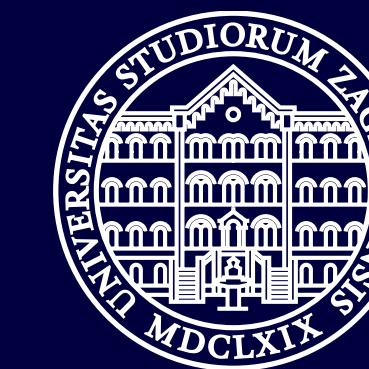
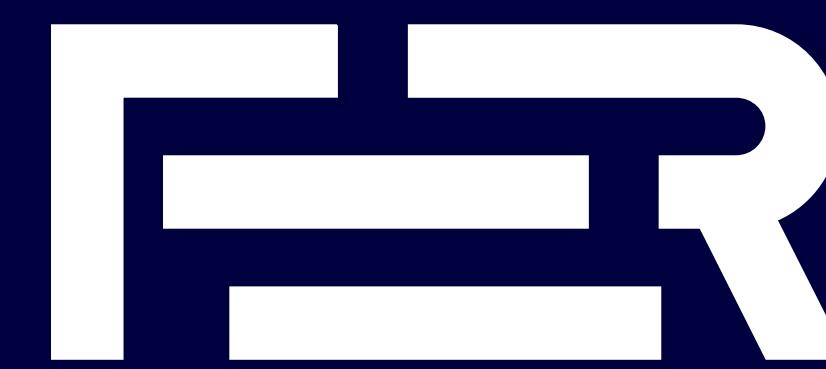


# Izravno modelsko prediktivno upravljanje momentom sinkronoga reluktantnog stroja uz konstantnu sklopnu frekvenciju energetskoga pretvarača

Ivana Zagorščak, mag. ing.

mentor: izv. prof. dr. sc. Igor Erceg

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

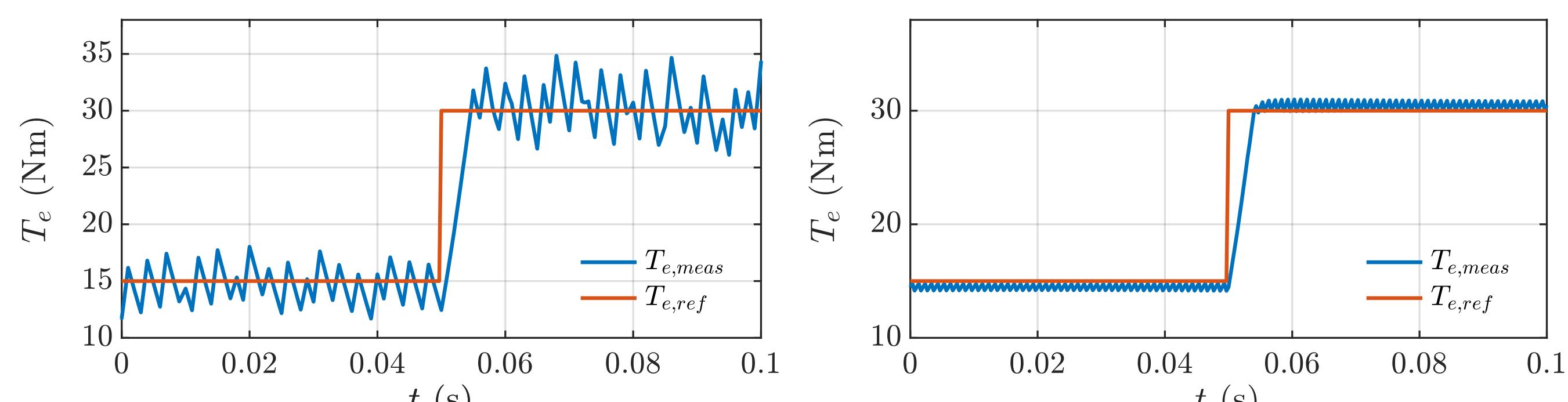


## 1. Uvod

Najčešće primjenjene metode upravljanja za sinkroni reluktantni stroj su vektorsko upravljanje te direktno upravljanje momentom i tokom. Alternativna metoda je modelsko prediktivno upravljanje (MPC) koje se temelji na poznavanju modela stroja i predviđa buduća stanja stroja ovisno o mogućim upravljačkim signalima. MPC metode dijele se ovisno o vrsti upravljačkog signala. Ako je upravljački signal potrebno dovesti na modulator kako bi se izračunali upravljački signali za sklopke energetskog pretvarača takve metode se nazivaju neizravnim metodama i poznatije su pod nazivom modelsko prediktivno upravljanje s kontinuiranim upravljačkim skupom (CCS-MPC). S druge strane, izravne metode su one koje na izlazu daju upravljačke signale koji se direktno dovode na sklopke energetskog pretvarača. Najpoznatija takva metoda je modelsko prediktivno upravljanje s konačnim upravljačkim skupom (FCS-MPC).

## 2. Opis problema

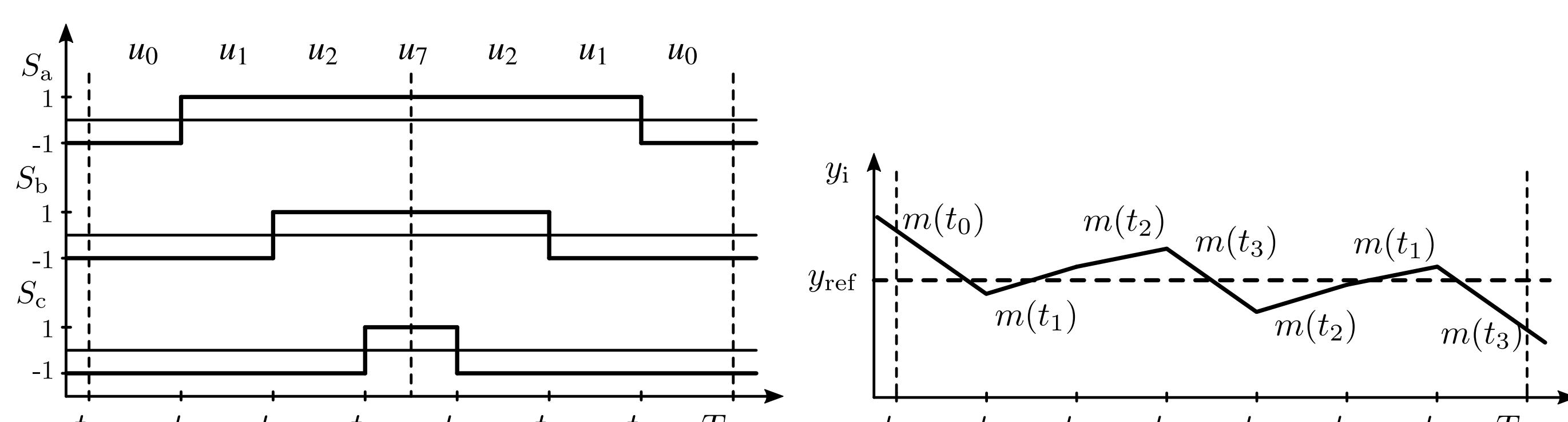
U literaturi se mogu pronaći primjene različitih MPC metoda za upravljanje sinkronim reluktantnim strojem. Usaporedba simulacijskih rezultata odziva momenta na skokovitu promjenu referentne vrijednosti za FCS-MPC te CCS-MPC prikazana je slikom u nastavku. Prednost FCS-MPC-a je jednostavnost implementacije, međutim javljaju se izražene oscilacije momenta. S druge strane, CCS-MPC daje znatno bolji odziv momenta sa smanjenim oscilacijama, ali je implementacija kompleksnija.



Usaporedba odziva momenta za FCS (lijevo) te CCS (desno)

## 3. Metodologija

Alternativa klasičnim MPC metodama je MPC s promjenjivim vremenima sklapanja kojem je cilj odrediti optimalna vremena sklapanja te u tom slučaju nema potrebe za korištenjem modulatora.



Primjer upravljanja sklopkama energetskog pretvarača i rezultirajući valni oblik regulirane veličine

Metoda prepostavlja da će na početku svake sklopne periode voditi donje sklopke unutar svake grane pretvarača te da će unutar pola periode svaka sklopka promijeniti stanje. Druga poluperioda je simetrično preslikana i tako se dobije redoslijed sklapanja prikazan na prethodnoj slici. Ovisno o odabranim vektorima napona mijenjat će se i valni oblik mjerene struje i estimiranog magnetskog toka. Metoda određivanja optimalnih vremena sklapanja temelji se na izračunu gradijenta magnetskog toka prema izrazu:

$$\mathbf{m} = s\psi_{dq} = \mathbf{u}_{dq} - R_s \mathbf{i}_{dq} - \omega_r \mathbf{J} \psi_{dq},$$

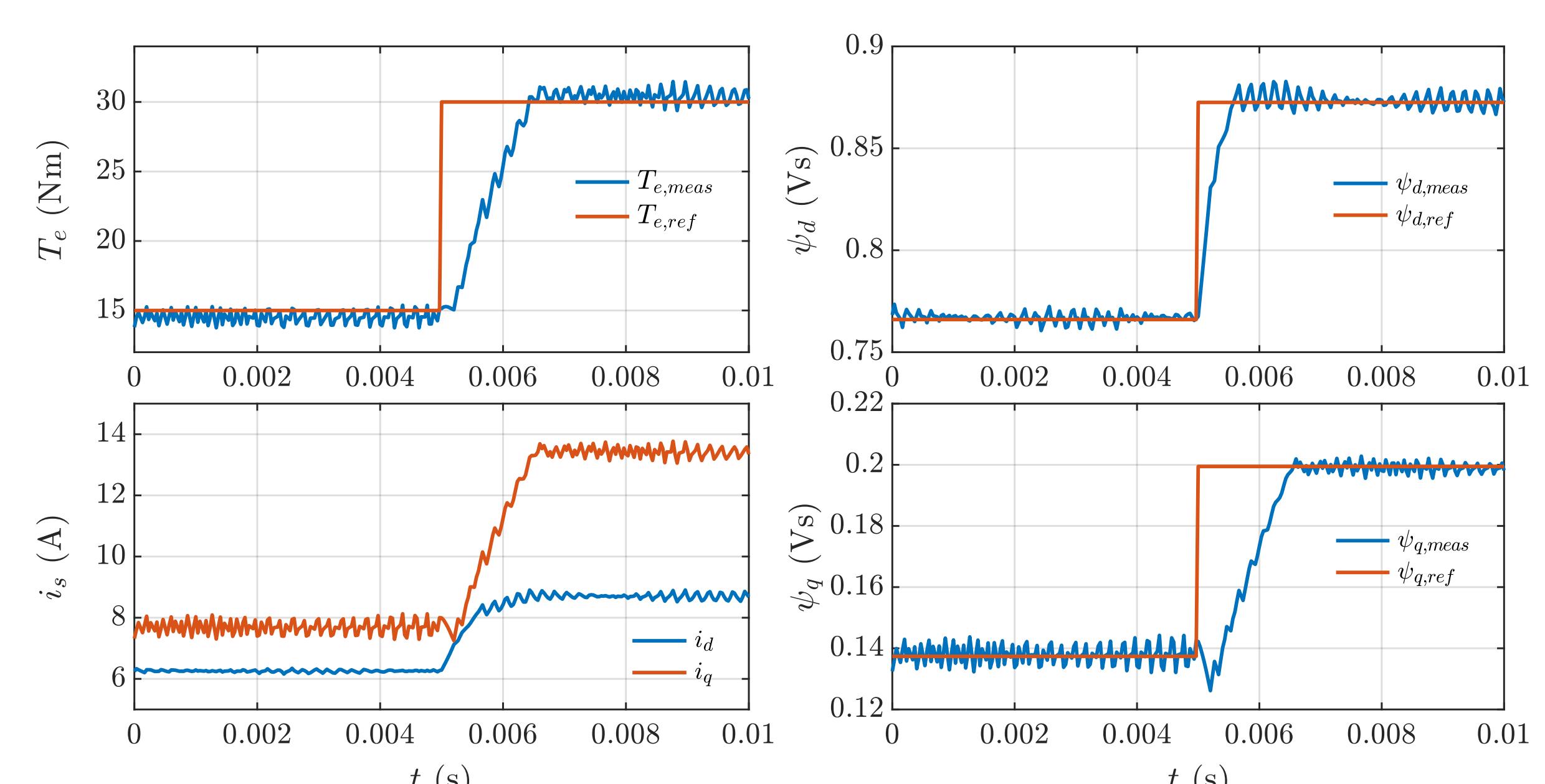
te predikcije magnetskog toka prema izrazu:

$$\psi_{dq}(t_1) = \psi_{dq}(t_0) + \mathbf{m}(t_0)(t_1 - t_0).$$

Za sve moguće vektore napona računa se predikcija magnetskog toka te na temelju nje provodi optimizaciju koja će rezultirati novim upravljačkim signalima za sklopke energetskog pretvarača.

## 4. Rezultati

Predložena metoda je ispitana simulacijski pri čemu je ispitani stroj u regulaciji momenta. Iz referentnog momenta računaju se odgovarajuće komponente magnetskog toka u  $dq$  sustavu te se zatim provodi optimizacija temeljena na gradijentu magnetskog toka.



Simulacijski rezultati odziva na skokovitu promjenu referentnog momenta

Za usaporedbu predložene metode s postojećom CCS-MPC metodom korišten je ISE kriterij (integral kvadrata regulacijskog odstupanja) te su dani rezultati za odstupanje toka i momenta:

	VSTI	CCS-MPC
$\psi_{ISE}$	9.1	9.3
$T_{ISE}$	1419	1698

## 5. Zaključak

Simulacijski rezultati pokazuju da predložena metoda daje odzive slične kvalitetu kao CCS-MPC pri čemu predložena metoda ne zahitjava korištenje modulatora s obzirom na to da direktno računa upravljačke signale za sklopke energetskoga pretvarača. Metoda će se eksperimentalno ispitati u nastavku istraživanja.

### Zahvale

Rad je financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost u sklopu projekta **Sinkroni reluktantni generatori za mikro hidroelektrane** (IP-2018-01-5822).

### Kontakt

