Nelinearni sistemi upravljanja 2

Projekat br.1

Buck-Boost DC-DC konvertor

Parcijalni zadatak 3

Komparativna analiza  
  
  
  
  
  
  
Studenti:

Marina Mojsilović 0211/2017

Viktor Todosijević 0050/2017

Sadržaj

[Uvod 1](#_Toc62392099)

[Modeliranje i analiza sistema upravljanja 1](#_Toc62392100)

[Objekat upravljanja kao fizički proces 1](#_Toc62392101)

[Modeliranje fizičkih pojava u sistemu 3](#_Toc62392102)

[Izbor nominalnog režima rada 4](#_Toc62392103)

[Vrednosti parametara, opseg vrednosti upravljanja i izvor poremećaja 4](#_Toc62392104)

[Vremenske konstante prelaznih pojava 4](#_Toc62392105)

[Pregled dostupne literature 5](#_Toc62392106)

[Projektovanje nelinearnih sistema upravljanja 6](#_Toc62392107)

[Linearna regulacija 6](#_Toc62392108)

[Feedback linearizacija 7](#_Toc62392109)

[Klizno upravljanje 8](#_Toc62392110)

[Fuzzy upravljanje 8](#_Toc62392111)

[Komparativna analiza nelinearnih metoda upravljanja 8](#_Toc62392112)

[Zaključak 8](#_Toc62392113)

[Literatura 8](#_Toc62392114)

# Uvod

Prekidački izvori napona ili *čoperi* su električna kola koja služe da sa visokom efikasnošću pojačavaju ili slabe nivo ulaznog napona i njihova primena je izuzetno široka. Deo su gotovo svakog električnog napajanja u opsegu malih snaga reda veličine od mW i W u kućnim aparatima, do MW kao stepen pretvaranja u solarnim elektranama i sličnim postrojenjima velike snage. Buck-Boost DC/DC konvertor je jedan takav pretvarač za koji postoji potreba za upravljanjem.

# Modeliranje i analiza sistema upravljanja

## Objekat upravljanja kao fizički proces

Objekat upravljanja kojim ćemo se nadalje baviti dat je na slici 1. i naziva se invertujući buck-boost konvertor odnosno čoper spuštač-dizač napona. Svrha ovog kola, koja se može se naslutiti iz imena, je pojačanje napona ulaznog napajanja u opsegu . Treba reći da postoji i neinvertujući buck-boost DC-DC konvertor koji sadrži četiri poluprovodnička elementa ali on nije predmet razmatranja ovog projekta.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Slika 1. Dijagram invertujućeg buck-boost DC-DC konvertora

Konvertor se sastoji od izvora napajanja E, pasivnih linearnih elemenata L, R i C, i poluprovodničkih elemenata MOSFET-a Q i diode D.

Promena napona na izlazu konvertora realizuje se impulsnom širinskom modulacijom (Slika 2.) signala koji se dovodi na gejt tranzistora Q. Ovaj tranzistor prekida sa određenom učestanošću komutacije koja je dovoljno velika da su oscilacije izlaznog napona (*ripl*) u stacionarnom stanju dovoljno male da bi se on smatrao konstantnim.



Slika 2. Impulsna širinska modulacija

Zajedno sa tranzistorom stanje uključenosti menja i dioda D i to tako da je stanje uključenosti diode suprotno stanju uključenosti. Iz ovog razloga se dioda može zameniti drugim tranzistorom na čiji gejt je doveden signal suprotan onom na gejtu prvog tranzistora.

Naime, kada je na gejt tranzistora Q doveden visok naponski nivo – u prvom delu periode prekidanja, ekvivalentna šema kola koja nastaje kada tranzistor zamenimo kratkim spojem, a diodu otvorenom vezom data je na slici 3.

A picture containing text, clock

Description automatically generated

Slika 3. Ekvivalentna šema kola pri uključenom tranzistoru Q

Vidimo da se u ovom slučaju kalem L ’puni’ iz napajanja E i struja kalema raste. U istom trenutku se kondenzator C prazni na otporniku R i njegov napon opada.

U drugom delu periode prekidanja stanja uključenosti poluprovodničkih elemenata se menjaju, sada je na gejtu tranzistora nizak naponski nivo i njega menjamo otvorenom vezom, a diodu kratkim spojem (Slika 4.).

Diagram

Description automatically generated

Slika 4. Ekvivalentna šema kola pri isključenom tranzistoru Q

U ovom slučaju je napajanje E odvojeno od ostatka kola. Energija koja se skupljala u kalemu u prethodnom delu periode prekidanja sada ide delom u otpornik R i delom u minus kraj kondenzatora C. Iz ovog razloga se ovaj buck-boost DC-DC konvertor zove invertujući – kako struja teče ka minus kraju kondenzatora na njemu se indukuje pozitivno naelektrisane jer se na suprotnom (plus kraju) skupljaju elektroni što sve rezultuje negativnim naponom čija apsolutna vrednost u ovom delu periode prekidanja raste.

## Modeliranje fizičkih pojava u sistemu

U literaturi postoji više metoda za analizu i modeliranje DC-DC pretvarača ali su najzastupljenije metoda analize malih signala i metoda usrednjavanja ekvivalentnih kola. U daljoj analizi ćemo koristiti metodu usrednjavanja ekvivalentnih kola jer smo osnovu već predstavili u prethodnom delu izveštaja.

Naime, ideja je da se za dva stanja uključenosti tranzistora (Slika 3. i Slika 4.) odrede jednačine prema prvom i drugom Kirhofovom zakonu i da se pomnože sa relativnim trajanjem datog stanja uključenosti i takve saberu. Pomenuto relativno trajanje stanja uključenosti (Slika 2.) na engleskom se naziva *duty cycle* i predstavlja upravljačku promenljivu ovakvog sistema. Ovakva analiza daje sledeće diferencijalne jednačine sistema upravljanja:

Gde je napon kondenzatora, struja kalema, a pomenuti *duty cycle*.

Ako zamenimo sa , sa i sa i još kažemo da nam je izlaz sistema jednak naponu kondenzatora tada dobijamo sledeći sistem nelinearnih jednačina u prostoru stanja u formi afinoj po upravljanju:

## Izbor nominalnog režima rada

### Vrednosti parametara, opseg vrednosti upravljanja i izvor poremećaja

Vrednosti komponenti buck-boost DC-DC pretvarača zavise od više parametara kao što su učestanost prekidanja kola, nominalna snaga procesa, maksimalnih dozvoljenih amplituda oscilacija struje i napona sistema i drugih. Za konkretan sistem na kome će se vršiti analiza vrednosti parametara su sledeće: .

U sekciji iznad zaključili smo da se sistemom upravlja relativnim vremenom uključenosti tranzistora u periodi komutacije odnosno *duty cycle*-om. Samim tim što ta veličina definiše odnos izmedju dva vremena, od kojih jedno ne može biti veće od drugog govori da je opseg vrednosti koje naše upravljanje zauzima, gde 1 predstavlja situaciju u kojoj je tranzistor uključen tokom čitave periode komutacije, a 0 suprotno. Kasnije će biti pokazano da je upravljanje koje daje nominalnu vrednost izlaza .

Još jedan aspekt sistema koji moramo da definišemo je identifikacija poremećaja. Kako je napajanje E jedini aktivni element u kolu nad kojim nemamo kontrolu, očigledno je u njemu najveća mogućnost delovanja poremećaja. Lako je zamisliti situaciju u kojoj se napon napajanja skokovito menja, na primer u sistemu solarnog napajanja u trenutku naoblačenja. U daljoj analizi razmatraćemo step poremećaj napona amplitude , što smatramo velikim poremećajem.

### Vremenske konstante prelaznih pojava

Na slici 5. se može videti odziv sistema u otvorenoj sprezi na step pobudu jednaku nominalnom upravljanju. Sa odziva se može pročitati vreme uspona , vreme smirenja . Kako u sistemu rukujemo sa električnim veličinama brzi prelazni procesi su očekivani.



Slika 5. Odziv sistema u otvorenoj sprezi.

### Pregled dostupne literature

# Projektovanje nelinearnih sistema upravljanja

U nastavku ovog poglavlja razmatraćemo različite metode projektovanja kontrolera za dati objekat upavljanja.

Prefiltar reference pomenuti.

## Linearna regulacija

Ideja ove metode upravljanja jeste da se sistem aproksimira linearnim sistemom u blizini radne tačke (nominalni režim). Postavljanjem vrednosti izvoda promenljivih stanja iz sistema jednačina (OVDE BROJ) na nultu vrednost dobijaju se sledeći izrazi za vrednosti promenljivih u stacionarnom stanju:

Iz prethodne jednačine dobija se i izraz za vrednost nominalnog upravljanja:

Primenom Jakobijana na sistem nelinearnih jadnačina datih izrazom (OVDE BROJ) dobijen je sledeći sistem linearnih jednačina:

Primenom izraza i zamenom vrednosti parametara objekta upravljanja dobija se sledeća funkcija prenosa linearizovanog modela objekta upravljanja:

Za ovakav linearizovani sistem projektujmo kontroler Ziegler-Nichols-ovom metodom frekvencijskog odziva. Sprovođenjem relejnog eksperimenta dobijeni su koeficijenti kontrolera u PID obliku. Ove koeficijente dalje blago podešavamo i posmatramo odziv sistema dok nismo zadovoljni. Dobijeni kontroler ima funkciju prenosa u sledećem obliku:

Gde je , , ,

## Feedback linearizacija

Cilj feedback linearizacije je zatvaranje povratne sprege na način koji će poništiti nelinearnosti i rezultovati linearnim sistemom koji će, za razliku od linearnog regulatora, imati adekvatno dobro ponašanje u celom prostoru stanja, a zatim postaviti polove sistema tako da odziv sistema bude zadovoljavajući.

Kako sistem dat jednačinama (OVDE BROJ) nije u kanoničkoj formi moramo primeniti transformaciju koja obezbeđuje relativni red sistema i dovodi sistem u kanoničku formu. Takva transformacija za buck-boost DC-DC konvertor data je sledećim jednačinama:

Gde je nova funkcija izlaza za koju važi .

Da bi se obezbedilo praćenje reference prelazimo u sisem greške , a da bi se obezbedilo potiskivanje poremećaja dodaje se integracija - novo stanje u sistemu greške .

Upravljanje dato sistemu je:

Gde je željeni propusni opseg sistema. Važno je napomenuti da iako formule diktiraju upotrebu izvoda reference radi poboljšanja ponašanja sistema u tranzijentima, ovi članovi su iz implementacije izostavljeni odnosno postavljeni su na nulu kako udari upravljanja ne bi bili previše agresivni i tako štetili aktuatoru.

## Klizno upravljanje

Klizno upravljanje je slično feedback linearizaciji u smislu da se koristi ista transformacija sistema koja obezbeđuje kanoničnu formu. Razlika se nalazi u tome kako sistem dolazi do željenog ravnotežnog stanja. Sa jedne strane feedback linearizacija čini sve da proširi oblast privlačenja ravnotežnog stanja. Klizno upravljanje, sa druge strane, cilja da sistem prevede iz početne tačke ravnotežno stanje posredno, prvo ga dovodeći do klizne površi, a zatim kroz kliznu površ do ravnotežnog stanja.

Implementiraćemo klizno upravljanje sa graničnim slojem kako bismo eliminisali pojavu *chattering*-a koja može biti pogubna po aktuator. Pri projektovanu je korišćena ista transformacija kao i za feedback linearizaciju data jednačinama (T(x) i h(x) BROJ) i sistem greške (OVDE BROJ) sa integracijom zarad praćenja reference i potiskivanja poremećaja. Upravljanje je dato u sledećem obliku:

Gde je željeni propusni opseg sistema. Kao i kod feedback linearizacije i ovde su izvodi reference postavljeni na nulu kako bi se ublažili udari upravljanja.

## Fuzzy upravljanje

# TODO

# Komparativna analiza nelinearnih metoda upravljanja

# Zaključak

# Literatura