

# Примјена телеграма код управљања фреквентно регулисаним електромоторним погоном

Марко Кременовић

Студент другог циклуса студија  
Електротехнички факултет у Источном Сарајеву  
Источно Сарајево, Босна и Херцеговина  
[m.kremen.2000@gmail.com](mailto:m.kremen.2000@gmail.com)

*Сажетак*— Већина индустријских постројења се заснива на раду електромоторних погона у склоповима који могу укључивати рад једног, два или више мотора, са припадајућим системом преноса, тако да се постигне оптималан рад радне машине. Како је тренд да се електромоторни погони новије генерације изграђују као фреквентно регулисани, овим радом ће се обрадити основни принципи контроле фреквентно регулисаног погона помоћу програмабилног логичког контролера.

*Кључне ријечи* – управљање погонима, електромоторни погони, фреквентна регулација, примјена телеграма за управљање

## I. УВОД

На нашим просторима се још увијек може сусрести велики број постројења која раде на технологији и принципу пуштања погона из времена прије деведесетих година прошлог вијека, када је већина индустријских погона на нашим просторима и изграђена.

Што се тиче покретања и рада погона, доступни су нам неки од следећих система:

- Рад погона са директним стартовањем,
- Рад погона са директним стартовањем и промјеном смера вртње мотора,
- Рад погона са системом покретања троугао-звјезда,
- Рад погона са системом покретања погона промјеном отпора у колу ротора,
- Рад полнопреклопивих мотора са једним намотајем,
- Рад погона са покретањем помоћу софт стартера,
- Рад фреквентно регулисаног погона,[1]

Сви наведени погони који су у раду, дуги низ година или краће, могу се одржавати у исправном стању замјеном компоненти, сервисирањем и редовним одржавањем, чиме се може обезбједити њихов дуготрајни рад. Међутим, у циљу оптимизације погона, смањења трошкова сервиса, времена потребног за одржавање, потребно је активно размишљати о модернизацији погона тако да се увођењем нових технологија као што је фреквентна регулација, уз

одређене трошкове улагања, изврши модернизација погона која ће допринијети дугорочном смањењу трошкова одржавања и скраћењу застоја погона, те у коначници поузданијем раду погона.

Већина погона новије генерације се заснива на фреквентној регулацији, којом се постиже оптималан рад погона, боља искористивост погона, те поузданији рад погона. Помоћу фреквентног регулатора могуће је управљање погоном, уз заштиту, промјену брзине и смјера вртње, без додатних ожичења и проширења. Такође, могуће је вршити напајање и више погона са једним фреквентним регулатором, што се у пракси може срести као чест случај, с тим да то може бити истовремено напајање више погона или појединачно напајање различитих погона.

## II. ФРЕКВЕНТНО РЕГУЛИСАНИ ПОГОНИ

Фреквентно регулисање погона је углавном повезано и са аутоматизацијом погона, гдје се за управљање користи веза фреквентног регулатора (у даљем тексту: регулатор) и програмабилног логичког контролера (у даљем тексту: контролер). Управљање регулатором је могуће вршити и релејно, преко улазно/излазних терминала на фреквентном регулатору.

Електричне карактеристике мотора који се фреквентно регулишу могу бити различите и зависе од намјене погона. Фреквентно регулисани могу бити нисконапонски (NN), средњенапонски (SN), као и једносмјерни (DC) мотори. Конкретно, код NN мотора се сусрећемо са моторима напонских нивоа у опсегу између 380VAC и 690VAC, укључујући и напонске нивое између крајних вриједности. Називне снаге регулатора праге снаге мотора и одређене су напонским нивоом, те се разликују од произвођача до произвођача. Код једног од најпознатијих произвођача фреквентних регулатора SIEMENS, снаге NN регулатора се крећу у опсегу од 0,12kW до 6600kW, док се снаге SN и DC регулатора крећу до 85MW и 3 MW, респективно. [4]

У овом раду се описује управљање фреквентно регулисаним мотором називног напона 690VAC и снаге 160kW и циљ је да опише начин управљања кроз телеграме преко програмабилног логичког контролера, што укључује задавање команди погону и преузимање информација и

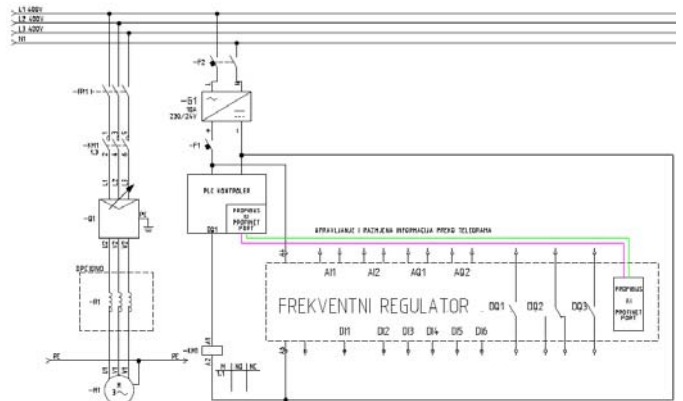
параметара погона. Управљање преко контролера доноси широк спектар могућности за управљање и евентуалне измјене у раду погона, оптимизацији погона, без нужних измјена ожичења.

У овом раду ће пажња бити посвећена PROFIBUS DP протоколу, који користи PROFIDRIVE профил, а који су дефинисали водећи произвођачи погона за PROFIBUS и PROFINET протоколе.

Профил дефинише параметре погона као и начин преноса референтне и стварне измјерене вредности брзине, чиме је омогућено коришћење погона различитих произвођача у истом PROFIBUS или PROFINET систему.[6]

С обзиром на широку заступљеност на свјетском, европском и нашем тржишту, опис контролера којим ће се вршити управљање ће се односити на SIEMENS контролере и регулаторе који подржавају PROFIDRIVE профил.

На Сл. 1 је приказана електрична шема једног погона, гдје се регулатором управља преко контролера и комуникацијом кроз PROFIBUS DP протокол.

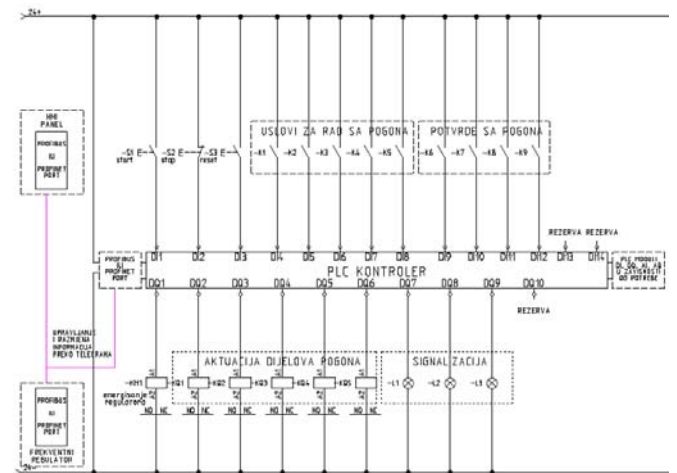


Слика 1. Електрична шема фреквентно регулисаног погона

Код управљања регулатором и погоном мотора преко контролера, а помоћу телеграма који се шаљу према регулатору кроз комуникацију преко одговарајућег протокола, важно је у самом старту успоставити комуникацију на вези *контролер – регулатор*, те поставити одговарајуће адресе контролера и регулатора.

Када се врши избор и уграђивање нове опреме, при избору је потребно вршити правилан избор регулатора, те поред правилног избора снаге, одабрати одговарајући комуникациони протокол за комуникацију између регулатора и контролера. Избором протокола и правилним подешавањем у контролеру и регулатору, управљање погоном се врши преко телеграма, избјегава се непотребно ожичење, те смањује могућност грешке. У случају да се не одаберу одговарајуће компоненте, тако да и једна и друга страна подржавају исти протокол, комуникацију неће бити могуће успоставити. [7]

Детаљнија шема везе и управљања радом фреквентно регулисаног погона је приказана на сл. 2, која приказује конфигурацију контролера, његову везу са регулатором и евентуално панелом за управљање, а гдје је веза *регулатор – контролер* остварена преко телеграма пренесених преко PROFIBUS DP протокола.



Слика 2. Детаљна шема управљања фреквентно регулисаним погоном

На сл. 2 је, такође, приказана и веза контролера са остатком погона, тј. начин на који регулатор добија команде за рад, услове и потврде за рад, те излазне команде контролера којима се побуђују поједини дијелови погона битни за рад комплетног погона. Команда за рад погона може бити задата тастером који се налази негдје на погону или преко панела за управљање који опет може бити смјештен код самог погона или на некој удаљеној локацији одакле се врши управљање погоном.

### III. ТЕЛЕГРАМИ ЗА РАЗМЈЕНУ ИНФОРМАЦИЈА ИЗМЕЂУ РЕГУЛАТОРА И КОНТРОЛЕРА

Да би се успоставила веза *контролер-регулатор* неопходно је извршити правилну хардверску конфигурацију, тако да и контролер и регулатор задовољавају одабрани протокол, да су сви дијелови конфигурације правилно одабрани и унесени у програмски пакет за конфигурацију, па се конфигурација и подешавање комуникације могу подијелити на хардверски и софтверски дио конфигурисања.

Код хардверског конфигурисања је потребно извршити инсталацију одговарајуће GSD<sup>1</sup> датотеке чијим позивањем у програмском пакету за конфигурацију се ствара могућност за успостављање везе између контролера и регулатора. [2]

За правилно успостављање комуникације је свакако потребно упознати се и са карактеристикама уређаја са којим се врши повезивање (у нашем случају регулатора), тако што је потребно детаљно проучити документацију и провјерити који тип телеграма регулатор подржава, како

<sup>1</sup> Eng. - General Station Description – Датотека са основним информацијама о могућности уређаја

би се правилан тип телеграма могао позвати у контролеру и одабрати у регулатору.

Различите врсте телеграма могу бити одабране, чија основна карактеристика је колико ријечи (*word*) дужине 16 бита (*bite*) може бити послато регулатору или преузето из регулатора. Тако је нпр. одабиром телеграма PZD<sup>2</sup> 6/6 омогућена размјена 6 ријечи у једном и другом смјеру (*контролер-регулатор* и *регулатор-контролер*). [2]

Информације које се шаљу из контролера у регулатор су:

- *Control word (CTW или CW)* - Контролна ријеч за управљање регулатором,
- *Main reference value (MRV)* - Референца брзине вртње мотора,
- Вриједности других параметара који су битни за рад погона или се њима може утицати на рад погона,

док су информације из регулатора кроз ријечи исте дужине следеће:

- *Status word (STW или SW)* - Статусна ријеч, за информацију о статусу регулатора,
- *Main actual value (MAV)* - Актуелна вриједност брзине,
- Вриједности других параметара битних за рад погона као што су струја, момент, снага и др. [3]

Након инсталације одговарајуће GSD датотеке, успостављања комуникације и избора правилног типа телеграма, може се рећи да је хардверски дио комуникације конфигуриран, те је потребно извршити софтверску конфигурацију и писање логике којом ће се контролна ријеч и друге вриједности слати у регулатор, а статусна ријеч и друге вриједности узимати из регулатора.

Вриједности које се шаљу у и из регулатор/а су дефинисане у конфигурацији PROFIDRIVE профилом протокола, тако да су вриједности за одабрани протокол PZD 6/6 следеће:

- 1. ријеч (1st word) – контролна ријеч која управља радом регулатора,
- 2. ријеч (2nd word) – референца брзине којом ће се вртити погонски мотор,
- док се преостале ријечи у телеграму могу мјењати тако да буду нпр:
- 3. ријеч (3rd word) – контролна ријеч 2,
- 4. ријеч (4th word) – промјењива аналогна вриједност са погона која утиче на брзину и рад погона,

- 5. ријеч (5th word) – константна вриједност која може представљати нпр. максималну вриједност неког параметра у регулатору,
- 6. ријеч (6th word) – било која вриједност потребна за управљање регулатором или празно поље. [2]

док су вриједности које се узимају из регулатора дефинисане у конфигурацији тако да је:

- 1. ријеч (1st word) – статусна ријеч за информацију о статусу регулатора,
- 2. ријеч (2nd word) – актуелна вриједност брзине којом се врти погонски мотор,
- док се преостале ријечи у телеграму могу мјењати тако да буду нпр:
- 3. ријеч (3rd word) – статусна ријеч 2,
- 4. ријеч (4th word) – тренутна вриједност струје,
- 5. ријеч (5th word) – тренутна вриједност момента,
- 6. ријеч (6th word) – било која вриједност са регулатора или празно поље [2]

Важно је напоменути да дужина телеграма не мора бити увијек PZD 6/6, већ може бити већа или мања вриједност нпр. PZD 2/2 тако да се између регулатора и контролера размјењују само контролна и статусна ријеч уз референцу брзине и актуелну вриједност брзине.[2]

#### IV. ПРИМЈЕР КОНФИГУРАЦИЈЕ ТЕЛЕГРАМА ЗА КОМУНИКАЦИЈУ ИЗМЕЂУ РЕГУЛАТОРА И КОНТРОЛЕРА

Овим радом ће се обрадити основна комуникација, са дужином телеграма PZD 2/2, тако да се опишу по двије ријечи које су довољне за основно управљање погоном, а гдје се референца брзине и актуелна брзина погона шаљу и примају у комуникацији са регулатором као једна цијелобројна вриједност у *integer* или неком другом формату који регулатор подржава, док се контролна и статусна ријеч шаљу и примају у комуникацији са регулатором у *word* формату који је састављен од низа бинарних цифара 1 и 0, гдје су рјечи састављене од низа команди код контролне ријечи или низа статуса регулатора код статусне ријечи. [2]

Табелом бр. 1 је приказана контролна ријеч једног регулатора који подржава PROFIDRIVE профил и која се састоји од 16 битава.[3] Сетовањем различите комбинације битава формира се контролна ријеч која се шаље према регулатору и на тај начин се врши управљање регулатором.

<sup>2</sup> PZD – Process data area – Control words, setpoints, process values, actual values

ТАБЕЛА I. КОНТРОЛНА РИЈЕЧ

Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	OFF 1	ON 1
01	OFF 2	ON 2
02	OFF 3	ON 3
03	Coasting	No coasting
04	Quick stop	Ramp
05	Hold frequency output	Use ramp
06	Ramp stop	Start
07	No function	Reset
08	Jog 1 OFF	Jog 1 ON
09	Jog 2 OFF	Jog 2 ON
10	Data invalid	Data valid
11	No function	Slow down
12	No function	Catch up
13	Parameter set-up	Selection lsb
14	Parameter set-up	Selection msb
15	No function	Reverse

Да би се покренуо фреквентни регулатор потребно је бит „bit 00“ у контролној ријечи подесити на вриједност 1, уз низ услова који морају бити задовољени, а односе се на подешавање преосталих бита у контролној ријечи. Оно што је неопходно посебно подесити је подешавање бита „bit10“ на вриједност 1, чиме се регулатору шаље информација да је омогућено управљање регулатором преко контролера. [5]

Подешавање других бита у контролној ријечи је зависно и од саме конфигурације погона, а неке од стандардних комбинација су: [2]- [3]

СТАРТ – 047F

1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

СТОП – 047E

0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

РЕСЕТ – 04FF

1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

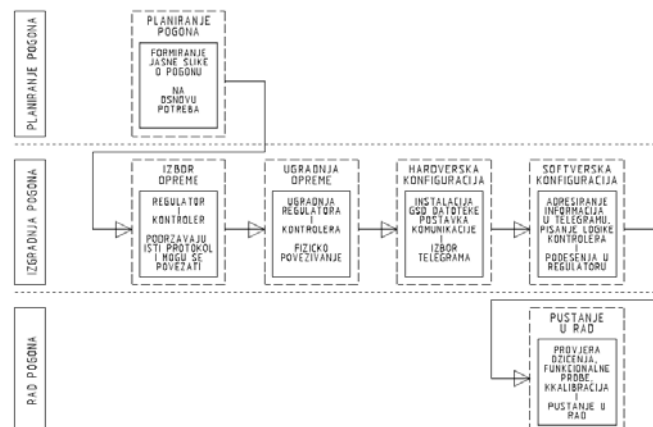
Табелом бр. 2 је приказана статусна ријеч регулатора који подржава PROFIDRIVE профил, а која се као и контролна ријеч састоји од 16 бита, гдје сваки бит представља одређено стање регулатора и ако исти има вриједност „1“, онда је то стање регулатора активно. [3]

На основу статусне ријечи се може добити информација о стању регулатора као нпр. да ли је регулатор у раду или не, да ли је регулатор спреман за рад, да ли има грешку итд.

ТАБЕЛА II. СТАТУСНА РИЈЕЧ

Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	Control not ready	Control ready
01	Frequency converter not ready	Frequency converter ready
02	Coasting	Enable
03	No error	Trip
04	OFF 2	ON 2
05	OFF 3	ON 3
06	Start possible	Start not possible
07	No warning	Warning
08	Speed $\neq$ reference	Speed = reference
09	Local operation	Bus control
10	Out of frequency limit	Frequency limit ok
11	No operation	In operation
12	Frequency converter OK	Stopped, auto start
13	Voltage OK	Voltage exceeded
14	Torque OK	Torque exceeded
15	Timer OK	Timer exceeded

На основу предходног се може формирати једна хронолошка шема активности које је потребно провести у циљу успостављања комуникације контролер-регулатор и контроле регулатора помоћу контролера, а која је приказана на сл. 3:



Слика 3. Редослед активности при конфигурацији погона

## ЗАКЉУЧАК

Намјена овог рада је да читаоцима, инжењерима на одржавању и пројектовању, технолозима и другим стручним лицима, који имају интересовање за системе са фреквентно регулисаним електромоторним погонима, приближи тему контроле фреквентног регулатора помоћу програмабилног логичког контролера и у кратким цртама опише шта је све потребно урадити да би се успоставила комуникација и управљање једним регулатором.

## ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујем се Проф. др Жељко Ђуришић под чијим је менторством урађен овај рад.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Gojko Dotlić, "ELEKTROENERGETIKA kroz standarde, zakone, pravilnike i tehnicke preporuke", SMEITS, Beograd 2006.
- [2] SIEMENS, "MICROMASTER PROFIBUS Optional Board", 02/2002, <https://mall.industry.siemens.com/>, (Decembar 2017)
- [3] DANFOSS, "Programming Guide - PROFIBUS DP", DANFOSS, 05/2016.  
SIEMENS, "SINAMICS G130/G150 Drive Converter Chassis Units", SINAMICS Drives, Edition 2015, <https://mall.industry.siemens.com/>, (Novembar 2017).
- [4] Milan Bebić, „Primjena PROFIdrive standarda za upravljanje elektromotornim pogonima“, ETF Beograd, 2017.
- [5] SIEMENS, "SINAMICS G120, G120P, G120C, G120D, G110M Fieldbuses", SIEMENS, 04/2014, <https://mall.industry.siemens.com/>, (Decembar 2017).

- [6] LINMOT, "User Manual PROFINET PROFIdrive Interface", LINMOT, 03/2017, <http://www.linmot.com>, (Januar 2018).

## ABSTRACT

Most of all installed industrial drives with electrical motors are based on configurations those include work of one, two or more electrical drives with proper gearbox system in order to fulfill demand of complete system. Considering that there is a trend in the world that all the new drive systems with electrical motors are frequency controlled, in this paper are presented basic principles of frequency variable drive systems controlling by PLC.

## **APPLICATION OF TELEGRAMS FOR CONTROL OF FREQUENCY VARIABLE DRIVES**

Marko Kremenovic