

**PLC ПРОГРАМ ЗА УПРАВЉАЊЕ ЕЛЕКТРОМОТОРНИМ ПОГОНИМА ВЕЛИКЕ  
CHAGE****PLC PROGRAM FOR CONTROL OF HIGH POWER ELECTRIC MOTOR DRIVES**

Илија Гелић, Дејан Јеркан, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У овом раду детаљно су обрађена три електромоторна погона топлане на природни гас. Описан је начин избора одговарајућег фреквентног регулатора, сензора и програмабилног логичког контролера за сваки електромоторни погон посебно. Такође, у практичном делу рада формиран је и образложен лествичасти дијаграм за управљање електромоторним погонима топлане на природни гас.

**Кључне речи:** Асинхрони мотор, Фреквентни регулатор, Сензори, PLC, Siemens S7.

**Abstract** – In this paper, three electric motor drives of a nature gas heating plant are discussed in detail. The method of selecting of appropriate frequency converter, sensors and PLC for each electric motor drive is described. Also, in the practical part of the paper, a ladder diagram for controlling the electric motor drives of a natural gas heating plant was formed and explained.

**Keywords:** Induction motor, Frequency converter, Sensors, PLC, Siemens S7.

## 1. УВОД

PLC контролери уводе се у индустрију због повећања поузданости и сигурности производног процеса, такође због смањења трошкова производње уз обезбеђивање високог квалитета производа и могућност брже преоријентације производње према захтевима потрошача и тржишта.

У овом раду обрађена су три практична примера савременог електромоторног погона топлане на природни гас. Електромоторни погони који се разматрају су: вентилатор свежег ваздуха котла, вентилатор рецикулације димних гасова и рецикулациона пумпа котла.

Поглавље три представља теоријске основне структуре и принцип рада фреквентног регулатора, од самог почетка па до садашњости. Такође, представиће се како се врши подешавање параметара фреквентног регулатора.

Затим, у поглављу четири описани су програмабилни логички контролери на које се ставља посебан фокус, јер они представљају мозак сваког индустријског процеса. Представиће се основни делови и принцип

## НАПОМЕНА:

Овај рад је настао на основу мастер рада чији је ментор био др Дејан Јеркан, доцент.

рада PLC, као и предност њихове примене у савременим електромоторним погонима.

Као што је већ речено тема овог рада су три независна електромоторна погона, тако да се практичан део рада фактички састоји из три целине, задатка. Сваки задатак пред собом има следеће захтеве: избор адекватног фреквентног претварача и подешавање параметара, одабир и подешавање сензора за мерење величина асинхроног мотора и избор и програмирање PLC-а, односно писање управљачког лествичастог дијаграма за сваки погон посебно.

## 2. ЕЛЕКТРОМОТОРНИ ПОГОНИ У ТОПЛАНИ НА ПРИРОДНИ ГАС

### 2.1. Вентилатор свежег ваздуха котла

Вентилатор свежег ваздуха котла покреће асинхрони мотор, а његову брзину обртања контролише и задаје фреквентни регулатор који је преко комуникације повезане са програмабилним логичким контролером. PLC надзире све мерене величине и параметре и на основу добијених резултата шаље сигнал фреквентном регулатору шта да уради са брзином обртања асинхроног мотора. Конкретно мисли се на следеће, ваздух за сагоревање природног земног гаса усисава се из вентилаторског простора, где је смештен вентилатор свежег ваздуха котла и то тако што се усисава кроз решетке на фасади просторије. Зависно од оптерећења котла регулише се рад вентилатора и количина ваздуха која се убацује у ложиште котла.

### 2.2. Вентилатор рецикулације димних гасова

Вентилатор рецикулације димних гасова, такође покреће асинхрони мотор чијом брзином обртања управља фреквентни регулатор, а фреквентни регулатор команду добија од PLC-а који управља целокупним погоном. Да би се у котлу омогућило континуално одвијање процеса сагоревања, потребно је осим поменутих процеса довођења горива и убацивања ваздуха у ложиште котла, одводити из котла димне гасове. Димни гасови настају као нежељено дејство приликом сагоревања природног гаса и уколико би дошло до нагомилавања поменутих гасова, односно ако не би било вентилатора рецикулације димних гасова који има задатак да их избаци из ложишта котла, приликом поновног паљења котла дошло би до експлозије у самом котлу.

### 2.3. Рецикулациона пумпа котла

Задатак рецикулационе пумпе котла јесте да „гура“ воду кроз котла, односно кроз сложен систем грејача

што за rezultata даје повећање температуре воде на жељену вредност која је задата преко PLC-a. Након достигнуте температуре воде која је задата преко PLC-a. Веома је битно да рециркулациона пумпа котла буде поуздана и да технолози који раде у топлани знају у сваком тренутку шта се дешава у самом котлу. Уколико би се десило да вреловодни котао приликом свог рада, односно када су укључени грејачи дужи временски период нема доток воде у систем, односно из неког разлога рециркулациона пумпа не ради исправно, врло лако може доћи до оштећења котла због превелике температуре или у најгорем случају до хаварије.

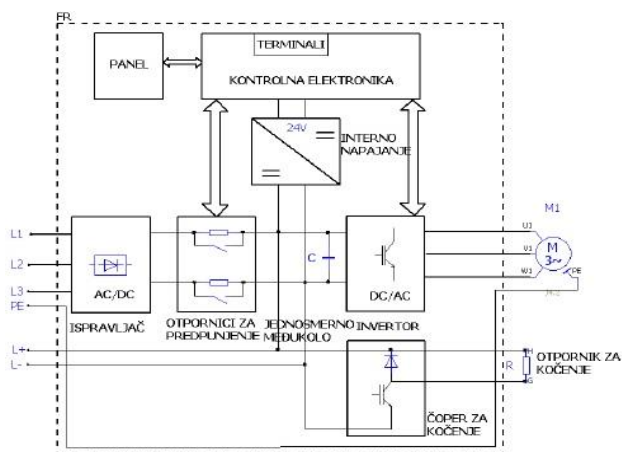
### 3. ФРЕКВЕНТНИ РЕГУЛАТОР

Развојем и падом цена компоненти енергетске електронике постало је могуће ефикасно и јефтино регулисати брзину обртања асинхроног мотора помоћу енергетских претварача фреквенције и напона. Фреквентни регулатори су електронски уређаји који омогућавају управљање брзином обртања и регулацију асинхроних трофазних и синхроних мотора. Брзина асинхроног мотора је пропорционална фреквенцији примењеног напона па је из тог разлога за промену брзине потребно мењати фреквенцију, што за последицу има промену напона, а ту могућност нам пружа фреквентни регулатор.

Фреквентни претварачи претварају мрежни напон константне амплитуде и фреквенције у излазни напон жељене амплитуде и фреквенције. Такође, флуks у машини је пропорционалан односу амплитуде и фреквенције улазног напона тако да је за контролу флуksа и момента потребно уз фреквенцију мењати у амплитуду напона.

#### 3.1. Главни елементи фреквентног регулатора

На наредној слици (1) приказана је интерна структура фреквентног регулатора, коју чине; исправљач, једносмерно међуколо, инвертор и електронско управљачко коло.



Слика 1. Интерна структура претварача

Исправљач је прва компонента енергетског претварача и директно је прикључен на мрежни напон константне амплитуде и фреквенције. Могу бити конструисани за једнофазни и трофазни напон, али и овом мастер раду акценат стављамо на трофазне. На основу ове чињенице може бити неуправљив (диоде),

полууправљив (комбинација диода и тиристора) и управљив (тиристор).

Једносмерно међуколо можемо представити као скадиште из кога мотор „извлачи“ енергију кроз инвертор. Служи за стабилизацију и прилагођење исправљене величине на излазу исправљача ка инвертору. Међуколо може бити изведено на два начина; напонски и струјно.

Инвертор је последњи елемент енергетског претварача пре мотора и позиција где се одвија завршно прилагођавање излазног напона. Главни елементи инвертора су контролисани полупроводници, који су постављени у парове, а ти парови формирају три паралелне гране.

Управљачко коло извршава четири веома битна поступка која су неопходна за правилан рад фреквентног регулатора. Дакле, управљачко коло управља полупроводницима фреквентног регулатора, размењује податке између претварача и периферних уређаја, сакупља информације о стању погона и остварује заштитне функције за фреквентни регулатор и мотор који покреће.

### 4. ПРОГРАМАБИЛНИ ЛОГИЧКИ КОНТРОЛЕР

Програмабилни логички контролер је микроконтролерски систем у коме су хардвер и софтвер специјално адаптирани индустријском окружењу. PLC је дефинисан као дигитални електронски уређај који користи програмабилну меморију за памћење наредби којима се захтева извођење специфичних функција, као што су логичке функције, секвенцирање, пребројавање, мерење времена и израчунавање, у циљу управљања различитим машинама и процесима.

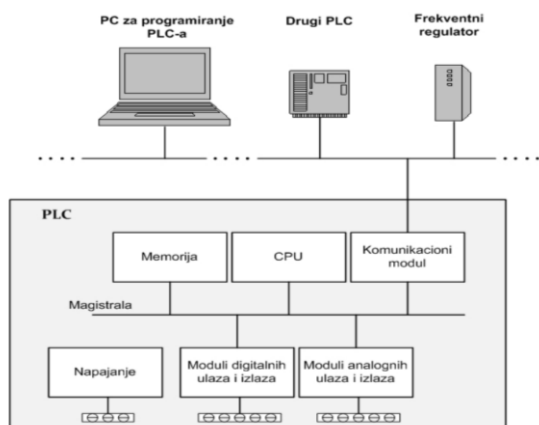
Програмабилни логички контролер као и сваки рачунар има оперативни систем, али је он знатно мањих могућности од оперативних система опште намене. Оперативни систем PLC-a подржава разне облике комуникационих протокола, а неки од њих су: RS485, PROFIBUS, MODBUS, TCP/IP, ... Због тога је могуће извести повезивање програмабилних логичких контролера и централног рачунара ради управљања индустријским процесима на даљину.

#### 4.1. Основна конфигурација PLC контролера

На слици 2. налази се основна конфигурација програмабилног логичког контролера.

Главни елементи PLC контролера су: централна процесорска јединица (CPU), меморија за програм и податке, комуникациони део, напајање, улазни део (дигитални и аналогни), излазни део (дигитални и аналогни) и део за проширење.

Основа рада програмабилног логичког контролера заснива се на континуалном скенирању програма. Под скенирањем се подразумева пролаз кроз све услове у дефинисаном временском интервалу. Процес скенирања састоји се из пет независних фаза које заједно представљају скен циклус. Поменуто фаза скенирања су: провера статуса улаза (улазни скен), извршење програма (програмски скен), провера и измена статуса излаза (излазни скен), опслуживање комуникационих портова и самотестирање.

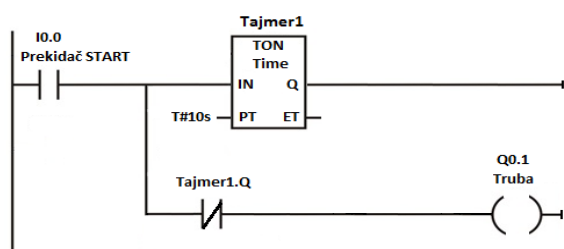


Слика 2. Основна конфигурација PLC-а

#### 4.2. Лествичаста дијаграм PLC контролера

Лествичаста дијаграм састоји се од једне вертикалне линије која се налази на левој страни и низа линија које се гранају према десном делу. Линија са леве стране назива се bus bar, а линије које се гранају на десно називају се линије инструкција. Дуж линија инструкција смештени су услови који воде до инструкција позиционираних на десном крају дијаграма.

Када и на који начин се инструкција на десној страни извршава одређује логичка комбинација услова. Најважније групе елемената које се користе за формирање лествичастих дијаграма су: контакти, излази и блокови. Контакти могу бити нормално отворени или затворени, а излази репрезентују логички излаз, односно стање излазних уређаја док блокови репрезентују тајмере, бројаче, итд. На слици (3) која следи налази се пример једног лествичастог дијаграма.



Слика 3. Пример лествичастог дијаграма

### 5. РЕАЛИЗАЦИЈА ПРАКТИЧНОГ ДЕЛА РАДА

Пројектни задатак мастер рада састоји се из три целине, односно обрађена су три посебна електромоторна погона комплексног постројења топлане на природни гас. У овом тренутку важно је напоменути да ће у овом раду бити представљен само један од та три задатак, односно електромоторни погон вентилатора свежег ваздуха котла.

#### 5.1. Електромоторни погон вентилатора свежег ваздуха котла

За асинхронни мотор вентилатора свежег ваздуха котла изабран је мотор произвођача „АВВ“ чији су номинални подаци: снага 160 kW, напон 400 V, фреквенција 50 Hz, струја 282 A и брзина обртања 1488 o / min.

За напајање и регулацију брзине асинхронног мотора вентилатора свежег ваздуха вреловодног котла користи се фреквентни претварач произвођача „Danfoss“ из серије „VLT Aqua Drive“ конкретно модел FC 202 који је приказан на слици (4) испод.



Слика 4. Фреквентни регулатор Danfoss FC 202

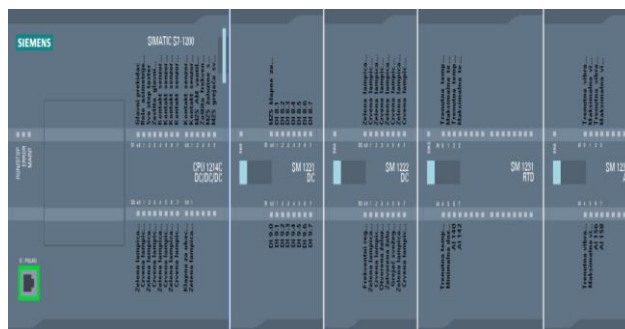
Подешавање параметара фреквентног регулатора за управљање асинхронним мотор вршимо помоћу Quick Menu опције у коју уносимо номиналне податке везане за мотор у следеће параметре:

- параметар 1-20 уписујемо 160 kW,
- параметар 1-22 уписујемо 400 V,
- параметар 1-23 уносимо 50 Hz,
- параметар 1-24 уносимо 282 A и
- параметар 1-25 уписујемо 1488 o/min.

Затим подешавамо параметар 5-12 који дефинише функцију дигиталног улаза 27. Након тога активирамо аутоматску адаптацију мотора (АМА) која се налази на параметру 1-29 која аутоматски подешава и оптимизује напредне параметре мотора.

#### 5.2. Избор и програмирање PLC-а

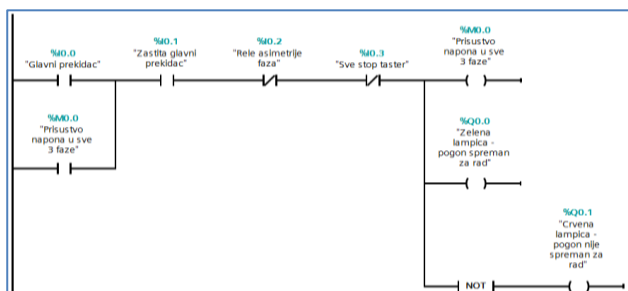
PLC који се користи у електромоторном погону вентилатора свежег ваздуха котла је компаније „Siemens“ SIMATIC S7 PLC, конкретно модел S7-1200. Централна процесорска јединица (CPU) има ознаку CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 241-1AG40-OXB0) и са својим дигиталним сигналним улазним и излазним модулима чини комплетну управљачку конфигурацију PLC-а за аутоматизацију електромоторног погона вентилатора свежег ваздуха котла. Конфигурација PLC-а за управљање поменутиим погоном приказана је на слици (5) која следи у наставку поглавља.



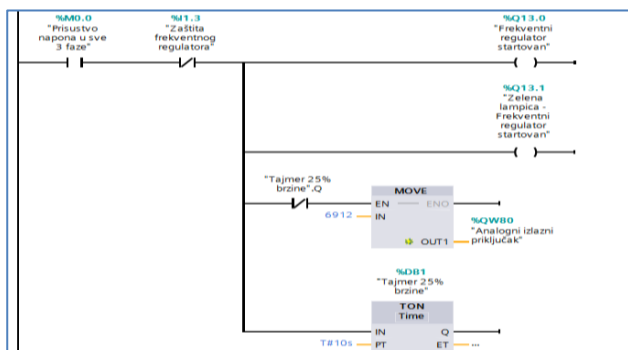
Слика 5. Конфигурација PLC-а за аутоматизацију електромоторног погона вентилатора свежег ваздуха котла

Након формирања PLC-а можемо прећи на формирање управљачког лествичастог дијаграма у програму TIA portal v13. Сада ћемо представити поједине лествичасте дијаграме управљања електро-моторним погоном вентилатора свежег ваздуха котла.

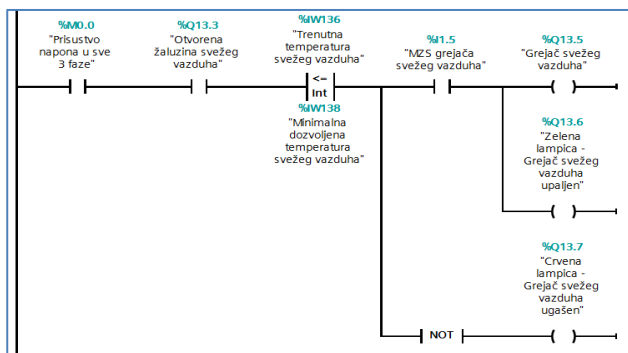
### Network 1: Присуство напона у погону



### Network 2: Стартовање фреквентног регулатора за управљање асинхроним мотором



### Network 3: Загревање свежег ваздуха котла



## 5. ЗАКЉУЧАК

У раду су приказани поступци приликом комплетне обраде једног савременог електромоторног погона, конкретно електромоторног погона вентилатора свежег ваздуха котла.

Дакле, изабран је асинхрони мотор са одговарајућим перформансама, затим је одабран адекватан фреквентни регулатор и подешени су параметри регулатора који управља брзином обртања асинхроног мотора. На крају је изабран PLC контролер и формиран је лествичасти дијаграм за комплетну аутоматизацију погона.

Написани PLC програм испуњава све потребне услове који су неопходни за безбедан, ефикасан и економичан рад приликом процеса сагоревања природног гаса у вреловодном котлу. Програмабилни логички контролери налазе све већу примену у најразличитијим областима и делатностима, као што су управљање електроенергетским системима у разним индустријским процесима.

Циљ овог рад јесте да се представе PLC системи управљања и макар делимично добије увид у квалитет и предности система који се контролишу програмабилним логичким контролерима.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Дарко Марчетић, Марко Геџић, Борис Марчетић, „Програмабилни логички контролери и комуникациони протоколи у електроенергетици“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2016.

[2] Владо Поробић, „Програмабилни логички контролери и комуникациони протоколи у електроенергетици – примери са решењима“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2017.

[3] <https://gselektro.rs/>

[4] <https://files.danfoss.com/download/Drives/MG20MD02.pdf>

[5] Веран Васић, Ђура Орос, „Енергетска електроника у погону и индустрији“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2012.

[6] <https://www.siemens.com/rs/sr/home.html>

[7] Hans Berger, „Automating with SIMATIC S7-1200: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Basic; Visualization with WinCC Basic“, Publicis Publishing, Erlangen, 2013.

[8] Србијанка Турајлић, „Програмабилни логички контролери“, Електротехнички факултет, Београд, 2011.

### Кратка биографија:



**Илија Гелић** рођен је у Новом Саду, 1993. године. Факултет техничких наука у Новом Саду уписао је 2015. године, а дипломирао је 2019. године. Мастер рад на истом факултету из области Електротехнике и рачунарства - Енергетска електроника и електричне машине одбранио је 2021. године.



**Дејан Јеркан** је доцент на Факултету техничких наука у Новом Саду, на Катедри за Енергетску електронику и претвараче. Област интересовања су му моделовање и дијагностика електричних машина, као и метода коначних елемената.