energy*, vol. 91, no. 1, pp. 90–97, Mar. 2012.
- [59] Yuce B., Rezgui Y., and Mourshed M., “ANN–GA smart appliance scheduling for optimised energy management in the domestic sector”, *Energy Buildings*, vol. 111, pp. 311–325, Jan. 2016.
- [60] Sheikhi A., Rayati M., and Ranjbar A. M., “Dynamic load management for a residential customer, reinforcement learning approach”, *Sustain. Cities Soc.*, vol. 24, pp. 42–51, Jul. 2016.
- [61] Prokin M., Prokin D., “First generation of turnover control devices”, *Proc. 19th Telecommunications forum (TELFOR)*, 2011, Belgrade, Serbia, pp. 888-891.
- [62] Prokin M., Prokin D., “GPRS terminals for reading fiscal registers”, *Proceedings of 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, Budva, Montenegro, 15-20 June 2013, pp. 259-262.
- [63] M Prokin M., Prokin D., “Improved fiscal devices without additional services”, *Proceedings of 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 12-16 June 2016, Bar, Montenegro, pp. 273-276.
- [64] Prokin M., Čabarkapa M., Stojković J., Prokin D., “Wireless control of chargers for electric vehicles”, *Proceedings of 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 10-14 June 2019, Budva, Montenegro, pp. 502-505.
- [65] Vujasinović J., Savić G., Batas Bjelic I., Rajakovic N., “Decreasing the Implementation Costs of Smart Metering Systems with Interoperability”, *Proceedings of IEEE 2021 International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT*, Virtual Conference, Trento, Italy, 7–9 June 2021.
- [66] Čabarkapa M., Prokin M., Šimić G., Nešković N., Budimir Đ., “Internet of insecure things”, *Proceedings of Archibald Reiss Days*, 7-9 Nov. 2017, Belgrade, Serbia, vol. III, pp. 101-109.
- [67] Miljković A., Čabarkapa M., Prokin M., Budimir Đ., “The importance of IoT and IoT forensics”, *Proceedings of Archibald Reiss Days* 2-3 Oct. 2018, Belgrade, Serbia, vol. II, pp. 395-404.
- [68] “Internet of things poses opportunities for cyber crime”, *Federal Bureau of Investigation*, Washington DC, USA, Sep. 10, 2015
- [69] Prokin M., Prokin D., Nešković N., “Cybersecurity of fiscal devices with GPRS terminals”, *Proceedings of 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 10-14 June 2018, Budva, Montenegro, pp. 171-174.
- [70] Prokin M., Prokin D., Nešković A., Nešković N., “Cybersecurity of improved fiscal devices”, *Proceedings of 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 10-14 June 2018, Budva, Montenegro, pp. 175-178.
- [71] Eisenach J.A., Barfield C., Glassman J.K., Loyola M., Tews S., “An American strategy for cyberspace – Advancing freedom, security, and prosperity”, *American Enterprise Institute*, June 2016.
- [72] Pa Pa Y.M., Suzuki S., Yoshioka K., Matsumoto T., Kasama T., Rossow C., “IoT POT: A novel honeypot for revealing current IoT threats”, *J. Information Processing*, vol. 24, no. 3, May 2016, pp. 522-533.
- [73] Vujasinović J., Lapčević V., “Elektronsko brojilo sa PLC komunikacijom”, *tehničko rešenje*, 2003.
- [74] Vujasinović J., Alfeldi J., “Baza podataka u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja brojlilima električne energije”, *tehničko rešenje*, 2003.
- [75] Vujasinović J., Alfeldi J., “Softver za generisanje izveštaja iz baze podataka u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja brojlilima električne energije”, *tehničko rešenje*, 2003.
- [76] Vujasinović J., Lukić G., “Softver za GSM konekciju sa koncentratorima u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja brojlilima električne energije”, *tehničko rešenje*, 2003.

- [77] Vujasinović J., Lukić G., “Server za GPRS konekciju sa koncentradorima u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja brojilima električne energije”, tehničko rešenje, 2003.
- [78] Vujasinović J., Gavrilović S., “Informacioni sistem za nadzor i automatsko upravljanje punjenja akumulatora (formaže)”, tehničko rešenje, 2007.
- [79] Vujasinović J., Manojlović S., Savić G., “Koncentrator u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja brojilima električne energije”, tehničko rešenje, 2003.
- [80] Vujasinović J., Đurić D., “Komunikator za daljinsko upravljanje fiskalnim kasama”, tehničko rešenje, 2004.
- [81] Vujasinović J., Đurić D., “Terminal za daljinsko očitavanje fiskalnih kasa”, tehničko rešenje, 2005.
- [82] Lambert T., Gilman P., Lilienthal P., Micropower system modeling with HOMER, Integration of alternative sources of energy, John Wiley & Sons, Inc 2006, 379–418.
- [83] Batas-Bjelic, I., Rajakovic N., Duic N., “Smart Municipal Energy Grid within Electricity Market.”, Energy 137, 2017. 1277–85. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.177>.
- [84] <https://ae-solar.com/wp-content/uploads/2018/10/AE-MC-120BD-360W-380W-1.pdf> (accessed on 21st of October 2023).
- [85] <https://www.europe-solarstore.com/goodwe-gw8k-et.html> (accessed on 21st of October 2023).
- [86] <https://drive.google.com/file/d/1ltWqZJM4QFSx1R2f9du6zEsxV5T3OjQh/view> (accessed on 21st of October 2023).
- [87] <https://autoconsumoportugal.pt/abb/1299-abb-wallbox-tac-w4-s-0-37kw.html> (accessed on 21st of October 2023).

## Биографија аутора

**Јован** Вујасиновић је рођен 5. 3. 1977. у Београду. Дипломирао је 2001. године на Електротехничком факултету у Београду, где је и магистрирао 2013. године.

Од 2001. до 2007. године био је асистент-приправник на Катедри за електронику на Електротехничком факултету у Београду и на Ваздухопловној академији у Жаркову, где је изводио наставу из следећих предмета: Електроника 1, Електроника 2, Елементи електронике, Основи аналогне електронике, Аналогна електроника, Рачунарска електроника, Линеарна електроника, Техничка документација и Компоненте и електронска кола. Од 2010. до 2017. године радио је у Институту „Михајло Пупин“ у Београду. У 13 наврата је био члан комисија за оцену и одбрану дипломских радова. Као коаутор, објавио је два наставна приручника. Главна област Вујасиновићевог научног и стручног рада је даљинска комуникација и управљање системима и, у ужем смислу, системи за паметно управљање енергијом. Заједно са својим менторима и сарадницима, до сада је објавио шеснаест научних радова из ових области, од тога десет на међународним скуповима и један у истакнутом међународном часопису са импакт фактором. Са стручним радовима је учествовао на више домаћих и међународних скупова. Поред научних и стручних радова, Вујасиновић је, са сарадницима, израдио више пројеката за домаће и стране наручиоце, и аутор је девет признатих техничких решења из области даљинске комуникације и управљања системима. Учествовао је у два пројекта технолошког развоја које је финансирало Министарство за науку и заштиту животне средине Србије. Јован Вујасиновић је суоснивач предузећа *Meter&Control d.o.o.* из Београда које се бави развојем и производњом система за паметно управљање енергијом, са међународном репутацијом. Био је иницијатор оснивања и председник Групације произвођача опреме за мерење електричне енергије при Привредној комори Србије, а потом и председник Групације произвођача електричних, оптичких уређаја и електронике у ПКС. Члан је техничке комисије Н013 – Општи аспекти за снабдевање електричном енергијом, мерење електричне енергије и управљање оптерећењем при Институту за стандардизацију Србије. Ожењен је, отац троје деце. Живи и ради у Београду.

### Научни радови у истакнутим међународним часописима (M22)

---

1. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Milan Prokin; „Model-Driven Developed Terminal for Remote Control of Charging Station for Electric Vehicles Powered by Renewable Energy“, *Electronics* (ISSN: 2079-9292) 2023, 12(8), 1769; DOI: 10.3390/electronics12081769

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

---

1. Vladan Lapcević, Saša Manojlović, **Jovan Vujasinović**, Slavoljub Marjanović; „Experimental results on the load management system and remote meter reading system“; XI International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2002; September 2002; Portoroz; Slovenia;
2. Slavoljub Marjanović, **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Saša Manojlović, Branislav Ninković, Petar Međedović; „Sistem za daljinsko očitavanje i upravljanje potrošnjom električne energije“; VI Savetovanje Bosanskohercegovačkog Komiteta CIGRE; novembar 2003; Neum; Bosnia and Herzegovina;

3. Nikola Rajaković, Dušan Nikolić, **Jovan Vujasinović**; „Cost benefit analysis for implementation of a system for remote control and automatic meter reading“; Power Tech 2009; June 2009, Bucharest, Romania
4. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Aleksandar Rakić; „Upravljanje potražnjom kod stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora energije“, Proceedings of the 28th Telecommunications Forum (TELFOR), November 2020, Belgrade, Serbia
5. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Zoran Čiča; „Uvođenje IoT -a u stanicu za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora energije“, Proceedings of the 28th Telecommunications Forum (TELFOR), Novembar 2020, Belgrade, Serbia
6. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić; „Demand Side Management and Integration of a Renewable Sources Powered Station for Electric Vehicle Charging into a Smart Grid“, 15. International Conference on Applied and Theoretical Electricity ICATE, May 2021, Craiova, Romania
7. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Ilija Batas Bjelić, Nikola Rajaković; „Decreasing the implementation costs of smart metering systems with interoperability“, IEEE 2021 International Workshop on Metrology for Industry4.0 & IoT, June 2021
8. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Milan Prokin; „Terminal for Remote Control of Renewable Energy Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging“, 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing, June 2021, Budva, Montenegro
9. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Zeljko V. Despotović „Architecture and Sizing of System for Remote Control of Renewable Energy Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging“, 7th IEEE International Energy Conference ENERGYCON 2022, May 2022, Riga, Latvia
10. **Jovan Vujasinović**, Zoran Čiča, Goran Savić, „IoT Based Renewable Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging“, 16th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications - TELSIS 2023, Nis, Serbia, October 2023.

---

#### Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

---

1. Vladan Lapčević, Saša Manojlović, **Jovan Vujasinović**, Slavoljub Marjanović; „Rezultati primene sistema za daljinsko očitavanje brojila električne energije u urbanoj sredini“; I Simpozijum INFOTEH-JAHORINA; mart 2002; Jahorina; Bosna i Hercegovina;
2. Vladan Lapčević, Saša Manojlović, **Jovan Vujasinović**, Slavoljub Marjanović; „Rezultati primene sistema za daljinsko očitavanje brojila električne energije u ruralnoj sredini“; XLVI Konferencija za ETRAN; jun 2002; Teslić; Bosna i Hercegovina;
3. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Nikola Rajaković „Analiza uticaja interoperabilnosti na troškove uvođenja sistema za daljinsko očitavanje brojilima i upravljanje potrošnjom“, XXXV međunarodno savetovanje ENERGETIKA; June 2020, Zlatibor, Serbia
4. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Željko Đurišić; „Arhitektura sistema za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora“, 64. konferencija ETRAN; septembar 2020, Novi Sad, Srbija
5. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić, Milan Prokin; „Terminal za daljinsko upravljanje stanicom za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora energije“, XX simpozijum INFOTEH- Jahorina, mart 2021, Jahorina, Bosna i Hercegovina
6. **Jovan Vujasinović**, Goran Savić; „Primena veštačke inteligencije na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije“, 66. konferencija ETRAN, Jun 2022, Novi Pazar, Srbija

## Техничка и развојна решења (M81)

---

1. **Jovan Vuјasinović**, Vladan Lapčević, „Elektronsko broјilo sa PLC komunikacijom“, tehničko rešenje urađeno je za „Sitel“ i G-Net, rešenje je realizovano 2003 godine, rešenje koristi i primenjuje „Elektrovojvodina“,
2. **Jovan Vuјasinović**, Saša Manojlović, Goran Savić, „Koncentrator u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja broјilima električne energije“, tehničko rešenje urađeno je za „Sitel“, rešenje je realizovano 2003 godine, rešenje koristi i primenjuje „Elektrovojvodina“,
3. **Jovan Vuјasinović**, Ištvan Alfeldi, „Baza podataka u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja broјilima električne energije“, predloženo tehničko rešenje urađeno je za „Sitel“, rešenje je realizovano 2003 godine, rešenje koristi i primenjuje „Elektrovojvodina“,
4. **Jovan Vuјasinović**, Ištvan Alfeldi, „Softver za generisanje izveštaja iz baze podataka u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja broјilima električne energije“, tehničko rešenje urađeno je za „Sitel“, rešenje je realizovano 2003 godine, rešenje koristi i primenjuje „Elektrovojvodina“,
5. **Jovan Vuјasinović**, Goran Lukić, „Softver za GSM konekciju sa koncentratorima u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja broјilima električne energije“, predloženo tehničko rešenje urađeno je za „Sitel“, rešenje je realizovano 2003 godine, rešenje koristi i primenjuje „Elektrovojvodina“,
6. **Jovan Vuјasinović**, Goran Lukić, „Server za GPRS konekciju sa koncentratorima u sistemu daljinskog očitavanja i upravljanja broјilima električne energije“, tehničko rešenje urađeno je za „Sitel“, rešenje je realizovano 2003 godine, rešenje koristi i primenjuje „Elektrovojvodina“,
7. **Jovan Vuјasinović**, Danko Đurić, „Komunikator za daljinsko upravljanje fiskalnim kasama“, tehničko rešenje urađeno je za „SDD-ITG“, rešenje je realizovano 2004 godine, rešenje koristi i primenjuje „Agrokop“ i drugi,
8. **Jovan Vuјasinović**, Danko Đurić, „Terminal za daljinsko očitavanje fiskalnih kasa“, tehničko rešenje urađeno je za „SDD-ITG“, rešenje je realizovano 2005 godine, rešenje koristi i primenjuje Prvi Maj“ i drugi,
9. **Jovan Vuјasinović**, Saša Gavrilović, „Informacioni sistem za nadzor i automatsko upravljanje punjenja akumulatora (formaže)“, tehničko rešenje urađeno je za „G-Net“, rešenje je realizovano 2007 godine, rešenje koristi i primenjuje Fabrika akumulatora u Somboru

## Приручници

---

1. M.Prokin, R.Đurić, **J.Vuјasinović**, Osnovi analogne elektronike – priručnik za laboratorijske vežbe, Akademska misao, Beograd, 2006.
2. M.Prokin, R.Đurić, **J.Vuјasinović**, G.Savić, Osnovi elektronike (svi odseci osim odseka za elektroniku) – priručnik za laboratorijske vežbe, Akademska misao, Beograd, 2006.

## Учешће на пројектима

---

1. „Sistem za daljinsko očitavanje i upravljanje potrošnjom broјila električne energije“, rukovodilac prof. dr Slavoljub Marjanović, ICEF
2. „Inteligentne energetske mreže“, rukovodilac prof. dr Nikola Rajaković

# Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Јован Вујасиновић

Број индекса: 5036/2019

## Изјављујем

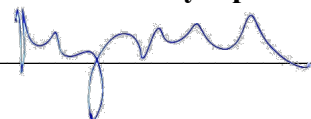
да је докторска дисертација под насловом •

### ТЕРМИНАЛ ЗА ДАЉИНСКУ КОНТРОЛУ ХИБРИДНЕ СТАНИЦЕ ЗА ПУЊЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА

- резултат сопственог истраживачког рада; •
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа; •
- да су резултати коректно наведени и •
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 26.10.2023. године

Потпис аутора



# Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

**Име и презиме аутора:** Јован Вујасиновић

**Број индекса:** 5036/2019

**Студијски програм:** Електроника

**Наслов рада:** ТЕРМИНАЛ ЗА ДАЉИНСКУ КОНТРОЛУ ХИБРИДНЕ СТАНИЦЕ ЗА ПУЊЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА

**Ментор:** Др Милан Прокин, редовни професор, и Др Горан Савић, ванредни професор

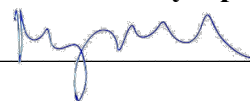
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, 26.10.2023. године



## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

### **ТЕРМИНАЛ ЗА ДАЉИНСКУ КОНТРОЛУ ХИБРИДНЕ СТАНИЦЕ ЗА ПУЊЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

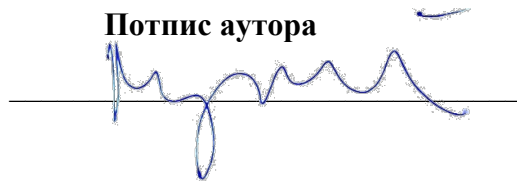
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

У Београду, 26.10.2023. године

Потпис аутора





1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.