

# Fault-tolerant control of a wind turbine subject to generator electromechanical faults

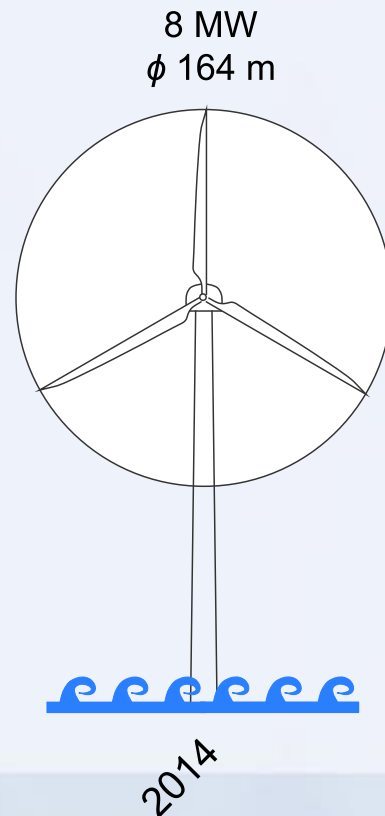
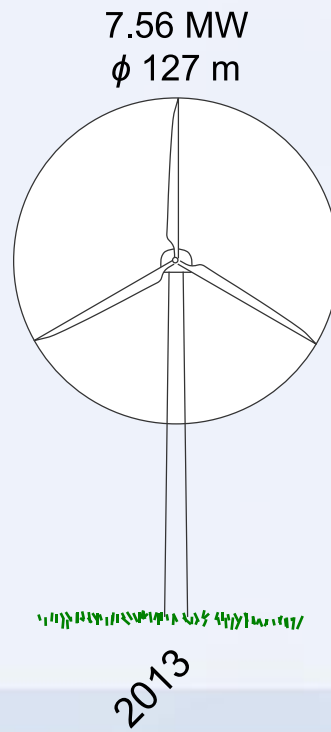
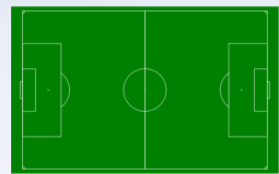
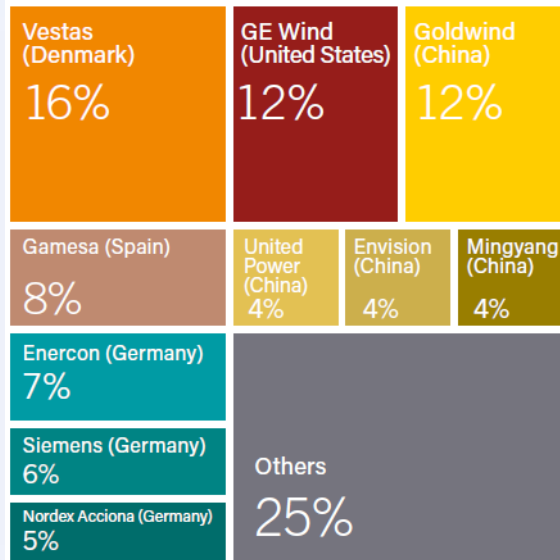
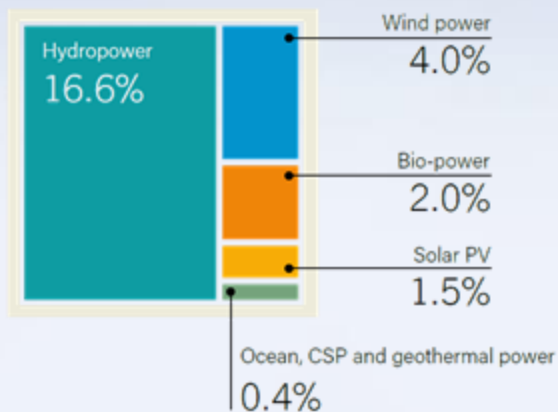
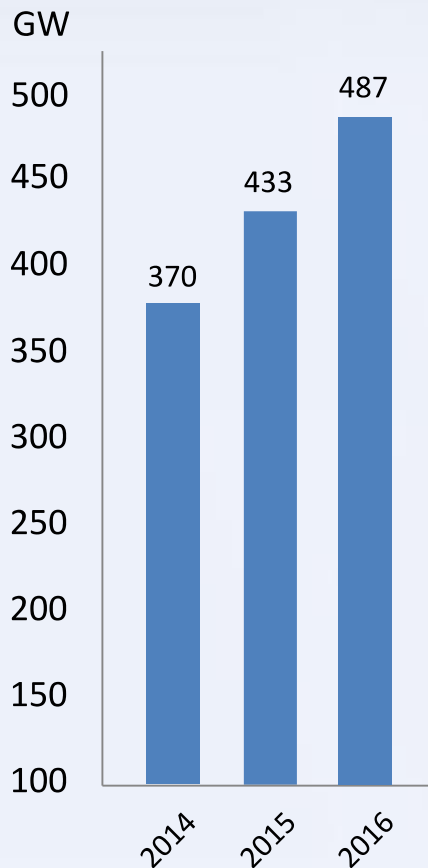
Zagreb Energy Congress 2017

Asst. Prof. Vinko Lešić, PhD



# Wind energy today

Global capacity



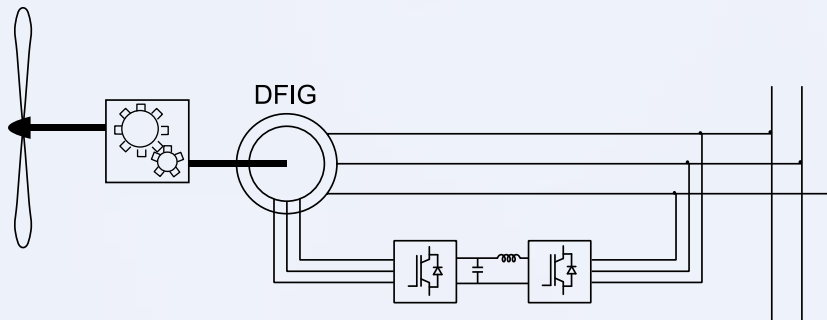
# Motivation



# Wind turbine generators

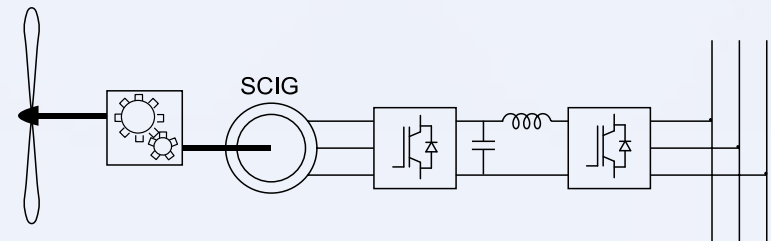
## Asynchronous types

- ▶ Mature technology, usually up to 3 MW
- ▶ Fast rotating, gearbox required
- ▶  $p \omega_{rotor} = \omega_{source} - \omega_{slip}$



Doubly-Fed Induction Generator

- Vestas
- Sinovel
- Gamesa
- GE Energy



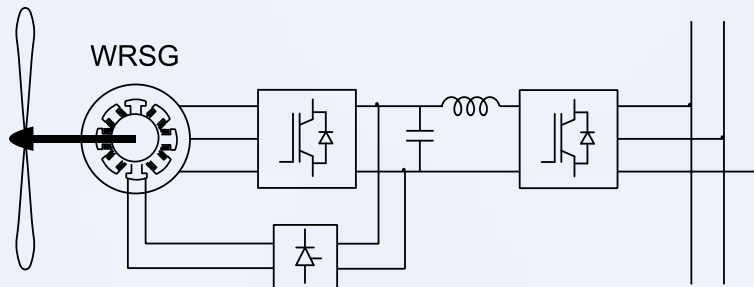
Squirrel-Cage Induction Generator

- Siemens

# Wind turbine generators

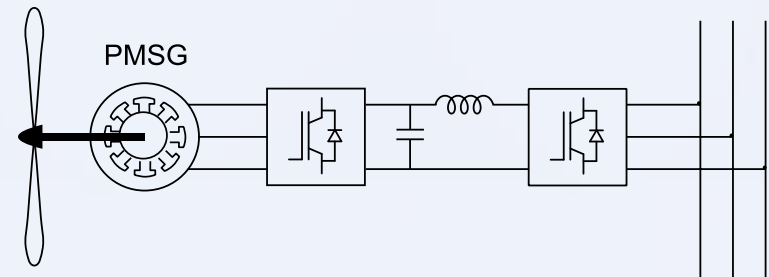
## Synchronous types

- ▶ Newer technology, usually above 2,5 MW
- ▶ Slow rotating, direct-drive
- ▶  $p\omega_{rotor} = \omega_{source}$



Wound Rotor  
Synchronous Generator

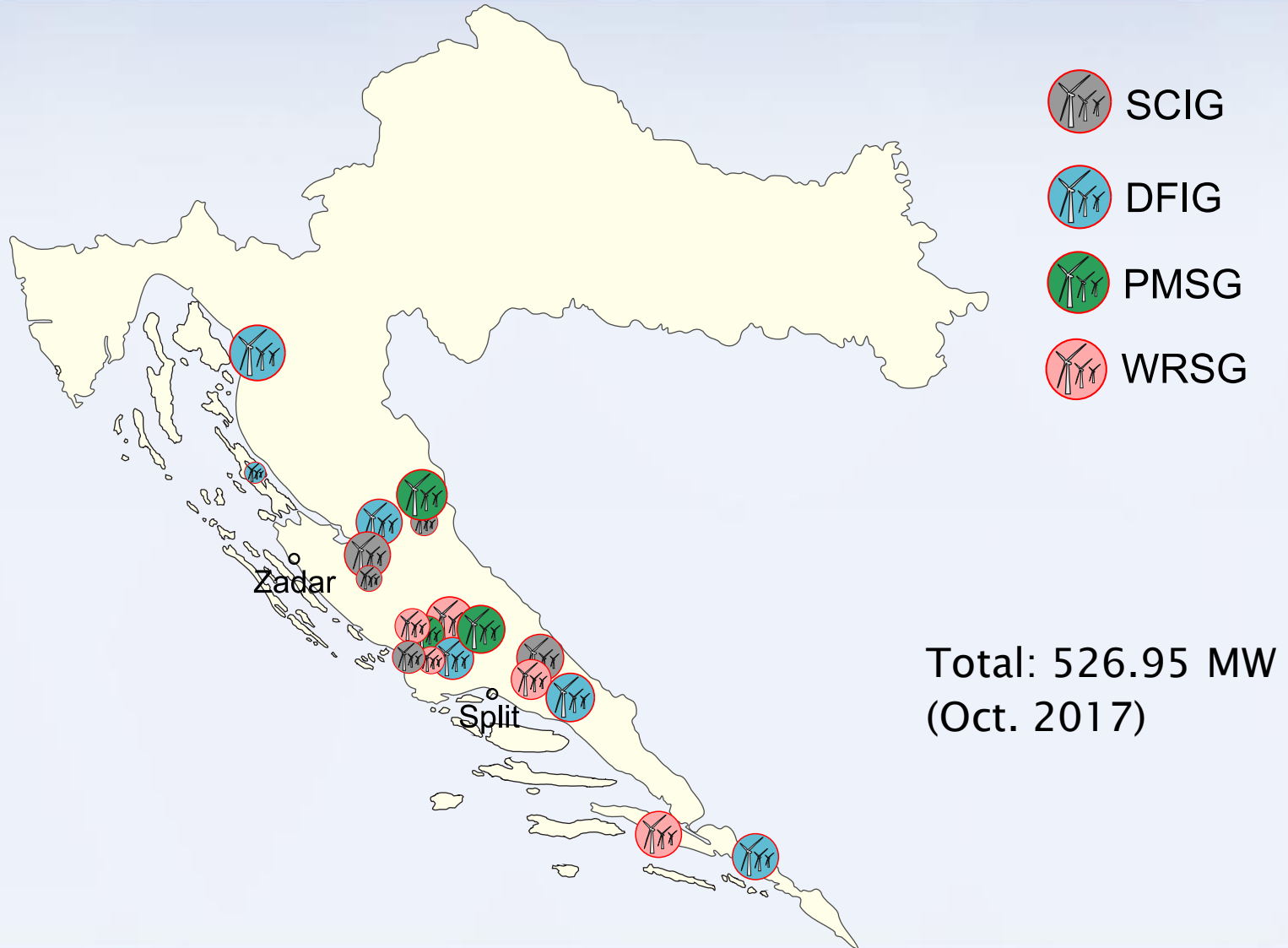
- Končar
- Enercon



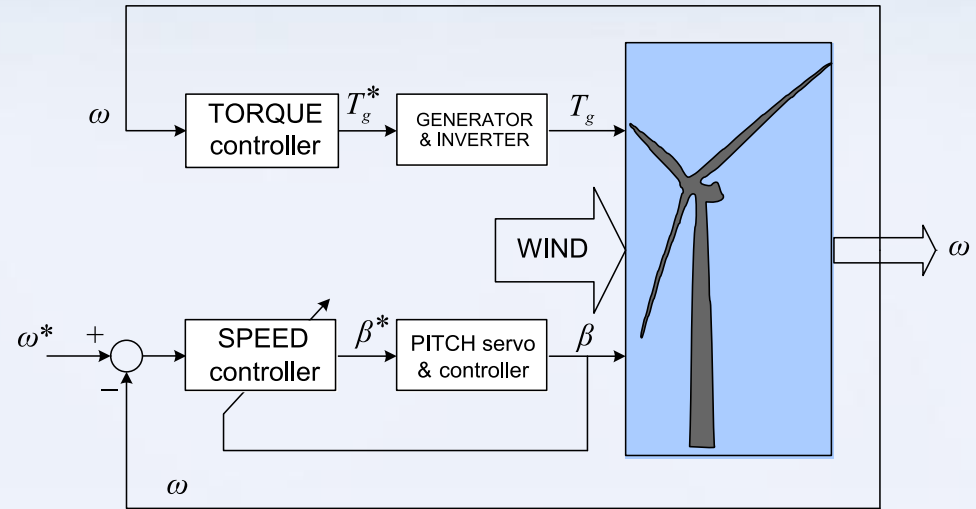
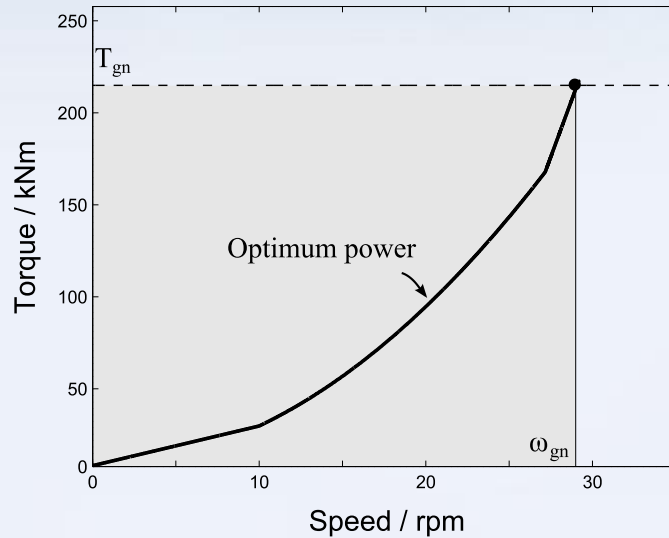
Permanent-Magnet  
Synchronous Generator

- Vestas
- Goldwind
- Gamesa
- GE Energy
- Siemens

# Wind farms in Croatia



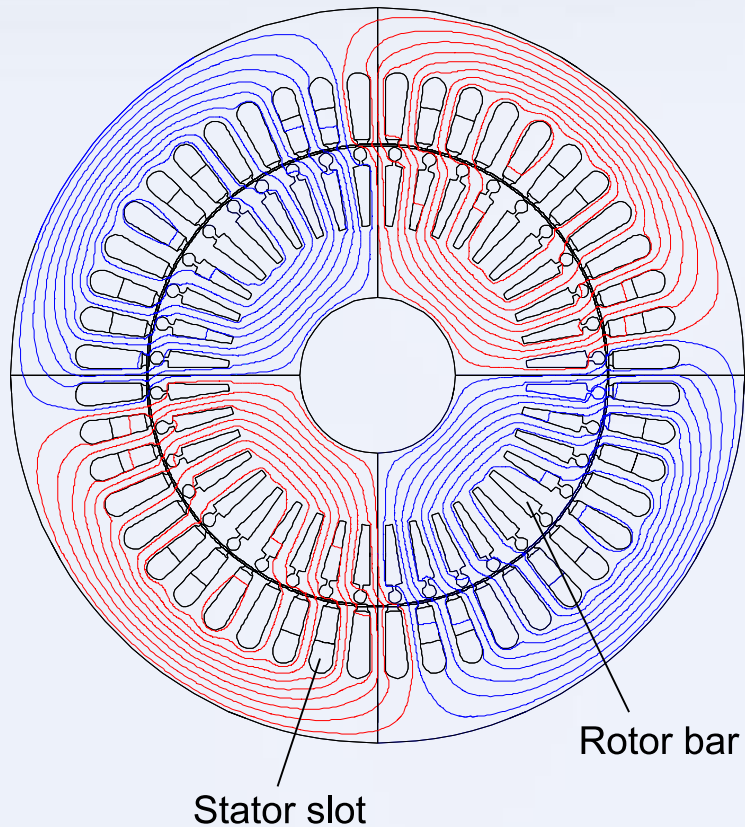
# Wind turbine control



- ▶ Below rated wind speed – control via torque
  - $T_g^* = K_\lambda \omega^2$
- ▶ Above rated wind speed – control via pitch
  - Proportional–integral(–derivative) gain–scheduling controller

# Generator control

- ▶ Field-oriented control

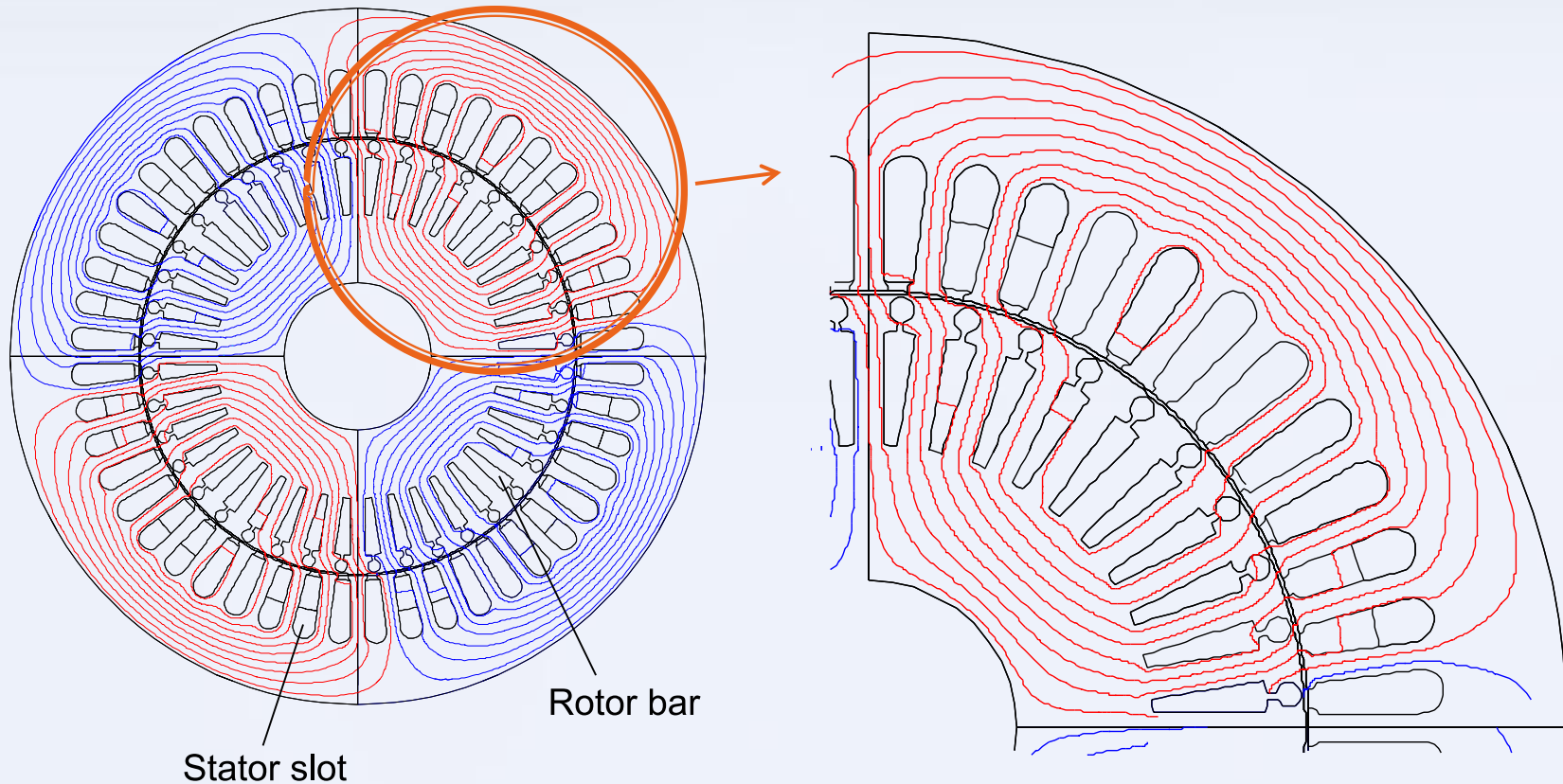


Source: Damir Žarko, Teorija električnih strojeva i transformatora



# Generator control

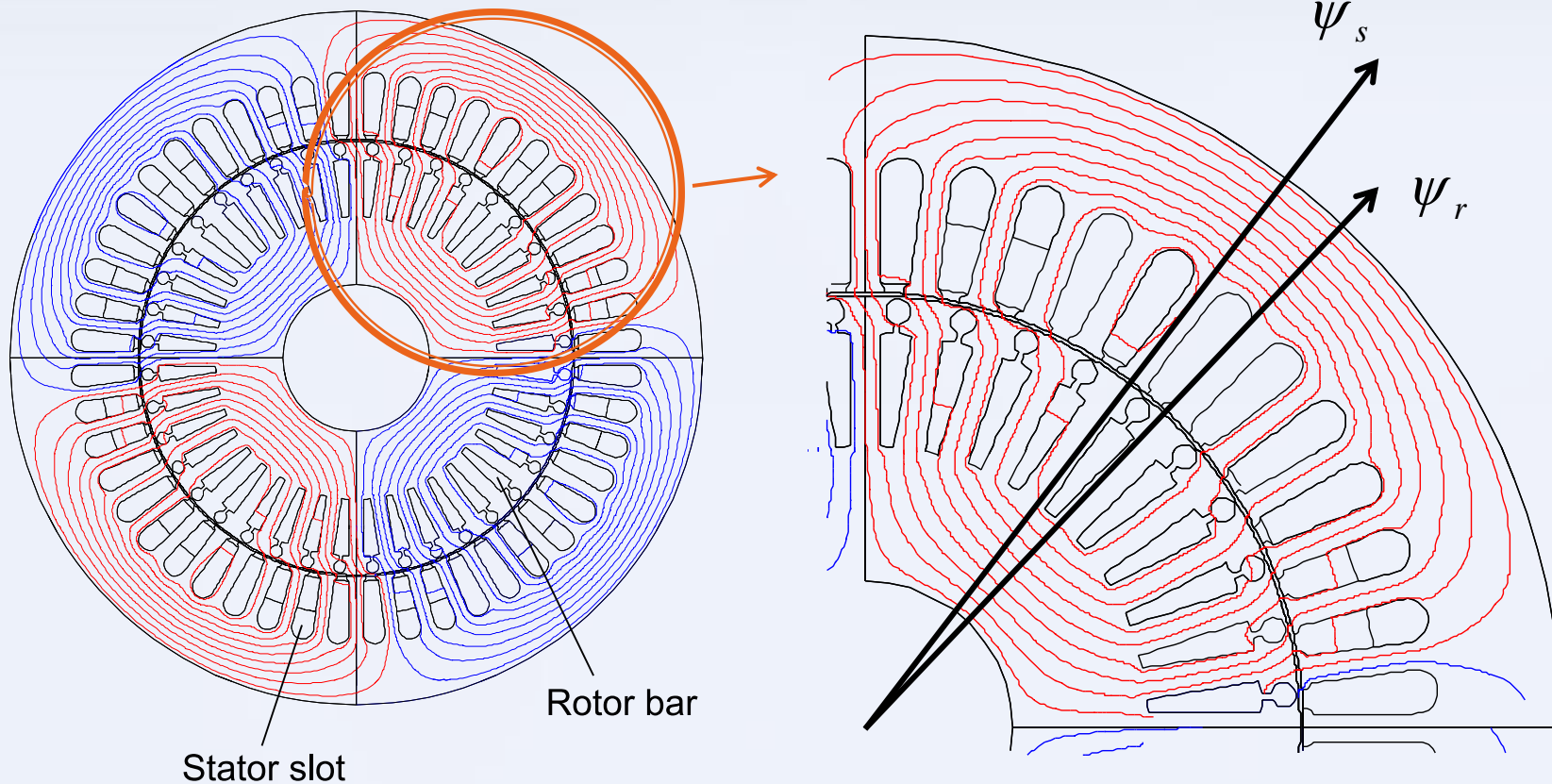
- ▶ Field-oriented control



Source: Damir Žarko, Teorija električnih strojeva i transformatora

# Generator control

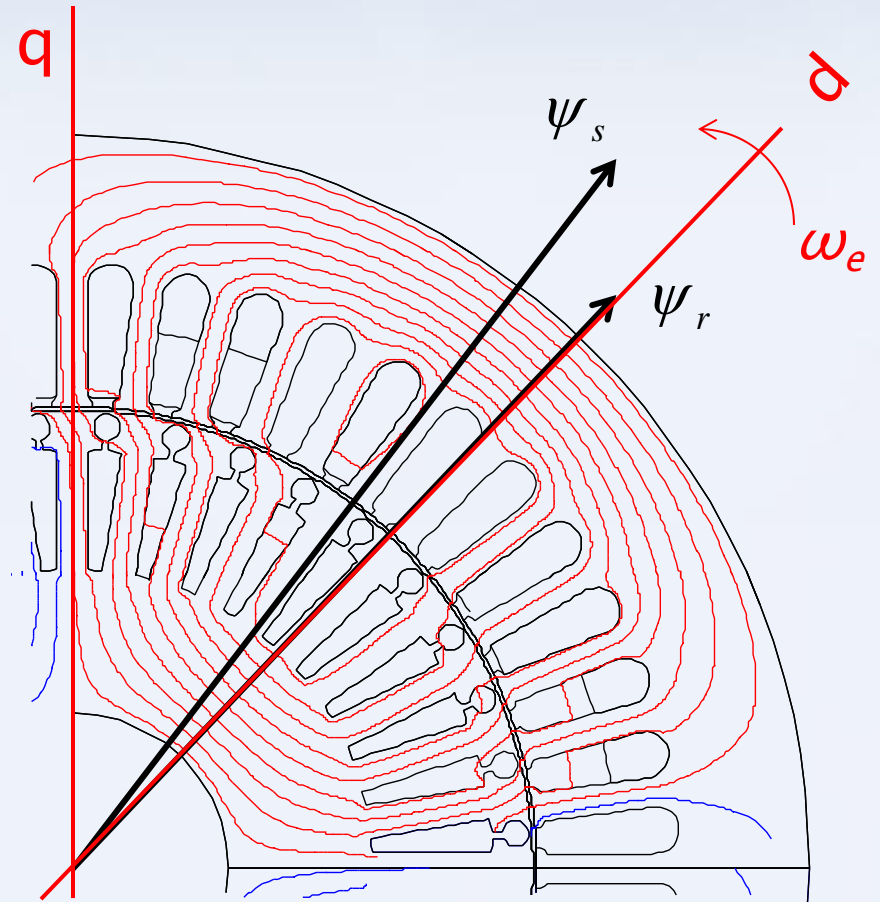
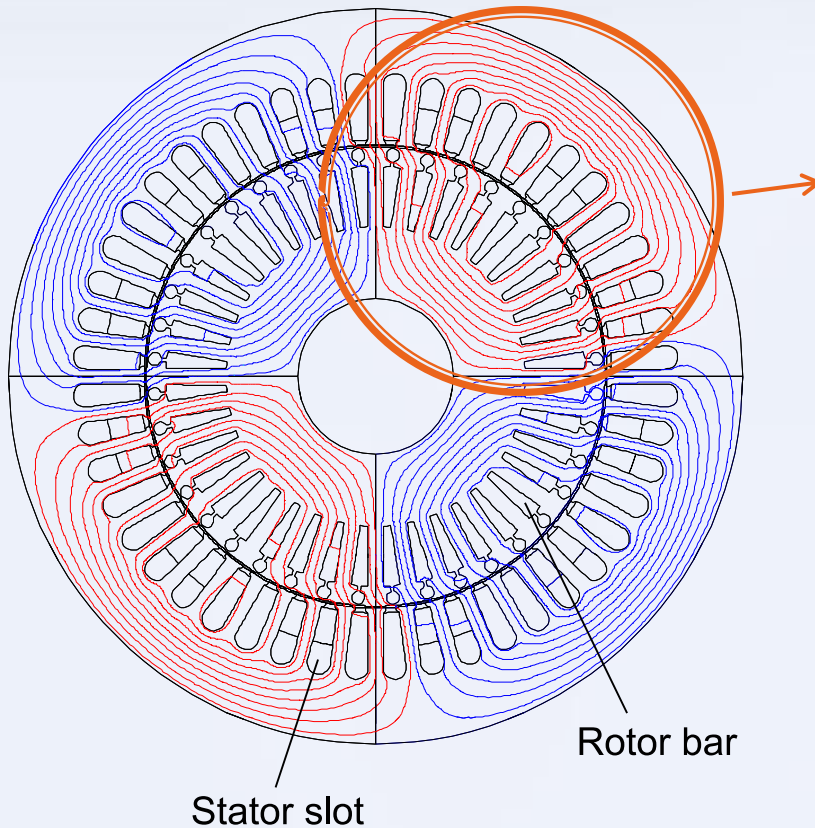
## ► Field-oriented control



Source: Damir Žarko, Teorija električnih strojeva i transformatora

# Generator control

## ► Field-oriented control



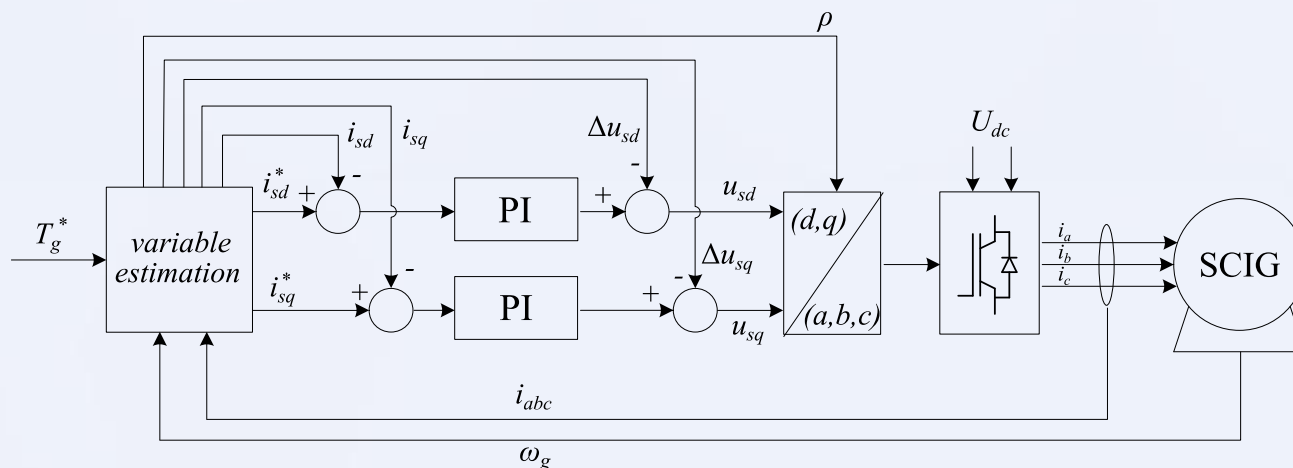
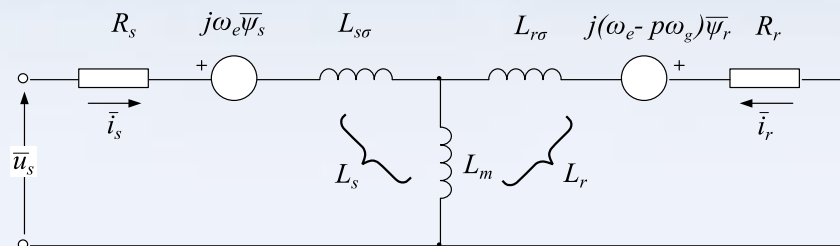
Source: Damir Žarko, Teorija električnih strojeva i transformatora

# SCIG model

## ▶ SCIG model in $dq$ rotating frame

$$\bar{u}_s = R_s \bar{i}_s + \frac{d\bar{\psi}_s}{dt} + j\omega_e \bar{\psi}_s$$

$$0 = R_r \bar{i}_r + \frac{d\bar{\psi}_r}{dt} + j(\omega_e - p\omega_g) \bar{\psi}_r$$



## ▶ Aligning with rotor flux linkage

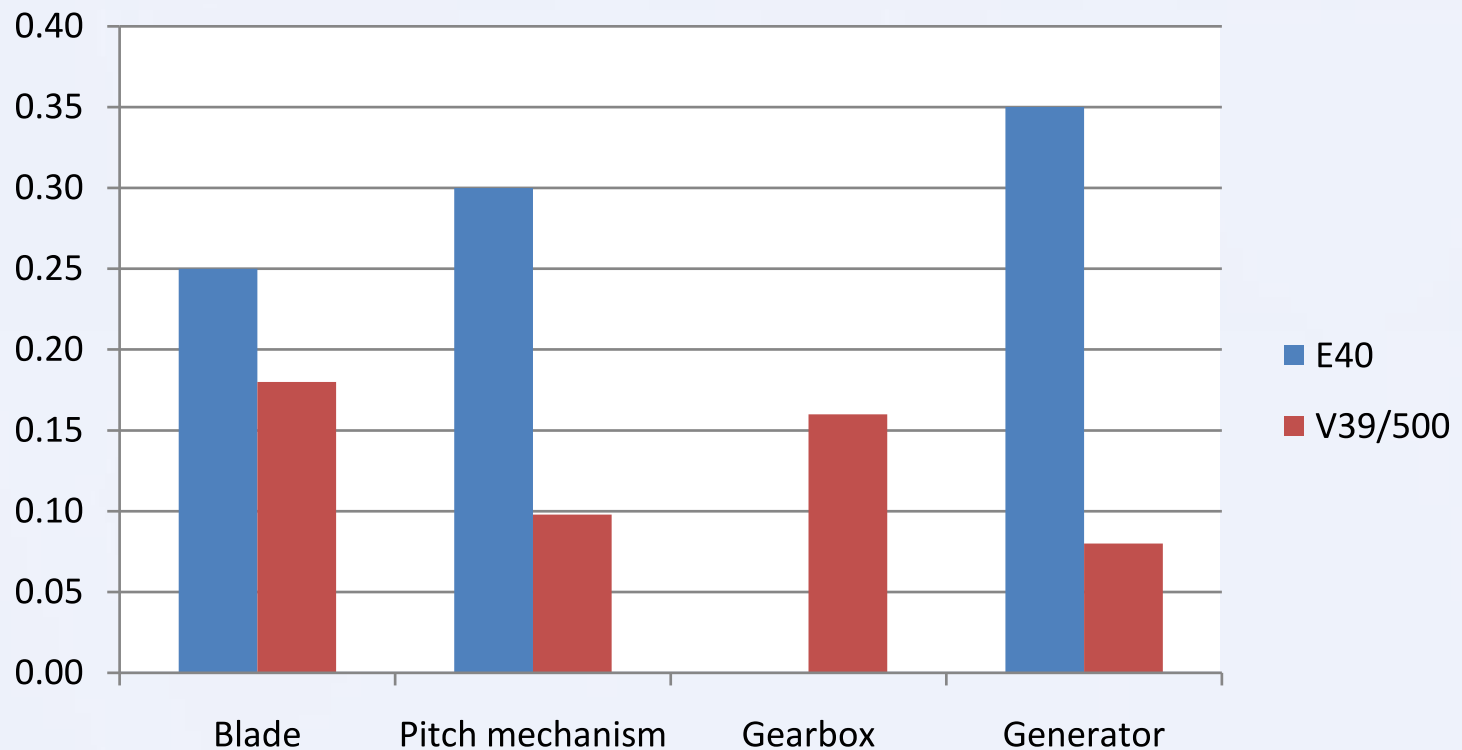
$$\bar{\psi}_r = \psi_{rd}$$

$$T_g = \frac{3}{2} p \frac{L_m^2}{L_r} i_{mr} i_{sq}$$

# Wind turbine faults

- ▶ Gearbox concept and direct-drive

Failure rate per unit per year



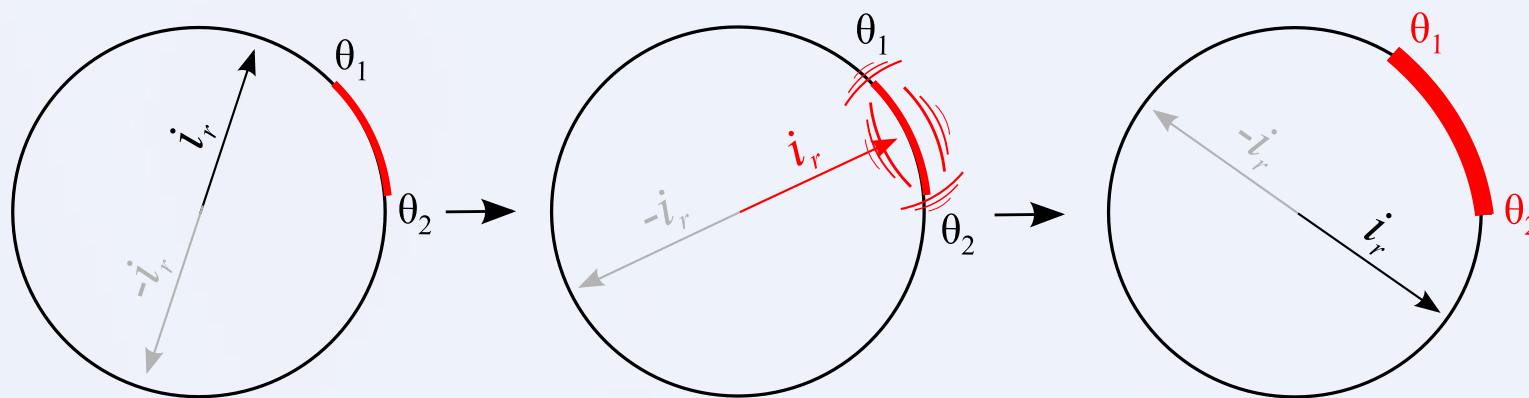
Source: J. Ribrant 2007. (Swedish wind turbines 2000.–2004.)

# Generator faults

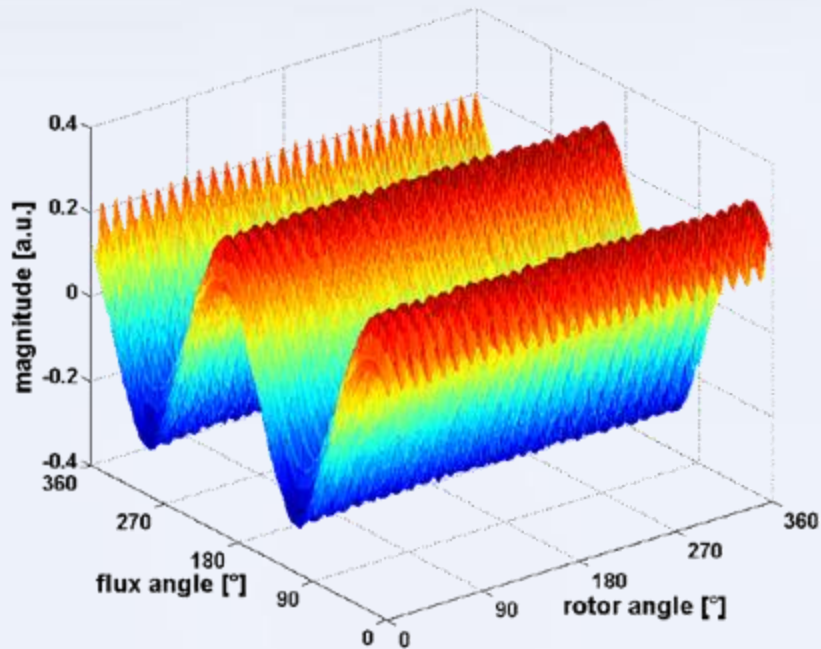
- ▶ Electric machines failure frequency in wind turbines is about **10 times** greater than in industry applications
  - harsh environment
  - frequently varying operating conditions
- ▶ In industry applications:
  - 35% of faults – stator related (e.g. insulation degradation)
  - 30% of induction machine faults – rotor related (cage)
- ▶ Wind turbines are placed on hardly reachable, remote locations
- ▶ Lots of expensive monitoring and control equipment is already installed → great opportunity for diagnostics and control system interventions

# Observed faults

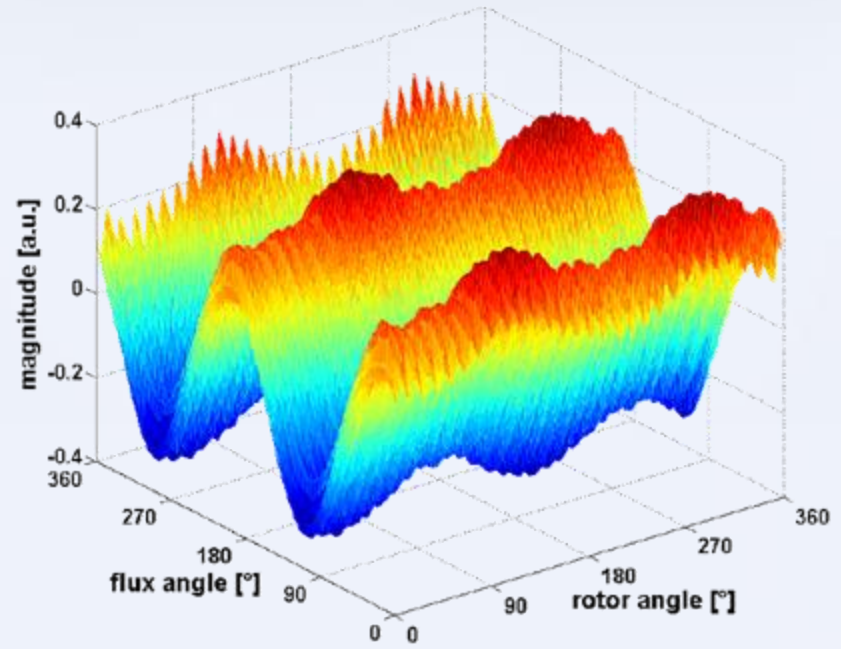
- ▶ Cage defects (squirrel-cage induction generator)
- ▶ **Stator insulation faults**
- ▶ Both kinds of faults can be related with instantaneous rotor flux linkage position
- ▶ Faults spread rapidly in normal operation



# Transient leakage inductance



Healthy conditions



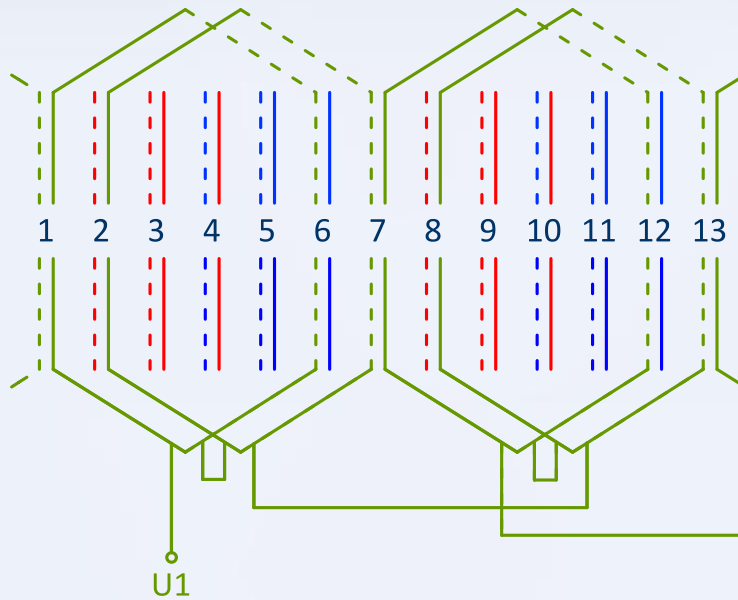
Damaged rotor bar

TU Wien, prof. Thomas Wolbank group



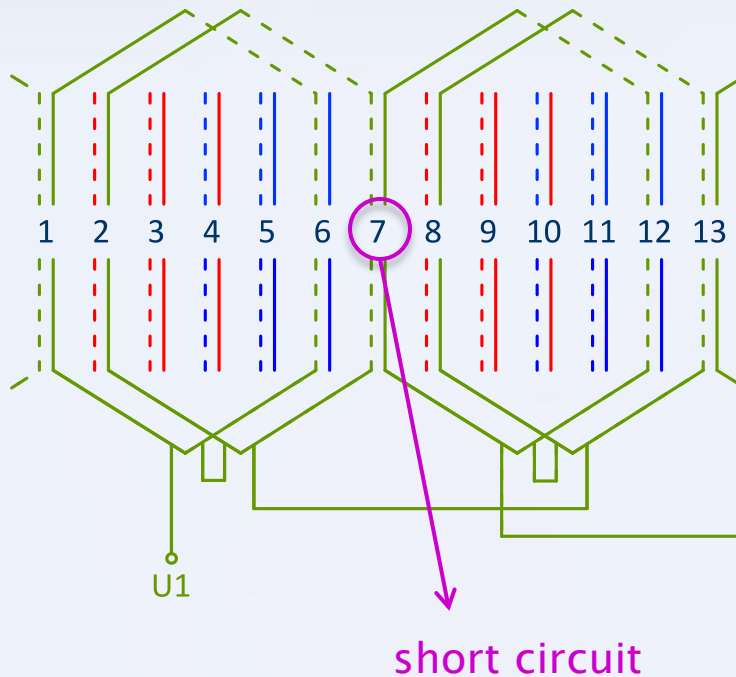
# Stator insulation FTC

## Inter-turn short circuit



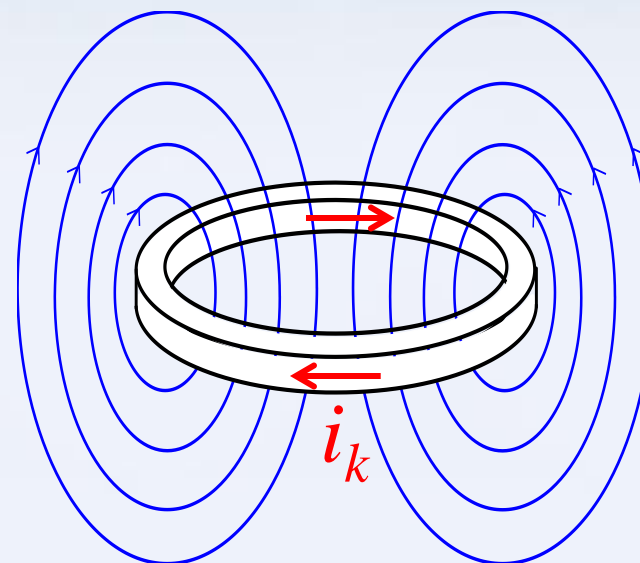
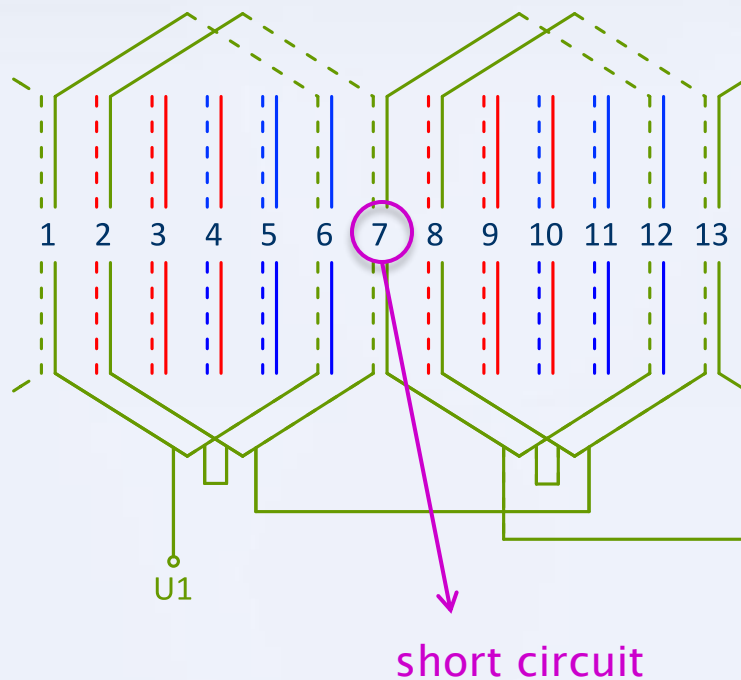
# Stator insulation FTC

## Inter-turn short circuit



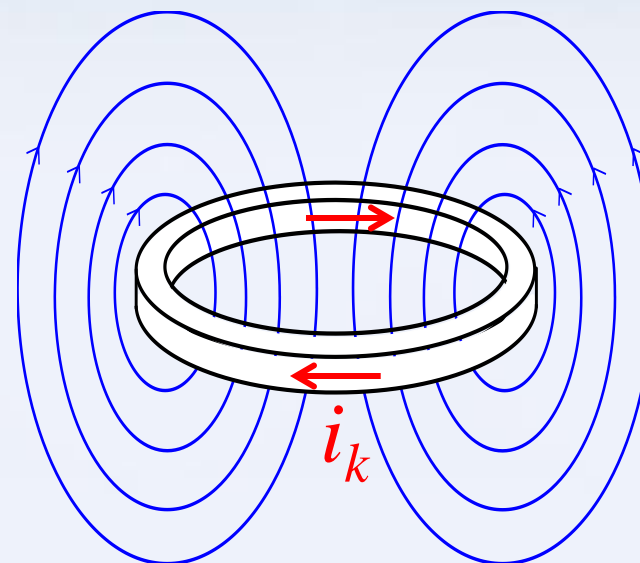
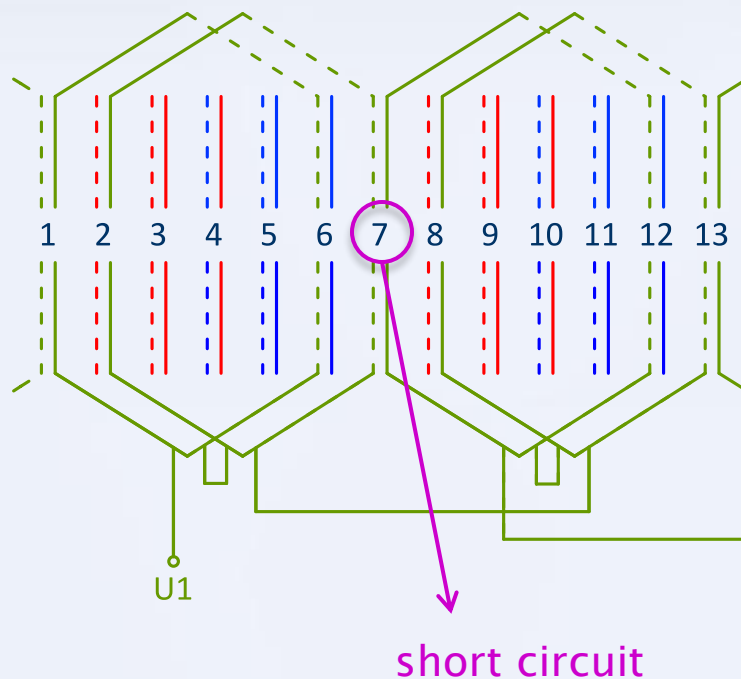
# Stator insulation FTC

## Inter-turn short circuit



# Stator insulation FTC

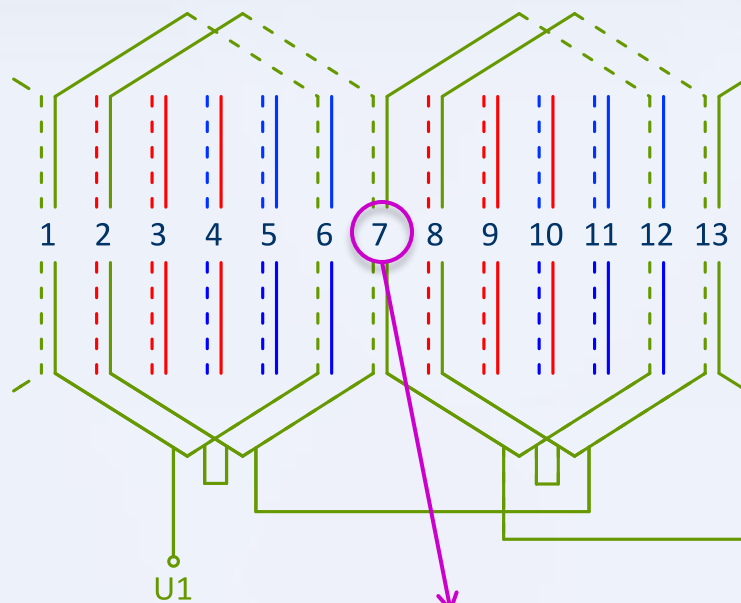
## Inter-turn short circuit



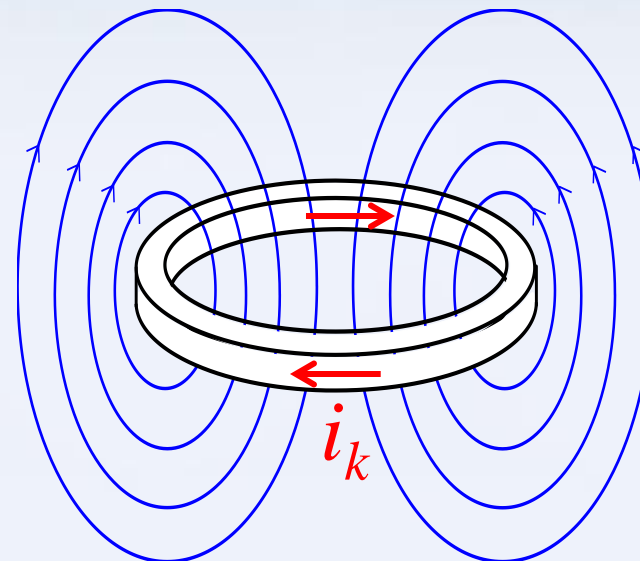
$$i_k(t) = \frac{1}{R_k} \frac{d\psi_{sx}(t)}{dt}$$

# Stator insulation FTC

## Inter-turn short circuit



short circuit



$$i_{sc}(t) = \frac{1}{Z_{sc}} \frac{d\psi_{sx}(t)}{dt}$$

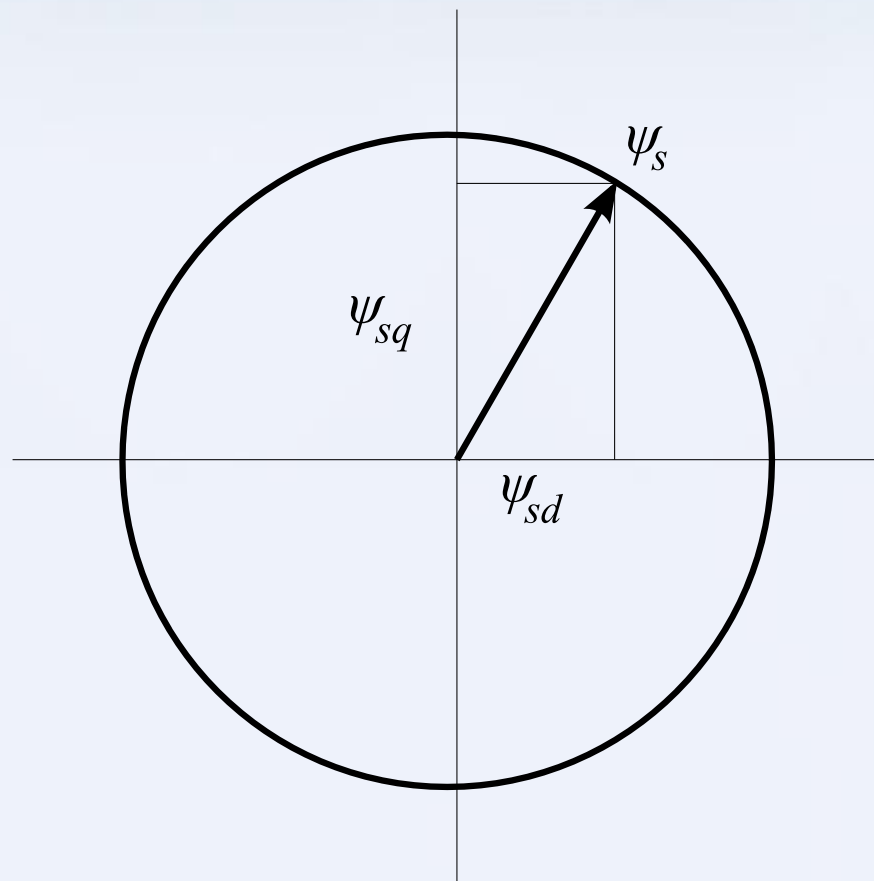
$$\longrightarrow \left| \frac{d\psi_{sx}(t)}{dt} \right| \leq K_{FTC}$$

# Stator insulation FTC

► Generally:

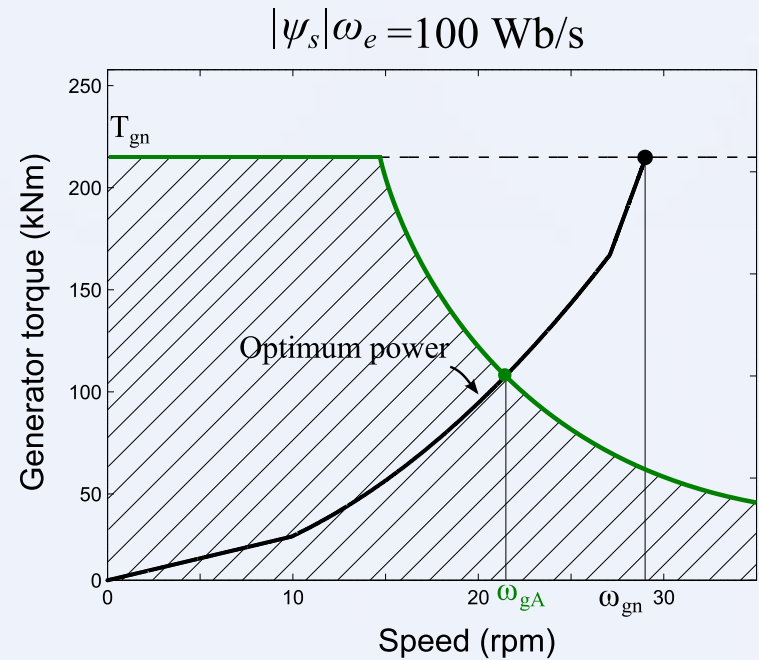
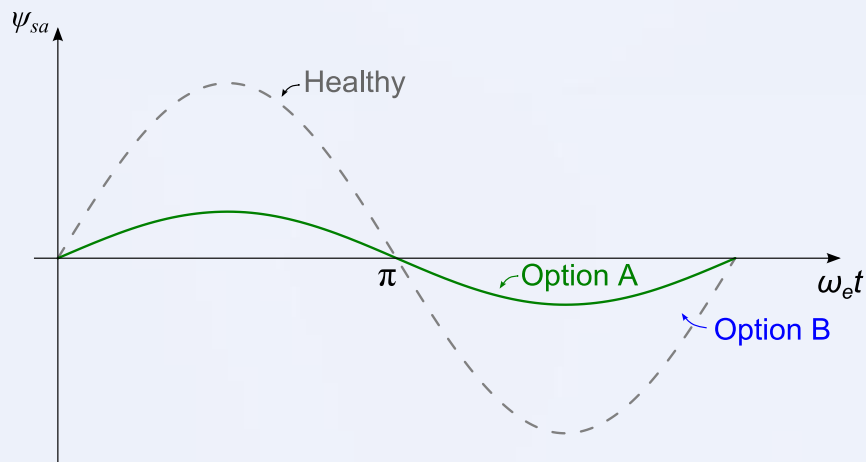
$$\psi_{sx}(t) = |\psi_s| \sin(\omega_e t + \varphi_x)$$

$$\frac{d\psi_{sx}(t)}{dt} = |\psi_s| \omega_e \cos(\omega_e t + \varphi_x)$$



# Stator insulation FTC

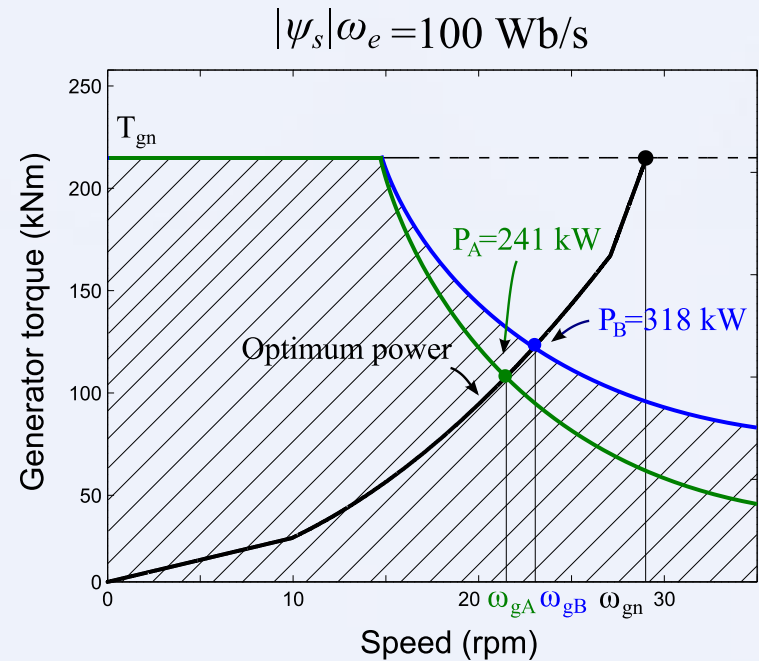
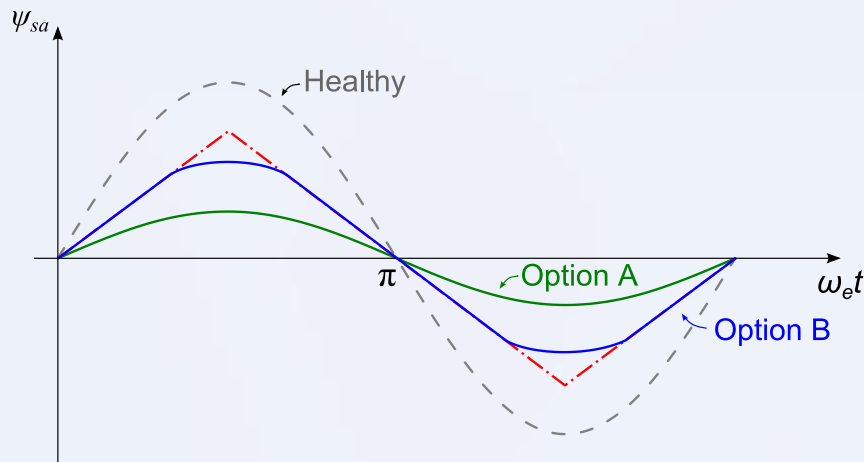
- ▶ Option A – reduction of  $\psi_s$  such that  $|\psi_s|\omega_e$  is kept below the imposed limit



# Stator insulation FTC

- ▶ Option B – modulation of stator flux magnitude  $|\psi_s|(t)$  such that the imposed restriction is matched

$$\left| \frac{d\psi_{sx}(t)}{dt} \right| = K_{FTC}$$

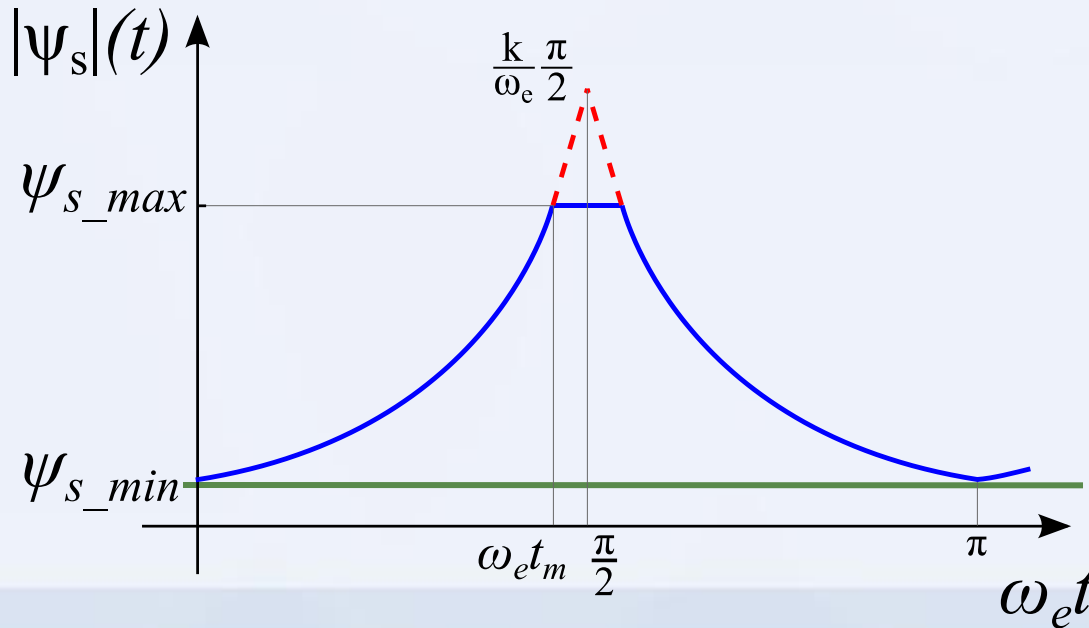




# Stator insulation FTC

- ▶ Triangular waveform of stator flux is achieved with FOC and current control loops:

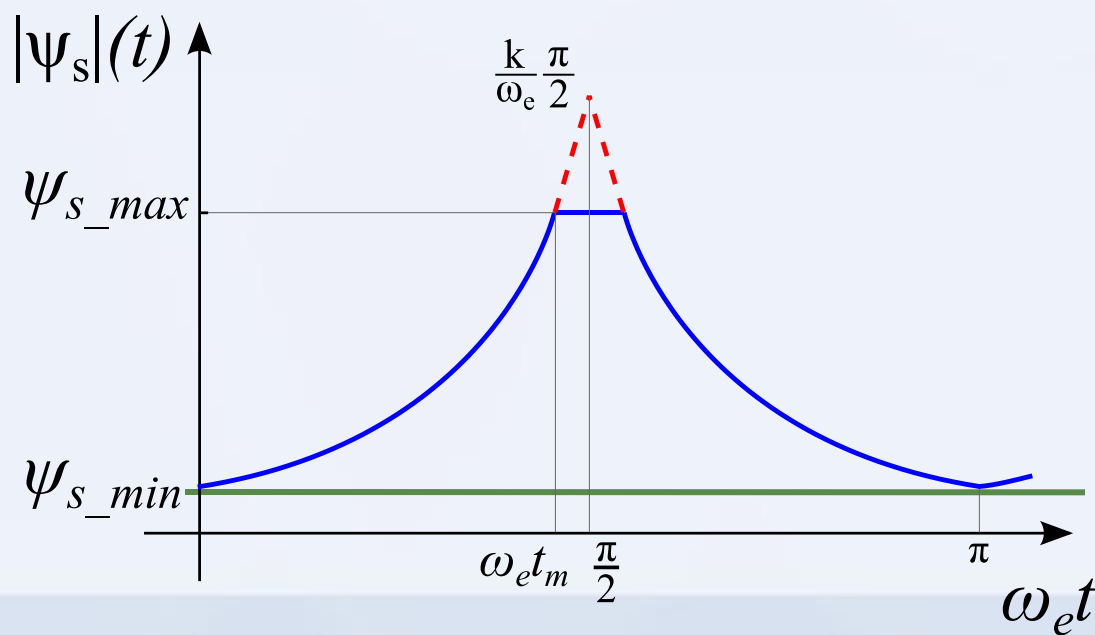
$$|\psi_{sx}|(t) = \frac{K_{FTC}}{\omega_e} \frac{\omega_e t + \varphi_x}{\sin(\omega_e t + \varphi_x)} \quad \Rightarrow \quad \psi_{sx}(t) = K_{FTC} \left( t + \frac{\varphi_x}{\omega_e} \right)$$



# Stator insulation FTC

- ▶ Triangular waveform of stator flux is achieved with FOC and current control loops:

$$|\psi_{sx}|(t) = \frac{K_{FTC}}{\omega_e} \frac{\omega_e t + \varphi_x}{\sin(\omega_e t + \varphi_x)} \quad \longrightarrow \quad \psi_{sx}(t) = K_{FTC} \left( t + \frac{\varphi_x}{\omega_e} \right)$$



$$\psi_{sd} = L_l i_{sd} + \frac{L_m}{L_r} \psi_{rd}$$

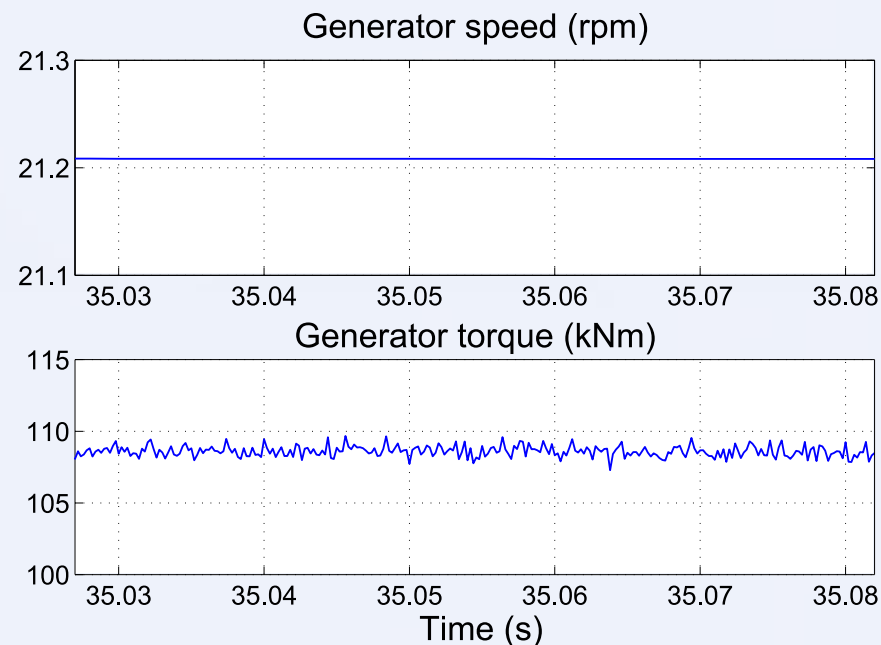
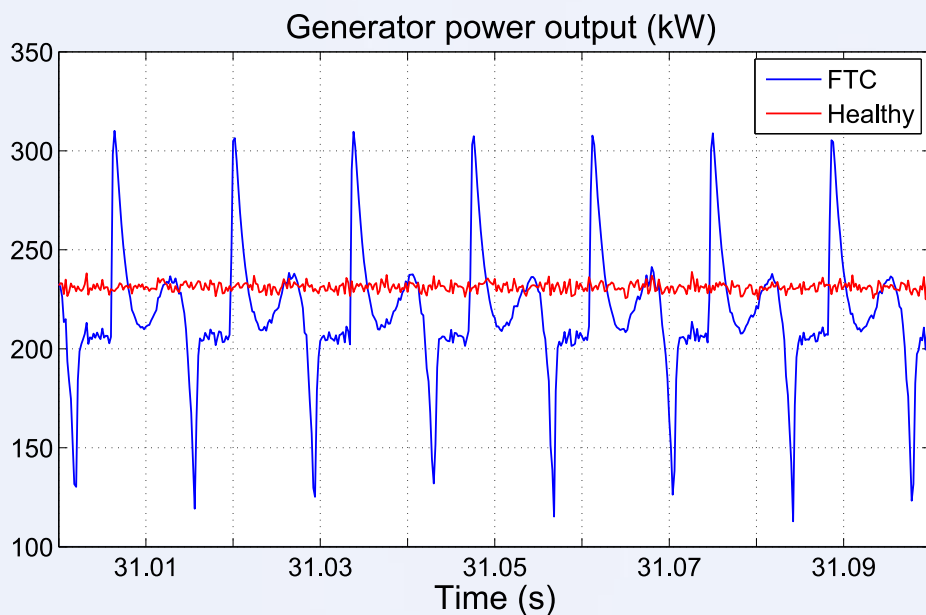
$$\psi_{sq} = L_l i_{sq}$$

$$\psi_{rd} \approx konst.$$

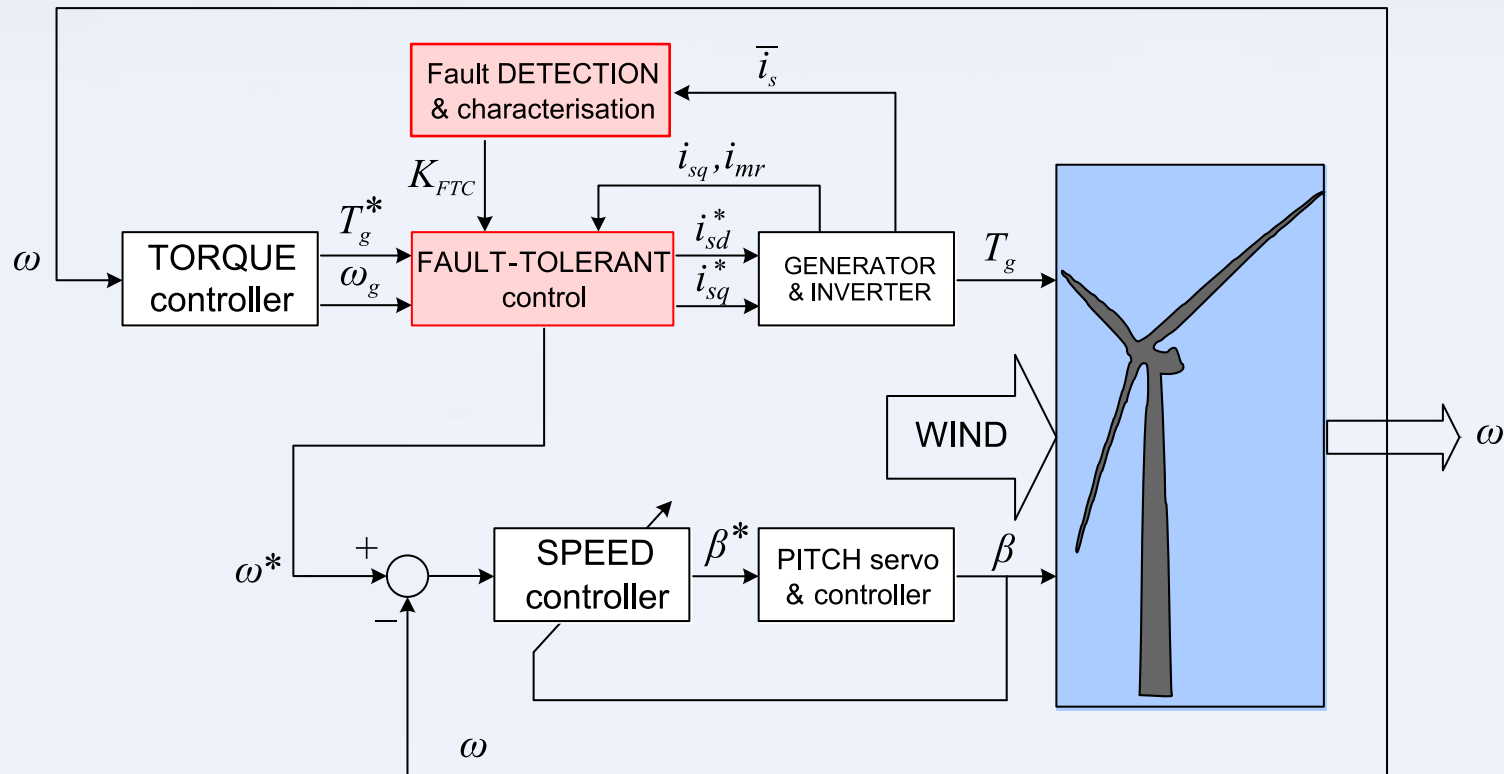
$$\omega_{sl} = \omega_{sln}$$

# Stator flux modulation

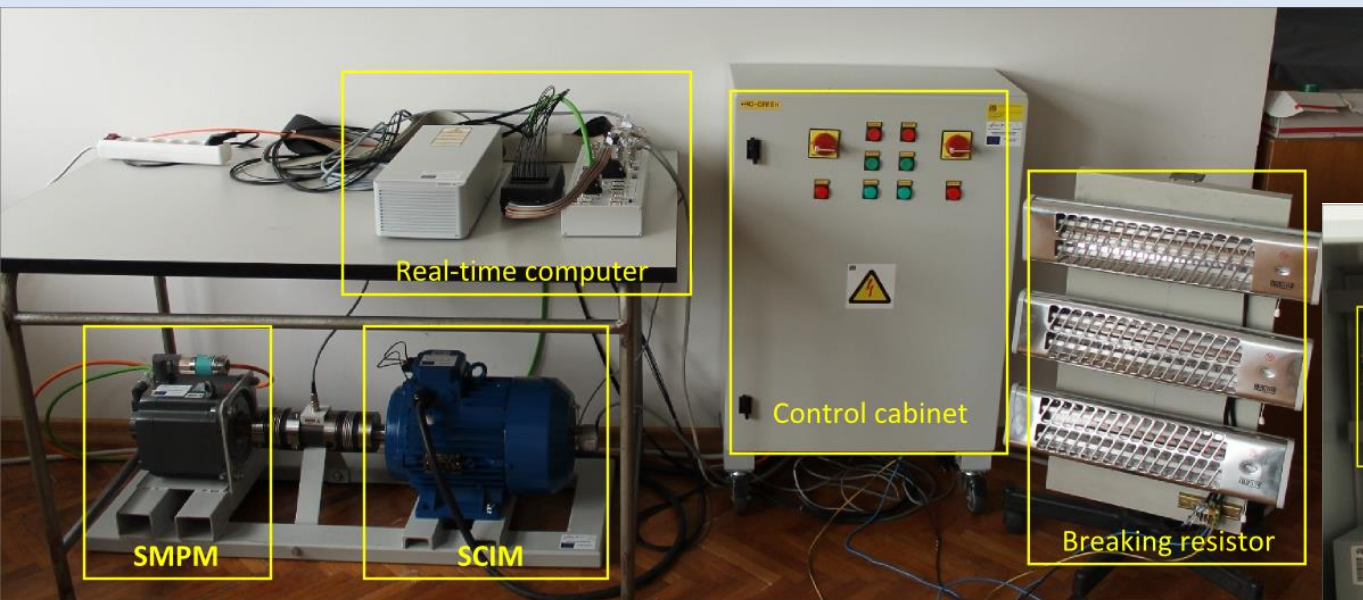
- ▶ Periodic strengthening and weakening of machine flux in the air gap



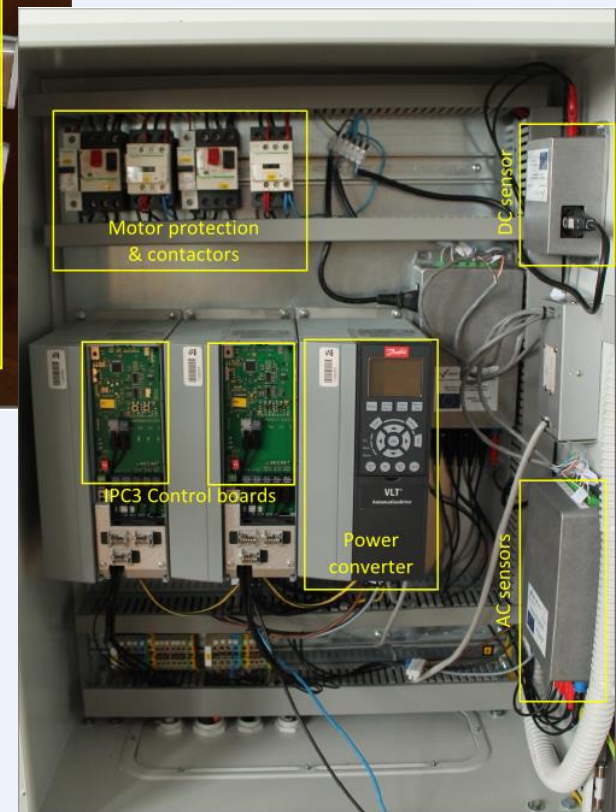
# Extension of WT control



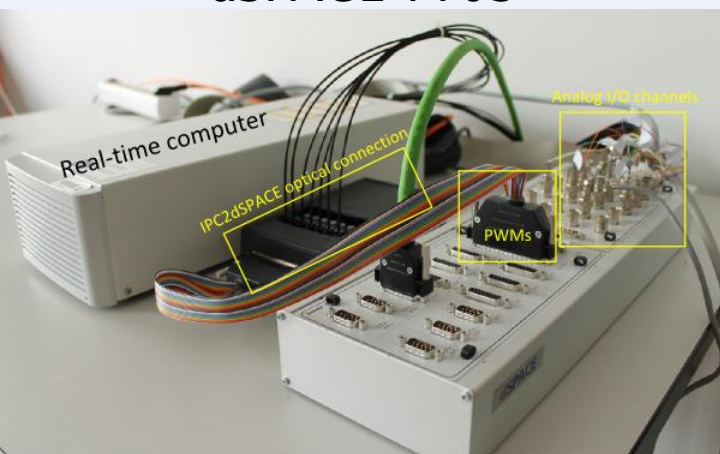
# Experimental setup



## Control cabinet



## dSPACE 1103

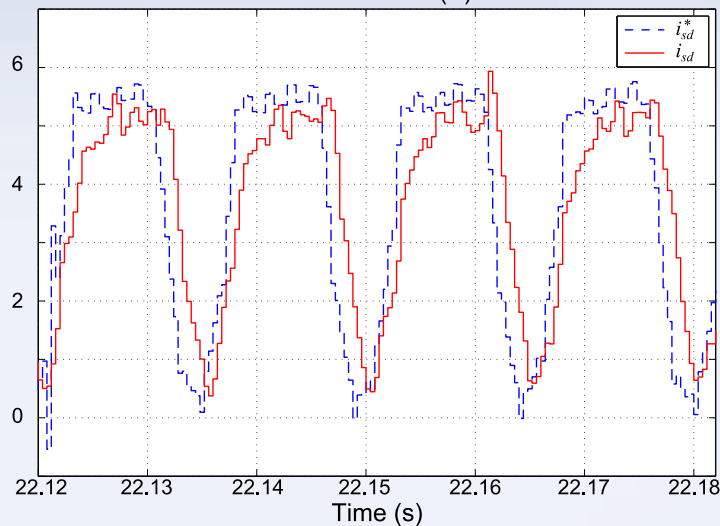


## ControlDesk software

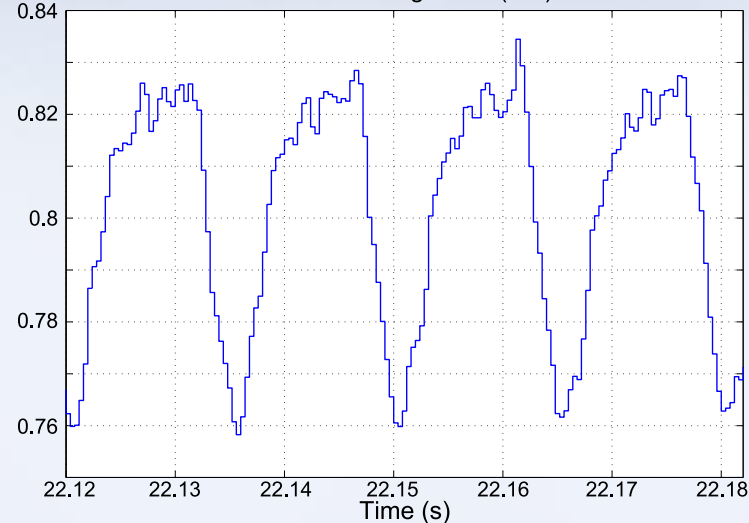


# Experimental results

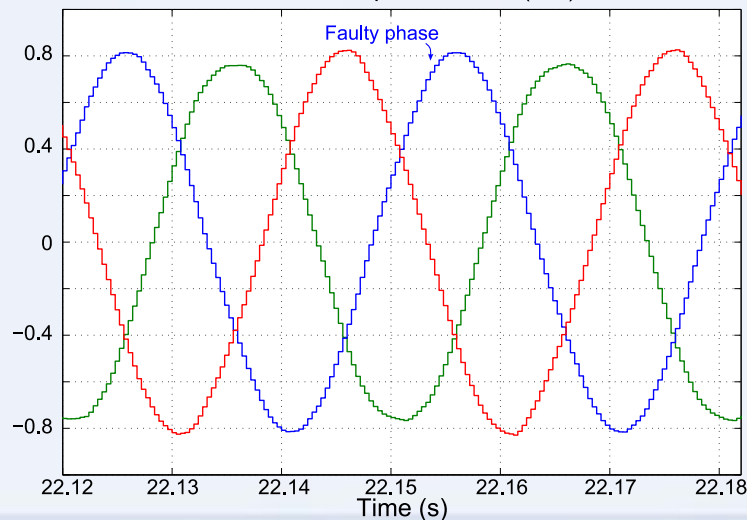
Direct current (A)



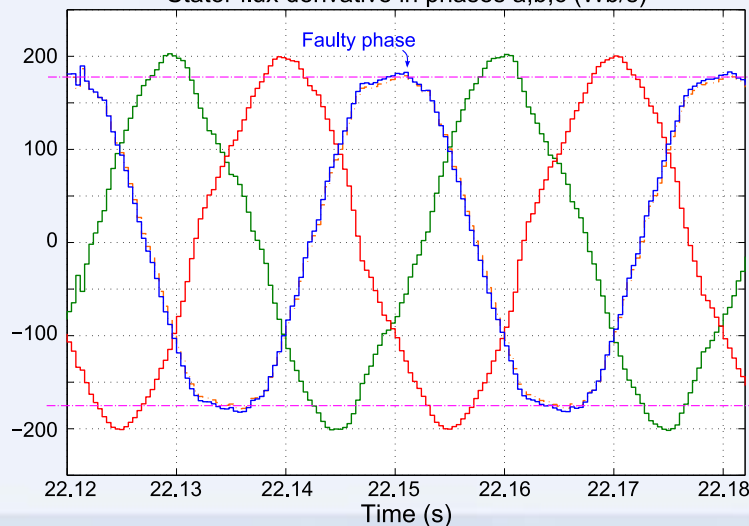
Stator flux magnitude (Wb)



Stator flux in phases a,b,c (Wb)

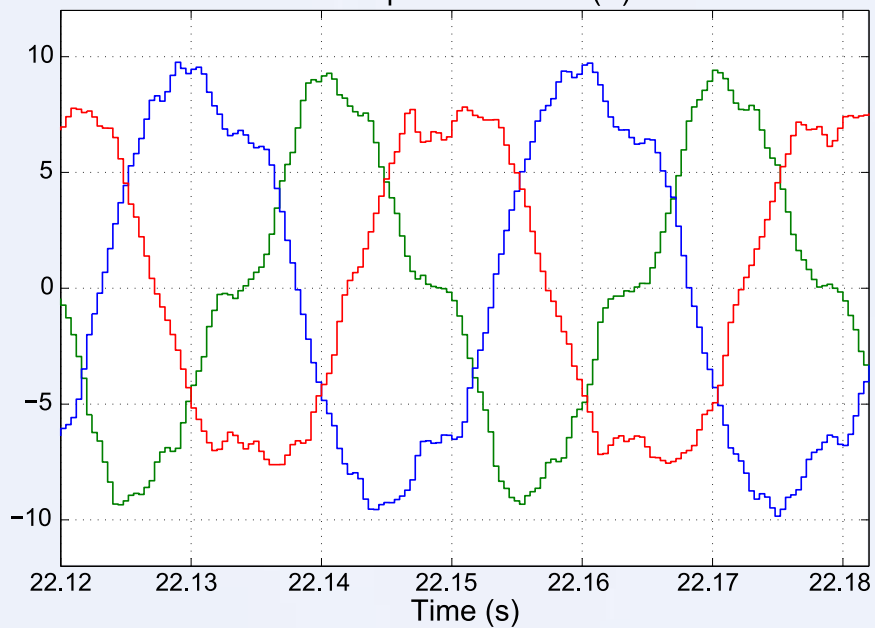


Stator flux derivative in phases a,b,c (Wb/s)

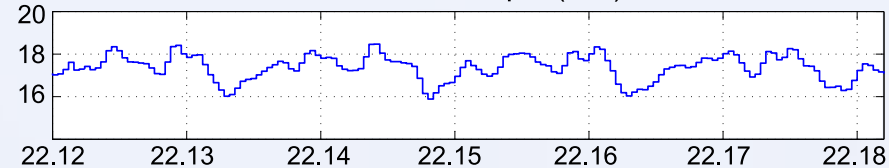


# Experimental results

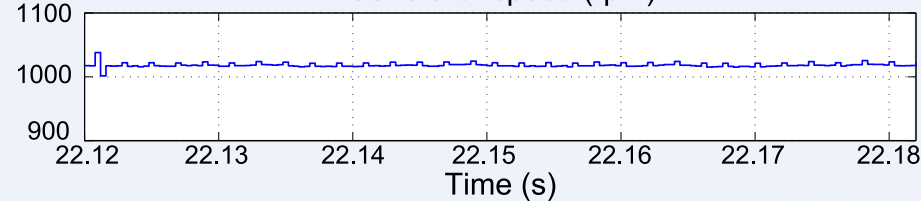
Stator phase currents (A)



Generator torque (Nm)

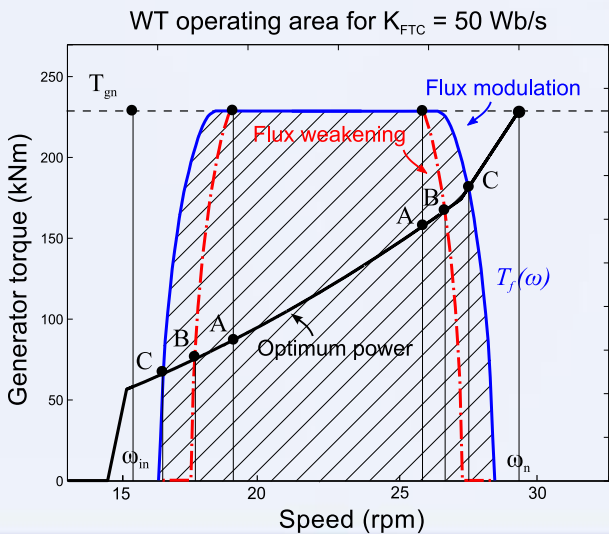
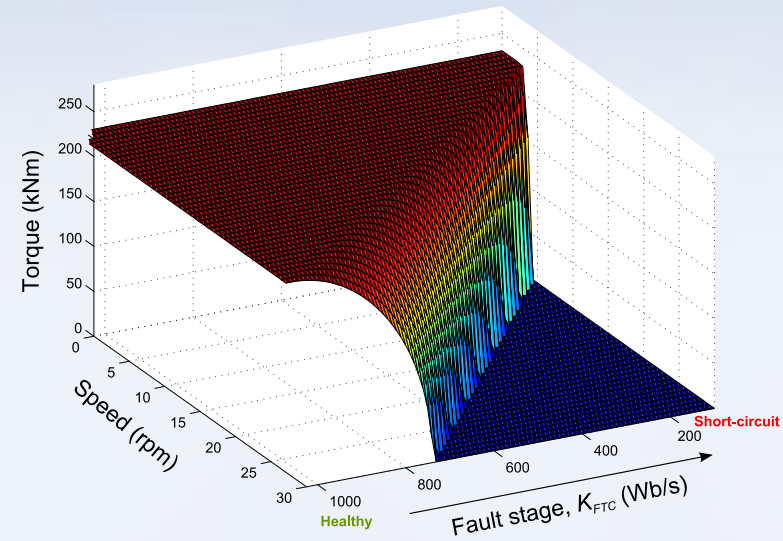
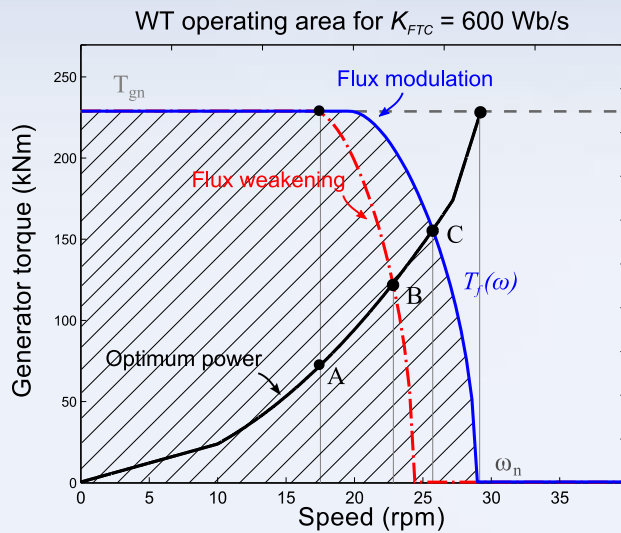


Generator speed (rpm)



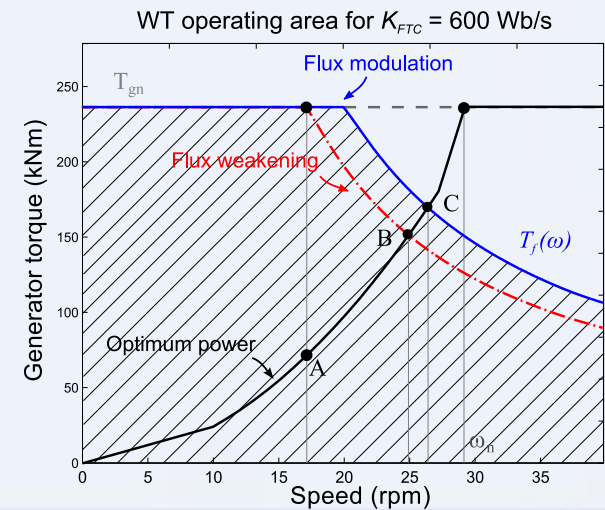
# Other generator types

## Permanent-Magnet Synchronous Generator



## Doubly-Fed Induction Generator

## Wound Rotor Synchronous Generator





# Patent US 8,928,165 B2



US008928165B2

(12) **United States Patent**  
**Vasak et al.**

(10) **Patent No.:** **US 8,928,165 B2**  
(45) **Date of Patent:** **Jan. 6, 2015**

(54) **GENERATOR-FAULT-TOLERANT CONTROL FOR A VARIABLE-SPEED VARIABLE-PITCH WIND TURBINE**

(71) Applicants: **Mario Vasak**, Novi Marof (HR); **Vinko Lesic**, Zupanja (HR); **Thomas Wolbank**, Vienna (AT); **Nedjeljko Peric**, Zagreb (HR)

(72) Inventors: **Mario Vasak**, Novi Marof (HR); **Vinko Lesic**, Zupanja (HR); **Thomas Wolbank**, Vienna (AT); **Nedjeljko Peric**, Zagreb (HR)

(73) Assignee: **University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing** (HR)

(52) **U.S. CI.**  
CPC ..... *F03D 7/00* (2013.01); *G01R 31/42* (2013.01); *H02P 29/023* (2013.01); *H02P 9/006* (2013.01); *F03D 9/003* (2013.01); *G01R 31/343* (2013.01); *F05B 2270/107* (2013.01); *F05B 2270/1095* (2013.01); *F05B 2270/327* (2013.01); *F05B 2270/335* (2013.01)

USPC ..... **290/44**; 290/55

(58) **Field of Classification Search**

USPC ..... 290/44, 55  
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,183,387 A \* 2/1993 Huggett et al. .... 416/147  
5,493,195 A 2/1996 Heglund et al.

(Continued)

# Patent US 8,928,165 B2



US008928165B2

(12) **United States Patent**  
**Vasak et al.**

(10) **Patent No.:** **US 8,928,165 B2**  
(45) **Date of Patent:** **Jan. 6, 2015**

(54) **GENERATOR-FAULT-TOLERANT CONTROL FOR A VARIABLE-SPEED VARIABLE-PITCH WIND TURBINE**

(71) Applicants: **Mario Vasak**, Novi Marof (HR); **Vinko Lesic**, Zupanja (HR); **Thomas Wolbank**, Vienna (AT); **Nedjeljko Peric**, Zagreb (HR)

(72) Inventors: **Mario Vasak**, Novi Marof (HR); **Vinko Lesic**, Zupanja (HR); **Thomas Wolbank**, Vienna (AT); **Nedjeljko Peric**, Zagreb (HR)

(73) Assignee: **University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing** (HR)

(52) **U.S. CI.**  
CPC ..... **F03D 7/00** (2013.01); **G01R 31/42** (2013.01); **H02P 29/023** (2013.01); **H02P 9/006** (2013.01); **F03D 9/003** (2013.01); **G01R 31/343** (2013.01); **F05B 2270/107** (2013.01); **F05B 2270/1095** (2013.01); **F05B 2270/327** (2013.01); **F05B 2270/335** (2013.01)

USPC ..... **290/44**; 290/55

(58) **Field of Classification Search**

USPC ..... 290/44, 55  
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,183,387 A \* 2/1993 Huggett et al. .... 416/147  
5,493,195 A 2/1996 Heglund et al.

(Continued)

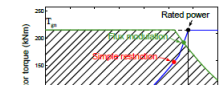
## ► Brochure

### What it does

- 🌿 modifies wind turbine control system to provide autonomous reaction on diagnosed fault
- 🌿 removes the main cause for rapid fault development
- 🌿 enables safe under-fault operation and continuation of energy production
- 🌿 reallocates the stress to healthy machine part to

### Illustrative case

- Wind turbine can safely operate with 10% degraded insulation at restricted 58% of rated power.
- Our fault-tolerant control enables safe operation with 88.7% of rated power production.



- 30 WT equipment manufacturers
- Teleconferences

# Patent US 8,928,165 B2



US008928165B2

(12) **United States Patent**  
**Vasak et al.**

(10) **Patent No.:** **US 8,928,165 B2**  
(45) **Date of Patent:** **Jan. 6, 2015**

(54) **GENERATOR-FAULT-TOLERANT CONTROL FOR A VARIABLE-SPEED VARIABLE-PITCH WIND TURBINE**

(71) Applicants: **Mario Vasak**, Novi Marof (HR); **Vinko Lesic**, Zupanja (HR); **Thomas Wolbank**, Vienna (AT); **Nedjeljko Peric**, Zagreb (HR)

(72) Inventors: **Mario Vasak**, Novi Marof (HR); **Vinko Lesic**, Zupanja (HR); **Thomas Wolbank**, Vienna (AT); **Nedjeljko Peric**, Zagreb (HR)

(73) Assignee: **University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing** (HR)

(52) **U.S. CI.**  
CPC ..... **F03D 7/00** (2013.01); **G01R 31/42** (2013.01); **H02P 29/023** (2013.01); **H02P 9/006** (2013.01); **F03D 9/003** (2013.01); **G01R 31/343** (2013.01); **F05B 2270/107** (2013.01); **F05B 2270/1095** (2013.01); **F05B 2270/327** (2013.01); **F05B 2270/335** (2013.01)

USPC ..... **290/44**; 290/55

(58) **Field of Classification Search**

USPC ..... 290/44, 55  
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,183,387 A \* 2/1993 Huggett et al. .... 416/147  
5,493,195 A 2/1996 Heglund et al.

(Continued)

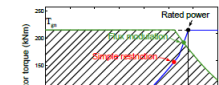
## ▶ Brochure

### What it does

- modifies wind turbine control system to provide autonomous reaction on diagnosed fault
- removes the main cause for rapid fault development
- enables safe under-fault operation and continuation of energy production
- reallocates the stress to healthy machine part to

### Illustrative case

- Wind turbine can safely operate with 10% degraded insulation at restricted 58% of rated power.
- Our fault-tolerant control enables safe operation with 88.7% of rated power production.



- ▶ 30 WT equipment manufacturers
- ▶ Teleconferences



- ▶ Aerospace industry

# Aerospace industry

## NOVACIJA Vinko Lešić razvija softver za prestižni United Technologies RC

SEKSOPOLES

### Što Kim Kardashian radi gola na stablu?

piše Milana Vuković Runkić

Sve te straznjice, dekolite, najlonke karapaj preobrnice haljuna, sve te stotine, tisuće seljaka kojima se Kim prostomobno bavi od jutra do sutra mora da se jo do te mjere iscrpiti, a pomalo i njezine fanove, da se odličila na različitim lokacijama. I tako se "vokral" zvala jedna davna zbirka pjesama Sleska Mihailića, ugrin, kao što možete pretpostaviti, nema baš neke vrste uopšteno. Jedno ako vam je poznato potpuno gola žena koja se popela na stablo, lakreno, prtor nije akroz nepoštivan: goleme Kimine grudi vruće i kručije, dok je ostatak njezina bujnog tijela ogledan oko debila, čista polotinja, sve do golotinja.

Kimina sljepiđa je, naravno, pomobilizirala, od pascidubovnih pretpostavki o tome kako ona na stablu stvara traži mašku do konstatiranja kako bi svih njihovo kretanje bilo da tako potpuno iska- kazu po vrta, o čemu nam svjedoči i tiskani vijesti koje se mogu naći na mreži. Kim Kardashian je sebi samoj napravila dija- kupnog kupila kupala u besunu pred svojim kucem. Ne znam kako je prta zarvtila, nadam se da kupačica nije u navo- ru. Gledajući Kim, lako se prihvatiti pore- motičnog sjaja. Ta ta "Amazonska", kojeg omdjele usavov- odobne na tih let pr- roidn, no on im polje- gne, popne na dva odake više "Voglo ma domat".

Pravda je par- dicit nagradu za de- se spaziti, ljudi! To su samo de- gada kamejoni iz džepova. Na- polom, odlična patnja čena sestru popone se lj- stvama do njega i naredi ma da prestane i glupostima. To je pokorno postila, naravno je naj- mljen "Amazonski", no spaka i tu- gove karkove teško je nabaviti. Na kraju krajeva, nije li to umjet- nost? Većina Mašina talijanskog slikarstva obične su djevojke na sebi, poput posebno poboznog Raffaellova modela, pekarove kate- ti evone "La Fornarina", koja je sv- ojnja specifična pa sve jer čisti kultura pretrane smrti. "La For- narina" bi se savršeno ugurala u galeriju likova "Amazonska", makar bi dijelilo petsto godina, jer se ljudska priroda nije malo posebno promijenila, a još manje život u malim mjestima. Kad se Kim skida, ona se obra-



da generacijama konzumnata polotinja i nema neke posebne maške između kupača i golot- ne Venere ta 1500-ih i današnjih sljepiđica na Instagramu. Nit su Venere liše nešto puno pamet- nije od Kim. Pa ipak... Dok nas pri svareći i remoniranom sil- kom ne protivna maške došla, laboratorij Kimin stika, na čela s ovim na stablu, izati samom nijetnom osjećaju.

J. Thasom, Betteltinger, Polinajem, sjakom Toom, nema refrenca točka u američkim pojmovima "umjetnost", "vrt- ljanje", "postoji". Dama refe- rence točka više nisu "ti", nego samo ozrak karizmanog stotijaka koji je ovog tjeda nekoliko do- ta i moda i se sve moćno svije- žene žene u dobi od sedam do se- damedeset i sedam godina njime ogreva.

Koliko je manje stotijaka, obradila sam kad sam i sama isprobala neku bli- kinu tog moćna jer prilik je bio pre- jk i Kim koje nisu karizme postale u izolirane. Uzele- njak se kombiniraju namjerno pobavne vrše bilacni i nana- les krcnom ili obič- ne pumpe "slje- kaše" je lantrala takl Prada, Naru- mo, slatke. Pak se nađete u ovom stol- njaku, nakoposte namulama i pogje- date što je mogao smisliti kada po- da Karolinom odjednom vam je svjet- na dlanu, ma- kade i kade. Svjet- je lakrija. Nebožnja jer on na tom lakri- jom naravno odjed- no poše.

Zato će njih milijun ljudi Kim koja se poput stika na popela na stablo pritisnuta liko ma kalvini svojim brigama, maška ma je naljeda djeca, mo- da joj je isti je polje maška, ugledila je neki od svojih prstima u polotim kucemom li se ba- ter povratila s smetom, vrag li ga ma. Sve što djeca i se u blizama, reformirana li se, postaje um- jetno u svjetu u kojem djeca bi- šu se malo ugurala u kompjueri ma postaju milijarderi, i svjetu likova i lagova, vrtljavosti i bedovstva. Pa ipak, čitav se ži- vite me se tečima nego čak. Mo- da malo što je moja mala upravo krcama i škica.



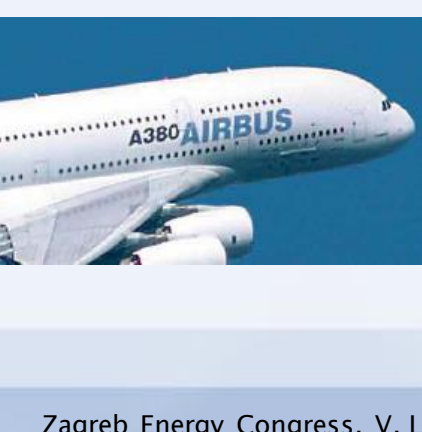
## MLADI MIJENJAVI AVIOINDUSTRIJU FEROVANJA SVJETSKU AVIOINDUSTRIJU

U početku su nas činili u mikrosekundi za...  
...naš algoritam...  
...zaobilazi kvarove u avionima



Vratimo se, međutim, na početak priče. Lešićev je područje interesna razvoj inteligentnih rješenja za primjene na vjetroregatima, naprednim energetski učinkovitim zgradama i "Smart City" tehnologijama. Projekt koji je dogovoren u suradnji s Bečom bio je na rubu istraživačkih mogućnosti. Pobjed- nostavljeno, na rubu znanosti. - Teza je sljedeća: vjetroregati, odnosno generatori u njima (koji snagu vjetra pretvaraju u električnu energiju) puno se češće kvare nego u drugim uređajima zbog teških uvjeta rada. Dodatno, pogoravali tih kvarova dugotrajni su i traju ponekad i do šest mjeseci ili dulje. Ideja projekta bila je smanjiti broj kvarova i sprije- čiti njihov puni razvoj i izraziti skupim posljedicama. Zamislite vjetroregat koji ne radi šest mjeseci. Ako se dotad radio sa ka- pacitetom od dva do tri megavata, a mi uspijemo da on unatoč kvaru i dalje bude funkcionalan, barem s polna snage, računamo koliko je to ušteđeni megavati sati energije - objašnjava Lešić. Posebno kad unnete u obzir da ih je veliki broj na morskoj pučini i da se danas postavljaju oni od 8 megavata! **VELIKA UŠTEDA** Ono što je njega zanimalo je kako generator (po- njeostavljeno, stroj koji meha- ničku energiju pretvara u električ- nu) rasterećiti zastoja u radu. - Takvi kvarovi nikad se ne do- gode odjednom. Možete ih vidjeti unaprijed, kako se razvijaju do kritične točke. I to je bila naša ideja - kako reagirati na vrijeme, zaobići kvar modulacijom ma- gnetnog polja, maknuti stres u oštećenog dijela i dalje iskoristi- vati zdravi dio. Generatori su op-

gies Research Centra (UTRC), istraživačkog centra američke kompanije United Technologies Corporation (UTC) sa sjedištem u Connecticutu. Riječ je o jednoj od vodećih kompanija u području istraživanja, razvoja i proizvo- dne visokotehnoloških proizvoda u avioindustriji i zgradarstvu, koji među ostalim rade suradnju s Boeingom i Airbusom. Prtnjer nedavnih industrijskih postignu- ca kompanije uspješan je prvi let novog Airbus A320neo aviona po- gorenog "UTC Pratt & Whitney PurePower" mlaznim motorom i isporuka više od 30 različitih ma- šinava za Airbus A320neo avione, uključujući gonole motora, mla- zne kočnice, generatore električ- ne energije te palice za potisak u pilotskoj kabini. - FTC sustav smo im pokazali na FER-u, ali odmah im se sviđio naš multidisciplinarni pristup i znanje koje smo ovde prikupili - priopćava se Lešić **NA RUBU ZNANOSTI** Nekoliko mjeseci kasnije, potpisali su ugo- vor za suradnju s njihovim ure- dom u Irskoj u sklopu kojeg Lešić i njegov tim, koji je sada narastao na osam stručnjaka, istražuju mo- gućnosti primjene sličnih techno- logija na područje avioindustrije. - Na kraju, sve se svodi na raču- nalni program. Naš upravljački algoritam spoj je znanja ljudi koji se bave matematičkim algoritmi- ma i softverom te znanja ljudi koji se bave dizajnom i projektiranjem generatora. U tome i jest inovacija - objašnjava Lešić. Pitam ga koliko je teško bilo do- vršiti takav sustav. - Sada kad je gotov, čini se da je bilo lako, ali često smo zavr- šavali u slijepim ulicama i puno



# Aerospace industry

SEKSOPOLES

## Što Kim Kardashian radi gola na stablu?

píše Milana Vuković Runtić



Sve te straznje, dekolete, najlonke karage prebrovane haljane, sve te stotine, tisuće seljaka kojima se Kim prostomobno bavi od jutro do sutra mora da se još do tog tjedna iscrpiti, a pomalo i njezine fanove, da se odličita na različitim lokacijama i da se "vikar" zvala jedna davna zbirka pjesama Slavka Mišića, tajzira, kao što možete pretpostaviti, nema baš neke veze s porcijom. Jedino ako vam je pošteno potpuno gola žena koja se popekla na stablo, ikreno, prvor nije akros nepoetičan: goleme Kimine grudvi vruće su krošnje, dok je ostatak njezina bujnog tijela opleten oko debla, čista polotinja, sve do pojasa.

Kimina njezba je, naravno, pomobilizirala, od pascodubovrtih pretpostavki o tome kako ona na stablu stvara traži mačku do konstatiranja kako bi njih najprije trebalo gledati da tako potpuno otkriva po prvi, o čemu sam najprije i pisao: njezba nije slučaj nego koju se smjelo prijaviti jer se baš u tom trenutku kupala u kupalištu i u bueni pred svojom kućom. Ne znam kako je prva zarvtila, nadam se da kupatilo nije u naviru, čledajući Kim, lako se prijelazi porocionom spava. Ta ta "Amazonska", kojeg obilježje ostavio odveć da talet i proro, no on im bolje, gup, popne se na drvo, odakle vije "Voglio una donna".

Pravda je da se spusti, jisti iu sumo de pada kamejnim iz džepova. Na polon, odlična pajzajista čena sestru popne se ljestvama do njezga i naredi mu da prestane s glupostima. I to je pokorno poslušna, izvorno je najmljše "Amazonska", no spak i njegove krilove teško je razboraviti. Na kraju krajeva, nije li to umjetnost? Većina Mašina talijanskog slikarstva obične su djevojke na sebi, poput posebno poboljšane Raffaellova modela, pokazuje kćerkinje "La Fornarina", koja je u svojim aperturama svo je prikladno kraljica prerazne umjetnosti. "La Fornarina" je se savršeno ugurala u galeriju likova "Amazonska", makar ih dijelilo petsto godina, jer se ljudska priroda nije mnogo posebno promijenila, a još manje život u malim mjestima. Kad se Kim skida, ona se ohrabruje.

da generacijama konzumnata polotinja i nema neke posebne mačke između kupala i njezine Venere te 1500-ih i današnjih njezbenika na Instagramu. Nit se Venere nije nešto puno pametnije od Kim. Pa ipak... Dok nas pri svareću s renmanomom slikom ne protivima njezine došla, laboratorij Kiminuh slika, na čelu s ovom na stablu, izradi samom njezbenom estetikom. Jer ona baš ikakve veze nema s "Amazonskom", Raffaello, J. Thomson, Botticellom, Političjem, sjakom Toom, nema referentna točka u njezbenim pojmovima "umjetnosti", "vrti-linije", "povrtni". Dama referentne točke vije njezba "vrt", samo ozorak karizmatičnog stoljaka koji je ovog tjeda nekako došao u modu pa su se sve moćno osvijetlele teme a dobi od sedam do sedamdeset i sedam godina njezbe ogrube.

Iskreno prizor nije potpuno nepoetičan: goleme Kimine grudvi vruće su krošnje, dok je ostatak njezina bujnog tijela opleten oko debla, čista polotinja, sve do pojasa. Kad se Kim skida, ona se ohrabruje generacijama konzumnata polotinja

Kad se Kim skida, ona se ohrabruje generacijama konzumnata polotinja

Kim je u prvih milijun likovati Kim koja se poput spak na stablu pritisnuta oko njez kalvini svojim brigama, modica na je talijanska djeca, mod da joj se jeli je polotinja mačka, izgleda je nekak od svojih pravnica, a u početku kamejom ili se jastr povrnila s mužem, vrag li ga ma. Sve što čuje tako u likovima, referentna točka ili se, postaje nešto u svjetlu u kojem djeca bitu se malo izgubi i kompjuteri ma postaju milijarderi, u svjetlu likova i lagova, izvrljivosti i bedotnosti. Pa ipak, čistoće i točke šine mi se teletna ovog šaka. Možda malo što je moja mala upravo krema u škici.



## Stišni United Technologies RC

Vratimo se, međutim, na početak priče. Lešićev je područje interesa razvoj inteligentnih rješenja za primjenu u vjetroagregatima, naprednim energetski učinkovitim zgradama i "Smart City" tehnologijama.

Projekt koji je dogovoren u suradnji s Bečom bio je na rubu istraživačkih mogućnosti. Pojednostavljeno, na rubu znanosti.

-Teza je sljedeća: vjetroagregati, odnosno generatori u njima (koji snagu vjetra pretvaraju u električnu energiju) puno se češće kvare nego u drugim uređajima zbog teških uvjeta rada. Dodatno, popravci tih kvarova dugotrajni su i traju ponekad i do šest mjeseci ili dulje. Ideja projekta bila je smanjiti broj kvarova i spriječiti njihov puni razvoj s izrazito skupim posljedicama. Zamislite vjetroagregat koji ne radi šest mjeseci. Ako je dotad radio s kapacitetom od dva do tri megavata, a mi uspijemo da on umatno kvare i dalje bude funkcionalan, barem s polna snagom, računajte koliko je to uštedeni megavati snage energije objavljuje Lešić. Posebno kad uzmete u obzir da ih je veliki broj na morskoj pučini i da se danas postavljaju oni od 8 megavata!

**VELIKA UŠTEDA** Ono što je njega zanimalo je kako generator (posebno napredni, koji ne radi šest mjeseci) rasterećiti nastaju u radu.

-Takvi kvarovi nikad se ne dogode odjednom. Možete ih vidjeti unaprijed, kako se razvijaju do kritične točke. I to je bila naša ideja - kako reagirati na vrijeme, zadržati kvar modulacijom magnetskog polja, maknuti stres s oštećenog dijela i dalje iskoristivati u zdravi dio. Generatori su op-

gus Research Centra (UTRC), istraživačkog centra američke kompanije United Technologies Corporation (UTC) na sjedištu u Connecticutu. Riječ je o jednoj od vodećih kompanija u području istraživanja, razvoja i proizvodnje visokotehnoloških proizvoda u avioindustriji i zgradarstvu, koji među ostalim usko suraduju s Boeingom i Airbusom. Primir nedavnih industrijskih postignuća kompanije uspjeh je prvi let novog Airbus A320neo aviona pogonjenog "UTC Pratt & Whitney PurePower" mlaznim motorom i isporuka više od 30 različitih sustava za Airbus A320-900 aviona, uključujući gondole motora, mlazne kočnice, generatore električne energije te palice za potisak u pilotskoj kabini.

-FTC sustav smo im pokazali na FBX-u, ali odmah im se sviđao naš multidisciplinarni pristup i znanje koje smo ovdje prikupili - prijašnje se Lešić

**NA RUBU ZNANOSTI** Nekoliko mjeseci kasnije, potpisali su ugovor za suradnju s njihovim uredom u Irskoj u sklopu kojeg Lešić i njegov tim, koji je sada narastao na osam stručnjaka, istražuju mogućnosti primjene sličnih tehnologija na područje avioindustrije.

-Na kraju, sve se svodi na računalni program. Naš upravljački algoritam spoji je znanja ljudi koji se bave matematičkim algoritmi i softverom te znanja ljudi koji se bave dizajnom i projektiranjem generatora. U tome ijest inovacija - objašnjava Lešić.

Pitam ga koliko je teško bilo dovesti takav sustav. -Sada kad je gotov, čini se da je bilo lako, ali često smo završavali u stijeplim ulicama i puno



# Thank you!



**LARES** Laboratory  
for Renewable  
Energy Systems  
*wind sun hydrogen*

[www.lares.fer.hr](http://www.lares.fer.hr)