طراحی کنترل‌کننده غیرخطی کانورترکاهنده و تغییرات جزیی آن درمقابل بار

اعظم سادات شاه آبادی*[۱]،دکتر علی اصغرشجاعی[۲]،توحید حنفی[۳]،فرهاد فرهمند[۴]
*۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی برق، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، sara_shahabadi@yahoo.com
۲- استادیار، گروه مهندسی برق، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، shojaei2012@gmail.com
۳- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی برق، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، tohid_hanafi@yahoo.com
۴- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی برق، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، dahraf_farhad@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۷

چکیده : مطالبی در این مقاله به منظور شبیه سازی کنترل کننده غیرخطی مبدل باک مورد بررسی قرار می گیرد. به طور کلی مبدل باک و مطالعات انجام شده بر روی آن و یک روش کنترلی برای بدست اوردن متوسط ولتاژ خروجی برای برابری با یک سطح مطلوب ارائه شده است. روش کنترلی ارائه شده شامل یک سری مزایا و معایب می باشد. برای بهبود معایب و همچنین نتیجه بهتر در خروجی مبدل کنترلر خطی *(PI)* معرفی می شودو برای بهبود معایب و همچنین نتیجه بهتر وبدست اوردن ولتاژ خروجی با یک سطح ثابت و کاهش ریپل و زمان نشست ولتاژ در خروجی مبدل کنترلر خطی (*PI*) معرفی می شود که با روش کنترلی غیر خطی (کنترل حالت لغزشی) ترکیب شده ودر محیط متلب شبیه سازی شده است و نتایج آن قابل مشاهده می باشد.

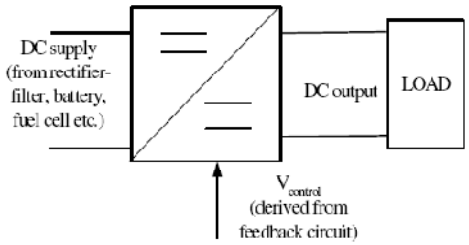
کلمات کلیدی: چاپر ، کنترل حالت لغزشی، کنترلر PI، مبدل باک.

۱- مقدمه

در بسیاری از کاربردهای صنعت از منابع DC استفاده می شود، بنابراین به دستگاهی نیاز است که بتواند یک منبع ولتاژ DC را به منبع ولتاژ DC متغیر تبدیل کند، این کار به وسیله چاپر صورت می گیرد. چاپر یک مبدل DC به DCاست که همانند یک ترانس AC که با تغییر تعداد دورها می تواند ولتاژ دلخواه را ایجاد کند، میتواند مستقیماً ولتاژDC را به ولتاژ DC موردنظر و به صورت پیوسته تبدیل کند.ازکاربردهای خیلی مهم چاپر می توان استفاده در بهینه سازی شبکه های برق ac نام برد[2][1].

چاپرها براساس ولتاژ خروجی به دو دسته افزاینده و کاهنده تقسیم می شوند و بر اساس نحوه عملکردشان به صورت زیر تقسیم بندی می شوند:

مبدل افزاینده
مبدل کاهنده
مبدل کاهنده- افزاینده
مبدل چک



شکل۱ : بلوک دیاگرام چاپر

اساس مبدل های dc-dc بر مبنای سوئیچینگ است.

در مبدل dc-dc با یک ولتاژ ورودی داده شده، متوسط ولتاژ خروجی با کنترل مدت زمان روشن بودن و خاموش بودن سوئیچ کنترل می شود. مانند سایر منابع تغذیه یک SMPS، توان را از یک منبع به یک مقصد (مصرف‌کننده) همزمان با تغییر مشخصه‌های ولتاژ و جریان تبدیل می‌کند.

برخلاف منابع تغذیه خطی, در این منابع ترانزیستوری که نقش کلید را به عهده دارد با فرکانسی حدود ۵۰ کیلو هرتز یا بیشتر بین وضعیت قطع و اشباع در نوسان است که این خود سبب کاهش تلفات ترانزیستور می گردد. برخلاف منابع تغذیه خطی, در این منابع

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 1- spring & summer 2017
[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.1.2.9]

ترانزیستوری که نقش کلید را به عهده دارد با فرکانسی حدود ۵۰ کیلو هرتز یا بیشتر بین وضعیت قطع و اشباع در نوسان است که این خود سبب کاهش تلفات ترانزیستور می‌گردد[1]. بازده بالا مزیت اصلی یک منبع تغذیه سوئیچینگ است . هنگامی که بازده بالاتر, ابعاد کوچک تر و وزن کم تر مدنظر باشد منابع تغذیه سوئیچینگ جایگزین منابع تغذیه خطی می شوند . منابع تغذیه سوئیچینگ پیچیده‌تر هستند و اگر جریان ورودی به آنها به خوبی فیلتر نشود می‌تواند نویز ایجاد کند.

ضرورت و اهمیت چاپرها به این دلیل است که کاربردهای فراوانی دارند. معمولا به‌عنوان تنظیم‌کننده ولتاژ به‌کارمی‌روند و ولتاژ DC تنظیم‌نشده را به ولتاژ DC تنظیم شده و ثابت مطلوب، تبدیل می-کنند. همچنین در آنها از یک سلف به منظور ایجاد یک جریان DC به خصوص برای اینورتر منبع جریان به‌کار می‌رود[2].

چاپرها به صورت گسترده‌ای برای کنترل موتور در اتومبیل الکتریکی، چنگال های بالابرنده، در حفر معدنب ه کار می‌روند. از مشخصات آن ها، کنترل دقیق شتاب، بازده بالا و پاسخ دینامیکی سریع می‌باشد. یکی دیگر از کاربردهای چاپر در جبران سازی توان راکتیو است. چاپرها در ترمز دینامیکی موتورهای DC جهت بازگرداندن انرژی به منبع به کار گرفته می‌شوند که باعث ذخیره انرژی در سیستم های حمل و نقل با توقف زیاد می‌شوند. از دیگر کاربردهای خیلی مهم چاپر می توان استفاده در بهینه سازی شبکه‌های برق AC نام برد.

در بارهای حساس اگر خطایی در شبکه رخ دهد، یک سیستم تغذیه پشتیبان (به عنوان مثال باتری خانه) مورد نیاز می باشد. این نیاز به یک سیستم تغذیه قدرت پیوسته موجب شده است که از منابع تغذیه UPS استفاده شود. چاپرها در این UPS ها جهت تنظیم سطح ولتاژ یکسو شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طوری‌که در هنگام عملکرد عادی سیستم انرژی از شبکه به سیستم تغذیه پشتیبان هدایت می‌شود و در شرایط اضطراری سیستم پشتیبان، بار مورد نیاز را تأمین می‌کند.

۲- کنترل حالت لغزشی

مشکلات زیادی در پیاده‌سازی کنترل کننده‌های طراحی شده بر روی سیستم‌های حقیقی وجود دارد. یکی از مهم‌ترین منشأ این مشکلات، عدم توانایی در مدل‌سازی دقیق سیستمهای حقیقی است [3]. به علاوه اگر هم این توانایی تا حد زیادی وجود داشته باشد، مدل به دست آمده آنقدر پیچیده می‌گردد که طراحی کنترل کننده مناسب را برای آن دشوار می‌کند. کنترل مقاوم [4]و کنترل تطبیقی [5]، دو روش مهم و مکمّلی هستند که برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد شده اند یکی از ساده ترین رویکردها در طراحی یک کنترل-کننده مقاوم، کنترل حالت لغزشی است. مهم ترین مسأله ای که در این جا مورد بررسی قرار می گیرد، وزوز می باشد[6]. بنابراین کنترل حالت لغزشی از دو مرحله تشکیل شده است:

۱. مرحله رسیدن به سطح
۲. مرحله لغزش بر روی سطح

۲-۱- مرحله رسیدن

در این مرحله سیگنال ورودی کنترل چنان طراحی می شود که در بدترین شرایط ممکن مسیر حالت خطا به سطح برسد که به معنی مقاوم بودن سیستم است[7]. از معایب عمده این مرحله این است که سیستم نسبت به نویز و اغتشاش، تغییرناپذیر نمی باشد.

۲-۲- مرحله لغزش

در این مرحله سیستم نسبت به اغتشاش سازگارتغییر ناپذیر می باشدو این مهم ترین خصوصیت کنترل حالت لغزشی است[7].

۳- شبیه سازی

اکنون مبدل باک را در نرم افزارMATLAB مطابق شکل ۳-۱ شبیه سازی می کنیم:

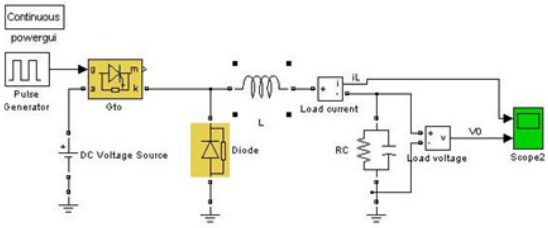
در این مدار قصد داریم به ولتاژ خروجی۱۵v و جریان ۱/۵A برسیم، اما در حالت ماندگار ولتاژ خروجی کمتر از این مقدار است، این افت ولتاژ توسط مدار فیدبک جبران می شود که مدار فیدبک در انتهای این فصل طراحی شده است.

عناصر و مقادیر مورد استفاده:

۱. منبع ولتاژ DC
۲. منبع تولید پالس
۳. GTO
۴. دیود
۵. سلف
۶. خازن
۷. مقاومت بار

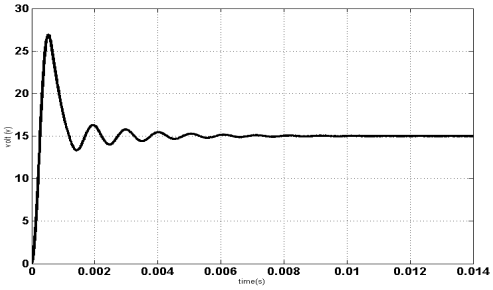
داده های شبیه سازی:

Vo= ۱۵ v
Vs=۲۰ v
R Load =Ω۱۰
L=μH ۲۷۰
C = μF ۱۰۰
f= ۲۰ kHz



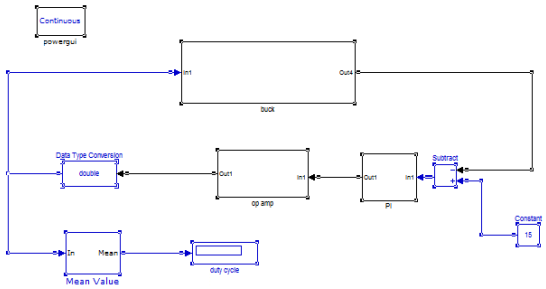
شکل ۲: شبیه سازی مبدل باک در متلب

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 1- spring & summer 2017
[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.1.2.9]

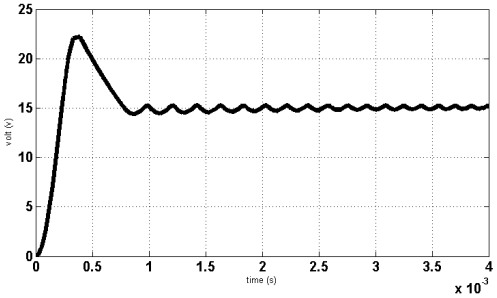


شکل۳: موج ولتاژ خروجی در مبدل باک

۳-۱ شبیه سازی مبدل باک با کنترلر PI



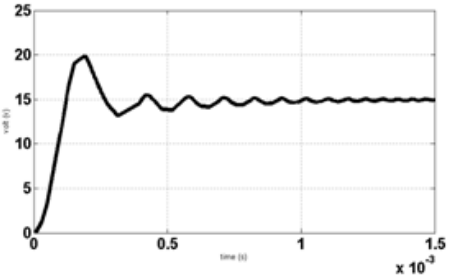
شکل ۴: شبیه سازی مبدل باک با کنترلر PI



شکل۵: موج ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلر PI

۳-۲ طراحی کنترلر مد لغزشی (SMC)

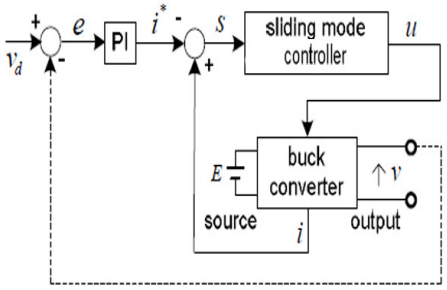
SMC (کنترل مد لغزشی) یک روش کنترل غیرخطی است که با مشخصه های غیرخطی مبدل باک تطابق دارد[8].



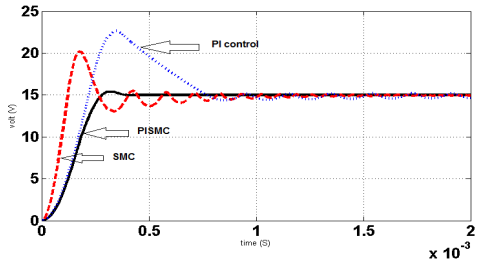
شکل۶ : موج ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلر SMC

۴- نتیجه‌گیری

شبیه سازی مدار مطابق شکل زیر می باشد:



شکل۷: شبیه سازی مبدل باک با کنترلرPISMC



شکل۸: موج مبدل باک با کنترلر های PIوSMCوPISMC

در طراحی کنترل کننده PISMC با مبدل باک، ولتاژ خروجی زودتر به پایداری می‌رسد و این مساله حاکی از آن است که در این کنترل کننده اغتشاش و نویز به حداقل مقدار خود می‌رسد و این مساله از جمله مهمترین مسایلی است که در طراحی یک کنترل کننده اهمیت فراوانی دارد. اما در طراحی کنترل کننده PISMC زمان تاخیر بیشتری نسبت به SMC داریم[9] .

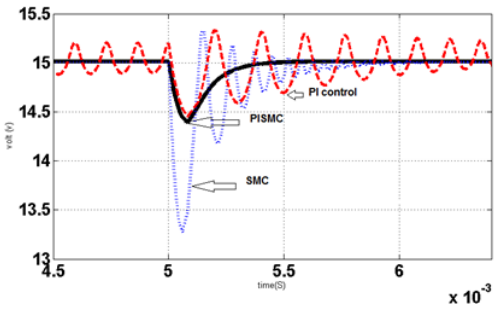
۴-۱- مقایسه ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلرهای PI و SMC وPISMC در مقابل تغییرات ناگهانی بار

در مبدل باک اگر بطور ناگهانی در اثر اتصال کوتاه بار به نصف مقدار نهایی کاهش یابد در این شبیه سازی بار از ۱۰ اهم به ۵ اهم با اتصال یک بریکر با زمان قطع ۰.۰۰۵ کاهش پیدا میکند در اینجا مقدار تغییرات خروجی مبدل با ۳ کنترلر با هم مقاسه و عمل کرد انها در مقابل تغییرات بار قابل مشاهده می باشد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 1- spring & summer 2017

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.1.2.9]



شکل ۹ : موج ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلر های PIوSMCوPISMC در مقابل تغییرات بار

مراجع

[۱]W. Perruquetti and J. Pierre-Barbot, Sliding mode control in engineering,Marcel Dekker, ۲۰۰۲.

[۲]J.-J. E. Slotine and W. Li, Applied nonlinear control,Prentice-hall, ۱۹۹۱.

[۳]D. Landau, R. Lozano and M. M' Saad, Adaptive control,Springer-Verlag, London, ۱۹۹۸.

[۴] .V. I. Utkin, Sliding mode in control optimization,Springer-Verlag, New York, ۱۹۹۲

[۵]O. Kaynak, K. Erbatur and R. Ertugrul, ''The fusion of computationally Intelligent methodologies and sliding-mode control- a survey'', IEEE Trans. Industrial Elec., vol. ۴۸, no. ۱, pp. ۱۷-۴, ۲۰۰۱.

[۶]R. A. Decarlo, S. H. Zak and G. P. Matthews, ''Variable structure control of nonlinear multivariable systems: a tutorial'', IEEE Proc., vol. ۷۶, no. ۳, pp. ۲۳۲-۲۱۲, ۱۹۸۸.

[۷]C. Edwards, S. K. Spurgeon, Sliding Mode Control: Theory and Applications,Taylor& Francis, London, ۱۹۹۸.

[۸]J.-P. Su and C.-C.Wang, ''Complementary sliding control of non-linear systems",Int. J. Contr., vol. ۷۵, no. ۵,pp. ۳۶۸-۳۶۰, ۲۰۰۲.

[۹]S. Sastry and M. Bodson, Adaptive control,Prentice-hall, Englewood Cliffs, ۱۹۸۹I.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 1- spring & summer 2017

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.1.2.9]

Nonlinear Controller Design of Reducing Converter and Minor Changes to Load

Abstract: In this paper, some Contents are presented to simulate the nonlinear converter of the Buck converter. In general, the Buck converter and studies done on it and a control method to obtain the average output voltage for equality with an optimum level, Provided control method includes a series of advantages and disadvantages .To improve disadvantages And also a better result on the output The linear controller (PI) is introduced and to improve the disadvantages as well as the better result And obtaining the output voltage With a constant surface and a decrease in the Ripple and the time of the voltage collapse in line Controller Converter (PI) output is introduced Which is combined with non-linear control (slider control) And simulated in the mathematical environment and its results are visible.

Keywords: Chopper, Slider Control, PI Controller, Buck converter.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 1- spring & summer 2017

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.1.2.9]