

## 1. Uvod

U svrhu pretvorbe energije vjetra u električnu energiju, danas se sve više koriste vjetroelektrane tipa 4 koje se sastoje od sinkronog stroja s trajnim magnetima (SSTM) i pretvarača s aktivnim ulaznim stupnjem (engl. active-front end). Ovakvi sustavi često zahtijevaju upravljanje bez korištenja mjernog člana brzine i kuta rotora, a jedan od načina kojim se može ostvariti bezsenzorsko upravljanje je primjena observera u kliznom režimu rada (engl. *sliding-mode observer*, SMO).

## 2. Opis problema

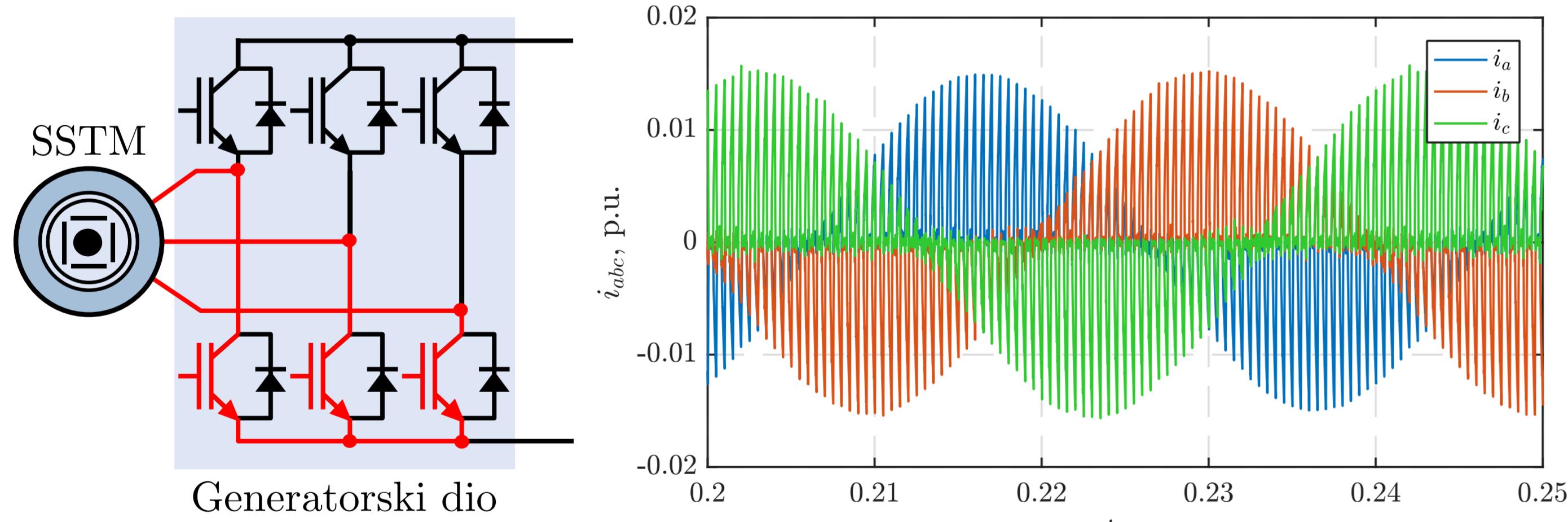
Kritična radna točka bezsenzorskog upravljanja SSTM-om je trenutak uključenja pretvarača na strani rotirajućeg SSTM-a. Iz tog razloga potrebno je primijeniti metodu letećeg starta SSTM-a koja se sastoji od sinkronizacije SSTM-a i pretvarača te uklopa SSTM-a na pretvarač.

S ciljem upotrebe SMO-a za leteći start SSTM-a, kao i povećanja robusnosti SMO-a u trajnom radu, u sklopu doktorskog studija istraženi su i razvijeni:

- SMO u estimiranom  $\gamma\delta$  rotirajućem sustavu temeljen na modelu aktivnog toka SSTM-a,
- metoda letećeg starta SSTM-a temeljena na SMO-u i fazno-zaključanoj petlji u isprekidanom načinu rada pretvarača,
- metoda adaptacije greške estimacije kuta SMO-a pri velikim opterećenjima SSTM-a na temelju aproksimacije induktiviteta u  $q$ -osi.

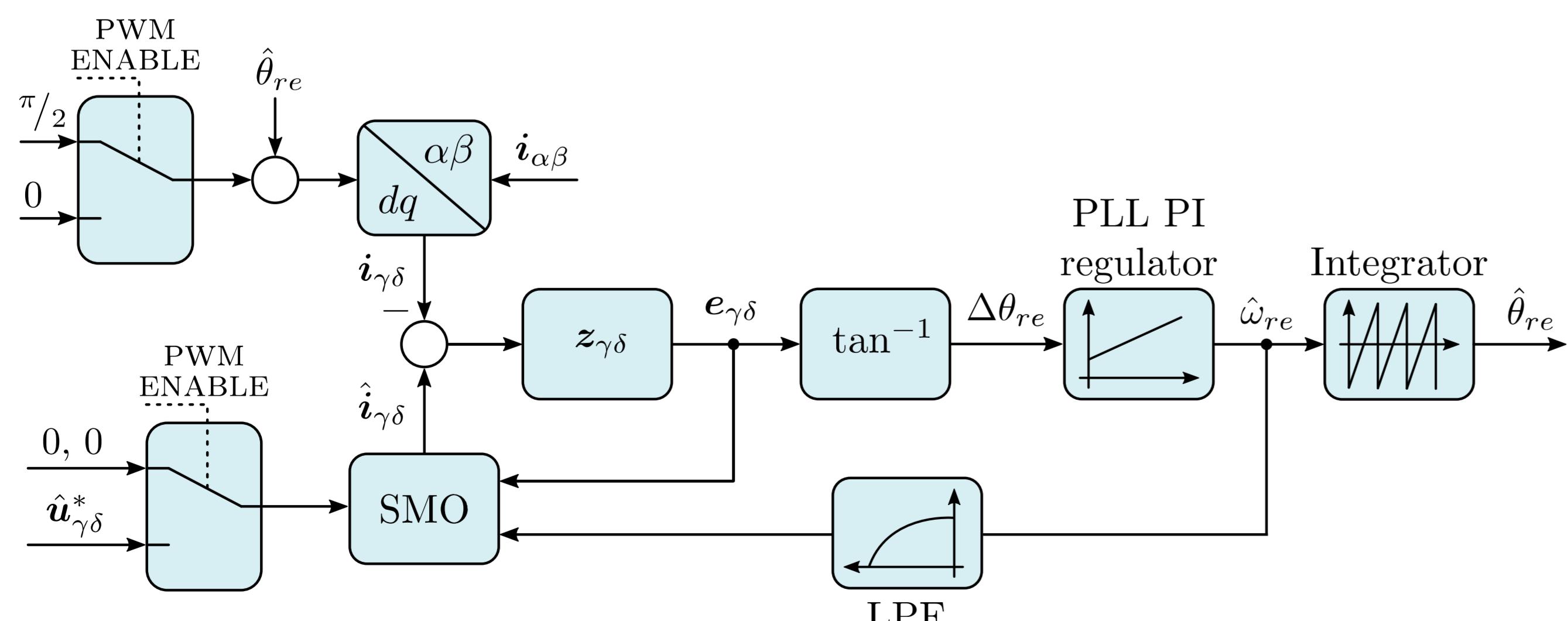
## 3. Metodologija

Leteći start SSTM-a temelji se na isprekidanom radu pretvarača koji se ostvaruje kontroliranim kratkim spojevima SSTM-a.



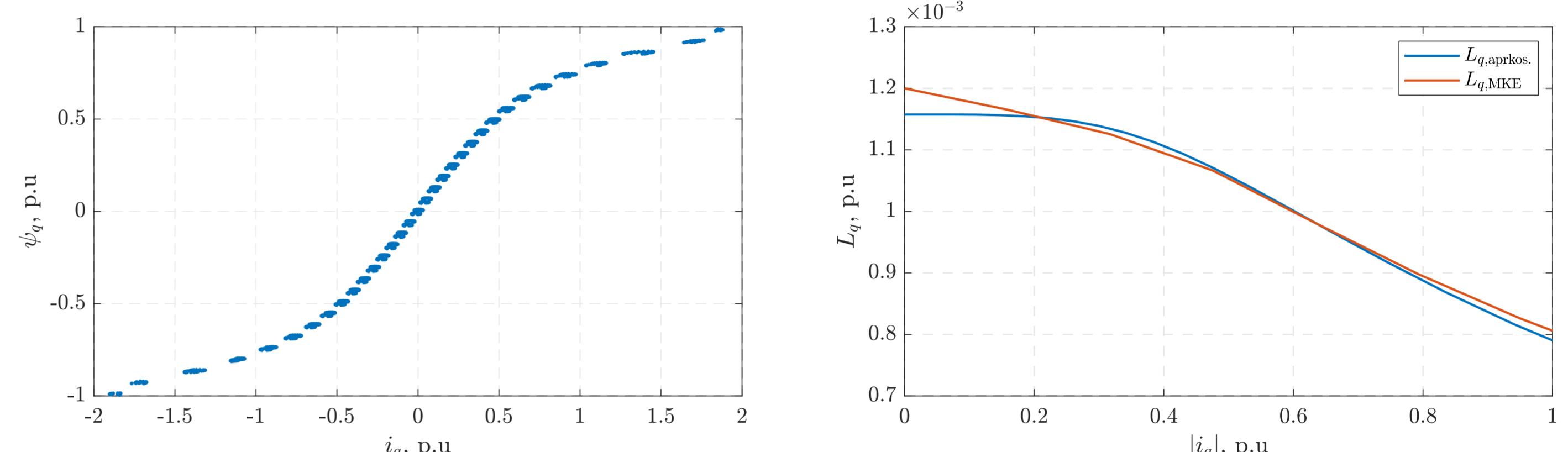
Slika 1: Fazne struje SSTM-a prilikom isprekidanog rada pretvarača

SMO modeliran za isprekidani način rada uz pomoć fazno-zaključane petlje estimira brzinu vrtnje i kut rotora SSTM-a prije uklopa pretvarača i tako omogućuje leteći start SSTM-a. Osim toga, ista upravljačka struktura, uz minimalne preinake, koristi se za estimaciju brzine vrtnje i kuta rotora i nakon letećeg starta, odnosno prilikom trajnog rada pretvarača.



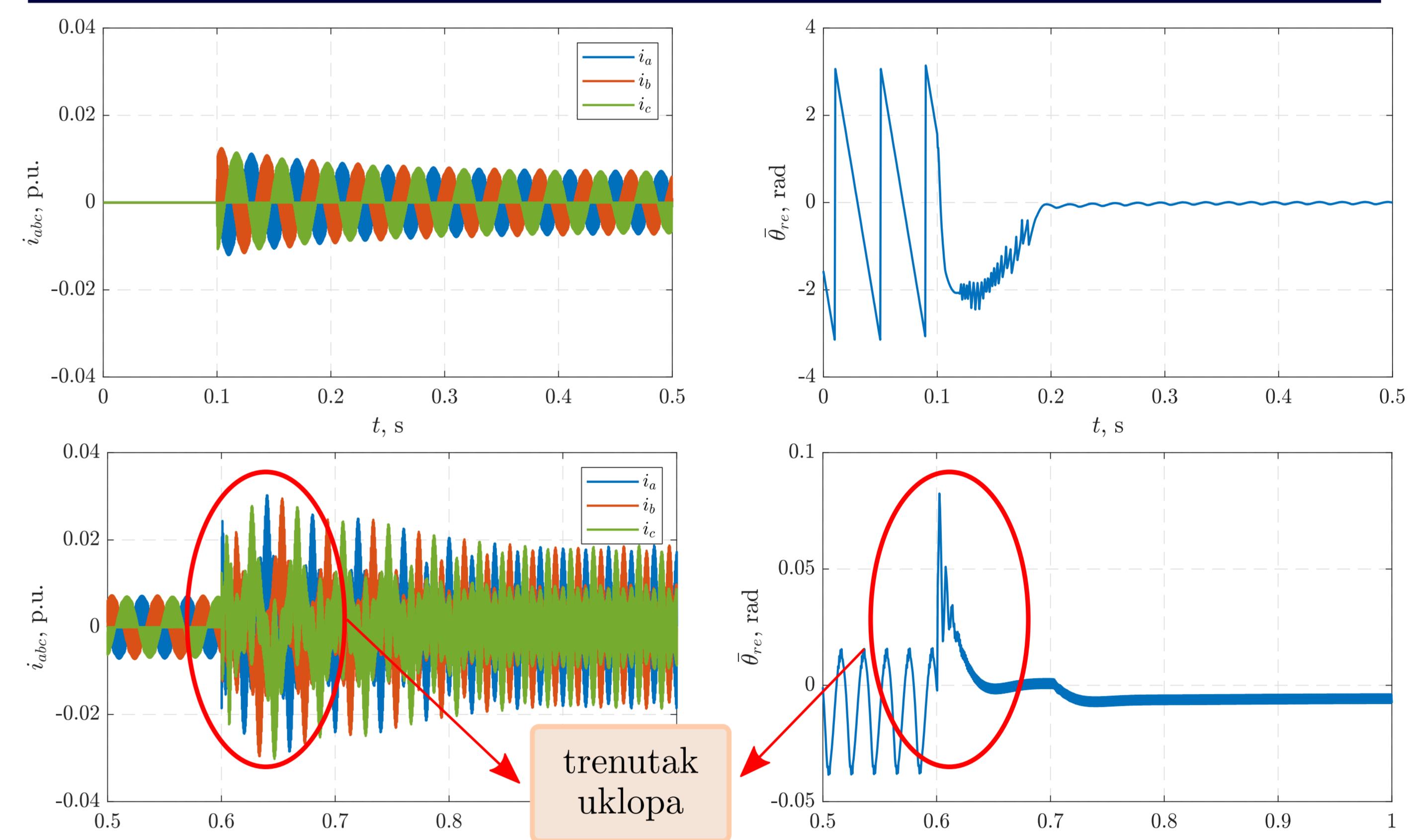
Slika 2: Struktura estimacije brzine vrtnje i kuta rotora za leteći start i trajni rad SSTM-a temeljena na SMO-u i fazno-zaključanoj petlji

Greška estimiranog kuta SMO-a u trajnom radu ovisi o magnetskom zasićenju SSTM-a. Iz tog se razloga prije letećeg starta u  $q$ -os injektira pravokutni naponski signal visoke frekvencije. Na temelju mjerjenih struja i estimiranog toka SSTM-a numerički se određuju parametri aproksimativne funkcije induktiviteta u  $q$ -osi koja se koristi za adaptaciju greške estimiranog kuta pri velikim opterećenjima SSTM-a.

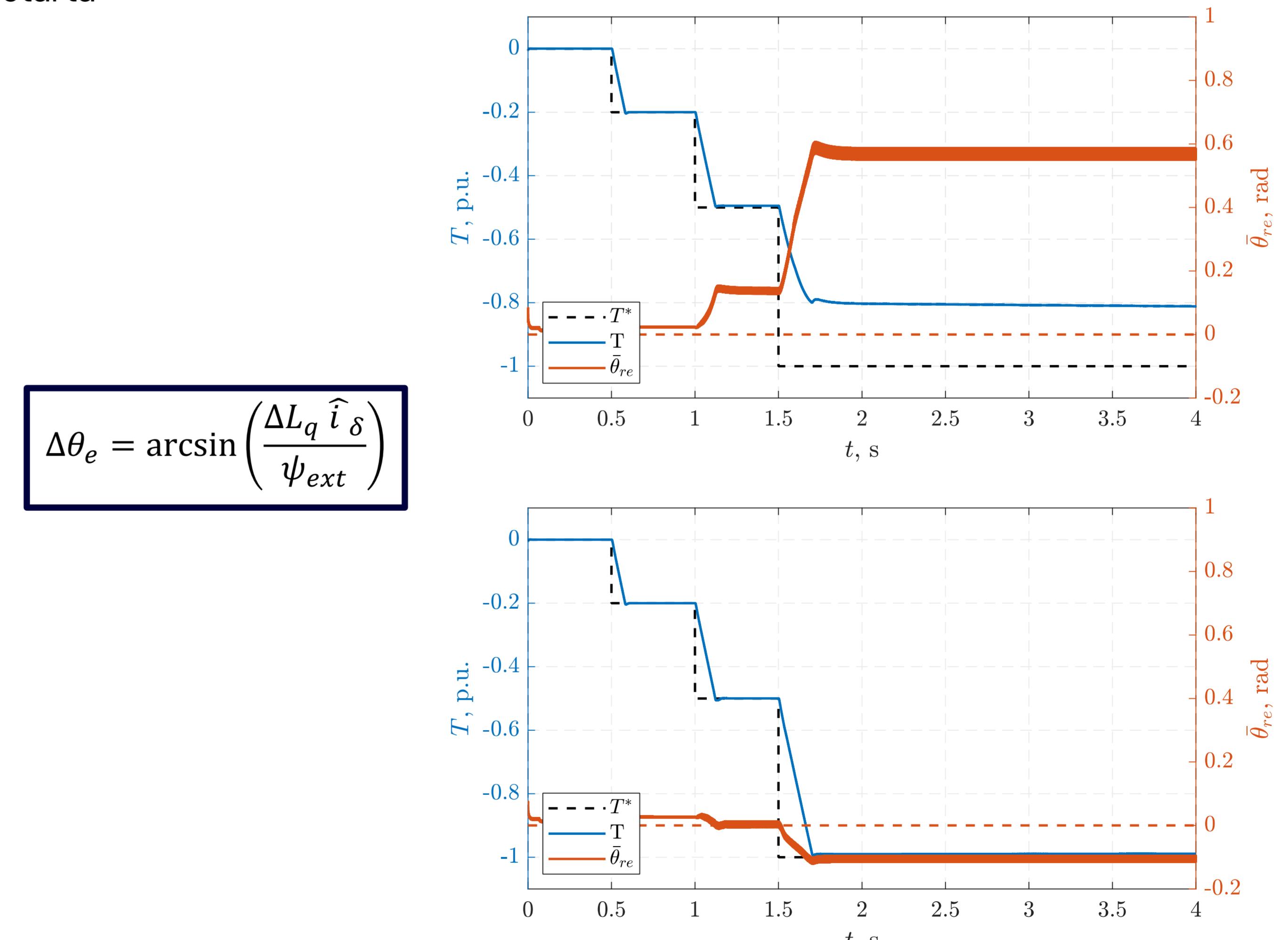


Slika 3: Aproksimacija induktiviteta SSTM-a u  $q$ -osi

## 4. Rezultati



Slika 4: Fazne struje i greška estimiranog kuta rotora SSTM-a tijekom letećeg starta



Slika 5: Greška estimiranog kuta rotora SSTM-a s i bez adaptacije induktiviteta

## 5. Zaključak

Razvijeni model SMO-a u estimiranom  $\gamma\delta$  rotirajućem sustavu omogućuje preciznu estimaciju brzine i kuta rotora SSTM-a te leteći start SSTM-a pri isprekidanom radu pretvarača. S obzirom na ovisnost estimacijske greške SMO-a isključivo o grešci induktiviteta SSTM-a u  $q$ -osi, određivanje aproksimativne funkcije tog induktiviteta omogućuje točnu estimaciju kuta rotora i u trajnom radu SSTM-a pri velikim strujnim opterećenjima.