Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 621.38
DOI: https://doi.org/10.24867/34BE17Tesic

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 електо 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.*

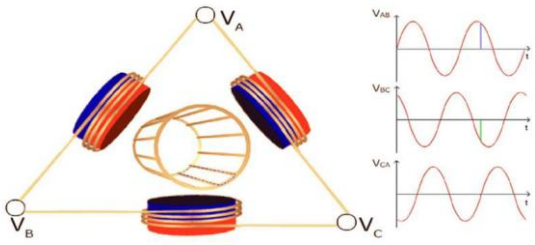
Keywords: *Asynchronous electric motor, programmable logic controller, Profinet communication, frequency regulator, PID regulation, HMI panel*

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*, индустријсог *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° и када се кроз њих пропусте синусоидне струје истих амплитуда и фреквенција али временски померене за по трећину периоде (фазни померај је по 120°), 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 полове.



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 минуту). Што је фреквенција већа, већи су и обртаји.

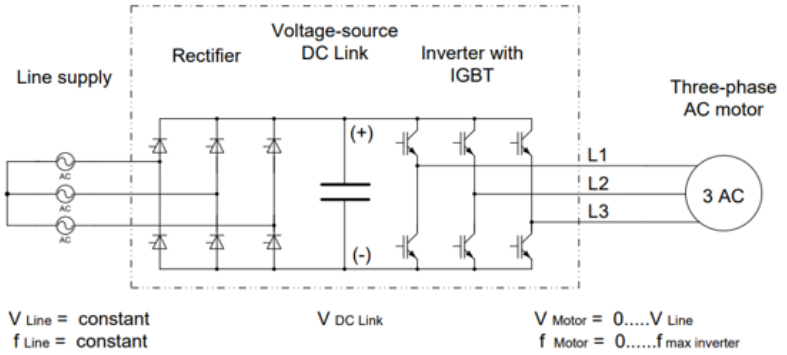
3.1. *Принцип рада*

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 S*PWM (енг. Sine Pulse Width Modulation*) модулације ширине импулса.

.

НАПОМЕНА:

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



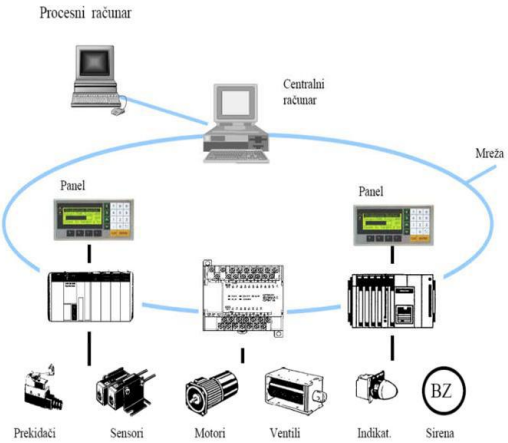
Слика 2. *Унутрашња шема претварача [2]*

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 10*V* 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*

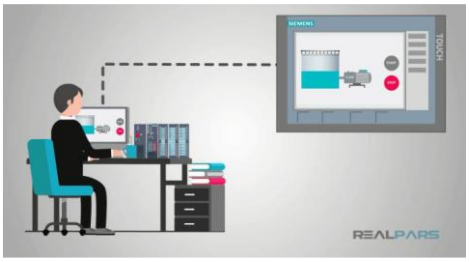
Human-Machine Interface HMI (eng. Интерфејс, комуникација између човека и машине) је контролна табла која повезује човека са машином.

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



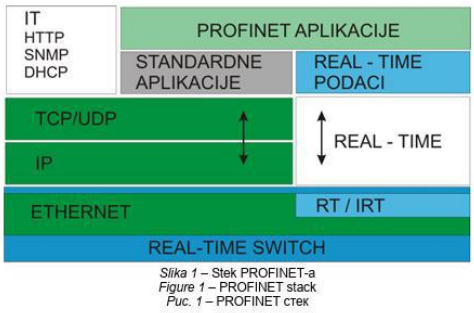
Слика 4. *HMI уређај [3].*

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
Рис. 1 – PROFINET стек

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®-y* на *Ethernet*-у. Док *PROFIBUS* користи цикличну комуникацију за размену података са програмабилним контролерима максималном брзином од 12*Mbps*, *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*

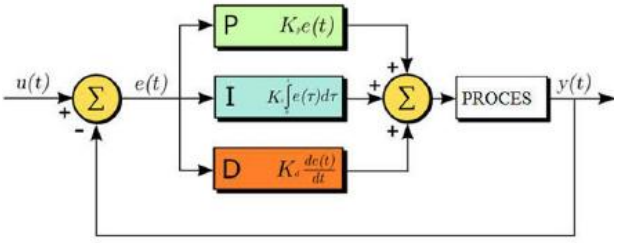
Starter се састоји од: Пројектног навигатора, радне површине, *toolbar-a,* контролни панел и експертне листе. Комуникација између рачунара и фреквентног регулатора, одвија се преко *usb*. Да би фреквентни регулатор могао да функционише, потребно је да се унесу основни параметри мотора: струја, напон, 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 *Kp*, интегралну временску константу *Ti* и диференцијалну константу *Td*. 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]*

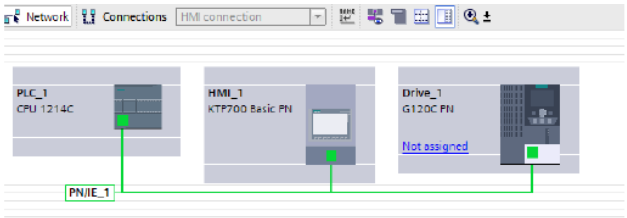
$$u(t) = Kp + Ki\int_0^t e(t)dt + Kd\frac{de(t)}{dt} = Kp\left(e(t) + \frac{1}{Ti}\int_0^t e(t)dt + Td\frac{de(t)}{dt}\right) \quad (1)$$

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.

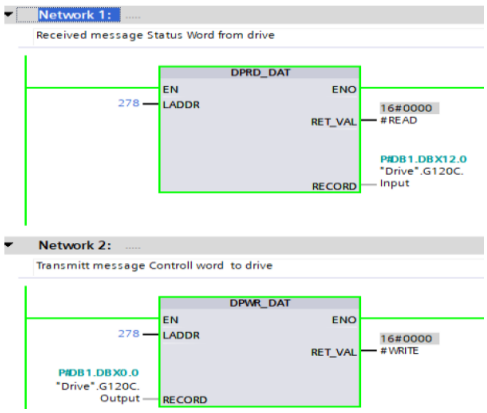
9.1. Хардверска конфигурација

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*

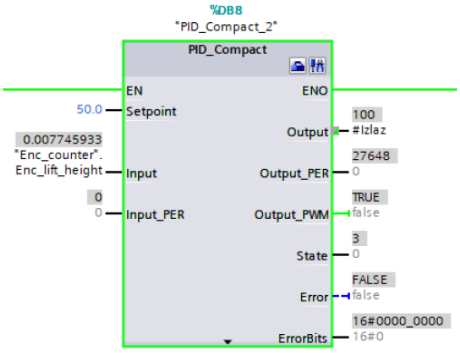
9.2. Слање и примање података



Слика 8. *Слање и примање података*

У поље *LADDR* (слика 8.) додајемо адресу. Правимо 2 типа *word* са називима *READ u 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-y*.

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://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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. god. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењена електроника одбранио је 2023.god.
контакт:
vladimirtesic27@gmail.com