

## УПРАВЉАЊЕ ТРОФАЗНОГ АСИНХРОНОГ МОТОРА ПРЕКО ПРОГРАМАБИЛНОГ ЛОГИЧКОГ КОНТРОЛЕРА ПУТЕМ PROFINET КОМУНИКАЦИЈЕ

## CONTROLLING A THREE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR VIA PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER AND PROFINET COMMUNICATION

Владимир Тешић *Факултет техничких наука, Нови Сад*

## Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

**Кратак садржај** – У овом раду приказана је симулација рада лифта. Комуникација између PLC-а, фреквентног регулатора и HMI панела. Приказана је и PID регулација за прецизно одређивање позиције лифта.

**Кључне речи:** Асинхрони електро мотор, програмабилни логички контролер, profinet комуникација, фреквентни регулатор, pid регулација, HMI панел.

**Abstract:** This paper presents a simulation of the operation of an elevator. Communication between the PLC, frequency converter and HMI panel. PID regulation for precise determination of the elevator position is also presented.

**Keywords:** Asynchronous electric motor, programmable logic controller, Profinet communication, frequency regulator, PID regulation, HMI panel

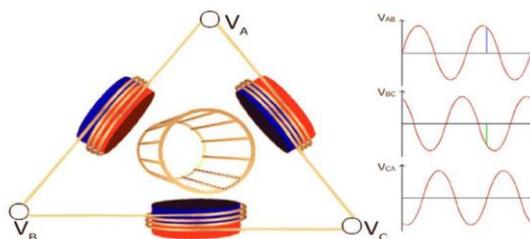
## 1. УВОД

Електро мотори су кључни део многих индустријских и свакодневних апликација широм света. За оптимално управљање асинхроних мотора, користе се фреквентни претварачи. У зависности од начина употребе, фреквентни претварач комуницира са програмабилним логичким контролером PLC-ом. PLC је индустријски рачунар који је дизајниран да поуздано управља аутоматизованим процесима. Комуникација између фреквентног регулатора и PLC-а је остварена преко profineta, индустријског etherneta. Да би могли да видимо или мењамо одређене параметре, користи се Human Machine Interface (HMI).

## 2. АСИНХРОНИ ЕЛЕКТРО МОТОРИ

Трофазне асинхроне машине су најчешће коришћене електричне машине у многим гранама индустрије. Асинхроне машине имају 2 групе делова: статор и ротор. Статор (слика 1.) се састоји од: статорског намотаја, магнетног кола и кућишта. Када се на статор

поставе три намотаја сваки са више навојака просторно померена за по  $120^\circ$  и када се кроз њих пропусте синусоидне струје истих амплитуда и фреквенција али временски померене за по трећину периоде (фазни померај је по  $120^\circ$ ), магнетопобудне силе ових намотаја ће оформити обртно магнетно поље. Ротор се састоји од: роторског намотаја, вратила и вентилатора за хлађење. Обртно магнетно поље је (у идеалном случају) по унутрашњем обиму статора (а тиме и по обиму зазора и по спољашњем обиму ротора) просторно расподељено по синусном закону тако да формира магнетне половине.



Слика 1. Структура статора [2]

## 3. ФРЕКВЕНТНИ ПРЕТВАРАЧИ

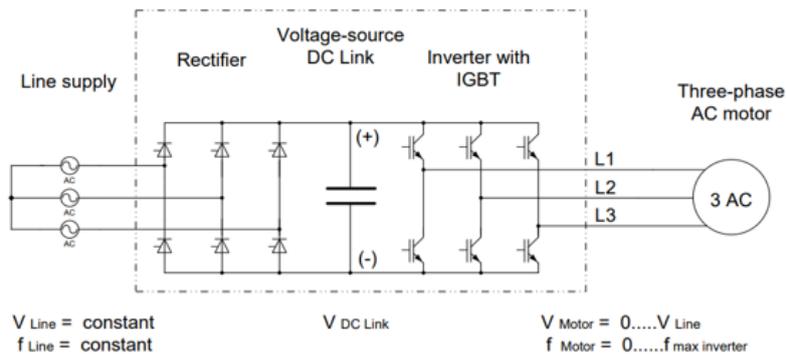
Фреквентни претварачи играју кључну улогу у претварању једносмерне струје (DC) у наизменичну струју (AC). Фреквентни претварачи VFD (енг. Variable frequency drive) је врста контролера, који покреће електро мотор мењањем фреквенције. Фреквенција је директно повезана са брзином мотора (обртаји у минути). Што је фреквенција већа, већи су и обртаји.

## 3.1. Принцип рада

Исправљач производи константни једносмерни напон  $VDCLink$ , тј. напон DC линка, који се исправља кондензаторима (слика 2.). Двостепени IGBT (енг. IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor) инвертор на излазној страни претвара напон DC линка у трофазни систем са променљивим напоном и променљивом фреквенцијом. Овај процес функционише по принципу SPWM (енг. Sine Pulse Width Modulation) модулације ширине импулса.

## НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Рајс, ванр. проф.



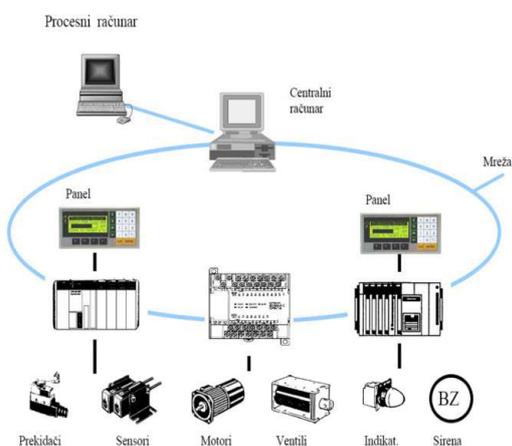
Слика 2. Унутрашња шема претварача [2]

#### 4. ПРОГРАМАБИЛНИ ЛОГИЧКИ КОНТРОЛЕРИ

Програмабилни логички контролери су индустријски рачунари, са различитим улазима и излазима, који се користе за контролу и надгледање индустријске опреме на основу прилагођеног програмирања.

##### 4.1. Улазни и излазни уређаји

Улазни уређаји чије сигнале прихвата *PLC*, могу бити аналогни или дигитални. Дигитални сигнали могу имати само стање укључено или искључено. Аналогни сигнали дају вредност од 0 до 10V или од 4 до 20 mA. Излазни уређаји на основу програма и стања на улазима, могу бити релеји, контактори, електромагнетни вентили, и други уређаји (слика 3).



Слика 3. Улазни и излазни уређаји [2]

#### 5. HUMAN-MACHINE INTERFACE HMI

*Human-Machine Interface HMI* (eng. Интерфејс, комуникација између човека и машине) је контролна табла која повезује човека са машином.

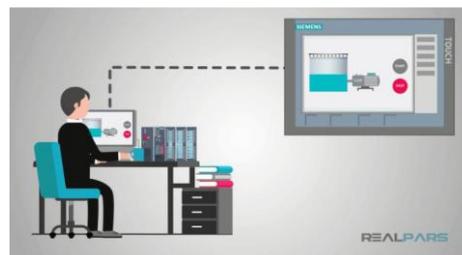
У индустрији, HMI се могу користити за:

- Визуелно приказивање података
- Праћење времена производње
- Надгледање учинка у производњи

- Праћење улаза и излаза машина и још много тога.

##### 5.1. Уобичајена употреба HMI уређаја

*HMI* комуницирају са *PLC*-овима и са улазно/излазним сензорима (слика 4.), како би се приказало стање сензора на екрану. *HMI* се могу користити за праћење и надгледање индустријских операција, као што су: искључивање машина, повећање/смањење брзине, мењање параметара машине и други



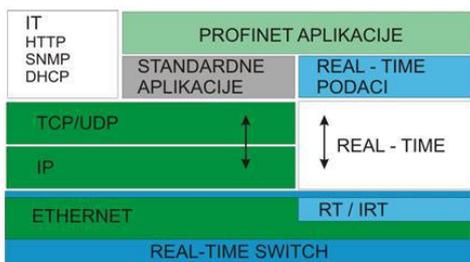
Слика 4. HMI уређај [3].

#### 6. PROFINET

*PROFINET* је отворено индустријско *Ethernet* решење засновано на међународним стандардима. То је комуникациони протокол дизајниран за размену података између контролера и уређаја у аутоматизованом окружењу. Представљен је почетком 2000-их и најприхваћеније је индустријско *Ethernet* решење.

##### 6.1. Profinet стандард

*Profinet* је стандардизован *IEC 61158* и *IEC 61784* стандардима. Карактеристика овог протокола омогућава коришћење *UDP/IP* (слика 5) протокола као протокола вишег нивоа за захтеве размене података. Паралелно са *UDP/IP* (*UDP- USER DATAGRAM PROTOCOL*) комуникацијом, циклична измена података у *profinet*-у базирана је на флексибилношћу и брзини у концепту реалног времена. Комуникација у реалном времену се одвија преко истог кабла за све апликације



Slika 1 – Stek PROFINET-a  
Figure 1 – PROFINET stack  
Puc. 1 – PROFINET cтек

Слика 5. Profinet апликације [1]

Постоје 2 верзије PROFINET-a

- Component Based Automation (PROFINET CBA)
- Input / Output (PROFINET IO)

Док се PROFINET IO фокусира на размену података програмабилних контролера, PROFINET CBA се фокусира на дистрибуиране системе аутоматизације. PROFINET IO је веома сличан PROFIBUS®-у на Ethernet-у. Док PROFIBUS користи цикличну комуникацију за размену података са програмабилним контролерима максималном брзином од 12Mbps, PROFINET IO користи циклични пренос података за размену података са програмабилним контролерима преко Ethernet-a.

## 6.2. Profinet умрежавање

Пре него што PROFINET IO крену комуницирати са PROFINET IO контролером, имена морају бити додељена свим партнерима. PROFINET контролер може да приступи уређају само када му се дода име и IP (Ipv4) адреса које ће се налазити на уређају.

## 7. SIEMENS STARTER

Програмски пакет Starter се користи за параметризацију и пуштање у погон претварача Siemens.

### 7.1 Садржај програма Starter

Starter се састоји од: Пројектног навигатора, радне површине, toolbar-a, контролни панел и експертне листе. Комуникација између рачунара и фреквентног регулатора, одвија се преко usb. Да би фреквентни регулатор могао да функционише, потребно је да се унесу основни параметри мотора: струја, напон, фактор, снага, брзина обртаја. Након успешно унетих параметара мотора, потребно је урадити стационарана и ротациона снимања, како би изачунали отпор ротора, индуктивност и роторову позицију.

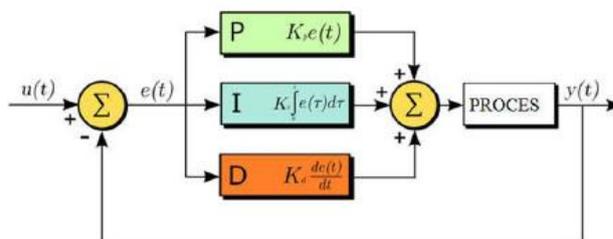
### 7.2 Profinet комуникација

Да бисмо лакше управљали мотором, користимо profinet комуникацију. Тиме можемо доста брже и ефикасније да управљамо мотором. Подаци се шаљу од drive-a до PLC-a и обратно у пакетима. Сваки пакет је

16 бита, тј један word. Први пакет за примање је увек контролна реч, односно команде од PLC-a, остале речи су задата брзина, рампе, обртни моменти и слично. Први пакет за слање порука је статусна реч, затим иду стварна брзина, струја, обртни моменат и слично.

## 8. PID РЕГУЛАТОР

Пропорционално-интегрално-деривативно (PID) (слика 6.) управљање је најчешћи алгоритам управљања који се користи у индустрији и универзално је прихваћен у индустријској контроли. PID регулатор има три подесива параметра: појачање  $K_p$ , интегралну временску константу  $T_i$  и диференцијалну константу  $T_d$ . Присуство пропорционалног, интегралног и диференцијалног дејства у овом регулатору омогућава добијање добрих перформанси система као што су: стабилност, брзина реаговања и тачност рада (Формула 1).



Слика 6. PID регулатор [2]

$$u(t) = K_p + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

## 9. ПРОГРАМИРАЊЕ SIEMENS TIA PORTAL

Програмско окружење за рад са Siemens-овим PLC-овима серије S7-1200 зове се Totally Integrated Automation Portal (TIA) Portal. То је апликација која служи за писање, измену и надгледање програма.

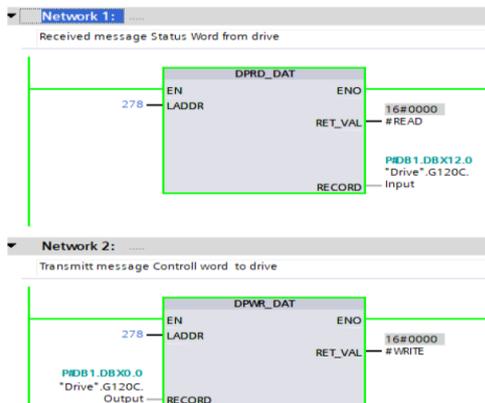
### 9.1. Хардверска конфигурација

У хардверској конфигурацији (слика 7) се додаје адреса и име уређајима. Сваки уређај треба да има јединствено име и адресу на истом subnet-u.



Слика 7. Хардверска конфигурација

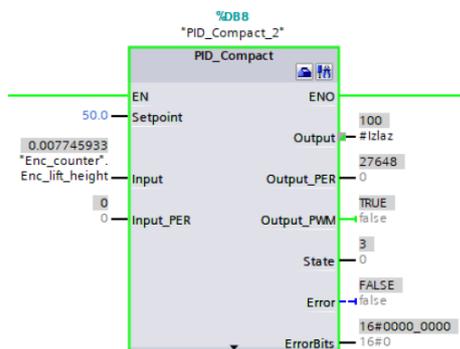
## 9.2. Слање и примање података



Слика 8. Слање и примање података

У поље *LADDR* (слика 8.) додајемо адресу. Правимо 2 типа *word* са називима *READ* и *WRITE* и додајемо их у *RET\_VAL*. У поље *RECORD* уносимо податке са “*Drive db*”. У писање уносимо *input*. У читање уносимо *output*. *Output* структура се шаље ка фреквентном регулатору. *Input* структура се шаље од фреквентног регулатора ка *plc*-у.

## 9.3. PID регулација



Слика 9. PID регулатор

*PID* се извршава у организационом блоку *Cyclic interrupt ob30*. *OB30* је организациони блок који се позива и извршава у одређеним и тачним временским интервалима. *Setpoint* је вредност која треба да се достигне. *Input* је повратна информација са енкодера. *Output* је излаз, који се шаље на фреквентни претварач (слика 9. ).

## 10. ТЕСТИРАЊЕ

На поље *Start* на *HMI* покрећемо систем. Имамо могућност позивања лифта споља и изнутра. Приликом позивања лифта на жељени спрат. Мотор позелени и лифт креће. Мотор преко конопчића и котураче подиже/спушта лифт на жељени спрат (слика 10). Позицију лифта чита преко ласерског сензора. При доласку на жељени спрат, врата на панелу на симулацији се отварају.



Слика 10. Изглед макете

## 11. ЗАКЉУЧАК

У овом раду реализација комуникације *profinet* између *PLC*-а, *HMI*-а и фреквентног регулатора. На *HMI* панелу имамо могућност гледања параметара мотора и симулацију лифта. Са панела пуштамо мотор у рад, дајемо му *preset*. Када је мотор спреман за рад, добијемо потврду од фреквентног регулатора *preset\_confirm*. Тиме иконица мотора постаје плаве боје.

## 12. LITERATURA

- [1] <https://us.profinet.com/profinet-explained/> (приступљено у септембру 2025.)
- [2] [extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/et-industrijska-elektronika/wp-content/uploads/sites/137/2018/03/Industrijska-elektronika-20-mart-2018.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/et-industrijska-elektronika/wp-content/uploads/sites/137/2018/03/Industrijska-elektronika-20-mart-2018.pdf) (приступљено у септембру 2025.)
- [3] <https://library.automationdirect.com/hmis-and-multi-platform-communication/> (приступљено у септембру 2025.)

### Кратка биографија:



**Владимир Тешић** родом из Крупња, рођен 1999. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењена електроника одбранио је 2023.god. контакт: [vladimirtesic27@gmail.com](mailto:vladimirtesic27@gmail.com)