مدلینگ و کنترل فازی ماشین های DC

مرتضی شرفی
MortezaSharafi@gmail.com

محمد حسین فردوسی
HosseinFerdowsi@yahoo.com

اعضای باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد

کلید واژه :

۱- سیستم های کنترلی ۲- ماشین DC ۳- کنترل فازی ۴- مدل ۵- MATLAB ۶ بلاک *NCD* ۷- *Power System Blockset*

چکیده :

ماشین های DC(22kW) صنعتی با کنترلر های فازی شبیه سازی شده است . ۲ مدل خطی و غیر خطی و دو کنترلر PID و فازی مورد تحقیق قرار گرفته اند . کاربرد کنترلر های فازی برای عملکرد ماشین های DC موفقیت آمیز بود .

مقدمه :

از ۲ مدل ریاضی برای یک ماشین DC استفاده شده است . اولین مدل ، ساخت تابع تبدیل خطی کنترلر و موتور DC است و دومین مدل ساخت و استفاده از بلوک های از پیش تعیین شده ی *Power System Blockset* می باشد. کتابخانه فوق یک بخش الحاقی از سیمولینک MATLAB از بخش Math Works می باشد .

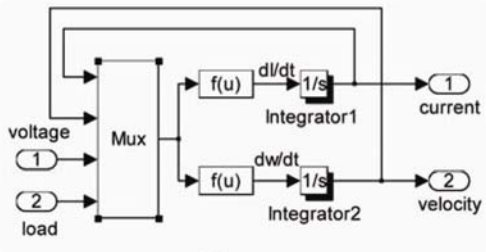
کاربرد منطق فازی و مدل کتابخانه ای *Power System Blockset* به نظر می رسد جدید و نوید دهنده کنترل ماشین های الکتریکی باشد .

مدل خطی ماشین های DC

یک مدل خطی و غیر خطی ماشین DC به کار خواهد رفت .مدل خطی شامل دو بخش است : Converter/rectifier و موتور DC .یک مدل خطی موتور DC (شکل ۱) با استفاده از سیمولینک MATLAB ساخته و شبیه سازی شده است .این شکل دارای دو ورودی (ولتاژ و جریان) و دو خروجی (سرعت زاویه ای موتور و جریان) می باشد.

پارامتر های آن به طور خودکار توسط مقادیر نامی اطلاعات کاتالوگ محاسبه می شود ، این اطلاعات شامل : قدرت موتور ، ولتاژ ، جریان ، سرعت و غیره می باشد .

محاسبات ما خیلی راحت خواهد شد اگر که از مقادیر نامی مقاومت و اندوکتانس برای روتور موتور استفاده کنیم . در غیر اینصورت بدست آوردن ثابت موتور DC و سایر پارامتر های داخلی آن بسیار مشکل است.



شکل ۱) مدل خطی موتور DC (انتخاب زیر سیستم).

$$Gconv = \frac{kp(s)}{Tmip's + 1}$$

که در آن :

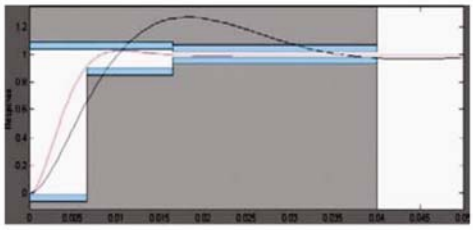
kp : گین Converter/rectifier

$Tmip$: زمان تلف شده Converter/rectifier

زمان تلف شده ($Tmip$) بین صفر تا نصف پریود منبع AC متغیر است (0.01 for 50Hz) . فرض می کنیم که از پل سه فار همراه ۶ تریستور با $Tmip$ ، ۱/۶ میلی ثانیه در مبدل استفاده شده است .

در شکل ۸ یک ماشین DC کلاسیک با دو کنترلر PID نشان داده شده است . درعملگر PI فرض بر این بوده است که از مشتق جریان صرفنظر شده و مشتق جریان فقط بکار می رود. پارامتر های کنترلر جریان از پارامتر های مدل با استفاده از قوانین تقارن ناشی شده است. سپس برای میزان سازی و تنظیم اتوماتیک پارامتر های کنترلر و برای کاهش overshot گذرا از

بلاک های طراحی کنترلر غیر خطی(***Nonlinear Control Design Blockset (NCD)***) استفاده شده است .



شکل ۲

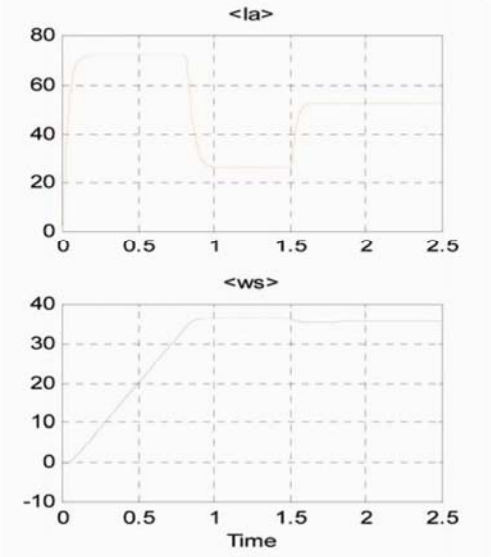
تابع تبدیل ساده جریان موتور بر ولتاژ بکاربرده شده عبارتست از :

$$G_{mot} = \frac{k_{ia}}{T_{a's} + 1}$$

که در آن :

k_{ia}: gain موتور DC

T_a: جریان زمان ثابت آرمیچر

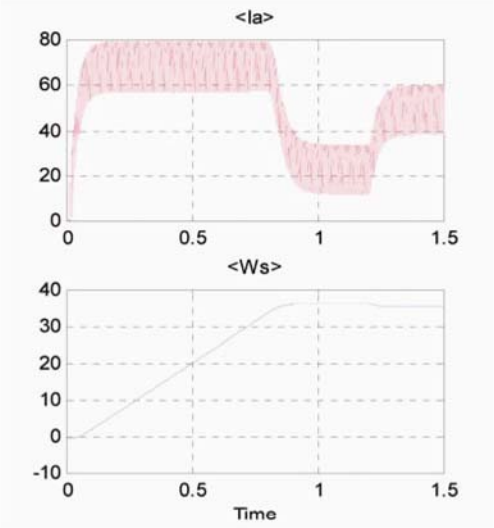


شکل ۳) جریان (قرمز بالایی) و سرعت زاویه ای (آبی پایینی) موتور DC . از سیمولینک و مدل های خطی برای شبیه سازی استفاده شده است .

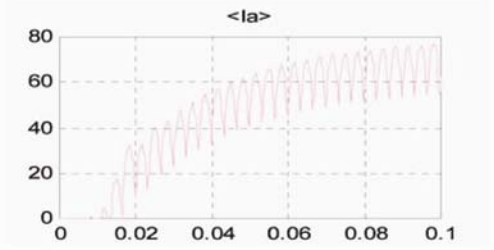
از پروسه مشابهی برای پیدا کردن پارامتر های کنترل سرعت استفاده شد . نتایج شبیه سازی (جریان و سرعت زاویه ای موتور DC) در شکل ۳ نشان داده شده اند . این شبیه سازی اولیه از یک مدل خطی دارای کمترین granularity است . از مولفه AC جریان و جریان کلید زنی پل دیودی صرفنظر شده است .تنها پوشش گذرا در خروجی شبیه سازی دیده می شود .

استفاده از مجموعه بلاک های قدرت برای مدل کردن یک موتور DC .

مجموعه پیشرفته بلاک های خطی و غیر خطی در مجموعه بلاک های قدرت (*Power System Blockset*) یافت می شود .سه منبع AC ، converter سه فاز پالس ژنراتور و موتور DC از کتابخانه MATLAB انتخاب شده است . ازآنها برای فراهم ساختن یک مدل با کیفیت بالا از یک موتور DC با سه فاز یکسو شده استفاده می شود. (شکل ۹) .



شکل ۴) سیگنال جریان شبیه سازی شده (قرمز) و سرعت زاویه ای (آبی) با استفاده ازسیمولینک و *Power System Blockset*



شکل ۵) جزئیات سیگنال جریان شبیه سازی شده با استفاده از سیمولینک و *Power System Blockset* .

پل سه فاز بارها در سیستم کنترلی موتور مورد استفاده قرار گرفته است . ۲ تا از ۶ تریستور در هر لحظه از زمان جریان را هدایت می کنند .به گیت هر یک از تریستور ها یک پالس تازه از جریان بار وارد می شود. بنابراین این یک rectifier یا یک سو کننده ۶ پالس کنترل شده می باشد . یکسو کننده سه فاز قادر است که در ناحیه چهارم به صورت یک اینورتر عمل کند . پدیده الکتریکی پل دیودی و موتور DC کاملا مدل

شده اند. **نتایج شبیه سازی شده (شکل ٤و٥) کـاملا با نتایج اندازه گیری شده واقعی در مدل صـنعتی یکسان است ، اما نتیجه محاسبات کندتر از حالـت خطی است .**

کنترل فازی ماشین های DC

کنترلر فـازی در شـکل ۱۰ نـشان داده شـده اسـت . در مـدل پیـشرفته از مجموعـه بـلاک هـای *Power System Blockset* استفاده شـده اسـت . امـا مـدل تابع تبـدیل مـی توانـد بـرای تنظیم پـارامتر هـای اولیـه کنترلر مفید باشد .

متغیر ها و قواعد زبان شناختی

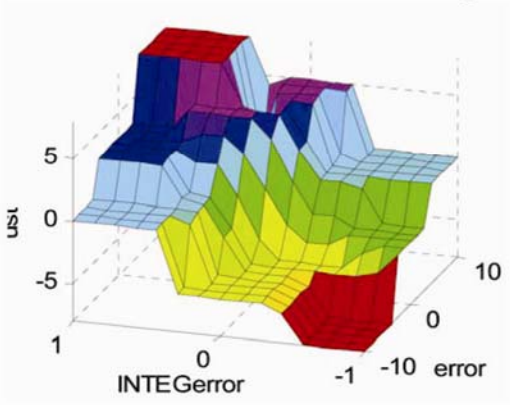
دو متغیر فازی (error & INTEG error) و هفت متغیر زبانی (از منفی بـزرگ تـا مثبـت بـزرگ) وجـود دارد . صفات کنترل فازی عبارتند از :

```
type: 'mamdani'
andMethod: 'prod'
orMethod: 'max'
defuzzMethod: 'centroid'
impMethod: 'prod'
aggMethod: 'max'
input: [1x2 struct]
output: [1x1 struct]
rule: [1x25 struct]
```

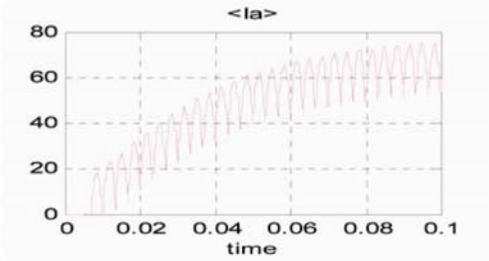
توابع عضویت (pimf و gausmf استفاده شـده انـد) و قوانین ، ابزار طراحی هستند کـه امکـان مـدل کـردن یک سطح کنترلی و مشخصات کنترلـی را مـی دهنـد . بدیهی است کـه اسـتفاده از ایـن صـفات مـی توانـد بـه انجام دقیق تـر معیـار کیفیـت در تمـام حـوزه عملیـاتی منجر شود .

نتیجه :

خروجی شبیه ساز کنترلر فازی ، شبیه خروجی کنترلـر PID است که در شکل ۴ نشان داده شده است ، با این تفاوت که چگونگی عکـس العمـل کنترلـر برپارازیـت های خارجی نشان داده شـده اسـت . بررسـی نـشان داد که حتی کنترل کننده فازی ساده که برای کنترل عمـل تغذیه DC (شکل ۱۰) استفاده می شـود ، خیلـی دقیـق تر و سریع تر از کنترلر PI اسـت .(مقایـسه شـکل ۷ بـا شکل ۸) .



شکل ۶) رویه کنترل فازی



شکل ۷) جزئیات نتایج شبیه سـازی (جریـان موتـور). عکـس العمـل کنترلر فازی سریع تر از PI است . (شکل ۵ را ببینید).

ملاحظات نهایی

مدل تابع تبدیل ساده و پیشرفته بلاک های خطی و غیر خطـی *Power System Blockset* بـرای میـزان سازی و تنظیم سیستم کنترلی موتور DC مفید هستند . مـدل پیـشرفته سـاخته شـده بـا *Power System Blockset* بـرای بررسـی مقـدماتی سیـستم کنترلـی مناسب است . ازمولفه های AC جریان و پدیـده کلیـد زنی پل دیودی صرفنظر نشده اسـت . کنترلـر فـازی در مقایسه با کنترلر PID از طراحی مشکل تروپارامترهای طراحی بیشتری برخوردار است و برای تکمیـل کـردن میزان کیفیت غیـر خطـی و در همـه رنـج عملکـرد هـا مناسب تر است ، (همانطور کـه در شـکل ۶ دیـده مـی شود) و همچنین بـرای کـاربرد در زمـان هـای واقعـی الگـوریتم زمـان گسـسته فـازی ، بوسـیله یـک میکـرو کـامپیوتر DSP یـا چیـپ ASIC مـی توانـد تکمیـل شود، که برای کاربرد های صنعتی مناسب تر است .

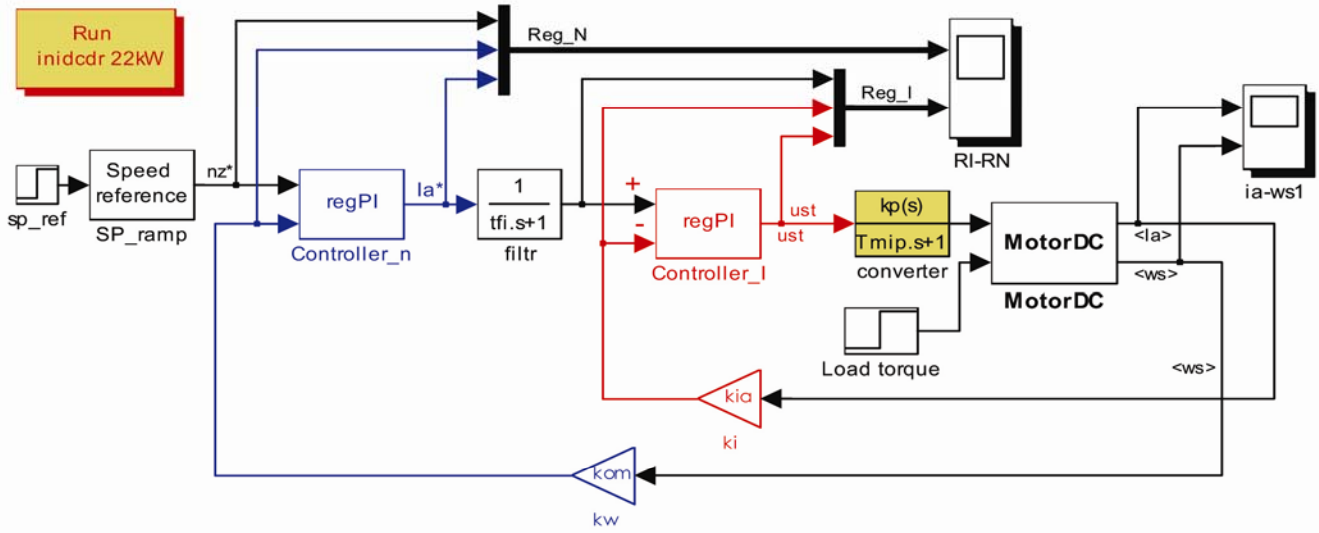


Fig. 8 DC drive with PI controllers in current and velocity loop.
Linear transfer function models are used

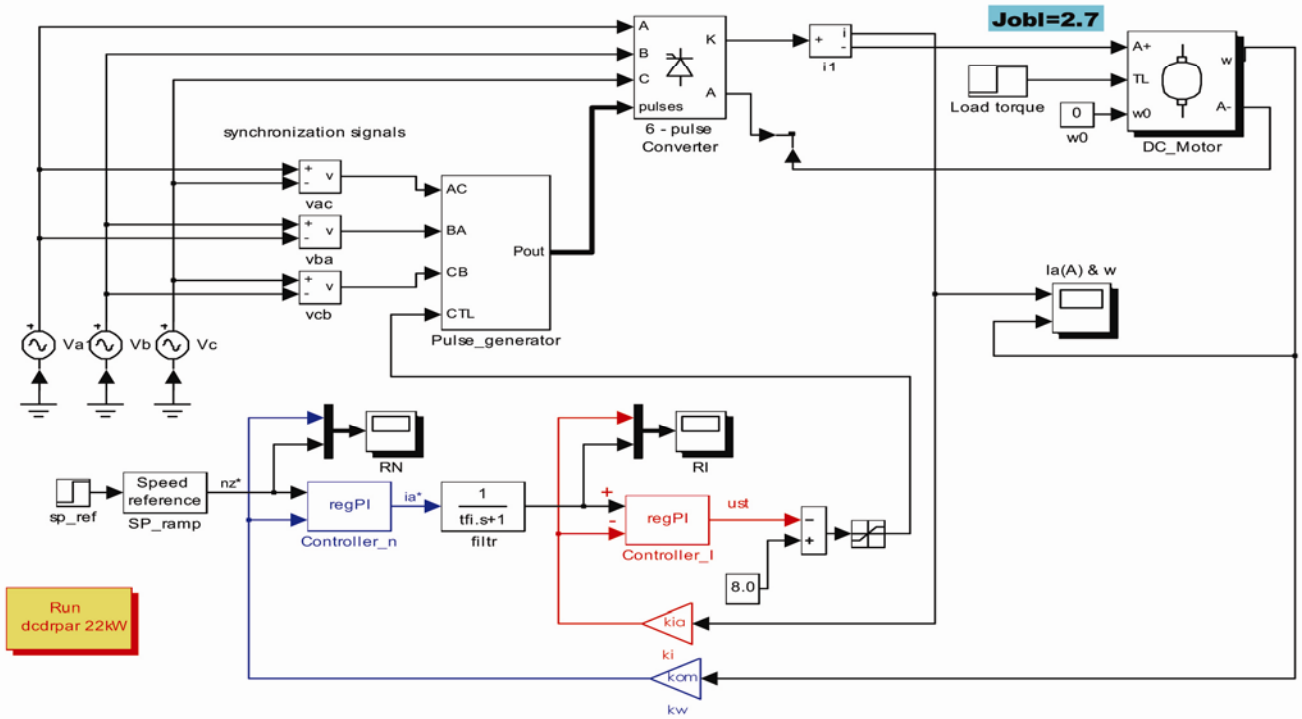


Fig. 9. DC drive with PI controllers in current and velocity loops.
Power System Blockset is used to build advanced drive model (upper part of block diagram)

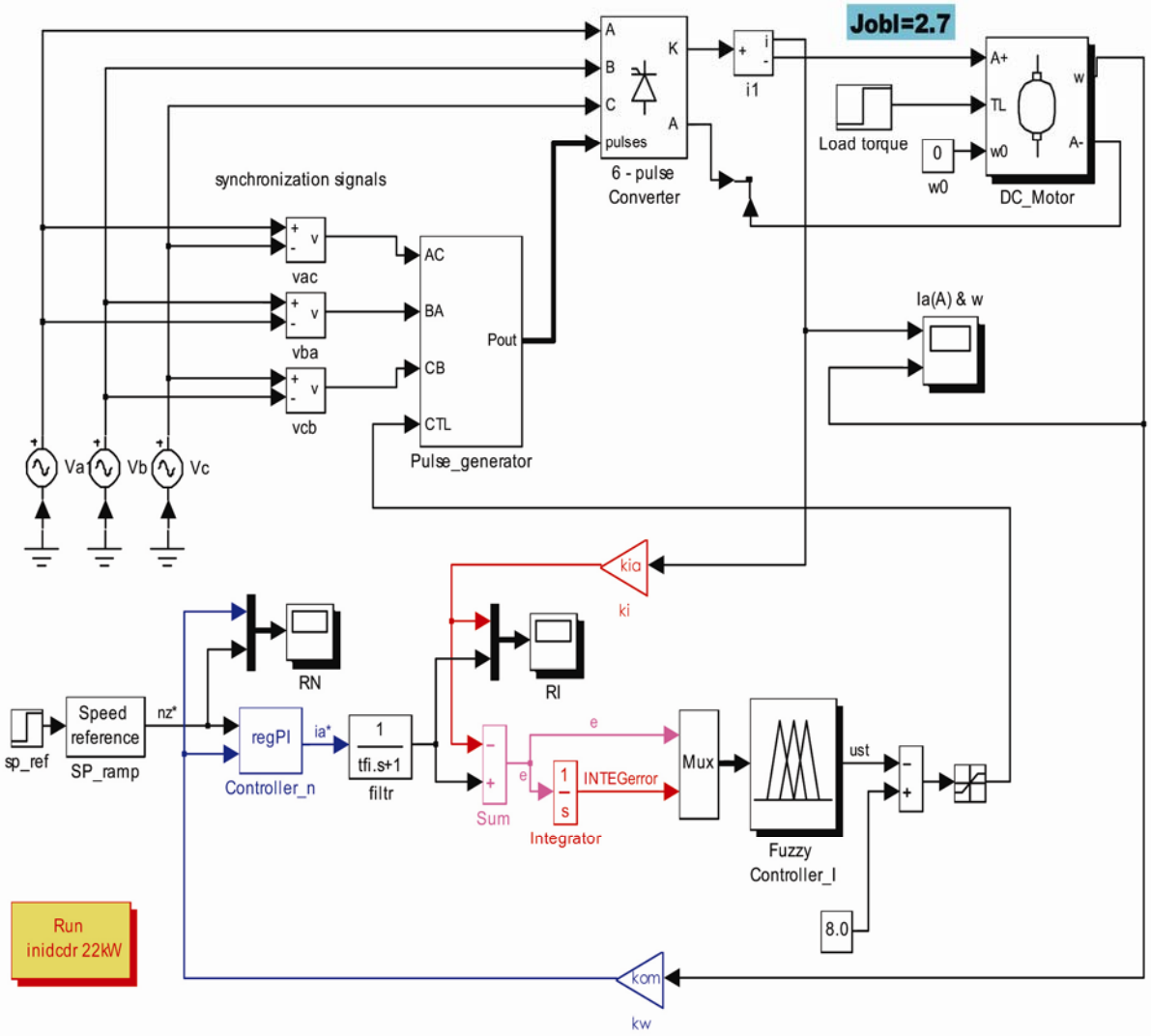


Fig.10. DC drive with fuzzy controller in current loop.
Power System Blockset is used to build advanced drive model (upper part of block diagram)

REFERENCES

1. B. Mrozek, Design and testing control system for DC-drive using Simulink and Power System Blockset (in Polish), 2-nd National Conference Methods and Computer System...,pp 185-190, Kraków, Oct. 1999, Poland.
2. B. Mrozek, Z. Mrozek MATLAB 5.x SIMULINK 2.x User Guide (in Polish); PLJ Warszawa 1998.
3. Devan S.B. et al. Power Semiconductor Drives, J.Wiley&Sons, 1984.
4. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide, The MathWorks, Inc. 1995 – 1998
5. Nonlinear Control Design Blockset User's Guide 1993 - 1997 The MathWorks, Inc.
6. Power System Blockset User's Guide, TEQSIM International Inc., a sublicense of Hydro-Québec, and The MathWorks, Inc. 1984 – 1998.