

**به نام خداوند بخشنده و مهربان**

**Analysis of DVR Effect on Relay Protection**

**بررسی اثر DVR بر روی حفاظت رله**

**تهیه کننده :**

**استاد :**

**زمستان ۹۲**

## چکیده:

در این مقاله از توانایی **DVR** در برابر حفاظت رله بحث می شود. همچنین اصول اساسی جبران کننده، مدار اصلی و راه حل کنترل **DVR** توضیح داده می شود. روش کنترل جدیدی که مبتنی بر اندازه گیری ولتاژ بوده و نیازی به سنجش توان راکتیو ندارد. سپس سیستم نمونه توزیع متشکل از بارهای مختلف بیان می شود. در ضمن خطای اتصال کوتاه سه فاز متقارن در یکی از باس ها ایجاد می شود.

از نرم افزار **PSCAD/EMTDC** برای آنالیز مشخصات دینامیکی و حفاظت سیستم قدرت در لحظه وقوع خطا استفاده شده است.

سپس حفاظت **Time delay Instantaneous over current**، **Instantaneous over current** و **Definite time over current** در سیستم فوق ایجاد می شود. همچنین منطق عملکرد حفاظت رله در سیستم توزیع با استفاده از **DVR** آنالیز می شود.

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که کنترل کننده ولتاژ **DVR** می تواند کارایی پایداری برای ولتاژ داشته باشد و جریان خطا را کاهش بدهد، اما این مزیت قدرت انتخاب (**selectivity**) رله را بهم می زند و عملکرد اشتباه رله را منجر می شود. برای حل این مشکل یک طرح حفاظت ۵ مرحله ای ارائه شده است. در پایان نتایج شبیه سازی دینامیکی، طرح ارائه شده را تصدیق می کند.

## کلمات کلیدی:

رله و حفاظت دیجیتال، رله و حفاظت پیشرفته، سیستم توزیع، نرم افزار **EMTDC/PSCAD**، طرح حفاظت ۵ مرحله ای، بازیاب دینامیکی ولتاژ (**DVR**)

## مقدمه :

دهه اخیر شاهد گسترش تجهیزاتی بوده است که حساسیت بالایی به کیفیت برق منبع دارند. مصرف کنندگان بزرگ صنعتی گزارش های زیادی را مبنی بر ضررهای اقتصادی کلان ارائه داده اند که در نتیجه کاهش مقداری جزئی در کیفیت برق شبکه ایجاد شده اند.

بنابراین تلاشهای زیادی برای جلوگیری از این ضررهای مادی انجام شده است که از جدیدترین راه حلها استفاده از تکنولوژی ساخت ادوات الکترونیک قدرت برای کنترل سیستم قدرت می باشد. یک سری از این تجهیزات با نام ادوات FACTS<sup>۱</sup> شناخته می شوند که برای حل مسائل مربوط به سیستمهای انتقال و تداوم پخش توان مورد استفاده می باشند.

در حال حاضر رنج وسیعی از کنترل کننده های انعطاف پذیر که با ادوات الکترونیک قدرت ساخته می شوند، برای کاربرد در سیستم قدرت وجود دارند. در این میان بازیاب دینامیکی ولتاژ (DVR)<sup>۲</sup> که بر اساس کار VSC<sup>۳</sup> طراحی شده است.

در این مقاله از برای انجام مدلسازی و تحلیل این کنترل کننده ها در رنج وسیعی از شرایط کار سیستم استفاده شده است. نسخه گرافیکی نرم افزار PSCAD/EMTDC این قابلیت را ایجاد نموده است که به صورت ابزاری کنترل کننده های PWM<sup>۴</sup> برای کنترل کردن DVR ایجاد شود.

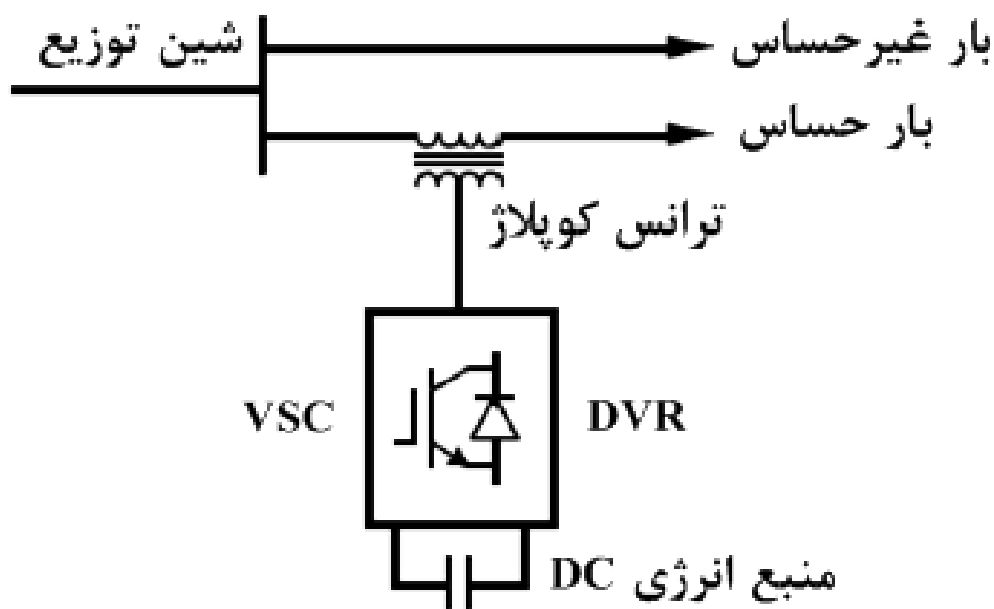
---

Flexible AC Transmission Systems -<sup>۱</sup>  
Dynamic Voltage Restorer -<sup>۲</sup>  
Voltage Source Converter -<sup>۳</sup>  
Pulse Width Modulation -<sup>۴</sup>

مزیت این روش کنترل در آن است که فقط اندازه گیری ولتاژ لازم بوده و نیازی به اندازه گیری توان راکتیو نمی باشد. برای DVR اثرات ناشی از بروز خطا در سیستم برای یک بار حساس و کنترل افت ولتاژ مورد تحلیل و شبیه سازی قرار گرفته است.

### معرفی DVR :

DVR وسیله ای قدرتمند می باشد که اغلب برای حذف افت ولتاژهای ناگهانی در نقطه اتصال بار به کار می رود. در DVR ترانس کوپلاژ بصورت سری با سیستم AC وصل می شود. ساختار اتصال یک DVR به شبکه در شکل (۱) دیده می شود. VSC ولتاژهای سه فاز AC خروجی را که فاز و دامنه آن قابل کنترل می باشد، تولید می کند. این ولتاژها به شبکه AC تزریق می شوند تا ولتاژ بار را در مقدار مرجعی که قبلاً تعیین شده است، نگه دارند.



ساختار اتصال DVR به یک شبکه

## ۱-۱ - سیستم کنترلی PWM سینوسی

در این قسمت به توضیح نحوه عملکرد سیستم کنترلی مبتنی بر PWM سینوسی پرداخته می شود که در DVR مورد استفاده قرار گرفته است. عمل سیستم کنترل در واقع ثابت نگه داشتن دامنه ولتاژ در مواقع نوسانات سیستم در نقطه ای است که بارهای حساس به سیستم متصل می باشند. سیستم کنترل فقط rms ولتاژ را در نقطه اتصال بار اندازه گیری می کند. یعنی اندازه گیری توان راکتیو لازم نمی باشد. استراتژی کلیدزنی در VSC بر اساس روش PWM سینوسی می باشد که در عین سادگی پاسخ مناسبی می دهد. بخاطر اینکه شبکه توزیع دارای ولتاژ نسبتاً پایینی می باشد، روشهای PWM گزینه های انعطاف پذیر تری در مقایسه با روشهای کلید زنی با فرکانس اصلی (FFS) ۵ که اغلب در ادوات FACTC استفاده می شوند، می باشند. از طرف دیگر فرکانسهای کلید زنی بالا می تواند در بهبود راندمان کلی مبدل مفید باشد.

در شکل (۲)، سیستم مورد آزمایش برای کنترل کردن DVR بصورت شماتیک در نرم افزار PSCAD/EMTDC آورده شده است. سیستم کنترل زاویه ولتاژ را به این صورت کنترل می کند که ولتاژ مبنا با ولتاژ rms اندازه گیری شده در نقطه اتصال بار مقایسه شده و سیگنال خطا بدست می آید.

این سیگنال بعد از عبور از یک کنترل کننده **PI** زاویه  $\delta$  را که برای رساندن خطا به صفر مورد نیاز است، تولید می کند. در این حالت **rms** ولتاژ بار به مقدار مینا بازگردانده می شود.

در سیستم کنترل کننده **PWM**، مدولاسیون فاز در سیگنال کنترل **Vcontrol** با استفاده از زاویه  $\delta$  انجام می شود. سیگنال مدوله شده **Vcontrol** با یک سیگنال مثلثی (**Carrier**) مقایسه شده و سیگنالهای کلید زنی را برای سویچهای **VSC** تولید می کند. ضریب مدولاسیون دامنه سیگنال **Vcontrol (ma)** و ضریب مدولاسیون فرکانس سیگنال مثلثی (**mf**) پارامترهای اصلی ساختمان **PWM** سینوسی می باشند.

ضریب دامنه در اینجا در مقدار **pu** ثابت نگه داشته شده است تا بتوان در خروجی کنترلر بیشترین دامنه ولتاژ اصلی را تولید کرد. فرکانس کلید زنی روی **450 HZ** تنظیم شده است یعنی  $mf = 9$ . باید توجه کرد که در این مقاله، سیستم و شرایط کار آن کاملاً متقارن فرض شده است.

زاویه  $\delta$  به فاز **a** در سیستم تولید کننده **PWM** اعمال می شود و زوایای فازهای **b** و **c** به ترتیب با  $120^\circ$  و  $240^\circ$  درجه شیفت تولید می شوند. از شکل (۲) برآمی می توان مشاهده کرد که روش کنترل بسیار ساده بوده و فقط از اندازه های ولتاژ برای متغیر فیدبک در ساختار کنترلی استفاده می شود. سرعت پاسخ و مقاوم بودن سیستم کنترلی در نتایج شبیه سازی دیده می شود. سبک شبیه سازی های مختلفی می تواند برای مطالعه عملکرد **DVR** انجام شود.

مطابق انتظار برای اینکه **DVR** ها بتوانند سطوح بالاتری از افت ولتاژ را جبران کنند به مقادیر بالاتری در منبع **DC** نیاز دارند. در این میان فاصله بین محل اتفاق افتادن عیب و محل قرا گرفتن ترانسهای کوپلاژ **DVR** در میزان تاثیر آن در حذف افت ولتاژها موثر خواهد بود.

در این شبیه سازی برای بدترین حالت یعنی عیب در نزدیک ترین نقطه به بار مورد نظر مطالعه انجام شده است.

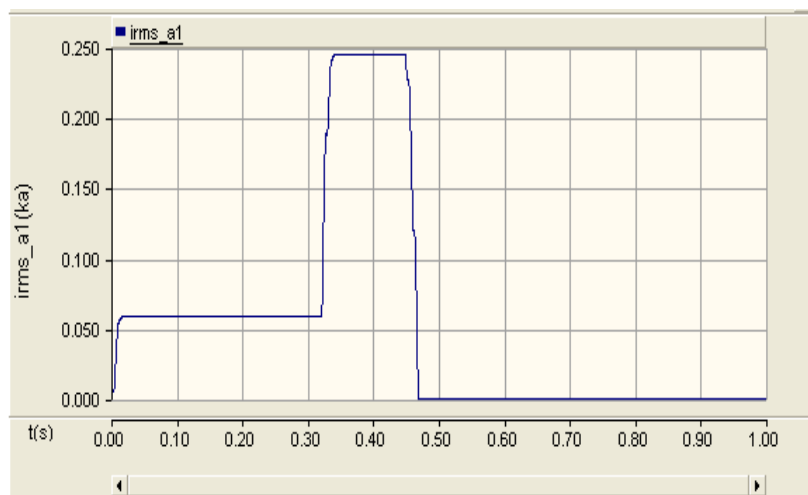
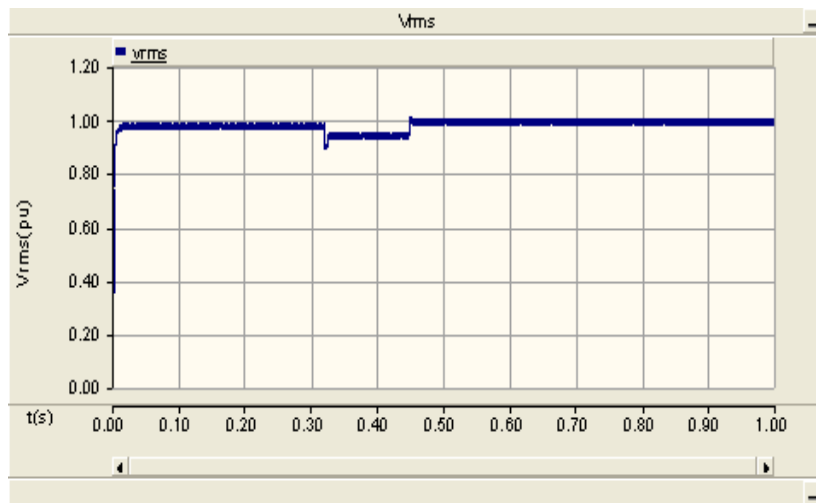
LOAD	type	P and COS $\theta$
$P_1$	RL	۰.۵MW , ۰.۹۵
$P_2$	RL	۰.۵MW , ۰.۸۵
$P_3$	RL	۴MW , ۰.۸۵
$P_4$	R	۱.۵MW , ۱.۰
$P_5$	RL	۱.۵MW , ۰.۸۵

ولتاژ منبع: ۲۳۰KV & مشخصات ترانس: ۲۳۰/۱۳.۲KV, ۱۵MVA &  
خطای اتصال کوتاه سه فاز :  $R=۱۲\Omega$

جدول (۱): مشخصات شبکه توزیع

۱- سیستم بدون DVR- تنظیمات رله مربوط به بریکر b5 (فایل شماره ۱ شبیه سازی)

Over current limit	۰.۲۴۱۳KA
Delay time	۰.۱۱S
R مقاومت خطا	۲۶ $\Omega$
زمان اعمال خطا	۰.۳۲S
مدت زمان اعمال خطا	۳S

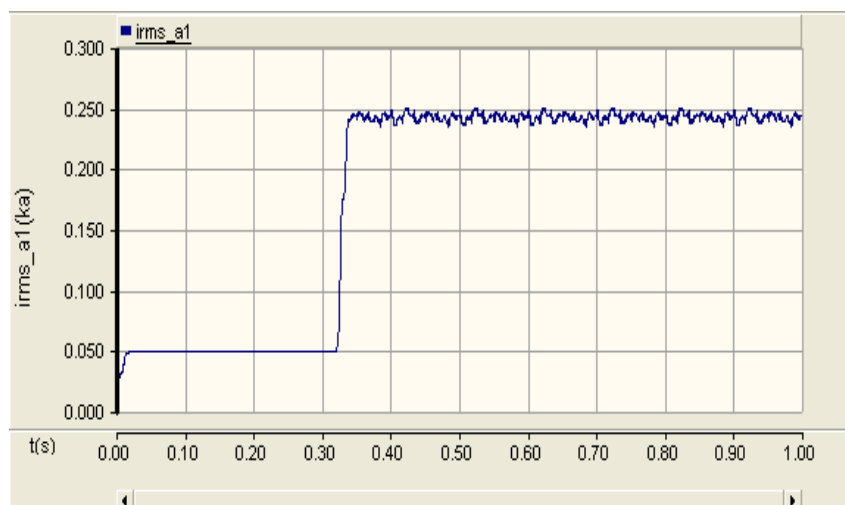
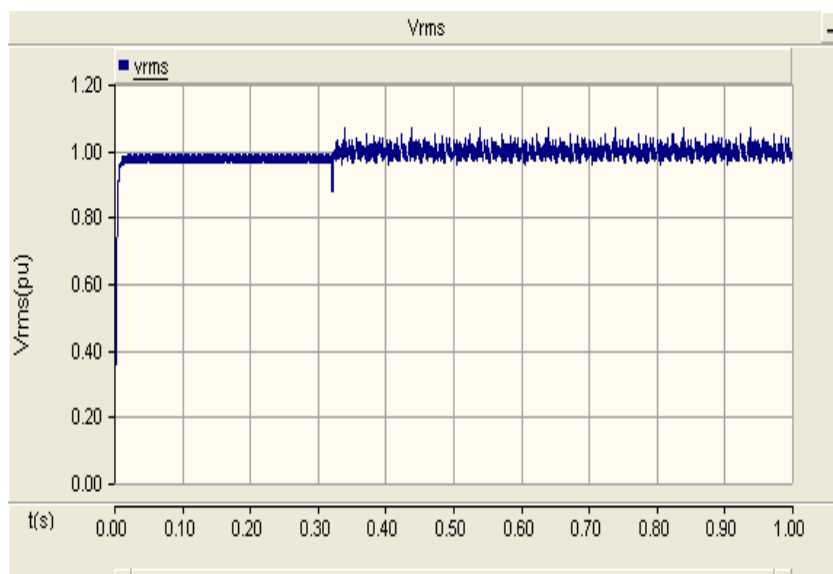


تنظیمات رله در سیستم بدون حضور DVR

۲- سیستم با DVR - تنظیمات رله مربوط به بریکر b5 (فایل شماره ۲ شبیه سازی)

Over current limit	۰.۲۴۱۳K A
Delay time	۰.۱۱S
R مقاومت خطا	۲۶Ω
زمان اعمال خطا	۰.۳۲S
مدت زمان اعمال خطا	۳S





### تنظیمات رله در سیستم با حضور DVR

با کمی دقت در اشکال فوق مشاهده می شود که در حالت اول (بدون DVR) به علت وجود خطا، ولتاژ از ۰.۳۲ تا ۰.۴۳ ثانیه افت پیدا کرده و رله طبق زمان تنظیم شده اش عمل می کند.

اما در حالت دوم (با DVR) با وجود همان شرایط خطا، به علت جبران ولتاژ توسط DVR جریان موثر عبوری از ۵b کمتر از setting رله مربوطه شده، رله عمل نمی کند.

برای حل این مشکل بایستی از طرح ارائه شده استفاده کرد. برای حل این مشکل دو حفاظت برای ناحیه ۱، یعنی حفاظت مربوط به بریکر b۵ و سه حفاظت برای ناحیه ۲، یعنی حفاظت مربوط به بریکر b۳ در نظر می گیریم.

حال تنظیمات را مطابق زیر انجام میدهم:

ناحیه ۱

قسمت اول: sensitive:  $I_{OP}^1 = K_{REL}^1 * I_{K2MAX}^3$

$K_{REL}^1 = 0.8 - 0.9$  ضریب اطمینان

$I_{K2MAX}^3 =$  جریان خطای سه فاز در انتهای خط انتقال تحت شرایط عملکرد ماکزیمم

که در اینجا  $I_{OP}^1 = 0.4867 KA$

قسمت دوم insensitive

مانند فرمول اول ولی با  $K_{REL}^1 = 1.3 - 1.4$  ضریب اطمینان

که در اینجا  $I_{OP}^1 = 0.7445 KA$

ناحیه ۲: sensitive:  $I_{OP1}^2 = K_{REL}^2 I_{OP2}^1$

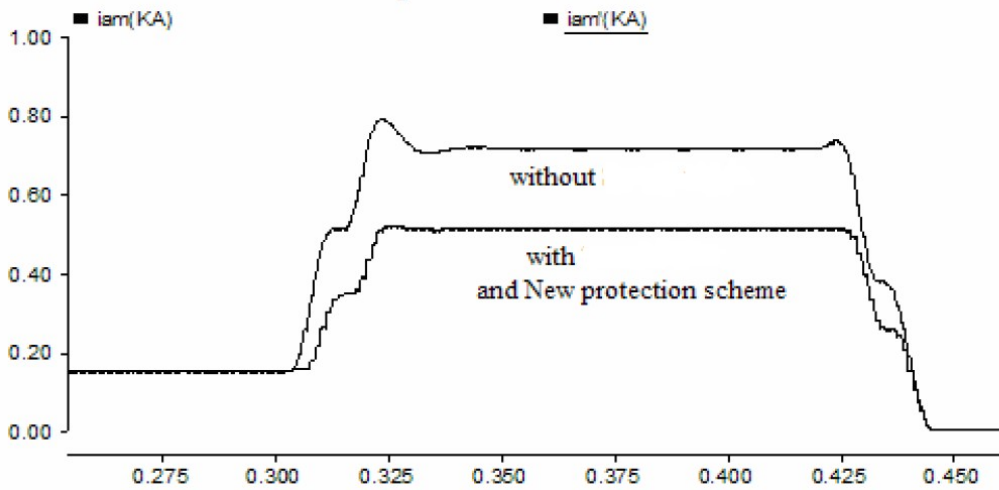
$I_{OP1}^2 =$  time delay instantaneous over current protection

$K_{REL}^2 = 1.1 - 1.5$

$I_{OP2}^1 =$  instantaneous over current protection

back up و جریان insensitive:  $I_{OP1}^2 = K_{REL}^2 I_{OP2}^1$

۴ مرحله قبل را بر روی  $0.2413 \text{KA}$  تنظیم می کنیم.



مشاهده می شود که با اجرای طرح ۵ مرحله ای با وجود اینکه **DVR** در مدار بود و ولتاژ را بهبود بخشید، **selectivity** رله ها رعایت شد و بریکر **b5** تریپ خورد و خطا را از سیستم جدا کرد.

## نتیجه گیری :

در این مقاله مدل‌های گذرای الکترومغناطیسی از یکی از تجهیزات سیستم‌های قدرت مانند **DVR** و کاربردهای آنها در مطالعات کیفیت توان مطرح شد. یک ساختار کنترلی جدید بر مبنای **PWM** استفاده شد که برای کلید زنی سویچ‌های **VSC** مورد استفاده در **DVR** به کار رفت.

بر خلاف کلید زنی با فرکانس سیستم که در **PSCAD/EMTDC** موجود است، این روش کنترلی **PWM** فقط به اندازه گیری **rms** ولتاژ نیاز دارد. این مشخصه سیستم کنترلی مورد استفاده را برای کاربرد در شبکه های مصرف ولتاژ پایین مناسب کرده است. در حقیقت این روش کنترلی در محدوده وسیعی از شرایط کار سیستم آزمایش شده و مقاوم بودن آن نشان داده شد.

شبیه سازی انجام شده نشان داد که **DVR** توانایی تنظیم ولتاژ فوق العاده ای دارد. در این مقاله می توان نشان داد که توانایی جبران سازی توان و تنظیم ولتاژ در **DVR** به دو فاکتور اصلی بستگی دارد: مقادیر نامی منبع **DC** مورد استفاده و مشخصه های ترانس کوپلاژ.

این دو فاکتور اصلی مشخص کننده حداکثر مقدار جبران سازی هستند که **DVR** می تواند انجام دهد. با کمی دقت در اشکال فوق مشاهده می شود که در حالت اول (بدون **DVR**) به علت وجود خطا، ولتاژ از ۰.۳۲ تا ۰.۴۳ ثانیه افت پیدا کرده و رله طبق زمان تنظیم شده اش عمل می کند. اما در حالت دوم (با **DVR**) با وجود همان شرایط خطا، به علت جبران ولتاژ توسط **DVR** جریان موثر عبوری از **b5** کمتر از **setting** رله مربوطه شده، رله عمل نمی کند. برای حل این مشکل بایستی از طرح ارائه شده استفاده کرد.

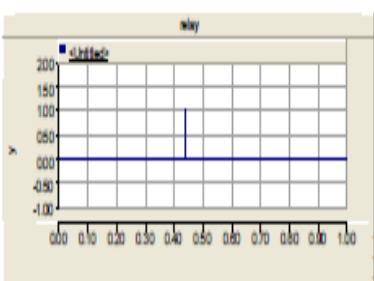
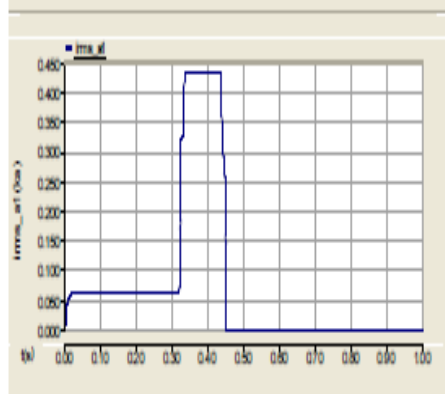
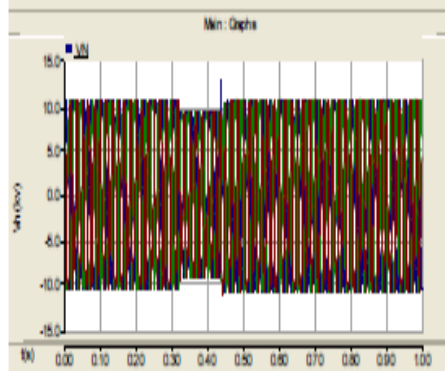
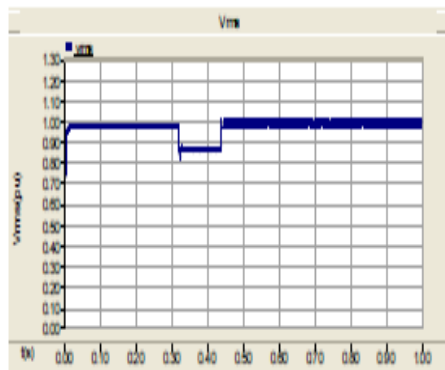
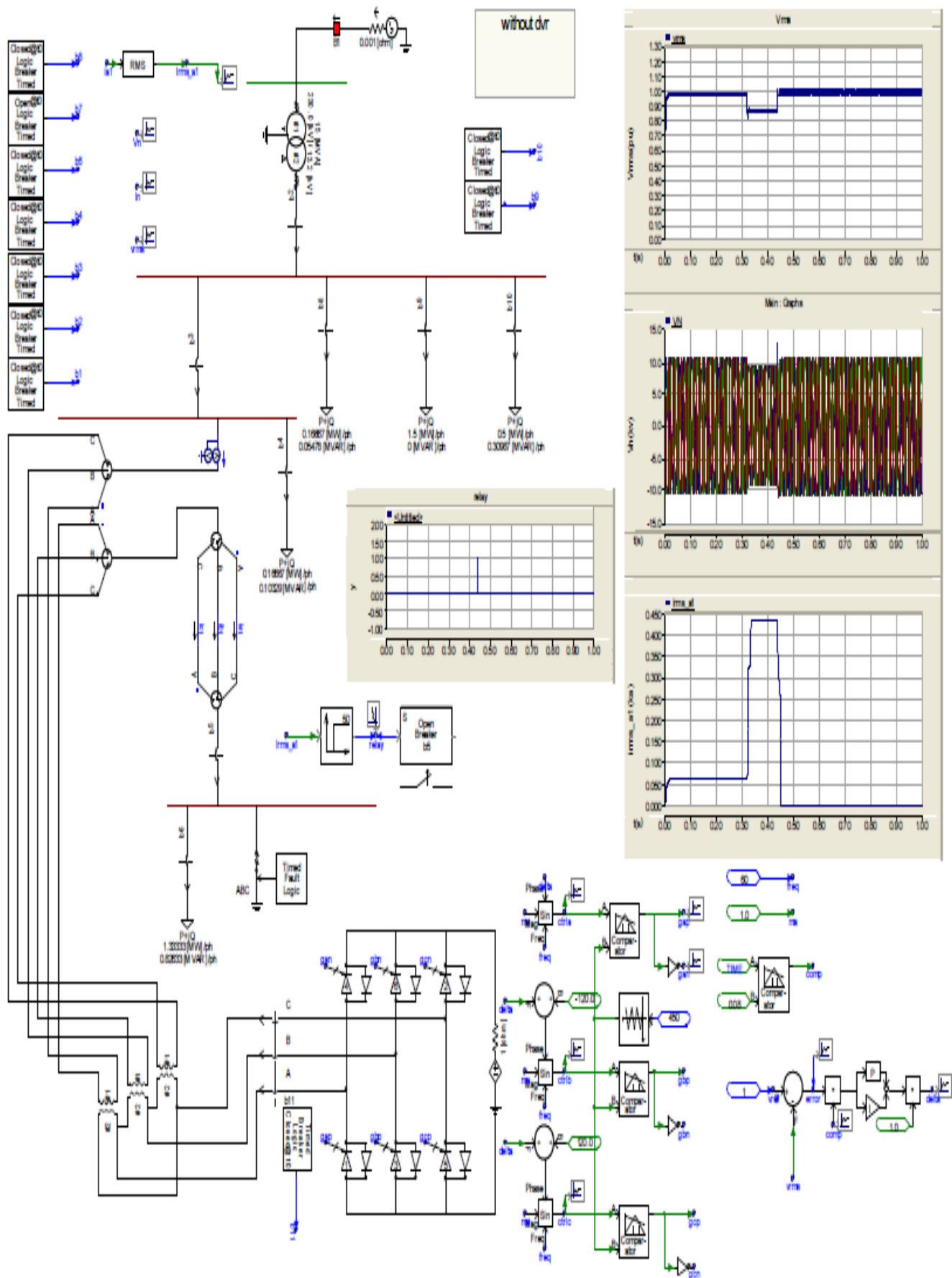
مشاهده می شود که با اجرای طرح ۵ مرحله ای با وجود اینکه **dvr** در مدار بود و ولتاژ را بهبود بخشید، **selectivity** رله ها رعایت شد و بریکر **b5** تریپ خورد و خطا را از سیستم جدا کرد.

مراجع:

[١]. Investigation on D-STATCOM and DVR Operation for Voltage Control in Distribution Networks with a New Control Strategy-  
Hojat Hatami, Farhad Shahnia, Afshin Pashaei, S.H. Hosseini

[٢]. Research of the Effect for Relay Protection Based on STATCOM-  
YANG Xiao-ping, GAO Li-gang, LIANG Zhen-feng, ZHONG Yan-ru

# مدل و مشخصات سیستم شبیه سازی شده ( بدون DVR ) :



without dvr

Closed Logic Breaker Time

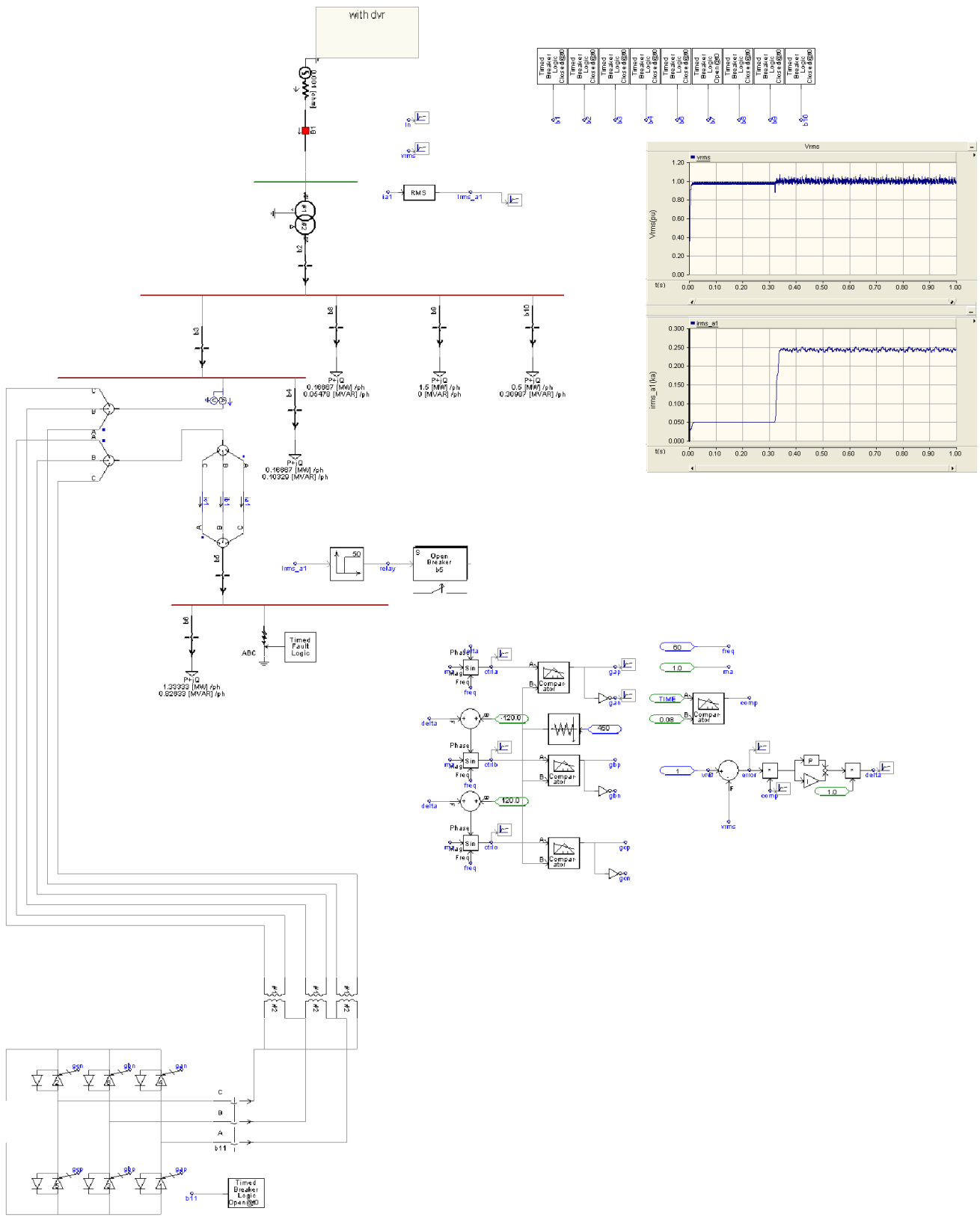
Closed Logic Breaker Time

Closed Logic Breaker Time

Closed Logic Breaker Time

Closed Logic Breaker Time

# مدل و مشخصات سیستم شبیه سازی شده ( با DVR ) :



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.