

# **B05 — PV inverter (usrednjeni model)**

FMU model i upute za izradu PLC programa

**Verzija 1.0**

*Studentska vježba — Homa Virtual Plant (Model-in-the-Loop)*

**Homa inženjering**

[www.homa.hr](http://www.homa.hr) · [info@homa.hr](mailto:info@homa.hr)

© 2026 Homa inženjering. Sva prava pridržana.

# Sadržaj

|                                                      |   |
|------------------------------------------------------|---|
| 1. Cilj vježbe.....                                  | 3 |
| 2. Opis procesa (što model predstavlja).....         | 3 |
| 3. FMU sučelje — signali.....                        | 3 |
| 3.1. Ulazi u FMU.....                                | 3 |
| 3.2. Izlazi iz FMU-a (mjerjenja koja PLC čita).....  | 4 |
| 4. Što PLC treba postići (ciljevi upravljanja).....  | 4 |
| 5. Predložena struktura upravljanja (smjernica)..... | 4 |
| 6. Preporučene brzine (sample time).....             | 4 |
| 7. Testni scenariji i kriteriji prihvata.....        | 4 |
| 8. Povezivanje u Homa Virtual Plant.....             | 5 |
| 9. Napomene o modelu.....                            | 5 |

# 1. Cilj vježbe

Dobivaš **FMU model** koji predstavlja mrežni PV inverter (usrednjeni model) s nadređenim P/Q upravljanjem. Tvoj zadatak je preko **Homa Virtual Planta** spojiti PLC na taj model i napisati **PLC program koji upravlja procesom** prema zadanim ciljevima.

Radi se o **Model-in-the-Loop (MIL)** postavi: model glumi stvarno postrojenje, tvoj PLC ga vodi, a ti razvijaš i testiraš svoj program na virtualnom sustavu. Model je „otvoren“ — ne sadrži vlastiti regulator; **svu regulaciju radi tvoj PLC** preko ulaza modela.

## 2. Opis procesa (što model predstavlja)

Usrednjeni model jednofaznog mrežnog PV invertera. PLC (nadređeni) zadaje djelatnu i jalovu snagu uz P/Q ograničenja (kružnica prividne snage) i uklop; brze PWM/strujne petlje ostaju u inverteru. Ozračenost i temperatura su smetnje.

Na raspolaganju / u procesu:

- `u_active_power_cmd` / `u_reactive_power_cmd`: zahtjevi P i Q (nadređeno upravljanje).
- `u_enable`: uklop; predviđena je i mrežna permisija (GridOK) u PLC-u.
- Model štiti DC napon i temperaturu (`y_fault`); brze petlje su u inverteru.

## 3. FMU sučelje — signali

Ovo je najvažniji dio. Obrati pažnju na smjer signala:

**Smjer signala:** ono što je za FMU **ULAZ**, za tvoj PLC je **IZLAZ** (naredba), i obrnuto. Aktuatore tvoj PLC **upisuje**; mjerenja tvoj PLC **čita**.

### 3.1. Ulazi u FMU

a) Aktuatori — njih upravlja tvoj PLC (PLC izlazi):

| Varijabla (FMU)                   | Tip        | Jedinica | Raspon   | Opis                   |
|-----------------------------------|------------|----------|----------|------------------------|
| <code>u_active_power_cmd</code>   | Real       | kW       | 0 – 100  | Zahtjev djelatne snage |
| <code>u_reactive_power_cmd</code> | Real       | kvar     | -50 – 50 | Zahtjev jalove snage   |
| <code>u_enable</code>             | Real (0/1) | –        | 0 ili 1  | Uklop                  |

b) Smetnje / scenarij — okolina, NE upravlja ih tvoj PLC:

| Varijabla (FMU)                   | Tip  | Jedinica         | Raspon     | Opis               |
|-----------------------------------|------|------------------|------------|--------------------|
| <code>u_irradiance</code>         | Real | W/m <sup>2</sup> | 0 – ~1000  | Ozračenost         |
| <code>u_module_temperature</code> | Real | K                | ~270 – 330 | Temperatura modula |

Smetnje postaviš na **HMI-u PLC-a** (kao parametar / simulirani senzor), a PLC ih prosljeđuje FMU-u. One nisu izlaz tvog regulatora.

### 3.2. Izlazi iz FMU-a (mjerjenja koja PLC čita)

| Varijabla (FMU)   | Tip        | Jedinica | Raspon     | Opis                               |
|-------------------|------------|----------|------------|------------------------------------|
| y_available_power | Real       | kW       | 0 – ~100   | Raspoloživa snaga                  |
| y_pac             | Real       | kW       | 0 – 100    | Djelatna snaga AC                  |
| y_qac             | Real       | kvar     | -50 – 50   | Jalova snaga AC                    |
| y_vdc             | Real       | V        | ~500 – 820 | DC napon                           |
| y_iac             | Real       | A        | 0 – ...    | AC struja (rms @ 230 V)            |
| y_temperature     | Real       | °C       | ~25 – 80   | Temperatura invertera              |
| y_fault           | Real (0/1) | –        | 0 ili 1    | Kvar (DC prenapon / pregrijavanje) |

## 4. Što PLC treba postići (ciljevi upravljanja)

Tvoj PLC program treba:

1. Zadati P (u\_active\_power\_cmd) unutar raspoložive snage (y\_available\_power).
2. Zadati Q (u\_reactive\_power\_cmd) unutar P/Q kružnice (prividna snaga).
3. Uklapati samo uz mrežnu permisiju; reagirati na y\_fault.
4. Toplinsko derating pri visokoj temperaturi.

Ciljevi su zadani; **način regulacije osmišljavaš sam** (u nastavku je predložena struktura kao pomoć).

## 5. Predložena struktura upravljanja (smjernica)

Nadređeno upravljanje (100 ms – 1 s):

- Sekvenca uklopa: u\_enable & GridOK & bez kvara → rad.
- P/Q limiter: poštuju y\_available\_power i prividnu snagu (kružnicu).

Zaštita:

- Prati y\_fault (y\_vdc, y\_temperature); toplinsko derating; siguran isklop.
- Brze strujne/PWM petlje ostaju u inverteru (nisu dio vježbe).

## 6. Preporučene brzine (sample time)

| Sloj                                   | Preporučeni ciklus |
|----------------------------------------|--------------------|
| Nadređeno (P/Q, sekvenca)              | 100 ms – 1 s       |
| Zaštita / derating                     | ~100 ms            |
| Komunikacijski korak FMU co-simulacije | ~0.1 – 1 s         |

## 7. Testni scenariji i kriteriji prihvata

| Scenarij           | Kako izazvati          | Očekivano ponašanje PLC-a | Kriterij prolaza      |
|--------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Nedostupna mreža   | GridOK = 0             | zabraniti rad             | P/Q na 0              |
| P/Q limit          | tražiti iznad kružnice | limitirati Q              | unutar prividne snage |
| Skok ozračenosti   | u_irradiance step      | pratiti raspoloživo       | y_pac ≤ raspoloživo   |
| Toplinsko derating | visoka temperatura     | smanjiti snagu            | bez pregrijavanja     |
| DC prenapon        | y_vdc raste            | fault i isklop            | siguran prekid        |

**Opći kriteriji:** regulirane veličine u granicama, bez nestabilnosti/prečestog cikliranja, ispravna reakcija na kvarove.

## 8. Povezivanje u Homa Virtual Plant

5. Učitaj Plant.fmu (kompajlirani model) u Homa VP.
6. Mapiraj FMU varijable: **aktuatori** (u\_\*) kao izlaze PLC-a, **mjerjenja** (y\_\*) kao ulaze.
7. Smetnje (u\_irradiance, u\_module\_temperature) postavi na HMI-u kao radne uvjete i testove; PLC ih proslijeđuje FMU-u.
8. Odaberi komunikacijski kanal (npr. OPC UA / S7) i pokreni zatvorenu petlju.

Model je konfiguriran za **StopTime 600 s** (Interval 1 s). Tempo stvarnog vremena vodi Homa VP preko faktora brzine.

## 9. Napomene o modelu

**Važno:** model je pojednostavljeni starter plant za razvoj i test PLC logike — **nije validirani industrijski model**. Parametri su ilustrativni; prije stvarne primjene treba ih kalibrirati.

- Dinamika je približna; namjena je vježba upravljanja, ne točna procesna analiza.
- Brze strujne i PWM petlje ostaju u inverteru; ovdje se radi samo nadređeno P/Q upravljanje.