



دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

پروژه پایانی دوره کارشناسی مهندسی برق کنترل

عنوان:

طراحی کنترلر دیجیتال برای مبدل های DC/DC (چاپرها)

استاد راهنما:

دکتر ابوالفضل جلیوند

پدید آورنده:

مرتضی باقری

تابستان ۹۶

مقدمه :

در این پایان نامه سعی شده تا به طراحی و پیاده سازی کنترلر دیجیتال برای پایدار سازی ولتاژ خروجی و

همچنین بهبود مشخصات حالت گذرا در مبدل های DC/DC پرداخته شود. طراحی کنترلر دیجیتال برای

یک سیستم خاص دارای دو رهیافت اساسی میباشد: رهیافت اولیه که روش غیر مستقیم طراحی نامیده می شود

اینگونه است که طراح از روی کنترلر آنالوگ طراحی شده و با تبدیل Z گرفتن از کنترلر آنالوگ و قرار دادن

یک نگهدار مرتبه صفر قبل از سیستم به طراحی و پیاده سازی کنترلر دیجیتال می پردازد. رهیافت دوم که

رهیافت مستقیم نامیده می شود (شامل چندین روش است) در آن طراح به طراحی کنترلر دیجیتال به صورت

مستقیم در حوزه Z می پردازد.

اهمیت رهیافت غیر مستقیم خیلی زیاد است زیرا در اکثر سیستم های موجود در صنعت کنترلر آنالوگ

طراحی شده و روی سیستم قرار داده شده است و طراح می تواند از روی همان کنترلر آنالوگ که روی سیستم

قرار دارد کنترلر دیجیتال را طراحی و پیاده سازی کند که چون دیگر نیاز به شناسایی سیستم نیست زمان و

حجم محاسبات را به حداقل می رساند

در این پایان نامه در فصل ۱ به کاربرد های مبدل های DC/DC و انواع آنها و مدهای کاری مبدل ها

پرداخته می شود و در فصل های ۲ و ۳ و ۴ به تحلیل و بررسی مبدل های باک، بوست و باک-بوست پرداخته

می شود. در فصل ۵ به یافتن تابع تبدیل از duty cycle تا ولتاژ خروجی جهت طراحی کنترلر پرداخته می شود.

در نهایت در فصل ۶ به طراحی کنترلر در حوزه آنالوگ و بعد تبدیل آن به کنترلر دیجیتال با روش غیر مستقیم

و همچنین بررسی صحت طراحی و نتایج شبیه سازی با استفاده از برنامه Matlab پرداخته می شود.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱ معرفی و آشنایی با انواع مبدل	۷
۱-۱ مقدمه	۷
۱-۲ معرفی برخی مبدل های پر کاربرد	۸
۳-۱ مدهای کاری CCM & DCM	۹
فصل ۲ مبدل باک	۱۱
۱-۲ مقدمه	۱۱
۲-۲ تحلیل مداری مبدل باک	۱۲
۱-۲-۲ تحلیل مداری مبدل باک در بازه زمانی DT (کلید وصل و دیود قطع)	۱۲
۲-۲-۲ تحلیل مداری مبدل باک در بازه زمانی (1-D)T (کلید خاموش و دیود روشن)	۱۳
۳-۲-۲ جمع بندی	۱۵
۳-۲ تابع تبدیل ولتاژ DC در مد CCM	۱۵
۴-۲ مقایسه مدهای کاری CCM, DCM به ازای D ها متفاوت	۱۷
۵-۲ محاسبه اندوکتانس و جریان و ریپل جریان سلف در ناحیه بحرانی	۱۸
۶-۲ محاسبه ظرفیت و جریان و ریپل جریانی خازن در ناحیه بحرانی	۱۹
۷-۲ شکل موجهای جریان و ولتاژ در یک پریود زمانی	۱۹
۸-۲ جمع بندی طراحی مبدل باک	۱۹
فصل ۳ مبدل بوست	۲۱
۱-۳ مقدمه	۲۱
۲-۳ تحلیل مداری مبدل بوست	۲۱
۱-۲-۳ تحلیل مداری مبدل بوست در بازه زمانی DT (کلید وصل و دیود قطع)	۲۲

۲۳	تحلیل مداری مبدل بوست در بازه زمانی (1-D)T (کلید خاموش و دیود روشن).....
۲۴	جمع بندی ۳-۲-۳
۲۴	تابع تبدیل ولتاژ DC در مد CCM ۳-۳
۲۵	مقایسه مدهای کاری CCM , DCM به ازای D ها متفاوت..... ۴-۳
۲۶	۵-۳ محاسبه اندوکتانس و جریان و ریپل جریان سلف در ناحیه بحرانی.....
۲۷	۶-۳ محاسبه ظرفیت و جریان و ریپل جریانی خازن در ناحیه بحرانی.....
۲۸	۷-۳ شکل موجهای جریان و ولتاژ در یک پریود زمانی ۳-۳
۲۸	۸-۳ جمع بندی طراحی مبدل باک.....
۳۰	فصل ۴ مبدل باک بوست ۳-۳
۳۰	۱-۴ مقدمه ۳-۳
۳۰	۲-۴ تحلیل مداری مبدل باک - بوست ۳-۳
۳۰	۱-۲-۴ تحلیل مدار مبدل باک- بوست در بازه زمانی DT (کلید روشن و دیود خاموش).....
۳۱	۲-۲-۴ تحلیل مداری مبدل باک بوست در بازه زمانی (1-D)T (کلید خاموش و دیود روشن).....
۳۲	۳-۴ محاسبه تابع تبدیل ولتاژ از ورودی تا خروجی ۳-۳
۳۲	۴-۴ محاسبه اندوکتانس و جریان و ریپل جریان سلف در ناحیه بحرانی و مقایسه مد های کاری CCM و DCM به ازای D های متفاوت ۳-۳
۳۵	۵-۴ محاسبه ظرفیت و جریان و ریپل جریانی خازن در ناحیه بحرانی.....
۳۵	۶-۴ شکل موجهای جریان و ولتاژ ها در یک پریود زمانی.....
۳۷	فصل ۵ مدل فضای حالت میامگین ۳-۳
۳۷	۱-۵ مقدمه.....
۳۷	۲-۵ مدل فضای حالت میانگین.....
۳۹	۳-۵ توابع تبدیل مبدلهای باک و بوست و باک-بوست ۳-۳

فصل ۶ طراحی کنترلر.....	۴۰
مقدمه.....	۴۰
۲-۶ ویژگی های جبران سازی سیستم.....	۴۰
۳-۶ تابع تبدیل کنترلر PID.....	۴۱
۴-۶ طراحی کنترلر برای مبدل باک.....	۴۲
۵-۶ طراحی کنترلر PID دیجیتالی به روش غیر مستقیم.....	۴۳
۶-۶ شبیه سازی در محیط سیمولینک متلب.....	۴۷
۱-۶-۶ شبیه سازی مبدل باک به صورت حلقه باز.....	۴۷
۲-۶-۶ شبیه سازی مبدل باک به صورت حلقه بسته با کنترلر PID زمان پیوسته.....	۴۸
۳-۶-۶ شبیه سازی مبدل باک به صورت حلقه بسته با کنترلر PID دیجیتالی.....	۴۹
۶-۶ نتیجه گیری.....	۴۹
مراجع.....	۵۱

فصل ۱

آشنایی با انواع مبدل‌های DC/DC

۱-۱ مقدمه

در بسیاری از کاربردهای صنعتی لازم است که ولتاژ ثابت dc به ولتاژ متغیر dc تبدیل گردد. یک چاپر (برشگر) dc مستقیماً این عمل را انجام می‌دهد و همچنین به آن مبدل dc-dc (dc/dc converter) نیز گفته می‌شود. چاپر در حقیقت معادل dc یک ترانسفورماتور ac با نسبت دور متغیر است. بنابراین همچون ترانسفورماتور قادر است ولتاژ dc را افزایش/کاهش دهد. از چاپرها به طور گسترده برای کنترل موتورهای حمل و نقل در اتوبوس‌های برقی و بالابرها و جرثقیل‌ها و غیره استفاده می‌شود. چاپرها کنترل ملایم شتاب و بازده بالا و پاسخ دینامیکی سریع را فراهم می‌آورند. از چاپرها همچنین برای ترمز احیایس (مولدی) موتورهای dc نیز استفاده می‌شود تا انرژی به سیستم تغذیه بازگشت داده شود و بنابراین این مسئله در سیستم‌های حمل و نقل در توقف‌ها منجر به صرفه‌جویی در انرژی می‌شود. چاپرها همچنین در رگولاتورهای ولتاژ dc استفاده می‌شود همچنین در منابع انرژی نومتل PV & FC ۱.

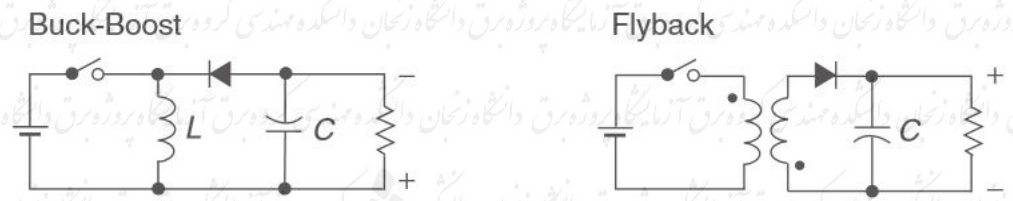
۱-۲- معرفی برخی مبدل‌های پرکاربرد

در شکل‌های ۱-۱ تا ۱-۶ بعضی از مبدل‌های پرکاربرد مشاهده می‌شوند که در این بخش صرفاً به دادن تصویر از مدار معادل آنها اکتفا شده که در فصل‌های ۲ و ۳ و ۴ به صورت مفصل به تحلیل و بررسی مبدل‌های باک، بوست و باک-بوست که جزو پرکاربردترین مبدل‌های ایزوله هستند پرداخته می‌شود

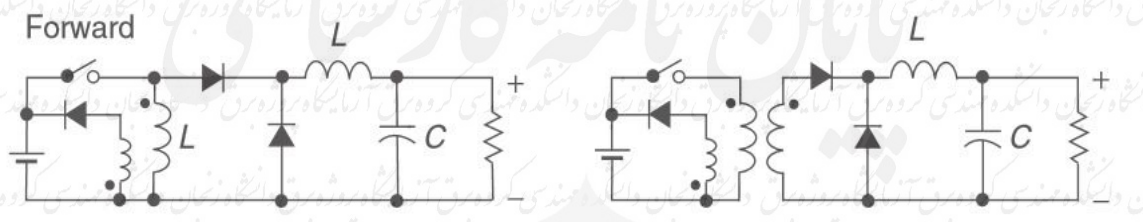


دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان

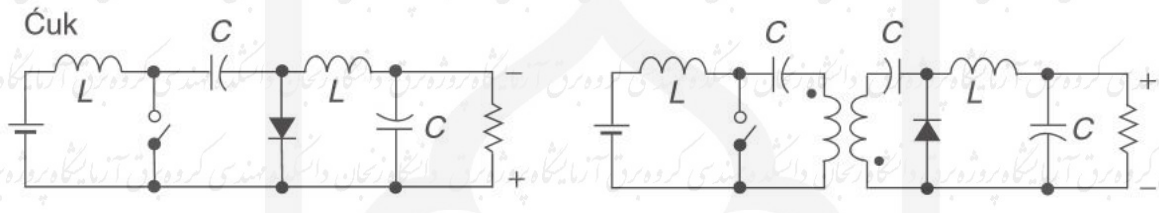
شکل ۱-۱ شکل مداری مبدل های باک و بوست



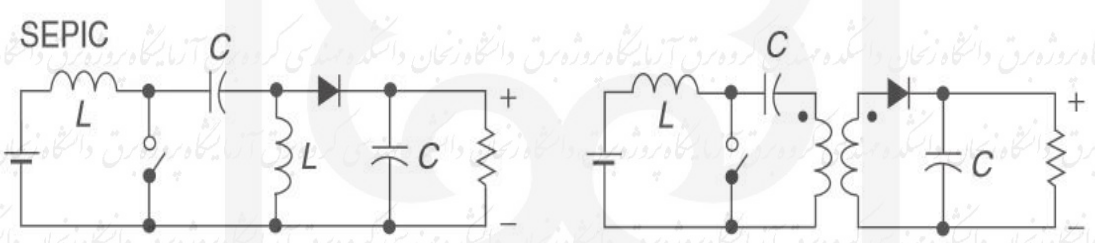
شکل ۲-۱ شکل مداری مبدل باک-بوست و فلای بک



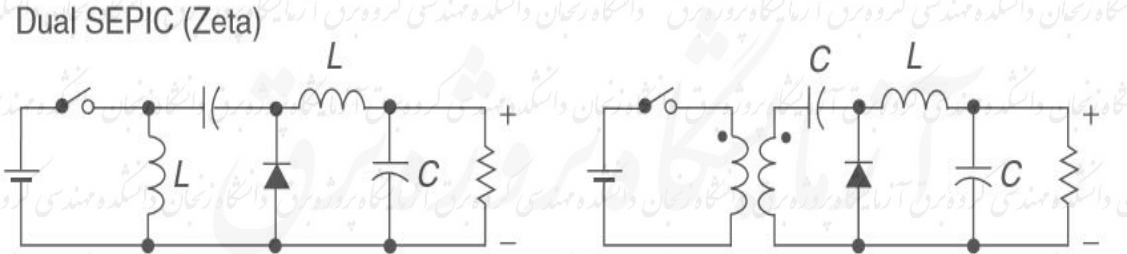
شکل ۳-۱ شکل مداری مبدل فرورارد



شکل ۴-۱ شکل مداری مبدل کاک



شکل ۵-۱ شکل مداری مبدل سپیک

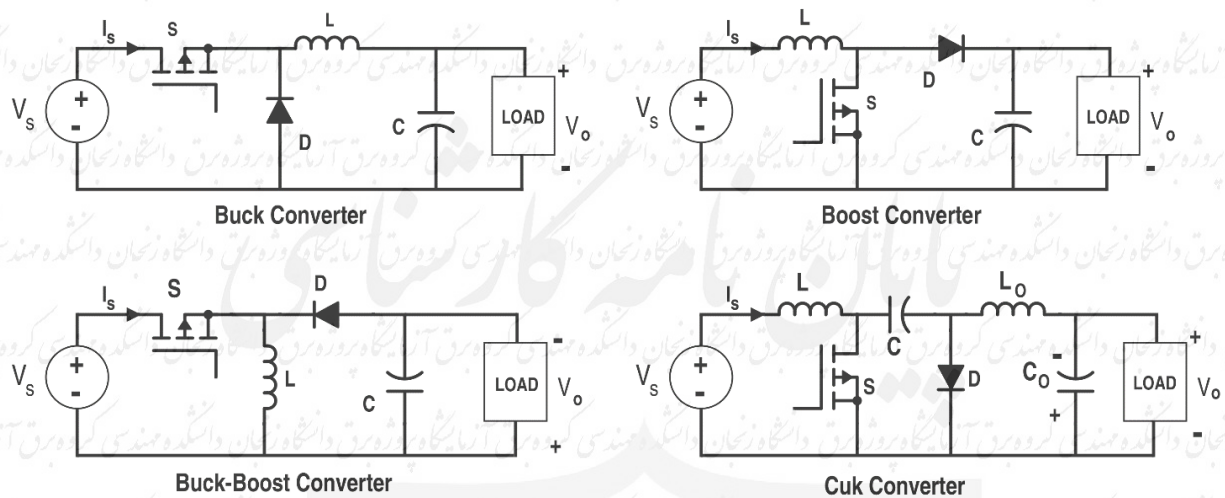


شکل ۶-۱ شکل مداری مبدل زتا

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان

شکل ۹

مبدل های غیر ایزوله در حالت کلی به ۴ دسته تقسیم می شوند که در شکل ۷-۱ مشاهده می شود



شکل ۷-۱ مبدلهای ایزوله

در فصل های ۲ و ۳ و ۴ به تحلیل و بررسی مبدلهای باک و بوست و باک-بوست پرداخته می شود

۳-۱ ناحیه های عملکردی

مبدل های dc/dc سه ناحیه کاری دارند:

- ۱) ناحیه کاری پیوسته CCM (زمانی که جریان سلف همواره بزرگتر از صفر باشد).
- ۲) ناحیه بحرانی (مرز پیوستگی و گسستگی) (زمانی که جریان سلف فقط در یک لحظه صفر شود)
- ۳) ناحیه کاری گسسته DCM (زمانی که جریان سلف در یک بازه زمانی صفر شود)

اینکه در کدام ناحیه کاری هستیم به پارامتر هایی زیر بستگی دارد:

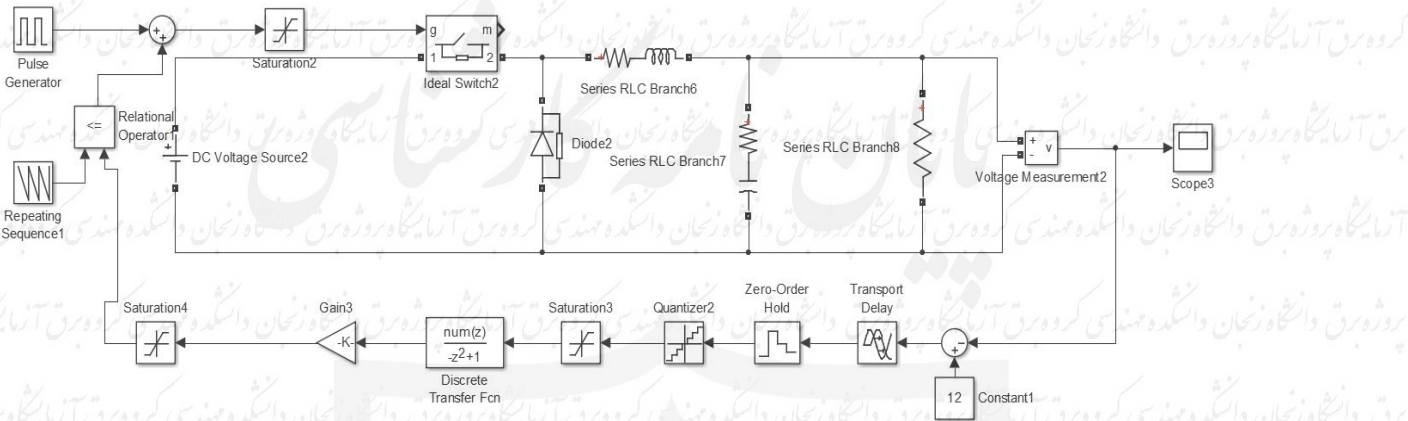
Duty cycle – اندازه سلف – اندازه بار (اگر بار جریان زیاد بکشد مدار وارد ناحیه گسسته می شود) – فرکانس

کلید زنی (اگر فرکانس کم باشد باعث ناپیوسته شدن ولتاژ خروجی می شود)

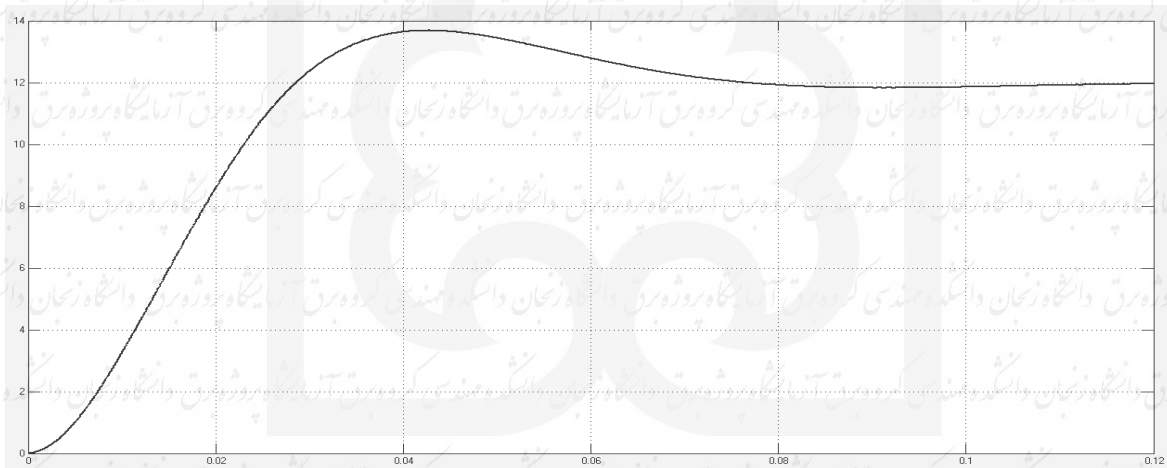
۳-۵-۶ شبیه سازی مبدل باک به صورت حلقه بسته با کنترلر PID دیجیتالی

در شکل ۱۱-۶ کنترلر دیجیتالی روی مبدل باک با استفاده از شکل های پیاده شده است و در شکل

مشاهده میشود که زمان نشست کاهش یافته ولی اورشوت زیاد شده است



شکل ۱۱-۶ بلوک دیاگرام مبدل باک در محیط سیمولینک به صورت حلقه بسته با کنترلر PID دیجیتالی



شکل ۱۲-۶ منحنی ولتاژ خروجی (اسکوپ در شکل ۱۱-۶)

۶-۶ نتیجه گیری

نتیجه نهایی از این پایان نامه را میتوان در مقایسه سه حالت شبیه سازی فوق یعنی (۱) بدون کنترلر (منحنی

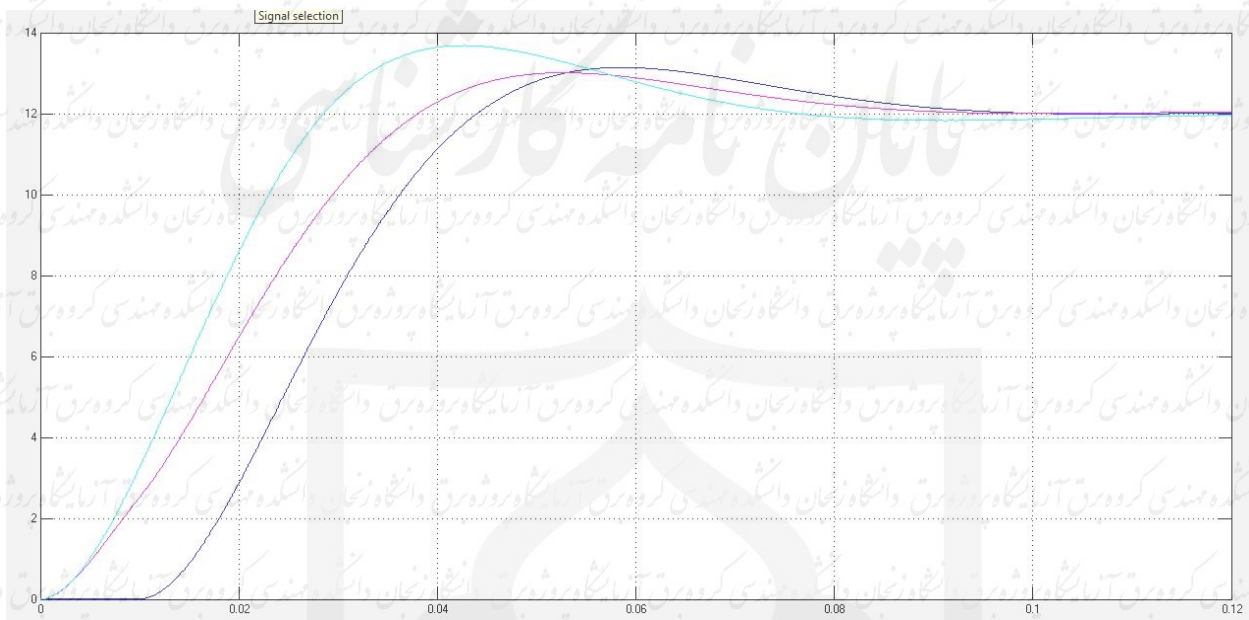
آبی رنگ) (۲) با کنترلر آنالوگ (منحنی بنفش رنگ) و (۳) با کنترلر دیجیتالی (منحنی فیروزه ای) در غالب شکل

(۱۳-۶) خلاصه کرد که مشاهده میشود زمان نشست به ترتیب کاهش (زمان نشست مبدل باک با کنترلر زمان

پیوسته کمتر از حالت بدون کنترل و زمان نشست مبدل باک با کنترلر دیجیتال کمتر از زمان نشست مبدل

باک با کنترلر زمان پیوسته) یافته و اورشوت به در حالت کنترل آنالوگ نسبت به بدون کنترل کاهش و سپس

در حالت کنترلر دیجیتال نسبت به حالت کنترلر آنالوگ افزایش یافته است



شکل ۶-۱۶ منحنی های پاسخ مبدل باک در حالت های الف) بدون کنترلر (رنگ سرمه ای) - ب) با کنترلر

زمان پیوسته (رنگ بنفش) - ج) با کنترلر دیجیتال (رنگ فیروزه ای)

مراجع :

- [1] مهندسی کنترل اوگاتا ترجمه محمود دیانی
- [2] Pulse width Modulated DcDc Power Converters (Marian K. Kazimierczuk)
- [3] DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DIGITAL CONTROLLERS FOR BUCK (Victor P. Nelson & R. M. Nelms, Chair & John Y. Hung & Stephen L. McFarland)
- [4] Time Domain Based Digital Controller for Buck-Boost Converter (Vijayalakshmi, S† and Sree Renga Raja, T)
- [5] STEADY-STATE AND SMALL-SIGNAL MODELING OF A PWM DC-DC SWITCHED-INDUCTOR BUCK-BOOST CONVERTER IN CCM (Julie J. Lee)
- [6] The State Space Average Model of BuckBoost Switching Regulator Including all of The System Uncertainties (Mohammad Reza Modabbernia)
- [7] Digital Control Engineering Analysis and Design (M. Sami Fadali Antonio Visioli)
- [8] EE3304: Digital Control Systems (Part2) (Ben M. Chen)
- 52