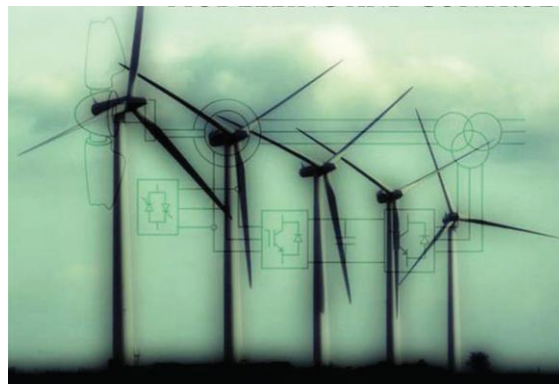




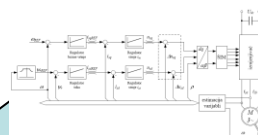
SISTEMI KONVERZIJE ENERGIJE VJETRA

kratak pregled
rezultati istraživanja
ciljevi

Dr. sc. Jakub Osmić, FE Tuzla
Dr. sc. Mirza Kušljagić, FE Tuzla

-
- The diagram illustrates the flow of electricity through a power system. It starts with a power plant (1) which generates electricity. This electricity is then sent to a high-voltage transmission tower (2). From there, it travels through a series of transmission lines (3) to another high-voltage transmission tower (4). The electricity then passes through a transformer (5) and is finally delivered to a consumer (6), represented by a house.

Analiza EE mreža i sistema

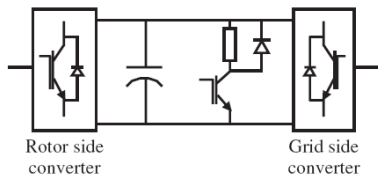


Automatsko upravljanje

$$\begin{aligned} \frac{2H}{\omega_s^2} S_{\text{base}} \frac{d}{dt} \omega_r &= T_m - T_e \\ 2H \frac{d}{dt} \left(\frac{\omega_r}{\omega_s} \right) &= \frac{T_m - T_e}{S_{\text{base}}/\omega_s} \end{aligned}$$

Modeliranje dinamičkih sistema

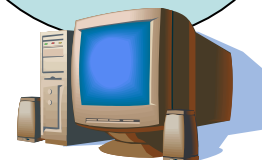
Energetska elektronika



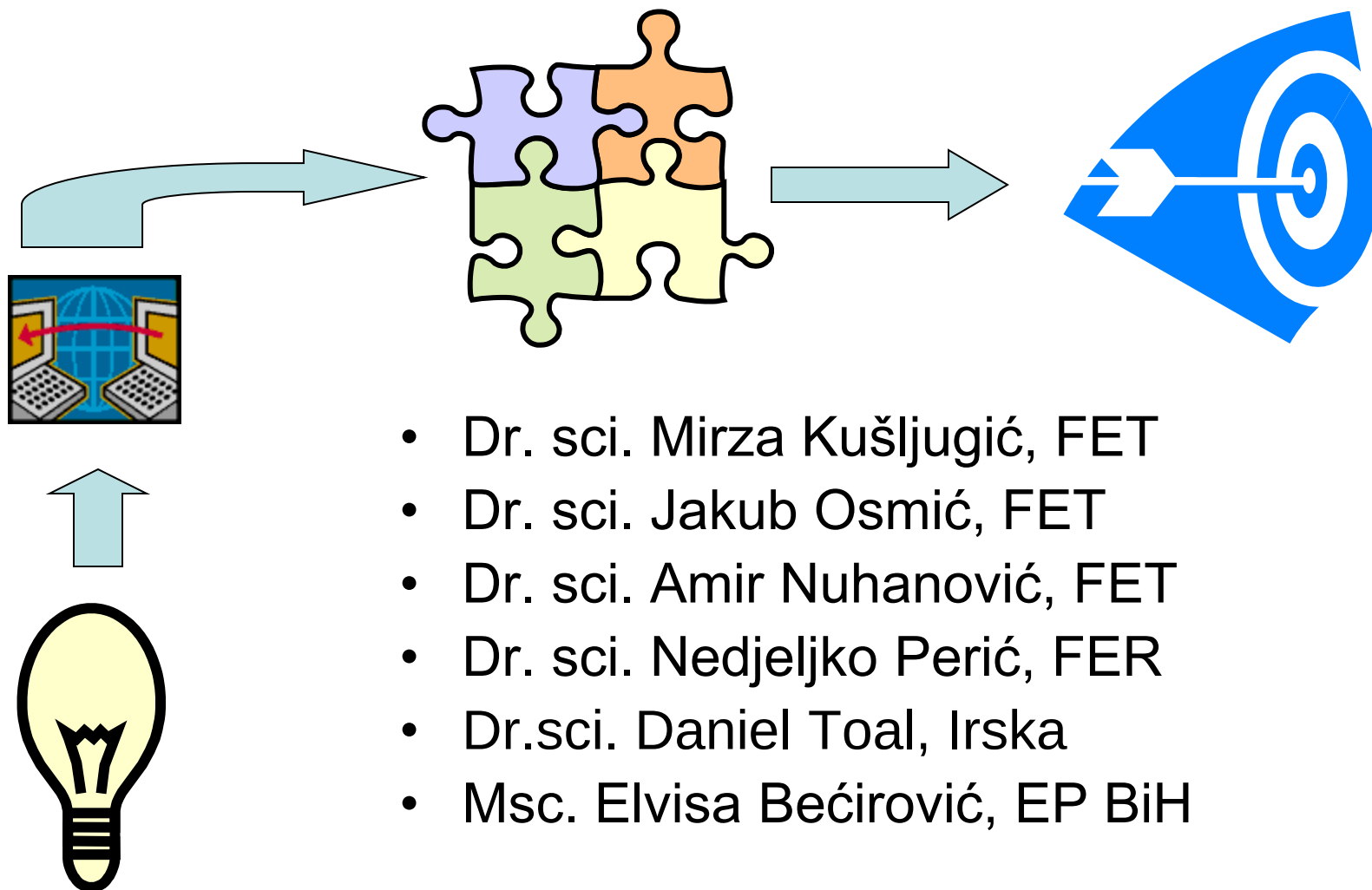
Numerička matematika

[illegible]

Softversko inženjerstvo

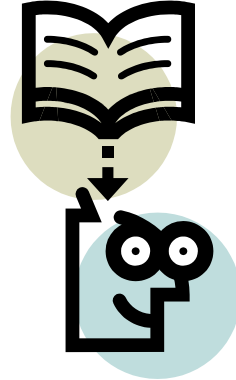


Sistemi konverzije energije vjetra – Timski rad



- Dr. sci. Mirza Kušljugić, FET
- Dr. sci. Jakub Osmić, FET
- Dr. sci. Amir Nuhanović, FET
- Dr. sci. Nedjeljko Perić, FER
- Dr. sci. Daniel Toal, Irska
- Msc. Elvisa Bećirović, EP BiH

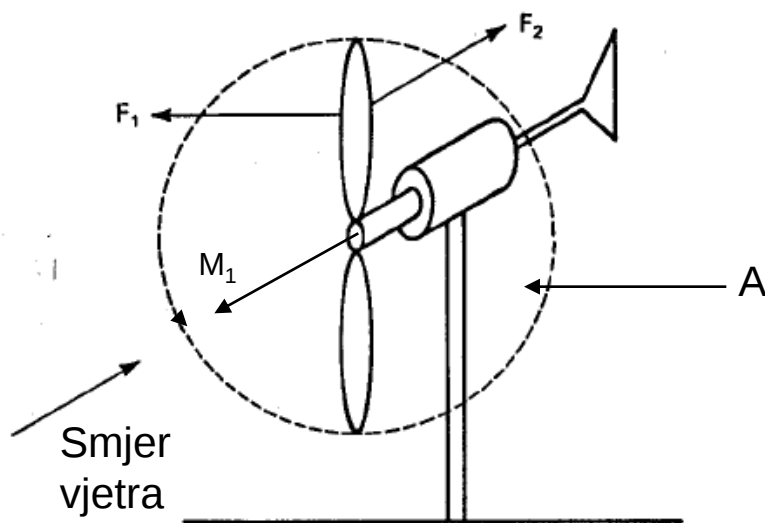
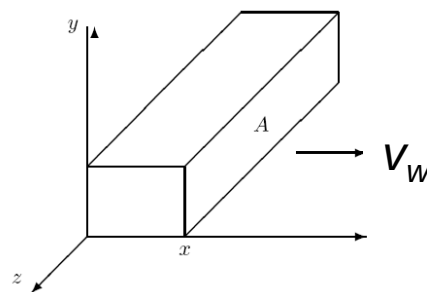
Sistemi konverzije energije vjetra – Proširivanje baze znanja



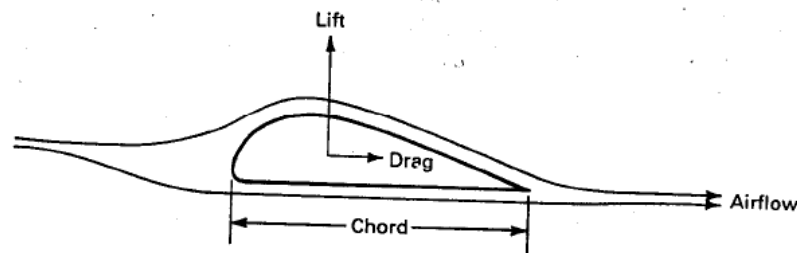
- Energija i snaga vjetra:

$$E_k = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 = \frac{1}{2} m v_w^2 = \frac{1}{2} (\rho A x) v_w^2$$

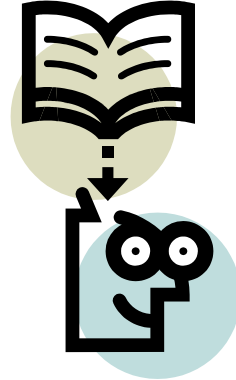
$$P_w = \frac{dE_k}{dt} = \frac{1}{2} \rho A v_w^2 \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \rho A v_w^3$$



Poprečni presjek lopatice

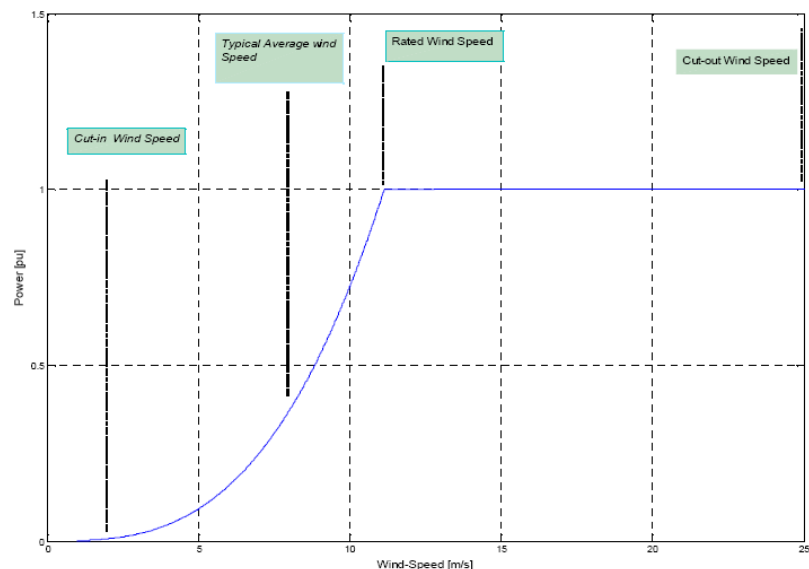
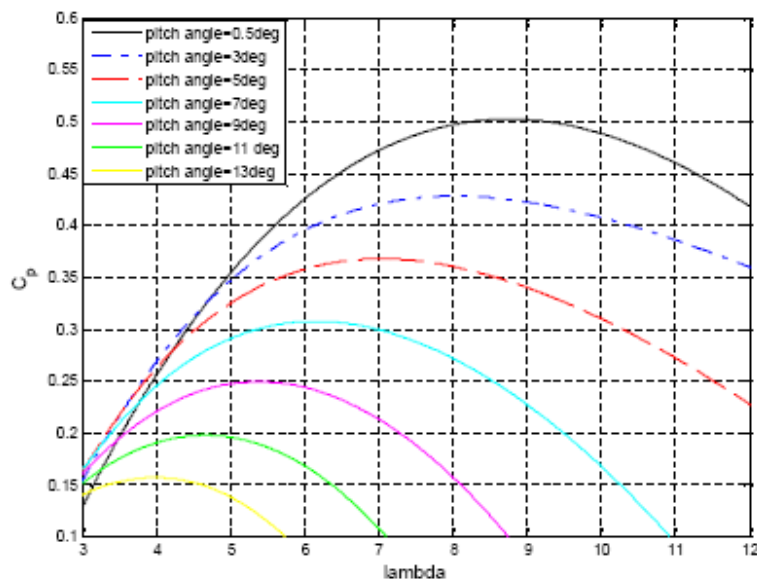


Sistemi konverzije energije vjetra – Proširivanje baze znanja

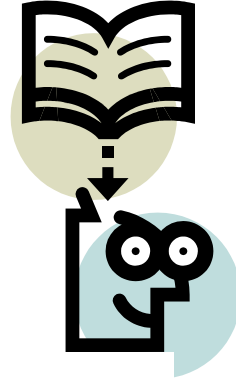


- MPPT režim rada
- Izdvojena mehanička snaga turbine

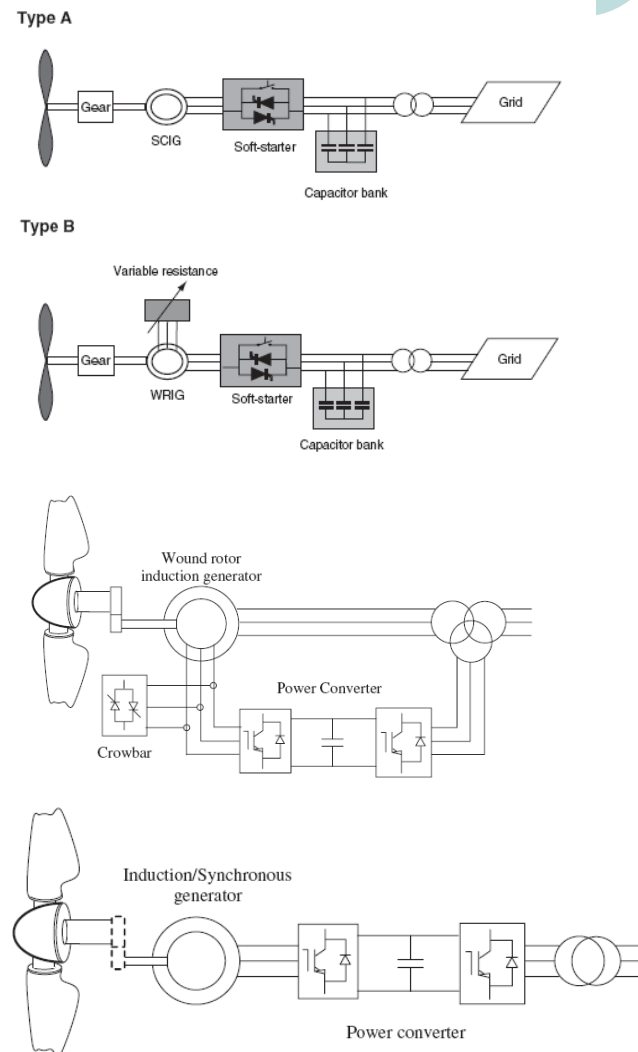
$$P_t = \frac{1}{2} \rho A C_p \left(\lambda = \frac{r \omega}{v_w}, \theta \right) v_w^3$$



Sistemi konverzije energije vjetra – Proširivanje baze znanja



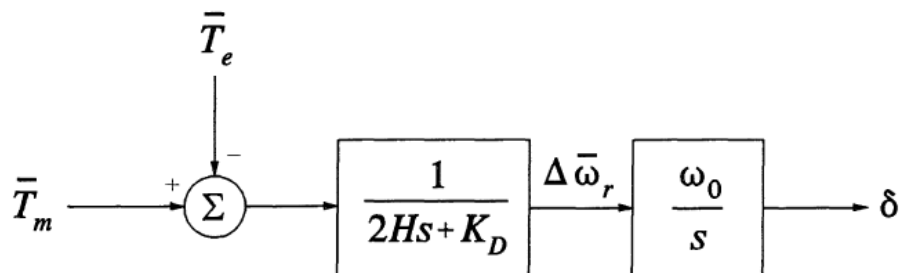
- Tipovi sistema za konverziju:
- Tip I i II fiksna brzina vrtnje: starije tehnologije i manje vjetroturbine
- Tip III (DFIG) i IV (FRWC, DDWG) promjenjiva brzina vrtnje. Asinhroni ili sinhroni generatori. Moderne vjetroturbine, rad u režimu MPPT, deloading strategija, regulacija napona, kompenzacija reaktivne energije.



Klasične elektrane – Inercijalna podrška

- Klasične vjetroelektrane poremećaju aktivne snage (ispad generatora ili povećanje potrošnje) se suprotstavljaju inercijalnim momentom (snagom) pretvarajući kinetičku energiju u električnu. Dakle ograničavaju brzinu propada frekvencije prema swing jednačini:

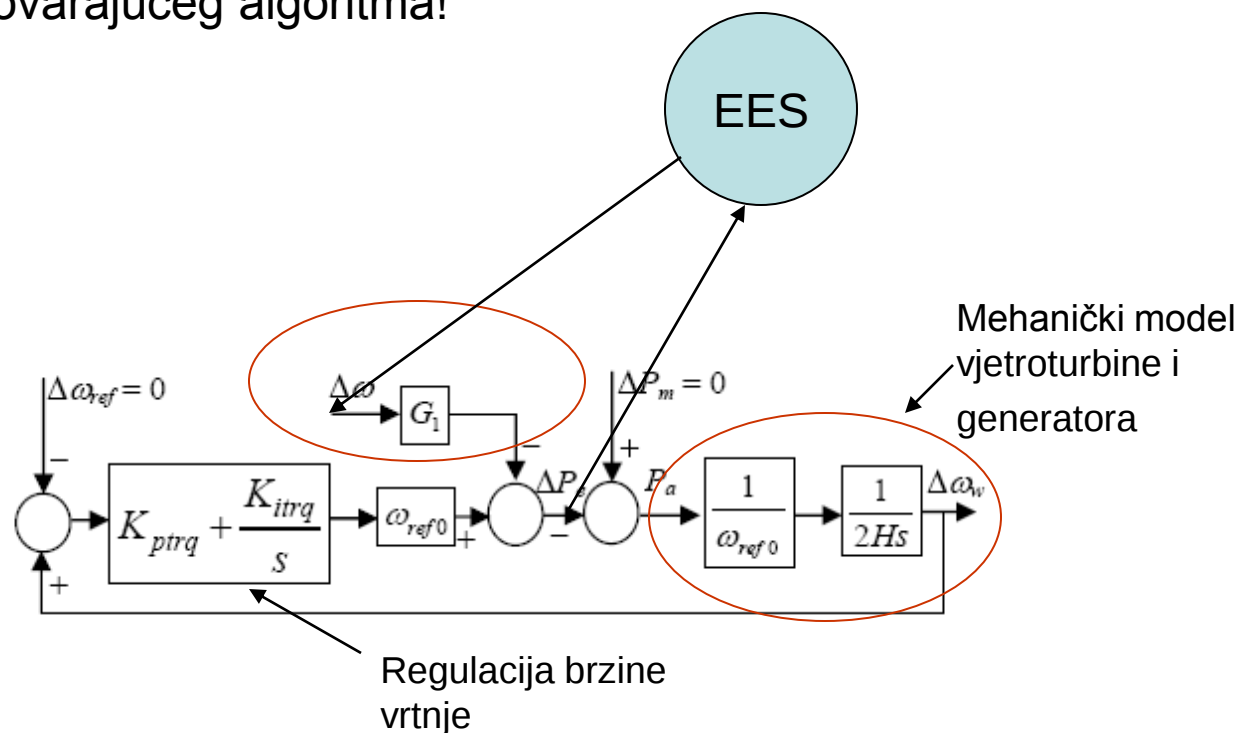
$$2H\omega_0 \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - K_D \frac{d\delta}{dt}$$



- Nakon ove faze turbine povećavaju mehaničku snagu ograničavajući maksimalni propad i dovodeći sistem u stanje ekvilibrijuma.

Vjetroelektrane sa promjenjivom brzinom vrtnje – Inercijalna podrška

- Energetskim pretvaračem raspregnuta frekvencija mreže od mehaničke frekvencije rotora.
- Inercija EES se smanjuje – Nedopustivo u sistemima sa velikom penetracijom vjetroelektrana.
- Potrebno vještački emulirati inercijalnu podršku klasičnih vjetroelektrana.
- Pitanje odgovarajućeg algoritma!



Inercijalna podrška vjetroelektrana

Naučni rad 1

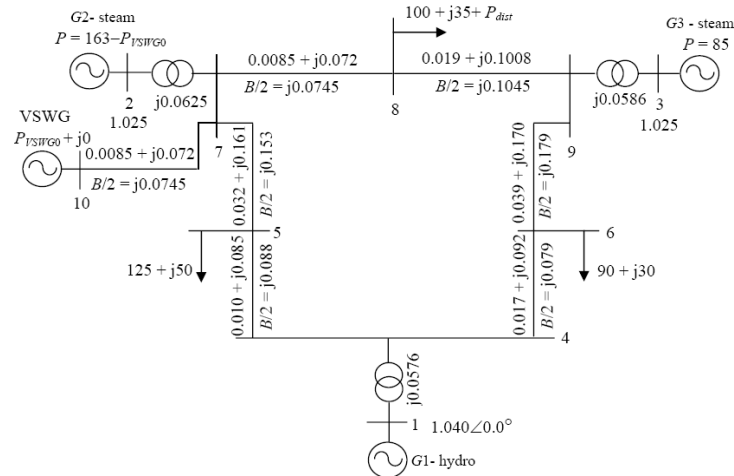
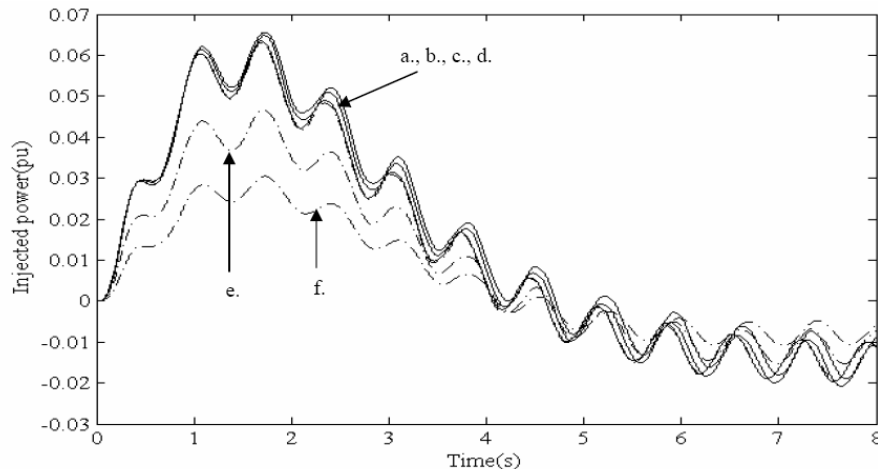
- Predložen Model Reference Controller (MRC) inercijalne podrške u radu:
- 1. **Elvisa Bećirović**, Jakub Osmić, Mirza Kušljugić i Nedjeljko Perić.
- **Design of Model Reference Controller of Variable Speed Wind Generators for Frequency Regulation Contribution.** 2013
International Conference on Environment, Energy, Ecosystems and Development (EEEAD '13), Venice, Italy, Venice, September 28-30, 2013.
- Algoritmom se osigurava da vjetrogeneratori u inercijalnom odzivu oponašaju GUNRST (Generating Unit with Non Reheat Steam Turbine)

$$G_1 = \frac{K_{ptrq}}{2} \frac{\left(\frac{4H}{K_{ptrq}} s + 1 \right)}{(\tau_B s + 1)} + \frac{1}{R} G_g G_t.$$

Inercijalna podrška vjetroelektrana

Naučni rad 2

- Analiza postojećih algoritama inercijalne podrške vjetroturbina.
- Predložen proporcionalni kontroler koji osigurava da inercijalni odziv vjetrolektrane ne ovisi o početnoj brzini vjetra.
- Izvedena formula za proračun propada brzine trubine u ovisnosti o brzini vjetra.
- Rezultati predstavljeni u radu
- 2. Jakub Osmić, Mirza Kušljagić, Elvisa Becirovic, and Daniel Toal.
- **Analysis of active power control algorithms of variable speed wind generators for power system frequency stabilization.** *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. Available online 02 November 2013, DOI: 10.3906/elk-1307-193, Turkish Journal of Elec. Eng. &Comp. Sci.



Stručni radovi

- 3. Elvisa Bećirović, Mirza Kušljugić, Jakub Osmić.
- **Analiza dinamičkog odziva elektroenergetskog sistema u uvjetima integracije vjetroelektrana (Dynamic response analysis of power system with integrated wind power plants).** 11. Savjetovanje bosanskohercegovačkog Komiteta međunarodnog vijeća za velike električne sisteme – BH K CIGRE, Neum, 15–19 septembar, 2013.
- 4. Jakub Osmić.
- **Regulacija aktivne i reaktivne snage modernih vjetrogeneratora.** ENERGA, Časopis stručnog udruženja za solarnu energiju u BiH „Energa solar“, Br. 1, Stranice: 11-14, Suse energa solar, Tuzla, maj 2013.
- 5. Elvisa Bećirović, Jakub Osmić, Mirza Kušljugić i Nedjeljko Perić
- **Primarna regulacija frekvencije u ees s velikim udjelom vjetroelektrana.** 11. savjetovanje hrvatskog ogranka Međunarodnog vijeća za velike elektroenergetske sustave – CIGRE, Cavtat, 10 – 13 novembar, 2013.
- Ostali radovi.



Generički modeli vjetrogeneratora

- Veći broj proizvođača (GE, Siemens , Enercon, Vestas itd.) vjetrogeneratora različitih tipova i snage.
- Potrebno izgraditi model koji pokriva čitav interval snaga i sve proizvođače - > GENERIČKI MODEL.
- Promjenom parametara generičkog modela određenog tipa emulira se rad vjetrogeneratora neovisno o snazi ili proizvođaču.
- Sinteza generičkog modela je proces koji još traje, iznova poboljšavajući model.
- Glavni igrači:
- GE (PSLF)
- SIEMENS (PSS)
- Western Electricity Coordinating Council (WECC Renewable Energy Modeling Task Force)
- International Electrotechnical Commission (IEC Technical Committee TC 88, Working Group 27)
- NREL (National Renewable Energy Laboratory)



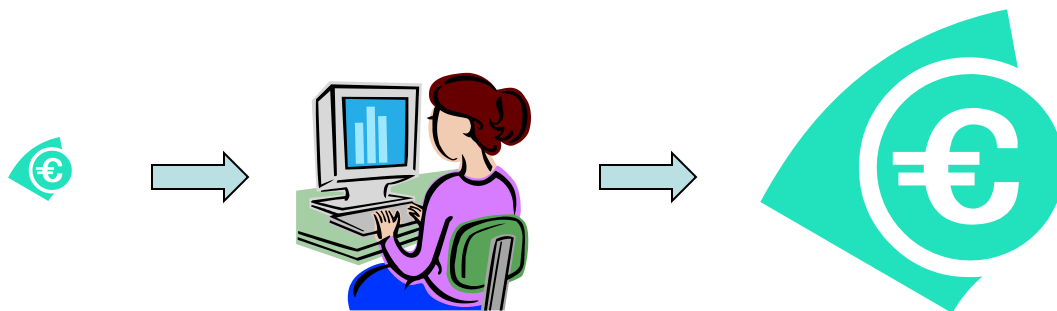
Generički modeli vjetrogeneratora

Naučni rad 3

- Analiza generičkih modela i metodologija inicijalizacije parametara predložena u radu:
- 3. Jakub Osmić, Mirza Kušljugić, Elvisa Becirovic, and Daniel Toal.
- **Analysis and initialization of GE wind turbine control model.** Under review in *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*.

Generički modeli vjetrogeneratora -Simulator

- Realiziran simulator EES-a sa priključenom vjetroturbinom u Matlab/Simulink razvojnom okruženju.
- Osigurava implementaciju korisničkih algoritama upravljanja vjetroelektranom što je teško ali i skupo za realizaciju u PSS ili PSLF
- Potrebno realizirati bolji GUI.
- Za ovo potrebno osigurati veća finansijska sredstva/vrijeme kroz odgovarajući projekat i eventualno proširiti tim.





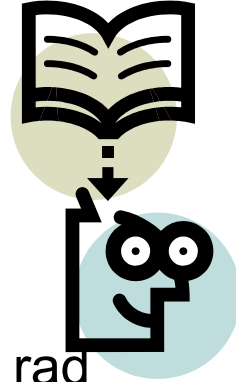
Doktorske disertacije, magistarski radovi

- **Doktorska disertacija:** E. Becirovic, **Mogućnost upravljanja frekvencijom EES-a u uvjetima integracije vjetroelektrana-** Mentor Dr. Sc. Nedeljko Perić, komentor Dr.sc. Mirza Kušljugić
- **Magistarski rad:** Amra Smailagić, **Utjecaj VE na ugaonu stabilnost električki bliskih HE** - Mentor Dr. Sc. Mirza Kušljugić
- **Magistarski rad:** Eldin Tufekčić, **Modeliranje, simulacija i upravljanje PWM usmjerivača u sistemima konverzije energije vjetra** - Mentor Dr. sc. Jakub Osmić.
- **Magistarski rad:** Jusufović Adnan, **Generički modeli vjetrogeneratora i upravljačkih sistema vjetrogeneratora tipa III i IV** – Mentor Dr. sc. Jakub Osmić.



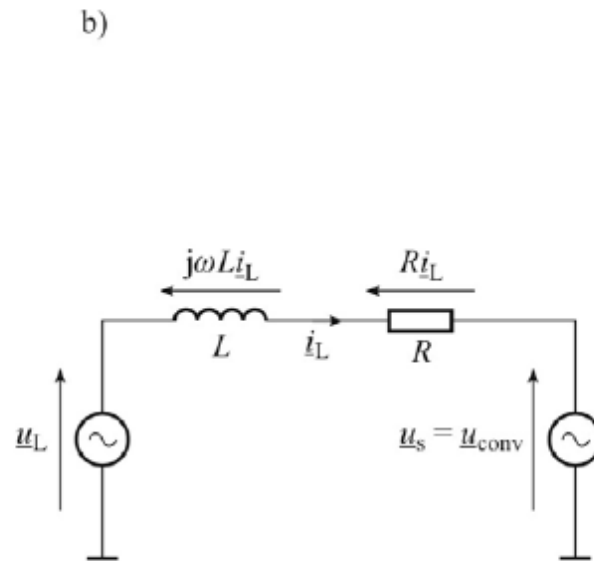
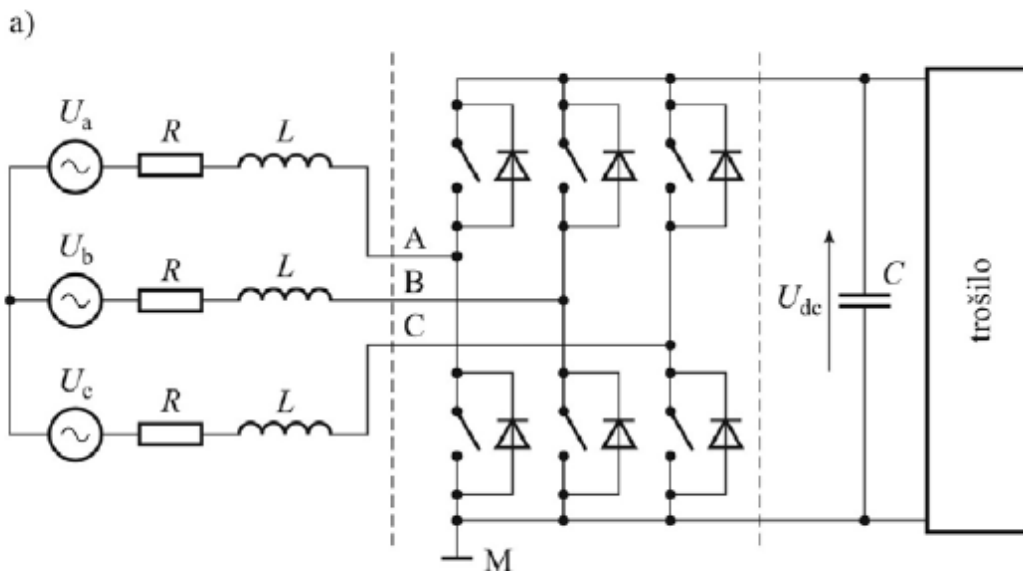
ELaborat

- **III ELABORAT TEHNIČKOG RJEŠENJA**
- **PRIKLJUČKA VE PODVELEŽJE NA PRENOSNU MREŽU (2014)**
- - grupa autora



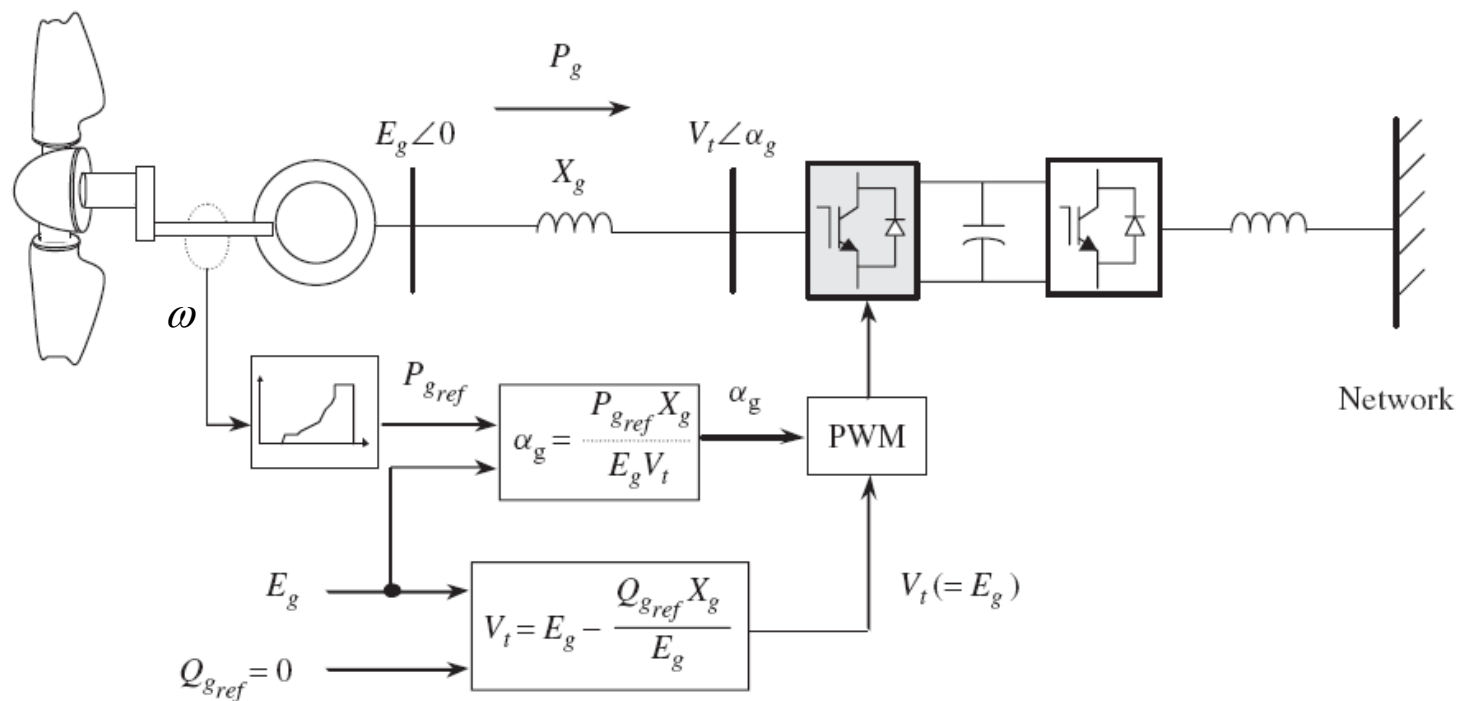
Energetski pretvarači

- PWM usmjerivači omogućavaju dvosmjernan tok aktivne snage i rad sa Q kapacitivno ili Q induktivno.
- Posljedica upotrebe upravljanih dvokvadrantnih IGBT sklopki sa povratnim diodama, odgovarajuće regulacije širine impulsa i upravljanja.



Back to back konvertori

- Dva PWM usmjerivača sa istosmjernim međukrugom.
- Regulacija aktivne snage izmjenjivačem na strani generatora.
- Regulacija napona DC linka i reaktivne snage na strani mreže.



Back to back converter

- Simulator back to back konvertra, sistema za upravljanje širinom impulsa i sistema za upravljanje back to back konvertorom (vektorsko ili ugao opterećenja) realiziran u Matlab/Simulink razvojnom okruženju.
- Potrebno poboljšati GUI - vrijeme.



Planovi

- **U toku pisanje naučne knjige:** Sistemi konverzije energije vjetra, autora: Jakub Osmić, Mirza Kušljagić i Amir Nuhanović.
- **Laboratorija obnovljivih izvora energije:** Energija vjetra i solarna energija.
 - Modelne naprave: vjetrogeneratori, solarni paneli, energetske pretvarače
 - Licencirani softver: LabVIEW, Matlab/Simulink
 - Oprema
- Istraživanje
- Edukacija zainteresiranih
- Apliciranje na međunarodne projekte.
- Projektovanje
- Kontinualno objavljivanje naučnih radova.

