

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Рачунарска техника и софтверско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Аутоматско управљање

Број индекса: 580/2015

Анђелија М. Живковић
Управљање системом за
наводњавање земљишта
дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Мина Васковић Јовановић, доцент**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да изврши преглед постојећих аутоматизованих система за наводњавање земљишта. Избор сензора и актуатора за реализацију система за наводњавање и израда управљачког алгоритма за креирани систем. Резултат дипломског рада је апликација која омогућава аутоматско управљање система за наводњавање земљишта.

Препоручена литература:

- [1] Жељко Ђуровић, Бранко Ковачевић: Системи аутоматског управљања, Академска мисао, Београд 2009.
- [2] Algirdas Baškys: Microcontrollers, Technika, Vilnius 2012.
- [3] Силва Оторепец: Агрометеорологија, Научна Књига , Београд 1991.

Крагујевац, 15.10.2019. године

Ментор:
др Мина Васковић Јовановић, доцент

Садржај:

1. Увод	7
2. Теоријска разматрања	8
2.1 Сензор влажности земљишта	8
2.2 Електромотор једносмерне струје.....	10
2.3 Електромагнетни вентил	14
2.4 Микроконтролер	16
3. Систем за наводњавање земљишта	18
3.1 Анализа и дефинисање компоненти	18
3.2 Управљање системом	27
4. Закључак	31
Литература	32

Summary:

Guided by the principles of process automation, we come to the idea of developing an automatic irrigation system. The idea for the implementation of this system is a combination of beautiful and useful, so with additional improvements and detailed analysis of the necessary components we can get a product of wide application. When defining the principles of operation, care must be taken to create an appropriate network of irrigation systems for the different types and surfaces of the soil - the installation of pipes (pipelines) below the surface and the selection of adequate sprayers. It is also important to note that the system uses additional electronic components that are used to automate the process itself. The most important elements are direct current motors used to control sprays themselves, soil moisture sensors used to determine the current surface humidity, as well as solenoid valves that control the flow of water.

Keywords: Direct current motors, soil moisture sensors, solenoid valves.

Резиме:

Вођени принципима аутоматизације неког процеса долазимо до идеје за развојем аутоматског система за наводњавање. Идеја за реализацију наведеног система представља спој лепог и корисног па уз додатна унапређења и детаљну анализу потребних компоненти можемо добити производ широке примене. Током самог дефинисања принципа рада, мора се водити рачуна о томе да се за различите типове и површине земљишта изради одговарајућа мрежа система наводњавања – постављање цеви (цевовода) испод површине као и одабир адекватних распршивача. Такође је битно напоменути да наведени систем користи и додатне електронске компоненте које се користе за аутоматизацију самог процеса. Најбитнији елементи су мотори једносмерне струје који се користе као управљачки елементи самих распршивача, сензори за мерење влажности земљишта који служе за одређивање тренутне влажности површине као и електромагнетни вентили помоћу којих се контролише проток воде.

Кључне речи: Мотори једносмерне струје, сензори за мерење влажности земљишта, електромагнетни вентили.

1. Увод

Суша је једна од најштетнијих временских појава, која у многим деловима света угрожава егзистенцију људи и наноси огромне штете разним гранама привреде. Углавном се може поделити у три групе: метеоролошка суша, хидролошка суша и за крај тип који нас највише и интересује је пољопривредна суша. Пољопривредна суша се појављује када су у вегетационом периоду влажност земљишта и падавине недовољне да здраве биљке дођу у фазу зрења, проузрокујући оштећење биљака и као и њихова увенућа. Прва асоцијација суше су периоди без кише где се прво сама површина земље исушује, а потом и њена унутрашњост. [1]

Ако се позабавимо овим проблемом са аспекта развоја аутоматизације система можемо као решење предложити систем за аутоматско наводњавање терена, односно земљане површине намењене за узгој разних биљних култура. Сам циљ система је првенствено ефикасност и смањење људског удела јер систем ради без икаквог човековог утицаја. Једина обавеза је правилно постављање читавог система на жељену област (распоређивање мреже за наводњавање, постављање мерача влажности земљишта на одређене позиције и у одређену дубину земље, итд.).

Пошто разматрамо аутоматске системе онда говоримо о минималном човековом утицају и коришћењу система. Мрежа за наводњавање се саставља на основу величине и облика територије намењене за заливање. Користе се распршивачи који избацују воду из цеви са којом су повезани тако да овај начин везе за сада можемо сматрати напоменутом мрежом за наводњавање. Распршивачи имају одређени домет тј. пречник захватања површине. За одређивање саме влажности земљишта користе се сензори који мере влажност земљишта, и на основу очитане вредности систем препознаје да ли је потребно покретање или не.

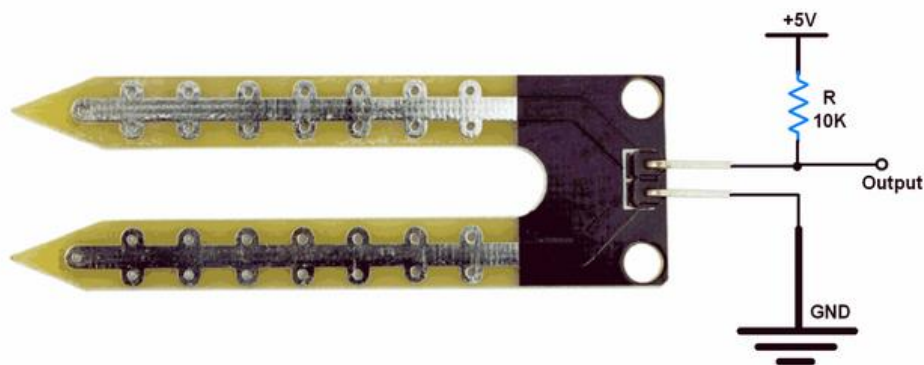
У наставку ће бити описан креирани концепт аутоматског система који чине актуатори у виду мотора једносмерне струје, сензора влажности земљишта као и електромагнетни вентил. Креирање концепта овог система је само почетни корак који уз одређења унапређења може имати широку примену у пољопривреди.

2. Теоријска разматрања

2.1 Сензор влажности земљишта

Земљиште се понаша као резервоар у коме се складишти вода задужена за бољи развој биљног света. Улога сензора за мерење воде у земљишту је да пружи кориснику што прецизнију информацију о томе колико брзо се вода исцрпела из одређене области испитиваног земљишта. Овај тип сензора има широку примену, највише у системима за аутоматско наводњавање. [2]

Сензор влажности тла се састоји из две проводне плоче које функционишу као сонде и које мере садржај влаге на основу промене отпорности између њих. Отпорност варира обрнуто пропорционално количини влаге у земљишту. На пример, када би се сензор директно поставио у воду, отпорност се смањује и добија се боља проводност између плоча.



Слика 1 – Изглед сензора за мерење влажности у земљишту [3]

На основу горе приказане слике може се прокоментарисати принцип рада оваквог сензора. Прва плоча је повезана на извор напајања од 5 V серијским отпорником од 10 кΩ, а друга плоча је повезана директно на земљу. Излаз се мења у опсегу од 0 V до 5 V, сразмерно количини влаге.

Ако се говори о идеалном случају (када у земљи нема влаге) сензор делује као отворено коло, тј. отпорност је бесконачна, па се за ово стање добија максималних 5 V на излазу. [3]

Најчешће коришћене јединице за влажност јесу релевантна влажност (*RH* – *relative humidity*), тачка мржњења/кондезације (*D/F PT* – *Dew/Frost point*) и милионити део целине (*PPM* – *Parts per Million*). За сензоре влажности важи карактеризација у неколико тачака (обично 9) и изводи се при одређеној температури. При методи карактеризације од 9 тачака, нивои влажности су представљени преко *RH* вредности као и преко одговарајућих излазних једносмерних (*DC*) напона посебно за сваки сензор. Прецизност сензора је специфицирана на основу одређених калибрационих кривих за сваки појединачни сензор, док поновљивост представља максимално одступање на излазу сензора, за понављана одступања од нивоа влажности у опсегу мерења вредности сензора, под идентичним условима. [4]

Лабораторијске методе се заснивају на мерењу тежине влажног земљишта, сушењу и поновном мерењу тежине. Ове методе су тачне, али су непрактичне за теренске услове мерења. [5]



Слика 2 – Постављање сензора [6]

Битно је напоменути да је потребно поставити више од једног сензора на једну локацију, на различите дубине. На пример, један сензор у горњем делу ефективног кореновог система биљке, а други сензор дубље у зону кореновог система. У литератури се користи израз "сензорска станица", и она може дати бољи приказ коришћења воде од стране биљке. [2]

2.2 Електромотор једносмерне струје

Скоро сваки механички покрет који видимо око нас обавља електромотор. Електричне машине су средство за претварање енергије. Мотори узимају електричну енергију и производе механичку енергију. Електрични мотори се користе за напајање стотина уређаја које користимо у свакодневном животу.

Електрични мотори су широко класификовани у две различите категорије:

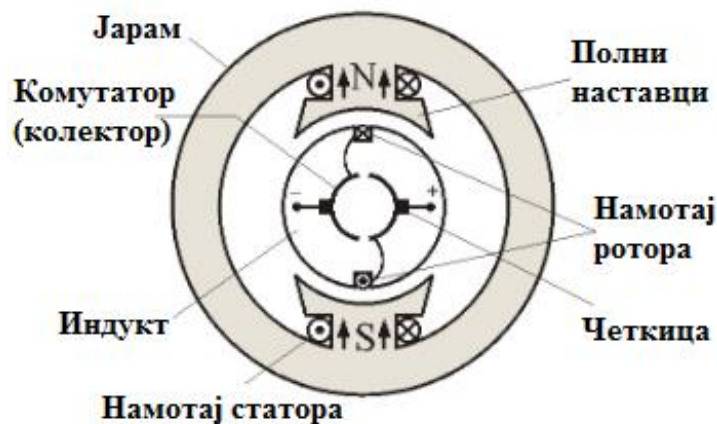
- мотори за једносмерну струју (једносмерни мотори),
- мотори за наизменичну струју (наизменични мотори).

Унутар ових категорија постоје бројне врсте, а свака нуди јединствене способности које им одговарају и за специфичне апликације. У већини случајева, без обзира на врсту, електрични мотори се састоје од статора (стационарног поља) и ротора (ротирајуће поље или арматура) и делују кроз интеракцију магнетног тока и електричне струје да би произвели брзину ротације и обртни момент. [7]



Слика 3 – DC мотор [8]

На слици 4 су приказани основни делови машине једносмерне струје:



Слика 4 – Основни делови машине једносмерне струје [9]

Статор

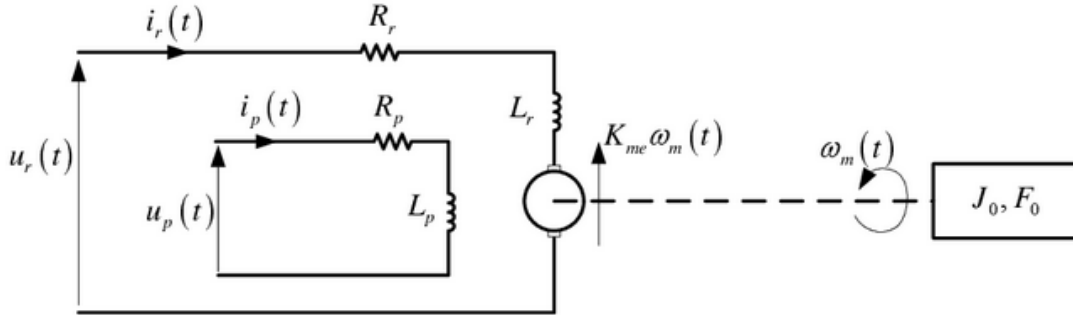
- Статор је облика шупљег ваљка од масивног гвожђа (или сложен од пакета лимова), на чијој су унутрашњој периферији причвршћени полови израђени од феромагнетских лимова.
- На половима статора је смештен побудни намотај.
- Кроз побудни намотај се пропушта једносмерна струја која ствара статорску магнетно побудну силу и статорски флуks. Како је струја статора једносмерна тако је и статорски флуks непомичан.

Ротор

- Ротор је цилиндричног облика и састављен је од танких феромагнетских лимова и равномерно је ожебљен по свом обиму.
- У жлебове ротора је постављен намотај ротора.
- Почеци и крајеви намотаја ротора су изведени на тзв. комутиатор (колектор). Комутиатор је састављен од бакарних сегмената који су изоловани међусобно и у односу на масу. Улога комутиатора је преусмеравање смера струје кроз навоје ротора.

Принцип рада се заснива у томе да се намотај ротора налази у магнетном пољу и када кроз њега протиче електрична струја уједно настаје и сила, која делује на проводнике ротора где

због кружног облика ротора настаје електромагнетни момент. Комутатор и четкице служе за напајање роторског намотаја потребним смером струје. [10]



Слика 5 – Принципијелна шема једносмерног мотора [11]

Шема каква је нацртана на слици 5 се назива принципијелном шемом јер се на основу ње може увидети принцип рада по коме функционише систем. Наиме, саторски намотај се напаја једносмерним напоном $u_p(t)$, и ако се намотај представи редном везом отпорности R_p и индуктивности L_p , струја која протиче кроз намотаје сатора задовољава следећу диференцијалну једначину:

$$R_p i_p(t) + L_p \frac{di_p(t)}{dt} = u_p(t) \quad (1)$$

што није ништа друго него Омов закон за коло сатора. Уобичајено је да се последња релација представи у комплексном домену тако што се на њу примени Лапласова трансформација. Уз претпоставку о нултим почетним условима, једначина (1) постаје:

$$I_p(s) = \frac{U_p(s)}{L_p s + R_p} \quad (2)$$

Струја која протиче кроз намотаје сатора $i_p(t)$ генерише електромагнетно поље у унутрашњости мотора и у првој апроксимацији можемо сматрати да је флукс овог поља $\Phi(t)$ директно пропорционалан јачини струје $i_p(t)$, односно

$$\Phi(t) \sim i_p(t) \quad (3)$$

Са друге стране, како је на крајеве ротора прикључен једносмерни напон $u_r(t)$, он ће у колу ротора (које је такође моделирано редном везом отпорности R_r и индуктивности L_r) изазвати постојање струје $i_r(t)$. Протицање електричне струје кроз намотаје ротора, при чему се цео ротор налази у простору у коме постоји електромагнетно поље флукса $\Phi(t)$, узроковаће појаву покретачког момента који ће тежити да покрене ротор. Вредност овог покретачког момента $M(t)$ је пропорционална производу флукса $\Phi(t)$ и јачине струје $i_r(t)$:

$$M(t) \sim \Phi(t) i_r(t) \quad (4)$$

Коначно, услед обртања роторског намотаја угаоном брзином $\omega_m(t)$ у простору у коме постоји електромагнетно поље, индуковаће се на крајевима намотаја ротора електромоторна сила која је пропорционална брзини обртаја осовине ротора и флуксу електромагнетног поља:

$$e(t) \sim \Phi(t) \omega_m(t) \quad (5)$$

Ова индукована електромоторна сила се често назива контра-електромоторном силом јер је њен поларитет увек такав да се супротставља електромоторној сили која изазива струју кроз намотај (у овом случају је то напон $u_r(t)$). [11]

Главна предност једносмерних мотора у односу на оне који се напајају наизменичним величинама је лакше управљање брзином, моментом и смером обртања. *DC (Direct Current* – једносмерна струја) мотори се углавном праве за мање снаге, јер би за веће снаге они морали да имају веће и јаче изворе једносмерне струје. [12]

Према конструкцији моторе можемо поделити на моторе са четкицама (*brushed*), моторе без четкица (*brushless*) и корачне (*step*) моторе.

Мотори са четкицама (*brushed*) се састоје од статора (стални магнети), ротора, четкица и комутатора. Комутатор је механички прекидач који периодично окреће смер струје у мотору. Чини га пар међусобно изолованих бакарних контаката полуцилиндричног облика

причвршћених око ротора. Четкице служе за затварање струјног кола између извора преко комутатора. Оне су начињене од мекшег материјала него комутатор и лако се мењају јер се „троше“ услед експлоатације.

На ротору мотора без четкица (*brushless*) су стални магнети, а статор се побуђује одговарајућом електроником. Уместо механичког користи се електронски комутатор. Код ових мотора нема проблема око затварања струјног кола кроз ротор преко четкица, а самим тим су јефтинији за одржавање и не долази до варничења између ротора и четкица. Како контролер који диктира смер обртања мотора мора знати у ком положају се налази ротор у односу на статор, у статору се налази *Hall* сензор или ротациони енкодер.

2.3 Електромагнетни вентил

Електромагнетни (соленоидни) вентил проналази своју примену у различитим системима цевовода – системи унутар којих се налазе хијерархијски повезане цеви које су намењене транспорту и дистрибуцији материје у течном и/или гасном стању. Користе се за рад пумпе течности, испарења, гасова и других неагресивних производа. [13]

Основ рада таквих уређаја је подешавање ваздуха, воде, уљних производа, а рад уређаја заснован је на електромеханичком принципу. Користе се електрични импулси у механизму за закључавање, који су укључени или искључени у аутоматском режиму или путем мануелне (ручне) контроле. Уређај ове врсте се увек може инсталирати на делу цевовода до кога постоји слободан приступ.

Израђени су од различитих материјала као што су месинг, нерђајући челик, ливено гвожђе и пластика. По врсти извршења односно начину функционисања, они су подељени на нормално отворене (*NO – Normally Open*) и нормално затворене (*NC - Normally Closed*).



Слика 6 – Електромагнетни вентил [14]

Вентили се постављају на цевоводне системе индустријских предузећа, као и у стамбеним зградама, пољопривредним комплексима али се у суштини њихова примена своди на то да се користе где је год потребна контрола над током материјала унутар цевовода.

Електромагнетни вентили за воду су уређаји помоћу којих се може даљински искључити или отворити проток воде у цевоводу. Ови уређаји се зову електромагнетски, јер за свој рад користе електромагнетски намотај (соленид). Постоји неколико врста таквих уређаја и свака има своје карактеристике и разлике у принципима рада.

Ако је постало неопходно искључити (прекинути) проток транспортованог медија, импулс се шаље из контролног апарата. Као резултат овог сигнала, „средина“ (блокатор) компоненте пада или расте (то зависи од врсте производа) и блокира проток воде. Након нестанка напона, средина се враћа и кретање се наставља.

Вентили се користе у различитим окружењима и имају индивидуалне показатеље притиска и температуре. Избор модела треба да одговара карактеристикама околине, иначе уређај неће трајати дуго и услед његовог рада може доћи до појаве неправилности у раду.

Електромагнетни вентили (његови типови) се могу поделити у две главне категорије, које се разликују по принципу рада механизма укључивања и искључивања:

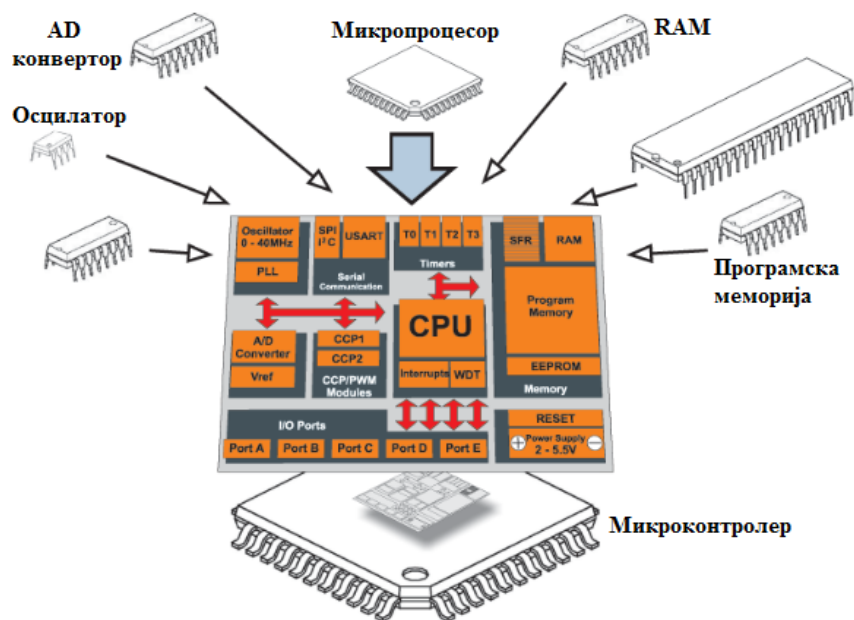
- директна акција,
- пилот акција.

По типу калема, уређаје делимо на:

- стална струја - намотај таквих уређаја има малу снагу електромагнетног поља.
- наизменична струја - јачина електромагнетног поља је велика и такви уређаји се углавном користе код ценовода где би хаварија била веома опасна уколико се појави отказ уређаја.

2.4 Микроконтролер

Микроконтролер је “мали рачунар” смештен у једном чипу. Микроконтролер садржи микропроцесор, али поред микропроцесора микроконтролер садржи и RAM меморију, програмабилну меморију, аналогно-дигитални конвертор, дигиталне улазе и излазе, интерфејсе, осцилатор и друга кола. [15]



Слика 7 – Приказ микроконтролера [15]

За разлику од микропроцесора, који је пројектован за рад у персоналном рачунару, микроконтролер је пројектован за уградњу у различите уређаје и системе где има дефинисану намену па се овакви „мали рачунари” називају и наменски (*embedded*) рачунари. Микроконтролер користи ограничен скуп једно-бајтних или дво-бајтних инструкција које се користе за прибављање програма и података из интерне меморије. Велики број улазно-излазних пинова микроконтролера се може користити за више намена што се софтверски дефинише.

Микроконтролер комуницира са спољним светом (прибавља и предаје податке) преко својих пинова, при чему је архитектура и скуп инструкција пројектован за манипулисање подацима обима бајт или бит. [16]

Израз "микроконтролер" каже да је овај уређај развијен за контролу објеката и процеса. Због тога микроконтролерски чип садржи различите додатне компоненте као што су тајмери, A/D – D/A (аналогно-дигитални, дигитално-аналогни) претварачи, напонски регулатори, PWM (*Pulse Wide Modulation* – Импулсно ширинска модулација) генератори, као и разни комуникациони интерфејси. [17]

Класификација микроконтролера по архитектури се може поделити у две, *Von Neumann* (Фон Нојманова) и *Harvard* (Хардвардска) архитектуре. Микроконтролер развијен помоћу прве архитектуре има заједничку меморију за чување података и програма и као последицу тога, заједничку магистралу за пренос адреса инструкција и података. Харвард архитектура се разликује од Фон Нојманове архитектуре, она има одвојене меморијске јединице за похрањивање програма и података и сабирнице за пренос адреса инструкција и података. Харвард архитектура омогућава да се достигне већа брзина преноса података.

Класификација микроконтролера према скупу инструкција је подељена у две групе. Постоје микроконтролери који припадају групи рачунара са смањеним скупом инструкција (*RISC – Reduced Instruction Set Computer*) и микроконтролери који припадају групи рачунара са сложеним скупом инструкција (*CISC – Complex Instruction Set Computer*). [17]

3. Систем за наводњавање земљишта

У овом поглављу рада биће приказана анализа и развој концепта система за наводњавање земљишта. На почетку ће бити обрађена тема која се бави дефинисањем потребних компоненти као и кратак опис истих, а затим и приказ целокупног система као функционалне целине.

Битно је напоменути да је реч о концепту наведеног система и да би за његову реалну примену, тј. реализацију, било потребно потражити савете и других релевантних струка, као што су: агрономија, механика, хемија, биологија и друге сродне области.

3.1 Анализа и дефинисање компоненти

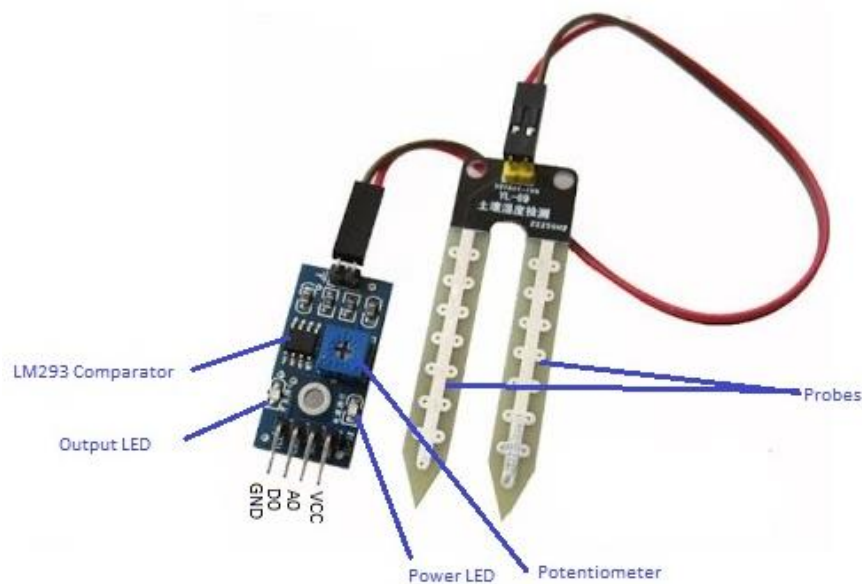
Током саме анализе потребно је детаљно проучити и разумети начин функционисања једног оваквог система. Сама анализа у овом случају се своди на разматрање потреба и захтева који се преставаљају једном оваквом систему. Након спроведене анализе може се приступити наредном кораку унутар којег се врши дефинисање потребних компонената наведеног система.

Потребне компоненте једног оваквог система су:

- Сензор влажности земљишта
- Мотор једносмерне струје
- Релејни модул
- Извор напајања
- Електромагнетни вентил
- Управљачки модул (микроконтролер и развојно окружење)

Концепт система, односно његово дефинисање, се односи на две области – електронску и софтверску.

Приликом анализе потреба нашег система за сензором влажности земљишта одабран је сензор ознаке FC-28. Сензор је намењен за рад при напону од 3.3 V до 5 V, док струја не прелази максималних 35 mA. Овај сензор пружа могућност слања како дигиталних тако и аналогних сигнала према управљачком модулу. Аналогни сигнал се налази у опсегу од 0 V до 5 V (исти напон као и напон напајања), док се дигиталним сигналом преносе логичке вредности – логичка јединица или логичка нула.



Слика 8 – FC-28 сензор [18]

Пинови наведеног сензора су:

- V_{CC} – Пин путем којег се врши напајање модула
- $A0$ – Пин који је намењен за аналогни излаз са сензора
- $D0$ – Пин који је намењен за дигитални излаз са сензора
- GND – Пин путем којег се доводи уземљење модулу

Сам модул поседује потенциометар који служи за подешавање вредности које се потом упоређују коришћењем LM393 компаратора, као и аналого-дигитални конвертор.

Уколико желимо да користимо аналогни режим рада наведеног модула ту је битно напоменути да ће сензор слати вредност параметра у опсегу од 0-1023 управљачком модулу.

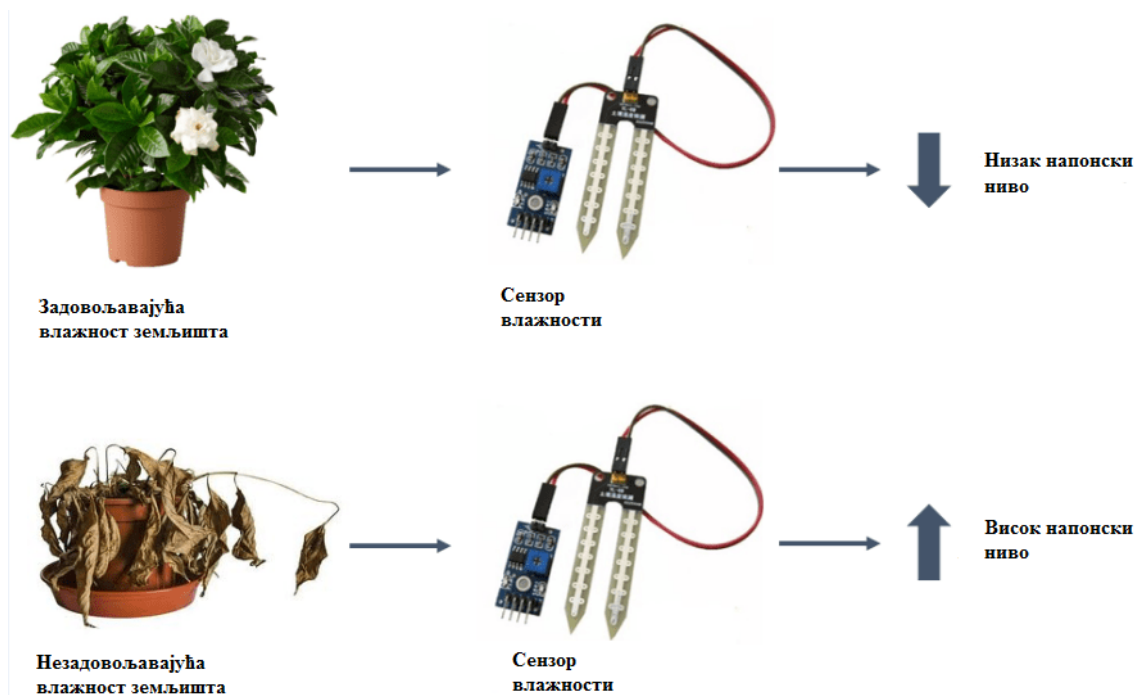
Тај податак нам говори да је потребно мапирати добијену вредност тако да она одговара процентуалном опсегу од 0 % до 100 %.

Када користимо дигитални режим рада наведеног модула важно је правилно подесити LM393 компаратор. На основу тог параметра компаратора и добијене вредности приликом читавања сензора, модул ће генерисати дигитални сигнал – у опсегу од 0 V до 5 V где се логичка јединица представља као напонски ниво од 5 V док се логичка нула представља напонам од 0 V. Генерисање логичке јединице се добија када је вредност добијена од стране сензора већа од вредности параметра који је подешен на компаратору.

Већина сензора влажности тла дизајнирана је за процену количине воде у земљишту на основу диелектричне константе (пропусности за расути део тла) у земљишту. Диелектрична константа може се сматрати способношћу тла да преноси електричну енергију. Диелектрична константа тла расте како се повећава садржај воде у тлу. Тај одговор настаје из чињенице да је диелектрична константа воде много већа од осталих компоненти тла, укључујући ваздух. Дакле, мерење диелектричне константе даје предвидљиву процену садржаја воде. [19]

Укратко, када има воде тло ће проводити више електричне енергије што значи да ће бити и мањег отпора. Због тога ће ниво влаге бити већи. Суво тло слабо проводи струју, па када је мање воде, тло ће проводити мање електричне енергије што значи да ће бити и већи отпор. Због тога ће ниво влаге бити нижи. Аналогна читавања ће се разликовати у зависности од напона који се користи, као и од резолуције аналого-дигиталног конвертора. [20]

На слици испод је приказан уопштени принцип рада сензора влажности земљишта као и његовог излаза – вредност која се шаље управљачком модулу на основу саме влажности тла.



Слика 9 – Принцип рада сензора [20]

На основу горе наведеног можемо закључити да се целокупно покретање осталих компоненти система врши као резултат мерења сензора. Уколико је влажност земљишта задовољавајућа – систем ће мировати док у супротном систем почиње са активацијом осталих компоненти – мотори једносмерне струје се активирају и они постављају распршиваче на позицију за њихов рад (изнад површине земљишта). Затим се електромагнетни вентил активира и он омогућава проток воде путем цеви све до распршивача.

Након одабира одговарајућег сензора, врши се одабир мотора једносмерне струје. Како је реч о концепту наведеног система, одабран је једноставан мотор који служи за демонстративни приказ принципа рада – покретање наведеног елемента.



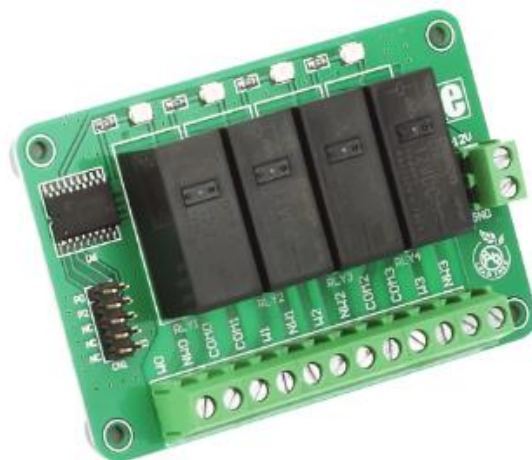
Слика 10 – Коришћени мотор једносмерне струје

Реч је о мотору једносмерне струје чији је радни напон 12 V. Главна улога наведеног мотора у једном оваквом систему је да се помоћу њега распршивачи доведу у одговарајући положај – у зависности да ли је потребно извршити заливање површине или не. У конкретном примеру његовог коришћења није коришћен ни један напредни додатни модул у виду контроле позиције осовине мотора тј. модул путем којег би вршили управљање пређеног пута осовине. Уколико би се систем касније унапређивао, то би била прва ставка која би се морала имплементирати у виду давача положаја или сензорског уређаја као што је енкодер.

Смер окретања мотора као и његово покретање се врши коришћењем релејног модула ознаке *Relay4 Board*. Овај модул се користи као додатни елемент за повезивање развојног окружења са уређајима веће потрошње.

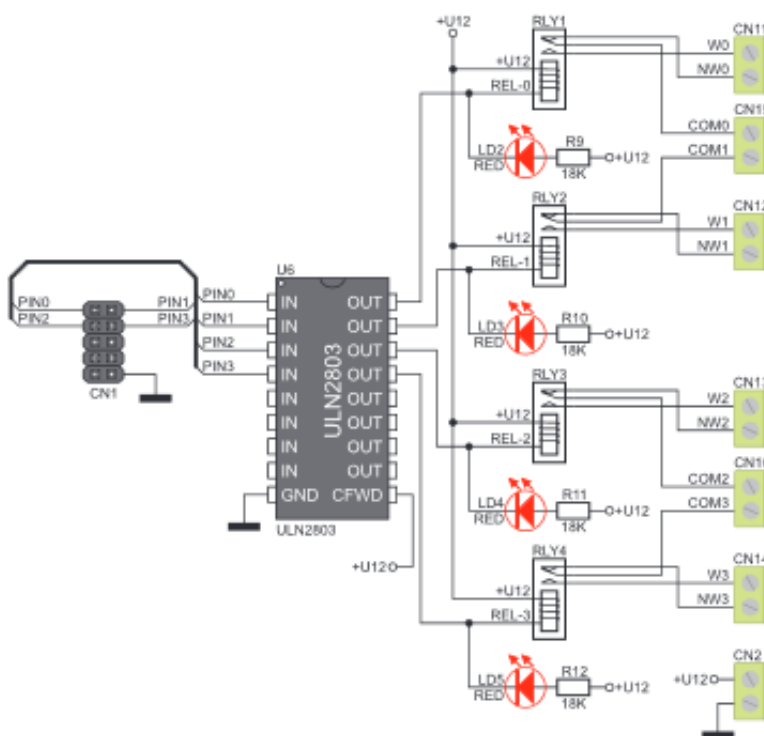
Његове карактеристике су следеће:

- Поседује 4 релеја
- Напон на релејним контактима од 250 V (максимално)
- Струја на релејним контактима од 16 A (максимално)
- Напајање напоном од 12 V



Слика 11 – Relay4 board [21]

Такође је битно напоменути да компонента поседује и ULN2803 са 8 Дарлингтон споја који служе за активирање самих релеја. Активација жељеног релеја се врши слањем одговарајућег сигнала од стране микроконтролера и потом се коришћењем екстерног напајања од 12 V одабрани релеј активира (у пракси се највише сусрећемо са изразом - „шкљоца“). За повезивање са развојним окружењем користи се *IDC10* конектор.



Слика 12 – Шема Relay4 board [21]

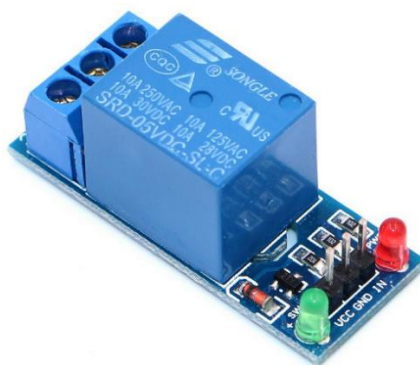
Када је реч о екстерном напајању, користили смо пуњач аутомобилских акумулатора. Максимална струја коју уређај може генерисати је 4.4 А што задовољава наше потребе, односно не прелази максималних 16 А колико је могуће да један релеј проведе без последица по његову функционалност.



Слика 13 – Пуњач акумулатора [22]

Одабир оваквог напајање је заснован на томе да коришћени мотор једносмерне струје ради при напону од 12 V што је уједно и радни напон горе наведеног пуњача.

Што се тиче управљања електромагнетним вентилом, како је реч о концепту, користили смо елемент који је по начину рада веома сличан претходно описаном. Реч је о релеју који ради при напону од 5 V да бисмо могли директно управљати његовим радом. Активација наведеног релеја се врши путем пина са развојног окружења без икаквих спољашњих компоненти, јер наведени пин као излазни напон има вредност 5 V.



Слика 14 – Релеј [23]

Овај наведени релеј има индикацију која нам говори да ли је релеј у радном или мирном режиму. Његова активација представља симулацију активирања електромагнетног вентила односно пуштање протока воде кроз цеви и обрнуто.

Када је реч о управљачком модулу, коришћени су производи компаније *MikroElektronika*:

- *UNI-DS6* – развојно окружење
- *mikroBoard for PIC 40-pin with PIC18F4520*

UNI-DS6 представља универзално развојно окружење за седам различитих архитектура микроконтролера. Опремљена је разним модулима који корисницима пружају широк спектар могућности приликом коришћења исте.



Слика 15 – UNI DS6 [24]

mikroBoard (слика 16) је минијатурни развојни алат који служи за повезивање микроконтролера са развојним окружењем. Главна намена је коришћење као микроконтролерске картице за наведено развојно окружење.



Слика 16 – mikroBoard [25]

За повезивање користи два двoredна 40-пинска конектора, док се уједно на самом модулу налази и програматор који се директно користи и за програмирање одабраног микроконтролера.

У овом раду смо користили PIC18F4520 микроконтролер. Овај микроконтролер је 8-битни и базиран је на *RISC* архитектури. Поседује 256 бајтова *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* - Електронска избрисљива програмабилна само читљива меморија) меморије као и 1536 бајта *RAM* (*Random Access Memory* – Меморија са случајним приступом) меморије. Такође се унутар њега налазе два 10-битна *AD* конвертора са 13 канала и велики број комуникационих интерфејса. [26]



Слика 17 – PIC18F4520 [26]

3.2 Управљање системом

Пре саме израде софтвера управљања, потребно је одабрати помоћу којих програма и програмског језика се софтвер креира. У овом случају користи се интегрисано развојно окружење *mikroC PRO for PIC* као и програмски језик *mikroC*, производи компаније *MikroElektronika*. Такође се користи софтвер *mikroProg Suite for PIC* који служи за програмирање самог микроконтролера.

Након тога можемо кренути са конкретном изградом самог софтвера управљања. На почетку вршимо одабир и дефинисање пинова микроконтролера који се користе.

Пинови *D0*, *D1*, *D2* и *D3* се користе за активирање релеја који покрећу рад мотора и они се уједно подешавају као излазни пинови микроконтролера. Комбинација пинова *D0* и *D1* покрећу мотор у једном смеру, док комбинација пинова *D2* и *D3* покрећу мотор у другом (супротном) смеру.

Пин *C0* се користи такође као излазни пин микроконтролера који служи за активирање електромагнетног вентила, у овом случају релеја.

Пин *A2* се подешава као аналогни улаз аналого-дигиталног конвертора на његовом другом каналу (*CH2*). Овај пин служи за добијање аналогне вредности параметра влажности земљишта приликом читавања сензора те намене. Као што се може закључити, користи се аналогни излаз тог сензора као аналогни улаз *AD* конвертора управљачког модула.

Да би се горе наведени пинови подесили на начин који је наведен потребно је користити следећи изворни код:

ANSEL = 0x04

TRISA = 0xFF

TRISC = 0

TRISD = 0

Прва линија кода служи за конфигурисање другог канала *AD* конвертора, док се остале линије кода користе за подешавање намена самих пинова – пинови који се налазе на порту *A* се користе као улазни док се пинови порта *C* и *D* користе као излазни.

Након завршеног подешавања, може се почети са израдом самог софтвера управљања.

Очитавање вредности параметра влажности који се добија од стране сензора се очитава коришћењем функције *ADC_Read*, и потом се та вредност конвертује у процентуални облик.

Испод је приказан упрошћени део кода који се користи за наведену операцију:

```
sensor_analog = ADC_Read(2)
vlaznost = (sensor_analog * 100) / (1023)
```

Принцип рада система који се обрађује у овом раду је такав да уколико је влажност земљишта испод одређене границе – у овом случају испод 15 %, систем почиње са својим активним режимом рада. То значи да се покреће мотор једносмерне струје одређени период – у овом случају 3 секунде, што представља време које је потребно да распршивач достигне одређену позицију изнад земљишта. Након тога се електромагнетни вентил активира што уједно значи да се проток воде под притиском омогућава. Битно је напоменути да се мотором управља временски и време које је наведено је само дато као пример за начин коришћења.

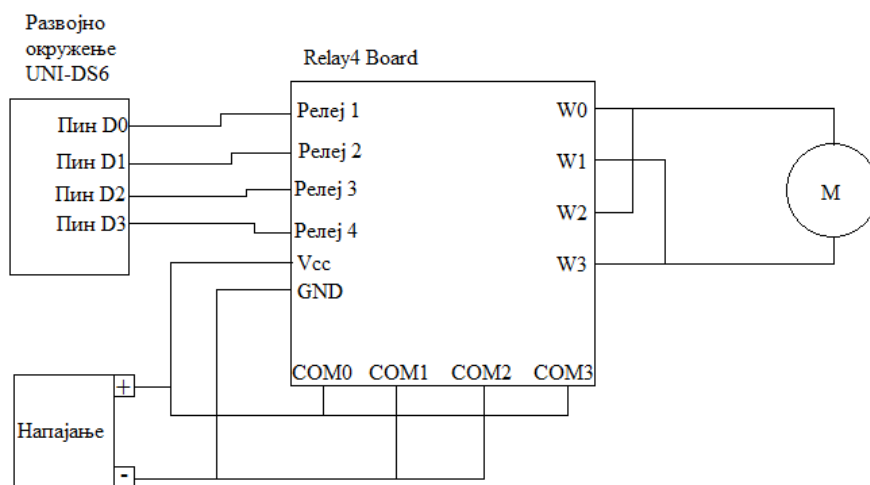
```
if(vlaznost < 15.0 && flag == 0){
    RD0_bit = 1;
    RD1_bit = 1;
    Delay_ms(3000);
    RD0_bit = 0;
    RD1_bit = 0;
    Delay_ms(2000);
    RC0_bit = 1;
    flag = 1; }
```

Уколико је влажност земљишта током активног режима достигла вредност преко 75 %, тада систем креће са другим начином (режимом) рада. Електромагнетни вентил се деактивира и уједно се проток воде зауставља. Након тога следи покретање мотора али у овом случају је то кретање у супротном смеру у односу на први режим рада – распршивач се враћа испод површине земљишта.

```
else if(vlaznost > 75.0 && flag == 1){
    RC0_bit = 0;
    Delay_ms(2000);
    RD2_bit = 1;
    RD3_bit = 1;
    Delay_ms(3000);
    RD0_bit = 0;
    RD1_bit = 0;
    flag = 0;}
```

Променљива *flag* служи за памћење последњег стања система – да ли је систем претходно био покренут или је мировао (мисли се на покретање мотора и вентила).

На сликама испод је приказана шема повезивања одабраних пинова за покретање мотора као и ожичење самог система коришћењем рејелног модула.



Слика 18 – Шема повезивања



Слика 19 – Реализовано ожичење

За све остале случајеве где се вредност влажности налази у опсегу од 15 % до 75 %, систем наводњавања мирује али управљачки модул ради и очитава тренутну вредност сензора влажности. Када се догоди задовољавајући услов, систем почиње са горе описаним начином функционисања.

Битно је такође напоменути да систем, односно управљачки модул, ради у бесконачној петљи од тренутка када се он покрене. То значи да је сам алгоритам потребно побољшати тако да он има контролне функције које проверавају у ком стању је систем пре искључења остао – да ли је распршивач изнад или испод површине земљишта. То је могуће решити и додавањем додатних електронских компоненти које би вршиле испитивање положаја и стања како распршивача тако и електромагнетног вентила – протока воде.

4. Закључак

Овај дипломски рад описује развој концепта система управљања за наводњавање земљишта. Током рада концепт је у потпуности анализиран и објашњен и сама реализација појединих делова наведеног система је изведена и описана. Сама идеја израде једног оваквог система настала је из реалних потреба пољопривредних газдинстава, како би се њихов начин тренутног наводњавања што више унапредио и уједно олакшао. Пре свега мисли се на смањење потребног времена човековог обављања овог посла тако што би се сам процес што више аутоматизовао. Такође, концепт оваквог система требало би да допринесе и смањењу потрошње воде, што у комбинацији са горе наведеним временом ствара додатни бенефит коришћења једног оваквог система. Са еколошке стране могло би се посматрати у виду смањења прекомерне употребе разних додатака приликом пољопривредне производње јер би систем допринео правилном развоју биљака. Ту се пре свега мисли на пажљиво наводњавање биљних култура сходно фазама њиховог развоја и напретка.

У раду се користе елементи који су послужили приликом израде идеје наведеног система који би у даљем развоју и унапређењу система били пажљивије одабрани. То би довело до смањења цене једног оваквог система, а уједно би допринело и смањењу трошкова одржавања истог. Смањење би уједно значило и већу доступност како средњим тако и малим пољопривредним газдинствима.

Унапређење система који је објашњен у овом раду би се највише огледало у промени начина управљања моторима као и додавању додатних контролних елемената – разних сензора и заштитних уређаја. При изради овог дипломског рада није вођено рачуна о стандардизацији делова система, тако да буде испуњен захтев за водоотпорношћу до оређених граница, тако да је и то једно од накнадних унапређења, према захтеву корисника.

Систем пружа широке могућности када је реч о његовој улози односно веома брзо се може унапредити или побољшати тако да одговара одређеним захтевима. Такође се његова намена може проширити додавањем нових компонената које би допринеле да један овакав систем поред наводњавања нуди и друге могућности коришћења.

Литература

- [1] Силва Оторепец: Агрометеорологија, Научна Књига , Београд 1991.
- [2] Мерење влажности земљишта, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://t-pam.rs/merni-instrumenti/watermark-meter.html>
- [3] Soil Moisture Sensor, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<http://www.electronicwings.com/sensors-modules/soil-moisture-sensor>
- [4] Сензори влажности, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/senzori-vlaznosti.html>
- [5] Мерење влажности земљишта, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
http://arhiva.nara.ac.rs/bitstream/handle/123456789/227/PT_04-2008-Radi%C4%8Devi%C4%87.pdf
- [6] Moisture Sensor Kit Instructions, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://docs.losant.com/getting-started/losant-iot-dev-kits/moisture-sensor-kit/>
- [7] DC Motors, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
http://uav.ece.nus.edu.sg/~bmchen/courses/EG1108_DCmotors.pdf
- [8] DC Motor Brushless SM57L114, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://www.directindustry.com/prod/smart-motor-devices/product-72050-698455.html>
- [9] Машине једносмерне струје, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<http://www.rgf.rs/predmet/RO/V%20semestar/masine%20i%20uredjaji%20za%20eksploataciju%20nafte%20i%20gasa/Predavanja/8-1%20MASINE%20JEDNOSMERNE%20STRUJE.pdf>
- [10] Електричне машине, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
http://www.keep.ftn.uns.ac.rs/predmeti/masinski_4g_PrimenaPLC_u_meh/PPuM%20-%20ppt%20pogoni%20-%20jednosmerne.pdf
- [11] Жељко Ђуровић, Бранко Ковачевић: Системи аутоматског управљања, Академска мисао, Београд 2009.
- [12] DC Електромотори, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://www.automatika.rs/baza-znanja/mehatronika/dc-elektromotori.html>
- [13] Електромагнетски вентили, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://srp.subhaconstruction.com/jelektromehaniceskij-klapan-dlja-vody.php>
- [14] Електромагнетни вентили, Приступљено: 16.10.2019. године, линк:
<https://www.aniton.si/text/13446211-150.html>
- [15] Микроконтролери, Приступљено: 17.10.2019. године, линк:
<http://tnt.etf.bg.ac.rs/~oo1ue/predavanja/P6.pdf>
- [16] Развојни систем за микроконтролер PIC16, Приступљено: 17.10.2019. године, линк:
<http://es.elfak.ni.ac.rs/Papers/Razvojni%20sistem%20za%20PIC16F877A.pdf>

- [17] Algirdas Baškys: Microcontrollers, Technika, Vilnius 2012.
- [18] Arduino and Soil Moisture Sensor, Приступљено: 17.10.2019. године, линк:
<http://www.circuitstoday.com/arduino-soil-moisture-sensor>
- [19] Arduino Soil Moisture Sensor, Приступљено: 17.10.2019. године, линк:
<https://www.instructables.com/id/Arduino-Soil-Moisture-Sensor>
- [20] Project 036a Soil Moisture Sensor, Приступљено: 17.10.2019. године, линк:
<http://acoptex.com/project/179/basics-project-036a-soil-moisture-sensor-yl-69-fc-28-or-hl-69-at-acoptexcom>
- [21] Relay4 Manual, Приступљено: 17.10.2019. године, линк:
<https://download.mikroe.com/documents/add-on-boards/other/miscellaneous/relay4/relay4-manual-v100.pdf>
- [22] Направите једноставан пуњач акумулатора, Приступљено: 18.10.2019. године, линк:
<https://www.automatika.rs/projekti/napravite-jednostavan-punjac-olovnih-akumulatora.html>
- [23] Single Channel 5V Relay Module COM411, Приступљено: 18.10.2019. године, линк:
<https://www.faranux.com/product/5v-single-channel-relay-module-board>
- [24] UNI-DS6 User Manual, Приступљено: 18.10.2019. године, линк:
<https://download.mikroe.com/documents/full-featured-boards/universal/unids-v6/unids-v6-manual-v100.pdf>
- [25] mikroBoard for PIC 40-pin Manual, Приступљено: 18.10.2019. године, линк:
<https://download.mikroe.com/documents/full-featured-boards/universal/unids-v6/unids-v6-mikroboard-pic-40pin-manual-v100.pdf>
- [26] PIC18F2420/2520/4420/4520 Data Sheet, Приступљено: 19.10.2019. године, линк:
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39631a.pdf>