

## طراحی کنترل کننده غیر خطی کانورتر کاهنده و تغییرات جزئی آن در مقابل بار

اعظم سادات شاه آبادی\*<sup>۱</sup>، دکتر علی اصغر شجاعی<sup>۲</sup>، توحید حنفی<sup>۳</sup>، فرهاد فرهمند<sup>۴</sup>

\*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 پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۵

چکیده: مطالبی در این مقاله به منظور شبیه سازی کنترل کننده غیر خطی 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 آوردن 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 شود برای بهبود معایب و همچنین نتیجه بهتر و بدست آوردن ولتاژ خروجی با یک سطح ثابت و کاهش ریبیل و زمان نشست ولتاژ در خروجی مبدل کنترلر خطی ( $PI$ ) معرفی می شود که با روش کنترلی غیر خطی (کنترل حالت لغزشی) ترکیب شده و در 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 دستگامی 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 DC است که همانند یک ترانس AC که با تغییر تعداد دورها می تواند ولتاژ دلخواه را ایجاد کند، میتواند مستقیماً ولتاژ DC را به ولتاژ DC مورد نظر و به صورت پیوسته تبدیل کند. از کاربردهای خیلی مهم چاپر می توان استفاده در بهینه سازی شبکه های برق ac نام برد [1][2].

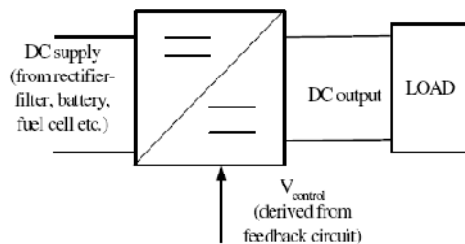
چاپرها بر اساس ولتاژ خروجی به دو دسته افزایشده و کاهنده تقسیم می شوند و بر اساس نحوه عملکردشان به صورت زیر تقسیم بندی می شوند:

مبدل افزایشده

مبدل کاهنده

مبدل کاهنده-افزاینده

مبدل چک



شکل ۱: 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 (مصرف کننده) همزمان با تغییر مشخصه های ولتاژ و جریان تبدیل می کند.

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

۱. مرحله رسیدن به سطح
  ۲. مرحله لغزش بر روی سطح
  - ۱-۲- 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 سازگار تغییرناپذیر می باشد و این مهم ترین خصوصیت کنترل حالت لغزشی است [7].

### ۳- شبیه سازی

- اکنون مبدل باک را در نرم افزار MATLAB مطابق شکل ۳-۱ شبیه سازی می کنیم:
- در این مدار قصد داریم به ولتاژ خروجی ۱۵۷ 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:

$$V_o = 15 \text{ v}$$

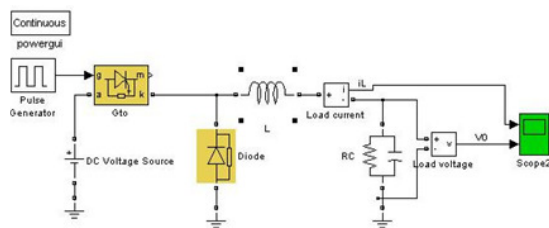
$$V_s = 20 \text{ v}$$

$$R_{\text{Load}} = 10 \Omega$$

$$L = 270 \mu\text{H}$$

$$C = 100 \mu\text{F}$$

$$f = 20 \text{ kHz}$$



شکل ۲: شبیه سازی مبدل باک در متلب

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 [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 پیچیده تر هستند و اگر جریان ورودی به آنها به خوبی فیلتر نشود می تواند نویز ایجاد کند. ضرورت و اهمیت چاپرها به این دلیل است که کاربردهای فراوانی دارند. معمولاً به عنوان تنظیم کننده ولتاژ به کار می روند و ولتاژ DC تنظیم نشده 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 به کار می رود [2].

چاپرها به صورت گسترده ای برای کنترل موتور در اتومبیل الکتریکی، چنگال های بالابرنده، در حفر معدن ه کار می روند. از مشخصات آنها، کنترل دقیق شتاب، بازده بالا و پاسخ دینامیکی سریع می باشد. 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 می شوند که باعث ذخیره انرژی در سیستم های حمل و نقل با توقف زیاد می شوند. از دیگر کاربردهای خیلی مهم چاپر می توان استفاده در بهینه سازی شبکه های برق AC نام برد.

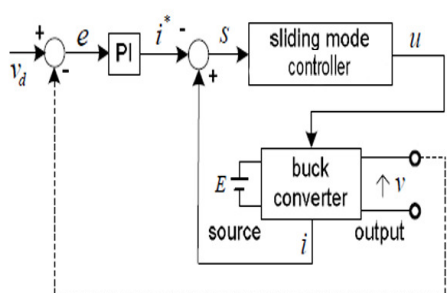
در بارهای حساس اگر خطایی در شبکه رخ دهد، یک سیستم تغذیه پشتیبان (به عنوان مثال باتری خانه) مورد نیاز می باشد. این نیاز به یک سیستم تغذیه قدرت پیوسته موجب شده است که از منابع تغذیه UPS استفاده شود. چاپرها در این UPS ها جهت تنظیم سطح ولتاژ یکسو شده مورد استفاده قرار می گیرند. به طوری که در هنگام عملکرد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

### ۲- کنترل حالت لغزشی

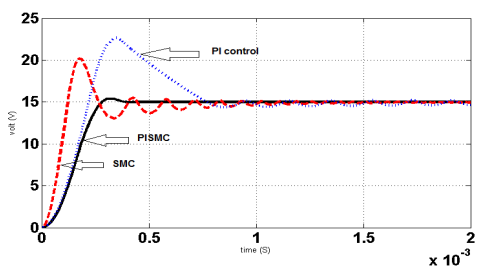
مشکلات زیادی در پیاده سازی کنترل کننده های طراحی شده بر روی سیستم های حقیقی وجود دارد. یکی از مهم ترین منشأ این مشکلات، عدم توانایی در مدل سازی دقیق سیستم های حقیقی است [3]. به علاوه اگر هم این توانایی تا حد زیادی وجود داشته باشد، مدل به دست آمده آنقدر پیچیده می گردد که طراحی کنترل کننده مناسب را برای آن دشوار می کند. کنترل مقاوم [4] و کنترل تطبیقی [5]، دو روش مهم و مکملی 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:

#### ۴- نتیجه گیری

شبیه سازی مدار مطابق شکل زیر می باشد:



شکل ۷: شبیه سازی مبدل باک با کنترلر PISMC

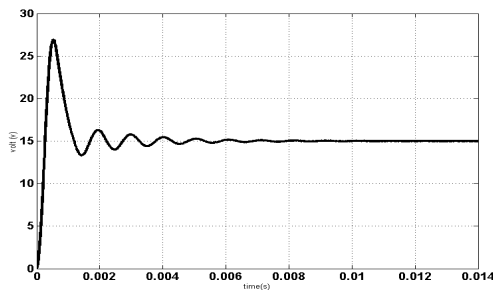


شکل ۸: موج مبدل باک با کنترلر های PI و SMC و PISMC

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 مسائلی است که در طراحی یک کنترل کننده اهمیت فراوانی دارد. اما در طراحی کنترل کننده PISMC زمان تاخیر بیشتری نسبت به SMC داریم [9].

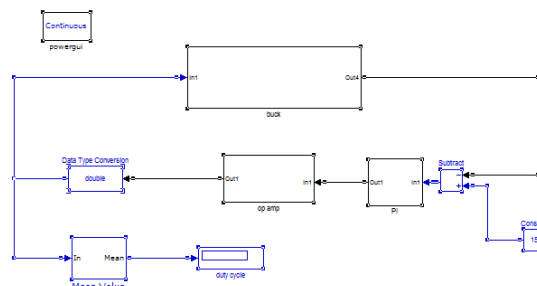
#### ۴-۱- مقایسه ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلرهای PI و SMC و PISMC در مقابل تغییرات ناگهانی بار

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 آنها در مقابل تغییرات بار قابل مشاهده می باشد.

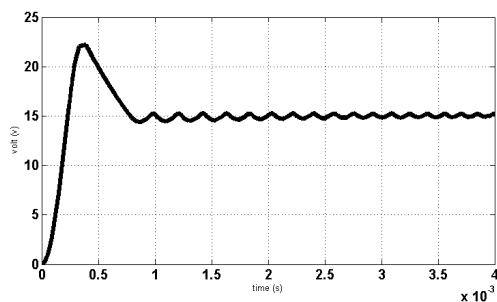


شکل ۳: موج ولتاژ خروجی در مبدل باک

#### ۳-۱ شبیه سازی مبدل باک با کنترلر PI



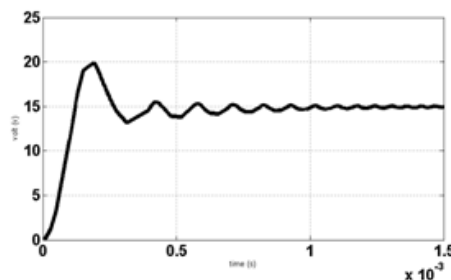
شکل ۴: شبیه سازی مبدل باک با کنترلر PI



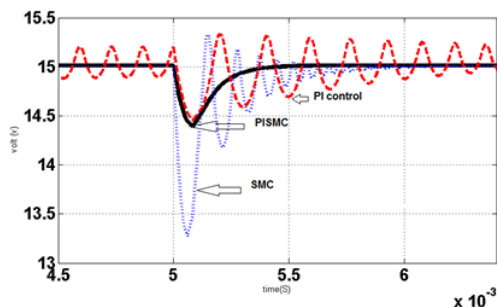
شکل ۵: موج ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلر PI

#### 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].



شکل ۶: موج ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلر SMC



شکل ۹: موج ولتاژ خروجی مبدل باک با کنترلرهای PI و SMC و PISMC 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, ۱۹۸۹.

## 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.