

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

مدلسازی رله برگشت توان برای حفاظت ژنراتور در سیستم قدرت

ساسان خاتمی

دانشگاه ارومیه، مهاباد shayan.khatami69@gmail.com

چکیده

ابزار مدلسازی برای درک اساس سیستم نیرو، مخصوصاً برای مهندسان مفید می باشد. چنین ابزاری به مهندسان جدید کمک می کند تا سیستم را تحت شرایط نرمال و خطا میزان نمایند. این مقاله مدلسازی و شبیه سازی رله نیروی معکوس دیجیتال در MATLAB/Simulink را ارائه می دهد. مراحل مختلف تبدیل داده ها در دیجیتالی کردن یک سیگنال نیز مطرح شده است. در گذشته، رله های الکترومکانیکی معمولاً استفاده می شدند، امروزه رله های دیجیتالی با سرعت و دقت بالا جایگزین آنها شده اند. عملکرد سریع رله مخصوصاً برای آن دسته از خطاهایی مطلوب است که می توانند منجر به خاموشی سیستم شوند. رله های دیجیتال مزیت های دیگری نیز از جمله چندین تنظیم متغیر و سایز فشرده دارند. در این مقاله عملکرد رله در ژنراتور سنکرون ۱۱ کیلوواتی متصل به ۲۲۰ kV از طریق یک ترانسفورماتور افزایش دهنده تست شد.

واژه های کلیدی

رله برگشت توان ، رله، مدلسازی، رله های دیجیتال.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۱. متن مقاله

رله های محافظ نقش بسیار مهمی در عملکرد ایمن و مطمئن سیستم قدرت دارند. سیستم های نامطمئن یا معیوب می توانند موقعیت را بدتر کرده و منجر به خاموشی سیستم شوند. همه ی شرایط خطا منجر به چنین اوضاعی نمی شوند. خطاهایی که سبب چنین وضعیتی می شوند شامل احتمال وقوع N-1 خط، اضافه بارها، جریان نیروی معکوس ، (از بین رفتن ورودی مکانیکی) و دیگر موارد هستند. یک طرح محافظتی معمولی، ترتیبی از انواع مختلف رله ها مثل اضافه جریان، رله ی اتصال کوتاه، فشار زیاد-کم، رله های فرکانس بالا-کم و موارد دیگر است. در دهه ی ۹۰ اکثر رله ها در سیستم قدرت الکترومکانیکی بودند، بعدها با نیمه رساناها جایگزین شدند. رله های دیجیتالی دارای مزیت سرعت در عملکرد، کوچکی اندازه و قابلیت اطمینان در عملکرد در مورد خطای سیستم قدرت می باشند. همچنین رله مزیتی از جمله حساسیتشان و کنترل بسیار گسترده ارائه می دهند.

ابزار شبیه سازی کمک زیادی مخصوصاً به مهندسان و محققان تازه کار می کند تا با عملکرد واقعی سیستم قدرت آشنا شوند. به عنوان یک محقق، رفتار سیستم را می توان از دیدگاه های مختلفی نگاه کرد و نتایج را می توان دستکاری نمود که در سیستم سالم این امر امکان پذیر نیست. همچنین MATLAB ابزار تحلیلی سیستم قدرت مبنی بر شبیه سازی را برای مهندسان سیستم قدرت پیشنهاد می دهد. هرچند، این ابزار دارای ماژول های رله های محافظ نیستند. در این مقاله طرح رله ی نیروی معکوس دیجیتالی (RPP) در MATLAB/Simulink ایجاد شد. چندین فرآیند دیجیتالی کردن نیز در پردازش سیگنال گنجانیده شده اند. چنین مراحل همچنین در این مقاله مطرح شدند.

۲. رله برگشت توان (ANSI Code-32)

رله های برگشت توان (RPP) بطور معمول در سیستم نیروی مربوط به شناسایی عمل موتور ژنراتور سنکرون مورد استفاده قرار می گیرند. این شرایط بطور طبیعی زمانی رخ می دهد که محرک اصلی (موتور یا توربین) خراب شود، هرچند سیم پیچی میدان همچنان به سیستم محرک متصل است. این امر منجر به عمل موتور می شود و ماشین مثل موتور سنکرون متصل به سیستم نیروی بزرگ رفتار می کند. در چنین شرایطی، توربین ها به بار فعال در آن ماشین تبدیل می شوند. عمل موتور باعث کشش نیرو از سیستم می شود تا محرک اصلی فعال شود و می تواند منجر به آسیب جدی به محرک اصلی شود. این شرایط مناسب نیست و افزایش دمای نامطلوبی در توربین بخار بوجود می آید. بنابراین چنین شرایطی باید فوراً شناسایی شود و GCB باید آزاد شود. موتورهای دیزلی و توربین های گازی کمتر مستعد آسیب دیدگی فوری هستند اما سوخت مصرف نشده ممکن است آتش بگیرد یا خطر انفجار را بوجود بیاورد.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

(جدول ۱: شرایط لازم نیروی معکوس موتور و آسیب های احتمالی نیروی معکوس [6])

Prime Mover	Motoring Power (% of rated)	Possible Damage	Protection Setting
Diesel Engine	5-25	Fire/Explosion due to un-burnt fuel	50 % of motoring
		Mechanical Damage to gearbox/shafts	
Gas Turbine	10-15 (Split Shaft)	Gear box damage	
	>50% (Single Shaft)		
Hydro	0.2-2 (blades of water)	Blade and runner cavitations	
	>2 (blades of water)		
Steam Turbine	0.5-6	Turbine blade damage	
		Explosion due to rise of temperature of steam	
		Gearbox damage on geared sets	

جدول ۱ جزئیات مشکلات بالقوه مربوط به انواع محرک اصلی را از لحاظ محافظت نیروی معکوس (برگشت توان) ارائه می دهد. RPR معمولاً بر روی ۲۰٪ تا ۵۰٪ نیروی موتور مورد نیاز محرک اصلی تنظیم می شود. در اینجا، کلمه ی نیروی موتور به معنی حداقل مقدار نیروی مورد نیاز ژنراتور برای فعالیت محرک اصلی در rpm مجاز می باشد. این داده ها از سازنده ی محرک اصلی بدست آمدند. برای نشان دادن نیروی موتور و تنظیمات رله نیروی معکوس یک مثال در زیر ارائه شد. یک ژنراتور 440MVA را در نظر بگیرید که هیچگونه اتلافات نیروی ژنراتور 1.785 MVA ندارد و زمان مجاز موتور ۱۵ ثانیه می باشد. داده های دیگر لازم شامل موارد زیر است:

بدون اتلاف بار توربین : 1.350 KW

بدون اتلاف بار واحد TG : 3.135 KW

زمان مجاز موتور : 60 ثانیه

ثابت رله : ژنراتور KVA = 1 pu.

تنظیمات مجاز موتور ۳۰٪ است.

برای تنظیمات RPR دو پارامتر از جمله (۱) سطح تریپ نیروی برگشت (۲) تاخیر زمانی را باید محاسبه کرد.

جهت عملکرد ایمن — سطح تریپ نیروی معکوس :

سطح تریپ > بدون اتلاف بار واحد $TG \cdot 0.3$

$= 3.135 \cdot 0.3 = 940.5 \text{ KW}$

پیکاپ = سطح تریپ / ثابت رله

$= 941 / 440 = 0.0021 \text{ pu}$

تنظیمات = -0.0021 pu (924 kW)

تاخیر تریپ نیروی معکوس (برگشت توان)

تاخیر رله > زمان موتوری مجاز

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

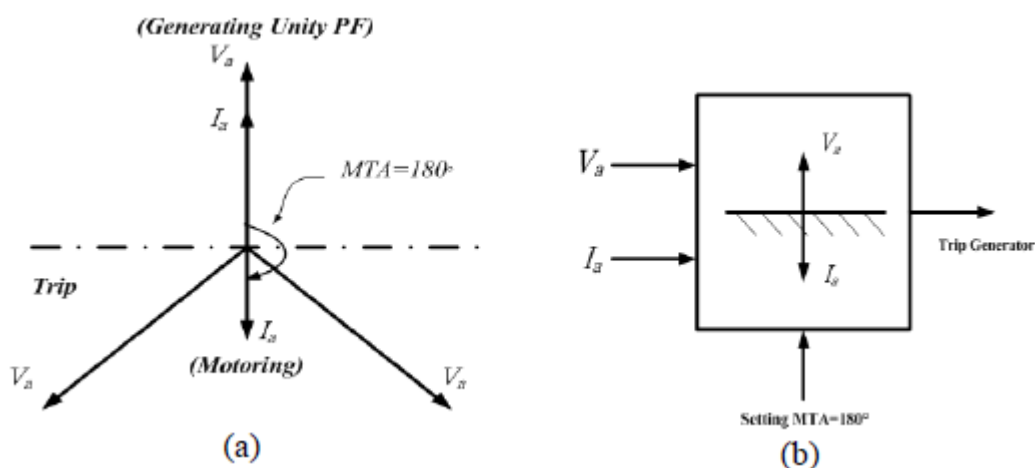
تنظیمات = 750 دور برای سیستم 50Hz (۱۵ ثانیه)

شرایط نیروی معکوس همچنان در طی سنکرونی روی می دهد، هنگامی که فرکانس ماشین که باید سنکرونی شود تاحدی کمتر از فرکانس بار باس است و قطع کننده بسته می باشد. در چنین شرایطی نیرو از بار باس به آن ماشین جریان خواهد یافت. بنابراین در طی سنکرونی، فرکانس ماشین ورودی تاحدی بالاتر از آن بار باس نگه داشته می شود. این تضمین می کند که ماشین به محض اینکه قطع کننده بسته شود بارگیری می کند.

RPR همچنین برای شناسایی جدایی به کار می رود. هرگاه تفاوت میان بار و ژنراتور موجود برای بدست آوردن مقدار محسوسی از تغییرات فرکانس کافی نباشد اما توان فعال به جریانش در شبکه برای تغذیه ی بارهای خارجی ادامه دهد، RPR با UF را می توان برای تشخیص اتلاف منبع شبکه استفاده کرد. کاربردهای دیگر رله ی نیروی معکوس را می توان در [9] مشاهده کرد.

۳. اصول رله ی برگشت توان

یک رله ی برگشت توان، رله ی هدایت کننده ای است که برای تقویت جریان نیرو از ژنراتور (که موازی با ژنراتور یا تجهیزات دیگر عمل می کند) استفاده می شود و در مورد شرایط غیرعادی عملکرد مناسبی را اتخاذ می کند. تحت شرایط غیرعادی، جهت نیرو از بار باس به ژنراتور تغییر می کند. این شرایط بطور طبیعی زمانی رخ می دهد که محرک اصلی از کار بیافتد. نیروی حقیقی حاصل از شبکه در مقایسه با درجه ی ژنراتور کاملاً کوچک است. اگرچه جریان استاتور دستخوش تغییر ۱۸۰ درجه ای می شود که بطور معمول به حداکثر زاویه ی گشتاور (MTA) طبق شکل ۱ برمی گردد. این نشان می دهد که اگر ما رله ی هدایت کننده را با "MTA 180" (با استفاده از مقادیر قراردادی زاویه ی فازی ژنراتور) استفاده کنیم سپس می توان اتلاف محرک اصلی را زمانیکه فازور جریان معکوس شود و به منطقه ی تریپ وارد شود تشخیص داد. هرچند، بزرگی این فازور جریان معکوس در مقایسه با جریان ولتاژ مستقیم بسیار کوچک است چون ژنراتور نیروی حقیقی کاملاً کافی در برابر اتلافات را دریافت می کند و توربین را فعال می نماید. بعلاوه، رله ی هدایت کننده برای تشخیص اتلاف محرک اصلی باید درجه ی بالایی از حساسیت را در مقایسه با رله های هدایت کننده ی به کار رفته در کاربردهای اضافه-جریان داشته باشد.



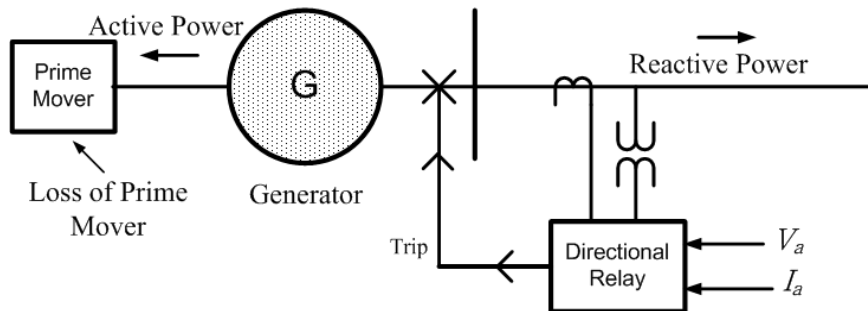
(شکل ۱)

اتصال RPR در سیستم نیرو در شکل ۲ نشان داده شد. برای کاربردهایی که حساسیت محافظتی بهتر از ۳٪ لازم است، طبقه ی اندازه گیری CT باید برای جلوگیری از رفتار محافظتی اشتباه به خاطر خطاهای زاویه ی فازی CT در هنگامیکه ژنراتور سطح قابل توجهی از توان غیرفعال را در نزدیک به ضریب نیروی صفر تامین می کند، به کار گرفته شود. محافظت نیروی معکوس باید با یک تاخیر زمان معین مربوط به عملکرد فراهم شود تا از عملکرد نادرست با چرخش های نیروی انتقالی که موجب سنکرونی متعاقب، یا در صورت یک اختلال سیستم انتقال قدرت می شود جلوگیری کند.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

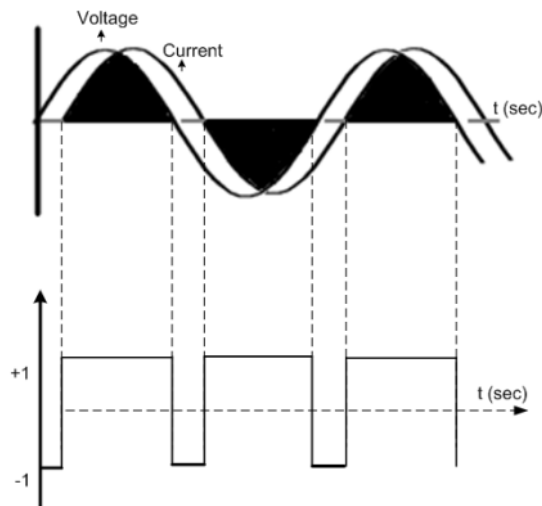
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



(شکل ۲)

اگر زاویه δ بین جریان و ولتاژ در فاز A باشد، سپس تحت مسیر نرمال جریان بار $90^\circ < \delta < -90^\circ$ ، و در مورد جریان نیروی معکوس $270^\circ < \delta < +90^\circ$ خواهند بود. مشاهده می شود که فاصله ی همپوشانی میان ولتاژ و جریان طولانی تر از فاصله ی غیر-همپوشانی شان در طی شرایط نرمال است که در شکل 3a نشان داده شد. اگرچه این همپوشانی تا سطح پایین در مورد جریان نیروی معکوس کاهش می یابد که در شکل 3b مشاهده می شود.

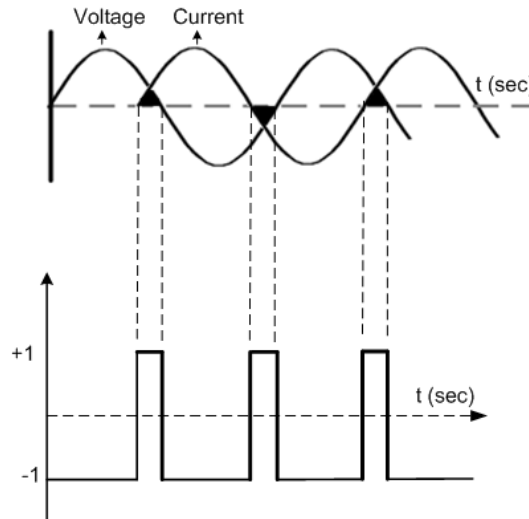


(شکل 3a)

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

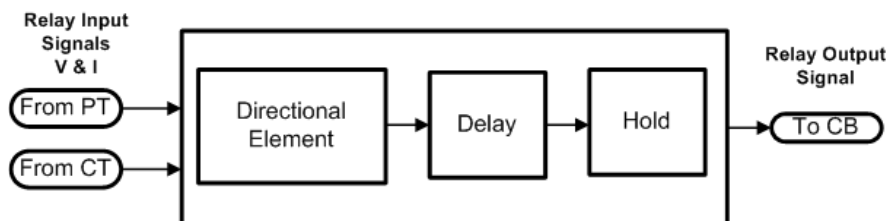


(شکل 3b)

این اختلاف مربوط به فاصله ی همپوشانی تحت شرایط نرمال و جریان نیروی معکوس برای اجرای مولفه ی هدایت کننده ی رله استفاده خواهد شد.

۴. مدلسازی رله ی برگشت توان

برای مدلسازی رله ی برگشت توان، RPR به سه بخش مولفه ی هدایت کننده، مولفه ی تاخیر و قطعه ی نگهدارنده طبق شکل ۴ تقسیم کرد.



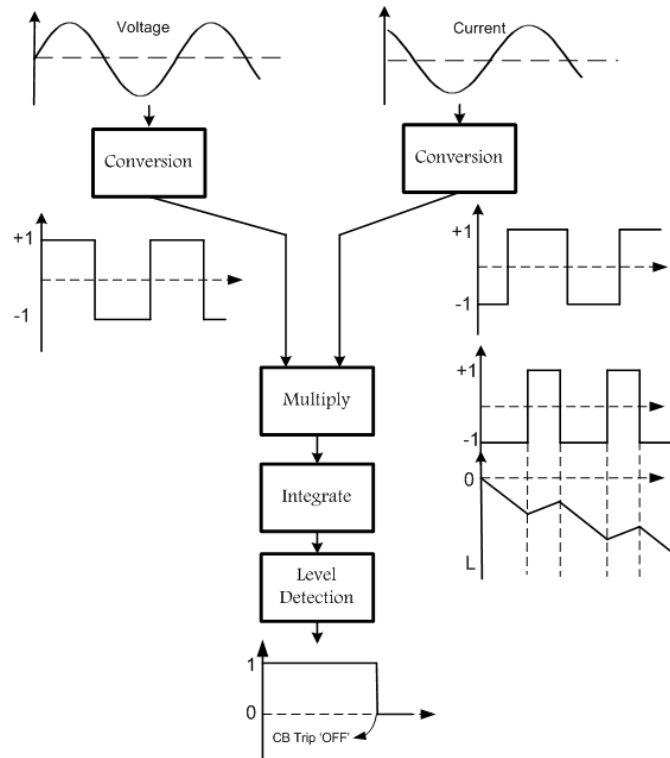
(شکل ۴)

A. مولفه ی هدایت کننده

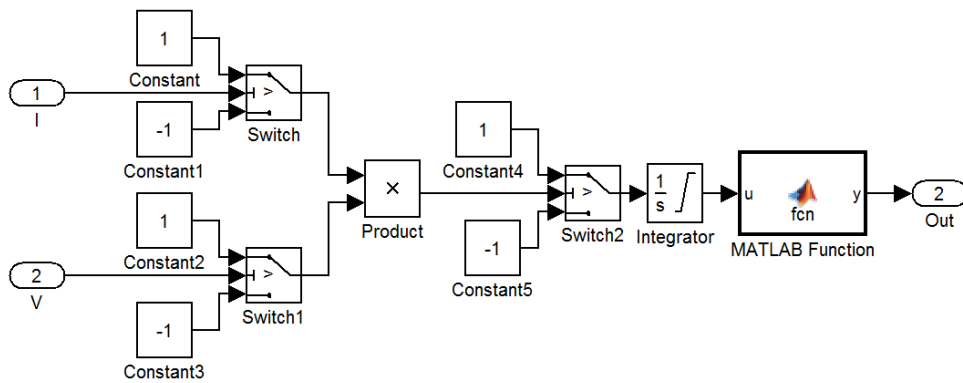
در مولفه ی هدایت کننده، سیگنال های ولتاژ پایین و جریان از سیگنال های CT و PT به شکل موج مربع کامل با مقادیر ± 1 تبدیل می شوند. این دو سطح سیگنال سپس ضرب می شوند تا خروجی '1' را در طی همپوشانی و '-1' را برای فاصله ی غیرهمپوشانی بدست دهند. این حاصل از ۰ تا '-L' انتگرال گیری می شود. حد بالاتر انتگرال گیر در مقدار '0' تنظیم می شود بطوریکه تحت شرایط جریان بار نرمال، انتگرال همیشه کمتر از ۰ می باشد. اگرچه، تحت شرایط جریان نیروی معکوس، خروجی انتگرال تمایل به افت دارد تا به مقدار آستانه 'L' برسد. در این مورد L بر ۰,۰۱ تنظیم می شود، هرچند هر مقداری را می توان بسته به مقدار نیروی معکوس انتخاب کرد. نمودار بلوکی مربوط به اجرای مولفه ی هدایت کننده در شکل ۵ و اجرای آن در Simulink در شکل ۶ ارائه شده اند.

یازدهمین کنگره ملی سراسری
 فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
 11th National Congress of
 the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



(شکل ۵)

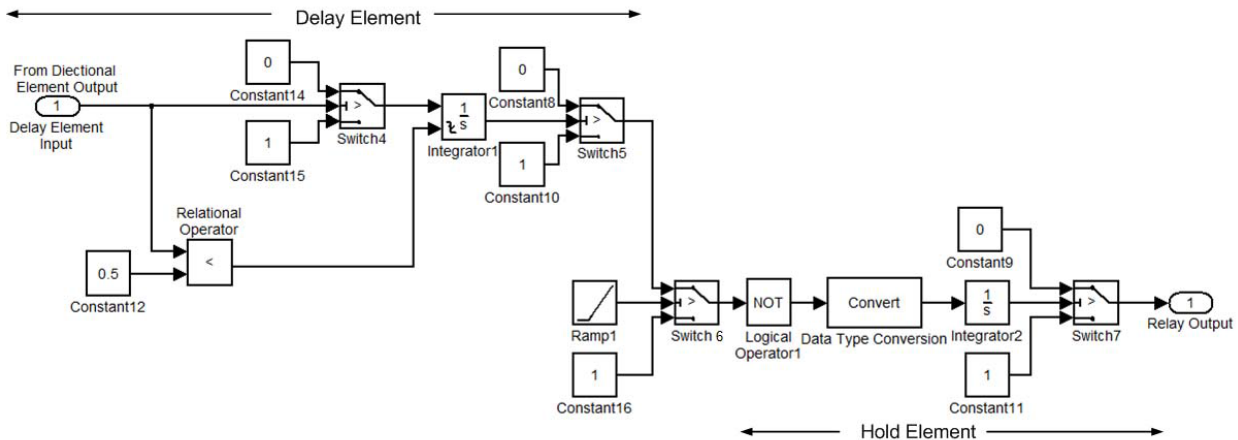


(شکل ۶)

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



(شکل ۷)

B. مولفه ی تاخیر

هدف از مولفه ی تاخیر جلوگیری رله از فرستادن سیگنال تریپ اشتباه به CB در طی انتقال یا شرایط خطای موقتی است. منطق مربوط به اجرای مولفه ی تاخیر در شکل ۷ (سمت چپ) نشان داده شده است.

خروجی مولفه ی هدایت شده (ورودی مولفه ی تاخیر) به یک بلوک تصمیم گیری (سوئیچ ۴) فرستاده می شود که خروجی آن '0' در مورد شرایط نرمال و '1' در مورد غیرنرمال (نیروی معکوس) است. این خروجی در عوض انتگرال گیری می شود. مقدار این انتگرال در مقایسه با سطح آستانه 'T' است که مقدارش برابر با مقدار زمان تاخیر موردنظر می باشد. هنگامی که مقدار انتگرال کمتر از سطح T شود، خروجی مولفه ی تاخیر ۱ خواهد بود که نشانگر شرایط عادی است.

تحت شرایط ثابت، از آنجایی که دریافت ورودی در ژنراتور '0' است، مقدار انتگرال گیری همیشه '0' (کمتر از 'T') خواهد بود، بنابراین خروجی مولفه ی تاخیر متقابلاً ۱ می شود. اگرچه تحت شرایط غیرعادی دائمی، ورودی مربوط به انتگرال گیری '1' خواهد بود و بعد از 'T' ثانیه، مقدار انتگرال فراتر از T خواهد رفت که باعث می شود مولفه ی تاخیر خروجی '0' را تولید کند تا شرایط خطا را نشان دهد. در مورد خطای موقت یا شرایط انتقال که برای کمتر از 'T' ثانیه رخ می دهد، انتگرال گیر بوسیله ی اپراتور رابطه ای هنگامی که خطا از بین می رود، مجدداً بر '0' تنظیم می شود.

C. قطعه ی نگهدارنده

هدف قطعه ی نگهدارنده حفظ حالت ثابت رله پس از آنکه رله دچار تریپ شد، می باشد. این بدان دلیل است که وقتی CB باز می شود، خطا متوقف می شود، که نشان دهنده ی شرایط نرمال است و باعث می شود تا رله دوباره یک سیگنال '1' به CB بفرستد که موجب می شود تا CB مجدداً بسته شود.

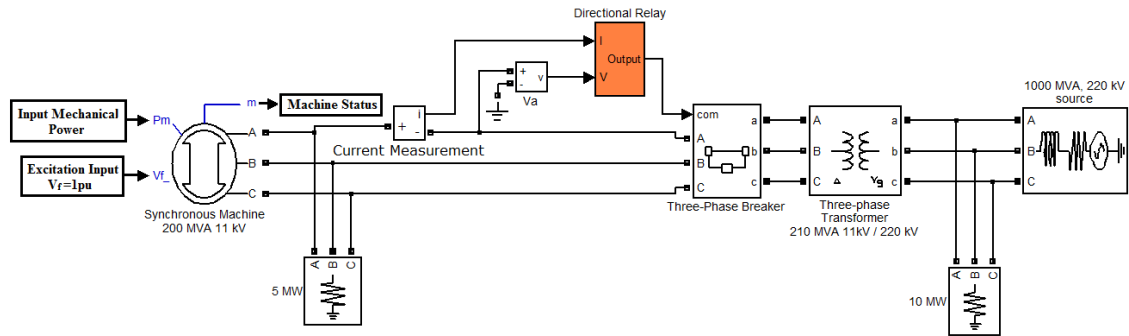
منطق مربوط به اجرای قطعه ی نگهدارنده در شکل ۷ (سمت راست) نشان داده شد. مقدار '0' از قطعه ی نگهدارنده ابتدا معکوس می شود و سپس انتگرال گیری می شود. به محض آنکه مقدار این انتگرال فراتر از مقدار '0' برود، o/p مربوط به قطعه ی نگهدارنده از '1' به '0' تغییر خواهد کرد. هرچند، در اینجا، انتگرال گیر نمی تواند مجدداً راه اندازی شود، از این رو وقتی که انتگرال فراتر از آستانه ی '0' خودش برود، هرگز به آن مقدار قبلیش برنخواهد گشت و بنابراین خروجی قطعه ی نگهدارنده همیشه مقدار '0' خواهد بود.

قطعه ی سوئیچ، مابین مولفه ی نگهدارنده و تاخیر فقط برای جلوگیری رله از تریپ کردن اشتباه در طی دوره ی ناپایداری های آغازی است.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



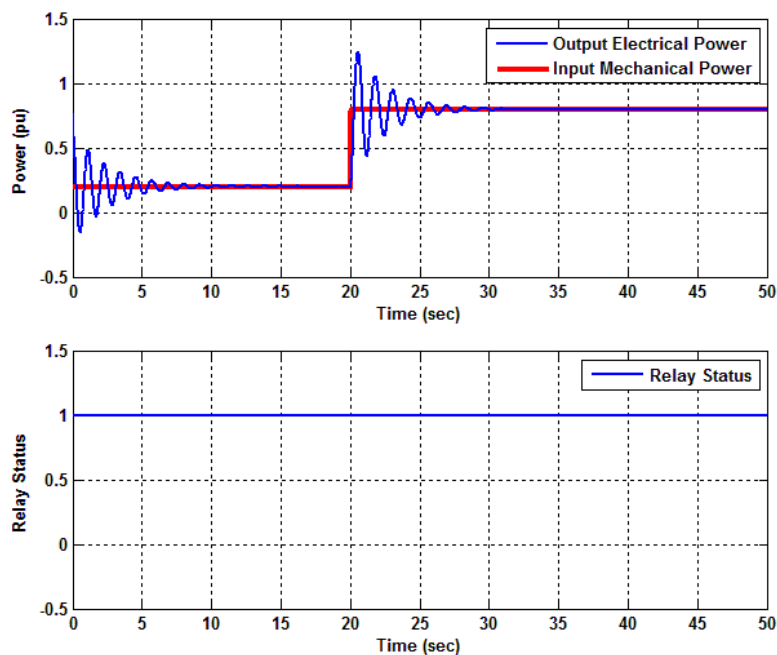
(شکل ۸)

۵. شبیه سازی ها و نتایج

برای تست و شبیه سازی رله ی طراحی شده، یک ماشین سنکرون 200MVA 11kV استفاده شد، که از طریق یک ترانسفورماتور افزایش دهنده 11/220 kV طبق شکل ۸ به شبکه متصل است. جزئیات این سیستم در پیوست ارائه شدند. رله باتوجه به طرح های مختلف مورد تست قرار گرفت. شرایط تست، نتایج و مباحث در زیر آمده اند.

مورد ۱

این یک مورد نرمال است که در آن ورودی مکانیکی به ژنراتور از 0.2pu به 0.8pu ظرف ۲۰ ثانیه تغییر می کند. در این مورد، رله تریپ نمی کند، اگرچه نیروی خروجی در ابتدا حول نقطه ی تعادل نوسان می کند.



(شکل ۹)

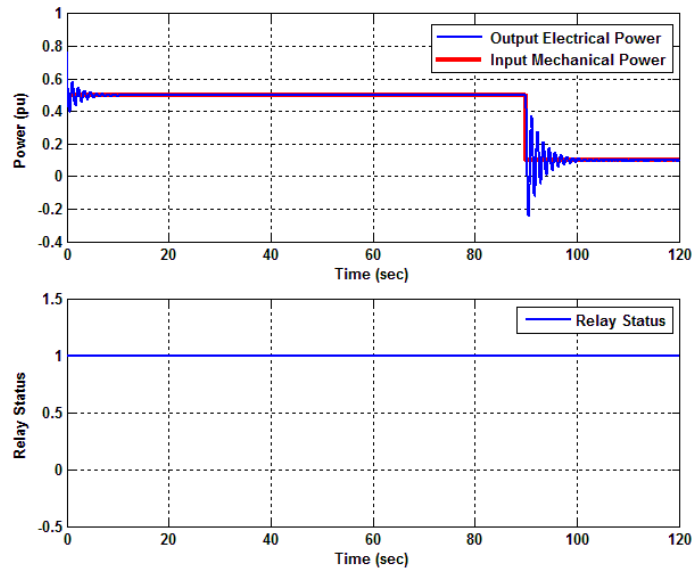
مورد ۲

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

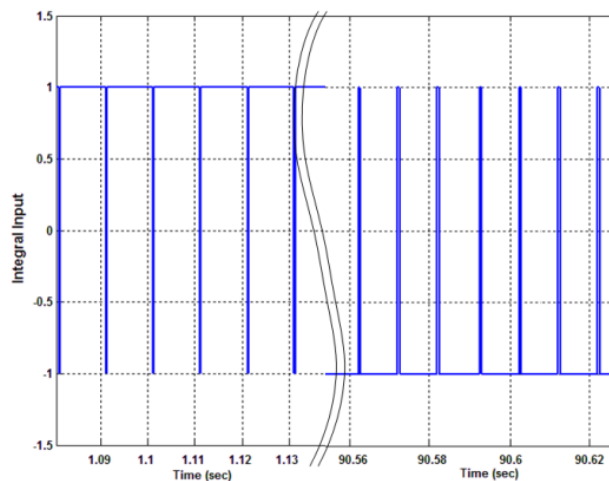
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

در مورد دوم، ورودی مکانیکی به ژنراتور از 0.5pu به 0.1pu طرف ۹۰ ثانیه تغییر می کند. نیروی ورودی/خروجی و وضعیت رله مشاهده و در شکل ۱۰ نشان داده شدند.



(شکل ۱۰)



(شکل ۱۱)

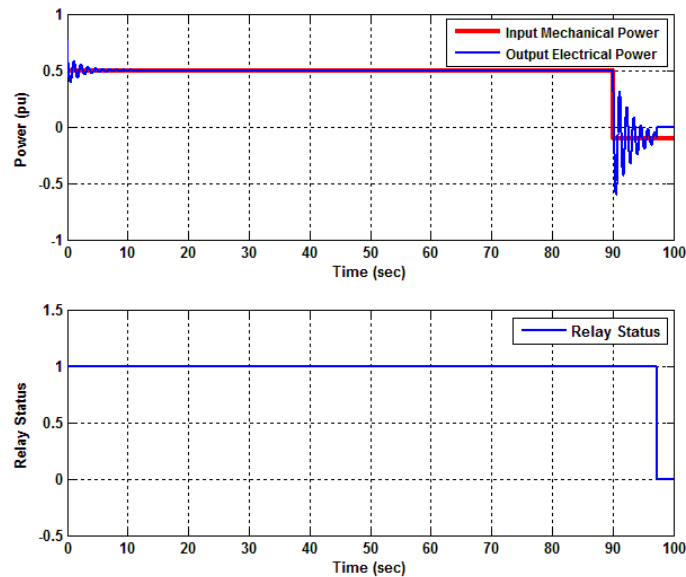
در این مورد، رله تریپ نمی کند. اگرچه در مدت ۹۰ ثانیه، نیروی الکتریکی لحظه به لحظه (-0.2 pu) معکوس می شود. این امر همچنین مثالی از سیستم ثابت می باشد. ورودی انتگرال مولفه ی هدایت کننده در شکل ۱۱ طراحی شد. در اینجا می توان مشاهده نمود که ورودی انتگرال لحظه به لحظه تغییر جهت (-ve) می دهد اما سپس به ثبات (+ve) می رسد. مورد ۳:

در مورد سوم، ورودی مکانیکی به ژنراتور از 0.5pu به 0.1pu در مدت ۹۰ ثانیه تغییر می کند. نیروی ورودی/خروجی و وضعیت رله در شکل ۱۲ نشان داده شد.

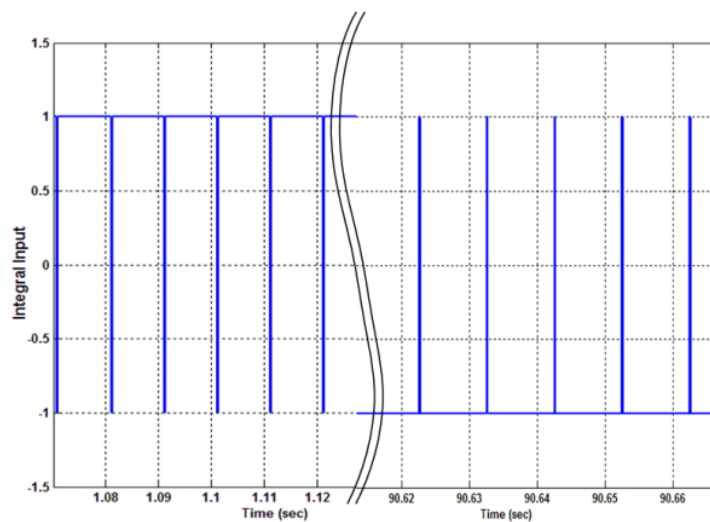
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



(شکل ۱۲)



(شکل ۱۳)

در اینجا می توان مشاهده کرد که رله حدود ۷ ثانیه پس از آنکه خطا در ۹۰ ثانیه رخ داد تریپ می کند. ورودی انتگرال مولفه ی هدایت کننده نیز در شکل ۱۳ طراحی و نشان داده شد. می توان دید که الگوی همپوشانی مطابق با شکل 3b می باشد، بنابراین رله تریپ می کند.

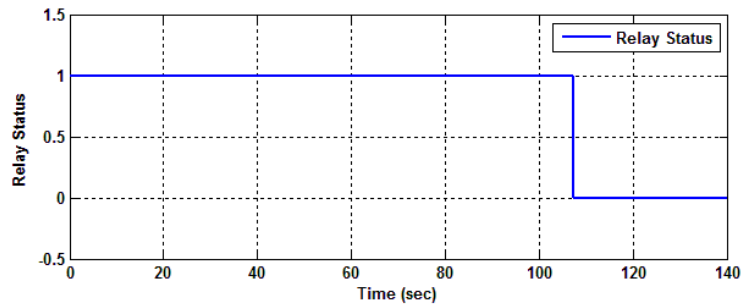
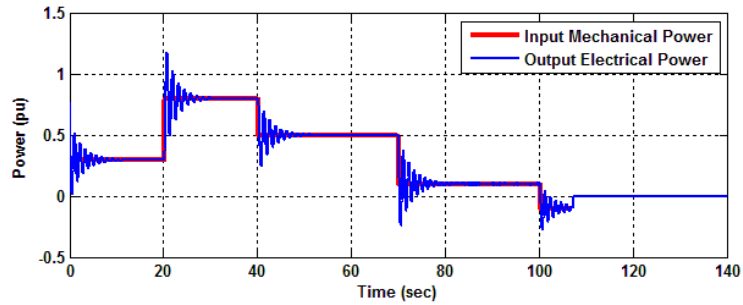
D. مورد ۴:

مورد ۴ یک مورد تجمعی برای نشان دادن عملکرد رله ی برگشت توان تحت شرایط مختلف است. تغییرات ورودی مکانیکی نسبت به ژنراتور بارها از ۰ تا ۱۴۰ ثانیه تغییر می کنند.

از شکل ۱۴ می توان فهمید که این سیستم در طول تمام ناپایداری های مکانیکی بطور ایمن کار می کند و بطور مطمئن ژنراتور را در ۱۰۷ ثانیه جدا می کند وقتی که اتلاف ورودی مکانیکی رخ دهد.

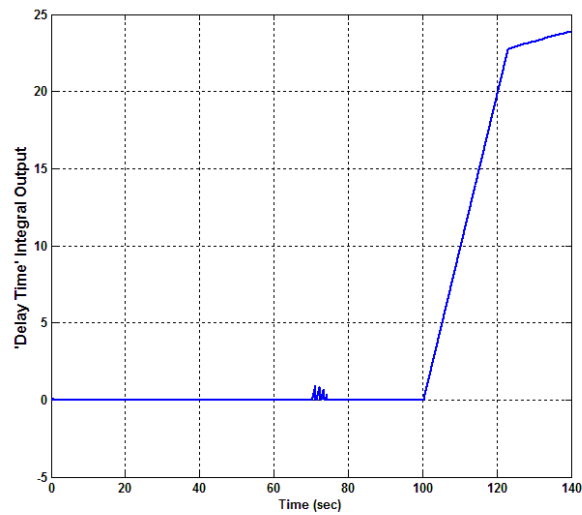
یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



(شکل ۱۴)

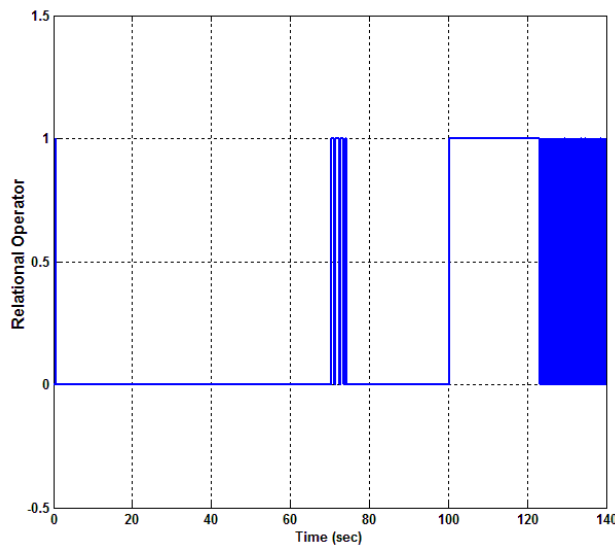
خروجی انتگرال زمان تاخیر (انتگرال در شکل ۷) در شکل 15a نشان داده شد.



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



(شکل ۱۵)

شکل 15b مدت ناپایداری ها در مدت ۷۰ ثانیه را نشان می دهد، خروجی انتگرال لحظه به لحظه افزایش می یابد که بوسیله ی اپراتور رابطه ای مجدداً راه اندازی می شود. این امر موجب عملکرد مطمئن رله در هر زمان می شود.

۶. نتیجه گیری

این مقاله، مدلسازی و شبیه سازی رله های برگشت توان دیجیتال را با استفاده از MATLAB/SIMULINK ارائه می دهد. مدل رله ی پیشنهادی با در نظر گرفتن مثال های مختلف به عنوان مطالعه ی موردی نشان داده شدند. فرایند دیجیتالی نیز بطور مفصل مطرح شد. در مقایسه با دیگر مدل رله ی نیروی موجود در نرم افزارهای سیستم نیروی موجود، MATLAB مزیتی مثل انعطاف پذیریشان را ارائه می کند. محققان می توانند پارامترهای تست کردن و نیز طراحی رله را اصلاح نمایند. این مدل ها به منابع آنلاین MATLAB ارتباط دارند تا ابزار سیستم نیرویشان را پشتیبانی نمایند. مدل کامل همراه با مطالعه ی موردی را می توان در [12] یافت. این مدل ها به مهندسان تازه کار کمک می کنند تا مهارت های تحلیلی را ارتقاء دهند و رفتار سیستم را تحت شرایط نرمال و ناپایدار تصور نمایند.

فهرست منابع مورد استفاده فارسی:

۱. شب نورد، حمیدرضا؛ عبدالرضا توکلی و حامد حسن زاده، "بهبود حفاظت در مقابل تغییرات جهت توان در ژنراتور سنکرون متصل به سیستم الکتریکی قدرت توسط رله توان معکوس دیجیتال". اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی برق و کامپیوتر ۱۳۹۵

فهرست منابع مورد استفاده لاتین:

- 1.Pathinkar, Y.G. and Bhide, S.R., "Fundamentals of Power System Protection", PHI Learning Pvt. Limited (2008)

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

2. Hamid Yaghabi, "Fast predictive technique for reverse power detection in synchronous generator", *Electric Power Applications IET*, vol. 12, no. 4, pp. 508-517, 2018.
3. Shahinur Rahman, Haneen Aburub, Masood Moghaddami, Arif I. Sarwat, "Reverse Power Flow Protection in Grid Connected PV Systems", *SoutheastCon 2018*, pp. 1-5, 2018.
4. Digambar R. Bhise, Ravishankar S. Kankale, Saurabh Jadhao: 'Impact of distributed generation on protection of power system', International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA), 2013.
5. C. Buque, S. Chowdhury, S.P. Chowdhury, "Modelling and simulation of reverse power relay for loss of mains protection of distributed generation in microgrids", *Power and Energy Society General Meeting (PES) 2013 IEEE*, pp. 1-5, 2013.
6. Mehdi Samami, Milad Niaz Azari, "Novel fast and secure approach for reverse power protection in synchronous generators", *Electric Power Applications IET*, vol. 13, no. 12, pp. 2128-2138, 2019.
7. Hiroyuki Hatta, Masahiro Asari, Hiromu Kobayashi: 'Study of Energy Management for decreasing reverse power flow from photovoltaic power systems', IEEE PES/IAS Conference on Sustainable Alternative Energy (SAE), 2009.
8. Shelke, Gunjan J. and Y. Shahakar. "A Methodology for Power System Protection Using Digital Relay." (2013).
9. Aman, M. M. et al. "Digital directional and non-directional over current relays: modelling and performance analysis." (2011).
10. K. C. Behrendt, "Relay-to-Relay Digital Logic Communication for Line Protection, Monitoring, and Control," proceedings of the 23rd Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 1996.
11. L. C. Gross, L. S. Anderson, and R. C. Young, "Avoid Generator and System Damage Due to a Slow Synchronizing Breaker," proceedings of the 24th Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 1997.
12. Vahidi, B. and Esmaeeli, E., "MATLAB-SIMULINK-based simulation for digital differential relay protection of power transformer for educational purpose". Computer Applications in Engineering Education 2019.

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

