

Дизајн регулатора за пригушивање осцилација снаге за електране обновљивих извора енергије

Др Милан Продановић, IMDEA Energy Institute, Шпанија

ORCID: [0000-0001-5500-9799](https://orcid.org/0000-0001-5500-9799)

Кратак садржај

Претварачи снаге (*Converter-Interfaced-Generation CIG*) се користе за пренос енергије сунца и ветра у електричне мреже. До сада су електране засноване на *CIG*-у коришћене искључиво за конверзију електричне енергије из примарног извора када год је енергија доступна. Са повећањем удела *CIG*-а у мрежама, њихов утицај на рад система електричне енергије, поготово на аспекте као што су стабилност и управљање системом у реалном времену ће постати значајнији. Већина карактеристика *CIG*-а, оперативни детаљи, инерција и струја кратког споја, значајно се разликују од традиционалних синхроних генератора. Оператери система су увидели потребу да реагују на промене установљавањем додатних захтева за коришћење *CIG*-а и мењањем правила о раду преносних мрежа за *CIG*. Између осталог, очекује се да ће се у будућности електране са *CIG* укључити у сузбијање нискофреквентних електромеханичких осцилација у преносним мрежама.

Да би испунили ова очекивања, алгоритми контроле *CIG*-а морају имати регулатор за пригушење осцилација снаге (*Power Oscillation Damping POD*). Овај регулатор се типично дизајнира тако да прилагоди активну и/или реактивну снагу на излазу *CIG*-а како би пригушио конкретну осцилацију фреквенције мреже. Врло је вероватно да ће се у будућности *CIG* повезати на мрежу која има не само једну, већ неколико слабо пригушених фреквенција, што потенцијално може довести до више истовремених нискофреквентних осцилација. Осим тога, конфигурација мреже и радна тачка преносног система се константно мењају током рада, што отежава подешавање *POD* регулатора и сви ови фактори представљају главне изазове за њихов дизајн. Штавише, алгоритми за *POD* морају бити имплементирани на претварачима који раде у моду успостављања мреже (*Grid-Forming*), што је значајно различито од постојећих *CIG*-ова који једноставно следе мрежу (*Grid-Following*).

Електране за обновљиве изворе имају обично више локалних јединица *CIG*-а и централизовани регулатор. До сада је већ је пријављено више инцидената мрежних осцилација који су повезани са интерним кашњењима унутар електране, најчешће између централизованог регулатора који координише мрежу и локалних јединица *CIG*-а. У овом излагању биће разматрани различити аспекти пригушења осцилација снаге коришћењем *CIG*-ова и предложено неколико метода за дизајн *POD* регулатора. Посебно ће се анализирати утицај промена топологије мреже и присуство стохастичких комуникационих кашњења на *POD* и биће представљена решења за одговарајуће типове регулатора. Поред тога, предложена решења су базирана само на локалним мерењима фреквенције и погодна су за случајеве када детаљан модел електричног система није доступан. Анализираће се обе топологије контроле претварача оне које следе мрежу и оне које формирају мрежу за примену услуге *POD*.

Кључне речи: пригушивање осцилација снаге, претварачи снаге, електране обновљивих извора енергије.

Биографија предавача



Др Милан Продановић (старији члан, *IEEE*) је дипломирао електротехнику на Универзитету у Београду, 1996. године, и докторирао електротехнику и електронику на Империјал Колеџу у Лондону, 2004. Од 1997. до 1999. године је радио у ГВС инжењерингу у Београду на развоју система за непрекидно напајање. Од 1999. до 2010. је био научни сарадник за електротехнику и електронику на Империјал Колеџу. Тренутно је виши истраживач и шеф Јединице за електричне системе на Институту ИМДЕА Енергија у Мадриду, Шпанија. Миланове области истраживања су управљање и дизајн енергетских претварача, интеграција

обновљивих извора и складишта енергије, управљање енергетским мрежама у реалном времену, управљање и анализа стабилности микромрежа и енергетских система и енергетска ефикасност у индустријским апликацијама. Аутор је низа високо цитираних радова (>6.200 цитата) и носилац је 3 међународне патентне пријаве. Милан је био главни истраживач у многобројним регионалним, националним и међународним пројектима у Шпанији, Великој Британији, Француској, Данској, Италији, Белгији, Швајцарској, Литванији, Кенији и Јапану и сарађивао са најважнијим компанијама у енергетском сектору у Великој Британији, Француској, Данској и Шпанији (ЕДФ, ЕОН, Ибердрола, Унион Феноса, СЕАС, Супергрид Институт итд.). Добио је стипендију за истраживање Рамон и Кахал 2011. и стипендију „Марија Кири” 2010. Милан је акредитовани рецензент за АНЕП (Национална агенција за евалуацију и перспективу, Шпанија) и члан је радних група за енергетску електронику и складиштење енергије националне платформе за електричне мреже ФУТУРЕД (Шпанија).

Design of Power Oscillation Damping Controllers for Renewable Power Plants

Dr. Milan Prodanović, IMDEA Energy Institute, Spain

ORCID: [0000-0001-5500-9799](https://orcid.org/0000-0001-5500-9799)

Abstract

Converter-interfaced generation (CIG) has been used to transfer energy from solar irradiation and wind to electricity networks. Until now, power plants based on CIG have been used solely to inject power from the primary source whenever it is available. As the share of CIG increases, its impact on the power system operation has become more relevant with some aspects clearly affecting the stability and real-time management of the system. Most characteristics of CIG, including its operation and inertial and overcurrent properties are significantly different from traditional synchronous generators. System operators have acknowledged these changes and some of them have already started requesting additional functionality from CIG and changing the Grid Codes. In future CIG-based power plants connected to transmission networks are expected to contribute to damping of low-frequency electro-mechanical oscillations.

To meet these expectations, future CIG control algorithms need to include a power oscillation damping (POD) controller. This controller is typically designed to adjust the CIG's active and/or reactive powers in order to damp a specific oscillation of the network frequency. However, it is highly likely a CIG in future will connect to a network with several poorly damped frequencies, potentially leading to multiple low-frequency oscillations. Moreover, the network configuration and the transmission system operating point are constantly changing during the operation. These factors impose major challenges for the design of POD controllers. In addition, POD algorithms need to be applicable to converters operating in Grid-Forming mode that is significantly different from the existing Grid-Following CIGs.

Renewable CIG-based power plants assume a number of local CIG units and a centralized controller. Several events of grid oscillations have already been reported and have been linked to internal delays occurring within the plant, namely those between the centralised controller responsible for the coordination and the local CIG units.

In this presentation, different aspects of power oscillation damping using CIGs will be addressed and several methods for design of POD controller proposed. In particular, the impact of the network topology changes and the presence of stochastic communication network delays on POD will be analysed and the solutions for the respective controllers presented. Moreover, the proposed solutions assume only the local frequency measurement and are suitable for the cases when a detailed power system model is unavailable. Both, Grid-Following and Grid-Forming converter control topologies will be examined for the application of POD service.

Keywords: power oscillation damping, converter-interfaced-generation, renewable plants.

Biography of the presenter



Dr. Milan Prodanović (Senior Member, IEEE) received the B.Sc. degree in electrical engineering from the University of Belgrade, Belgrade, Serbia, in 1996, and the Ph.D. degree in electric and electronic engineering from Imperial College, London, U.K., in 2004. From 1997 to 1999, he was with GVS Engineering Company, Serbia, developing UPS systems. From 1999 to 2010, he was a Research Associate of Electrical and Electronic Engineering with Imperial College. He is currently a Senior Researcher and the Head of the Electrical Systems Unit, Institute IMDEA Energy, Madrid, Spain. Milan's research interests lie in control and design of power electronic systems, renewable and storage integration, real-time control of power networks, energy management and stability analysis of microgrids and energy systems and energy efficiency in industrial applications and has authored a number of highly cited papers (>6000 citations). Milan acted as a Principal Investigator in a number of regional, national and international projects in Spain, UK, France, Denmark, Italy, Belgium, Switzerland, Lithuania, Kenya and Japan and collaborated with principal companies in energy sector in UK, France, Denmark and Spain (EDF, EON, Iberdrola, Union Fenosa, SEAS, Supergrid Institute etc). He is the holder of 3 international patent applications and was awarded the research grant Ramón y Cajal in 2011 and the mobility fellowship "Marie Curie" in 2010. Milan has been an accredited reviewer for ANEP (National Agency for Evaluation and Prospective, Spain), a member of power electronics and energy storage working groups of the national platform for electricity networks FUTURED (Spain).