

# بررسی اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۳ نیروگاه بخار بندرعباس

احسان بهرامی

شرکت مدیریت تولید برق هرمزگان

## چکیده

با توجه به نیاز روزافزون به انرژی الکتریکی در سطح کشور و از طرفی بالا بودن هزینه تمام شده احداث واحدهای نیروگاهی، بررسی دقیق حوادث نیروگاهی با هدف جلوگیری از تکرار وقوع حوادث مشابه و همچنین تبادل تجربیات حاصل از بررسی این گونه حوادث با نیروگاههای دیگر، که در نهایت منجر به کاهش زمان خروج واحدها از مدار می‌شود، ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله به بررسی حادثه اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۳ نیروگاه بندرعباس پرداخته شده است. بدین منظور پس از معرفی رله‌های اتصال زمین روتور ژنراتورهای تمامی واحدهای بخار نیروگاه، شرایط واحد ۳، قبل و بعد از تریپ تشریح شده است. و سپس علل وقوع حادثه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پایان نیز راه‌کارهایی به منظور جلوگیری از وقوع چنین حوادثی ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** اتصال زمین روتور، رله اتصال زمین روتور، نیروگاه بخار، روتور ژنراتور

## ۱- مقدمه

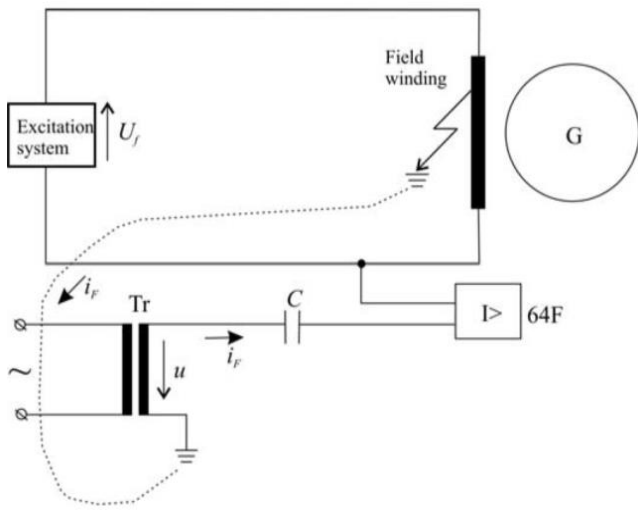
بندرعباس پرداخته شده است. از آنجایی که تشخیص و رفع خطای اتصال زمین روتور بر عهده رله اتصال زمین است، در ابتدا انواع رله‌های اتصال زمین روتور ژنراتور واحدهای نیروگاه بندرعباس بررسی خواهد شد و سپس شرایط واحد ۳، قبل و بعد از تریپ تشریح می‌شود. پس از آن علل وقوع حادثه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در پایان نیز راه‌کارهایی به منظور جلوگیری از وقوع چنین حوادثی ارائه خواهد شد.

## ۲- رله‌های اتصال زمین روتور ژنراتور واحدهای بخار نیروگاه

به‌طور کلی خسارت ناشی از اتصال زمین روتور عبارتند از: ۱- افزایش سریع درجه حرارت سیم‌پیچ تحریک و در نتیجه خرابی عایق سیم‌پیچی ۲- برهم‌خوردن تعادل مکانیکی در چرخش روتور. بنابراین لازم است در مواقع اتصال کوتاه روتور، قبل از

نیروگاه بخار بندرعباس با ظرفیت نامی  $4 \times 320$  MW به‌عنوان یکی از بزرگترین نیروگاه‌های کشور، سهم به‌سزایی در تامین برق مصارف صنعتی و خانگی استان هرمزگان دارد. هرچند با افزایش تعداد واحدهای نیروگاهی و خطوط انتقال و توزیع و گسترده‌تر شدن آن‌ها قابلیت اطمینان سیستم قدرت کشور افزایش یافته است، در عین حال هرگونه خروج واحدهای نیروگاهی به خصوص واحدهایی که در مناطق گرمسیر کشور نظیر بندرعباس واقع هستند، بعضاً موجب بروز مشکلاتی در تامین برق مصارف خانگی و صنعتی خواهد شد. لذا بررسی دقیق حوادث نیروگاهی با هدف جلوگیری از رخداد مجدد حوادث مشابه، موجب کاهش زمان خروج واحدها از مدار و افزایش قابلیت اطمینان سیستم قدرت خواهد شد. در این مقاله به بررسی حادثه اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۳ نیروگاه

به اندازه جریان موجب عملکرد رله در مرحله آلارم و یا تریپ می‌شود.

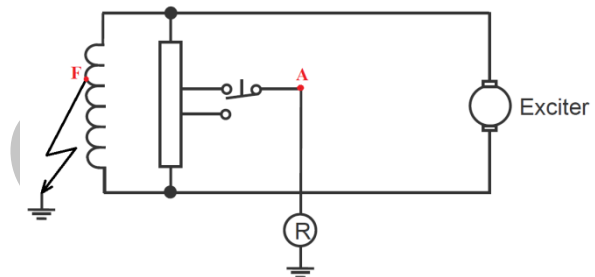


شکل ۲: شماتیک کلی حفاظت اتصال زمین روتور ژنراتور با روش تزریق ac<sup>۱</sup>.

رله مورد استفاده برای حفاظت اتصال زمین روتور ژنراتور واحدهای ۱ و ۲، از نوع UNS3020a-Z شرکت ABB است که در اتاقک سیستم تحریک قرار گرفته است. این رله دارای دو مرحله عملکردی آلارم و تریپ است. در شکل ۳، دیاگرام شماتیک رله مشاهده می‌شود.

این رله با استفاده از یک پل وستون<sup>۲</sup>، میزان انحراف مقاومت عایقی و ظرفیت خازنی بین سیم‌پیچ و محور روتور را با شرایط نرمال (تعادل پل)، مقایسه می‌کند؛ بدین ترتیب که اگر در اثر اتصال کوتاه سیم‌پیچی روتور و یا تغییر مقدار CR، تعادل پل از بین برود و ولتاژ بین دو نقطه A و B از مقدار تنظیمی رله بیشتر شود، فرمان آلارم و یا تریپ صادر می‌شود.

وارد آمدن این خسارت‌ها خطا تشخیص داده شده و رفع گردد. کمیت اندازه‌گیری توسط رله‌های اتصال زمین روتور ژنراتور می‌تواند ولتاژ، جریان و یا مقاومت باشد. روش استفاده شده برای حفاظت اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۳، روش پتانسیومتری است. با توجه به شکل ۱ با وقوع اتصال کوتاه در نقطه F، اختلاف پتانسیل ایجاد شده میان نقاط A و F باعث عبور جریان از رله می‌شود. در این روش، بخشی از سیم‌پیچی روتور در هنگام اتصالی، بسته به اینکه پتانسیومتر در چه مقداری تنظیم شده باشد، حفاظت نمی‌شود و به اصطلاح رله دارای "نقطه کور" است؛ برای حل این مشکل می‌توان مقدار تنظیمی پتانسیومتر را به صورت دستی یا اتوماتیک تغییر داد. پتانسیومتر مربوط به رله اتصال زمین روتور واحد ۳ نیروگاه، قابلیت تنظیم به صورت دستی را داراست و به صورت پیش‌فرض در مقدار ۵۰٪ تنظیم شده است و بنابراین چنانچه اتصالی در محدوده وسط سیم‌پیچی روتور اتفاق بیفتد، رله قادر به تشخیص آن نخواهد بود.



شکل ۱: شماتیک کلی حفاظت اتصال زمین روتور ژنراتور با روش پتانسیومتری.

روش مورد استفاده برای حفاظت اتصال زمین روتور ژنراتور واحدهای ۱، ۲ و ۴، موسوم به روش تزریق ac<sup>۱</sup> است. در این روش یک منبع ولتاژ ac از طریق خازن‌های کوپلینگ به سیم‌پیچ تحریک متصل می‌شود. خازن‌های کوپلینگ در موقع اتصال کوتاه علاوه بر اینکه مانع عبور جریان dc از رله می‌شود، تا حدی میزان جریان اتصالی را نیز محدود می‌کند. این رله‌ها برخلاف رله اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۳ که از نوع پتانسیومتری است، نقطه کور ندارد و ۱۰۰٪ سیم‌پیچی روتور را در شرایط اتصال کوتاه حفاظت می‌کند.

همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود، با وقوع اولین اتصالی در سیم‌پیچ تحریک، جریان از رله اتصال زمین عبور کرده و با توجه

<sup>2</sup>. Wheatstone Bridge

<sup>1</sup>. AC Injection Method

### ۳- شرایط واحد، قبل و بعد از حادثه

#### ۳-۱- شرایط واحد قبل از تریپ [۴]

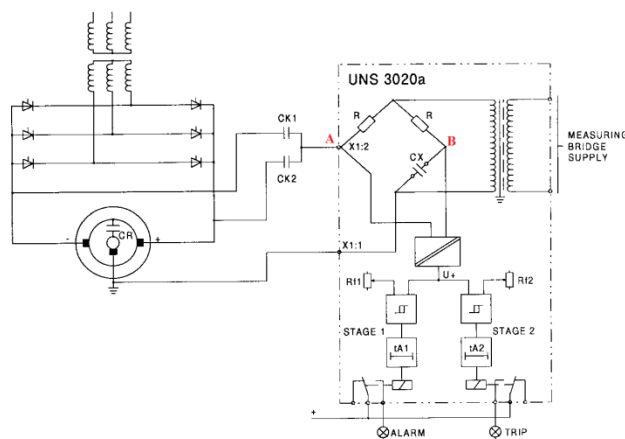
واحد با بار تولیدی MW ۲۶۵ در مدار قرار داشت و ارتعاش نسبی یاتاقان شماره یک ژنراتور نیز در حدود  $116 \mu\text{m}$  (با میزان مطلق برابر با  $2/85 \text{mm/s}$ ) بود. میزان ارتعاش یاتاقان شماره یک ژنراتور در تاریخ ۹۳/۴/۱۶ به صورت تدریجی و با شیب ملایم تا  $138 \mu\text{m}$  افزایش یافت که پس از آن، شرایط سنسور و نشیمن-گاه آن بررسی و تعمیر گردید و تا زمان حادثه میزان ارتعاشات بین مقدار  $116 \mu\text{m}$  تا  $138 \mu\text{m}$  متغیر بود. همچنین در این مدت میزان ارتعاش مطلق نیز در حدود  $0/85 \text{mm/s}$  افزایش داشت.

شرایط سیل‌بندی ژنراتور به دلیل راندمان کم پمپ سمت هوا<sup>۳</sup> غیرطبیعی بود و به همین علت سیل‌بندی از طریق سیستم پشتیبان توربین برقرار بود. سطح تانک تغذیه روغن سمت هیدروژن<sup>۴</sup> و تانک‌های کف‌زدا با تغییرات فشار هیدروژن و تغییرات دمای روغن سیل‌بندی متغیر بود و به صورت دستی کنترل می‌شد. کولرهای هیدروژن نشستی داشت و روزانه در حدود ۱۵ الی ۱۶ کیسول هیدروژن به منظور کنترل فشار طبیعی، تزریق می‌گردید.

سطح اسلیپرینگ و هوای خروجی خنک‌کن کلکتور این واحد نسبت به واحدهای دیگر (در بار یکسان) گرم‌تر بود؛ به طوری که دمای هوای خروجی خنک‌کن حدود ۱۵ درجه و دمای سطح اسلیپرینگ حدود ۲۰ درجه بیشتر از واحدهای دیگر بود. پس از بررسی مشخص شد که میزان ناهمواری سطح اسلیپرینگ در حدود  $0/17 \text{mm}$  است. با توجه به این شرایط، بازدیدهای مستمر از کلکتور صورت می‌گرفت. سرانجام واحد ۳، در تاریخ ۹۳/۴/۲۱ با عملکرد حفاظت بالا بودن ارتعاش یاتاقان شماره ۲ ژنراتور (شماره ۶ توربو ژنراتور) تریپ کرد.

#### ۳-۲- اقدامات انجام‌شده پس از تریپ واحد [۴]

پس از تریپ واحد، روتور به مدت ۱/۵ ساعت به منظور حذف تنش پسماند در وضعیت آرام‌گردان<sup>۵</sup> قرار گرفت. پس از آن واحد



شکل ۳: دیاگرام شماتیک رله UNS 3020a-Z [۲].

CR: ظرفیت خازنی بین سیم‌پیچ و محور روتور

CK1 و CK2: ظرفیت خازنی خازن‌های کوپلینگ

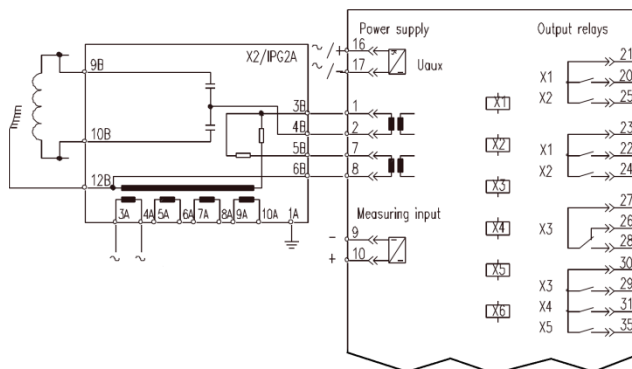
R و CX: مقاومت و خازن تنظیمی پل وستون

Rf و tA: مقادیر تنظیمی عملکرد رله در مرحله آلارم و تریپ

در شرایط نرمال، رابطه (۱) برقرار است.

$$CX = \frac{1}{\frac{1}{CK1+CK2} + \frac{1}{CR}} \quad (1)$$

رله مورد استفاده برای حفاظت اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۴، از نوع MX3IPG2A شرکت Alstom است که آن هم در اتافک سیستم تحریک قرار گرفته و دارای دو مرحله عملکردی آلارم و تریپ است. این رله نسبت ولتاژ به جریان تزریقی (R) را محاسبه کرده و چنانچه این مقاومت از مقدار تنظیمی رله کمتر باشد، با توجه به اندازه آن، موجب عملکرد رله در مرحله آلارم و یا تریپ می‌شود. در شکل ۴، دیاگرام شماتیک رله مشاهده می‌شود.



شکل ۴: دیاگرام شماتیک رله MX3IPG2A [۳].

<sup>3</sup>. Air Side

<sup>4</sup>. Hydrogen Side

<sup>5</sup>. Turning Gear

#### ۴- بررسی علل وقوع حادثه

##### ۴-۱- دلایل اتصال کوتاه سیم‌پیچ روتور

(الف)- ارتعاشات قابل توجه روتور

وجود ارتعاشات قابل توجه روتور قبل از وقوع حادثه در طولانی مدت، موجب وارد آمدن ضربه و خوردگی (هرچند اندک) عایق-های سیم‌پیچی شده است.

(ب)- عملکرد نامناسب سیستم روغن سیل

عملکرد نامناسب سیستم روغن سیل، موجب نفوذ روغن به درون فضای استاتور و روتور شده است که این نفوذ روغن و به دنبال آن کثیف شدن سطح سیم‌پیچی، علاوه بر اینکه موجب خوردگی تدریجی عایق می‌شود باعث شده دفع حرارت از هادی روتور به خوبی انجام نگیرد. همچنین نفوذ روغن به داخل مسیرهای عبور هیدروژن موجب کارکرد نامناسب سیستم خنک‌کنندگی هیدروژن شده است. مجموعه عوامل ذکر شده باعث افزایش درجه حرارت سیم‌پیچ روتور و در نتیجه زوال بیشتر عایق و در نهایت موجب از بین رفتن عایق در بیش از یک نقطه از سیم‌پیچی روتور شده است. در شکل ۶، نمودارهای جریان تحریک، ولتاژ تحریک، مقاومت دیده شده از دوسر سیستم تحریک، ولتاژ پایانه ژنراتور و ارتعاش یاتاقان شماره ۶ (شماره ۲ ژنراتور) قبل و بعد از لحظه تریپ واحد نشان داده شده است.

##### ۴-۱-۱- علل اتصال کوتاه سیم‌پیچی روتور در بیش از یک نقطه

۱- اگرچه اتصال کوتاه شدن سیم‌پیچی روتور در یک نقطه، اندکی تعادل الکترومغناطیسی روتور و استاتور را برهم می‌زند ولی تنها در صورتیکه در حداقل دو نقطه از سیم‌پیچی روتور اتصالی رخ دهد، تعادل الکترومغناطیسی بیشتر بهم خورده و موجب افزایش ارتعاشات روتور و رسیدن به حد تریپ می‌شود. در نمودار ارتعاشات یاتاقان ۲ ژنراتور در شکل ۶، این موضوع نشان داده شده است.

۲- با توجه به شکل ۹ و با استفاده از تحلیل مداری، مشخص می‌شود که با وجود اتصالی در یک نقطه، حداکثر جریانی که از بدنه روتور و در نتیجه ذغال زمین عبور می‌کند، در حدود چندین آمپر (در حد عملکرد رله اتصال زمین روتور) است و نمی‌تواند موجب بروز جرقه‌های شدید و سوختگی

طی دو مرحله دور داده شد که تا دور ۳۰۰۰rpm شرایط توربین مشابه قبل از حادثه و ارتعاش یاتاقان شماره یک  $106 \mu\text{m}$  و یاتاقان شماره دو  $36 \mu\text{m}$  بود، لذا جهت برقراری شرایط سنکرون اقدام به تحریک روتور گردید که تا ولتاژ  $15\text{kv}$  ارتعاش یاتاقان شماره ۲ تا میزان  $78 \mu\text{m}$  افزایش، و از ولتاژ  $17\text{kv}$  -  $15$  شیب افزایش ارتعاش به شدت تند و ارتعاش هر دو یاتاقان ژنراتور به میزان  $150 \mu\text{m}$  رسید و توربین با حفاظت ارتعاش بالا تریپ کرد. پس از آن روتور در وضعیت آرام‌گردان قرار گرفت و تا ساعت ۲۱ همان روز، تنش پسماند در روتور برقرار بود و سپس حذف شد. بعد از آن طی دو مرحله مقاومت عایقی سیم‌پیچ روتور با میگر اندازه‌گیری شد که در هر دو مرحله مقاومت عایقی بسیار ناچیز بود.

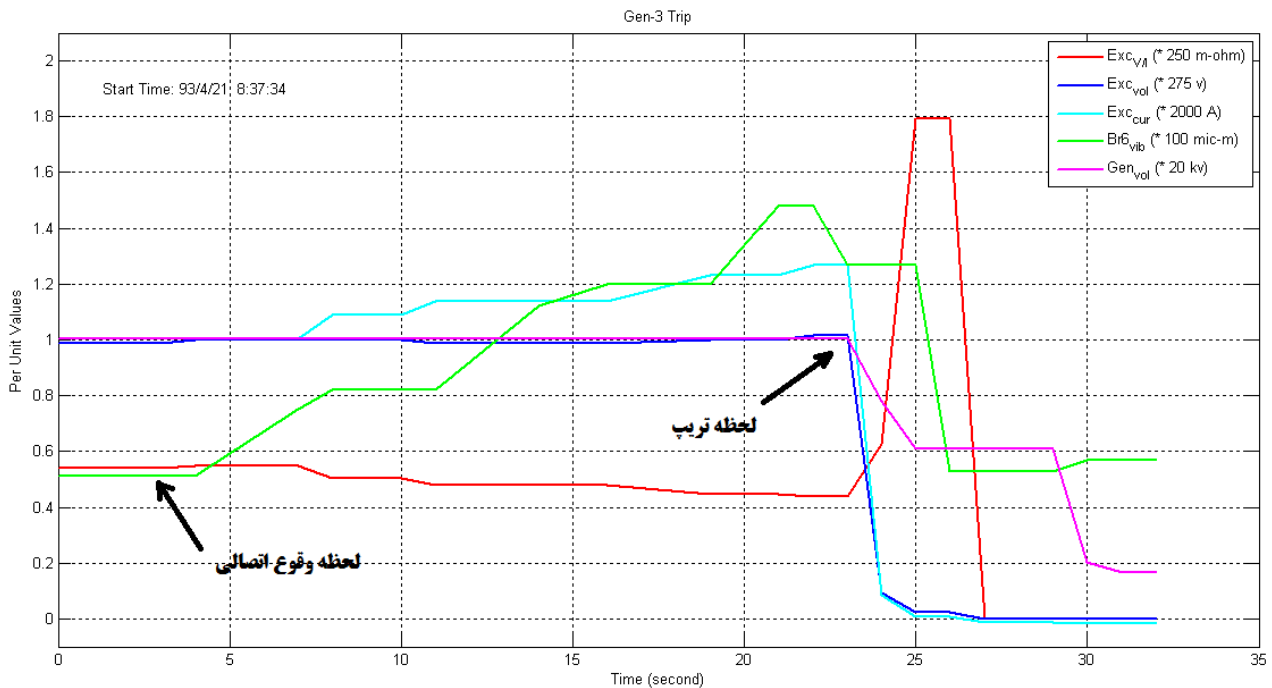
##### ۳-۳- مشاهدات صورت گرفته پس از خارج کردن روتور از ژنراتور

- ✓ سوختگی ناشی از جرقه در یک منطقه از روتور
- ✓ لقی یکی از تیغه‌ها و خارج شدن از شیار مربوطه
- ✓ داغی و سوختگی ناشی از جرقه در محل سیل یاتاقان شماره یک ژنراتور
- ✓ شکستن یکی از پره‌های متحرک ترموکمپرسور از ریشه و درگیر شدن با پره‌های ثابت
- ✓ نفوذ روغن به مسیرهای عبور هیدروژن ژنراتور

در شکل ۵، سوختگی ناشی از جرقه در یک منطقه از روتور مشاهده می‌شود. مشاهدات صورت گرفته نشان می‌دهد که اتصال به زمین در سیم‌پیچ روتور اتفاق افتاده است.

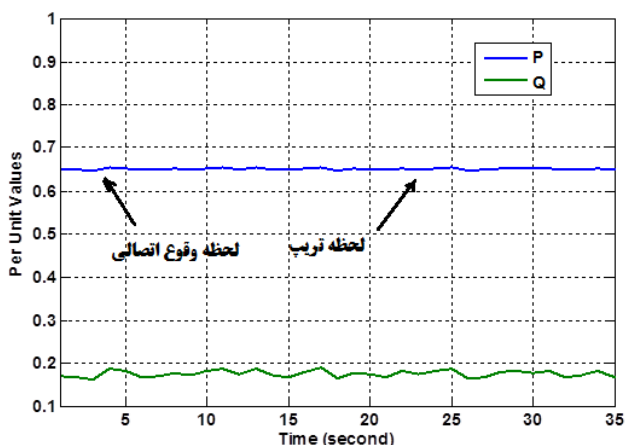


شکل ۵: سوختگی ناشی از جرقه در یک منطقه از روتور.



شکل ۶: نمودارهای جریان تحریک، ولتاژ تحریک، مقاومت دیده شده از دوسر سیستم تحریک، ولتاژ پایانه ژنراتور و ارتعاش یاتاقان شماره ۶ (شماره ۲ ژنراتور) قبل و بعد از لحظه تریپ واحد.

پیچی روتور اتصال حلقه شود و این به معنی وقوع اتصال در بیش از یک نقطه است. علت اینکه از واژه تقریباً استفاده شده است، بدین دلیل است که جریان در قسمت‌های مختلف سیم-پیچی اتصال کوتاه شده (مطابق شکل ۱۱) به اندازه  $I_{fault}$  (که به مراتب کوچکتر از جریان عبوری از سیم‌پیچ تحریک است)، تفاوت دارند. و به همین دلیل مقادیر شاردرور سیم‌پیچ تحریک، قبل و بعد از وقوع اتصال اندکی با یکدیگر تفاوت دارند.



شکل ۷: نمودار توان اکتیو و راکتیو ژنراتور در مبنای واحد، قبل و بعد از تریپ واحد.

عایق روتور شود. لذا تنها در صورتیکه اتصال در بیش از یک نقطه رخ دهد، جریان زیادی (تقریباً نزدیک به جریان تحریک) از بدنه عبور کرده و موجب بروز جرقه‌های شدید و سوختگی عایق روتور می‌شود.

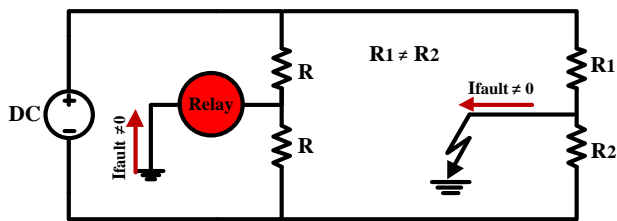
۳- همانطور که اشاره شد وجود اتصال در یک نقطه، جریان سیستم تحریک را حداکثر به اندازه چندین آمپر افزایش می‌دهد که مقدار افزایش جریان در حد عملکرد رله اتصال زمین روتور (آلارم یا تریپ) است؛ حال آنکه نمودار شکل ۶، نشان می‌دهد که جریان در سیستم تحریک در حدود چندصد آمپر افزایش یافته است و این نشان می‌دهد که اتصال در بیش از یک نقطه اتفاق افتاده است.

۴- با توجه به روابط (۲) و (۳) و تغییرات  $P$ ،  $Q$  و  $\delta$  حین اتصال (با توجه به شکل ۷)، مشخص می‌شود که عبارت  $X_{ad}i_{fd}$  یا به عبارتی شاردرور تقریباً ثابت مانده است.

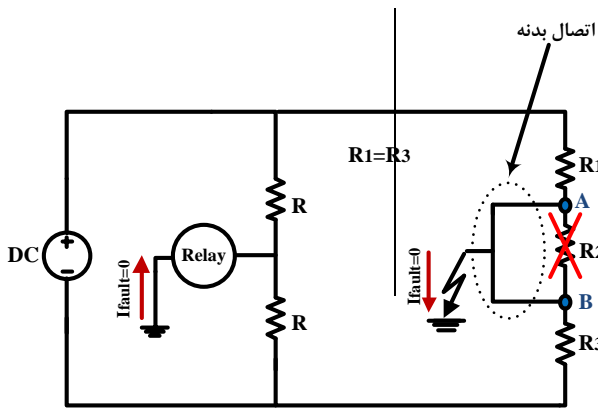
$$P = E_t I_t \cos \varphi = \frac{X_{ad}}{X_s} E_t i_{fd} \sin \delta \quad (2)$$

$$Q = E_t I_t \sin \varphi = \frac{X_{ad}}{X_s} E_t i_{fd} \cos \delta - \frac{E_t^2}{X_s} \quad (3)$$

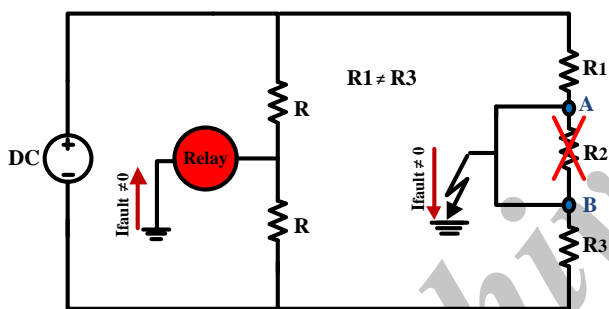
با توجه به افزایش جریان تحریک، تنها در صورتی شاردرور تقریباً ثابت می‌ماند که  $X_{ad}$  کاهش یابد و این در صورتی کاهش می‌یابد که تعداد دور سیم‌پیچی کاهش یابد؛ یعنی بخشی از سیم-



شکل ۹: شرایط عملکرد رله اتصال زمین در اتصالی از یک نقطه.



شکل ۱۰: شرایط عدم عملکرد رله اتصال زمین در اتصالی همزمان از دو نقطه.



شکل ۱۱: شرایط عملکرد رله اتصال زمین در اتصالی همزمان از دو نقطه.

### ۳-۴- راه کارهایی جهت جلوگیری از وقوع اتصال کوتاه روتور

به منظور جلوگیری از بروز چنین حوادثی (نظیر اتصال کوتاه سیم پیچی روتور)، اقدامات زیر ضروری به نظر می رسد.

- ۱- تامین تجهیزات مورد نیاز و قطعات یدکی مربوط به سیستم روغن سیل
- ۲- پایش مداوم وضعیت عایقی سیم پیچ استاتور با استفاده از دستگاه اندازه گیری آنلاین تخلیه جزئی می تواند وجود هرگونه عوامل خارجی نظیر روغن، خاک و ... در فضای داخل استاتور را قبل آنکه منجر به زوال عایق استاتور و روتور شود مشخص کند.

در جدول ۱، پارامترهای موجود در روابط (۲) و (۳) شرح داده شده اند. همچنین توان مینا برای محاسبه P و Q در شکل ۷، برابر ۴۰۰ MVA در نظر گرفته شده است.

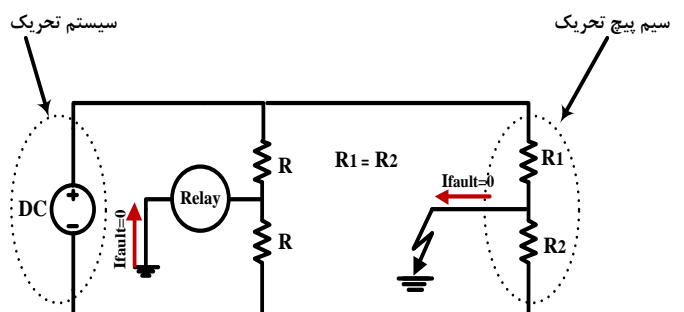
جدول ۱: شرح پارامترهای موجود در روابط (۲) و (۳).

پارامتر	شرح
$E_t$	ولتاژ ترمینال ژنراتور
$I_t$	جریان خروجی ژنراتور
$X_{ad}$	اندوکتانس متقابل محور d
$i_{fd}$	جریان تحریک
$X_s$	راکتانس ناشی سیم پیچ استاتور
$\delta$	زاویه بار
$\cos \varphi$	ضریب توان

### ۴-۲- شرایط عملکرد و عدم عملکرد رله اتصال زمین روتور

در اشکال ۸ تا ۱۱، شرایط عملکرد و عدم عملکرد رله اتصال زمین روتور برای اتصالی از یک نقطه و دو نقطه نشان داده شده است. چون ولتاژ سیستم تحریک مطابق شکل ۶، قبل از تریپ واحد تقریباً ثابت بوده است با یک منبع ولتاژ ثابت DC مدل شده است.

با توجه به اینکه اتصالی در بیش از یک نقطه اتفاق افتاده است، رله تنها در صورتی نمی توانسته عمل کند که اولاً اتصالی ها به طور همزمان اتفاق افتاده باشد و ثانیاً اتصالی ها در محل هایی از سیم پیچ به صورتی رخ دهد که مطابق شکل ۱۰، مقاومت های  $R_1$  و  $R_3$  مساوی باشند و در نتیجه محل اتصالی جزء نقطه کور رله به حساب آید. ولی نمودار شکل ۶، نشان می دهد که جریان در سیستم تحریک به طور آنی افزایش نیافته است و افزایش جریان به صورت تدریجی بوده است و این نشان می دهد که اتصالی ها به صورت کاملاً همزمان و کاملاً متقارن اتفاق نیفتاده است؛ بدین ترتیب شرایط عملکرد رله به میزان زیادی فراهم بوده است.



شکل ۸: شرایط عدم عملکرد رله اتصال زمین در اتصالی از یک نقطه.

## تشکر و قدردانی

در پایان لازم می‌دانم از راهنمایی‌های ارزنده جناب مهندس فرهاد محمودی در نگارش مقاله، سپاسگزاری نمایم.

## مراجع

- [1] Z. Eleschova, A. Belan, D. Gasparovsky, "Rotor Ground Fault Protection of Generator with Static Excitation System", Electrical Engineering Conf., pp. 138-146, 2005.
- [2] ABB, "Rotor Earth Fault Protection, Unitrol UNS 3020a-Z", Operating Instruction, February, 1993.
- [3] Areva, "Multifunction Generator Protection Rotor and Auxiliary (R< - Ucc< - Ucc>)", Technical Manual, MDE/D133 2561 001.
- [4] حجت اسدی، "گزارش حادثه واحد شماره ۳ تاریخ ۹۳/۴/۲۱"، مجموعه گزارشات حوادث معاونت تولید نیروگاه بندرعباس، مرداد ۱۳۹۳.

هم‌چنین در صورت بروز چنین حوادثی، به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های بیشتر به روتور می‌بایست از رله‌های با قابلیت اطمینان بالاتر، نظیر آنچه در قسمت ۲ بدان اشاره شد، استفاده کرد تا با دقت و سرعت بیشتری خطای اتصال زمین روتور تشخیص داده و رفع شود. به‌طور کلی عمل به‌موقع رله می‌تواند از وارد آمدن خسارت بیشتر به عایق و هسته روتور جلوگیری کند و موجب می‌شود تا قبل از اینکه ارتعاشات روتور افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کند، بتوان واحد را از شبکه جدا نمود و تست‌های لازم را بر روی روتور انجام داد.

## ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی حادثه اتصال زمین روتور ژنراتور واحد ۳ نیروگاه بخار بندرعباس پرداخته شد. بدین ترتیب که پس از معرفی انواع رله‌های اتصال زمین ژنراتورهای نیروگاه، شرایط واحد قبل و بعد از وقوع حادثه تشریح شد و سپس علل وقوع آن مورد بررسی قرار گرفت. در پایان نیز راه‌کارهایی در جهت جلوگیری از وقوع چنین حوادثی آورده شد. لازم به ذکر است که بررسی دقیق حوادث نیروگاهی و در اختیار قرار دادن تجربیات بدست‌آمده از وقوع این حوادث به نیروگاه‌های دیگر، تا حد زیادی از وقوع حوادث مشابه جلوگیری به‌عمل می‌آورد و در نهایت منجر به کاهش زمان خروج واحدها و افزایش انرژی الکتریکی تولیدی خواهد شد.

Archive SID