

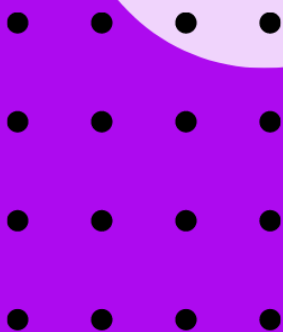


# شرح کامل

# سیستم های تحریک ژنراتور



## Excitation Systems



# آکادمی نیروگاه



[www.powerplantac.com](http://www.powerplantac.com)

## مقدمه

همانطور که می دانیم ژنراتور یکی از اجزای اصلی موجود در هر نیروگاهی است و از آنجا که سیستم تحریک مهم ترین جزء هر ژنراتور را شامل میشود لذا سیستم تحریک نقش بسیار مهمی، در تولید برق دارد.

یکی از کاربردهای مهم سیستم تحریک، این است که می تواند ژنراتور را طوری هدایت کند که ژنراتور در ناحیه امن (محدوده پایداری) باقی بماند.

لذا با توجه به اهمیت و جایگاه بسیار مهم سیستم تحریک در نیروگاهها، طبیعی است که حساسیت روی سیستم تحریک بالا می رود و اگر مشکلی در سیستم تحریک ایجاد شود، این مشکل به طور مستقیم روی ژنراتور اثر می گذارد. به عنوان مثال در صورت عملکرد نامناسب محدود کننده زیر تحریک و یا فوق تحریک ژنراتور آسیب می بیند و در صورت ایجاد مشکل در ژنراتور ناپایداری در شبکه نیز به وجود خواهد آمد. جالب است بدانید، تمام نوساناتی که در شبکه ایجاد می شود از لحاظ ولتاژی و تا حدی از لحاظ فرکانسی، سیستم تحریک تا حدودی می تواند به آنها پاسخ دهد. تمام این موارد نشان دهنده اهمیت سیستم تحریک می باشد و همین اهمیت هم باعث می شود که وقتی ما می خواهیم سیستم تحریکی را عیب یابی کنیم باید اولاً تمام این اهمیت ها را در نظر بگیریم ثانیاً رفع عیب را در زمان کوتاهی انجام دهیم چرا که اگر عیب در مدت زمان کوتاه برطرف نشود به معنای آن است که در تولید برق توسط نیروگاه وقفه ایجاد شده است و این وقفه در تولید برای نیروگاه ضرر اقتصادی را به همراه دارد. حال در ادامه به بررسی مشکلاتی که ممکن است در سیستم تحریک نیروگاه ایجاد شود می پردازیم و در ادامه با اهمیت سیستم تحریک در نیروگاهها بیشتر آشنا خواهیم شد.

مشکلات موجود در سیستم تحریک به چند دسته کلی قابل تقسیم خواهند بود 1- مشکلات مربوط به سرویس و نگهداری سیستم تحریک 2- مشکلات موجود در حین بر طرف کردن عیب (که این دسته از مشکلات مربوط به حالتی است که عیبی رخ داده و حالا می خواهیم این عیب را برطرف کنیم) آنچه مسلم است این است که هرچه زمان رفع عیب<sup>1</sup> کوتاهتر باشد طبیعتاً با مشکل وقفه در تولید کمتر مواجه خواهیم شد و در نتیجه تولید ما پایدارتر خواهد شد. بنابراین نتیجه می گیریم که سیستم تحریک، به نحوی در پایداری تولید هم دخالت مستقیم دارد. بنابراین با توجه به دو مشکل کلی ذکر شده در بالا هر چه مشکلات سرویس و نگهداری کمتر باشد هزینه های مربوط به سیستم تحریک کمتر می شود. و با توجه به مشکل دوم، بحث زمان بسیار مهم است. یعنی اگر برای سیستم تحریک مشکلی ایجاد می شود چه زمانی طول

<sup>1</sup> Defect

می کشد تا ما مشکل را برطرف کنیم چرا که همانطور که اشاره شد رفع عیب باید در کوتاهترین زمان ممکن انجام شود تا ضرر اقتصادی کمتری را متحمل شویم.

در ادامه به توضیح بیشتر این مطلب می پردازیم. همانطور که می دانیم هر نیروگاهی یک سهم تولید دارد که آن سهم تولید را به عنوان سقف تولید نیروگاه در نظر می گیرند و نیروگاه در قبال مقدار مگاواتی که تولید می کند از برق منطقه ای پول دریافت می کند حال با توجه به لغزش خوردن<sup>1</sup> های ناگهانی و مشکلاتی که ممکن است برای سیستم ایجاد شود، (این مشکلات عمدتاً ناشی از عملکرد نامناسب سیستم تحریک می باشند) نیروگاه موظف است مقدار مگاواتی را که تعهد کرده، باید به برق منطقه ای تحویل دهد چراکه در صورت عدم رعایت تعهدات، نیروگاه باید به برق منطقه ای جریمه بپردازد به عنوان مثال اگر تریپ ناگهانی در روز غیر تعطیل ایجاد شود نیروگاه جریمه خواهد شد پس با وجود تمام این محدودیتها (محدودیتهای شامل تریپ ناگهانی و مشکلات موجود در سیستم تحریک و . . .) و به طور کلی پیچیدگی هایی که در بازار برق وجود دارد سبب می شود که سیستمی که برایمان برق تولید می کند (اتم از ژنراتور و سیستم تحریک و . . .) را مرتب بهینه کنیم تا بدین وسیله مشکلاتی که در سیستم های ما پیش می آید به حداقل ممکن کاهش یابد. با توجه به توضیحات فوق در می یابیم که مشخصات یک سیستم تحریک خوب عبارت است از 1- کم هزینه باشد که این هزینه شامل هزینه سرویس نگهداری می- شود و تریپ هایی که در اثر ایجاد مشکل در سیستم تحریک برای واحد نیروگاه اتفاق می افتند و ضرر اقتصادی که توسط این تریپ، نیروگاه باید بپردازد را هم شامل می شود.

2- از نظر عیب یابی آسان و راحت باشد و عیب در مدت زمان کوتاهی برطرف شود.

3- سیستم تحریک با کیفیت بالا باشد (شامل سرعت پاسخگویی به نوسانات توان راکتیو و پایداری در سیستم تولید انرژی می شود).

ما در این مقاله ابتدا سیستمهای تحریک پردردسر (نظیر نیروگاه آبی سد شهید عباسپور) را بررسی می کنیم و بعد با سیستمهای تحریک روسی نیروگاه رامین (که نه خیلی دینامیکی هستند و نه خیلی استاتیکی) آشنا می شویم و در انتها با سیستم تحریک بروزتری در جهان آشنا خواهیم شد و در فصل 6 (جمع بندی) این 4 نوع سیستم تحریک را به طور کامل با هم مقایسه کرده و مزایا و معایب آنها را تشریح خواهیم کرد.

<sup>1</sup> Trip

## فهرست مطالب

2	مقدمه
4	فصل 1- نظریه سیستم تحریک
13	1-1- سیستم تحریک چیست؟
14	1-2- اجزای تشکیل دهنده سیستم تحریک:
14	1-2-1- تولید جریان روتور:
15	2-2-1- منبع تغذیه:
15	3-2-1- سیستم تنظیم کننده خودکار ولتاژ (میکروکنترلر):
15	4-2-1- مدار دنبال کننده خودکار:
16	5-2-1- کنترل تحریک:
17	1-3- وظایف سیستم تحریک:
18	1-4- جایگاه سیستم تحریک در تولید انرژی الکتریکی:
19	1-5- سیستم تحریک در نیروگاه:
20	1-6- رفتار الکتریکی و مکانیکی ژنراتور سنکرون:
22	1-7- ساختمان ژنراتور سنکرون و انواع آن:
25	1-8- کمیات اصلی یک ژنراتور سنکرون:
25	1-8-1- قدرت مفید:
26	2-8-1- ضریب توان:
26	3-8-1- ولتاژ نامی:
26	4-8-1- سرعت گردش:
27	1-9- حالت‌های عملکرد ژنراتور:
27	1-9-1- حالت بی باری:
27	2-9-1- ماشین باردار شده و عملکرد آن در هنگام وصل به شبکه بی نهایت:
27	3-9-1- عملکرد بخش ویژه:
29	1-10- گشتاور سنکرونیزاسیون:



11-1- مشخصات گشتاور ژنراتور: 31

12-1- دیاگرام توان ماشین سنکرون: 31

13-1- نیازهای شبکه استاتیکی میکروکنترلر: 33

14-1- تولید و مصرف توان راکتیو: 33

15-1- مقایسه گاورنر و میکروکنترلر: 34

16-1- رفتار استاتیکی میکروکنترلر AVR: 35

## فصل 2- انواع سیستم تحریک و معرفی انواع اکسایتر 37

1-2- سیستم تحریک ژنراتور: 38

2-2- انواع سیستمهای تحریک: 40

2-2-1- سیستم تحریک استاتیک: 41

2-2-2- سیستم تحریک دینامیک: 41

2-2-3- سیستم تحریک استاتیک: 43

2-2-4- سیستم تحریک مشتمل بر تحریک کننده اصلی سه فاز و دیودهای ثابت: 45

2-2-5- سیستم تحریک بدون جاروبک: 47

3-2- انتخاب سیستم تحریک ژنراتور: 50

2-3-1- توان خروجی سیستم تحریک: 50

2-3-2- ولتاژ نامی سیستم تحریک: 50

2-3-3- سقف ولتاژ تحریک: 50

2-3-4- عایق سیم پیچ تحریک: 50

4-2- ساختمان کلی تنظیم تحریک: 51

5-2- انواع اکسایتر: 53

5-2-1- اکسایتر با رئوستای تحت کنترل (سیستم اولیه): 53

5-2-2- سیستم کنترل میدان تحریک به وسیله اکسایتر با ژنراتور DC کموتاتوردار: 56

5-2-3- سیستمهای کنترل میدان تحریک با استفاده از اکسایتر با یکسوکننده و آلترناتور: 577

5-2-4- سیستم کنترل میدان تحریک با سیستم اکسایتر با یکسوکننده مرکب: 60



- 5-5-2- سیستم کنترل میدان تحریک با اکسایتر از نوع یکسوکننده مرکب و اکسایتر با یکسوکننده و منبع تغذیه از نوع ولتاژی:.....61
- 6-5-2- سیستم کنترل میدان تحریک با اکسایتر متشکل از یکسوکننده با منبع تغذیه از نوع ولتاژی:.....622

### فصل 3- معرفی سیستم تحریک سد آبی شهید عباسپور..... 65

3-1- معرفی سیستم تحریک نیروگاه آبی سد شهید عباسپور:..... 65

3-2- مشخصات سیستم تحریک واحدهای نیروگاه آبی سد شهید عباسپور:..... 67

1-2-3- ژنراتور:..... 67

2-2-3- تحریک ژنراتور:..... 67

3-2-3- سیستم تحریک:..... 67

3-3- اجزای سیستم تحریک:..... 68

1-3-3- ماشین اصلی:..... 68

2-3-3- ماشین تحریک اصلی:..... 68

3-3-3- جبران کننده پسماند:..... 69

4-3-3- آمپلی داین:..... 70

5-3-3- سیم پیچهای آمپلی داین:..... 70

6-3-3- فیلد بریکر:..... 71

7-3-3- مقاوت های ثابت زمانی:..... 71

8-3-3- فید بکها:..... 72

9-3-3- تنظیم کننده ولتاژی:..... 72

10-3-3- رام..... 74

11-3-3- اس اس جی:..... 74

12-3-3- بلوک فرسینگ:..... 74

13-3-3- بلوک محدود کننده زیر تحریک:..... 75

3-4- مدل سازی سیستم تحریک سد شهید عباسپور:..... 75

1-4-3- تقویت کننده گردان (آمپلی داین):..... 75

2-4-3- مدل تحلیلی تحریک کننده اصلی:..... 77

3-4-3- مدل تحلیلی پایدار ساز سیستم تحریک:..... 77



- 3-5- ارائه مدل تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه آبی سد شهید عباسپور: 78.....
- 3-6- ارزیابی مدل S: 78.....
- 3-7- نحوه عملکرد سیستم تحریک: 79.....
- فصل 4- معرفی دو سیستم تحریک روسی در نیروگاه رامین..... 81**
- 4-1- پانل ЭПА-500 و المانهای دورن آن : 81.....
- 4-2- وظایف اصلی تقویت کننده های مغناطیسی : 85.....
- 3-4- ماشین تحریک اولیه : 89.....
- 4-4- ماشین تحریک اصلی : 90.....
- 5-4- توضیح در مورد فورسنیگ : 95.....
- 6-4- پارامترهای فورسنیگ و مگا وار واحد : 96.....
- 7-4- عمل دی فورسنیگ : 97.....
- 8-4- توضیح در مورد واحد Б0МВ حفاظت زیر تحریک : 99.....
- 9-4- نکاتی بیشتر درباره محدودکننده زیر تحریک Б0МВ : 99.....
- 10-4- معرفی فیدبکهای ثابت (پایدار) و گذرا : 100.....
- 11-4- پل های دیودی جهت یکسو کردن : 100.....
- 4-12- اتوترانس یا ترانسفورماتور کنترل مگاوار: 100.....
- 13-4- نحوه عملکرد سیستم تحریک واحدهای 2- 4 نیروگاه رامین : 101.....
- 4-14- توضیحات بر روی نقشه تک خطی و شماتیک پانل ЭПА-500 : 103.....
- 4-15- قسمت دوم : سیستم تحریک واحدهای 6 و 5 نیروگاه رامین..... 107.....
- 4-16- حفاظتهای مربوط به سیستم تحریک : 111.....
- 4-17- تشریح کارتهای موجود در تنظیم کننده ولتاژ (AVR) : 111.....
- فصل 5- معرفی سیستم تحریک Unitrol 5000 در نیروگاه رامین..... 116**
- 5-1- نحوه عملکرد سیستم تحریک Unitrol 5000 در واحد 1 نیروگاه رامین: 116.....
- 5-2- فرمان ها و فیدبک ها : 117.....
- 5-3- فرمان وصل میدان : 118.....

- 118 ..... 5-4 فرمان قطع میدان :
- 119 ..... 5-5 فرمان وصل تحریک :
- 120 ..... 5-6 مرحله آغاز کار ژنراتور با راه اندازی نرم :
- 121 ..... 5-7 "فایر آل فلش" چه چیزی است ؟
- 122 ..... 5-8 فرمان قطع تحریک :
- 122 ..... 5-9 مدهای کنترل : محلی / دور و اتوماتیک / دستی :
- 123 ..... 5-10 فرمان های وصل دستی / اتوماتیک :
- 124 ..... 5-11 کنترل کننده پیگیری :
- 124 ..... 5-12 کنترل دستی جریان و کنترل اتوماتیک ولتاژ :
- 125 ..... 5-13 فرمان کانال 1/2 کانال :
- 127 ..... 5-14 تغییر وضعیت به کانال اضطراری :
- 128 ..... 5-15 نواحی ایمن :
- 129 ..... 5-16 فرمان کاهش و افزایش نقطه تنظیم :
- 130 ..... 5-17 فرمان های تنظیم کننده اعمال گر فوق العاده :
- 131 ..... 5-18 فرمان های قطع و وصل پایدار کننده سیستم تحریک :
- 132 ..... 5-19 تجهیزات مربوط به کنترل محلی :
- 133 ..... 5-20 معرفی تابلوهای آرکنت :
- 133 ..... 5-21 معرفی بخش های مختلف تابلو آرکنت :
- 138 ..... 5-22 کنترل های اضافی :
- 138 ..... 5-23 تریستور / مبدل :
- 139 ..... 5-24 چک کردن برخی موارد قبل از راه اندازی سیستم :
- 140 ..... 5-25 چک کردن در زمان بی باری :
- 140 ..... 5-26 چک کردن منظم در خلال عملکرد :
- 140 ..... 5-27 بررسی های لازم و تعمیرات در هنگام خاموش بودن :
- 141 ..... 5-28 چک کردن تریپ اضطراری در سیستم تحریک در زمان هشدار و یا خطا :

فصل 6- جمع بندی بررسی فنی و اقتصادی سیستم های تحریک.....142

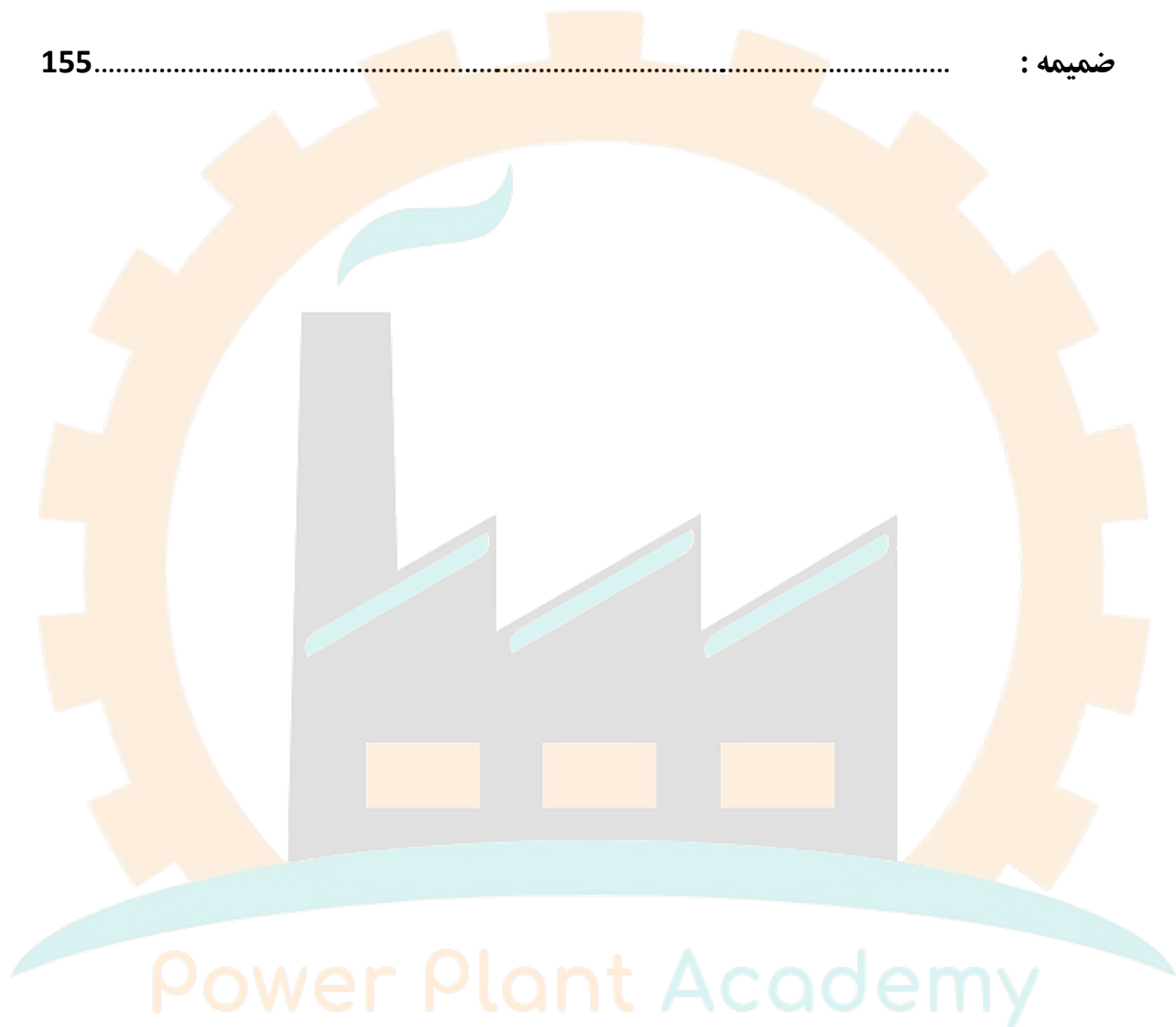
6-1- جمع بندی : .....142

6-2- مزایا و معایب سیستم تحریک واحد 2 تا 4 نیروگاه رامین : .....147

6-3- مزایا و معایب سیستم تحریک استاتیک - آنالوگ واحد 5 و 6 نیروگاه رامین : .....151

6-4- سیستم تحریک استاتیکی واحد 1 نیروگاه رامین (تحت عنوان unitrol 5000): .....152

ضمیمه : .....155



## فهرست اشکال

- شکل 1-1 : سیستم تحریک ..... 14
- شکل 1-2 : جایگاه سیستم تحریک در تولید انرژی الکتریکی ..... 18
- شکل 1-3 : سیستم تحریک در نیروگاه ..... 19
- شکل 1-4 : سیستم تحریک در نیروگاه ..... 20
- شکل 1-5 : نمودار ساده ژنراتور سنکرون سه فاز دو قطب ..... 22
- شکل 1-6 : ماشین قطب برجسته ..... 23
- شکل 1-7 : ژنراتور با روتور قطب سیلندری (سمت راست) - ژنراتور با روتور قطب برجسته (سمت چپ) ..... 24
- شکل 1-8 : نمودار بی باری ..... 28
- شکل 1-9 : ژنراتور زیر بار ..... 29
- شکل 1-10 : گشتاور سنکرونیزاسیون ..... 30
- شکل 1-11 : مشخصات گشتاور ژنراتور ..... 31
- شکل 1-12 : دیاگرام توان ماشین سنکرون ..... 32
- شکل 1-13 : دیاگرام توان ماشین سنکرون ..... 32
- شکل 1-14 : تولید و مصرف توان راکتیو ..... 33
- شکل 1-15 : تولید و مصرف توان راکتیو ..... 34
- شکل 1-16 : مقایسه گاورنر ..... 34
- شکل 2-1 : سیستم تحریک از نوع ژنراتور DC ..... 38
- شکل 2-2 : تعیین پاسخ نامی سیستم تحریک ..... 40
- شکل 2-3 : سیستم تحریک استاتیکی ..... 41
- شکل 2-4 : سیستم تحریک دینامیکی ..... 42
- شکل 2-5 : سیستم تحریک استاتیکی ..... 44
- شکل 2-6 : سیستم تحریک مشتمل بر تحریک کننده اصلی سه فاز و دیودهای ثابت ..... 46
- شکل 2-7 : سیستم تحریک بدون جاروبک ..... 48
- شکل 2-8 : استقرار اجزای یک سیستم تحریک بدون جاروبک ..... 49
- شکل 2-9 : اکسایتر با رئوستای تحت کنترل ..... 53
- شکل 2-10 : اکسایتر با تحریک سرخود و رگولاتور سیلوراستات ..... 54
- شکل 2-11 : اکسایتر اصلی با سیستم تحریک از طریق پیلوت ..... 55

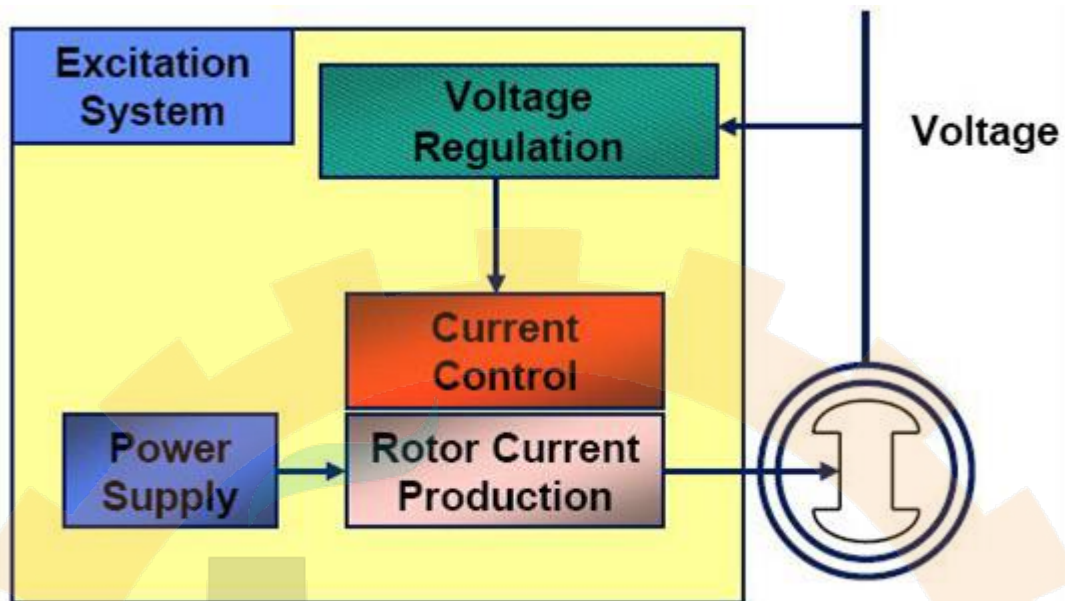
- شکل 2-12 : سیستم کنترل میدان تحریک با ژنراتور DC کموتاتور دار ..... 56
- شکل 2-13 : کنترل میدان تحریک به وسیله اکسایتر با ژنراتور DC کموتاتور دار ..... 57
- شکل 2-14 : سیستم کنترل میدان تحریک به وسیله اکسایتر با یکسو کننده آلترناتوری و استفاده از یکسو کننده های دیودی ..... 58
- شکل 2-15 : سیستم کنترل میدان تحریک با استفاده از اکسایتر آلترناتوری و یکسو کننده که در آن یکسو کننده از نوع گردان می باشد. .... 59
- شکل 2-16 : سیستم کنترل میدان تحریک با سیستم اکسایتر با یکسو کننده های مرکب ..... 60
- شکل 2-17 : سیستم کنترل میدان تحریک با استفاده از ترکیبی از اکسایتر با یکسو کننده مرکب با یکسو کننده که منبع تغذیه آن ولتاژی باشد. .... 61
- شکل 2-18 : سیستم کنترل میدان تحریک با استفاده از اکسایتر و یکسو کننده تغذیه ولتاژی ..... 62
- شکل 2-19 : ساختمان AVR بدون زغال و جاروبک ..... 64
- شکل 3-1 : نمودار سیستم تحریک نوع 1 جریان مستقیم IEEE ..... 66
- شکل 3-2 : مدار داخلی تنظیم کننده ولتاژ استاتیکی ..... 73
- شکل 3-3 : تقویت کننده گردان (آمپلی داین) ..... 76
- شکل 3-4 : نمودار تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه سد شهید عباسپور ..... 76
- شکل 3-5 : مدار معادل پایدار ساز سیستم تحریک ..... 77
- شکل 3-6 : نمودار تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه سد شهید عباسپور ..... 79
- شکل 4-1 : پانل ЭПА-500 و المانهای درون آن ..... 83
- شکل 4-2 : نمای ظاهری رگولاتور ..... 86
- شکل 4-3 : دیاگرام تک خطی نیروگاه ..... 88
- شکل 4-4 : ماشین تحریک اولیه ..... 89
- شکل 4-5 : نمودار آمپردور ..... 91
- شکل 4-6 : نمودار آمپردور، افزایشی ..... 91
- شکل 4-7 : سیم پیچ القاکننده DC ..... 92
- شکل 4-8 : نمایی از روتور ماشین تحریک اصلی را نشان می دهد. .... 94
- شکل 4-9 : نمایی از شکاف دندانهای رتور ..... 94
- شکل 4-10 : منحنی ولتاژ و جریان محدود کننده سریع تحریک ..... 96
- شکل 4-11 : سکسیونر ..... 102

- شکل 4-12: نمایی از ژنراتور و اکسایتر واحد 5 و 6 نیروگاه رامین را نشان می دهد. 107.....
- شکل 4-13: روتور ماشین تحریک اصلی مربوط به سیستم تحریک فوق را نشان می دهد. 108.....
- شکل 4-14: پل های دیودی UN1 , UN2 را نشان می دهد. 110.....
- شکل 5-1: دستورات کنترلی ..... 117.....
- شکل 5-2: مدار DE-EXCITON ..... 119.....
- شکل 5-3: آغاز کار ژنراتور با راه اندازی نرم ..... 120.....
- شکل 5-4: Fire All Flash ..... 121.....
- شکل 5-5: نمای ظاهری کنترل: محلی / دور و اتوماتیک / دستی ..... 122.....
- شکل 5-6: تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ AVR= کنترل جریان میدان FCR= ..... 123.....
- شکل 5-7: کنترل دستی جریان و کنترل اتوماتیک ولتاژ ..... 124.....
- شکل 5-8: کنترل کننده avr ..... 125.....
- شکل 5-9: کانال 2 ..... 126.....
- شکل 5-10: کانال 1 و کانال 2 در کنار هم ..... 127.....
- شکل 5-11: کانال اصلی با کانال اضطراری در سیستم دو کاناله ..... 127.....
- شکل 5-12: نمودار قدرت و نواحی عملکرد ایمن ..... 129.....
- شکل 5-13: تنظیم کننده توان راکتیو و ضریب قدرت ..... 130.....
- شکل 5-14: شرایط و فرمان های قطع و وصل پایدارکننده سیستم تحریک ..... 131.....
- شکل 5-15: نمایش عددی ( آنالوگ ) تابلوی ARCNET ..... 134.....
- شکل 5-16: نمایش میله ای تابلوی ARCNET ..... 134.....
- شکل 6-1: سیم پیچ سری پایلوت اکسایتر از نوع کمپوند نقصانی ..... 145.....
- شکل 6-2: نمودار سیستم تحریک با فرکانس بالا ..... 150.....

Power Plant Academy



## فصل 1- نظریه سیستم تحریک



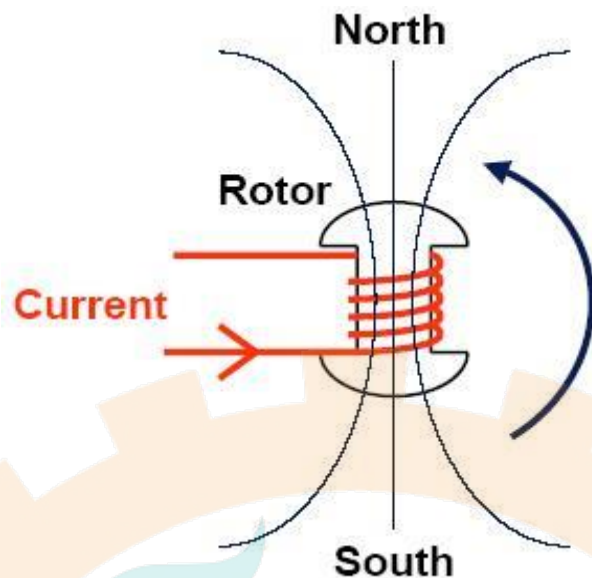
ما در این فصل دو قسمت کلی را مورد بررسی قرار می دهیم:  
1. سیستم تحریک چیست؟ 2. با حالتهای عملکرد ماشین سنکرون و مشخصات آن آشنا خواهیم شد. در این فصل سعی شده است که با ژنراتور سنکرون و مشخصات آن که به سیستم تحریک مربوط می شود نیز تا حدودی اشاره شود.

### 1-1- سیستم تحریک چیست؟

به القای ولتاژ در روتور ماشین سنکرون (که خاصیت الکترو مغناطیس پیدا کرده) تحریک ماشین گفته میشود و بنابراین سیستمی که جریان را تغذیه می کند سیستم تحریک نامیده می شود.

Power Plant Academy





شکل 1-1: سیستم تحریک

مقدار جریان تغذیه شده به طور مستقیم به نیروی الکترومغناطیسی و در نتیجه به سطح ولتاژ القا شده بر روی استاتور بستگی دارد. برای ژنراتور سنکرون سیم پیچی میدان (که مغناطیس شده) همیشه بر روی روتور قرار دارد و این بدان علت است که مقدار جریان در سیم پیچی میدان بسیار کمتر از سیم پیچ استاتور می باشد و در نتیجه ترتیب حرکت شفت آسانتر است و از همه مهمتر تعداد زغالها یکی کمتر و اسلیپ رینگ و زغالها حامل جریان کمتری می باشد. اگر سیم پیچی میدان روی استاتور قرار بگیرد حجم سیم پیچی بیشتر میشود و در نتیجه ترتیب حرکت شفت سخت تر خواهد شد. البته مطالبی که در بالا اشاره شد، اشاره به بحث آرمیچر ساکن در ماشین سنکرون دارد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی از نیمه هادی های قدرت نظیر دیود و تریستور برای کنترل بهتر مشخصات ماشین تحریک می توان استفاده کرد. در هر سیستم تحریک، بسته به نوع و شکل آن، تجهیزات ممکن است خیلی زیاد باشند ولی با این حال در هر سیستم تحریک یک سری اجزای ثابت و اصلی وجود دارد که در ادامه به شرح برخی از اجزای اصلی سیستم تحریک اشاره خواهیم کرد.

## Power Plant Academy

### 1-2-1-2 اجزای تشکیل دهنده سیستم تحریک:

#### 1-2-1-1 تولید جریان روتور:

روتور ماشین باید به وسیله جریانی تغذیه شود به عنوان مثال: روتور ماشین بوسیله یک مبدل الکترونیکی پر قدرت تغذیه شود (این روش مستقیم است) و یا یک جریان کوچک، ماشین تحریک را تغذیه می کند که به طور منظم جریان روتور زیاد می شود. (روش غیر مستقیم)

## 1-2-2- منبع تغذیه:

سیستم تحریک به منظور تولید جریان به منبع تغذیه نیاز دارد منبع تغذیه به دو صورت تغذیه موازی و تغذیه سری کاربرد دارد. تغذیه موازی تغذیه ای است که از ترمینالهای ماشین گرفته می شود و تغذیه سری تغذیه ای است که از تغذیه کمکی گرفته می شود.

## 1-2-3- سیستم تنظیم کننده خودکار ولتاژ (میکروکنترلر<sup>1</sup>):

میکروکنترلر<sup>1</sup> یک کنترل کننده حلقه بسته است که سیگنالی متناسب با ولتاژ خروجی ژنراتور را با یک ولتاژ مبنای ثابت مقایسه نموده و خطای ولتاژ به دست آمده را جهت کنترل خروجی سیستم تحریک مورد استفاده قرار می دهد.

اگر بار ژنراتور تغییر کند ولتاژ خروجی ژنراتور نیز تغییر می کند که این منجر به ارسال سیگنال خطا می گردد. خطای ولتاژ بوسیله تنظیم کننده ولتاژ تقویت شده و جهت کاهش یا افزایش میزان تحریک مورد استفاده قرار می گیرد تا ولتاژ خروجی ژنراتور را به مقدار اصلی خود برگرداند. پاسخ سریع و پایدار میکروکنترلر<sup>1</sup> به تغییرات بار از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

میکروکنترلر ولتاژ خروجی ژنراتور را از طریق ترانسفورماتور ولتاژ مربوط به خود دریافت می نماید. سیگنال ولتاژ سپس یکسو و صاف شده و با ولتاژ مبنا مقایسه می گردد. امکان تغییر ولتاژ مبنا با توجه به نیاز سیستم توسط اپراتور وجود دارد.

علاوه بر وظیفه اصلی کنترل ولتاژ، وظایف حیاتی دیگری بعهده میکروکنترلر است. میکروکنترلر شامل حلقه های کنترلی دیگری برای کنترل حدی مگاوار و فلوی اضافی می باشد.

## 1-2-4- مدار دنبال کننده خودکار:

در میکروکنترلر دو کاناله هر دو کانال تنظیم کننده می تواند بطور همزمان فعال باشند و هر کانال نیمی از نیازهای سیستم تحریک را برآورده سازند. روش دیگر فعال بودن یک کانال و رزو بودن کانال دیگر است که در صورتی که کانال فعال از کار بیفتد کانال رزرو وظیفه کانال فعال را دنبال خواهد کرد.

<sup>1</sup> AVR

## 1-2-5-1- کنترل تحریک:

علاوه بر حلقه کنترل ولتاژ، تجهیزات مدرن تحریک شامل تعدادی مدارهای محدود کننده جنبی می باشند که بصورت کنترل کننده های موازی با مدار کنترل ولتاژ کار می کنند و در صورتیکه متغیر محدود شونده از حد تعیین شده تجاوز کند، جانشین سیگنال ولتاژ می باشد.

### 1-2-5-1- محدود کننده جریان روتور:

سیستم های تحریک قادر به تأمین جریان تحریکی بیش از میزان مورد نیاز ژنراتور برای کار در حالت حداکثر بار پیوسته مجاز هستند این قابلیت فوق العاده، در مواقعی که خطایی در سیستم اتفاق می افتد و احتیاج به توان راکتیو اضافی برای تقویت گشتاور سنکرون روتور است، مورد استفاده قرار می گیرد. البته این جریان اضافی تحریک بایستی از نظر زمانی گردد تا گرم شدن بیش از حد روتور منجر به از بین رفتن عایق هادیهای روتور نگردد برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد روتور مدار محدود کننده جریان روتور جریانهای تحریک بیش از 110٪ حداکثر بار پیوسته مجاز را آشکار می سازد. هنگام خطا، میکروکنترلر با افزایش جریان تحریک وارد عمل می گردد و معمولاً این وضعیت چند میلی ثانیه بیشتر دوام نداشته و کلید، مدار اتصال کوتاه را قطع می کند. برای حداکثر پشتیبانی معمولاً بعد از تأخیری در حدود 5 ثانیه مدار محدود کننده جریان روتورها سیگنالی که با سیگنال ارسالی از میکروکنترلر مخالفت کند، ارسال نموده و جریان تحریک را به محدوده مجاز تقلیل می دهد.

### 1-2-5-2- محدود کننده مگاوار :

تجهیزات مدرن میکروکنترلر توانایی کنترل کار ژنراتور در زوایای بار 130 تا 140 درجه را دارند که مربوط به حالت گذرا می باشد و معمولاً کار ژنراتور تا زاویه 75 درجه محدود می گردد. توان راکتیو پیش فاز مجاز ژنراتور با مربع ولتاژ خروجی ژنراتور تغییر می کند و اگر تحریک ژنراتور کم باشد بزرگ شدن زاویه بار ( $\delta$ ) خیلی زود ژنراتور را به حالتی می کشاند که از شبکه توان راکتیو بگیرد. برای اینکه از این حالت جلوگیری شود، عملاً وقتی مقدار بخار توربین زیاد می گردد و یا به عبارت دیگر توان ورودی از توربین به ژنراتور افزایش می یابد، بایستی جریان تحریک ژنراتور نیز متناسب با آن افزایش یابد ضمناً یک محدود کننده مگاوار در میکروکنترلر AVR تعبیه گردیده است که در صورتی که مقدار توان راکتیو پیش فاز ژنراتور از حد تعیین شده ای تجاوز کند، کار اصلی میکروکنترلر AVR که کنترل ولتاژ در مقداری ثابت است، را

تحت الشعاع قرار داده و جریان تحریک را به مقداری بالا می برد که زاویه بار ( $\delta$ ) افزایش نیابد و به این شکل از ناپایدار شدن ژنراتور جلوگیری می کند.

### 3-5-2-1- محدود کننده شار اضافی:

علاوه بر مدار حفاظت از فلوی اضافی، تجهیزات مدرن میکروکنترلر AVR شامل مدار محدود کننده فلوی اضافی نیز می باشند. این یک کنترل حلقه بسته است که نسبت ولتاژ به فرکانس را به هنگام کار غیر سنکرون ژنراتور آشکار می سازد و در صورتیکه از میزان از قبل تعیین شده تجاوز نماید محدود کننده، سیگنالی ارسال می کند که تحریک را کاهش می دهد و از فلوی اضافی در ترانسفورماتور واحد جلوگیری می کند.

### 4-5-2-1- تثبیت کننده سیستم قدرت:

تثبیت کننده سیستم قدرت دستگاهی است که خروجی تحریک را از طریق تنظیم کننده ولتاژ، کنترل می کند و به صورتی که نوسانات قدرت ژنراتور سنکرون میراگردند. متغیرهای ورودی<sup>1</sup>، سرعت، فرکانس و یا توان است.

### 3-1-1- وظایف سیستم تحریک:

1. نگه داشتن عملکرد ژنراتور در منطقه ایمنی که این کار با محدود کردن جریان میدان ماشین انجام می شود. به عنوان مثال محدودیت جریان میدان، محدودیت ولتاژ، محدودیت جریان زیر تحریک و غیره

2. مانیتور کردن و نشان دادن مشکل در اجزای سیستم تحریک به عنوان مثال ایجاد مشکل در دمای روتور، دمای ترانسفورماتور، اتصال زمین روتور، شکست دیود در حال چرخش و ...

در هر سیستم تحریک با عملکرد منظم جریان، میدان تولید می شود (در سیستم تحریک<sup>2</sup>، سیستم کنترل با سرعت بالایی ساخته شده است و این سرعت بالا یکی از مزایای این سیستم تحریک به شمار می رود) در انتهای این قسمت به عنوان جمع بندی میتوان به این نکته اشاره کرد که سیستم تحریک

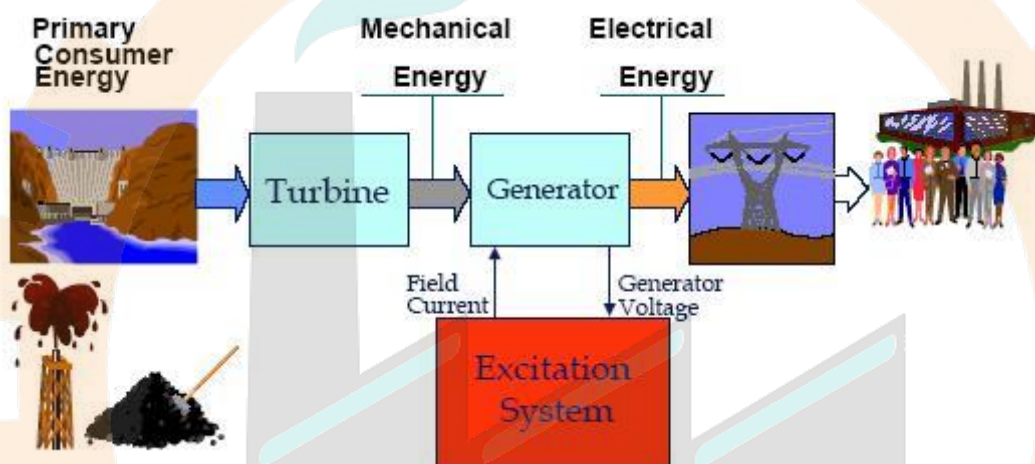
<sup>1</sup> PSS

<sup>2</sup> unitrol 5000

کامل و خوب علاوه بر انجام محدودیتها و عمل حفاظت، باید دارای یک سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> و یا جهت اعلام خطا باشد.

#### 1-4- جایگاه سیستم تحریک در تولید انرژی الکتریکی:

ابتدا انرژی (فسیلی - اتمی - آب - بادی) بوسیله ژنراتور سنکرون به انرژی الکتریکی تبدیل شده و این انرژی بعد از عبور از سیستم انتقال و توزیع به دست مصرف کننده می رسد. یکی از علائم نشان دهنده کیفیت انرژی الکتریکی وجود یک ولتاژ ثابت در نزد مصرف کننده می باشد که این کیفیت توسط سیستم تحریک بوجود آمده و به ژنراتور سنکرون ما القا می شود.

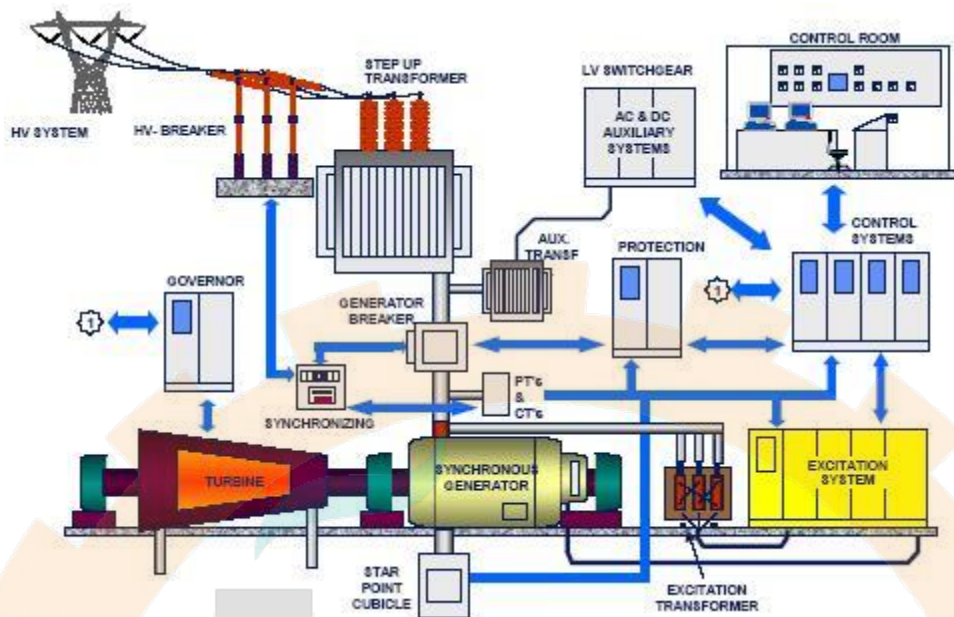


شکل 1-2: جایگاه سیستم تحریک در تولید انرژی الکتریکی

تبدیل به حرکت و انرژی الکتریکی: برای تبدیل انرژی با مقدار بزرگ، ابتدا انرژی اولیه به انرژی مکانیکی تبدیل شده و سپس از انرژی الکتریکی برای توربین ها و ژنراتورها استفاده می شود. ولتاژ خروجی: ولتاژ خروجی ماشین بوسیله سیستم تحریک کنترل می شود. انتقال و توزیع: انرژی الکتریکی از طریق خطوط انتقال به دست مصرف کننده می رسد.

<sup>1</sup> monitoring

## 1-5- سیستم تحریک در نیروگاه:



شکل 3-1: سیستم تحریک در نیروگاه

اجزای اصلی قرار گرفته در نیروگاه به همراه اتصالات آنها به یک سیستم تحریک استاتیکی در دیاگرام فوق نشان داده شده است با توجه به شکل داریم:

ورودیها به سیستم تحریک: 1. منبع تغذیه اصلی به سیستم تحریک که به طور مستقیم از ترمینالهای ژنراتور و از طریق ترانس تحریک برداشت می شود. 2. ترانس ولتاژها و ترانس جریان آنها: به منظور تنظیم ولتاژ ژنراتور، از ترمینالهای خروجی ژنراتور نمونه ولتاژ و جریان برداشت می شود.

خروجیها از سیستم تحریک: 1. خروجی اصلی از سیستم تحریک ولتاژ سیستم تحریک<sup>3</sup> است که از سیم پیچی روتور و از طریق لغزش حلقه<sup>4</sup> عبور داده می شود (وقتی می خواهیم انرژی را از جای ثابت به یک جای متحرک و مخصوصا دوار انتقال دهیم احتیاج به لغزش حلقه داریم چرا که در صورت نبود آن، اگر بخواهیم انرژی را از طریق کابل به قسمت دوار انتقال دهیم کابل پاره خواهد شد و برای جلوگیری از این کار از لغزش حلقه استفاده می شود).

2. پیغام ها (از قبیل هشدار و خطا ها) که از سیستم تحریک به سیستم کنترل فرستاده می شوند.

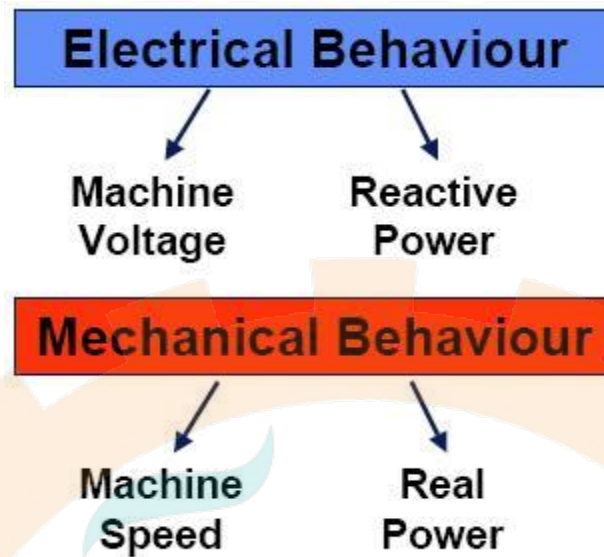
<sup>1</sup> PT

<sup>2</sup> CT

<sup>3</sup> Exciter

<sup>4</sup> Slip rings

## 1-6- رفتار الکتریکی و مکانیکی ژنراتور سنکرون :



شکل 4-1: سیستم تحریک در نیروگاه

قبل از اینکه به توضیح رفتار الکتریکی و مکانیکی ژنراتور بپردازیم لازم می دانیم که توضیح مختصر و مفیدی درباره ژنراتور داشته باشیم:

ژنراتور یکی از تجهیزات اصلی و گرانقیمت نیروگاههاست که وظیفه تبدیل انرژی مکانیکی انتقالی از محور توربین را به انرژی الکتریکی به عهده دارد. اساس تولید الکتریسیته توسط ژنراتور القا الکترومغناطیسی است که در سال 1831 میلادی توسط میشل فارادی ارائه گردید. ژنراتورهای اولیه از نوع جریان مستقیم بودند ولی آشکار شدن مزایای سیستمهای جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم منجر به رشد سریع سیستمهای جریان متناوب و در نتیجه تقاضای روزافزون ژنراتورهای جریان متناوب گردید. ژنراتورهای جریان متناوب اولیه با موتورهای دیزل و با سرعت کم کار می کردند. در حدود سال 1900 میلادی ژنراتورهایی که مستقیماً توسط توربین بخار با سرعت بالا به حرکت در می آمدند، تولید شدند. با توسعه روشهای آهنگری در ساخت روتورها و استفاده از تکنیکهای بهتر، در حدود سال 1920 میلادی ظرفیت توربوژنراتورها تا میزان 20 مگاوات با سرعت گردش 3000 دور در دقیقه بالا رفت. در طول جنگ جهانی دوم توسعه طراحی و ساخت نیروگاهها به تعویق افتاد ولی در طی سالهای اولیه پس از جنگ تعداد زیادی ژنراتور تا ظرفیت 60 مگاوات و با سرعت 3000 دور در دقیقه ساخته و نصب گردید. افزایش بیشتر ظرفیت ژنراتورها به لحاظ بزرگ شدن ابعاد، مسائل اقتصادی و مشکلات حمل و نقل امکان پذیر نبود. بزرگترین مشکلی که سازندگان ژنراتور در رابطه با افزایش ظرفیت ژنراتور با آن روبرو بودند، دفع حرارتی بود که در اثر تلفات در ژنراتور به وجود می آمد. لذا برای بالا بردن قدرت نامی ژنراتورها دو راه موجود بود یکی کم کردن تلفات ژنراتور با بهبود طراحی و دیگری حل مشکل خنک کردن ژنراتور. همانطور

که اشاره شد ماشین های الکتریکی از نظر نوع قدرت الکتریکی تولیدی یا تغذیه به دو دسته جریان مستقیم و متناوب تقسیم می شوند. از ماشینهای الکتریکی گردان هم بصورت موتور جهت تولید نیروی مکانیکی و هم به صورت ژنراتور برای تولید الکتریسیته استفاده می شود که در این میان ژنراتورهای سنکرون به دلیل دور و ولتاژ ثابت و در نتیجه فرکانس ثابت و مهیا شدن شرایط سنکرون با همدیگر از یک طرف و به علت انتقال آسان انرژی الکتریکی متناوب در شبکه های برق مورد استفاده قرار گرفتند. دو نوع از ماشینهای الکتریکی جریان متناوب متداول در صنعت عبارتند از:

1. ماشین های آسنکرون یا القائی

2. ماشین های سنکرون

در نیروگاهها معمولاً از ماشینهای سنکرون به عنوان ژنراتور و از ماشینهای آسنکرون به عنوان موتور استفاده می شود.

ژنراتور سنکرون شامل یک قسمت استوانه ای ثابت به نام استاتور و یک قسمت دوار به نام روتور که درون استاتور قرار دارد می باشد. سیم پیچ تحریک که بر روی روتور پیچیده شده است با جریان مستقیم (جریان تحریک) تغذیه می گردد. به این صورت میدان مغناطیسی که به واسطه گردش روتور بوجود می آید از نوع دوار است، این میدان دوار در هادیهای ثابت قرار گرفته بر روی استاتور نیروی محرکه القائی ایجاد می کند ولتاژ لحظه ای القا شده در هر یک از هادی های استاتور متناسب با شدت میدان مغناطیسی در محل هادی است.

$$e = k \frac{dB}{dt} L \quad (1-1)$$

$e$  : ولتاژ لحظه ای القا شده در هادی بر حسب ولت

$\frac{dB}{dt}$

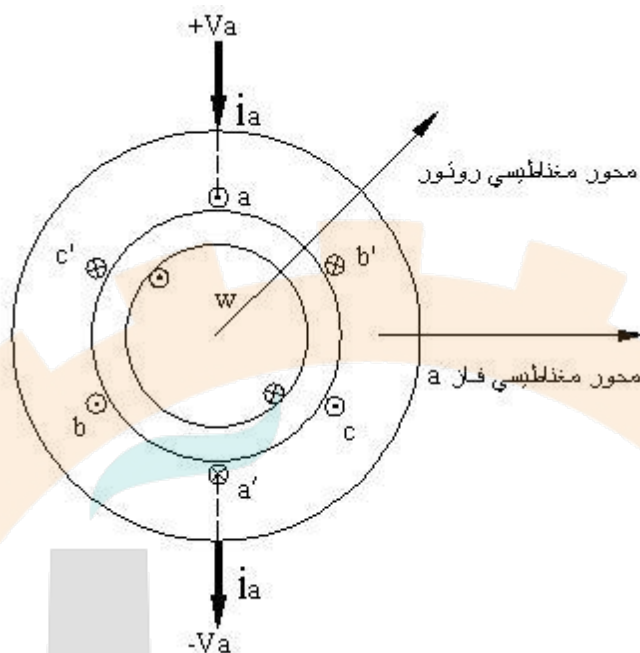
: میزان تغییرات چگالی شار مغناطیسی در واحد زمان بر حسب تسلا/ ثانیه

$L$  : طول هادی در معرض فلوی مغناطیسی بر حسب متر

$K$  : ضریب ثابت

به منظور تولید ولتاژ سینوسی، شدت میدانی که هادیهای استاتور در معرض آن قرار دارند بایستی بطور سینوسی تغییر کند، این کار با آرایش سیم پیچ های روتور بصورتی که میدان مغناطیسی که در اطراف آن بوجود می آید سینوسی باشد، صورت می گیرد. همچنان که روتور در داخل سیم پیچ استاتور دوران می کند هر هادی استاتور در معرض میدان مغناطیسی که بطور سینوسی تغییر می کند قرار می گیرد و ولتاژی سینوسی در طول آن بوجود می آید که متناسب با شدت میدان مغناطیسی است که در معرض آن قرار دارد.

در استاتور یک ژنراتور سنکرون سه فاز سه سیم پیچ قرار دارد که نسبت به هم 120 درجه اختلاف فاز الکتریکی و در ژنراتور دو قطبه 120 درجه اختلاف فاز فضایی و الکتریکی دارند.



شکل 5-1: نمودار ساده ژنراتور سنکرون سه فاز دو قطب

حال که مختصری با ژنراتور سنکرون آشنا شدیم به بررسی رفتار الکتریکی و مکانیکی ماشین می پردازیم .

رفتار الکتریکی: جریان تحریک، ولتاژ ماشین، توان راکتیو.

رفتار مکانیکی: سرعت ماشین ، گشتاور ماشین (قدرت یا توان در هر واحد سیستم)

در بسیاری از روشها یک شباهت نسبی قوی بین رفتار مکانیکی و رفتار الکتریکی ماشین وجود دارد. با این وجود این دو رفتار حتما از هم تفکیک شده اند. به عبارتی دیگر زمانی رفتار الکتریکی و مکانیکی از هم تفکیک نخواهد شد که ما بتوانیم از توان اکتیو (حقیقی) در سیستم تحریک استفاده کنیم و یا اینکه توان اکتیو را بدون نیاز به زغال سنگ ، روغن و... بسازیم.

## 1-7- ساختمان ژنراتور سنکرون و انواع آن:

ساختار مدار معادل در درک ماشین سنکرون به ما کمک می کند. در این قسمت ابتدا بر روی ماشین قطب یکپارچه یا استوانه ای تمرکز می کنیم. تشکیل مدار معادل عمومی برای هر ماشین سنکرون نیاز به توجه به این نکته است که ماشین دارای دو محور است. 1. محور مستقیم 2. محور عرضی. محور مستقیم از

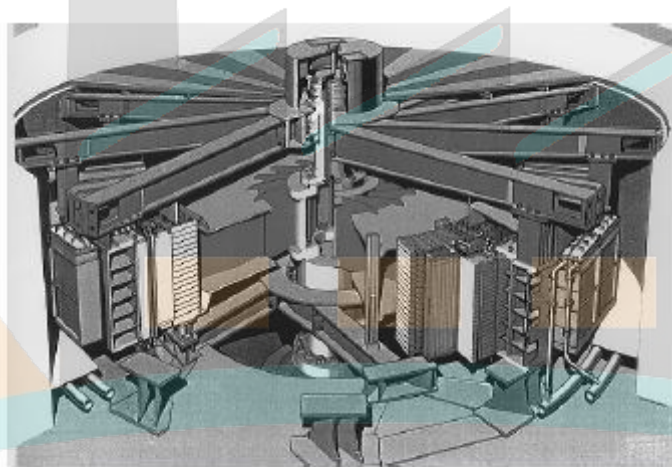
فورانی که به طور مستقیم از پیشانی (رخ) قطب به سیم پیچی استاتور شارش می یابد ناشی می شود و محور عرضی از فورانی که از محور عمودی به پیشانی قطب شارش می یابد ناشی می شود.

تعریف پیشانی قطب: بخشی از قطب مغناطیسی که رویاروی فاصله هوایی قرار گرفته و کار مفید میدان مغناطیسی را انجام می دهد را پیشانی قطب می گویند. ماشین قطب یکپارچه یک نمای استوانه ای صاف است. در ماشین قطب صاف عبور فوران از مسیرهای مختلف یکسان است یعنی در این ماشین فوران بین روتور و استاتور از هر مسیری که بگذرد سختی یکسانی خواهد داشت. که این به خاطر این است فاصله هوایی در ماشین قطب صاف مانع اصلی است.

ماشین سنکرون قطب یکپارچه: شار یا فوران مغناطیسی بین روتور و استاتور دارای یک فاصله هوایی کوچک هم در محور طولی و هم در محور عرضی می باشد. ماشین قطب یکپارچه یا استوانه ای بوسیله  $x_d = x_q$  که برابر با راکتانس سنکرون می باشد توصیف داده می شود.

ماشین قطب برجسته: فوران در محور عرضی بوسیله یک فاصله هوایی ارزشمند باید پوشش داده شود. ماشین قطب برجسته بوسیله  $X_d > X_q$  توصیف داده می شود.

$X_d$ : راکتانس محور مستقیم  $X_q$ : راکتانس محور عرض



Power Academy  
• Low speed application for speed range  $< 1500$  rpm  
•  $X_d > X_q$

شکل 6-1: ماشین قطب برجسته

تفاوت بین ماشین قطب یکپارچه (صاف) و ماشین قطب برجسته یک اختلاف مهم در عملکرد مشخصه ماشین ایجاد می کند. در ماشینهای قطب برجسته اگر جریان تحریک هم صفر هم شود باز می توان انرژی را به شفت انتقال داد چون تغییرات رلوکتانسی وجود دارد به خاطر همین ماشینهای قطب برجسته زیر

تحریک بهتر می توانند کار کنند تا ماشینهای قطب صاف. البته این یک تئوری است و هیچ وقت به صورت عمل این کار را انجام نمی دهند.

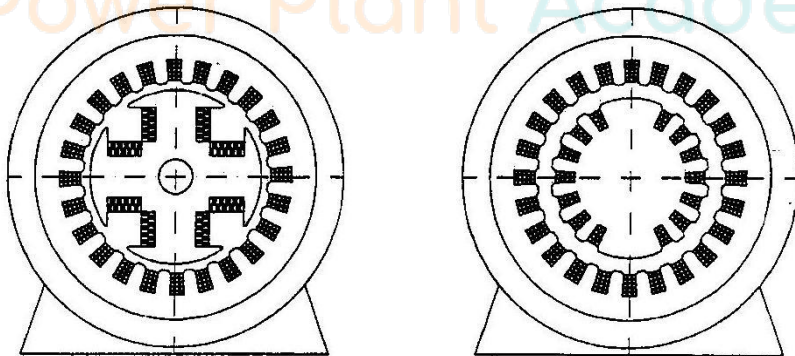
دو نوع ژنراتور سنکرون با توجه به نوع استفاده طراحی و ساخته می شود. 1. ژنراتور قطب برجسته 2. ژنراتور قطب صاف که به اصطلاح توربو ژنراتور نامیده می شود.

### 1. روتور با قطب برجسته (آشکار)

این نوع روتورها در ماشینهای سنکرونی که با سرعت کم چرخانده میشوند مانند: ژنراتورهای موجود در سدها و دیزل ژنراتورها بکار میرود، جهت جریان در کلیه سیم پیچها طوری است که قطبها متناوباً شمال و جنوب می شوند.

### 2. روتور با قطب استوانه ای :

این نوع روتور معمولاً در ماشینهای سنکرون با سرعت زیاد مورد استفاده قرار میگیرد. قطر این روتور نسبت به طول آن کوچک بوده و عموماً این ماشینها بطور افقی مورد استفاده قرار می گیرند. سیم پیچهای روتور درون شیارهایی است که در اطراف روتور قرار دارند. ژنراتورهای قطب صاف که دارای روتور سیلندری می باشند، بصورت مستقیم بوسیله یک توربین گازی یا بخاری با سرعت 3000 دور در دقیقه و به ندرت 1500 دور در دقیقه (با در نظر گرفتن فرکانس 50 هرتز شبکه برق ایران) گردانیده می شوند. با توجه به سرعت بالای چرخش روتور به منظور فائق آمدن به مشکلات ناشی از نیروی گریز از مرکز، روتور توربوژنراتورها به صورت سیلندری ساخته می شود. ژنراتورهای با قطب برجسته بوسیله توربینهای آبی یا موتورهای دیزل و یا توربینهای بخاری کوچک با چرخ دنده گردانیده می شوند سرعت گردش روتور این گونه ژنراتورها با توجه به تعداد قطبها از 60 تا 1500 دور در دقیقه متغیر است. (در مورد واحدهای آبی با توجه به شرایط آب سرعت گردش و در نتیجه تعداد قطب تعیین میگردد). در روتور قطب برجسته، سیم پیچ تحریک متمرکز است، در حالیکه در روتور سیلندری سیم پیچ تحریک برای کاهش اثر نیروی گریز از مرکز غیر متمرکز است.



شکل 7-1: ژنراتور با روتور قطب سیلندری (سمت راست) - ژنراتور با روتور قطب برجسته (سمت چپ)

مقادیر نامی ژنراتور: مقادیری که معمولاً روی پلاک ماشین سنکرون وجود دارد به شرح زیر است:

مقدار های فیزیکی ماشین	واحد	مقدار پریونیت
توان ظاهری	MVA	1
ولتاژ ماشین	V	1
ضریب قدرت		1
نسبت جریان تحریک	A	1
جریان تحریک بی باری	A	-
فرکانس	HZ	1
سرعت	rpm	1

جدول 1-1: پلاک ماشین سنکرون

## 8-1-1- کمیات اصلی یک ژنراتور سنکرون:

### 8-1-1-1- قدرت مفید:

حداکثر توان پیوسته ژنراتورهای بزرگ معمولاً برحسب مگاوات براساس ولتاژ، جریان نامی و ضریب توانی که ژنراتور برای آن طراحی شده بیان می گردد. حداکثر توان پیوسته بر حسب مگاوات آمپر و براساس ولتاژ و جریان استاتور نیز می تواند بیان گردد حداکثر توان پیوسته یک ژنراتور علاوه بر مسائل اقتصادی به عوامل زیر نیز مربوط می شود.

- تواناییهای ساخت از قبیل محور روتور و غیره
- میزان تقاضای سیستم یا شبکه مرتبط با ژنراتور

با توجه به آخرین پیشرفتهای فن آوری و سیستمهای قدرت فعلی، حداکثر توان خروجی ژنراتور دوقطبی در حدود 1000 مگاوات آمپر و چهار قطبی در حدود 1500 مگاوات آمپر است. اعداد مذکور کم و بیش مقادیر تئوریک ژنراتور را به تنهایی تعیین می کنند اما برای تعیین مقدار عملی توان خروجی ژنراتور بایستی ظرفیت توربین، دیگ بخار و ... نیز در نظر گرفته شوند.

### 1-8-2- ضریب توان:

ضریب توان یک ژنراتور با توجه به توان خروجی آن تعیین می گردد. بند 27 از استاندارد IEC 34-3 ضریب توان توربوژنراتورهای خنک شونده بوسیله هیدروژن و یا آب را به صورت زیر تعیین می کند.

0.8 پس فاز: برای ژنراتورهای با توان خروجی تا 125 مگاوات

0.85 پس فاز: برای ژنراتورهای با توان خروجی 160 تا 500 مگاوات

0.9 پس فاز: برای ژنراتورهای با توان خروجی 630 مگاوات و بیشتر

افزایش ضریب توان باعث کاهش ظرفیت ژنراتور (برحسب مگاوات آمپر ثابت) و همچنین اندازه آن می گردد که نتیجه آن کاهش قیمت ژنراتور خواهد بود. به همین خاطر در صورت عدم نیاز شبکه به میزان مگاوار حاصل از مقدار ضریب توان نامی اقتصادی خواهد بود که از ضریب توانهای بالاتر استفاده شود.

### 1-8-3- ولتاژ نامی:

در نیروگاه با توجه به اینکه ژنراتور به ترانسفورماتور اصلی متصل می گردد در انتخاب ولتاژ ژنراتور که ولتاژ اولیه ترانسفورماتور را تشکیل می دهد آزادی عمل وجود دارد و میتوان ولتاژ خروجی ژنراتور را در مقدار بهینه آن تعیین نمود. مقدار این ولتاژ با توجه به توان خروجی واحد و نوع سیستم خنک کن تغییر می کند. در سیستم خنک کن غیر مستقیم با هیدروژن افزایش ولتاژ و متعاقب آن تقویت عایق سیم پیچ با مشکلاتی همراه است (تقویت عایق سیم پیچ انتقال حرارت از سیم پیچ را مشکلتر می کند) و مناسبتر است که مسیرهای موازی سیم پیچ را برای کار در جریان بیشتر و ولتاژ پایین تر افزایش داد. بر خلاف سیستم خنک کن غیر مستقیم که محدودیتی در ظرفیت واحد بوجود می آورد.

در سیستم خنک کن مستقیم که خنک کردن از میان هادیها صورت می گیرد امکان استفاده از ولتاژهای بالاتر و متعاقب آن افزایش ظرفیت واحد میسر است.

### 1-8-4- سرعت گردش:

سرعت گردش اکثر توربوژنراتورها 3000 دور در دقیقه است (ژنراتور دو قطبی) این سرعت با توجه به مسائل فنی و اقتصادی در طراحی توربینهای بخار تعیین می گردد سرعت کاربردی بعدی 1500 دور در دقیقه است (ژنراتور چهار قطبی) که در این سرعت با توان مساوی ، توربین بخار بسیار حجیم تر خواهد بود. سرعت گردش توربینهای بخار نیروگاههای هسته ای و در نتیجه ژنراتورهای گردنده بوسیله این توربینها 1500 دور در دقیقه انتخاب می گردد. با توجه به اینکه اختلالات شبکه می تواند موجب دور



گرفتن روتور گردد، استاندارد IEC 34-3 آزمایش اضافه سرعت روتور را در  $1/2$  برابر سرعت نامی برای مدت دو دقیقه توصیه می کند.

## 1-9- حالت‌های عملکرد ژنراتور:

1. حالت بی باری 2. ماشین باردار شده و عملکرد به صورت موازی با دیگر ماشینهایی که به شبکه بسیار بزرگ (شبکه بی نهایت) وصل شده اند. 3. ماشین باردار شده و عملکرد تکی آن در حالت بی باری (عملکرد جزیره ای)

### توجه:

در کتاب چاپمن یک حالت عملکرد دیگر اضافه شده و آن حالتی است که تنها دو ژنراتور با هم موازی هستند (شبکه سیستمی است که ماشین ما هر چقدر هم بزرگ باشد نمی تواند بر روی آن تغییرات ایجاد کند).

### 1-9-1- حالت بی باری:

ماشین در سرعت نامی خودش راه اندازی می شود و بریکر ژنراتور باز است و سرعت ماشین بوسیله توربین تنظیم می شود.

### 1-9-2- ماشین باردار شده و عملکرد آن در هنگام وصل به شبکه بی نهایت:

ماشین تنها یک ژنراتور کوچک است که با یک شبکه کامل مقایسه می شود بنابراین تاثیر واقعی حتی بر روی ولتاژ شبکه و یا فرکانس شبکه نمی تواند بگذارد.

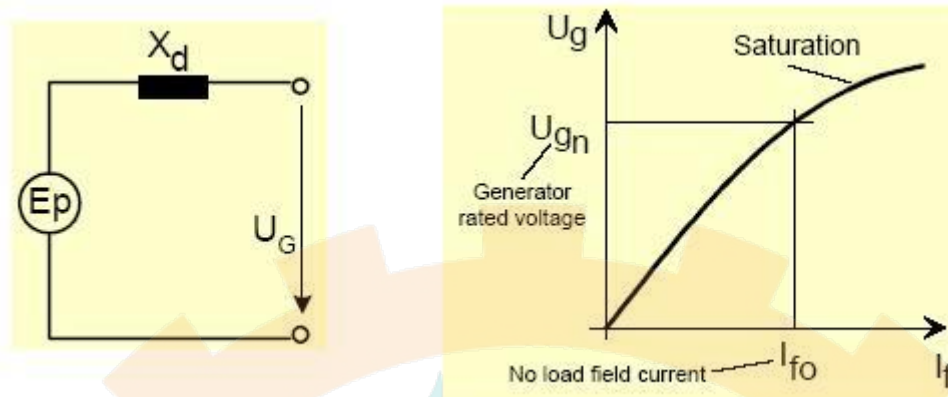
### 1-9-3- عملکرد بخش ویژه:

ماشین به یک بار اتصال داده می شود بدون آنکه ژنراتور دیگر به آن اتصال داده شده باشد. ولتاژ و فرکانس ژنراتور بستگی به بار دارد.

برای دستیابی به یک عملکرد قابل قبول، همه موارد فوق باید مورد بررسی قرار گیرند.

## ویژگیهای ژنراتور بی بار:

مقدار نیروی محرکه القا شده<sup>1</sup> به جریان تحریک و سرعت وابسته است.



شکل 8-1: نمودار بی باری

در عملکرد بی باری جریان استاتور صفر است.

ولتاژ ترمینال ماشین ماشین = نیروی محرکه القا شده  $U_G = E_p$  ,

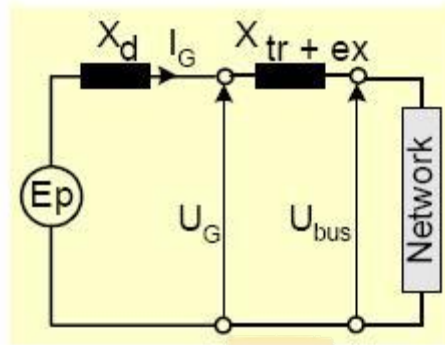
در مقادیر پایین تر از جریان تحریک ، رابطه بین جریان تحریک و ولتاژ ترمینال خطی است با این حال بالاتر از یک سطح مشخص جریان، ماشین وارد حالت اشباع می شود. بیشتر ماشینها برای اینکه ولتاژ نامی ماشین تنها در اطراف ناحیه اشباع باقی بمانند طراحی می شوند. وقتی دامنه ولتاژ ژنراتور افزایش می یابد رابطه خطی بین جریان تحریک و ولتاژ ژنراتور بیشتر یا کمتر خواهد شد. زمانی که ولتاژ ژنراتور از مقدار نامی بیشتر شود (از حد مجاز بالاتر رود) در نتیجه اشباع اتفاق می افتد. اگر تمایل داشته باشیم افزایش ولتاژ ژنراتور اضافه تر از مقدار نامی باشد جریان تحریک باید بالاتر از حد معمول افزایش داده شود.

## ژنراتور زیر بار:

ماشین حالا به شبکه اتصال داده شده است. توربین مقداری بار تحویل می دهد و باعث می شود جریان شارش یابد. سیستم تحریک می تواند مقدار نیروی محرکه القا شده ماشین را تغییر دهد اما تاثیر آن بر شبکه ناچیز در نظر گرفته می شود.

<sup>1</sup> EMF

<sup>2</sup> EMF



شکل 9-1: ژنراتور زیر بار

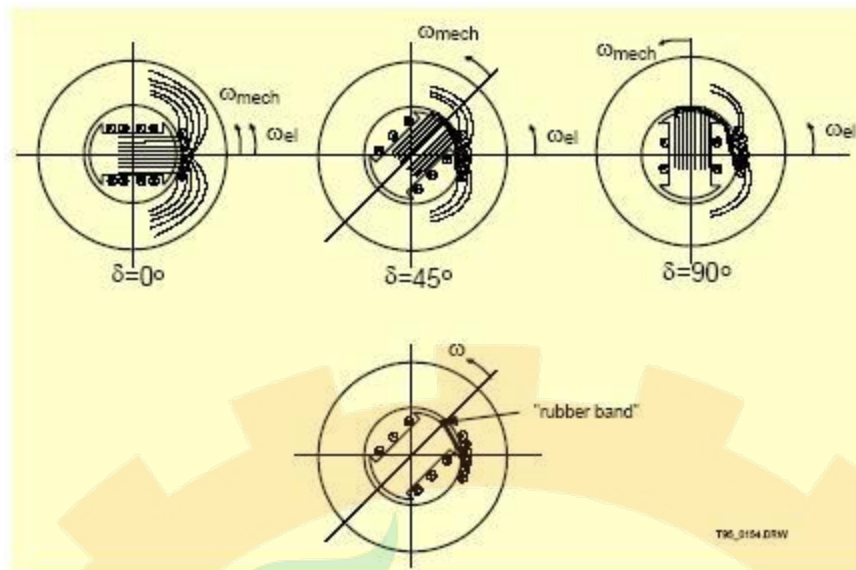
مقدار نیروی محرکه القا شده درونی ماشین هنوز هم بوسیله جریان تحریک تعیین و مشخص می شود با این حال ولتاژ ترمینال ماشین همچنین با نیروی بیشتر به شبکه بستگی دارد. اگر ماشین زیر بار است شارش جریان در سیم پیچ های استاتور که سبب افت ولتاژ در راکتانس سنکرون است اتفاق می افتد اگر جریان تحریک ثابت باقی بماند ولتاژ ترمینال ماشین مقداری کاهش داده می شود در اینجا عملکرد سیستم تحریک برای جلوگیری کردن از این افت ولتاژ بوسیله تغییر دادن جریان تحریک می باشد.

### 1-10- گشتاور سنکرونیزاسیون:

هنگامیکه زاویه  $\delta$  به مقدار 90 درجه برسد ژنراتور وارد محدوده ناپایداری خواهد شد و در اصطلاح حالت سنکرون شدن ژنراتور با شبکه پایدار باقی نمی ماند. نقش سیستم تحریک در پایداری ماشین سنکرون به این صورت است که اگر فرض کنیم سیستم تحریک وجود نداشت هنگامیکه بار افزایش می یافت زاویه  $\delta$  از 90 بیشتر می شد و حالت ناپایداری برای ماشین سنکرون ایجاد می شد بنابراین جریان تحریک گشتاور سنکرونیزاسیون را تولید می کند.

Power Plant Academy





شکل 1-10: گشتاور سنکرونیزاسیون

اگر در شکل‌های صفحه قبل مشاهده کنیم متوجه می‌شویم که در شکل آخر از باندکشی استفاده شده است. در ادامه با باندکشی بیشتر آشنا خواهیم شد. برای اینکه روتور ماشین به ولتاژ شبکه اتصال داده شود از باندکشی استفاده می‌کنیم.

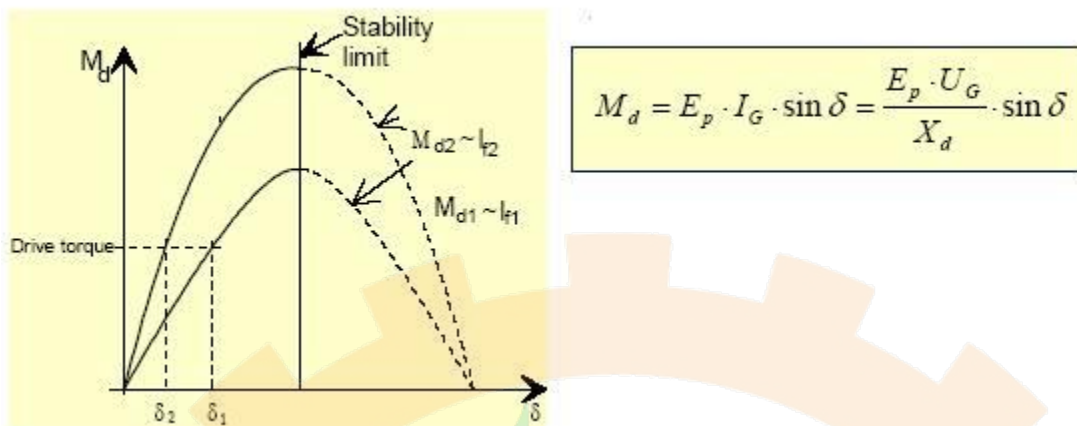
- مقاومت یا نیروی باندکشی به ثابت الاستیک یا نیروی کششی بستگی دارد در مورد ماشین سنکرون ثابت الاستیک (کشی) متغیر است و به جریان تحریک وابسته می‌شود.

- گسترش باندکشی بستگی به اینکه توسط چه نیرویی کشیده می‌شود دارد که در مورد ماشین سنکرون گسترش باندکشی به مقدار گشتاور اعمال شده به شفت بستگی دارد. یعنی اگر گشتاور زیاد شود باندکشی گسترش می‌یابد.

با توجه به توضیحات فوق در می‌یابیم که اگر جریان تحریک افزایش یابد باندکشی قدرتمندتر می‌شود و باعث می‌شود که روتور به سمت ولتاژ شبکه کشیده می‌شود.

Power Plant Academy

## 1-11- مشخصات گشتاور ژنراتور:



شکل 1-11: مشخصات گشتاور ژنراتور

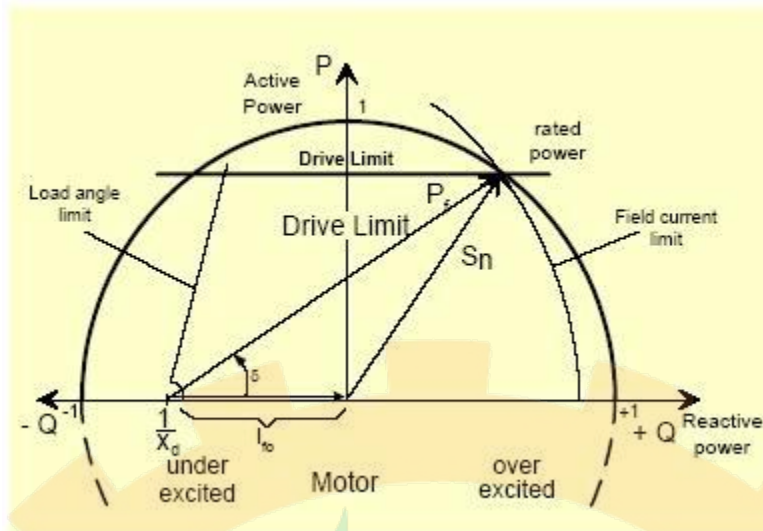
گشتاور ماشین بوسیله تساوی بالا توصیف داده میشود. برای هر مقدار از جریان تحریک میتوان شکل موج گشتاور را رسم کرد و محدوده پایداری را همان  $\delta=90$  درجه در نظر بگیرید.

## 1-12- دیاگرام توان ماشین سنکرون:

تمام تغییرات ممکن از وضعیت عملکرد ماشین سنکرون توسط دیاگرافی به نام دیاگرام توان توصیف میشود این دیاگرام می تواند از دیاگرام برداری ناشی شود. به منظور حذف تاثیر ولتاژ روی دیاگرام توان همیشه در ولتاژ نامی کشیده می شود.

Power Plant Academy

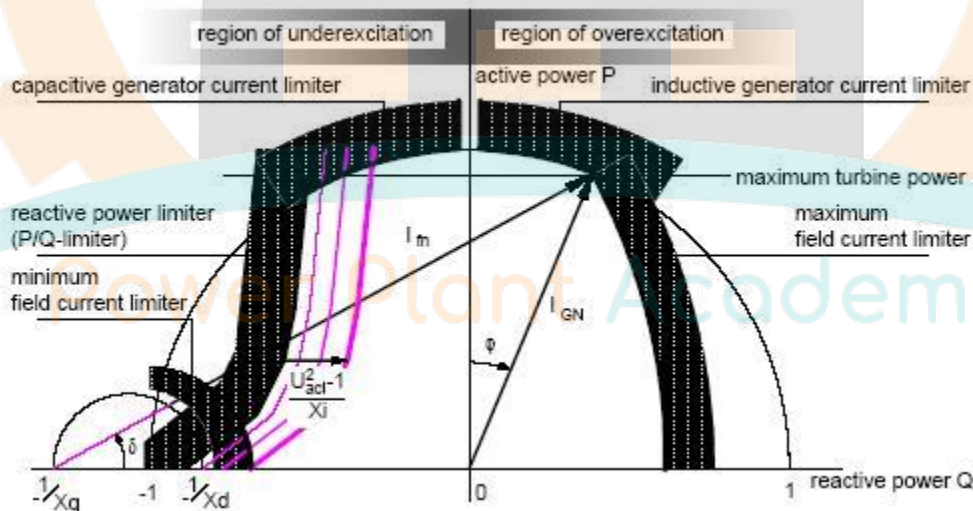
<sup>1</sup> Power Chart



شکل 1-12: دیاگرام توان ماشین سنکرون

یادآوری این نکته حائز اهمیت است که اندازه نمودار با مربع ولتاژ ترمینال تغییر می کند. دایره بزرگ مقدار ماکزیمم قابلیت حرارتی استاتور را نشان می دهد. در ولتاژ نامی، دایره با مرکز  $1/x_d$  متناسب با جریان تحریک است این دایره مقدار ماکزیمم قابلیت حرارتی روتور را نشان می دهد. به طور نرمال، نسبت توربین پایین تر از نسبت ژنراتور است بنابراین توان حقیقی محدود می شود.

**دیاگرام توان ماشین سنکرون** قطب برجسته به طور کامل متفاوت با ماشین قطب صاف است. در این دیاگرام ابتدای بردار مغناطیسی متفاوت است. بردار اندازه گیری از دایره ای ما بین نقاط  $1/x_q, 1/x_d$  آغاز می شود.



شکل 1-13: دیاگرام توان ماشین سنکرون

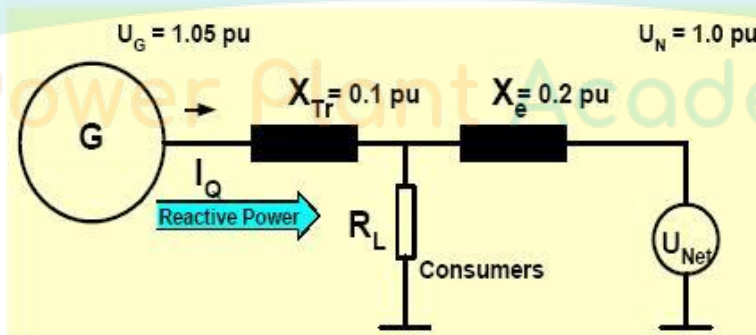
### 1-13- نیازهای شبکه استاتیکی میکروکنترلر:

نیازهای اساسی از سیستمهای تنظیم کننده ولتاژ خودکار که باید در یک شبکه فرضی تحت شرایط ثابت در نظر گرفته شود عبارتند از:

1. ولتاژ اتصال مصرف کننده باید در محدوده قابل قبول نگهداری شود. چرا که تجهیزاتی که مصرف کننده بکار می برد برای ولتاژ مشخص طراحی شده اند.
2. توزیع توان راکتیو پایدار در میان چند ژنراتور:
- ژنراتورها می توانند توان راکتیو تولید و یا جذب کنند. به منظور داشتن یک عملکرد پایدار، ضروری است که توان راکتیو در میان ژنراتورها تقسیم شود.
3. توزیع توان راکتیو در سیستم شبکه باید کمترین تلفات را در خط ایجاد کند و با پایداری خوب و همچنین همراه با تغییرات بار باشد. اگر شبکه ای عملکرد خوبی داشته باشد، داشتن تعدادی راه برای اداره کردن گره ولتاژها در نقاط متغیر و متنوع در شبکه ضروری است که این کار می تواند بوسیله سیستم های تحریک و ترانسفورماتورهای مجهز به تپ<sup>1</sup> انجام داده شود.
4. ژنراتور باید همیشه در محدوده عملکرد امن کار انجام دهد.

### 1-14- تولید و مصرف توان راکتیو:

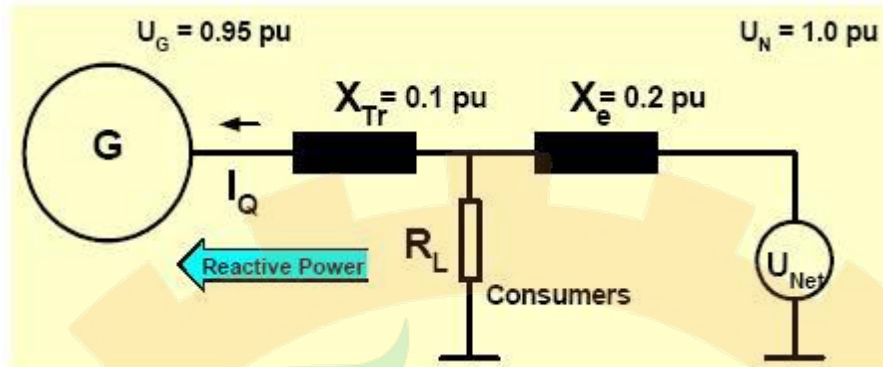
اگر ولتاژ ترمینال ژنراتور بر حسب پریونیت بسیار بزرگتر از ولتاژ شبکه بر حسب پریونیت باشد توان راکتیو تولید می شود. اگر توان راکتیو صادر شود، پس ولتاژ ژنراتور بر حسب پریونیت بسیار بزرگتر از ولتاژ شبکه بر حسب پریونیت خواهد بود. بنابراین ژنراتور سهم به سزایی در ثابت نگه داشتن ولتاژ شبکه در سطح بالا انجام می دهد.



شکل 1-14: تولید و مصرف توان راکتیو

<sup>1</sup> TAP

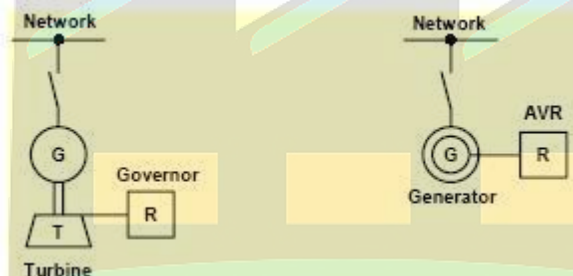
اگر ولتاژ ترمینال بر حسب پریونیت از ولتاژ شبکه بر حسب پریونیت کمتر باشد توان راکتیو توسط ژنراتور مصرف می شود. بنابراین ژنراتور سهم به سزایی در ثابت نگه داشتن ولتاژ شبکه در پائین انجام میدهد.



شکل 1-15: تولید و مصرف توان راکتیو

### 1-15- مقایسه گاورنر<sup>1</sup> و میکروکنترلر<sup>2</sup>:

در حالت مانا، توان راکتیو به خروجی مکانیکی نیروگاه بستگی دارد. و توان راکتیو به سیستم تحریک بستگی دارد.



شکل 1-16: مقایسه گاورنر

تضمین توزیع پایدار توان راکتیو بر عهده میکروکنترلر AVR می باشد. در ابتدا ممکن است فهمیدن ارتباط بین ولتاژ و توان راکتیو مشکل باشد.

<sup>1</sup> governor

<sup>2</sup> AVR

## توان اکتیو در شبکه:

اگر مقدار توان حقیقی تولید شده از مقدار توان استفاده شده بیشتر باشد سرعت شبکه افزایش می یابد. اگر مقدار توان حقیقی تولید شده از مقدار توان استفاده شده کمتر باشد سرعت شبکه کاهش می یابد. به منظور نگهداری فرکانس پایدار، بیشتر توربین ها از تنظیم کردن دروپ<sup>1</sup> بر بالای تنظیم قدرشان استفاده می کنند. به عبارت دیگر اگر سرعت سقوط کند گاورنر توان حقیقی را افزایش می دهد حتی اگر قدرت ثابت برای تنظیم نقطه موجود باشد.

## توان راکتیو در شبکه:

اگر توان راکتیو تولید شده از مقدار توان استفاده شده بیشتر باشد ولتاژ شبکه افزایش می یابد. اگر مقدار توان راکتیو تولید شده از مقدار توان استفاده شده کمتر باشد ولتاژ شبکه کاهش می یابد. ما در ادامه به اینکه چطور مشخصات میکروکنترلر AVR به توزیع توان راکتیو کمک می کند توجه می کنیم.

## 1-16- رفتار استاتیکی میکروکنترلر AVR:

در میکروکنترلر AVR ممکن است به ماشین مشخصات مختلف بوسیله تنظیم کردن دروپ<sup>1</sup> (افت فرکانس) اعمال شود.

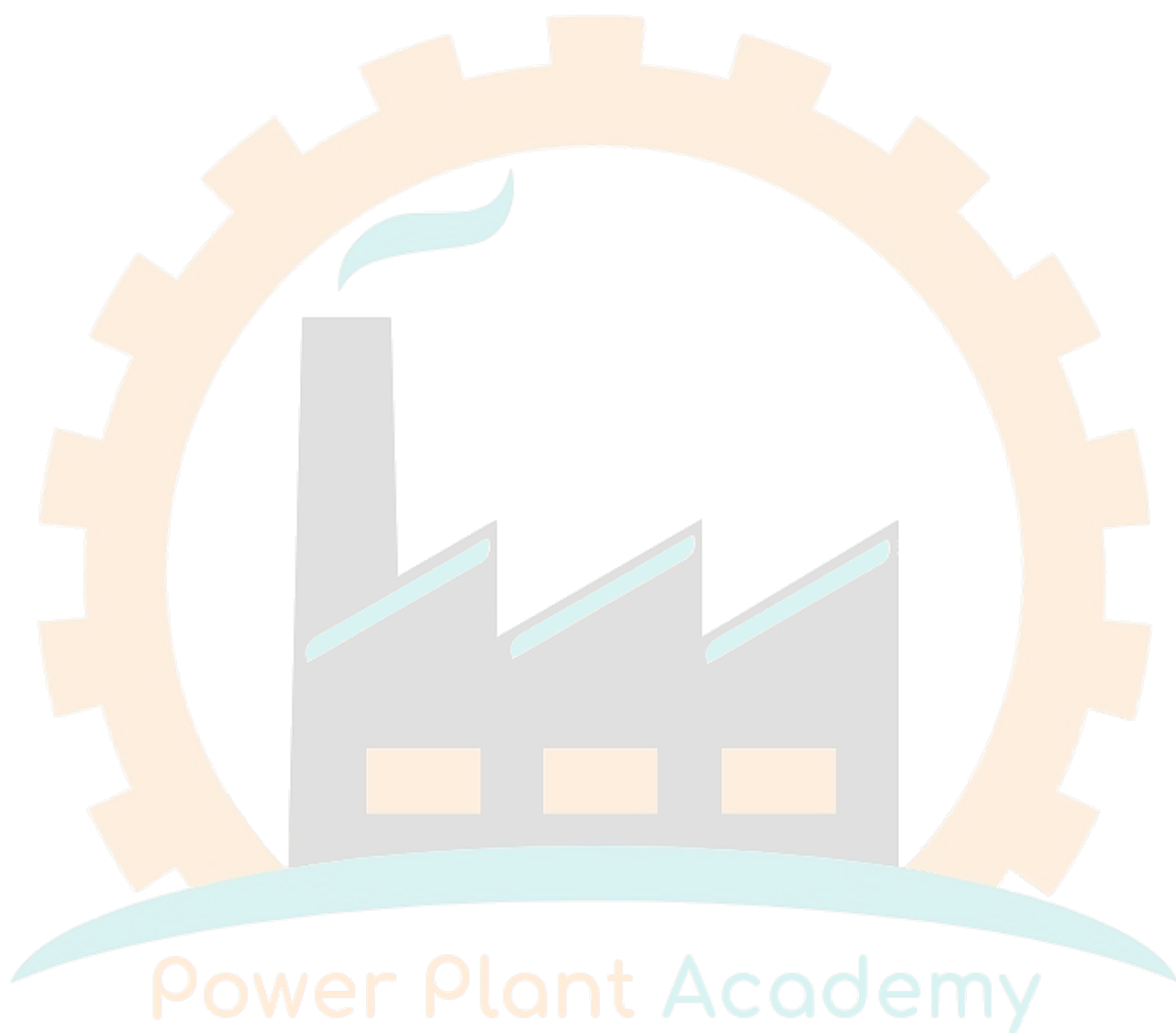
## تفاوت بین دراپ<sup>2</sup> و دروپ<sup>1</sup> چیست؟

وقتی که ژنراتور را مورد بررسی قرار می دهیم توربین را نیز می توانیم بررسی کنیم. ژنراتور و توربین دو مقوله مانند هم می باشند رفتارهای ژنراتور و توربین مانند هم می باشند. ژنراتور قبل از وصل شدن به شبکه هر گونه تغییر در جریان تحریک باعث افزایش سطح ولتاژ ژنراتور می شود. وقتی ژنراتور وصل به شبکه وصل می شود چون ژنراتور به شبکه بینهایت وصل شده هر گونه تغییر در جریان تحریک خودش را به صورت ولتاژ نشان نمی دهد چون در حقیقت ولتاژ ژنراتور همان ولتاژ شبکه است و ولتاژ از شبکه به ژنراتور اعمال می شود و ژنراتور یک عنصر کوچک است پس هر گونه تغییر در جریان تحریک خودش را به صورت مگاوار نشان می دهد و ولتاژ ژنراتور هیچگونه تغییری نمی یابد. اگر مشکلی ناگهانی ایجاد شود

<sup>1</sup> DROOP

<sup>2</sup> drop

خودش را به صورت تغییر در سطح ولتاژ شبکه نشان می دهد این افت ولتاژ را دراپ<sup>1</sup> می گویند. اگر توربین را در نظر بگیریم توربین قبل از وصل به شبکه هر گونه افزایش در بخار توربین خود را به صورت افزایش سرعت و فرکانس نشان می دهد. بعد از پارالل شدن اگر بخار را افزایش بدهیم خود را به صورت افزایش مگاوات نشان می دهد. تغییرات ناگهانی فرکانس در هنگام سوئیچینگ را دروپ<sup>1</sup> می گویند.

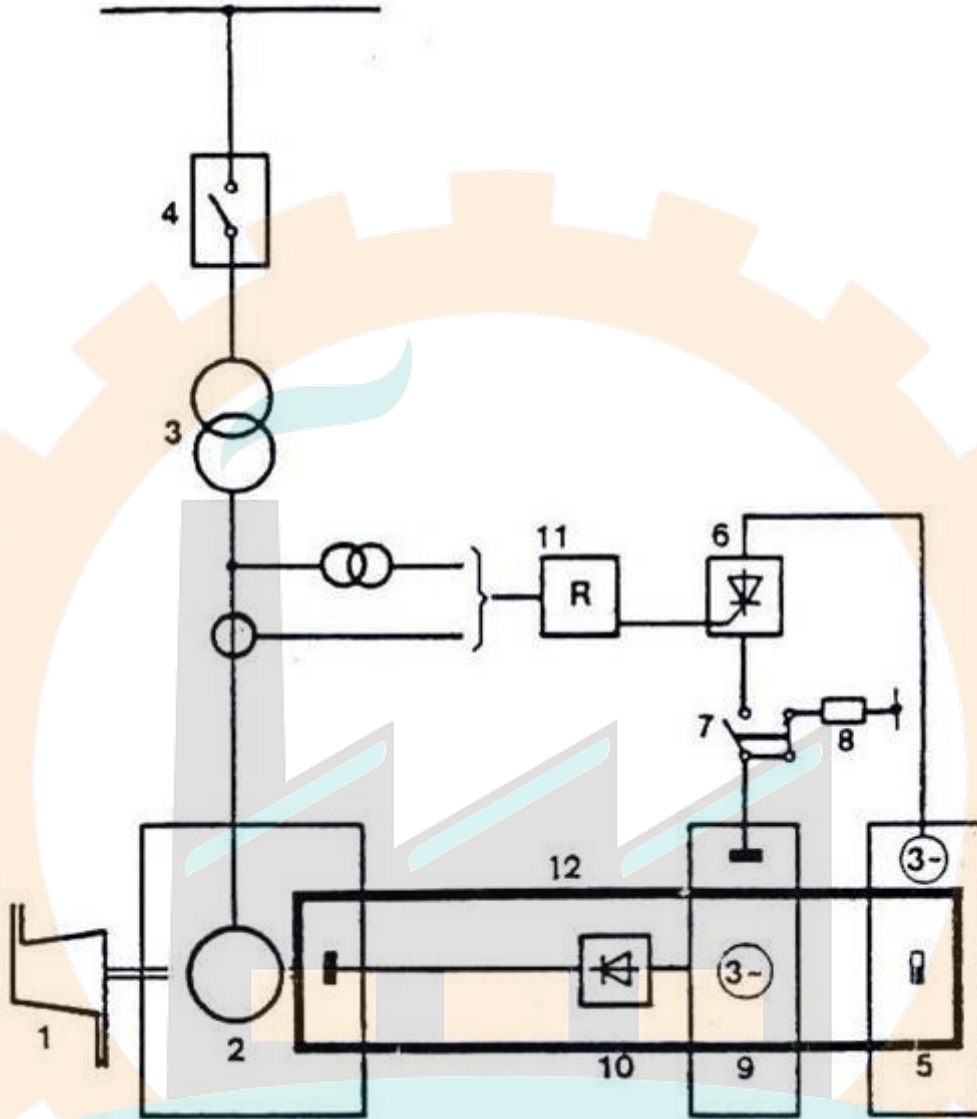


---

<sup>1</sup> droop



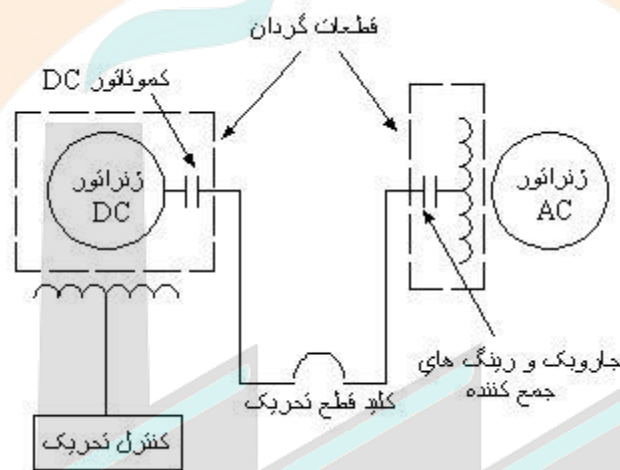
## فصل 2- انواع سیستم تحریک و معرفی انواع اکسایتر



Power Plant Academy

## 1-2- سیستم تحریک ژنراتور:

جریان تحریک توربو ژنراتورهای اولیه توسط ژنراتورهای DC که با محور ژنراتور کوپل بوده اند، تأمین می گردید. در این سیستم تحریک، سیگنال کنترل DC توسط کنترل تحریک به سیم پیچ تحریک ثابت ژنراتور DC اعمال شده و جریان مستقیم تولید شده توسط آرمیچر گردان آن از طریق محور گردنده ژنراتور اصلی و یا محور یک موتور مجزا به گردش در می آید. در هر حالت یک کموتاتور در تحریک DC و نیز جاروبک و رینگ های جمع کننده روی سیم پیچ روتور ژنراتور اصلی جهت انتقال جریان DC مورد نیاز می باشد. شکل (1-2) سیستم فوق را نشان می دهد. نوع کنترل تحریک و تغذیه آن می تواند از نوع تحریک پایلوت و یا ترانسفورماتور تحریک باشد که در شکل نشان داده نشده است.



شکل 1-2: سیستم تحریک از نوع ژنراتور DC

سیستم فوق بیشتر در مورد مولدهای کوچک و نیز قدیمی استفاده می شد ولی نیاز به افزایش جریانهای تحریک در مولدهای بزرگ و متوسط و مشکلات کموتاسیون جریانهای بالا و پیشرفت همزمان فن آوری نیمه هادیها، منجر به استفاده از سیستمهای تحریک AC گردید. این سیستمهای تحریک یا از نوع استاتیک با یکسو کننده های تریستوری که سیم پیچ روتور را از طریق حلقه های لغزنده تغذیه می کنند و یا سیستمهای بدون جاروبک با دیودهای گردان توسط محور ژنراتور، می باشند.

در صورتیکه ژنراتور به شبکه اصلی برق با خطوط انتقال طولانی وصل شده باشد، لازم است که سیستم تحریکی با سرعت پاسخ بالا که قادر به حفظ پایداری ژنراتور در حالات گذرای شبکه باشد، مورد استفاده قرار گیرد. یک سیستم تحریک استاتیک تریستوری که قادر به تغییرات پله ای ولتاژ میدان است برای چنین شرایطی مناسب است.

در مواردیکه دسترسی به ژنراتور به هنگام بی برقی شبکه بر سرعت پاسخ بالا ارجحیت داشته باشد، از تحریک کننده‌های اولیه با مغناطیس دائم<sup>1</sup> به همراه تحریک کننده اصلی که با محور ژنراتور کوپل هستند استفاده می‌شود (سیستم خود تحریک).

سیستم‌های تحریک بایستی در محدوده وسیعی از ولتاژ و جریان قادر به کار باشند. زیرا که حدود مقادیر ولتاژ و جریان مورد نیاز به مقدار قابل توجهی از مقادیر نامی بیشتر می‌باشند. ضمناً تحریک اصلی بایستی از سرعت پاسخ بالایی برخوردار باشد که این مهم با کوچک ساختن فاصله هوایی و موقق ساختن روتور تحریک امکانپذیر می‌گردد.

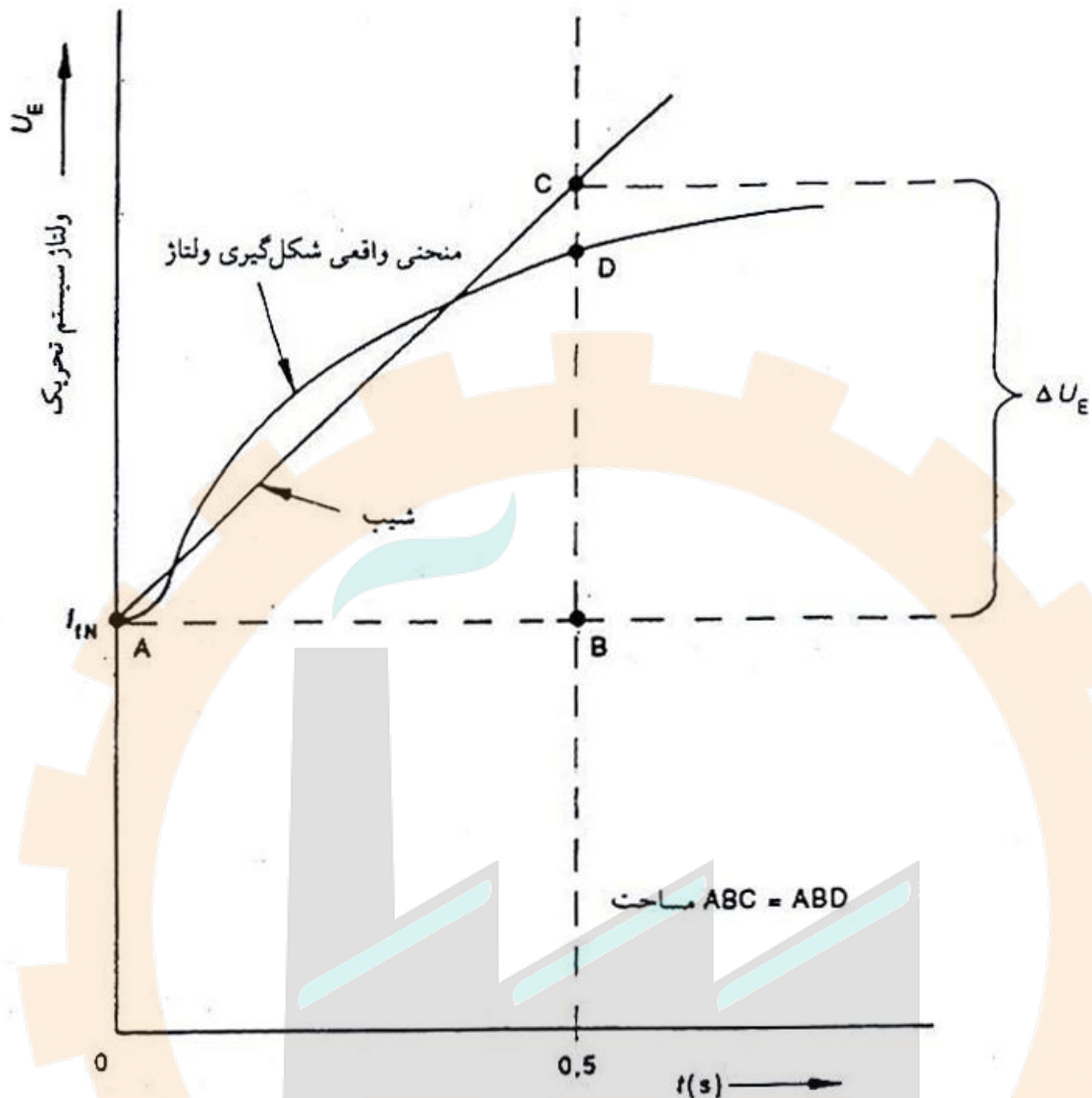
پاسخ نامی سیستم تحریک ( $V_E$ ) در استاندارد IEC 34-16-1 بصورت زیر تعریف شده است:  
میزان افزایش ولتاژ خروجی سیستم تحریک (که با توجه به منحنی پاسخ ولتاژ سیستم تحریک مشخص گردد) تقسیم بر ولتاژ نامی (شکل 2). در حقیقت ولتاژ خروجی سیستم‌های تحریک بایستی بتوانند از 100٪ تا 200٪ در مدت زمانی کمتر از 0/3 ثانیه افزایش یابند که نشانگر نسبت پاسخ 3/5 می‌باشد.

شیب منحنی AC برابر  $\frac{BC}{AB}$  می‌باشد که با توجه به مقدار ثانیه  $0, AB = 5$ ، در نتیجه  $AC = 2BC$  که نشان دهنده نرخ متوسط افزایش ولتاژ تحریک بوده و نسبت پاسخ نامی سیستم تحریک با رابطه  $\frac{2BC}{OA}$  بدست خواهد آمد.

این میزان افزایش در صورتی که یکنواخت باشد دارای مساحتی برابر با منحنی واقعی شکل گیری ولتاژ در فاصله زمانی 0/5 ثانیه اول خواهد بود (یا فاصله زمانی دیگری).

Power Plant Academy

<sup>1</sup> PMG



شکل 2-2: تعیین پاسخ نامی سیستم تحریک

$$V_E = \frac{\Delta U_E}{0.5 \times U_{fN}} S^{-1} \quad (2-1)$$

$U_E$ : ولتاژ مستقیم در پایه های خروجی سیستم تحریک

$U_{fN}$ : ولتاژ نامی سیستم تحریک

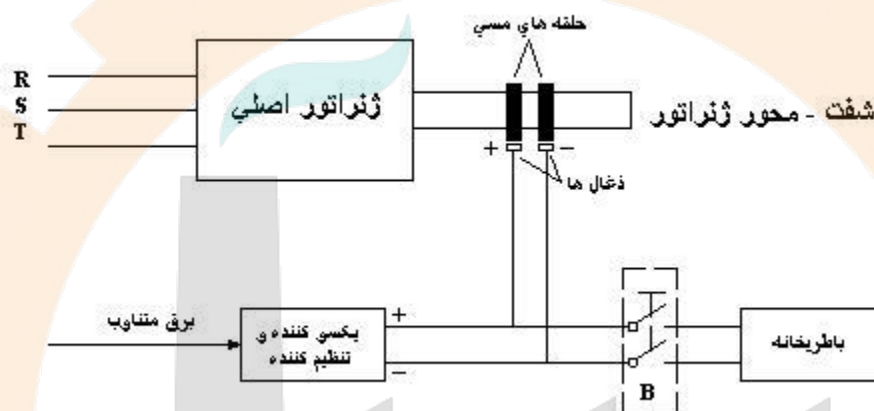
## 2-2- انواع سیستمهای تحریک:

اگر بخواهیم طبقه بندی روی انواع سیستم تحریک داشته باشیم باید بگوییم که در زمان های گذشته، به طور کلی طبقه بندی که برای سیستم های تحریک وجود داشت طبقه بندی به صورت استاتیک و

دینامیک بود یعنی در زمان های گذشته تنها دو نوع سیستم تحریک استاتیک و دینامیک وجود داشت که در ابتدا تقسیم بندی انواع سیستمهای تحریک را بر اساس استاتیک و دینامیک توضیح می دهیم:

### 2-2-1- سیستم تحریک استاتیک:

مطابق شکل (2-3) برق متناوب AC بعد از یکسو شدن توسط تعدادی ذغال به روتور ژنراتور اصلی می رود و آنرا تحریک می کند. در این روش همه جریان تحریک درون یک محفظه ثابت که یکسو کننده ها در آن قرار دارند ساخته می شود و به همین دلیل آنرا روش استاتیک گویند.



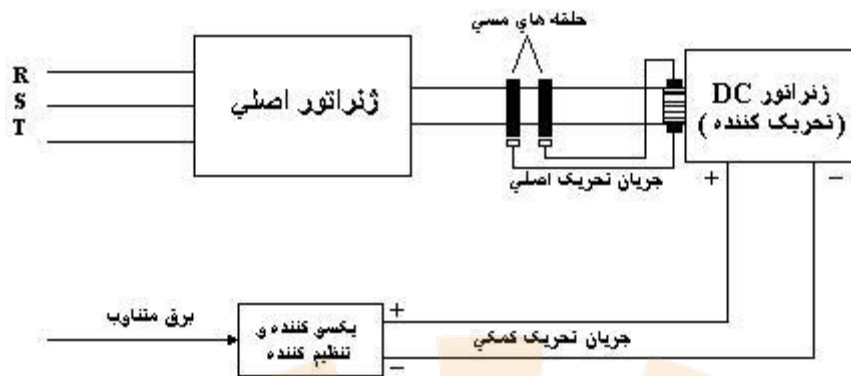
شکل 2-3: سیستم تحریک استاتیکی

برق AC مورد نیاز یکسو کننده معمولاً از سه فاز خروجی ژنراتور گرفته می شود و از آنجا که ولتاژ خروجی ژنراتور تا قبل از تهیه جریان تحریک بسیار پائین است (به علت پسماند مغناطیسی ولتاژ کمی ایجاد می شود) و نمی تواند سیستم تحریک را تغذیه کند، پس لازم است در شروع تحریک از باتریخانه کمک بگیریم و با وصل آن به سیم پیچ توسط کلید B ولتاژ خروجی ژنراتور را به حدی برسانیم که بتواند سیستم تحریک را تغذیه کند و بعد باتریها را قطع کنیم.

## Power Plant Academy

### 2-2-2- سیستم تحریک دینامیک:

در این روش حداقل از یک ژنراتور هم محور با ژنراتور اصلی استفاده شده که این ژنراتور ممکن است یک ژنراتور DC باشد. درون یک محفظه ثابت (یکسو کننده و کنترل ولتاژ) یک برق DC کوچک (مثلاً 2 الی 3 آمپر) تهیه کرده و به عنوان جریان تحریک به استاتور (قطب آهن ربای دائم) ژنراتور DC می دهیم. ولتاژ القایی در روتور آن توسط کلکتور و ذغال گرفته شده و به روتور ژنراتور اصلی داده می شود. (مطابق شکل 2-4)



شکل 4-2: سیستم تحریک دینامیکی

البته این روش قدیمی است و هم اکنون به جای ژنراتور DC از ژنراتور سنکرون (AC) استفاده می شود و ولتاژ القائی بوسیله دیویدهای چرخان که داخل محور قرار دارند یکسو شده و از همانجا به روتور اصلی متصل می گردد.

توجه به این نکته خالی از لطف نیست که علاوه بر تقسیم بندی کلی انواع سیستم های تحریک، یک سری سیستم های تحریک خاص وجود دارد از جمله این موارد می توان به سیستم های تحریک روسی اشاره کرد (در فصل 4 با دو نمونه سیستم تحریک روسی موجود در نیروگاه رامین بیشتر آشنا خواهیم شد). جالب است بدانید سیستم های تحریک روسی هم استاتیکی هستند و هم دینامیکی یعنی در ساختار سیستم های تحریک روسی هم ماشین دوار وجود دارد و هم یکسو کننده ولتاژ برای انتقال مستقیم برق یکسو شده به روتور ژنراتور اصلی.

در حال حاضر سه نوع سیستم تحریک برای ژنراتورهای بزرگ مورد استفاده قرار می گیرند که عبارتند

از:

سیستم تحریک استاتیک

سیستم تحریک مشتمل بر تحریک کننده اصلی سه فاز و دیویدهای ثابت

سیستم تحریک بدون جاروبک

### 3-2-2- سیستم تحریک استاتیک:

در این نوع سیستم تحریک توان لازم برای تحریک ژنراتور از خود ژنراتور گرفته می شود و به هیچ ماشین تحریکی که با محور ژنراتور کوپل شده باشد نیاز نیست.

روش کار به این صورت است که یک ترانسفورماتور، ولتاژ ژنراتور را به سطح بیشترین ولتاژ مورد نیاز سیستم تحریک تبدیل می کند و سپس در مبدل تریستوری جریان متناوب یکسو شده و از طریق جاروبک به سیم پیچ تحریک که بروی روتور سوار شده منتقل می گردد. یک کلید قطع تحریک بین جاروبکها و مبدل تریستوری قرار داده شده است. هنگامی که خطایی بر روی ژنراتور اتفاق می افتد کلید قطع تحریک، جریان تحریک را قطع نموده و سیم پیچ تحریک را به مقاومتی که دارای مقاومت غیر ثابت متناسب با ولتاژ است متصل می سازد. میدان تحریک به این صورت بسرعت کاهش می یابد.

در سیستم تحریک استاتیک، ولتاژ تحریک ژنراتور می تواند بطور لحظه ای با تغییر زاویه آتش تریستورها تغییر یابد و به این صورت تغییرات سریع در جریان تحریک و کنترل بهینه ژنراتور امکان پذیر است. بنابراین ثابت زمانی کم از مزایای این سیستم است. ضمناً قابلیت تعمیر تجهیزات این نوع سیستم تحریک به هنگام کار به علت ساکن بودن آسانتر از سیستمهای تحریک با قطعات گردان است. (تعمیر سیستمهای تحریک استاتیکی آسانتر از سیستم های تحریک دینامیکی است)

در سیستم تحریک استاتیک نیازی به تحریک اصلی نیست و این موجب کاهش طول محور ژنراتور، کاهش ابعاد طولی سالن توربین - ژنراتور و کارکرد روان تر ژنراتور به دلیل کوتاهتر شدن محور و یکنواخت شدن دوران خواهد شد.

Power Plant Academy



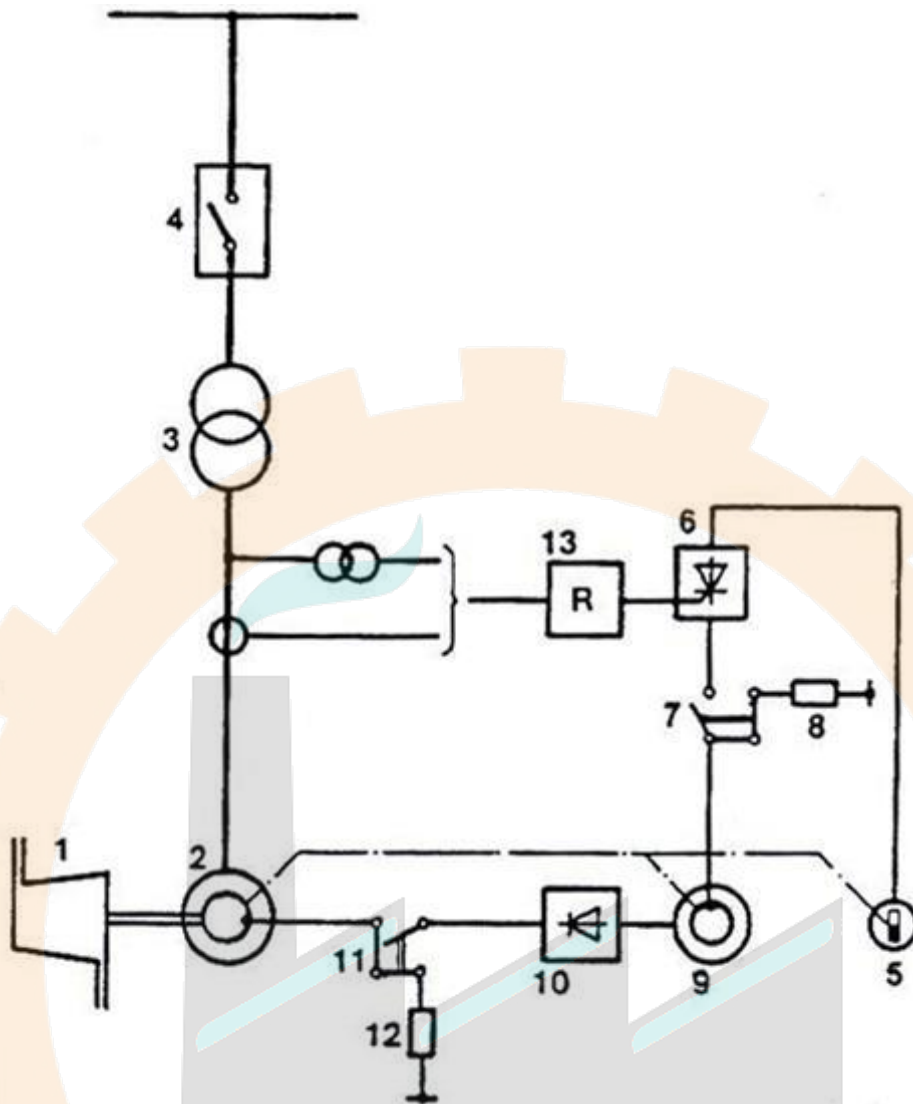
می کند. مقاومت مستهلک کننده جریان تحریک نیز جهت از بین بردن میدان روتور در زمان اتصال کوتاه با قطع جریان تحریک در مسیر سیم پیچ تحریک قرار می گیرد. شکل نمایش ساده تری از سیستم تحریک استاتیک است که توان مورد نیاز جهت تحریک توسط یک ترانسفورماتور ولتاژ و یا یک ترانسفورماتور جریان و یا هر دو تأمین و ابتدا یکسوسازها را به نوبت تغذیه کرده و سپس جریان مورد نیاز از طریق جاروبک و رینگ های جمع کننده به سیم پیچ تحریک ژنراتور اصلی اعمال می شود. در بعضی موارد از ترانسفورماتور ولتاژ به تنهایی استفاده می شود در حالیکه در بعضی دیگر از سیستمها ترانسفورماتورهای جریان جهت تقویت توان ورودی به یکسوسازها به منظور جبران کاهش توان ناشی از کاهش ولتاژ در شرایط بروز خطا، بکار برده می شود.

#### 4-2-2- سیستم تحریک مشتمل بر تحریک کننده اصلی سه فاز و دیودهای ثابت:

در این نوع سیستم تحریک توان مورد نیاز به وسیله تحریکی که با محور ژنراتور کوپل است، تأمین می گردد. جریان سه فاز تولیدی تحریک کننده اصلی بوسیله دیودهای ثابت یکسو شده و سپس از طریق جاروبک به سیم پیچ تحریک تزریق می گردد. تغذیه میدان تحریک کننده اصلی از طریق پابلوت اکسایتر که یک ژنراتور با مغناطیس دائم است صورت می گیرد. تغییرات ولتاژ خروجی ژنراتور وابسته به تغییر جریان خروجی تحریک کننده اصلی سه فاز و تغییر جریان خروجی تحریک کننده اصلی نیز به تغییر جریان میدان آن است لذا سرعت پاسخ این سیستم تحریک به اندازه سیستم تحریک استاتیک نیست. علاوه بر ثابت زمانی نسبتاً زیاد در پاسخ به ولتاژ خروجی ژنراتور نسبت به تغییرات سیگنال مرجع، وجود حلقه و جاروبک در سیستم و طول زیاد محور که باعث عدم یکنواختی دوران و طویل شدن سالن توربین-ژنراتور از دیگر معایب این سیستم می باشد.

Power Plant Academy





- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1- توریب                           | 8- مقاومت مستهلک کننده میدان تحریک کننده اصلی |
| 2- ژنراتور                         | 9- تحریک کننده اصلی سه فاز                    |
| 3- ترانسفورماتور واحد              | 10- یکسو کننده دیودی                          |
| 4- کلید اصلی ژنراتور               | 11- کلید قطع جریان تحریک ( برای ژنراتور اصلی) |
| 5- ژنراتور با مغناطیس دائم         | 12- مقاومت مستهلک کننده میدان (ژنراتور اصلی)  |
| 6- مبدل تریستوری                   | 13- تنظیم کننده خودکار                        |
| 7- کلید قطع جریان میدان تحریک اصلی |   |

شکل 2-6: سیستم تحریک مشتمل بر تحریک کننده اصلی سه فاز و دیودهای ثابت

در این نوع سیستم تحریک نیز همانند سیستم تحریک استاتیک با توجه به در دسترس بودن سیم پیچ تحریک از طریق جاروبکها، از کلید قطع تحریک و مقاومت مستهلک کننده جریان تحریک استفاده شده است.

شکل (2-6) سیستم تحریکی شامل تحریک کننده سه فاز و دیودهای ثابت می باشد که در این سیستم محور ژنراتور به گردش درآمده و جریان متناوب تولیدی خود را از طریق مبدل تریستوری منتقل می سازد تا در آنجا پس از یکسو شدن تغذیه سیم پیچ روتور تحریک کننده اصلی سه فاز را به عهده بگیرد. سپس جریان متناوب تولیدی تحریک کننده اصلی در یکسو کننده دیودی یکسو شده و به سیم پیچ تحریک ژنراتور تزریق می گردد.

#### 5-2-2- سیستم تحریک بدون جاروبک:

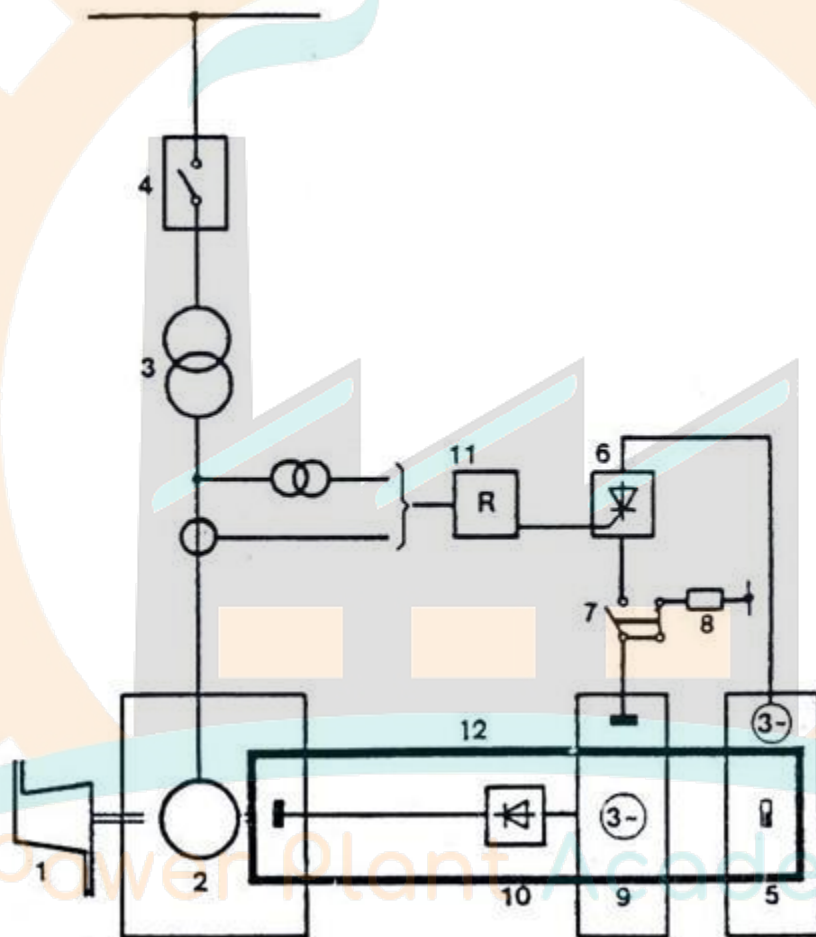
هنگامی که تحریک از طریق دیودهای گردان صورت می گیرد، توان لازم برای تحریک ژنراتور اصلی از طریق آرمیچر گردان تحریک کننده اصلی که مستقیماً با محور ژنراتور کوپل شده است، تأمین می گردد که شبیه به سیستم تحریک با دیودهای ثابت است. پایلوت اکسایتر جریان لازم برای میدان تحریک کننده اصلی را تأمین می کند.

شدت میدان ژنراتور، بوسیله کنترل ولتاژ تحریک کننده اصلی از طریق تغییر زاویه آتش در مبدل تریستوری صورت می گیرد که از سرعت پاسخ بالایی برخوردار نیست. لازم به ذکر است که تحریک کننده اصلی در این سیستم تحریک، یک ماشین سنکرون با آرمیچر گردان است و سیم پیچهای میدان آن در استاتور قرار گرفته که ولتاژ متناوبی را در روتور القاء می کند. دیودهای گردان، جریان خروجی از آرمیچر گردان را یکسو نموده و آن را مستقیماً و بدون جاروبک به روتور ژنراتور منتقل می سازند. در این سیستم با توجه به عدم وجود جاروبک، کارکرد بدون نیاز به تعمیرات سیستم، برای مدت طولانی میسر است. علاوه بر این طول محور در این نوع سیستم کوتاهتر است. ضمناً با توجه به اینکه در این سیستم تحریک، دیودهای یکسوساز به علت متحرک بودن مستقیماً در دسترس نیستند، لازم است جهت قابلیت اطمینان بالاتر سیستم، قطعاتی که صدمه می بینند بطور خودکار از مدار خارج شوند و با قطعات سالم که در داخل سیستم تعبیه شده اند تعویض گردند. در این سیستم تحریک، استفاده از کلید قطع تحریک اصلی ژنراتور به دلیل گردان بودن سیستم امکانپذیر نیست و فقط قطع تغذیه میدان تحریک کننده سه فاز اصلی ممکن است. و بنابراین زمان از بین رفتن تحریک ژنراتور اصلی طولانی تر می گردد. بطوریکه در شکل (7) مشاهده می شود، محور ژنراتور مغناطیس دائم از طریق محور ژنراتور به گردش درآمده و جریان متناوب تولیدی خود را از طریق مبدل تریستوری منتقل ساخته تا در آنجا پس از یکسو شدن تغذیه سیم پیچ استاتور تحریک کننده اصلی سه فاز را به عهده بگیرد. جریان متناوب تولیدی در روتور تحریک کننده اصلی سه فاز از طریق دیودهای گردان یکسو شده و به سیم پیچ تحریک ژنراتور تزریق می گردد.

تمامی اجزایی که در داخل کادر مستطیلی قرار دارند و شامل محور مغناطیسی دائم، سیم پیچ آرمیچر تحریک کننده اصلی، دیودهای گردان، سیم پیچ تحریک ژنراتور اصلی می باشد قسمت های متحرک سیستم تحریک بدون جاروبک را تشکیل می دهند.

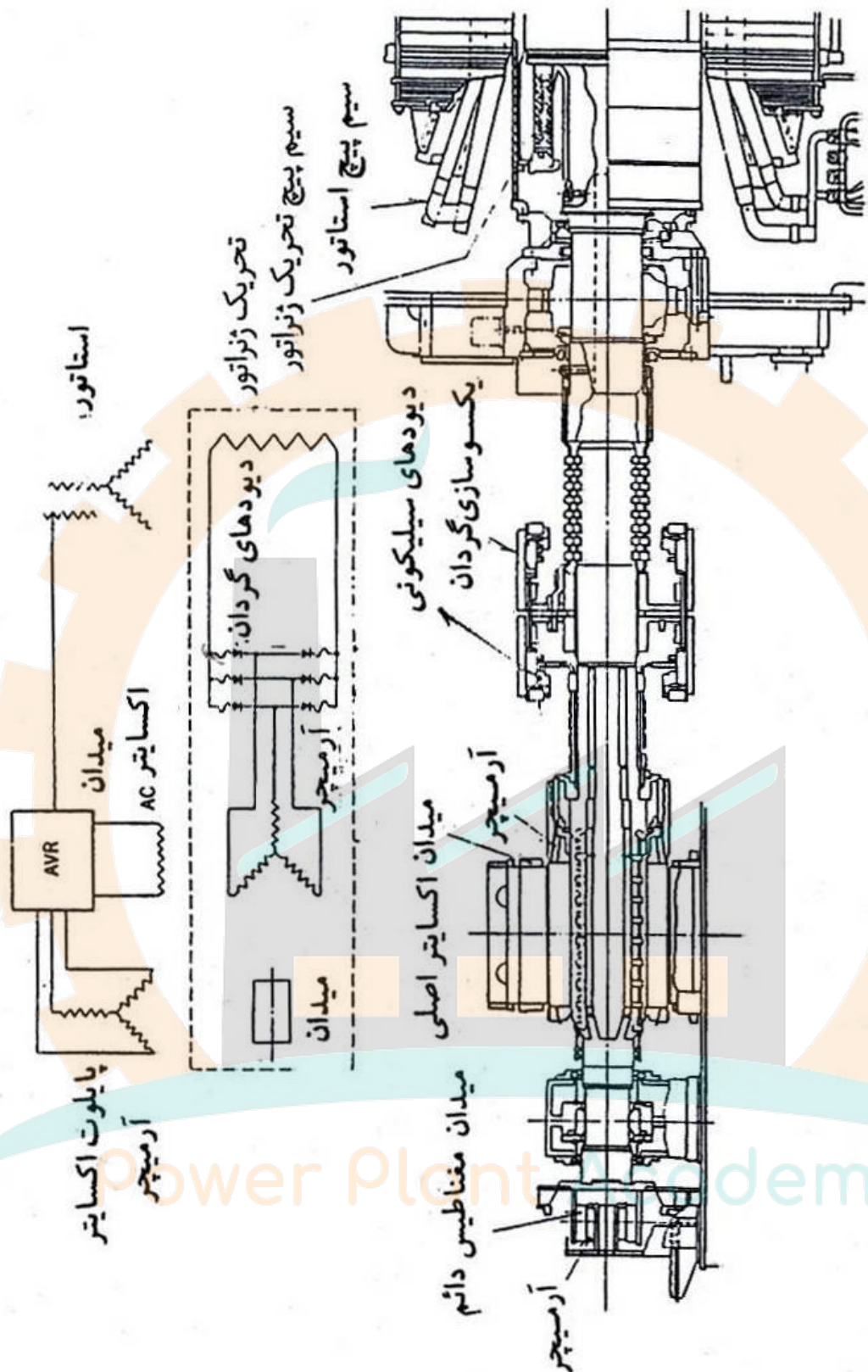
در این نوع سیستم تحریک سیم پیچ میدان تحریک کننده اصلی در استاتور و سیم پیچ آرمیچر (AC) روی روتور قرار دارد و جاروبک و کموتاتور حذف شده اند. سیم پیچ آرمیچر (سیم پیچ روتور)، دیودهای گردان و سیم پیچ تحریک ژنراتور اصلی همگی روی محور متحرک قرار می گیرند.

از معایب سیستم تحریک فوق، ثابت زمانی زیاد و عدم امکان تخلیه میدان روی مقاومت های تخلیه در مواقع ضروری و زیاد بودن زمان تخلیه میدان تحریک است.



- 1- توربین
- 2- ژنراتور
- 3- ترانسفورماتور واحد
- 4- کلید اصلی ژنراتور
- 5- ژنراتور مغناطیس دائم
- 6- مبدل تریستوری
- 7- کلید قطع جریان میدان تحریک اصلی
- 8- مقاومت مستهلک کننده
- 9- تحریک کننده اصلی
- 10- دیود های گردان
- 11- تنظیم کننده خودکار ولتاژ
- 12- کادر مستطیلی حاوی قسمت های متحرک

شکل 7-2: سیستم تحریک بدون جاروبک



شکل 8-2: استقرار اجزای یک سیستم تحریک بدون جاروبک

### 2-3-2- انتخاب سیستم تحریک ژنراتور:

برای انتخاب سیستم تحریک مناسب برای ژنراتور باید به موارد زیر توجه کرد البته وضعیت شبکه متصل به نیروگاه در دست طراحی نیز در تصمیم گیری موثر است.

#### 2-3-1- توان خروجی سیستم تحریک:

میزان توان مورد نیاز خروجی سیستم تحریک وابسته به ظرفیت نامی ژنراتور، نسبت اتصال کوتاه و ضریب توان است. ژنراتور با ظرفیت نامی بزرگتر، نسبت اتصال کوتاه بزرگتر و ضریب توان پس فاز کوچکتر نیاز به نیروی محرکه مغناطیسی بزرگتر و بنابراین توان خروجی بیشتر سیستم تحریک دارد.

#### 2-3-2- ولتاژ نامی سیستم تحریک:

ولتاژ مستقیمی که سیستم تحریک جهت تولید جریان نامی تحریک برای شرایط کاری تعریف شده قادر به تولید آن است ولتاژ نامی سیستم تحریک نامیده می شود. ولتاژهای نامی سیستم تحریک مختلفی از بیش از 300 ولت تا حدود 600 ولت برای ژنراتورهای با ظرفیت 250 مگاوات بکار رفته است. مقدار این ولتاژ بستگی به طراحی سازنده دارد.

#### 2-3-3- سقف ولتاژ تحریک:

به هنگام زیاد شدن بار، ولتاژ خروجی ژنراتور کاهش می یابد برای بازگرداندن سریع این ولتاژ به مقدار تنظیم شده لازم است که ولتاژ سیستم تحریک به سرعت بالا رود حداکثر ولتاژی که سیستم تحریک قادر به کار در آن است را سقف ولتاژ تحریک می نامند. طبق استاندارد BS حداقل مقدار سقف ولتاژ تحریک  $1/4$  برابر ولتاژ نامی سیستم تحریک برای حداقل 10 ثانیه است.

#### 2-3-4- عایق سیم پیچ تحریک:

سیستم عایقی سیم پیچ تحریک به خاطر ولتاژهای پائین تر مورد استفاده در سیستم تحریک دارای مشکلات طراحی کمتری نسبت به عایق سیم پیچ استاتور است. ولتاژهای کار سیم پیچ تحریک در محدوده 125 تا 600 ولت و گاهی کمی بیشتر است. البته حالات گذرا برای مثال قطع تحریک در بار کامل ممکن

است منجر به بوجود آمدن ولتاژهای چندین برابر ولتاژ نامی برای کوتاه مدت گردد. به همین خاطر استاندارد IEC تست ولتاژ سیم پیچ تحریک را در چندین برابر ولتاژ نامی سیم پیچ تحریک به شرح زیر پیشنهاد می کند :

- برای ولتاژ نامی تا 500 ولت، 10 برابر ولتاژ نامی تحریک با حداقل 1500 ولت
- برای ولتاژ نامی 500 ولت به بالا، 4000 ولت به اضافه دو برابر ولتاژ نامی تحریک

#### 4-2- ساختمان کلی تنظیم تحریک:

تاکنون مشخص شده است که دو نوع سیستم تحریک (استاتیک و دینامیک) داریم. در نوع استاتیک تمام جریان تحریک درون یک محفظه ثابت تهیه می شد ولی در سیستم دینامیک یک جریان تحریک کوچک (جریان تحریک کمکی) درون یک محفظه ثابت تهیه می شود و به ژنراتور تحریک کننده می رود و از روتور ژنراتور تحریک کننده به دیودهای چرخان و از آنجا به ژنراتور اصلی می رود.

این محفظه ثابت که همان سیستم تحریک می باشد چیست؟

در حقیقت وسیله ای است که یک برق AC (از شبکه یا از ژنراتور اصلی) می گیرد و از آن طرف به ما یک برق DC برای تحریک ژنراتور تحریک کننده (روش دینامیک) می دهد. پس مسلماً یکی از اجزاء آن باید یک پل یکسو کننده (اصلی) باشد که از برق AC ورودی یک برق DC به عنوان ولتاژ تحریک کمکی بسازد. از طرف دیگر می خواهیم این برق DC قابل تنظیم باشد چرا که لازم است در مواقع گوناگون جریان تحریک را تغییر داد. بنابراین لازم است این پل (یکسو کننده) قابل کنترل باشد.

در سیستمهای تحریک جدید به این منظور از تریستور استفاده می کنند با تغییر زمان پالسهای ارسالی به تریستورها، مقدار ولتاژ خروجی پل یکسو کننده (جریان تحریک) را تغییر می دهند. تریستورها برای آتش شدن احتیاج به پالس دارند. پس قسمت لازم دیگر برای یک سیستم تحریک قسمت سازنده پالس است. از طرف دیگر برای عملکرد اتوماتیک سیستم تحریک باید زمان پالسهای ارسالی به تریستورها در مواقع لزوم بطور اتوماتیک عوض شود. این کار چگونه صورت می گیرد؟

برای این کار لازم است که سیستم تحریک یک قسمت کنترل هم داشته باشد. قسمت کنترل با توجه به پارامترهای خبری و مرجع که به آن داده می شود یک ولتاژ DC متغیر بنام ولتاژ کنترل تهیه می کند و به قسمت سازنده پالس می دهد، سازنده پالس هم با توجه به مقدار این پالسها را تغییر می دهد. چون در داخل سیستم تحریک از اجزاء الکترونیکی استفاده می شود و آنها برای تغذیه احتیاج به ولتاژهای DC مختلف دارند. لذا قسمت ضروری دیگر سیستم تحریک، قسمت تغذیه داخلی آن است که با استفاده از

ولتاژ AC ورودی، ولتاژهای DC مختلف برای تغذیه قسمت‌های داخلی سیستم را تهیه می‌کند و بالاخره یک سیستم تحریک اتوماتیک باید یک قسمت تهیه خبر هم داشته باشد تا سیگنالهایی متناسب با ولتاژ خروجی ژنراتور و مگاوار (جریان راکتور) خروجی ژنراتور و خود جریان تحریک تهیه کند. این سه خبر برای هر سیستم تحریک اتوماتیک ضروری می‌باشند.

اگر قسمت کنترل از ولتاژ خروجی ژنراتور خبر نداشته باشد با تغییر یک عامل مثلاً دور ژنراتور و یا جریان تحریک آن ولتاژ خروجی ژنراتور هم تغییر می‌کند ولی اگر قسمت کنترل کننده از ولتاژ خروجی خبر داشته باشد با مشاهده تغییر ولتاژ ژنراتور جریان تحریک را طوری عوض می‌کند و تغییر می‌دهد که ولتاژ ژنراتور به مقدار تنظیم شده خودش برگردد.

خبر از مگاوار خروجی هم حتماً لازم است چرا که مانند حالت قبل وصل ژنراتور به شبکه می‌خواهیم مگاوار را برای مقدار ثابتی تنظیم کنیم. اگر قسمت کنترل از مگاوار خروجی خبر نداشته باشد (مگاوار با تغییر جریان تحریک تغییر می‌کند) نمی‌تواند جریان تحریک را طوری تنظیم کند که مگاوار ثابت بماند. خبر از جریان تحریک هم لازم است چرا که اگر جریان تحریک از حدی بیشتر و یا کمتر شود احتمال ایجاد اشکالاتی در ژنراتور (از قبیل سوختن سیم پیچ تحریک) وجود دارد. پس باید قسمت کنترل از جریان تحریک خبر داشته باشد تا در صورت خارج شدن از حدش آنرا محدود نماید.

با توجه به بحث‌های گذشته نتیجه می‌گیریم که یک سیستم تحریک باید حتماً دارای قسمت‌های اصلی زیر باشد:

یکسو کننده اصلی (کنترل شوند توسط پالس‌هایی که به ترستورهایش می‌دهیم)

- قسمت سازنده پالس
- قسمت کنترل پالس
- قسمت تهیه خبر (از ولتاژ و جریان راکتور و جریان تحریک ژنراتور)
- قسمت تغذیه داخلی سیستم تحریک

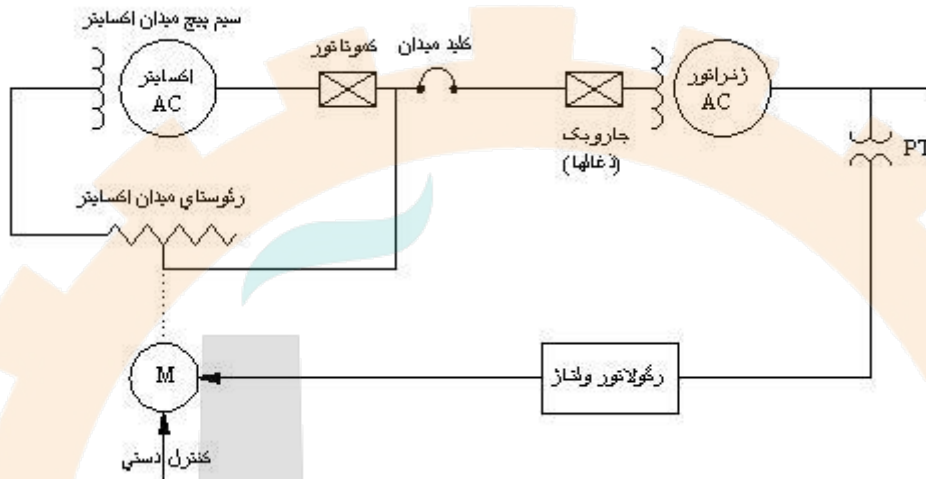
Power Plant Academy



## 2-5- -انواع اکسایتر<sup>۱</sup>:

در عمل انواع مختلفی اکسایتر مورد استفاده قرار می گیرد که انواع معمول آن عبارتند از:

### 2-5-1- اکسایتر با رُوستای تحت کنترل (سیستم اولیه):



شکل 2-9: اکسایتر با رُوستای تحت کنترل

در ابتدا سیستم کلی با پاسخ کند را در نظر می گیریم که در شکل (2-9) ترکیب کلی سیستم را می توان ملاحظه کرد که این نوع سیستم شامل اکسایتر با کنترل اتوماتیک و یا دستی میدان تحریک می باشد.

در این نوع مدار شماتیک، رُگولاتور ولتاژ، دامنه ولتاژ را اندازه گرفته و بر حسب دامنه ولتاژ درصد و تغییر مقدار مقاومت رُوستا و تنظیم آن به وسیله سیستم مکانیکی را برآورده می سازد.

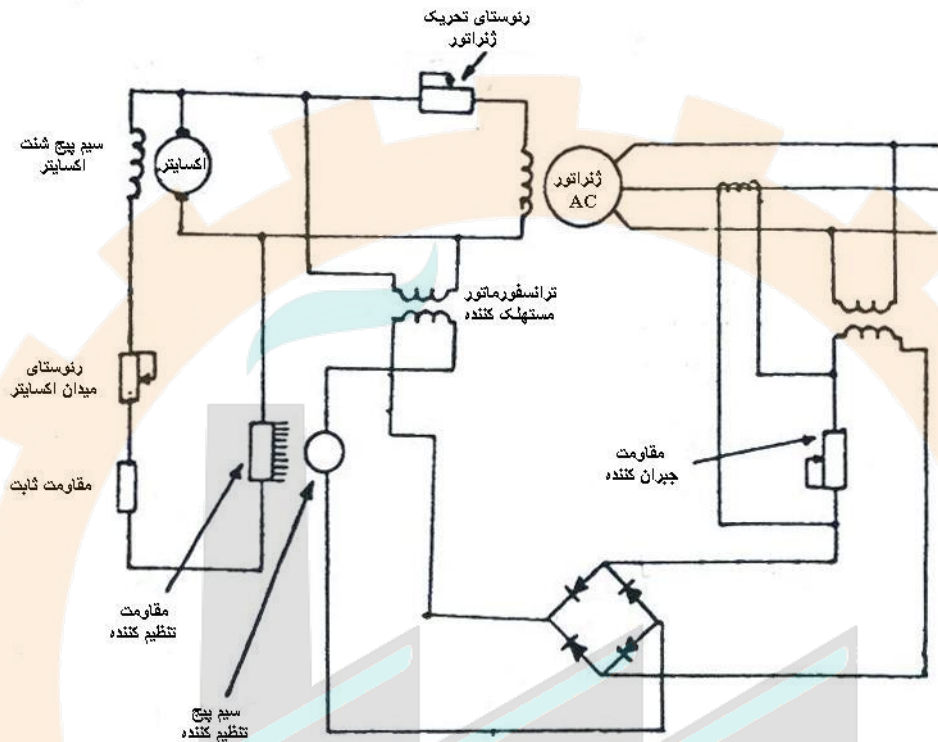
یک نوع آن که به طور مستقیم روی رُوستا عمل می کند شامل سیم پیچ تنظیم کننده بوده که روی (همان حلقه لغزنده روی رُوستا می باشد)<sup>۲</sup> عمل کرده و در اثر گردش آن و لغزیدن برجستگی هادی که از جنس نقره (به عنوان هادی) می باشند قسمتی از رُوستا اتصال کوتاه شده و مقدار مقاومت آن تغییر خواهد کرد.

در عمل در اثر افزایش ولتاژ خروجی ژنراتور، ولتاژ DC خروجی یکسوکننده افزایش می یابد که خود این عمل موجب افزایش جریان داخل سیم پیچ رُگولاتور گشته و در اثر این عمل به طور مکانیکی و از طریق سولنوئید تغییر مقاومت میدان اکسایتر حاصل خواهد شد. این کاهش در فلوی میدان اکسایتر

<sup>1</sup> EXCITER TYPES

<sup>2</sup> PLUNGER

که ناشی از تغییر مقاومت میدان اکسایتر و یا به عبارتی ناشی از کم شدن ولتاژ دو سر آن می باشد، موجب کم شدن جریان سیم پیچ میدان تحریک ژنراتور شده و در نهایت موجب کاهش ولتاژ خروجی آن می گردد. دو وسیله اضافی دیگر که می توان به سیستم بالا اضافه کرد در شکل (2-10) مشاهده می شود که عبارتند از: ترانسفورماتور مسنهک کننده و جبران کننده جریان.



شکل 10-2: اکسایتر با تحریک سرخود و رگولاتور سیلوراستات

ترانسفورماتور مسنهک کننده یک وسیله الکتریکی برای مسنهک کردن حرکت‌های زائد پلانگرا<sup>1</sup> متحرک می باشد و جبران کننده جریان برای کنترل و تقسیم بار اکتیو در بین ژنراتورهای که به صورت موازی با هم قرار گرفته و شبکه را تغذیه می کنند به کار می رود.

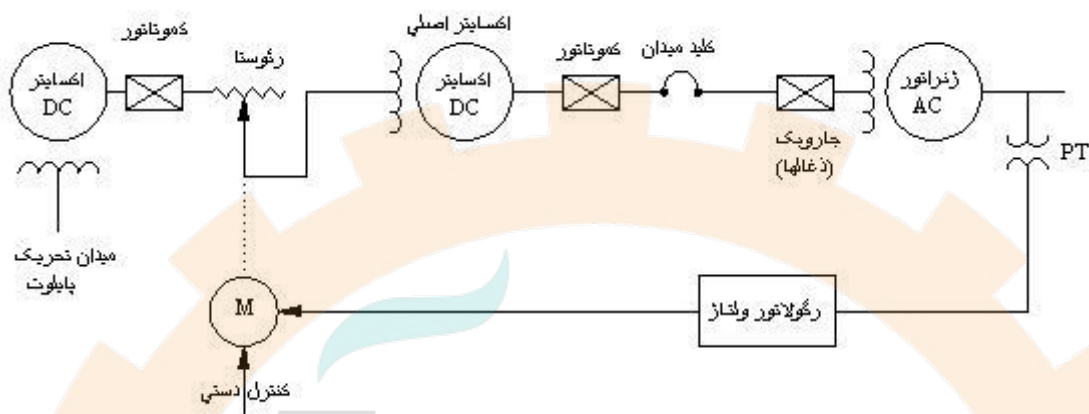
مقاومت ترانس جریان و جبران کننده جریان افت ولتاژی متناسب با جریان خط در مدار به وجود می آورد.

ارتباط فازی طوری می باشد که در مورد جریان پس فاز که مبین تولید توان راکتیو می باشد ولتاژ دو سر مقاومت جبران کننده جریان با ولتاژ ترانس ولتاژ جمع شده و موجب کم شدن ولتاژ اکسایتر می گردد و با افزایش اختلاف فاز جریان (در حالت پس فازی) که موجب افزایش قدرت راکتیو خروجی گردیده

<sup>1</sup> PLUNGER

و در نتیجه این عمل موجب تقسیم متعادل توان راکتیو بین ژنراتورهای موازی با شبکه که آن را تغذیه می کنند خواهد شد .

ترکیب دیگری برای این نوع اکسایتر عبارتست از اکسایتر اصلی با سیستم پایلوت<sup>1</sup> که در شکل 2-11 (11) چگونگی آن را می توان مشاهده کرد.



شکل 11-2: اکسایتر اصلی با سیستم تحریک از طریق پایلوت<sup>1</sup>

در این نوع سیستم کنترل میدان تحریک اکسایتر مستقل از ولتاژ خروجی اکسایتر بوده و سرعت پاسخ آن به مراتب سریعتر از سیستم خود تحریک با اکسایتر اصلی می باشد.

کنترل این سیستم مشابه کنترل حالت خود تحریک<sup>2</sup> می باشد چرا که محرک رئوستای این نوع سیستم هم الکترومکانیکی بوده و در مقایسه با سیستمهای مدرن پاسخ آن کند می باشد ولی با این وصف پاسخ آن سریعتر از نوع خود تحریک می باشد.

دو سیستم ذکر شده در بالا نمونه هائی از سیستمهای اولیه بوده و نمونه های خوبی برای فهم هر چه بهتر عمل و کنترل اکسایتر می باشد.

اولین تغییری که در سیستم اولیه می توان داد اضافه کردن تقویت کننده در مسیر فیدبک می باشد که موجب تقویت ولتاژ خطای<sup>3</sup> شده و در نتیجه موجب تغییرات سریع اکسایتر خواهد شد و می توان نتیجه گرفت که این عمل به سیستم سرعت عمل خواهد بخشید.

هر چه ژنراتورهای موجود در شبکه پرقدرت گشته و سیستم به هم پیوسته گسترده تر می گردد سیستم کنترل میدان متحرک<sup>4</sup> پیچیده تر می گردد.

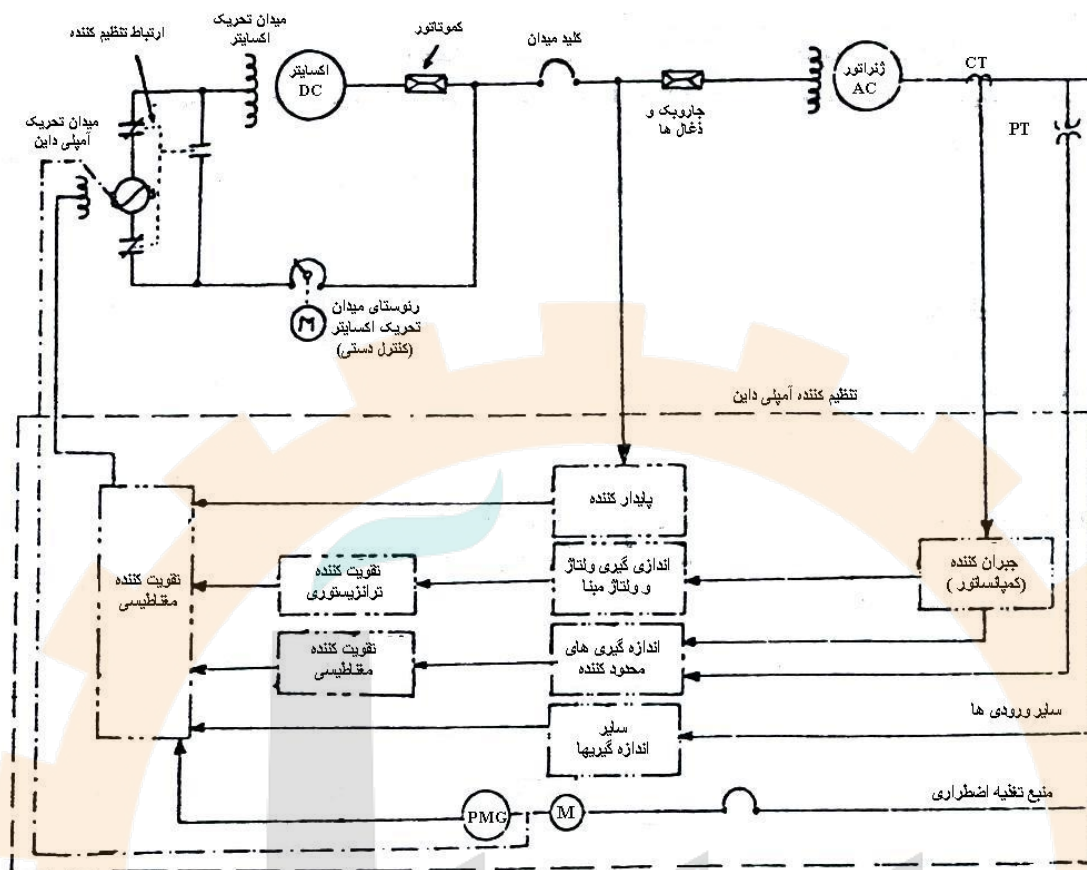
در زیر نمونه ای از این سیستم پیشرفته را مشاهده می کنیم.

<sup>1</sup> PILOT

<sup>2</sup> SELF EXCITED

<sup>3</sup> ERROR

<sup>4</sup> EXCITATION



شکل 12-2: سیستم کنترل میدان تحریک با ژنراتور DC کموتاتور دار

## 2-5-2- سیستم کنترل میدان تحریک به وسیله اکسایتر با ژنراتور DC کموتاتور دار:

این نوع اکسایتر که از طریق ژنراتور DC کموتاتور دار عمل تحریک را انجام می دهد دارای دو تقویت کننده در میدان فیدبک می باشد که یکی از آنها تقویت کننده گردان (آمپلی داین) و دیگری تقویت کننده مغناطیسی می باشد.

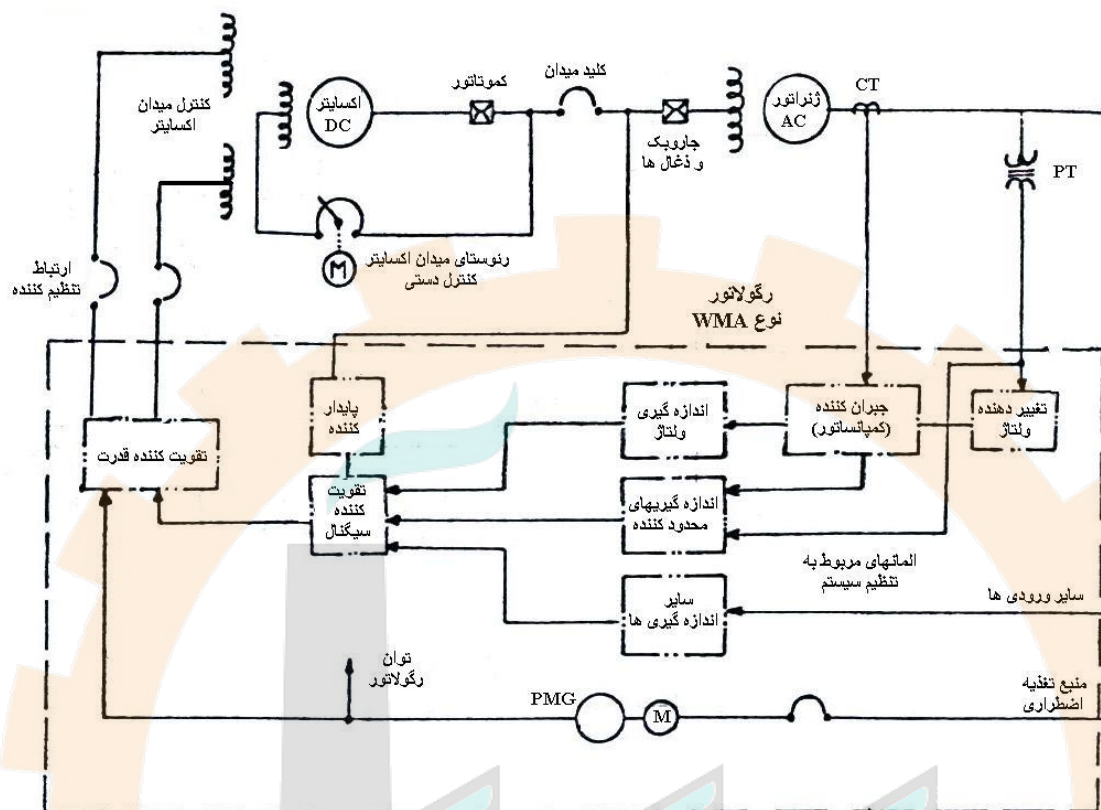
شکل (12-2) نشان دهنده یک چنین سیستمی می باشد که مرکب از تقویت کننده گردان (آمپلی

داین) در مدار میدان تحریک می باشد.

این تقویت کننده برای تغذیه مطلوب میدان اکسایتر تعبیه شده که باعث می شود سرعت پاسخ آن از حالت سیستم خود تحریک<sup>1</sup> به مراتب بهتر باشد. سیستم دیگری که مشابه اکسایتر قبلی می باشد در شکل (13-2) مشاهده می شود که تقویت کننده آن از نوع تقویت کننده مغناطیسی استاتیکی می باشد

<sup>1</sup> SELF EXCITED

که منبع تغذیه آن عبارت از مجموعه موتور ژنراتور با مغناطیس دائم می باشد که فرکانس این منبع تغذیه را تا 420HZ افزایش می دهند تا از این طریق بتوانند پاسخ تقویت کننده را تا جای ممکن سریعتر گردانند.



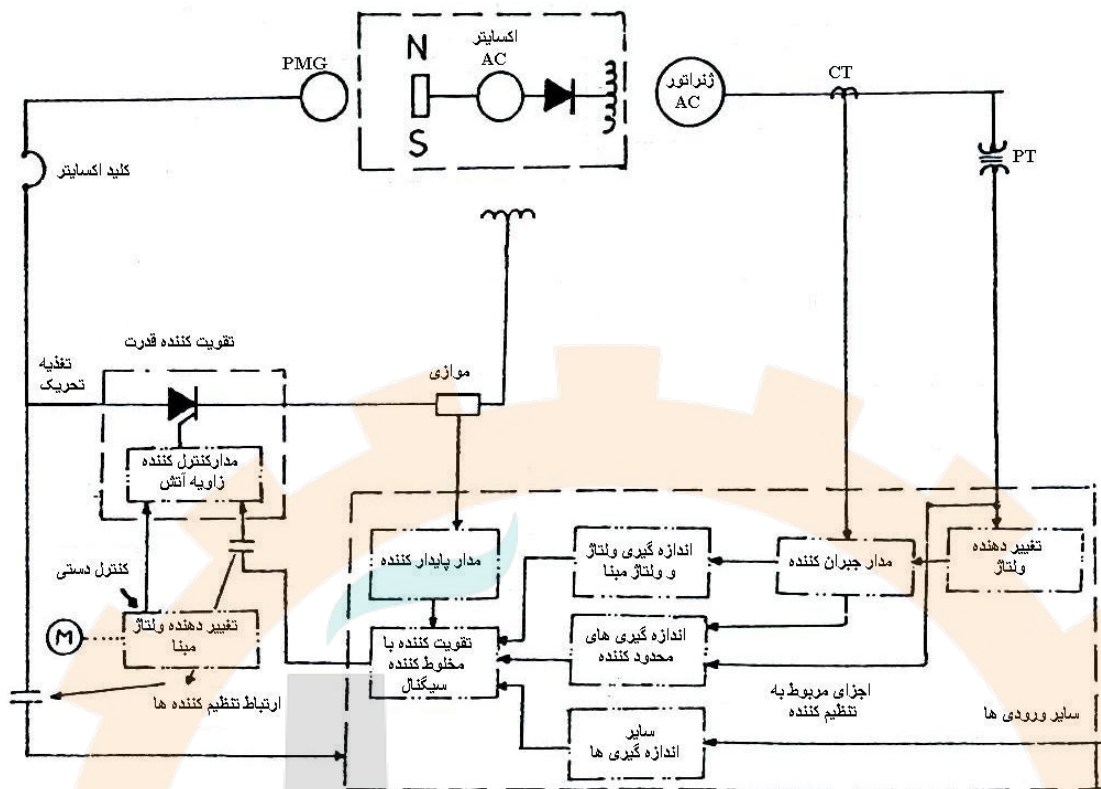
شکل 13-2: کنترل میدان تحریک به وسیله اکسایتر با ژنراتور DC کموذاتور دار

بایستی توجه نمود که اکسایتر موجود در این سیستم دارای دو سیستم کنترل میدان می باشد که یکی از آنها به منظور تقویت و دیگری به عنوان خود تنظیم به کار می رود. سومین نوع کنترل میدان موجود برای خود تحریکی به صورت دستی می باشد که از این کنترل در صورتی که تقویت کننده از مدار خارج باشد می توان استفاده کرد.

### 3-5-2- سیستمهای کنترل میدان تحریک با استفاده از اکسایتر با یکسوکننده و آلترناتور:

با پیشرفت تکنولوژی و با دسترسی با یکسوکننده های نیمه هادی (دیود) با جریان زیاد استفاده از سیستمهای دیگری امکان پذیر گشته که در این سیستمها اکسایتر یک ژنراتور AC بوده که خروجی آن را بعد از یکسوکردن به عنوان جریان میدان تحریک ژنراتور اصلی به کار می برند. در مدارهای کنترل این نوع سیستمها از المانهای نیمه هادی استفاده می شود که این عمل موجب افزایش سرعت پاسخ سیستم می گردد.





شکل 15-2: سیستم کنترل میدان تحریک با استفاده از اکسایتر آلترناتوری و یکسو کننده که در آن یکسو کننده از نوع گردان می باشد.

این نوع سیستم ترکیبی می باشد از یک ژنراتور با مغناطیس دائم (پایلوت) که در شکل (7) با مغناطیس دائم<sup>1</sup> مشخص شده است که میدان مغناطیس دائم برای تهیه میدان ساکن برای قسمت گردان اکسایتر آلترناتوری به کار می رود.

در این نوع سیستم تمام اتصالات بین قسمتهای گردان و ساکن از نوع الکترومغناطیس می باشد. باید توجه نمود که امکان اندازه گیری کمیت های میدان ژنراتور به صورت مستقیم امکان پذیر نمی باشد چرا که این اجزاء بر روتور ژنراتور سوار بوده و با آن می چرخند و جاروبکی جهت انتقال این کمیتها به کار نرفته است.

برای بهبود در سرعت پاسخ سیستم در اکسایترهای آلترناتوری با یکسوکننده، در طراحی های ماشین (آلترناتور) سعی می شود فرکانس کار ماشین بالا رود و فرکانس کار آن بیشتر از فرکانس ژنراتور اصلی گردد.

<sup>1</sup> PMG

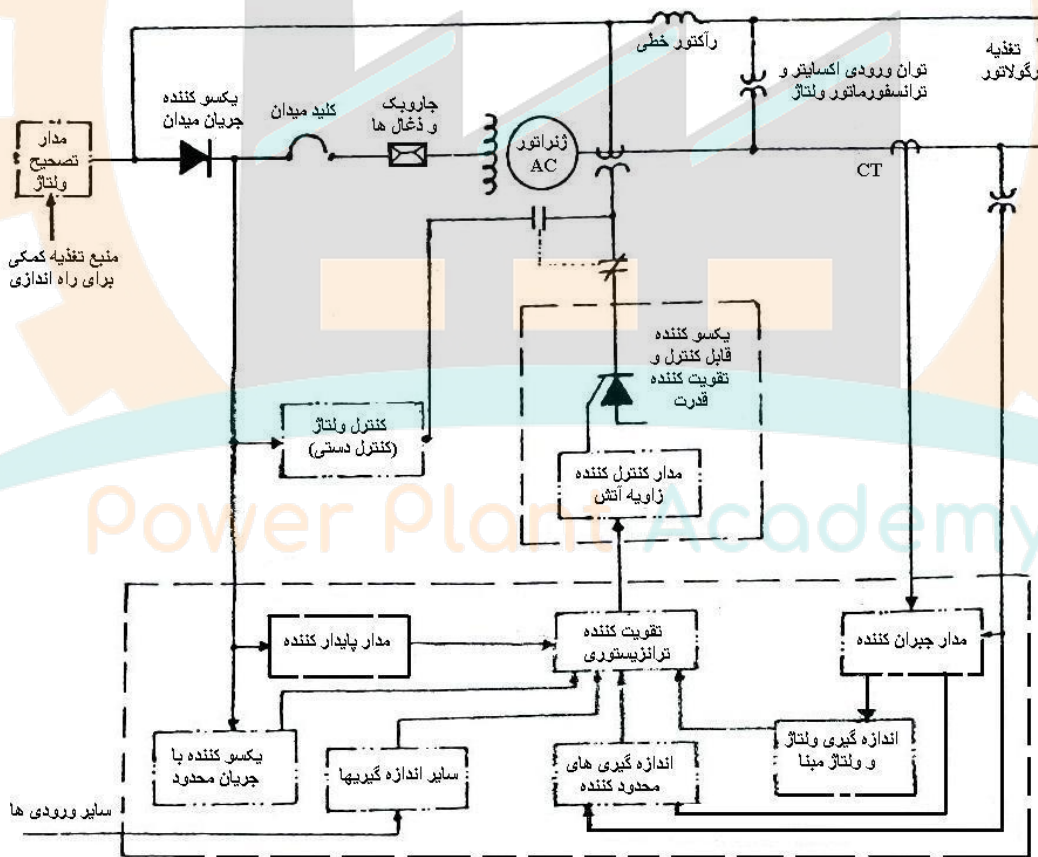
به همین جهت آلترناتورهای اخیر برای کار در فرکانس بین 300 HZ الی 420 HZ طراحی شده اند که نتایج حاصله نشان دهنده پاسخ مطلوب این سیستمها می باشد.

#### 4-5-2- سیستم کنترل میدان تحریک با سیستم اکسایتر با یکسوکننده مرکب:

دسته دیگر از سیستمهای تحریک عبارت از اکسایترهای با یکسوکننده های مرکب می باشند که نمونه ای از این نوع سیستم را در شکل (8) مشاهده می کنیم.

این نوع سیستم را از جهتی شبیه سیستم خود تحریک ژنراتور AC اصلی می توان دانست و باید توجه داشته باشیم که قدرت ورودی اکسایتر از ترمینال خروجی استاتور ژنراتور تأمین می شود و نه از توان مکانیکی محور ژنراتور طبق نمونه های قبلی ذکر شده.

فیدبک الکتریکی بوسیله یک راکتور قابل اشباع کنترل شده و این کنترل به دو منظور به کار رفته است که یکی برای کنترل خروجی AC و دیگری برای کنترل منبع تغذیه های داخلی خود اکسایتر می باشد. این سیستم یک سیستم کاملاً ساکن می باشد و این مسئله برای وسایل یدکی مهمترین مسئله می تواند باشد. این سیستم به طور کلی برای استفاده در واحدهای کوچک طراحی شده است ولی این اصول می تواند عیناً برای واحدهای بزرگتر هم صادق باشد.

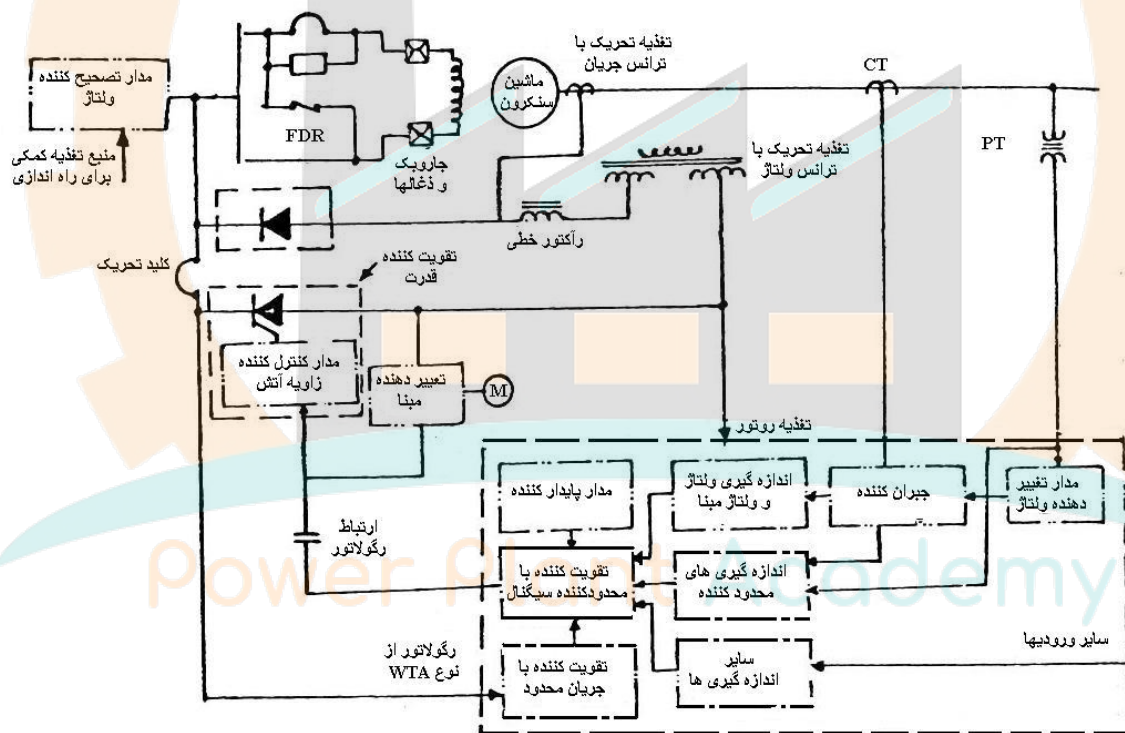


شکل 16-2: سیستم کنترل میدان تحریک با سیستم اکسایتر با یکسو کننده های مرکب

واحد هادی که از نوع سیستم خود تحریک می باشند دارای معایب ذاتی می باشند. چرا که ولتاژ AC خروجی در زمانی که اکسایتر کوشش می کند ولتاژ پایین را تصحیح کند کم بوده و از آنجائیکه این ولتاژ برای تغذیه خود اکسایتر هم به کار می رود، می تواند موجب اشکالاتی در سیستم شود. البته این مسئله را می توان به نحوی حل کرد و برای این منظور می توان جریان خروجی را به جای ولتاژ در سیستم کنترل به کار برد. البته باید در شرایط مثلاً اتصال کوتاه این فیدبک دارای قابلیت و توانایی کافی برای کنترل مناسب باشد، این نوع سیستم را در شکل (8) می توان مشاهده کرد.

### 2-5-5- سیستم کنترل میدان تحریک با اکسایتر از نوع یکسوکننده مرکب و اکسایتر با یکسوکننده و منبع تغذیه از نوع ولتاژی:

تغییر مناسبی که در سیستم یکسوکننده مرکب می توان داد عبارت از اضافه کردن یکسوکننده دیگری می باشد که خروجی آن با خروجی فیدبک خود تحریک جمع شده و موجب دستیابی به کنترل‌های اضافی روی میدان تحریک شود که این مسئله را در شکل (2-17) می توان مشاهده کرد.



شکل 2-17: سیستم کنترل میدان تحریک با استفاده از ترکیبی از اکسایتر با یکسو کننده مرکب با یکسو کننده که منبع تغذیه آن ولتاژی باشد.



این سیستم دارای رگولاتور ولتاژ ساکن با تغذیه ولتاژ جریان بوده و از پارامترهای میدان تحریک سیگنالهای لازم برای تحریک گیت تریستورها گرفته می شود که عمل کنترل تریستورها از طریق این سیگنال ها می باشد . این نوع سیستم کنترل بسیار سریع می باشد چرا که هیچ تأخیر زمانی در آن موجود نبوده و تغییر زاویه آتش تریستورها بدون تأخیر زمانی انجام می گیرد.

در مطالب ذکر شده در بالا با انواع اکسایتر آشنا شدیم و دیدیم که نمونه های مختلفی از اکسایتر را می توان برای تنظیم ولتاژ به کار برد که هر کدام دارای مزایا و معایبی بودند. حال در زیر یک نمونه متداول از آن را مورد بررسی قرار می دهیم.

در نیروگاه ها سابقاً از اکسایترهایی استفاده می شد که شامل یک ژنراتور DC بودند که این ژنراتور توان مکانیکی را مستقیماً از محور ژنراتور اصلی می گرفت و خروجی ژنراتور را بعد از یکسو شدن به عنوان جریان میدان تحریک ژنراتور اصلی به کار می برد.

در این نوع اکسایتر توان DC از طریق جاروبک و ذغالها به میدان تحریک ژنراتور اعمال می شود. در اکسایترهای مدرن امروزی طراحی طوری می باشد که از جاروبک و ذغال به علت استهلاک قطعات گردان تا حد ممکن استفاده نمی شود و انتقال توان به صورت استاتیکی انجام می پذیرد.

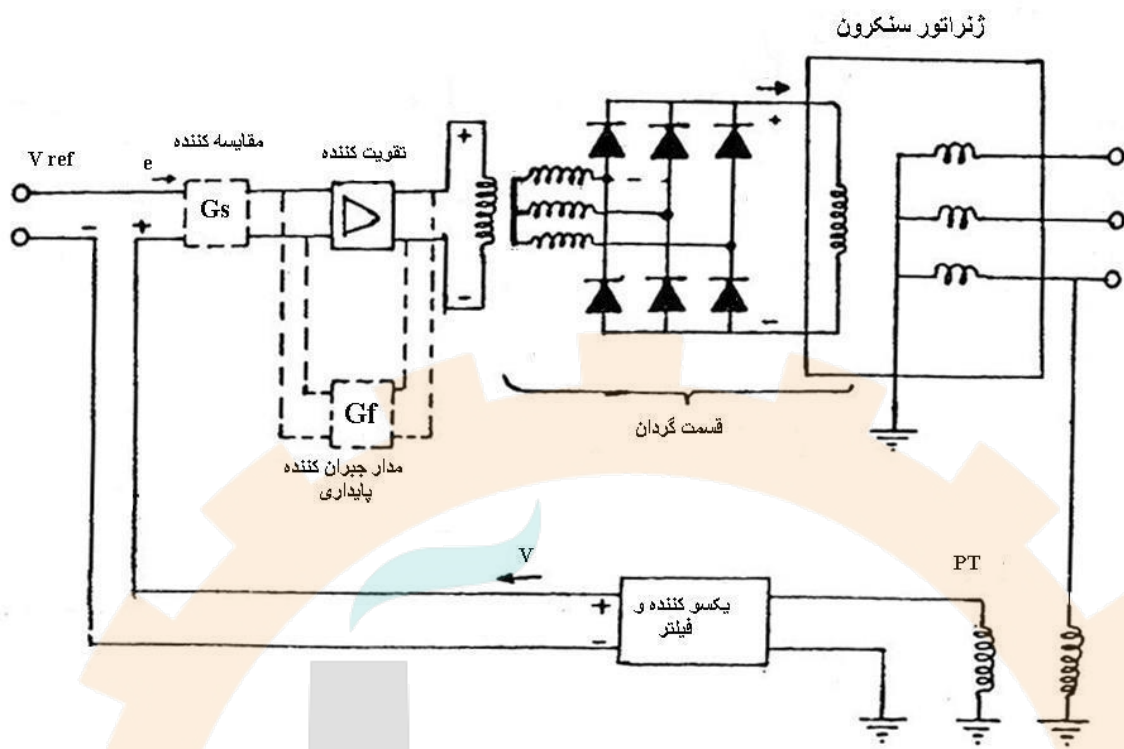
یک نمونه از این نوع اکسایتر را در مدار شماتیکی AVR مشاهده می کنیم که در اکسایتر آن از یک ژنراتور سنکرون استفاده شده است که این ژنراتور دارای سیم پیچ سه فاز آرمیچر در روی روتور بوده و سیم پیچ میدان آن برخلاف ژنراتور اصلی بر روی استاتور ماشین قرار گرفته است.

ولتاژ AC خروجی آرمیچر بعد از یکسو شدن توسط دیودهای که بر روی محور گردان ژنراتور اصلی قرار گرفته اند و مستقیماً بدون واسطه به سیم پیچ میدان ژنراتور اصلی اعمال می گردد.

این نوع طراحی نشانگر واضحی بر بی نیازی بودن به جاروبک و ذغال جهت انتقال توان می باشد. در حلقه AVR استاتیکی توان لازم جهت میدان تحریک مستقیماً از خروجی ژنراتور اصلی و یا از باس بار موجود در نیروگاه گرفته شده و توسط پلهای تریستورهای یکسوسده و به عنوان تغذیه میدان تحریک ژنراتور اصلی از طریق جاروبک و ذغال به کار گرفته می شود.

Power Plant Academy

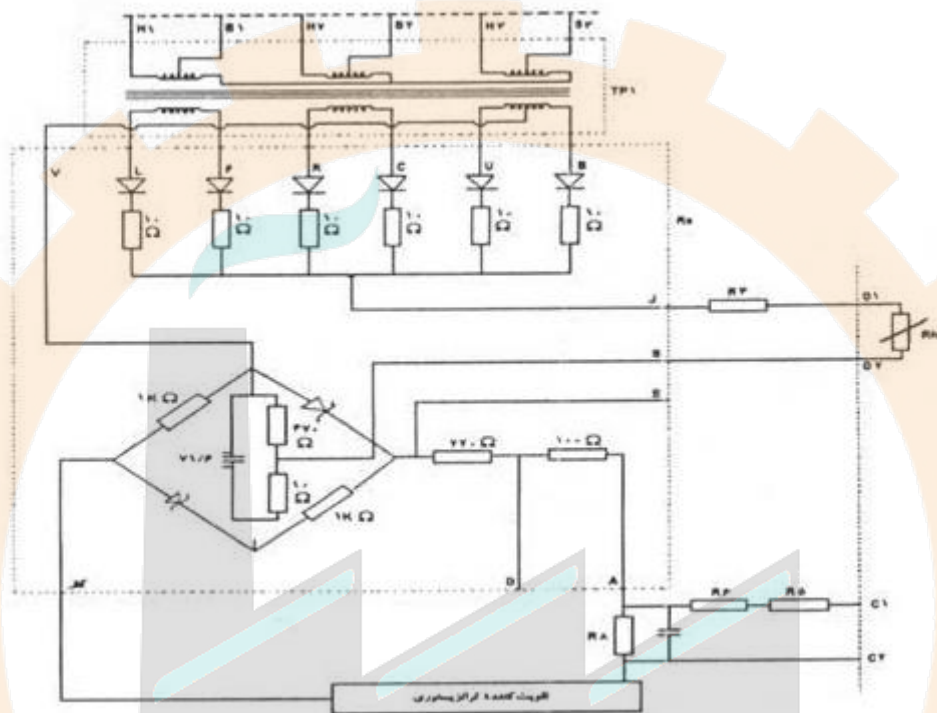




شکل 19-2: ساختمان AVR بدون زغال و جاروبک

Power Plant Academy

### فصل 3- معرفی سیستم تحریک سد آبی شهید عباسپور



#### 3-1- معرفی سیستم تحریک نیروگاه آبی سد شهید عباسپور:

نیروگاه سد شهید عباسپور دارای چهار واحد، هر یک با توان نامی 250 مگاوات می باشد. سیستم تحریک این واحدها از انواع قدیمی جریان مستقیم با تقویت کننده گردان (آمپلی داین) می باشد. این سیستم تحریک، از تحریک کننده کمکی<sup>1</sup>، مجموعه آمپلی داین و موتور DC آن، تحریک کننده اصلی<sup>2</sup> و تنظیم کننده ولتاژ<sup>3</sup> تشکیل شده است.

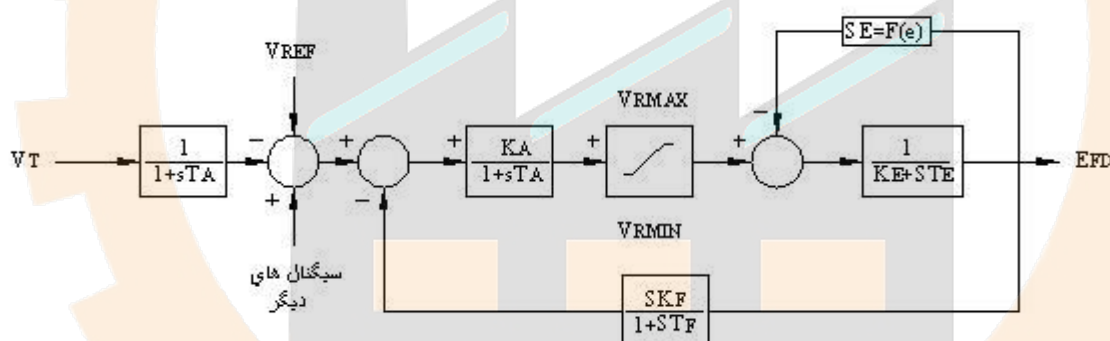
جریان تحریک توسط تحریک کننده اصلی تولید می شود که در انتهای محور ژنراتور نصب گردیده است. نحوه کنترل ولتاژ می تواند به صورت دستی و یا خودکار باشد. در حالت دستی تحریک کننده کمکی

<sup>1</sup> Pilot exciter

<sup>2</sup> Main exciter

<sup>3</sup> Voltage Regulator

که در بالای تحریک کننده اصلی نصب شده، تنها میدان دستی تحریک کننده اصلی را تغذیه می کند و کنترل ولتاژ به صورت دستی با تغییر رئوستای مسیر میدان دستی تحریک کننده اصلی امکان پذیر است. در حالت خودکار، تحرک کننده کمکی موتور DC آمپلی داین را تغذیه می نماید و میدان تحریک آمپلی داین نیز توسط یک منبع تغذیه DC تأمین می گردد. آمپلی داین بعد از تقویت، میدان خودکار تحریک کننده اصلی را تغذیه می نماید. در این حالت، تنظیم کننده ولتاژ نیز در مدار بوده و کنترل ولتاژ (با توجه به رئوستایی که مشخص کننده مقدار ولتاژ مرجع است) توسط تنظیم کننده ولتاژ انجام می گیرد که بر روی تحریک آمپلی داین، کنترل دارد. یک ژنراتور با قطبهای مغناطیس دائم<sup>1</sup>، بالای تحریک کمکی قرار دارد که تغذیه گاورنر الکتریکی و رله های سرعت و همچنین محدوده کننده زاویه بار را به عهده دارد توضیح تکمیلی تر در مورد اجزای سیستم تحریک و نحوه عملکرد آن در ادامه شرح داده شده است. با بررسی مدل‌های مختلف ارائه شده برای سیستم تحریک، مدل سیستم تحریک نیروگاه سد شهید عباسپور را می توان مشابه مدل 1 جریان مستقیم استاندارد IEEE دانست. در این مدل، تنظیم کننده ولتاژ و تحریک کننده به صورت پیوسته می باشند و برای توصیف انواع مختلفی از سیستمهای تحریک از قبیل تحریک گردان (آمپلی داین) و تحریک با تغذیه ولتاژ ترمینال و یکسوساز کنترل شونده، به کار می روند. نمودار این نوع سیستم تحریک در شکل (3-1) دیده می شود.



شکل 3-1: نمودار سیستم تحریک نوع 1 جریان مستقیم IEEE

در ادامه این بخش، پس از ارائه مشخصات عمومی سیستم تحریک واحدهای نیروگاه سد شهید عباسپور، قسمت‌های مختلف این نوع سیستم تحریک معرفی می گردد.

<sup>1</sup> PMG

## 3-2- مشخصات سیستم تحریک واحدهای نیروگاه آبی سد شهید عباسپور:

### 3-2-1- ژنراتور:

توان نامی ظاهری: 250 آمپر،  
توان نامی حداکثر: 287 مگاوات آمپر،  
ضریب توان:  $0.95 = \cos \varphi$ ،  
فرکانس: 50 هرتز  
ولتاژ نامی:  $U_n = 18 \pm 5\%$  کیلو وات،  
جریان نامی:  $I_n = 9220$  آمپر،  
سرعت نامی:  $S = 166/7$  دور بر دقیقه.

### 3-2-2- تحریک ژنراتور:

ولتاژ نامی:  $U_{Fn} = 240$  ولت،  
جریان نامی:  $I_{Fn} = 2000$  آمپر،  
ولتاژ حداکثر:  $U_{Fp} = 600$  ولت،  
جریان حداکثر:  $I_{Fp} = 5000$  آمپر،

### 3-2-3- سیستم تحریک:

#### 3-2-3-1- تحریک کننده اصلی:

ولتاژ نامی:  $U_{Fn} = 288$  ولت،  
جریان نامی:  $I_{Fn} = 2400$  آمپر،

#### 3-2-3-2- تحریک کننده کمکی:

ولتاژ نامی:  $U_n = 250$  ولت،  
جریان نامی:  $I_n = 60$  آمپر،

#### 3-2-3-3- تقویت کننده گردان (آمپلی داین):

ولتاژ نامی:  $U_n = 22$  ولت،  
جریان نامی:  $I_n = 44$  آمپر،

ولتاژ حداکثر:  $U_p = 115$  ولت،  
جریان حداکثر:  $I_p = 230$  آمپر،  
ولتاژ نامی موتور:  $U_{Mn} = 250$  ولت،  
جریان نامی موتور:  $I_{Mn} = 62$  آمپر،

قبل از بیان هر مطلبی در باره سیم تحریک نیروگاه آبی سد شهید عباسپور لازم می دانیم درباره اجزای این سیستم تحریک شرح کاملی بدهیم و در انتها با عملکرد کامل این سیستم تحریک آشنا می شویم.

### 3-3- اجزای سیستم تحریک:

#### 3-3-1- ماشین اصلی:

یک ژنراتور سنکرون است به طور کلی همانطوریکه می دانیم تمام ماشینهایی که در نیروگاه استفاده می شوند ژنراتور سنکرون هستند و تنها در دو مورد ما از موتور سنکرون استفاده میکنیم. الف) کندانسور سنکرون (که یک موتور سنکرون بدون بار است و تنها برای بهبود  $\phi$  و ضریب قدرت شبکه مورد استفاده قرار می گیرد.

ب) در مواردی که ما سرعت ثابت و گشتاور متغیر نیاز داشته باشیم از موتور سنکرون استفاده می کنیم.

#### 3-3-2- ماشین تحریک اصلی<sup>1</sup>:

که در نقشه با حروف  $G_p$  نشان داده شده است. یک ماشین تحریک مستقل با دو سیم پیچ القا کننده مجزا می باشد. این دو سیم پیچ، سیم پیچهای اتوماتیک<sup>2</sup> و کمکی<sup>3</sup> می باشند. از سیم پیچ کمکی<sup>3</sup> تا زمانی استفاده می شود که ژنراتور ما به شبکه پارالل نشده باشد به محض اینکه ژنراتور ما به 70 الی 80٪ ولتاژ نامی خود رسید توسط یک کلید، سیم پیچ کمکی<sup>3</sup> از مدار خارج و سیم پیچ اتوماتیک وارد مدار خواهد شد.

<sup>1</sup> main exciter

<sup>2</sup> Automatic

<sup>3</sup> manual

## ماشین تحریک کمکی<sup>۱</sup>:

که در نقشه با حرف G نشان داده شده است. این ماشین یک ماشین DC از نوع کمپوند نقصانی است و علاوه بر اینکه تغذیه ماشین تحریک اصلی را بر عهده دارد دو کار را انجام می دهد. الف) تحریک اولیه که در حقیقت سیم پیچ کمکی را تغذیه می کند و در اصل می توان این نکته را خاطر نشان کرد که ولتاژ اولیه روی ژنراتور از اینجا تأمین می شود. همانطور که می دانیم ژنراتور DC کمپوند دارای مقداری پسماند است در نتیجه ماشین تحریک کمکی<sup>۴</sup> بدون نیاز به وسیله ای هنگامی که شروع به دوران می کند در همان لحظه هم ولتاژ تولید می کند. ب) کار دوم ماشین تحریک کمکی<sup>۴</sup> این است که الکتروموتور سیستم آمپلی داین را تغذیه می کند. در ماشین تحریک کمکی از مقاومت دیموند هم استفاده می شود مقاومت دیموند یک مقاومت با اهم کم و وات بالاست که با سیم پیچ سری به طور موازی قرار می گیرد.

### 3-3-3- جبران کننده پسماند<sup>۲</sup>:

اگر به هر دلیلی مقدار ولتاژ پسماند تولید شده توسط ماشین تحریک کمکی<sup>۱</sup> از بین رود سیستمی به نام فیلد فلاشینگ<sup>۱</sup> مقدار ولتاژ و انرژی از دست رفته ماشین را تأمین می کند. در تمام سیستمهای اروپایی فیلد فلاشینگ<sup>۱</sup> وجود دارد در سیستم تحریک استاتیکی واحد 1 نیروگاه رامین فیلد فلاشینگ<sup>۱</sup> از نوع استاتیکی است ولی در سیستم تحریک سد شهید عباسپور فیلد فلاشینگ<sup>۱</sup> از نوع دینامیکی است. تفاوتی که بین فیلد فلاشینگ استاتیکی و دینامیکی وجود دارد در این است که در سیستم های دینامیکی ما یک ماشین داریم که پسماند آن از بین می رود و ما پسماند ماشین را دوباره تولید می کنیم ولی در سیستم استاتیکی فیلد فلاشینگ در حقیقت نقش تحریک اولیه را بازی میکند چرا که ما در لحظه اول از طریق فیلد فلاشینگ یک ولتاژی را به AVR اعمال میکنیم و سیستم AVR یک جریانی به روتور وارد می کند و باعث القای ولتاژ در روتور می شود و این ولتاژ القا شده از ترانس تحریک مورد نظر ما عبور میکند تا زمانی که ولتاژ القا شده به درصد خاصی از ولتاژ نامی برسد.

<sup>1</sup> Pilot exciter

<sup>2</sup> Field Flashing

### 3-3-4- آمپلی داین<sup>1</sup>:

ما علاوه بر ماشین تحریک اصلی<sup>2</sup> و ماشین تحریک کمکی، ماشینی دیگری به نام آمپلی داین<sup>3</sup> داریم این ماشین یک ماشین مخصوص است. این ماشین از یک موتور و ژنراتور که به هم کوپل شده اند تشکیل شده است موتور آن را با حرف M و ژنراتور آن را با حرف AM نشان می دهیم موتور آن، یک موتور کمپوند اضافی (دارای سیم پیچ سنت و سیم پیچ سری) است و ژنراتور آن همان آمپلی داین است.

### 3-3-5- سیم پیچهای آمپلی داین:

آمپلی داین 5 سیم پیچ دارد یکی از این سیم پیچها سیم پیچ القا شونده نام دارد که به آن سیم پیچ مغناطیس کننده سری هم می گویند. سیم پیچ سری که در نقشه آن را به نام سیم پیچ خنثی کننده یا محدود کننده جریان تحریک خواهید دید. اگر به هر دلیلی بخواهید آمپر دور را بالاتر ببرید بوسیله رله 43M (که با خود آرمیچرو سیم پیچ اتوماتیک ماشین تحریک اصلی به طور سری قرار می گیرد) آن را اتصال کوتاه می کنند. دسته دیگر از سیم پیچها، سیم پیچهای دی مغناطیس کننده نام دارند سیم پیچهای دی مغناطیس معمولاً دو دسته هستند. 1- سیم پیچهای دی مغناطیسی کننده 2- سیم پیچهای دی مغناطیس کننده سریع. از سیم پیچهای دی مغناطیس کننده سریع برای مواقع دمپینگ<sup>3</sup>، فرسینگ<sup>4</sup> و تریپ<sup>5</sup> دادن ماشین استفاده می کنند. در حالت تریپ<sup>6</sup> دادن چون آمپر دور زیاد است این سیم پیچ باعث میشود که حالت خفگی در ماشین ایجاد شود. در آمپلی داین علاوه بر سیم پیچهای دی مغناطیس کننده، سیم پیچهای مغناطیس کننده هم وجود دارد که این سیم پیچها هم به دو دسته تقسیم می شوند. 1- سیم پیچ مغناطیس کننده. 2- سیم پیچ مغناطیس کننده سریع در آمپلی داین بخاطر ضریب اطمینان همواره آمپر دور ثابت (مبنا) وجود دارد. همانطور که می دانیم هنگامی که می خواهیم ماشینی را طراحی کنیم و به آن فرمان کنترلی بدهیم باید برای آن یک سیم پیچ آمپر دور ثابت (مبنا) قرار دهیم و علاوه بر این از یک سیم پیچ آمپر دور مخالف هم استفاده کنیم حال اگر بخواهیم فرمان افزایش داشته باشیم باید جریان عبوری از سیم پیچ آمپر دور مخالف را تضعیف کنیم و اگر بخواهیم فرمان کاهش داشته باشیم باید جریان عبوری از سیم پیچ آمپر دور مخالف را تقویت کنیم.

<sup>1</sup> AmpliDine

<sup>2</sup> main exciter

<sup>3</sup> damping

<sup>4</sup> Forcing

<sup>5</sup> Trip

اما مهمترین سیم پیچ آمپلی داین سیم پیچ کنترل کننده ولتاژ یا همان سیم پیچ دی مغناطیس کننده اولیه (آمپر دور متغیر یا مخالف آمپر مبنا) است.

### 3-3-6- فیلد بریکر<sup>1</sup>:

که در نقشه آن را با 41RO نشان داده اند این فیلد بریکر<sup>4</sup> معمولاً (در سیستمهای دینامیکی حتماً وجود دارد) یک بریکر قطع جریان است و فیلدبریکرها می توانند هم AC و هم DC باشند ولی همانطور که گفتیم برای سیستمهایی دینامیکی حتماً DC است ولی امروزه فیلد بریکرهایی که برای سیستمهایی تحرک استاتیکی ساخته می شود از نوع AC هم می تواند باشد. حسن این کار این است که قطع کردن جریان AC نسبت به جریان DC بخاطر وجود تناوب و نقطه صفر قطع جریان با جرجه کمتر صورت می گیرد در حقیقت می توان گفت که هر چه مولفه DC، DC تر باشد قطع کردن کلید قدرت<sup>2</sup> با مشکل بیشتری مواجه خواهد شد.

فیلد بریکر سد شهید عباسپور قابلیت قطع زیر جریان نامی را ندارد در حقیقت مدار فرمان آن طوری طراحی شده است که هنگامی که جریان نامی از فیلد بریکر عبور می کند فرمان قطع توسط فیلد بریکر صادر نمی شود و این فیلد بریکر موقعی باز می شود که سیم پیچ دی مغناطیس کننده در حالت سری و جریان از حد نامی پایین تر باشد (در حدود 20% جریان نامی) و بعد مجوز باز شدن فیلد بریکر را صادر خواهد کرد.

### 3-3-7- مقاوت های ثابت زمانی

یکی دیگر از اجزای سیستم تحریک سد شهید عباسپور، **مقاوت های ثابت زمانی** می باشد که دارای ثابت زمانی هستند که ما در نظر خواهیم گرفت برای بعد از قطع شدن جریان تحریک و این مقدار متناسب با سلف روتور می باشد همانطور که می دانیم روتور دارای امپدانس بسیار بزرگی است وقتی امپدانس بسیار بزرگ باشد بنابراین انرژی ذخیره شده در آن هم بسیار بزرگ می شود حال اگر به دلیلی این جریانی که از این امپدانس بزرگ عبور می کند به هر دلیل قطع شود این انرژی زیاد می خواهد تخلیه شود و از طرفی چون فیلد بریکر باز است این انرژی طبق قانون لنز در جهت مخالف حرکت می کند ولی چون مسیرش باز است و از سویی این انرژی قابل از دست رفتن نیست پس انرژی بصورت ولتاژ خودش را نشان

<sup>1</sup> Feild breaker

<sup>2</sup> breaker

می دهد و چون جریان صفر شده پس ولتاژ به سمت بینهایت می رود (طبق رابطه  $V = L di/dt$ ) و در نتیجه شکست عایقی ایجاد می شود. بنابراین وقتی یک سلف بزرگ را داریم و می خواهیم آن را دی-انرژی<sup>۱</sup> کنیم سلف را به صورت اینترلاک با یک رله و مقاومت قرار می دهیم این کار باعث دمپ<sup>۲</sup> شدن جریان می شود و ثابت زمانی آن را با استفاده از  $5\tau$  در نظر می گیرند معمولاً مقاومتی که برای کروبار<sup>۳</sup> استفاده می کنند مقاومتی با اهم کم و ولت بالا هستند.

### 3-3-8- فید بکها:

جزء ارکان اصلی سیستم تحریک ما بشمار می روند فید بکها به دو دسته تقسیم می شوند. 1- فید بکهای ثابت (پایدار). 2- فیدبکهای گذرا. برای فیدبکهای ثابت یک نمونه ولتاژ به سیم پیچ دی مغناطیس کننده وارد می شود و برای فیدبکهای گذرا از همین نمونه ولتاژ و با قرار دادن یک مقاومت و خازن به تنظیم کننده ولتاژ<sup>۵</sup> وارد می شود در فیدبکهای گذرا عمل مشتق گیری بوسیله خازن انجام می شود. خازنهای  $C_{11}$  و  $C_{12}$  فیدبکهای گذرا ما را به ولتاژ رگولاتور اعمال می کنند.

### 3-3-9- تنظیم کننده ولتاژ<sup>۱</sup>:

یک مداری است که ولتاژ را می گیرد و جریان تولید می کند ولی نسبت به هم عکس هستند یعنی اگر ولتاژ افزایش پیدا کند جریان کاهش می یابد و برعکس. معرفی قسمتهای مختلف سیستم تنظیم ولتاژ (RE): مجموعه ای از کارتها در قسمت تنظیم کننده ولتاژ، نقش اصلی را در کنترل تحریک دارند.

### 3-3-9-1- تنظیم کننده ولتاژ استاتیکی :

تنظیم کننده ولتاژ استاتیکی، یک جریان ضد مغناطیس کننده متغیر برای آمپلی دین تولید می کند (شکل 3-3).

<sup>1</sup> De-energize

<sup>2</sup> damp

<sup>3</sup> Crowbar

<sup>4</sup> Feedback

<sup>5</sup> Regulator Voltage



### 10-3-3-3- رام<sup>1</sup>:

یک سیستم کنترل کننده دور است همانطور که می دانیم همواره دو کنترل کننده در ماشین سنکرون وجود دارد. 1- کنترل دور که متناسب با توان اکتیو است 2- کنترل ولتاژ که متناسب با توان راکتیو است فرکانس و ولتاژ همواره در نیروگاه تعیین خواهد شد این دو با همدیگر رابطه غیر مستقیم ولی ارتباطی که در عین حال وجود دارد پس نتیجه می گیریم که سیستم رام<sup>1</sup> تنظیم کننده سیستم گاورنر ماست. خوب است در اینجا توضیح مختصری درباره گاورنر بدهیم. گاورنرها مکانیکی و در نهایت سیستم آنها هیدرولیکی می شود ولی فرمانهایی که به گاورنر اعمال می شود می تواند الکتریکی و یا مکانیکی باشد اگر کنترل سیستم گاورنر الکتریکی باشد (نظیر سیستم تحریک سد شهید عباسپور) ما می توانیم بین سیستم تحریک و سیستم گاورنر یک فیدبک را در نظر بگیریم. که این باعث می شود اگر تغییراتی در سیستم کنترل گاورنر ایجاد می شود در سیستم تحریک نیز اعمال شود و اگر تغییراتی در سیستم تحریک اعمال می شود در سیستم کنترل گاورنر هم اثر مبد کند (منظور از فید بک قرار دادن یک ارتباط الکتریکی است).

### 11-3-3-3- اس اس جی<sup>2</sup>:

ژنراتوری است که با آهنربای دائم کار می کند و ماشین اصلی و کوپل مکانیکی دارد و عمل آن اندازه گیری سرعت ژنراتور سنکرون می باشد.

### 12-3-3-3- بلوک فرسینگ<sup>3</sup>:

اگر به هر دلیلی، ولتاژ روی ترمینال ژنراتور افت شدیدی پیدا کند ما دچار فورسینگ می شویم و به نحوی که این افت شدید تأمین آن از عهده ولتاژ رگولاتور خارج باشد باید سیستم تحریک جریان شدیدی را به روتور ژنراتور اعمال کند تا این افت ولتاژ جبران شود سیستمی که این جریان ناگهانی به روتور را اعمال می کند بلوک فرسینگ<sup>3</sup> است.

<sup>1</sup> RUM

<sup>2</sup>SSG

<sup>3</sup> Forcing

### 3-3-13- بلوک محدود کننده زیر تحریک:

اگر ولتاژ ترمینال بیش از حد معمول افزایش یابد در واقع ما مگاوار زیاد از شبکه دریافت می کنیم و در حقیقت توان راکتیو در جهت مثبت زیاد می شود و ما می خواهیم سیستم از حالت پاندولی شدن عبور کند و در اینجا از بلوکی به نام محدود کننده زیر تحریک استفاده می کنیم این بلوک نمی گذارد زاویه  $\delta$  به 90 درجه (حد پایداری) نزدیک شود.

توجه: هر دو مجموعه بالا در سیستم ولتاژ رگلاتور موجود می باشند.

### 3-4- مدل سازی سیستم تحریک سد شهید عباسپور:

روشهای مدل سازی ریاضی به سه دسته تحلیلی آزمایشی و ترکیبی تقسیم میشوند در مدل سازی تحلیلی، معمولاً سیستم اصلی مورد مطالعه، به مجموعه ای از سیستمهای فرعی تقسیم می شود و سپس مدل کلی با ترکیب این مدلها فرعی به دست می آید. برای به دست آوردن رابطه ورودی و خروجی هر قسمت، از قوانین فیزیکی حاکم بر اجزای سیستم استفاده می شود. در مدل سازی آزمایش با انجام آزمایش بر روی سیستم واقعی و ضبط ورودیها و خروجیها در حین آزمایش و پردازش سیگنالهای ضبط شده، مدل سیستم به دست می آید. در مدل سازی ترکیبی نیز ساختار مدل به روش تحلیلی و پارامترهای آن به روش آزمایشی محاسبه می گردند.

#### تعیین ساختار مدل اجزای سیستم تحریک و محاسبه پارامترهای آنها:

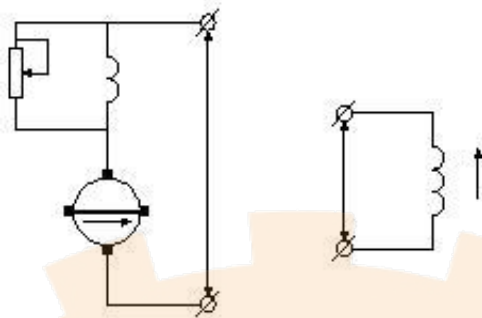
در مدل سازی تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه سد شهید عباسپور، برای هر یک از اجزای معرفی شده در قسمت قبل، مدل ریاضی منطبق بر ساختار آن در نظر گرفته شده است. بر اساس مقادیر عناصر و نیز اندازه گیریهای انجام شده در محل نیروگاه، پارامترهای مدل هر یک از اجزا تعیین گردیده است. در ادامه به معرفی مدل سازی تحلیلی هر یک از این اجزا می پردازیم.

## Power Plant Academy

### 3-4-1- تقویت کننده گردان (آپلی داین):

از جمله تقویت کننده های گردان میدان متقاطع که ثابت زمانی الکترومغناطیسی پایین نیز دارد، طرح نشان داده شده در شکل (3-4) است که مدت زمان گذرا را کاهش می دهد. یک ماشین از این نوع، در ساده ترین شکل آن، دو سیم پیچی اصلی دارد، یک سیم پیچی میدان تحریک (سیم پیچی کنترل) و یک سیم پیچی آرمیچر. دو جفت از جاروبکها روی کموتاتور تقویت کنند سوار شده اند. یک

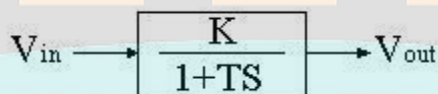
جفت روی محور  $I-I(q)$  (میدان آرمیچر) که اتصال کوتاه شده و دیگری با  $90^\circ$  درجه اختلاف روی محور مستقیم  $d$  (میدان کنترل) قرار دارد که به بار متصل می گردند.



شکل 3-3: تقویت کننده گردان (آمپلی داین)

تقویت کننده گردان را می توان مشابه یک مجموعه تحریک کننده و ژنراتور در نظر گرفت که مرحله اول، شامل سیم پیچی کنترل و مدار اتصال کوتاه شده آرمیچر می باشد، در حالی که مرحله دوم، شامل مدار اتصال کوتاه شده آرمیچر می باشد که به عنوان سیم پیچ میدان در این مرحله تغذیه می شود و سیم پیچی آرمیچر و مدار خروجی آرمیچر می باشد. تغییری کوچک در جریان تحریک، ولتاژ زیادی را در خروجی سیم پیچ محور  $d$  ایجاد می کند.

سیم پیچی مرحله اول ثابت زمانی کوچکی داشته که کاملاً ناچیز است. سیم پیچی میدان مرحله دوم که در شیارهای آرمیچر مرتب شده است، وزن سبکتری از یک سیم پیچی میدان قسط متمرکز داشته و لذا ثابت زمانی آن نیز به طور نسبی کوچک بوده و ثابت زمانی کل مجموعه معمولاً از  $0.1$  ثانیه تجاوز نمی کند. لذا مدلی که برای تقویت کننده آمپلی دین در نظر گرفته می شود، به صورت یک مدل درجه یک مطابق شکل (3-4) می باشد.



شکل 3-4: نمودار تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه سد شهید عباسپور

در شکل (3-4)،  $V_{out}$  ولتاژ خروجی دو سر سیم پیچ محور مستقیم آمپلی داین و  $V_{in}$  ولتاژ دو سر سیم پیچ دی مغناطیسی کننده اولیه می باشد که از واحد تنظیم کننده ولتاژ تغذیه می گردد. در بلوک فوق،  $\tau$  ثابت زمانی سیم پیچ دی مغناطیس کننده آمپلی داین می باشد که تغییر و تنظیم ولتاژ توسط تنظیم کننده، از طریق این سیم پیچ صورت می پذیرد. با توجه به مقادیر مقاومت، اندوکتانس و بهره اندازه گیری شده، تابع تبدیل تحلیلی به دست آمده برای آمپلی دین عبارت خواهد بود از:

$$\frac{V_{Out}}{V_{In}} = \frac{21/3}{1+0/01182 S} \quad (1-3)$$

### 3-4-2- مدل تحلیلی تحریک کننده اصلی:

مدل تحلیلی که برای تحریک کننده اصلی بدون در نظر گرفتن اثر اشباع در نظر گرفته می شود به

صورت رابطه زیر می باشد:

$$(2-3) \frac{E_x}{V_F} = \frac{1}{K_E + T_{ES} S}$$

که در آن:

$$(3-3) K_E = \frac{R_F}{R_g}, T_E = \frac{1}{K_x}, R_S = L_F K_x$$

$R_F$  و  $L_F$  به ترتیب مقاومت و اندوکتانس و  $K_S$  شیب منحنی بی باری و یا شیب خط فاصله هوایی تحریک کننده اصلی می باشند. برای محاسبه  $R_g$  از نسبت تغییرات ولتاژ خروجی تحریک کننده اصلی به تغییرات جریان خروجی آمپلی داین که همان جریان سیم پیچ میدان تحریک کننده اصلی در دو نقطه کار می باشد، استفاده می شود.

با توجه به مقادیر اندازه گیری شده  $R_F$  و  $L_F$ ، تابع تبدیل تحلیلی به دست آمده برای تحریک کننده اصلی عبارت خواهد بود از:

$$\frac{E_x}{V_F} = \frac{1}{0/0788 + 0/0342 S} = (4-3)$$

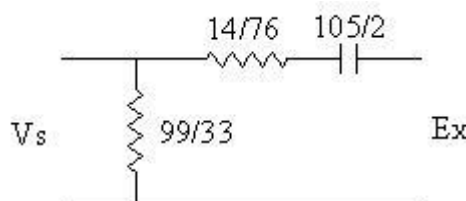
$$\frac{12/7}{1 + 0/0232 S}$$

### 3-4-3- مدل تحلیلی پایدار ساز سیستم تحریک:

مدل پایدار ساز سیستم تحیک عموماً به صورت یک بازخورد با رابطه زیر می باشد:

$$(5-3) \frac{E_x}{V_S} = \frac{K_{F.S}}{1 + T_{F.S}}$$

همان طور که قبلاً هم ذکر گردید، این قسمت در واحد تنظیم کننده ولتاژ قرار داشته و مدار الکتریکی آن به صورت شکل (3-6) می باشد.



شکل 3-5: مدار معادل پایدار ساز سیستم تحریک

باتوجه به مدار الکتریکی فوق، تابع تحلیلی پایدار ساز سیستم تحریک عبارت خواهد بود با:

$$\frac{E_x}{V_s} = \frac{0/01045S}{1+1/563S} \quad (7-3)$$

### 3-5- ارائه مدل تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه آبی سد شهید عباسپور:

با توجه به مدل‌های تحلیلی به دست آمده برای اجزای مختلف سیستم تحریک واحدهای نیروگاه سد شهید عباسپور و در نظر گرفتن مدل استاندارد شکل (3-2)، نمودار مدل کلی حاصل برای سیستم تحریک این واحدها به صورت شکل (3-7) می باشد. در بخش بعد، ارزیابی صحت این مدل بر اساس آزمایشهایی در نیروگاه ارائه می گردد.

### 3-6- ارزیابی مدل S:

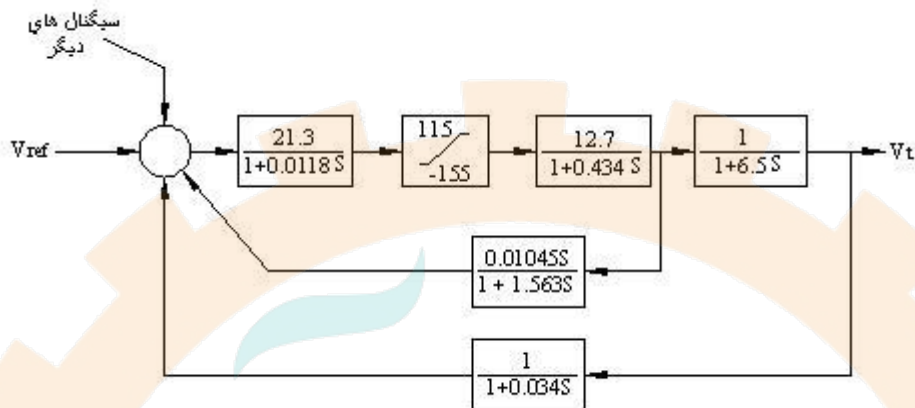
در مدل سازی تحلیلی، اغلب ساده سازیهایی انجام می شود. به عنوان مثال اثر تغییرات پارامترها با زمان و یا خاصیت غیر خطی بودن عناصر در نظر گرفته نمی شود، لذا مدل به دست آمده از روش تحلیلی باید با انجام آزمایشهایی ارزیابی و در صورت لزوم تصحیح گردد. در این راستا، آزمایشهای متعددی در چند نقطه کار بر روی سیستم تحریک سد شهید عباسپور صورت گرفت. در این آزمایشها با اعمال تغییر در ولتاژ مرجع، خروجی قسمت‌های مختلف ثبت گردیده اند. در مرحله ارزیابی، برای بستن حلقه ولتاژ ترمینال در مدل سیستم تحریک، از مدل مدار باز ژنراتور استفاده گردید. مدل ژنراتور در این حالت و در دور سنکرون و بدون اتصال به شبکه با ثابت زمانی مدار باز بیان می گردد که به صورت رابطه زیر است.

$$\frac{V_t}{V_F} = \frac{1}{1+T'_{do}s} \quad (8-3)$$

برای ژنراتورهای نیروگاههای آبی، این ثابت زمانی در محدوده 9-1/5 ثانیه قرار دارد. در نیروگاه سد شهید عباسپور، آزمایش تعیین پارامترهای دینامیکی ژنراتور با روش "دی سی دیکی"<sup>1</sup> اجرا گردیده است. بر اساس این آزمایش مقدار پارامتر برابر  $T'_{do} = 6/5$  می باشد. این خروجیها با خروجی شبیه سازی شده مدل تحلیلی، مقایسه شده اند.

<sup>1</sup> DC Decay

معیار ارزیابی، میزان مجموع مربعات خطا می باشد که با توجه به شکل خروجی شبیه سازی شده که در نیروگاه حاصل شد مجموع مربعات خطای نسبی بین سیگنال خروجی واقعی و خروجی مدل شبیه سازی شده، 9/7 درصد می باشد.



شکل 3-6: نمودار تحلیلی سیستم تحریک نیروگاه سد شهید عباسپور

### 3-7- نحوه عملکرد سیستم تحریک:

پایلو تکس<sup>1</sup> اولین ماشینی است که ولتاژ دار میشود (چون یک ماشین DC کمپوند است و پسماند دارد) پس ماشین پایلو تکس<sup>2</sup> تولید ولتاژ می کند این ولتاژ روی سیم پیچ اصلی<sup>3</sup> می افتد چون هنوز به شبکه پارالل نشده ایم سیم پیچ کمکی<sup>4</sup> در مدار است این القای ولتاژ در سیم پیچ بخاطر اینکه یک مدار بسته وجود دارد باعث عبور جریان از سیم پیچ کمکی<sup>4</sup> می شود که در این صورت آمپر دوری ایجاد می شود این آمپر دور در ماشین تحریک اصلی (الفا شونده) یک ولتاژ الفا می کند و از آنجا که فیلد بریکر 41R5 بسته است و باعث می شود یک مسیر بسته ایجاد شود سبب عبور جریان از سیم پیچی روتور ماشین اصلی می شود عبور جریان از سیم پیچی روتور ماشین باعث ایجاد آمپر دور می شود و این آمپر دور باعث می شود در ماشین اصلی ولتاژ تولید شود و در واقع پایلو تکس<sup>5</sup>، تحریک کننده اصلی<sup>6</sup> را تحریک می کند و تحریک کننده اصلی هم ماشین اصلی را تحریک می کند و اگر در شکل هم خوب دقت کنیم ( شکل 3-3-

<sup>1</sup>Pilotex

<sup>2</sup> Pilot

<sup>3</sup> main exciter manual

<sup>4</sup> Manual

<sup>5</sup> Pilot exciter

<sup>6</sup> main exciter

6) متوجه می شویم که این 3 ماشین با هم ، هم محور شده اند (کوپل مکانیکی) و در حقیقت هر 3 تا با هم دوران می کنند. پس در ماشین اصلی ولتاژ رو به افزایش است. هنگامی که ولتاژ ما به 75% مقدار نامی رسید حال زمان آن فرا رسیده است که ماشین را از حالت دستی خارج و به حالت اتوماتیک انتقال دهیم که به وسیله کلید، سیم پیچ کمکی<sup>4</sup> خارج و سیم پیچ اتوماتیک<sup>1</sup> وارد مدار می شود با زدن کلید و رفتن از حالت دستی به حالت اتوماتیک باعث می شود یک سری مدار فرمان فعال شوند به عنوان مثال بریکر الکتروموتور آمپلی داین<sup>2</sup> به دور خاصی خودش رسیده باشد. پایلوت اکسایتر<sup>5</sup> انرژی لازم برای به چرخش درآوردن موتور آمپلی داین را فراهم میکند، و از آنجا که موتور و ژنراتور آمپلی داین هم با هم کوپل مکانیکی دارند و با به چرخش درآمدن موتور آمپلی داین<sup>6</sup> ژنراتور آمپلی داین هم شروع به چرخش می کند و به علت وجود یک مسیر بسته از طریق سیم پیچ سری و رله های موجود در مسیر، جریان از سیم پیچ اتوماتیک عبور می کند و دوباره باعث القای ولتاژ در ماشین تحریک اصلی و به تبع آن در ماشین اصلی القا خواهد شد. در این مرحله سبب می شود که مقدار ولتاژ در اثر عبور جریان بیشتر از سیم پیچ اتوماتیک افزایش یابد و مقدار ولتاژ به 100 درصد مقدار نامی برسد و باعث ایجاد شرایط پارالل شدن ژنراتور به شبکه گردد.



Power Plant Academy

---

<sup>1</sup> Automatic

<sup>2</sup> AmpliDine

## فصل 4- معرفی دو سیستم تحریک روسی در نیروگاه رامین



در این فصل با دو نمونه سیستم تحریک خاص، یعنی سیستم های تحریک روسی آشنا خواهیم شد.

### قسمت اول : معرفی سیستم تحریک واحدهای 2- 4 نیروگاه رامین

با توجه به نقشه کلی سیستم تحریک دینامیکی نیروگاه رامین که در شکل 1 نشان داده شده است . ابتدا به تشریح المانهای موجود در پانل ЭПА-500 می پردازیم و در ادامه با سایر اجزای موجود در این سیستم تحریک بیشتر آشنا خواهیم شد. توجه : توصیه می شود قبل از مطالعه این سیستم تحریک برای آشنایی با حروف و رله های موجود در این سیستم تحریک به قسمت ضمیمه مراجعه کنید.

## Power Plant Academy

### 4-1- پانل ЭПА-500 و المانهای دورن آن :

بلوک ЭПА که بلوک دیاگرام آن در شکل 2 نشان داده شده است: شامل بلوکهای زیر می باشد:

- 1- آمپلی فایرهای میانی و نهایی
- 2- واحد کنترل ولتاژ یا واحد БКН

3- آشنایی با ماشین تحریک اولیه (پایلوت اکسایتر B4Π) و همچنین سیم پیچ مثلث یا ماشین

تحریک اصلی (تحت عنوان BΓT)

4- بلوک حفاظتی در موقع اضافه بار یا فورسینگ واحد تحت عنوان B0Φ

5- بلوک حفاظتی زیر تحریک تحت عنوان B0MB

6- فید بک پایدار و گذرا

7- پل های دیودی جهت یکسو کردن

8- اتوترانس یا ترانسفورماتور کنترل مگاوار





حال به تشریح اجزای موجود در پانل می پردازیم.

1- آمپلی فایرهای میانی و نهایی: پانل ЭПА-500 شامل دو دسته آمپلی فایر (تقویت کننده) می باشد.

1- آمپلی فایر میانی 2- آمپلی فایر نهایی. اگر بخواهیم شرح مختصری، در این رابطه ارائه کنیم می توانیم بگوئیم که آمپلی فایرهای مغناطیسی دارای 3 دسته سیم پیچ می باشند. 1- سیم پیچهای قدرت 2- سیم پیچهای کنترل و 3- سیم پیچهای بایاس. نحوه عملکرد آنها به این شکل است که توسط یک جریان DC هسته آمپلی فایر در آستانه اشباع قرار می گیرد سپس توسط سیم پیچ کنترل مقدار قدرت خروجی آمپلی فایر بوسیله تغییر اندوکتانس کنترل می شود. در هر سیم پیچ قدرت دو دیود برای یک نیم سیکل قرار داده شده که وظیفه جلوگیری از تأثیر جریان بار بر سیم پیچهای کنترل را بر عهده دارند و از خود اشباعی آمپلی فایر جلوگیری می کنند. در مورد سیم پیچهای کنترل و سیم پیچهای بایاس در ادامه بیشتر آشنا خواهیم شد.

اما با توجه به نقشه کلی سیستم تحریک نیروگاه، (مطابق شکل 1) متوجه می شویم که قسمت میانی نقشه بوسیله سیم پیچ کاهش ( $OBB_2$ ) به دو قسمت کلی تقسیم می شود (بر اثر این تقسیم بندی، طبقه مربوط به سیم پیچ کاهش  $OBB_3$  را طبقه تضعیف می نامند و طبقه مربوط به سیم پیچ افزایش ( $OBB_2$ ) را طبقه تقویت می نامند).

هر کدام از این طبقات هم به نوبه خود به دو قسمت تقسیم می شوند. 1- طبقه آمپلی فایر میانی، 2- آمپلی فایر نهایی. پس در مجموع می توان نتیجه گرفت که قسمت میانی نقشه به 4 قسمت تقسیم می شود. 1- آمپلی فایر میانی تقویت<sup>1</sup>، 2- آمپلی فایر میانی تضعیف<sup>2</sup>، 3- آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup>، 4- آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup>.

نکته ای که قابل توجه می باشد این است که در حالت بی باری ژنراتور همیشه جریان تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup> بیشتر از تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup> است این یک رژیم ثابت محسوب می شود معمولاً در بی باری ژنراتور اختلاف جریان بین آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup> و آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup> بین 6 الی 8 آمپر می باشد و در حالت کار جریان نامی روتور، جریان تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup> بیشتر از 24 A نمی شود و جریان تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup> حدود 2A است. همانطور که در بالا اشاره شد همیشه جریان آمپلی فایر نهایی تضعیف از آمپلی فایر نهایی تقویت بیشتر است ولی

<sup>1</sup> YMC

<sup>2</sup> YMP

<sup>3</sup> YMF

<sup>4</sup> YMP

گاهی ممکن است در زمان بسته شدن فیلد بریکر (АГП) برای یک لحظه کوتاه (حدود 2 الی 3 ثانیه) جریان آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup> از جریان آمپی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup> بیشتر شود تغذیه آمپلی فایرهای میانی و نهایی از طریق پایلوت اکسایتر<sup>1</sup> انجام می شود به این ترتیب که برای قسمت قدرت آمپلی فایرهای میانی به وسیله ترانس، ولتاژ پایلوت اکسایتر<sup>2</sup> کمتر می شود و برای قسمت قدرت آمپلی فایرهای نهایی از همان ولتاژ پایلوت اکسایتر به طور مستقیم استفاده می شود.

## 2-4- وظایف اصلی تقویت کننده های مغناطیسی :

آمپلی فایر نهایی تقویت ، وظیفه تحریک سریع در شرایط فرسینگ<sup>3</sup> را بر عهده دارد و کنترل عادی تحریک بر عهده تقویت کننده نهایی تضعیف خواهد بود و سایر تقویت کننده های میانی یعنی آمپلی فایر میانی تقویت<sup>4</sup> و آمپلی فایر میانی تضعیف<sup>5</sup> عمل تقویت سیگنال را بر عهده دارند.

آشنایی با سیم پیچ های آمپلی فایر های میانی 1- سیم پیچهای  $H_3 - K_3$  که جهت بایاس آمپلی فایر میانی بکار می رود.

( توجه : سیم پیچ  $H_3 - K_3$  هم در آمپلی فایر میانی تضعیف و هم در آمپلی فایر میانی تقویت قرار دارند و در مورد سایر سیم پیچ هایی که در ادامه با آنها آشنا می شویم وضع به همین صورت است ). از این سیم پیچ برای تنظیم نقطه کار آمپلی فایر استفاده می شود. در حقیقت تنظیم نقطه کار آمپلی فایر با اعمال یک جریان ثابت ( از خروجی واحد کنترل کننده ولتاژ (БKH) به دو سر مقاومت های متغیر R18 و R19 ) به این سیم پیچ حاصل می شود یعنی با تغییر مقاومت های R18 و R19 می توان نقطه کار آمپلی فایر را تغییر داد.

2- سیم پیچ نمونه ولتاژ ژنراتور مثلث: یک نمونه ولتاژ از سیم پیچ مثلث (اکسایتر اصلی) وارد بلوک فرسینگ<sup>2</sup> (یا همان Б0Ф) می شود سپس نمونه جریان خروجی از واحد Б0Ф توسط پل دیودی یکسو می شود. نمونه جریان یکسو شده وارد بلوک فیدبک پایدار (ЖОС) می شود و از طریق مقاومت R12 و R13 جریان وارد سیم پیچ نمونه ولتاژ ژنراتور مثلث می شود.

<sup>1</sup> Pilot exciter

<sup>2</sup> Pilot exciter

<sup>3</sup> Forcing

<sup>4</sup> YMC

<sup>5</sup> YMP

3- سیم پیچهای مربوط به استیج I واحد БКН که شامل دو دسته سیم پیچ هم در آمپلی فایر میانی تضعیف و هم در آمپلی فایر میانی تقویت می باشند ( $H_1 - K_1, H_4 - K_4$ ) که این دو سیم پیچ در هر دو آمپلی فایر میانی (تضعیف و تقویت) با هم سری هستند و وظیفه تضعیف خروجی آمپلی فایر ها را به عهده دارند و جریان این سیم پیچها توسط مقاومت  $R_{10}$  تنظیم می شود.

4- سیم پیچهای استیج II که مشابه سیم پیچها مربوط به استیج I شامل دو دسته سیم پیچ در هر آمپلی فایر میانی می باشند (یعنی دو دسته سیم پیچ در آمپلی فایر میانی تضعیف و دو دسته سیم پیچ در آمپلی فایر میانی تقویت دارند) ولی بر خلاف سیم پیچهای مربوط به استیج I، وظیفه تقویت خروجی آمپلی فایرها را برعهده دارند و جریان این سیم پیچها توسط مقاومت  $R_9$  تنظیم می شود.

نکته ای که در انتهای بحث تقویت کننده ها اشاره به آن خالی از لطف نیست این است که هر جریانی که به آمپلی فایر تضعیف وارد می شود خلاف آن جریان به آمپلی فایر تقویت وارد می شود یعنی اگر جریان مثبت به آمپلی فایر تضعیف وارد می شود در همان زمان، جریان منفی به آمپلی فایر تقویت وارد می شود.

**: (block control neprision) БКН**



شکل 2-4 : نمای ظاهری رگولاتور

همان ولتاژ رگولاتور است و با توجه به نقشه اصلی سیستم تحریک دو خروجی (استیج) و یک سر مشترک دارد یکی از خروجی ها (استیج II) تقویت خروجی آمپلی فایرهای میانی را برعهده دارد به عبارت دیگر جریان خروجی اعمالی به روتور کاهش می دهد و خروجی دیگر (استیج I) تضعیف خروجی آمپلی فایرها را بر عهده دارد به عبارت دیگر جریان خروجی اعمالی به روتور را افزایش می دهد در کل می توان گفت که یکی از خروجی ها کار تقویت را انجام می دهد و خروجی دیگر کار تضعیف را انجام می دهد. سر راه ولتاژی که برای BKH می آید یک اتوترانس قرار دارد حال شاید بپرسید که علت قرار دادن اتوترانس در چیست؟ در جواب باید گفت که از اتوترانس برای مواقعی که می خواهیم مگاوار شبکه را به طور دستی تغییر دهیم استفاده می کنیم.

اگر اتوترانسفورماتور به BKH ولتاژ 190 ولت و یا بیشتر از 172 ولت را بدهد، BKH (رگولاتور ولتاژ) بلافاصله دستور کاهش جریان را به استیج I و افزایش جریان به استیج II را صادر می کند یعنی در نهایت باعث کم شدن جریان تحریک می شود. در حقیقت خروجی اول، جریان زیاد را به آمپلی فایر اعمال می کند و در خروجی دوم هم جریان کم شده را به آمپلی فایر اعمال می کند. دو تا استیج بلوک کنترل ولتاژ حالت ترازو دارند و به نوعی نقطه کار مشترک با هم دارند آن نقطه که همان نقطه ای است که در آن نقطه ولتاژ خروجی ژنراتور به  $20^{KV}$  می رسد (وجود سیم پیچ تضعیف و تقویت باعث منحنی شدن نمودار می گردد) و اگر اتوترانسفورماتور ولتاژی کمتر از 172 V به BKH بدهد بلوک کنترل ولتاژ دقیقاً بر عکس عمل می کند البته افزایش جریان استیج I تا سقف  $1.15^a$  خواهد بود. اگر اتوترانس هیچ گونه وساطتی در ولتاژ خروجی ژنراتور و ورودی BKH نکند جریانهای خروجی I و II حول نقطه کار BKH شناور خواهند بود. در صورت کاهش بیش از حد ولتاژ خروجی واحد BKH تحت فورسینگ، فقط تا حدودی می تواند عکس العمل نشان دهد و نمودار تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>1</sup> از تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>2</sup> بالاتر می رود و جریان روتور خیلی سریع افزایش می یابد و اگر واحد BKH نتواند فورسینگ را جبران کند واحد 50Φ وارد عمل می شود و سعی می کند تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>1</sup> بر تقویت کننده آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>2</sup> غلبه دهد. با تسلط سیم پیچ  $OBB_2$  بر  $OBB_1$  جریان به صورت خطی و سریع افزایش خواهد یافت و این افزایش سریع جریان می تواند فورسینگ وارد برژنراتور را به صورت متناسب تحمل کند که مدت زمان این حالت حدود 14 ثانیه به ازای دو برابر جریان نامی می تواند باشد بعد از این زمان ، واحد تریپ<sup>3</sup> خواهد کرد.

<sup>1</sup> YMΦ

<sup>2</sup> YMP

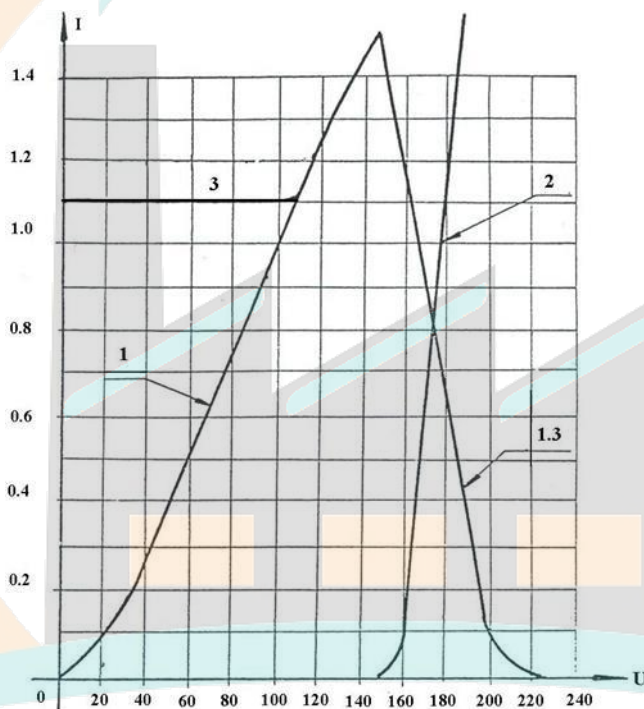
<sup>3</sup> trip

بلوک تصحیح کننده ولتاژ (BKH) نقش اساسی در کنترل ولتاژ تحریک دارد و معمولاً از یک ترانسفورماتور کمپرنیوتیک استفاده می کنند که دو جریان خطی و غیر خطی جهت کنترل ولتاژ به عنوان سیگنال کنترل به تقویت کننده ها می دهد و دارای دو مزیت مهم است.

الف) به کمک آن جریان تحریک بسیار سریع تنظیم می شود.

ب) تنظیم ولتاژ توربورژنراتور نوسانی نمی شود بلکه تنظیم بصورت آرام و یکنواخت صورت می گیرد زیرا حالت نوسانی لطمه به ژنراتور می رساند. بلوک BKH ، از آنجا که دارای اهمیت ویژه ای در توربو ژنراتورهای TBB-500 (نیروگاه رامین) دارا می باشد علاوه بر دریافت سیگنال جریان و ولتاژ از محدود کننده جریان زیر تحریک و از واحد فید بک گذرا نیز ورودی می گیرد.

که این مطلب با توجه به دیاگرام تک خطی سیستم تحریک نیروگاه که در انتها قرار داده شده است به وضوح قابل تشخیص است.



- 1- طبقه بدون بالابرنده اضافی
- 2- طبقه 2
- 3- طبقه 1 با بالابرنده اضافی
- U : ولتاژ تصحیح کننده ولتاژ
- 1 : جریان تصحیح کننده ولتاژ

شکل 3-4 : دیاگرام تک خطی نیروگاه

### 3-4- ماشین تحریک اولیه<sup>۱</sup>:



شکل 4-4: ماشین تحریک اولیه

همانطور که اشاره شد به طور کلی طبقات آمپلی فایر نهایی و میانی توسط ماشینی به نام پایلوت اکسایتر<sup>۲</sup> تغذیه می شوند که در نقشه سیستم تحریک به نام ВЧП معروف است. به طور کلی کار سیستم تحریک از اینجا آغاز می شود و ولتاژ اولیه روی ژنراتور از طریق پایلوت اکسایتر تأمین می شود. پایلوت اکسایتر<sup>۱</sup> در حقیقت ژنراتوری است که روتور آن مغناطیس دائم است. این ماشین در حالت بی باری ولتاژ 460 V و در بار نامی دارای ولتاژ 400 V و فرکانس 400 HZ است. مقدار توان این ماشین پایین است چرا که مکانیزم ساخت آهنربایی دائم گردان چنین است و در حقیقت به خاطر همین گردان بودن آن است که توان کمی تولید می کند. این ماشین با ژنراتور اصلی هم محور است و یا سرعت سنکرون ژنراتور در حال چرخش است چرخش مغناطیسی دائم باعث به وجود آمدن ولتاژ در خروجی ژنراتور می شود و همچنین می دانیم که ولتاژ ژنراتور به تعداد دورهای روتور بستگی دارد. جریان نامی این ماشین به خواسته پانل ЭПА-500 بستگی دارد. طبق مشخصات فنی حدود 60 آمپر روی سیم پیچهای آمپلی فایر نهایی

<sup>1</sup> Pilot exciter

<sup>2</sup> Pilot exciter

تقویت<sup>۱</sup> و آمپی فایر نهایی تضعیف<sup>۲</sup> به وجود می آید و همچنین جریان نامی در یک فاز 54 آمپر است که این مقدار پس از یکسو شدن افزایش می یابد و با ضریب 0.815 به حدود 60 آمپر (جریان مستقیم) می رسد.

#### 4-4- ماشین تحریک اصلی<sup>۳</sup>:

که در نقشه با حرف BIT نشان داده شده است. اکسایتر اصلی نیروگاه رامین از نوع مولد القاگر بوده است که به ژنراتور فرکانس بالا معروف است. این ماشین یک ماشین مخصوص است که تحریک کننده سیم پیچ میدان آن با سیم پیچ روتور و استاتور به طور سری قرار دارد به طور کلی سیستمهای با فرکانس بالا ( نظیر سیستم تحریک فوق ) تعریف نشده اند. و از این نظر به آنها ماشین مخصوص گفته می شود. چون برای مصارف خاص ساخته می شوند. ( در ادامه با سیم پیچهای اصلی سیستم تحریک ( شامل 3 سیم پیچ کنترل و سیم پیچ القا شونده ) ماشین تحریک اصلی<sup>1</sup> بیشتر آشنا می شویم. ) این ماشین ( ماشین تحریک اصلی<sup>1</sup> ) 4 تا سیم پیچ دارد.

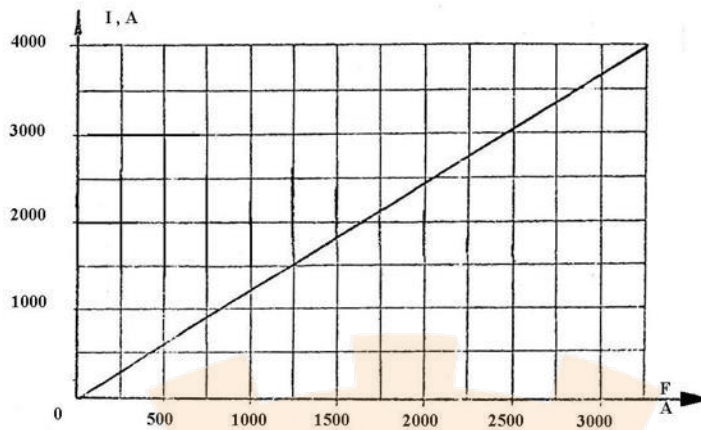
اولین سیم پیچ OBB<sub>1</sub> ( سیم پیچ سری یا القا کننده سری ) نامیده می شود. این سیم پیچ با روتور ژنراتور سری است و یک سیم پیچ مثلث یا القاشونده داریم که ولتاژ خروجی آن به دو سر پل دیودی متصل می شود و دو تا سیم پیچ کنترل به نامهای OBB<sub>2</sub> و OBB<sub>3</sub> داریم. سیم پیچ OBB<sub>2</sub> ( آمپر دور افزاینده یا موافق آمپر دور منبأ یا اصلی است ) و سیم پیچ OBB<sub>3</sub> ( آمپر دور کاهنده که مخالف آمپر دور منبأ است ). در اینجا آمپر دور منبأ همان سیم پیچ OBB<sub>1</sub> است.

پس همانطور که گفتیم در تحریک 3 سیم پیچ OBB<sub>1,2,3</sub> داریم که هر 3، سیم پیچ کنترل هستند. سیم پیچ OBB<sub>1</sub> یک دور سیم دارد و دو سیم پیچ دیگر هر کدام 32 دور دارند. بدون سیم پیچهای کمکی و مخصوصاً سیم پیچ OBB<sub>3</sub>، جریان در سیم پیچ OBB<sub>1</sub> ( آمپر دور منبأ ) سریع افزایش می یابد یعنی به صورت خطی و مستقیم به صورت زیر افزایش می یابد.

<sup>1</sup> YMΦ

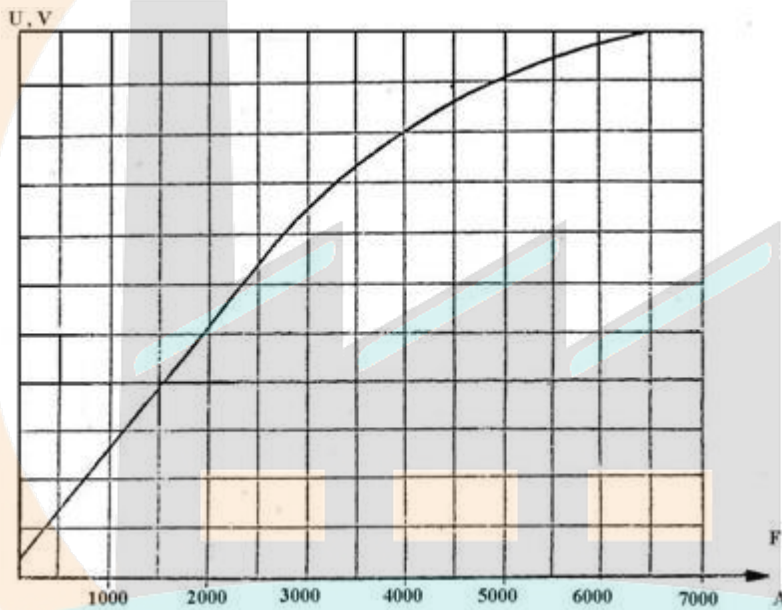
<sup>2</sup> YMP

<sup>3</sup> main exciter



شکل 5-4: نمودار آمپردور

ولی سیم پیچ  $OBB_3$  با کار دائم باعث می شود که این جریان با سرعت کمتر افزایش یابد و نمودار آن به صورت زیر خواهد شد .



شکل 6-4: نمودار آمپردور، افزایشی

سیم پیچ  $OBB_2$  همیشه در خلاف  $OBB_3$  و موافق  $OBB_1$  است و به طور لحظه ای کار می کند و در حالت های فورسینگ این سیم پیچ یک جریان  $60A$  به روتور می دهد . نکته دیگر اینکه جهت سیم پیچ های  $OBB_2$  و  $OBB_3$  از نظر پیچش یکی است ولی پلاریته جریان در هر دو خلاف همدیگر است . و جریان سیم پیچ  $OBB_3$  حداکثر  $25$  آمپر است .

نکته بسیار مهم در مورد سیم پیچ های القا کننده و القا شونده این است که هر  $3$  سیم پیچ القا کننده  $OBB_{1,2,3}$  و سیم پیچ القا شونده روی قسمت ثابت ژنراتور هستند ( مجموعاً هر  $4$  سیم پیچ روی قسمت ثابت ژنراتور هستند ) .



شکل 4-7: سیم پیچ القاکننده DC

سه سیم پیچ القاکننده DC هستند ولی در سیم پیچ القاشونده ولتاژ 3 فاز 500 هرتز AC وجود دارد. حال سؤالی که ممکن است مطرح شود این است که چطور امکان پذیر است که سیم پیچهای القاکننده DC و هم سیم پیچ القاشونده AC روی قسمت ثابت قرار داشته باشند؟

در ماشین های 3 فاز که تا کنون خوانده ایم یا سیم پیچ القاشونده روی قسمت متحرک است و یا سیم پیچ القاکننده روی قسمت متحرک است. به عنوان مثال در ماشین سنکرون فرض کنیم سیم پیچ القاشونده روی قسمت ثابت (استاتور) است و القاکننده روی قسمت متحرک (روتور) است جریان DC به روتور اعمال می شود و میدان دوار ایجاد می کند و در آن القا ایجاد می شود و رابطه آن با پس فاز و پیش فاز  $V = V_m \sin \omega t \pm 120^\circ$  تولید می شود در اینجا تمام سیم پیچها روی قسمت ثابت هستند و جریان ما DC است حال اگر جریان ما AC بود باز هم تا حدودی قابل توجیه بود و می گفتیم مانند ترانس، القای متقابل ایجا می شود ولی در اینجا جریان DC است پس چطور می توان این مطلب را توجیه کرد؟ در جواب باید گفت که به چنین ماشینی، منظور ماشین تحریک اصلی، ماشین ژنراتور رلوکتانس گفته می شود (ماشین مخصوص) است و اساس کار آن هم به این صورت است که تغییرات رلوکتانس باعث ایجاد تناوب خواهد شد. در توضیح این مطلب باید گفت همانطور که می دانیم

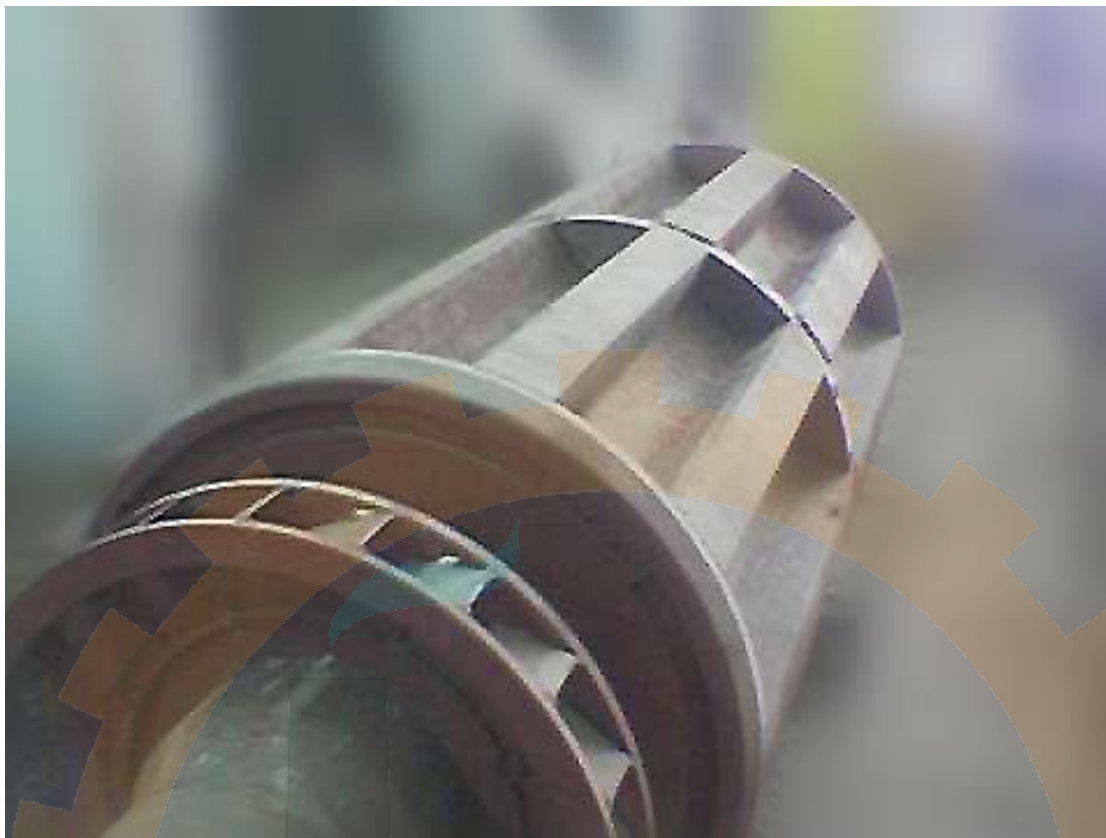
ما وقتی که می خواهیم القا را به وجود آوریم دو حالت کلی وجود دارد اگر فرض کنیم دو سیم پیچ داریم و یک هسته در بین این سیم پیچ قرار دارد.

1- اگر میدان متناوب بدهیم و از آنجا که هسته بین دو سیم پیچ است القا به وجود می آید .  
2- اگر میدان DC اعمال کنیم و حالا هسته را حرکت دهیم (هسته متصل به موتوری می باشد که به طور ضربه ای حرکات رفت و برگشت انجام می دهد و فرکانس موتور متناسب با فرکانس رفت و برگشتی هسته خواهد بود ) در آن القا به وجود می آید بنابراین در این ماشین با حرکت دادن روتور سبب می شود در یک لحظه مسیر فوران از آهن به آهن بسته شود و در یک لحظه دیگر مسیر فوران از آهن به فاصله هوایی بسته شود این تغییر رلوکتانس باعث ایجاد تناوب می شود در حقیقت وقتی که رلوکتانس تغییر کرد مثل این است که جریان متغیر اعمال می شود البته این تغییر رلوکتانس مشابه آمپلی فایر مغناطیسی است که مشاهده کردیم ، تغییرات هسته در داخل سیم پیچ باعث کم و زیاد شدن امپدانس می شود . اگر هسته را از سیم پیچ خارج کنیم رلوکتانس زیاد می شود و اگر هسته را داخل سیم پیچ کنیم رلوکتانس کمتر می شود . پس عامل اصلی تغییرات رلوکتانس هوا - آهن - هوا - آهن است که باعث تناوب می شود البته این موضوع با گشتاور رلوکتانسی کاملاً فرق دارد چرا که در گشتاور رلوکتانسی ما خودمان میدان متغیر اعمال می کنیم و رلوکتانس متغیر و در نتیجه گشتاور رلوکتانسی ایجاد می شود ( گشتاور رلوکتانسی : گشتاور حاصل از تمایل میدان برای بستن در مسیر با رلوکتانس کمتر است ) . تفاوت این دو موضوع مثل رابطه موتور و ژنراتور است در حقیقت گشتاور رلوکتانسی برای موتور است ولی در اینجا تغییرات رلوکتانسی برای القا در ژنراتور رلوکتانسی است .

فرکانس متناسب با تعداد دندان هاست ، هر چه تعداد دندان ها بالا رود فرکانس هم بیشتر می شود ( انتخاب فرکانس 500 HZ به خاطر این است که هر چه فرکانس بالاتر رود مؤلفه DC به DC نزدیکتر است ) و به خاطر همین به این سیستم تحریک ، سیستم تحریک آمپلی فایری فرکانس بالا<sup>1</sup> می گویند ( اصطلاحی که روسها برای آن قرار داده اند . )

Power Plant Academy

<sup>1</sup> High



شکل 8-4: نمایی از روتور ماشین تحریک اصلی را نشان می دهد.



شکل 9-4: نمایی از شکاف دندانه های رتور

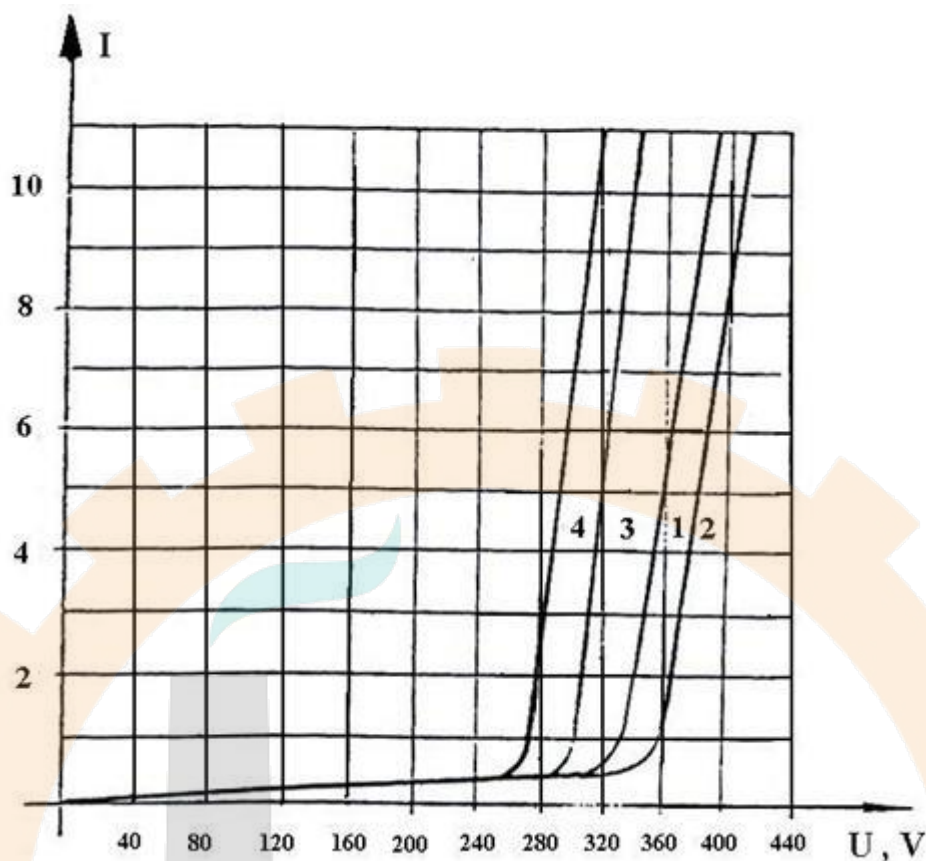
یکی دیگر از اجزای اصلی سیستم تحریک ( بلوک فرسینگ<sup>1</sup> ) است که در ادامه با آن آشنا می شویم:  
**БОФ** : واحد **БОФ** یا واحد فورسینگ محدودکننده توان در آخرین حد فورسینگ بعد از مدت زمان فورسینگ 14 ثانیه توسط رله **РП2** می باشد اما در مدت این 14 ثانیه وظیفه پاسخگویی به فورسینگ را بر عهده دارد. به این شکل که همانطور که در منحنی واحد **БОФ** مشخص است بعد از مقدار معینی از ولتاژ در نقطه زانو، سریعاً "جریانهای سیم پیچهای واحد **БОФ** افزایش یافته و نهایتاً واحد **БОФ** جریان تحریک روتور را افزایش داده و از کاهش ولتاژ بر روی ترمینالهای ژنراتور جلوگیری می نماید.

#### 4-5- توضیح در مورد فورسینگ :

برای فهمیدن دقیق کار واحد **БОФ** لازم است که ابتدا بدانیم فورسینگ چیست و چه کمتهایی در ژنراتور تغییر میکند. فورسینگ به معنای تحت نیرو و فشار قرار دادن و قرار گرفتن است یعنی اینکه بصورت زیاد در مدت زمان تقریباً "کم بار را کیتو ژنراتور پارالل به شبکه افزایشیابد که همانطور که می دانیم این افزایش بار خود را به صورت افزایش جریان نشان می دهد که این افزایش جریان به علت تلفات درون ژنراتور باعث افت سریع ولتاژ ترمینال می شود که وظیفه پانل تحریک، جبران سریع این افت ولتاژ در خروجی ژنراتور می باشد.

Power Plant Academy

<sup>1</sup> BLOCK FORCING



شکل 10-4: منحنی ولتاژ و جریان محدود کننده سریع تحریک

- 1 و 2- با 135 دور در سیم پیچ اولیه ترانس میانی  
 3- با 120 دور در سیم پیچ اولیه ترانس میانی  
 4- با 140 دور در سیم پیچ اولیه ترانس میانی
- ا: جریان  $\text{BO}\Phi$   
 U: ولتاژ  $\text{BO}\Phi$

#### 6-4- پارامترهای فورسینگ و مگا وار واحد :

اگر ژنراتور ما در حالت سنکرون با شبکه باشد یک سوم جریان تحریک یعنی یک سوم جریان نامی را استفاده می کند تا ولتاژ نامی استاتور به مقدار ولتاژ نامی برسد یعنی به ازای 1200A جریان تحریک در حالت سنکرون مقدار ولتاژ 20KV خواهد بود. از جریان که در تحریک ژنراتور برقرار است چهل درصد صرف بار اکتیو و شصت درصد باقیمانده صرف توان راکتیو (بار راکتیو میشود). اگر ولتاژ ترمینال ژنراتور به طور سریع در حالت کوپل با شبکه کاهش یابد مقدار مگاوار به سرعت افزایش پیدا می کند که این حالت مثل یک ترمز برای ژنراتور خواهد بود برای جلوگیری از چنین حالتی که شبیه حالت اتصال کوتاه ژنراتور است می بایست نذاریم که مقدار ولتاژ ترمینال ژنراتور از 70% مقدار ولتاژ نامی (20KV) کاهش یابد.

بعد از کم شدن مقدار ولتاژ از 70%Un مگاوار سریع افزایش می یابد. اما این سوال پیش می آید که در چنین مواقعی سیستم تحریک چه عکس العملی را نشان می دهد؟ در چنین حالتی که در واقع فورسینگ نام دارد (حالتی که ژنراتور ما به صورت یک تولید کننده عظیم مگا وار در می آید) و ژنراتور شدیداً تحت تنش خواهد بود ابتدا ببینیم چه عوامل بوجود آورنده چنین حالتی خواهند شد.

1. اتصال کوتاه در شبکه 2. باز شدن یک خط 3. وصل شدن یک بار و یا قطع یک ترانس پر قدرت 4. مقطع یک ژنراتور با توان بالا (خلاصه هر اشکال در شبکه) برای آنکه مقدار ولتاژ ترمینال از 70% ولتاژ نامی کمتر نشود می بایست یک جریان بیشتری به تحریک اعمال کنیم که این اضافه جریان را جریان فورسینگ سیستم تحریک می نامیم این جریان می تواند تا دو برابر جریان نامی تحریک باشد این جریان در پاسخ سیستم تحریک ورگولاتور ولتاژ اعمال می شود ولی دقیقاً "افزایش آن و تغییرات ناگهانی آن توسط رله  $50\Phi$  کنترل می شود واحد  $50\Phi$  یا واحد فورسینگ عامل بازدارنده افزایش بیش از حد ولتاژ تحریک و جریان فورسینگ است. ژنراتور در مدت زمانهای کوتاه می تواند این جریان فورسینگ را تحمل کند ولی اگر مدت زمان آن طول بکشد (بعد از 14 ثانیه) رله اورلود روتور وارد عمل شده و رله فیکساتوری P1 را وارد عمل کرده و به واحد  $50\Phi$  فرمان دی فورس<sup>2</sup> را اعمال می کند این موقع زمانی است که سیستم تحریک ما از این اضافه جریان فورسینگ در واقع شانه خالی می کند. و در رنج نامی خود یعنی همان 2400-2600 آمپر خود را محدود می کند و اگر فورسینگ آنقدر قوی باشد که بتواند این مقدار جریان را تا مقدار 3200 آمپر افزایش دهد بعد از مدت زمان 4 ثانیه رله P3 در مرحله دوم عمل کرده و فرمان تریپ واحد را صادر میکند.

#### 7-4 - عمل دی فورسینگ :

با توجه به توضیحاتی که در مورد بلوک فرسینگ<sup>3</sup> دادیم در می یابیم که در صورت ایجاد عمل فورسینگ احتمال دارد ما از منطقه امن (محدوده پایداری) ماشین خارج شویم که این خارج شدن باید در مدت زمان مشخصی باشد اگر این زمان بیشتر از حد معمول طول بکشد در اینصورت رله اورلود<sup>4</sup> روتور عمل می کند پس عمل دی فورسینگ سبب میشود که دیگر ژنراتور مگاوار عظیم به شبکه ندهد و باعث می شود که ماشین در محدوده پایداری خود باقی بماند.

<sup>1</sup> Overload

<sup>2</sup> De-Force

<sup>3</sup> Forcing

<sup>4</sup> Overload

نکاتی تکمیلی تر درباره محدود کننده تحریک سریع فرسینگ<sup>3</sup> (بلوک БОФ) دیاگرام عناصر مدار محدود کننده تحریک سریع БОФ سقف ولتاژ تحریک را تا مقدار مشخص شده برای اکسایتر پائین آورده و محدود میکند. БОФ شامل تجهیزات زیر میباشد:

(a) ترانسفورماتور میانی سه فاز ТПВ

(b) عنصر اندازه گیری ТИ В

(c) تقویت کننده مغناطیسی МУВ

БОФ از طریق ترمینالهای اکسایتر تغذیه شده و ولتاژ آن نصف ولتاژ استاتور اکسایتر میباشد. خروجی БОФ به سیم پیچ کنترل تقویت کننده های آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>1</sup> و آمپی فایر نهایی تضعیف<sup>2</sup> با مقاومتهای اضافی R6 وصل میباشد. زمانی که ولتاژ اکسایتر تا سقف مشخص شده افزایش می یابد جریان خروجی БОФ نیز افزایش می یابد اما به آرامی و بطور موثر بر مشخصات آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup> و آمپی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup> اثر می کند. اگر ولتاژ اکسایتر از سقف مشخص شده نیز اضافه تر شود جریان خروجی БОФ بطور ناگهانی جهش نموده و بوسیله تاثیر روی آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>3</sup> و آمپی فایر نهایی تضعیف<sup>4</sup> می تواند ولتاژ اکسایتر را تا مقدار مشخص شده کاهش دهد. تنظیم سقف ولتاژ БОФ توسط مقاومت قابل تنظیم انجام می شود. ترانسفورماتور ТПВ برای تطبیق مشخصات БОФ با ولتاژ تغذیه میباشد. ТПВ دارای دو سیم پیچ ثانویه میباشد یکی به ТИВ وصل بوده و دیگری МУВ را تغذیه می کند سیم پیچهای اولیه ТПВ دارای ТАР میباشد. عنصر اندازه گیری ТИВ دارای یک ترانسفورماتور در حالت اشباع سه فاز که دارای دو سیم پیچ ثانویه و سیم پیچ مغناطیس کننده میباشد یکی از سیم پیچهای ثانویه بصورت مثلث باز وصل شده و جریان آن غیرخطی و وابسته به ولتاژ ورودی Т В میباشد. سیم پیچ دوم بصورت ستاره بسته شده و جریان آن خطی تغییر میکند. ترانسفورماتور ТИВ جریانهای خطی و غیر خطی را از طریق یکسو کننده های B5, B4 به سیم پیچهای کنترل МУВ تغذیه می کند. سیم پیچ مغناطیس کننده ТИВ به منظور تغییر مشخصات БОФ در حالت زیر تحریک اکسایتر می باشد. دستگاه МУВ یک تقویت کننده سلفی در حالت اشباع تک فاز میباشد. مغناطیس کردن اضافی بوسیله جریان غیرخطی با سلف اشباع در این مورد عمل کرده تا جریان خطی در جهت مخالف عمل کند. اختلافی که در نیروهای مغناطیس بوسیله دو جریان خطی و غیرخطی بوجود می آید نتیجه آن ایجاد نیروی مغناطیسی برای МУВ میباشد.

<sup>1</sup> УМФ

<sup>2</sup> УМР

#### 8-4- توضیح در مورد واحد BOMB حفاظت زیر تحریک :

جهت حفاظت یک واحد سنکرون احتیاج به امکاناتی است که این سیستم در مقادیر حداکثر تحریک و حداقل تحریک حفاظت بکند که هر دو حالت برای واحد خطرناک است. در حالت فورسینگ با بالارفتن توان در سیستم تحریک احتمال افزایش حرارت و خارج شدن سیستم از مقدار توان نامی وجود دارد که این باعث تخریب پانل می شود و در حالت زیر تحریک و حداقل توان خروجی پانل و رفتن ژنراتور به حالت زیر تحریک باعث گرم شدن پیشانی سیم پیچ می شود همانطور که میدانیم توان  $q$  حداقل و حداکثر پانل ЭПА بستگی به توان راکتیو دارد یعنی اینکه با سلفی شدن شبکه باید توان راکتیو مثبت به شبکه بدهیم یا اینکه نسبت به شبکه خازن شویم و در حالت بار راکتیو که شبکه خازن می شود ما باید نسبت به شبکه سلف شویم و توان راکتیو منفی بدهیم که در حالت اول حداکثر توان و در حالت دوم حداقل توان پانل سیستم تحریک می باشد و این مقادیر با توجه به نمودار ژنراتور دقیقاً<sup>۱</sup> برای ضرایب قدرتهای متفاوت تعریف شده است.

واحد BOMB : این واحد جهت مشاهده حداقل توان راکتیو منفی نصب شده است که در صورت رسیدن به یک نقطه مشخص از این توان راکتیو به صورت یک LIMIT یا محدود کننده و از طریق واحد БКН دستور افزایش جریان تحریک را صادر نماید.

#### 9-4- نکاتی بیشتر درباره محدودکننده زیر تحریک BOMB :

محدودکننده زیر تحریک BOMB برای پایداری مطمئن و بهره برداری مطمئن از ژنراتور در زمان زیر تحریک میباشد (اثر توان راکتیو مصرفی از شبکه). محدود کننده BOMB بوسیله ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ ژنراتور که از 5KH تغذیه می شوند، تغذیه میشود. جریان بوجود آمده در خروجی BOMB زمانی که توان راکتیو مصرف شده بوسیله ژنراتور از شبکه در زیر تحریک تا مقدار ماکزیمم قابل قبول در توان راکتیو مشخص شده اثر میکند. جریان BOMB ورودی БКН را تغذیه می کند که بطور هماهنگ جریانهای آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>۱</sup> و آمپی فایر نهایی تضعیف<sup>۲</sup> را تغییر داده و در نتیجه جریان تحریک ژنراتور و توان راکتیو مصرف شده بوسیله ژنراتور را تا مقدار قابل قبول محدود می کند.

<sup>1</sup> УМФ

<sup>2</sup> УМР

#### 10-4- معرفی فیدبکهای ثابت (پایدار) و گذرا :

در سیستم تحریک دینامیکی نیروگاه رامین به فیدبکهای ثابت (ЖОС) و به فیدبکهای گذرا (БГОС) می گویند. فیدبکهای ثابت توسط مقاومت‌های R12, R13 وارد بلوک تصحیح کننده ولتاژ می شوند و در مورد فیدبکهای گذرا ، عمل مشتق گیری بوسیله خازن ها انجام میشود و این نکته را توجه داشته باشید که ایجاد مشکل در فیدبک گذرا، ایجاد نوسان در پانل ЭПА-500 و ایجاد صدای دلخراش در آمپلی فایرهای مغناطیسی را به همراه خواهد داشت در حقیقت ایجاد نوسان در پانل ЭПА به علت افزایش ضریب تقویت کنندگی و غیر همزمانی بین آمپلی فایر با فیدبک می باشد که برای حل مشکل معمولاً "خازنهای فیدبک گذرا را تعمیر می کنند و با رفع عیب در فیدبک گذرا سبب کاهش ضریب تقویت کنندگی خواهند شد.

#### 11-4- پل های دیودی جهت یکسو کردن :

واحد یکسو سازها "بی وای"<sup>1</sup> که از تعدادی زیاد دیود بصورت پارالل و سری و مقاومت‌های R و خازنهای C تشکیل شده است. ضمناً برای خنک کردن آنها از فن استفاده می شود.

#### 12-4- اتوترانس یا ترانسفورماتور کنترل مگاوار:

در قسمت نحوه عملکرد سیستم تحریک ، با این قسمت بیشتر آشنا خواهیم شد ولی همانطور که در قسمتهای قبل اشاره شد از این اتو ترانس جهت کنترل مگاوار شبکه استفاده می شود. در ادامه با دیگر اجزای این سیستم تحریک بطور کامل آشنا می شویم.

1- سیم پیچ روتور : که در نقشه با حرف OB نشان داده شده است.

2- ماشین اصلی : یک ژنراتور سنکرون 3 فاز است که در نقشه با حروف TB33202T3 نشان داده شده است.

3- فیلد بریکر: یک کلید قطع جریان است و در نقشه با АГП مشخص میشود (آ-گ-پ) این فیلدبریکر بر عکس فیلد بریکر سد شهید عباسپور قابلیت قطع زیرجریان نامی را دارد .

4- سکسیونر ایزولاتور : که با حرف ВГТ نشان داده شده است و از آن برای مواقعی که می خواهیم از تحریک ررزو استفاده کنیم کمک می گیریم.

<sup>1</sup>BY

5- برآگیر : سیستم برق گیر به این صورت عمل می کند که وقتی ولتاژ به سطح معینی برسد و یا از مقدار معینی بیشتر شود رله K52 وصل میشود و این سیستم وارد عمل میشود و مجموعه در نقشه به عنوان برآگیر مشخص می شود.

6- کروبار<sup>1</sup> : با توجه به تعریفی که در مورد کروبار<sup>1</sup> در سیستم تحریک سد شهید عباسپور داده شد و با توجه به نقشه سیستم تحریک دینامیکی نیروگاه رامین رله K51 وصل میشود و مقاومت R11 وارد مدار می شود.

#### 4-13- نحوه عملکرد سیستم تحریک واحدهای 2-4 نیروگاه رامین :

در ابتدای عملکرد سیستم تحریک چون هیچ جریانی در تحریک و روتور وجود ندارد پس در استاتور هم هیچگونه ولتاژی اعمال نمی شود. پس بنابراین اتوترانس هیچ گونه فرمانی به کانال БКН اعمال نمی کند همانطور که در قسمتهای قبل اشاره کردیم تحریک اولیه توسط پایلوت اکسایتر<sup>2</sup> تامین میشود این اعمال اولیه تحریک می تواند از طریق پل دیود و یا دیوذهای قدرت بوجود آید. سپس ولتاژ و فرکانس تولیدی توسط پایلوت اکسایتر<sup>2</sup> وارد اتاق تحریک می شود در داخل پانل مربوطه یک سکسیونر وجود دارد در حقیقت توسط این سکسیونر ارتباط بین پایلوت اکسایتر<sup>2</sup> و اتاق تحریک برقرار میشود. علت استفاده از سکسیونر در اینجا این می باشد که اگر پایلوت اکسایتر به هر علتی آتش گرفت دیگر نمی توان به طور دستی و اتومات قسمت اصلی سیستم کنترل را قطع کرد و به خاطر همین از سکسیونر استفاده می شود. شکل سکسیونر در زیر نشان داده شده است.

<sup>1</sup> CROWBAR

<sup>2</sup> PILOT EXCITER



شکل 11-4: سکسیونر

خروجی اکسایتر<sup>1</sup> از طریق پل دیودی ، ولتاژ 400 ولت را یکسو می کند این ولتاژ یکسو شده توسط آمپلی فایر میانی و آمپلی فایر نهایی تقویت می شود که نهایتاً " تقویت شده این دو قسمت به سیم پیچهای 0BB2,0BB3 تزریق می شود وقتی این دو سیم پیچ تحریک شدند بر روی سیم پیچ اصلی هم اثر می کنند. اثر دو سیم پیچ اکسایتر<sup>1</sup> بر سیم پیچ اصلی باعث عبور جریان از سیم پیچ اصلی و القای ولتاژ در سیم پیچ استاتور می شود و سپس این ولتاژ یکسو میشود اینقدر این کار ادامه می یابد تا ولتاژ بیشتری در سیم پیچ استاتور ایجاد گردد ( تا زمانیکه ولتاژ در ژنراتور نهایتاً " 20KV شود).

## ادامه عملکرد: Power Plant Academy

هنگامی که دو ژنراتور به 3000 دور رسید و پایلوت اکسایتر<sup>2</sup> به ولتاژ 400 ولت رسید قبل از هر چیز سکسیونر آن را وصل می کنیم ولی فیلد بریکر همچنان باز است در حقیقت جریان از سیم پیچها عبور نمی کند وقتی که فیلد بریکر وصل شد ولتاژ خروجی ژنراتور 16KV است در این حالت می گویند سیستم بوف است منظور این است که واحد 50Φ وارد عمل می شود و افت ولتاژ در خروجی ژنراتور را جبران می

<sup>1</sup> EXCITER

<sup>2</sup> PILOT EXCITER

کند. حال می خواهیم جریان روتور زیاد شود تا خروجی ژنراتور 20KV شود در حالتی که ولتاژ خروجی ژنراتور 16KV باشد ما هنوز به شبکه وصل نیستیم در این حالت توسط بلوک کنترل ولتاژ جریان بیشتری به روتور ژنراتور اکسایتر<sup>1</sup> اعمال می کنیم و از طریق اتوترانس یک فرمان دستی به بلوک کنترل ولتاژ اعمال می کنیم که این کار از طریق یک سروموتور DC انجام میشود (یعنی فرمان به اتوترانس از طریق سروموتور به DC انجام می گیرد) علت استفاده از اتوترانس این می باشد که می خواهیم ولتاژ کنترل شده داشته باشیم و یا به اصطلاح کنترل آن را در دست بگیریم. و با این کار بتوانیم مگاوار را خودمان تغییر دهیم. پس در نتیجه با اعمال ولتاژ در استاتور، واحد BKH سعی دارد که مقدار ولتاژ را در حد ستینگ (در 173V) ثابت نگه دارد. و هنگامی که ولتاژ در ژنراتور اصلی به 20KV (مقدار نامی) رسید زمان پارالل شدن ژنراتور با شبکه خواهد بود.

#### 4-14- توضیحات بر روی نقشه تک خطی و شماتیک پانل ЭПA-500 :

کانال یک در این نقشه واحد BKH می باشد این واحد توسط یک پتانسیومتر، اتوترانس و واحد حفاظت زیر تحریک واحد BOMB و واحد فیدبک گذرا یا همان БГОС فرمان می گیرد. بر روی واحد BKH دو پتانسیومتر وجود دارد یکی از پتانسیومترها حساسیت و یا سرعت عکس العمل BKH را نسبت به ولتاژ مشخص می کند و پتانسیومتر دیگر نقطه کار BKH را تغییر میدهد. همانطور که در ابتدا اشاره کردیم ورودیهای واحد تصحیح کننده ولتاژ عبارت بودند از 1. اتوترانس (که در نقشه با حرف AT نشان داده شده است) 2. پتانسیومتر 3. واحد حفاظت زیر تحریک 4. واحد БГОС هستند البته یک مقاومت تنظیمات<sup>1</sup> در واحد BKH وجود دارد که با استفاده از آن می توانیم نقطه کار BKH را تغییر دهیم (ولی در عمل هیچ موقع از این مقاومت متغیر استفاده نمی شود و همواره به صورت یک مقاومت ثابت در مدار عمل می کند و ولتاژ ورودی به BKH از طریق اتوترانسفورماتور (AT) کم و زیاد می شود به عنوان مثال اگر به ازای 20KV در خروجی ژنراتور، ولتاژ واحد BKH ، 173 ولت باشد ما می توانیم از طریق اتوترانسفورماتور ولتاژ BKH را 175 ولت کنیم و با این کار باعث می شود به عنوان مثال ولتاژ خروجی ژنراتور به 20.5KV برسد. در حقیقت ولتاژ خروجی ژنراتور به 20.5KV نرسیده است. ما از طریق اتوترانس کاری کردیم که باعث شد واحد BKH ولتاژ خروجی ژنراتور را 20.5KV مشاهده کند (در اصل ولتاژ خروجی ژنراتور نمی تواند تغییری داشته باشد چون ژنراتور با شبکه پارالل شده است). در حقیقت ما با استفاده از اتوترانس واحد BKH را فریب می دهیم و می توانیم مگاوار را تغییر دهیم. در کل می توان گفت آنچه ه در اختیار بهره بردار است

<sup>1</sup> setting

و از طریق آن بهره بردار می تواند مگاوار را کم و زیاد کند اتوترانس است. آمپلی فیرهای مغناطیسی میانی و نهایی در این دیگرام به طور کامل مشخص شده اند. ( تقویت کننده های آمپلی فایر میانی تقویت<sup>۱</sup> ، 2- آمپلی فایر میانی تضعیف<sup>۲</sup> ، 3- آمپلی فایر نهایی تقویت<sup>۳</sup> ، 4- آمپلی فایر نهایی تضعیف<sup>۴</sup> ). به این آمپلی فایرها چند پارامتر اعمال میشود که این پارامترها به شرح زیر هستند :

1. خروجی های آمپلی فیرهای میانی با علامت مثبت
  2. سیم پیچ های سری با همدیگر یا سیم پیچ های ضربدری با علامت منفی.
  3. سیم پیچهای فیدبکهای داخلی آمپلی فایرها با علامت منفی ( این فیدبکها از خروجی قدرت آمپلی فایرها و توسط یک مقاومت اهمی اعمال می شود و برای هر آمپلی فایر یک فیدبک مستقیم و منفی قابل تنظیم می باشد.
  4. سیم پیچهای مربوط به محدود کننده فوق تحریک یا БОФ که برای کانال افزایش با علامت منفی و برای کانال کاهش با علامت مثبت است.
  5. سیم پیچ های تغییرات در تحریک از اکسایتر اصلی به رزرو و یا برعکس.
- همانطور که در نقشه تک خطی مشخص است و در قسمتهای قبل هم به آن اشاره کردیم واحد БКН دارای دو استیج و یا دو خروجی است استیج II که کانال کاهش است و ورودی آن منفی است و استیج I که کانال افزایش است و ورودی آن مثبت است ما در نهایت تاثیر این دو کانال را روی تحریک اصلی (یا همان ВГТ) مشاهده می کنیم ولی در حالت عادی این دو استیج از طریق واحد БКН فرمان می گیرند. با توجه به شکل بلوک تصحیح کننده ولتاژ یک جریان مثبت هم به کانال کاهش (استیج II) و هم به کانال افزایش (استیج I) وارد می کند (با توجه به شکل 2 صفحه بعد) اگر فرمان افزایش به کانال کاهش اعمال کنیم یعنی کاهش را بیشتر کاهش داده ایم و اگر فرمان افزایش را به کانال افزایش بدهیم یعنی کانال افزایش بیشتر افزایش پیدا می کند و در نهایت هر دو فرمان کار افزایش را انجام می دهند.
- (شکل 3) مشابه این عملکرد را در شکل زیر می بینیم به عنوان مثال فرض کنید در حالت اول شما جریان مثبت را به سر نقطه دار سیم پیچ اعمال می کنید درحالتی هم وجود دارد که شما جریان مثبت را به سر بدون نقطه وارد می کنید پس عملکرد این دو حالت کاملاً مخالف هم می باشد حال ما همین دو عملکرد را با جریانهای منفی هم می توانیم داشته باشیم یعنی اگر جریان منفی به سر بدون نقطه وارد شود

<sup>1</sup> YMC

<sup>2</sup> YMP

<sup>3</sup> YMF

<sup>4</sup> YMP

دقیقا" مشابه حالتی است که جریان مثبت به سر نقطه دار وارد شده است و برای حالت بعد هم اگر جریان منفی به سر نقطه دار وارد شود مشابه حالتی است که جریان مثبت به سر بدون نقطه وارد می شود. همین مثال را ما دقیقا" در اینجا خواهیم داشت به این حالت در اصل حالت پاندولی گفته می شود. در حالت پاندولی به این صورت که یک کانال اگر مثبت تر می شود کانال دوم به همان اندازه منفی تر میشود. بعد از عبور جریان از آمپلی فایرهای میانی، وارد آمپلی فایرهای نهایی می شویم که کار تقویت کردن در این آمپلی فایر نهایی انجام می گیرد و در قسمتهای قبل اشاره شده که سطح ولتاژ توسط یک ترانس در آمپلی فایر میانی کاهش داده میشود سپس سیگنال وارد آمپلی فایر نهایی می شود و بعد از عبور از آمپلی فایر نهایی با همان تقویتی که در طول عبور از آمپلی فایر نهایی برویش انجام شده وارد ماشین تحریک اصلی یا همان BGT میشود در خود آمپلی فایر نهایی همچنان عمل پاندولی شدن وجود دارد. برای تفهیم بیشتر عمل پاندولی شدن به توضیحات زیر توجه کنید.

با توجه به شکل اگر فرمان کاهش به کانال افزایش بدهیم در حقیقت ما مثبت را کم کرده ایم. و به نوعی کاهش داریم اما اگر همین فرمان کاهش به کانال کاهش اعمال کنیم چون در حقیقت سبب شده که ما مقدار منفی را کم کنیم و به نوعی منفی را مثبت تر کنیم و به نوعی افزایش داریم. در حقیقت این دو کانال نسبت به هم بسیار حساس هستند هر کاهش در یک کانال افزایش را در کانال دیگر شاهد هستیم مرتب روبروی هم در حالی پاندول کردن هستند بخاطر همین هم تنظیمات آنها بسیار سخت است اگر این دو کانال که مرتب در حال نوسان کردن هستند تنظیمات آنها به هم بخورد دامنه تغییرات آنها بسیار زیاد میشود. (منظور فاصله بین دو کانال است که نباید زیاد شود). باید به صورت ریز نوسان داشته باشند.

و از آنجا که حساسیت آنها بسیار زیاد است این دو کانال هیچ گاه در یک سطح قرار نمی گیرند و به محض ایجاد عدم تعادل  $\Delta X$  خیلی بزرگ می شود. اگر فقط ما افزایش داشته باشیم و یا فقط کاهش داشته باشیم سرعت عمل پایین می آید ولی اگر هر افزایش کوچک به کاهش کوچک هم همراه باشد سرعت عمل بالا می رود و به خاطر بالا بردن سرعت عکس العمل است که این دو کانال به صورت پاندولی بکار می برند حال در ادامه با عملکرد سایر اجزا در نقشه بیشتر آشنا می شویم. فیدبکهای مستقیم که از خروجی آمپلی فایر نهایی به خود آمپلی فایر به صورت فیدبک منفی وارد میشود و کار با یاسینگ را انجام می دهند. توجه به این نکته ضروری به نظر میرسد که فیدبک مستقیم یا همان ЖОС از آنجا که به کانال کاهش به صورت مثبت و به کانال افزایش به صورت منفی از خروجی BGT اعمال می شود پس یک فیدبک منفی مستقیم محسوب میشود. فیدبکهای ЖОС هم به عنوان فیدبک هستند و هم کار با یاسینگ را انجام می دهند. با توجه به نقشه 2 مقاومتهای R1, R2 فیدبکهای مستقیم هستند که به صورت سری با سیم

پیچ های OBB3,OBB2 هستند. کلیدهای BB1, BB2 برای تعویض کردن<sup>1</sup> سیستم تحریک اصلی و سیستم تحریک رزرو استفاده می شوند. در سیستم БОФ وقتی که رله Pπ-2 می گیرد چند تا کار همزمان با هم انجام می شود. یک زمانی است که سیستم БОФ کارش را انجام می دهد و مدت 14 ثانیه هم می گذرد حالا در این حال رله P3P که یک رله اورلود<sup>2</sup> روتور است عمل می کند و سپس رله Pπ1 فرمان می گیرد و وصل می شود سپس رله Pπ2 کنتاکتهای آن بسته میشود و این رله هم فرمان می گیرد. آشنایی با رله اورلود<sup>2</sup> روتور : در مدت زمان 14 ثانیه اگر 2 برابر جریان نامی از رله عبور کند باید حداکثر در این مدت زمان عمل کند به چنین رله ای، رله اورلود<sup>2</sup> روتور می گویند. اگر مقدار جریان عبوری از رله کمتر از 2 برابر جریان نامی باشد زمانش بیشتر میشود البته این زمان به مولفه حرارتی روتور بستگی دارد. با بسته شدن رله Pπ2 حالت دمپینگ<sup>3</sup> ایجاد می شود. فرض کنیم دیودهای زبر دارای ولتاژ 10v باشند اگر یکی از دیودها را اتصال کوتاه کنیم روی دیود دیگر باز همان 10v است. بنابراین حالت دمپینگ<sup>3</sup> ایجاد می شود. سیستم БОФ همانطور که اشاره شد ولتاژی عمل می کند هنگامی که ما وارد مرحله فورسینگ می شویم ولتاژ خروجی ترمینال افت پیدا می کند. یک جریانی را به سیستم تحریک تغذیه می کنیم (و با توجه به منحنی واحد БОФ) مشخص میشود تا یک ولتاژی واحد БОФ بی اثر است هنگامی که ولتاژ از این حد بالاتر رفت افزایش بیش از حد جریان را خواهیم داشت در حالت فورسینگ ولتاژ تحریک شروع به افزایش می کند تا حدی که این دیودهای زبر به مقدار نامی خودشان می رسند وقتی که دیودهای زبر به مقدار نامی خودشان رسیدند شروع به تزریق جریان می کنند.

<sup>1</sup> CHANGE

<sup>2</sup> overload

<sup>3</sup> damping



#### 15-4- قسمت دوم : سیستم تحریک واحدهای 5 و 6 نیروگاه رامین

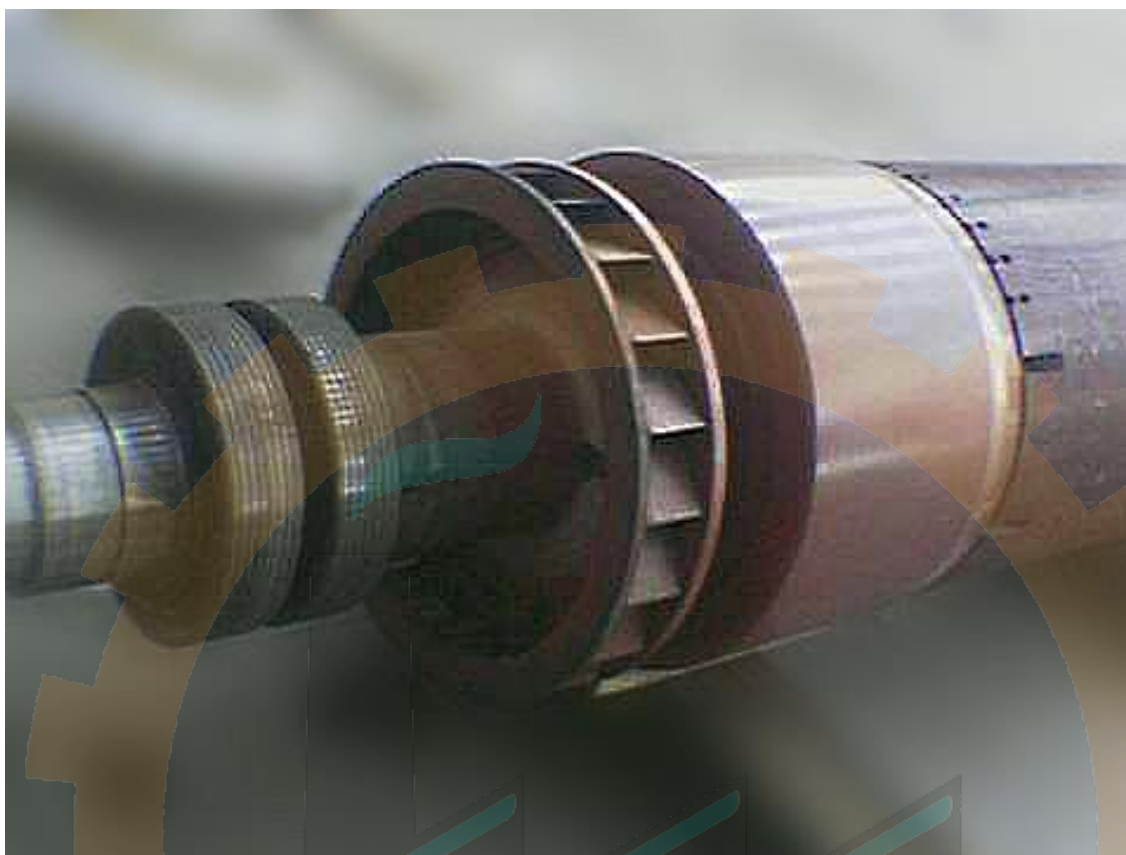


شکل 12-4 : نمایی از ژنراتور و اکسایتر واحد 5 و 6 نیروگاه رامین را نشان می دهد.

همانطور که در ابتدای این قسمت به آن اشاره کردیم سیستم تحریک فوق جزء سیستمهای تحریک روسی است بنابراین سیستم تحریک جزء سیستمهای تحریک خاص محسوب می شود. سیستم تحریک واحدهای 5 و 6 نیروگاه رامین یک سیستم تحریک استاتیکی - آنالوگ است. فرق این سیستم تحریک فوق با یک سیستم تحریک کاملاً استاتیکی در این است که در ساختمان این سیستم تحریک از یک ماشین سنکرون نیز استفاده شده است اگر به جای این ماشین سنکرون از یک ترانس تحریک در خروجی ژنراتور استفاده می کردند در آن صورت این سیستم تحریک نیز یک سیستم تحریک کاملاً استاتیکی محسوب می شد.

نکته ای که در مورد سیستم تحریک فوق لازم به ذکر است این است که از این سیستم تحریک به عنوان پایه و اساس سیستم های تحریک استاتیکی نام می برند. در ادامه با المانهای موجود در این سیستم تحریک و شرح عملکرد کارتهای موجود در AVR می پردازیم. نقشه کلی سیستم تحریک واحد 5 نیروگاه رامین در شکل 1 نشان داده شده است.

1- ماشین تحریک : یک ژنراتور سنکرون 3 فاز است که در نقشه با حرف G نشان داده شده است و روتور آن نیز با حرف LG نشان داده شده است.



شکل 13-4 : روتور ماشین تحریک اصلی مربوط به سیستم تحریک فوق را نشان می دهد.

2- رله اتصال زمین AKE1 : این رله نقش حفاظتی بر عهده دارد و در صورت ایجاد عیب تکفاز با زمین این رله عمل کرده و باعث تریپ<sup>1</sup> دادن واحد می شود توجه به این نکته حائز اهمیت است که این رله تقریباً در همه سیستمهای تحریکی که تاکنون مورد بررسی قرار دادیم وجود دارد ولی ما به آن اشاره نکردیم البته توجه داشته باشید که ممکن است نقش این رله در سیستمهای تحریک مختلف متفاوت شود به عنوان مثال در سیستم تحریک نیروگاه آبی شهید عباسپور این رله نقش سیگنالینگ را برعهده دارد.

3- سیستم برقگیر : که در نقشه با FV1 مشخص شده است وقتی که ولتاژ به سطح معینی برسد سیستم برقگیر عمل می کند و نهایتاً کلید Q1 وصل می شود و مقاومت های R10 وارد مدار می شوند و عمل تخلیه<sup>2</sup> را انجام می دهند.

4- پل های تریستوری : در این سیستم دو پل تریستوری وجود دارد که با هم موازیند این پلهای تریستوری در نقشه با حروف UM2,UM1 مشخص شده اند خروجی این دو پل تریستوری دو جریان DC

<sup>1</sup> Trip

<sup>2</sup> Discharge

است که جریانهای خروجی از این پل ترستوری از طریق بسته شدن کلیدهای QS1, QS21 بر روی کلیدهای QE11, Q21 قرار می گیرند از بین دو کلید QE11, Q21 تنها یکی از کلیدها قابلیت قطع زیر بار را دارد از آنجا که Q21 فقط یک ایزولاتور است و برای بالابردن قابلیت اطمینان قرار داده شده است نمی توان آن را در زیر بار قطع کرد بنابراین میتوان نتیجه گرفت که کلید Q21 یک سکسیونر است ، ولی کلید QE11 همان کلید میدان و یا همان فیلد بریکر است که قابلیت قطع زیر جریان نامی را نیز دارد. و اگر در نقشه هم خوب دقت کنید متوجه خواهید شد که روی کلید QE11 علامت جرعه گذاشته شده است که به معنای آن است که این کلید قابلیت خفه کردن قوس الکتریکی را دارد. حال سوالی که ممکن است مطرح شود این است که پل های ترستوری UM1 , UM2 از کجا تغذیه می شوند؟ در جواب به سوال فوق باید گفت : همانطور که در قسمت قبل اشاره کردیم در این سیستم تحریک به جای اینکه از ترانس تحریک برای تغذیه سیستم تحریک، استفاده کنند از یک ژنراتور سنکرون 3 فاز با اتصال ستاره – ستاره استفاده شده است. از خروجی این ماشین سنکرون برای تغذیه پل های ترستوری استفاده می کنند و جالب است بدانید که روتور این ماشین سنکرون توسط دو پل دیودی دیگر به نام های UN1 , UN2 تغذیه می شود البته لازم به ذکر است که ، برای بار اول روتور ماشین تحریک از طریق سیستم جبران کننده پسماند<sup>1</sup> تغذیه می شود ولی بعد از اولین راه اندازی روتور ماشین بوسیله دیودها تغذیه می شود.

---

<sup>1</sup> FIELD FLASHING





شکل 14-4: پل های دیودی UN1 , UN2 را نشان می دهد.

هنگامیکه ولتاژ در دو سر پلهای تریستوری قرار می گیرد دیگر پل های تریستوری با هم موازی نخواهند بود چرا که همواره باید یکی از دو پل تریستوری در مدار باشد ایجاد مشکل برای هر کدام از پل های تریستوری، پل تریستوری سالم جایگزین پل تریستوری خراب می شود. تفاوتی که بین پل تریستوری UM و پل دیودی UN وجود دارد در این است که پل تریستوری UM از بلوک کنترل ولتاژ (AVR) قابلیت فرمان دستی از اتاق فرمان را دارد ولی پل دیودی UN فقط با فرمان دستی قابل کنترل است و برای تغییر دادن تعویض<sup>1</sup> کردن پل های دیودی UN1,UN2 اپراتور ولتاژها را به طور دستی تنظیم می کند و سپس فرمان تغییر را صادر می کند.

5- سیستم فیلد فلاشینگ<sup>2</sup>: با کار سیستم فیلد فلاشینگ<sup>2</sup> در سیستم تحریک نیروگاه آبی شهید عباسپور آشنا شدیم ولی در مورد سیستم تحریک فوق باید بگوئیم که با بسته شدن رله KM3 ، ولتاژی که از طریق باطریخانه می آید، روتور ماشین سنکرون (LE) را به مدت 6 ثانیه تغذیه می کند بعد از 6 ثانیه، ولتاژ تولید شده روی ماشین سنکرون (ماشین تحریک) قرار می گیرد و از طریق ترانس TU که بعد

<sup>1</sup> CHANGE

<sup>2</sup> Field Flashing

از این اتفاق وظیفه تامین جریان روتور ماشین تحریک به عهده UN1 و UN2 می باشد، ولتاژ تولید شده در ماشین تحریک ، روی پل های تریستوری UM1,UM2 قرار می گیرد. در سیستم فیلد فلاشینگ<sup>2</sup> در سر راه ولتاژی که از باتریخانه می آید دیود قرار داده شده است که قرار دادن این دیودها به خاطر این است که یک موقع جریان AC اشتباها فرستاده نشود به طور کلی می توان گفت که از دیودها برای کارهای حفاظتی استفاده می شود. در ادامه با یک نکته بسیار مهم در مورد سیستم تحریک فوق آشنا خواهیم شد.

#### 4-16- حفاظتهای مربوط به سیستم تحریک :

همانطور که می دانیم در سیستمهای تحریک استاتیکی (نظیر UNITROL 5000 که در ادامه با آن آشنا می شویم) از آنجا که ترانس تحریک در خروجی ژنراتور وصل می شود لذا احتیاج به نصب رله های حفاظتی و سیستمهای حفاظتی وجود ندارد چرا که تمام حفاظتهایی که روی ترانس و ژنراتور هستند می توانند از ترانس تحریک هم حفاظت کنند و در واقع ترانس تحریک در داخل محدوده حفاظت ترانسفورماتور و ژنراتور قرار دارد با توجه به شکل حفاظتهای ژنراتور تمام نقاط علامت زده شده رامحافظت می کند. ولی از آنجا که در اینجا به جای ترانس از ژنراتور استفاده شده ، چنین چیزی برقرار نیست لذا برای ماشین تحریک حفاظتهای خوبی قرار داده شده است از جمله این حفاظتها ، میتوان به حفاظت دیفرانسیل ، حفاظت جریان زیاد<sup>1</sup> اشاره کرد. رله های AKD53, AKD52,AKD51 حفاظت دیفرانسیل 3 فاز آن را تشکیل داده اند ورله UA51 رله اضافه جریان می باشد علاوه بر رله های فوق از رله های ولتاژی از قبیل AKD53, AKD52,AKD51 نیز استفاده شده است.

#### 4-17- تشریح کارتهای موجود در تنظیم کننده ولتاژ (AVR) :

توسط ترانسفورماتور ولتاژ TV یک نمونه ولتاژ از شبکه برداشت می شود و توسط کلید و یا آفتمات SF70 ، نمونه ولتاژ برداشت شده از شبکه به بلوک کنترل کننده ولتاژ که در این سیستم تحریک با حرف AVM مشخص شده ، وارد می شود علاوه بر ولتاژ، سیگنالهای دیگری از قبیل Ig,Ug فرکانس، جریان تحریک و همچنین US وارد بلوک کنترل کننده ولتاژ می شوند، US در شکل زیر مشخص شده است. وقتی Ug با US برابر نیست نمی شود ژنراتور را با شبکه پارالل کرد. بلوک کنترل کننده ولتاژ شامل 16

<sup>1</sup> Over Current

کارت می باشد که هر کارت کار مخصوص به خود را انجام میدهد. کارتها از شماره (A1-A8) و از (A11-A18) وجود دارند در ادامه به شرح وظایف کارت های موجود در AVR می پردازیم.

کارت A1 : این کارت دو وظیفه دارد : 1. اندازه گیری<sup>1</sup> 2. بلوک تغذیه هم محسوب می شود در حقیقت ولتاژ AC 3 فاز بر روی این بلوک قرار می گیرد و یک منبع تغذیه با 3 ولتاژ مختلف می باشد (-12/6,+12/6), (-6/5,+6/5), (13,+13).

همانطور که اشاره شد این بلوک کار اندازه گیری را هم انجام می دهد چون بر روی این بلوک یک سلکتور<sup>2</sup> وجود دارد که با انتخاب وضعیتهای مختلف سلکتور<sup>2</sup> میتوان کمیتهای مختلفی را اندازه گیری کرد. به عنوان مثال می توان پارامترهای  $I_{Ef}, U_a, I_Q, I_f$  و ... را اندازه گیری کرد.

کارت A11 : از کارت A11 به عنوان پشتیبان<sup>3</sup> کارت A1 استفاده میشود این کارت از سیستم DC تغذیه می شود بین کارت A1, A11 خاصیت "اینتر لاک"<sup>4</sup> وجود دارد یعنی اگر به دلیلی کارت A1 از مدار خارج شود بلافاصله کارت A11 وارد مدار می شود و بالعکس. لازم به تذکر است که هر دو کارت دارای منبع تغذیه های خوبی هستند هم از نظر ولتاژی و هم از نظر جریانی.

کارت A2 : این کارت مهم ترین کارت AVR محسوب می شود این بلوک مقدار تنظیمات<sup>5</sup> ولتاژ را مشخص می کند. در حقیقت مقدار  $U_0$  (ولتاژی است که ما برای خودمان در نظر می گیریم) بوسیله این کارت تنظیم می شود لازم به ذکر است که مقدار تنظیمات<sup>3</sup> را میتوان با استفاده از کلیدهای کاهش یا افزایش از اتاق فرمان کنترل کرد.

کارت A3 : به کارت A3 ، بلوک ولتاژ نیز گفته می شود. در واقع این کارت مهم ترین کاری که انجام می دهد این است که مقدار ولتاژ خروجی ژنراتور را اندازه گیری می کند و مقدار بدست آمده از اندازه گیری را می تواند در عددی ضرب کند و به صورت خروجی از این کارت ، به کارت A2 تحویل دهد.

بلوک A4 : به این کارت (بلوک جریان راکتیو گفته میشود) در سیستم تحریک استاتیکی – آنالوگ نیروگاه رامین اکثر سیگنالهایی که وارد بلوک کنترل کننده ولتاژ می شوند در یک کارت خوانده می شوند و در کارت دیگر مورد استفاده قرار میگیرند. کارت A4 هم به این صورت است یعنی در کارت A4 اندازه گیری جریان راکتیو انجام می شود و در کارت A13 ، مقدار اندازه گیری شده خوانده می شود.

<sup>1</sup> Measuring

<sup>2</sup> SELECTOR

<sup>3</sup> BACK UP

<sup>4</sup> Inter lock

<sup>5</sup> SETING

A5 : کارت A5 دو کار انجام می دهد 1. اندازه گیری جریان تحریک 2. اندازه گیری جریان استاتور یعنی هر دو جریان وارد این بلوک می شوند و از آنجا برای کارتهای A6 یا A7 نتیجه ارسال می شود جالب است بدانید که روی این کارت علاوه بر جریان تحریک مشتق جریان تحریک هم وجود دارد و مقدار ضریب مشتق جریان تحریک را نیز می توان با یک سلکتور تغییر داد.

A6 : کارت اورلود<sup>1</sup> روتور است این بلوک در واقع طبق یک نمودار از روتور حفاظت می کند. هر چه جریان بیشتر شود زمان قطع رله کمتر خواهد شد وقتی جریان در حالت نامی قرار دارد زمان قطع رله بی نهایت است وقتی مقدار جریان از حالت نامی بیشتر شد این رله شروع به عمل می کند.

A7 : این کارت وظیفه اندازه گیری جریان روتور را بر عهده دارد البته لازم به ذکر است که این کارت در واقع چند تا کار انجام میدهد یکی از کارهایش این است که مقدار جریان روتور را نسبت به جریان نامی اش می سنجد. ( I0 جریان بی باری) و کار دیگرش این است که مقدار توان ماکزیمم<sup>2</sup> و همچنین مقدار محدودیت جریان تحریک<sup>3</sup> را برای ما نمایش می دهد (نمایش مقدار محدودیت جریان تحریک و توان ماکزیمم توسط دو LED که بر روی این کارت وجود دارد انجام می شود).

کارت A8 : یکی از کارتهای مهم ما محسوب می شود چرا که تمام سیگنالهای خروجی کارتها (مثل  $\Delta U, U', U, I, I', F', \Delta F$  و ...) همه وارد کارت A8 می شوند به این کارت ، کارت آمپلی فایری می گویند حال شاید بپرسید که چرا به این کارت، کارت آمپلی فایری گفته میشود؟ شما وقتی می خواهید به یک سیستم پالس ساز ترستوری فرمان بدهید احتیاج به یک آمپلی فایر دارید چرا که در حقیقت نیاز دارید به اینکه آن آمپلی فایر الکترونیکی برای شما ولتاژ تولید کند در اینجا هم وضع به همین صورت است چرا که در واقع سیستم پالس ساز ما (شامل دو پل ترستوری UM2, UM1) از این کارت فرمان می گیرد و با توجه به ولتاژی که توسط این کارت تولید می شود ، زاویه آتش ترستور کنترل می شود. البته این قانون در مورد همه سیستمهای آنالوگ وجود دارد یعنی هر وقت ما بخواهیم یک سیستم پالس ساز را کنترل کنیم باید یک آمپلی فایر به عنوان یک واسط قرار دهیم (آمپلی فایر نقش تولید ولتاژ را بر عهده دارد) و ولتاژ تولیدی توسط آمپلی فایر متناسب با فرمان کنترلی ما خواهد بود سپس ولتاژ تولید شده برای سیستم پالس ساز ارسال خواهد شد و ما می توانیم بدین طریق زاویه آتش را کم یا زیاد و در نهایت جریان را تغییر داد. علاوه بر اینها ، کارت A8 کار جمع کردن را انجام میدهد در حقیقت یک OP AMP جمع کننده در این کارت وجود دارد که تمام سیگنالهایی به این کارت وارد میشوند را با هم جمع می کنند و از برابند تمام اینها یک خروجی تولید میکند که خروجی تولید شده به سیستم پالس ساز وارد می شود.

<sup>1</sup> Over Load

<sup>2</sup> Pmax

<sup>3</sup> Limitation IE

**A12:** بلوک فرسینگ<sup>1</sup> است اگر افت ولتاژ شدیدی در خروجی ژنراتور اتفاق افتد از این کارت سیگنالی ارسال خواهد شد و به سرعت این افت ولتاژ را پاسخ می دهد علاوه بر این ضریب ولتاژ تحریک نیز در این کارت وجود دارد.

**A13:** کارت محدود کننده زیر تحریک نام دارد این کارت با توجه به زاویه  $\delta$  و مقدار توان اکتیو و راکتیوی که وارد آن می شود عمل می کند.

**A14:** این کارت بلوک فرکانس نام دارد این کارت یکبار فرکانس و بار دیگر مشتق فرکانس را برای کارت **A8** می فرستد.

**A15:** این کارت، کارت نمایش دهنده<sup>2</sup> نام دارد اگر خطا و یا مشکلی ایجاد شود چراغ موجود در این کارت از حالت سبز به قرمز تبدیل میشود و پس از برطرف کردن عیب، معمولاً توسط اپراتور و بوسیله کلید راه اندازی مجدد<sup>3</sup> چراغ را به رنگ سبز در می آورند جالب است بدانید که این کارت اکثراً عمل نمی کند چرا که این کارت، خطاهای دائمی و پایدار را نمایش می دهد ولی همانطور که می دانیم اکثر خطاها و مشکلاتی که ممکن است برای سیستم تحریک ایجاد شود گذرا و لحظه ای می باشند.

**A16:** در این کارت مقدار  $U_g$  ,  $U_s$  سنجیده می شود و اختلاف آنها محاسبه میشود. ( $U_s - U_g$ ) و اختلاف این دو مقدار ولتاژ را به عنوان  $\Delta U$  در نظر می گیرند اگر  $\Delta U$  مخالف صفر باشد یعنی مقدار داشته باشد (مقدار  $\Delta U$  می تواند مثبت و یا منفی باشد) بسته به مثبت بودن و منفی بودن  $\Delta U$  ، فرمان از این کارت به کارت **A2** فرستاده می شود و اگر مقدار  $\Delta U$  برابر صفر باشد از طرف این کارت ، سیگنالی برای سنکرونسکوپ اتوماتیک فرستاده میشود سپس دستگاه سنکرونسکوپ متوجه می شود که مقدار ولتاژهای  $U_s$  ,  $U_g$  (ولتاژهای موجود در دوطرف کلید ) (شکل 1) با هم مساوی هستند سپس دستگاه ، فرکانسها را با هم برابر کرده و سپس مجوز پارالل شدن ژنراتور با شبکه از طرف دستگاه سنکروسکوپ اتوماتیک صادر خواهد شد.

توجه ← همانطور که می دانیم یک طرف بریکر<sup>4</sup> ، ژنراتور و طرف دیگر آن شبکه قرار دارد قبل از پارالل شدن ژنراتور با شبکه دو طرف کلید ولتاژهای متفاوت قرار دارد ( $U_s \neq U_g$ ) ولی بعد از پارالل شدن ژنراتور با شبکه ، ولتاژ دو طرف کلید با هم برابر خواهند شد ( $U_g = U_s$ ) .

<sup>1</sup> Forcing

<sup>2</sup> Monitoring

<sup>3</sup> Reset

<sup>4</sup> Breaker

کارت A17 : کارت غیرفعال نام دارد البته این کارت مربوط به توان راکتیو است ولی به طور کلی از این کارت استفاده خاصی نمی شود فقط براساس شرایط کاری به صورت یک انتخاب<sup>1</sup> به کار می رود و می توان این کارت غیرفعال را به کارت فعال تبدیل کرد.

کارت A18 : تمام سیگنال هایی که از طرف بلوک کنترل کننده ولتاژ میکروکنترلر AVR به اتاق فرمان فرستاده می شود توسط این کارت تولید می شوند این کارت تمام این سیگنال ها را ابتدا ایزوله می کند و بعد به اتاق فرمان می فرستد لازم به ذکر است که در این کارت چند رله وجود دارد که این رله ها کار تبدیل ولتاژ را انجام میدهند و چون همانطور که می دانیم مقدار ولتاژ سیگنالینگ اتاق فرمان 220 V است ولی مقدار ولتاژ موجود در این کارت 2-24 V است پس برای ارسال فرمان از طریق این کارت ، لازم است تبدیل ولتاژهای مورد نیاز صورت گیرد. و نکته آخر در مورد کارتهای موجود در بلوک کنترل کننده ولتاژ این است که به علت عدم وجود سیستم نمایش دهنده<sup>2</sup> در سیستم تحریک استاتیکی – آنالوگ نیروگاه رامین، اگر مشکلی در هر کدام از کارتهای میکروکنترلر AVR ایجاد شود و مجبور به تریپ<sup>3</sup> دادن واحد شویم باید کارت ها را تک تک از بلوک AVR خارج کرده و با تست هایی که وجود دارد یکی یکی آنها را چک کنیم.

---

<sup>1</sup> Option

<sup>2</sup> Monitoring

<sup>3</sup> Trip



## فصل 5- معرفی سیستم تحریک Unitrol 5000 در نیروگاه رامین



### 5-1- نحوه عملکرد سیستم تحریک Unitrol 5000 در واحد 1 نیروگاه رامین:

نحوه عملکرد سیستم تحریک Unitrol 5000 در واحد 1 نیروگاه رامین را به قسمت های زیر تقسیم

می کنیم که در ادامه به شرح قسمت های زیر خواهیم پرداخت :

- فرمان ها و فیدبک ها
- جنبه های مختلف عملکرد سیستم
- نحوه استفاده از پانل کنترل محلی
- بررسی های لازم قبل از عملکرد مختلف بروی سیستم تحریک

## 5-2- فرمان ها و فیدبک ها :

Command	Remote	Local	Feedback Indication
Exc. Circuit Breaker on	X	X	X
Exc. Circuit Breaker off	X	X	X
Excitation on	X	X	X
Excitation off	X	X	X
Control Channel 1 on	X	X	X
Control Channel 2 on	X	X	X
Operation Mode auto		X	X
Operation Mode manual		X	X
Setpoint Active Regulator raise	X	X	max pos
Setpoint Active Regulator lower	X	X	min pos
Reactive Power Regulator on	X	X	X
Reactive Power Regulator off	X	X	X
Power System Stabilizer on	X		X
Power System Stabilizer off	X		X
Control local		X	X
Control remote		X	
Lamp Test		X	
Release		X	
Start exciter breaker on	X		X
Start exciter breaker off	X		X

شکل 1-5 : دستورات کنترلی

عکس بالا یک مثال واقعی از کنترل ها می باشد که در دسترس اپراتور (متصدی کار) قرار می گیرد. این جدول براساس کنترل هایی که در اختیار اتاق کنترل<sup>1</sup> و کنترل هایی که از طریق تابلوی "آرست"<sup>2</sup> صورت می گیرد تقسیم بندی شده است. آن دستوراتی که به رنگ خاکستری نشان داده شده است نیازمند فشار دکمه هایی می باشد. آخرین ستون نشان دهنده وجود فیدبک به پایگاه کنترل از راه دور<sup>3</sup> می باشد. تعدادی از فرمان ها و تعدادی از فیدبک های اشاره شده در عکس، در دسترس اتاق کنترل برای کنترل از راه دور سیستم تحریک می باشد. علاوه بر این مهمترین مقادیر وضعیت سیستم تحریک و ژنراتور به صورت مقادیر آنالوگ نمایش داده می شوند. کلیدهای فرمان، لامپ های سیگنال و دستگاههای نمایشگر در اتاق کنترل که نیازمند کنترل می باشند، بخش زیر مجموعه سیستم unitrol5000 به حساب نمی آیند. کارکنان باید با طرح بندی عناصر کنترل و تاثیرات دستورات بروی سیستم تحریک آشنا شوند و به کارگیری عناصر کنترل آنها را قادر می سازد که ژنراتور را در کنار سیستم تحریک و با توجه به تغییر شرایط به صورت خودکار<sup>4</sup> و یا دستی<sup>5</sup> اداره کنند.

<sup>1</sup>Control

<sup>2</sup> ARCNET

<sup>3</sup> remote Control

<sup>4</sup> auto

<sup>5</sup> manual

### 5-3- فرمان وصل میدان<sup>۱</sup>:



وصل کردن مدار breaker

- این عمل فقط طمانی امکان پذیر می باشد که خطایی در سیستم تحریک وجود نداشته باشد.
- زمانی که مدار بریکر<sup>۲</sup> بسته شد یک سیگنال فیدبک برای تایید بسته شدن بریکر<sup>۲</sup> به اتاق کنترل ارسال می شود. این فرمان باعث بسته شدن بریکر<sup>۲</sup> سیستم تحریک خواهد شد (البته تا زمانیکه سیگنال قطع وجود نداشته باشد). با بسته شدن بریکر<sup>۲</sup> سیستم تحریک امکان روشن شدن خود سیستم تحریک نیز وجود دارد.

### 5-4- فرمان قطع میدان<sup>۳</sup>:



قطع کردن مدار breaker

- این عمل زمانی امکان پذیر می باشد که ژنراتور از حالت سنکرونیزم خود خارج شده باشد.
- جریان DC به صفر کاهش پیدا کرده باشد و مدار بدون تحریک<sup>۴</sup> فعال شده باشد. زمانیکه C.B باز شد سیگنال فیدبک برای اتاق کنترل ارسال می شود. این فرمان علاوه بر خاموش کردن C.B ، سیستم تحریک را نیز خاموش می سازد. مبدل ، سیستم تحریک را به مبدل جریان متناوب وصل می کند و مقاومت تخلیه به صورت موازی با سیم پیچ های روتور قرار میگیرد و در این حالت به سرعت انرژی ژنراتور به واسطه مبدل و مقاومت تخلیه خواهد شد. تنها در حالی می توان C.B تحریک را از دور خاموش کرد که C.B ژنراتور مدار باز شد. و خود ژنراتور در حالت بی باری باشد.

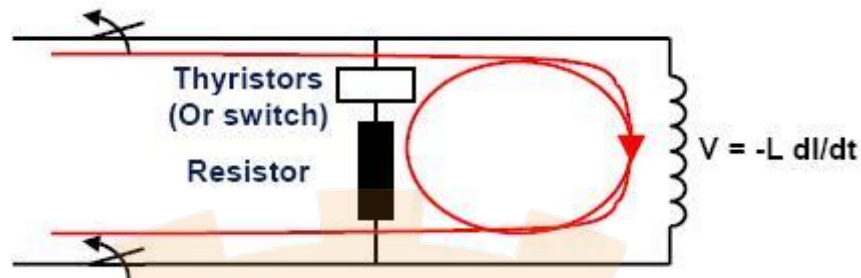
<sup>1</sup> circuit breaker on

<sup>2</sup> breaker

<sup>3</sup> circuit breaker off

<sup>4</sup> de-excitation

مدار بدون تحریک<sup>4</sup> (کروبار<sup>1</sup>):



شکل 2-5: مدار DE-EXCITATION

اگر جریان روتور به طور ناگهانی قطع شود ولتاژ بسیار بزرگی القا خواهد شد و مدار بدون تحریک<sup>2</sup> به طور اتوماتیک با سیم پیچهای روتور به طور موازی قرار می گیرد البته توجه به این نکته ضروری است که در صورتی مدار کروبار<sup>3</sup> به طور اتوماتیک وصل خواهد شد که C.B میدان باز شود و ولتاژی در سطوح بالا در دو سر روتور ایجاد گردد.

### 5-5- فرمان وصل تحریک<sup>4</sup>:

فرمان وصل تحریک زمانی امکان پذیر می باشد که:

- خطایی در سیستم رخ نداده باشد و سرعت ماشین به بیش از 90٪ سرعت نامی خود رسیده باشد.
- زمانی که تحریک با موفقیت شروع به کار کرد یک سیگنال فیدبک به اتاق کنترل ارسال می شود.
- این دستور برای آغاز تحریک ژنراتور میباشد. سیستم تحریک، روتور ژنراتور را با استفاده از مدارهای سیم پیچ شده تغذیه می کند تا ولتاژ ژنراتور به سرعت به ولتاژ نامی برسد. این فرمان تا زمانی ادامه پیدا می کند که فرمان قطع<sup>5</sup> فعال نباشد. همچنین اگر C.B قطع باشد با اجرای این فرمان ابتدا به طور اتوماتیک C.B وصل خواهد شد سپس تحریک ژنراتور وصل می شود.

در کل با انجام مراحل زیر باید تحریک ژنراتور با موفقیت شروع به کار بکند:

- باید C.B تحریک در موقعیت وصل باشد.

<sup>1</sup> CROWBAR

<sup>2</sup> DE-EXCITATION

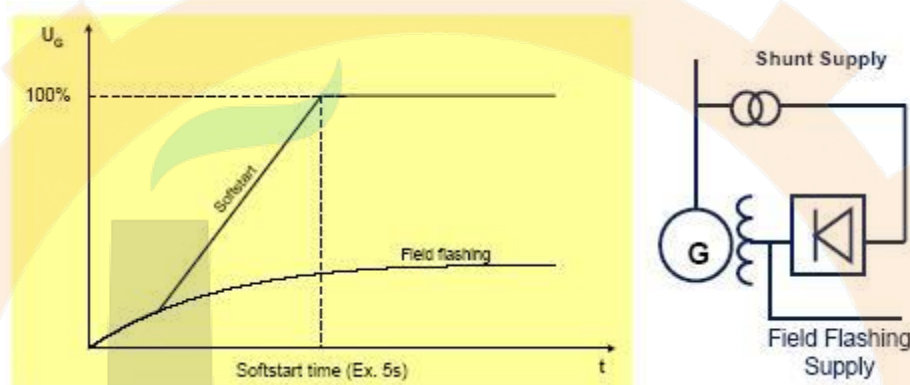
<sup>3</sup> CROWBAR

<sup>4</sup> EXCITATION ON

<sup>5</sup> TRIP

- فرمان آف<sup>۱</sup> یا سیگنال قطع<sup>۲</sup> غیرفعال باشد.
- سرعت دوران ماشین به بیش از 90 درصد سرعت نامی رسیده باشد.
- اگر مبدل ترانسفورماتور سیستم تحریک مستقیماً از طریق ترمینال های ژنراتور فراهم شده بود، ولتاژ کمکی برای ساختن تحریک باید وجود داشته باشد.

## 5-6- مرحله آغاز کار ژنراتور با راه اندازی نرم<sup>۲</sup>:



شکل 3-5: آغاز کار ژنراتور با راه اندازی نرم

فیلد فلاشینگ<sup>۳</sup> چه چیزی است؟

برای شروع سیستم تحریک، مقداری جریان نیاز می باشد که برای تامین جریان نیاز به منبع ضروری است. به طور نسبی این منبع با فیلد فلاشینگ<sup>۲</sup> درست شده است. یک منبع یا باطری کمکی که به عنوان منبع برای تهیه جریان میدان به کار برده می شود و این میدان باعث ایجاد ولتاژ برای ترمینال های ماشین می شود.

توجه: در قسمتهای قبل با انواع سیستمهای فیلد فلاشینگ<sup>۲</sup> به طور مفصل آشنا شدیم.

راه اندازی نرم<sup>۱</sup> چه چیزی است؟

از ویژگیهای متمایز سیستم تحریک UNITROL5000 راه اندازی نرم آن است که در ادامه با این مطلب بیشتر آشنا خواهیم شد. این سیستم تحریک به گونه ای تنظیم شده است که در زمان عملکرد بار

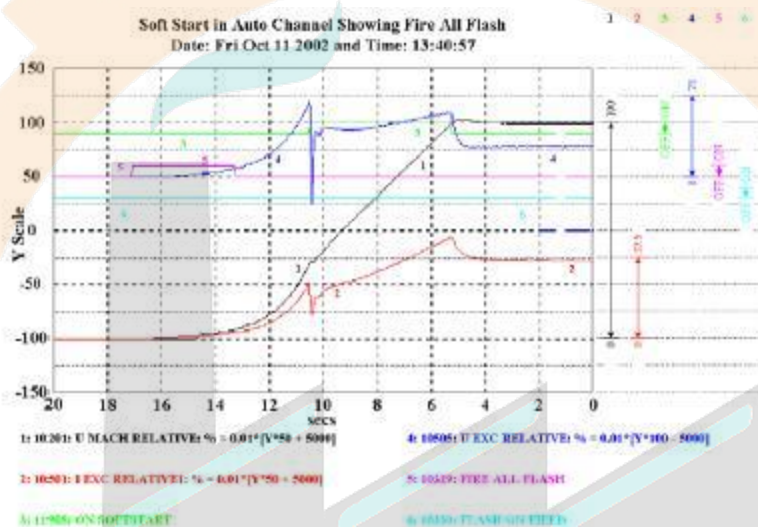
<sup>1</sup> OFF

<sup>2</sup> Soft Start

<sup>3</sup> FIELD FLASHING

واکنش های سریعی از خود نشان می دهد داشته باشد. مقدار بسیار کمی اورشوت<sup>1</sup> در هنگام تغییر بار رخ م دهد زیرا مقدار آن بسیار بزرگ نمی باشد. زمان شروع یک تغییر بزرگ و ناگهانی در نقطه تنظیم<sup>2</sup> از صفر تا صد (100 تا 0) ایجاد می کند ( که میتواند باعث اورشوت<sup>2</sup> زیاد در سیستم و ناپایدار شدن آن شود). به منظور جلوگیری از این اورشوت<sup>2</sup> عملکرد راه اندازی نرم به کار برده می شود و نقطه تنظیم<sup>3</sup> به تدریج و به طور خطی افزایش می یابد.

## 5-7- "فایر آل فلش"<sup>3</sup> چه چیزی است ؟



شکل 4-5 : Fire All Flash

Unitrol5000 به طرحی به نام "فایر آل فلش"<sup>1</sup> مجهز شده است. مقدار کمی ولتاژ در ماشین برای راه اندازی سیستم تحریک کافی می باشد چرا که پل تریستوری به وسیله آتش زدن پیوسته تریستورها به مانند یکسو ساز دیودی عمل می کند. بنابراین لازم نیست مقداری جریان برای وصل شدن تریستورها باقی بماند.

Power Plant Academy

<sup>1</sup> overshoot

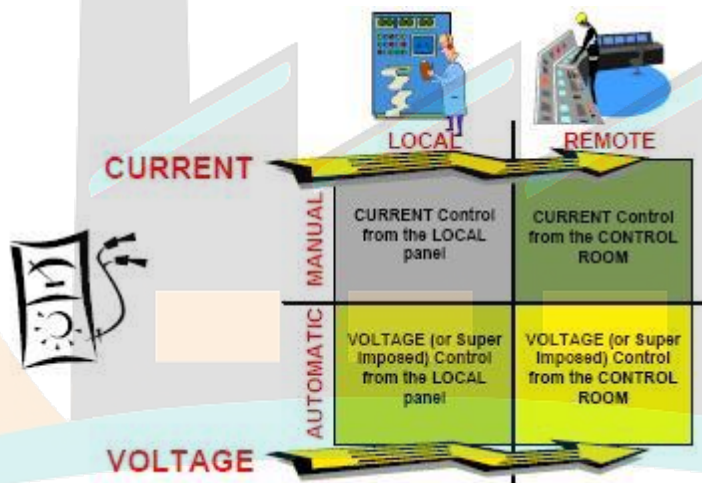
<sup>2</sup> setpoint

<sup>3</sup> Fire All Flash

## 5-8- فرمان قطع تحریک<sup>۱</sup> :

این فرمان زمانی امکان پذیر می باشد که ژنراتور در حالت سنکرونیزم نباشد. با انجام شدن فرمان، جریان DC تا صفر کاهش می یابد اگر C.B باز شود مدار بدون تحریک<sup>۲</sup> فعال میشود. زمانی که تحریک با موفقیت متوقف شود سیگنال فیدبک ارسال می شود، این فرمان، تحریک ژنراتور را به سرعت قطع می کند. در نتیجه مبدل سیستم تحریک به عملکرد مبدل AC تغییر وضعیت می دهد (فیدبک مدار انرژی) و مقاومت تخلیه به طور موازی با سیم پیچهای روتور قرار می گیرد و به واسطه مبدل و مقاومت تخلیه، ژنراتور به سرعت تخلیه می شود. بعد از 60 ثانیه پالس آتش مربوط به مبدل به طور کامل مسدود و خاموش می شود. تحریک زمانی از راه دور خاموش می شود که CB باز باشد به عبارتی دیگر ژنراتور در حالت بی باری باشد .

## 5-9- مدهای کنترل : محلی / دور و اتوماتیک / دستی :



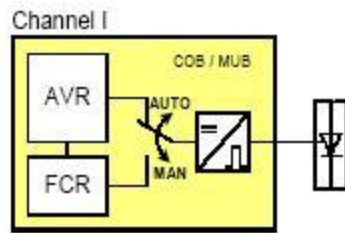
شکل 5-5: نمای ظاهری کنترل : محلی / دور و اتوماتیک / دستی

عکس بالا به طور واضح معنای محلی / دور و اتوماتیک / دستی را نشان می دهد.

<sup>1</sup> Excitation Off

<sup>2</sup> DE-EXCITATION

## 5-10- فرمان های وصل دستی / اتوماتیک :



شکل 5-6 : تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ AVR= کنترل جریان میدان FCR=

- اپراتور باید سیگنال حالت های مختلف انتخاب دستی<sup>1</sup> را مشاهده کند.
- زمانیکه یکی از مدها انتخاب شد سیگنال فیدبک ارسال می شود.
- سیستم تحریک استاتیکی واحد 1 نیروگاه رامین دارای یک تنظیم کننده اتوماتیک (مد اتو<sup>2</sup>) و یک تنظیم کننده دستی در هر کانال می باشد. در مد اتو<sup>1</sup> ولتاژ ترمینال های ژنراتور ثابت و تثبیت می شود از طرفی دیگر جریان در مد دستی تحریک ژنراتور، جریان میدان ثابت نگه داشته می شود. اساساً امکان تغییر مد در هر زمان امکان پذیر می باشد. البته نکات قابل ملاحظه ای وجود دارد که به آن اشاره میکنیم :
- اگر خطایی در مد اتو<sup>1</sup> دیده شود سیستم فوراً به مد دستی خواهد رفت و تا زمانیکه خطا برطرف نشود به مد اتو بر نمی گردد.
- تغییر وضعیت از مد اتو<sup>1</sup> به مد دستی<sup>3</sup> امکان پذیر نمی باشد در صورتی که خطایی در مد دستی بوجود آمده باشد.
- ژنراتور می تواند در مد اتو<sup>4</sup> تا مدت طولانی کار کند به طوریکه از مسیر کار مجاز خارج نشود در غیر این صورت ژنراتور به مد دستی<sup>5</sup> تغییر وضعیت می دهد.

<sup>1</sup> auto manual difference

<sup>2</sup> AUTO

<sup>3</sup> MANUAL

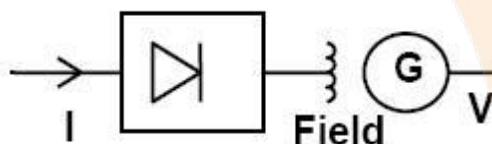
<sup>4</sup> AUTO

<sup>5</sup> MANUAL

## 5-11- کنترل کننده پیگیری<sup>1</sup> :

کنترل کننده پیگیری<sup>3</sup> تضمین می کند که تنظیم کننده های مدهای اتوماتیک و دستی به طور منظم از تنظیم کننده فعال پیروی می کنند به عنوان مثال هنگامی که کنترلر در مد دستی باشد نقطه تنظیم<sup>2</sup> مد اتو<sup>1</sup> از ولتاژ حقیقی ماشین بدست می آید. هنگامیکه کنترلر در مد اتو<sup>1</sup> می باشد، نقطه تنظیم مد دستی از جریان میدان واقعی بدست می آید. مقداری تاخیر برای اطمینان از اینکه تنظیم کننده ها در شرایط قبل خطا<sup>3</sup> می مانند و زمانی که تغییر وضعیت از مد اتو<sup>1</sup> به مد دستی صورت می پذیرد به کار برده می شود. در واقع کنترلر پیگیری<sup>3</sup> مطمئن می سازد که تغییر وضعیت ملایم بین مدهای دستی و اتوماتیک صورت می پذیرد.

## 5-12- کنترل دستی جریان و کنترل اتوماتیک ولتاژ :



شکل 5-7 : کنترل دستی جریان و کنترل اتوماتیک ولتاژ

UNITROL5000 می تواند هم در مد دستی و هم در مد اتوماتیک کار کند و معمولاً هنگامیکه تغییرات دینامیکی و یا استاتیکی رخ می دهد مد اتوماتیک دارای ضریب اطمینان بیشتری نسبت به مد دستی خواهد بود. مدتی برای شرایط خاص طراحی شده است (پشتیبان تنظیم کننده) و فقط برای تنظیم جریان میدان به کار برده می شود (نه برای تنظیم ولتاژ ژنراتور). مد دستی نیازمند یک کارمند ماهر و با تجربه می باشد که نظاره گر تحریک ژنراتور باشد. تا زمانی که سیگنالهای ارسال کننده ولتاژ و جریان ژنراتور وجود دارد و همچنین در مد دستی یک محدود کننده زیر تحریک مانع از خطراتی که ممکن است ماشین را در حالت زیر تحریک دچار لغزش کند وجود دارد هیچ مشکلی برای سیستم تحریک ایجاد نخواهد شد. در عملکرد بی باری که سرعت روتور کاهش می یابد یک محدود کننده  $V/Hz$  (ولت بر هر تزی) تحریک را کاهش می دهد و مانع از خارج شدن ماشین و اتصال های ترانسفورماتور می شود. انواع عملکرد از قبیل ولتاژ ژنراتور ، جریان ژنراتور و توان راکتیو باید توسط پرسنل مربوطه مشاهده شود و اگر لازم بود با تغییر

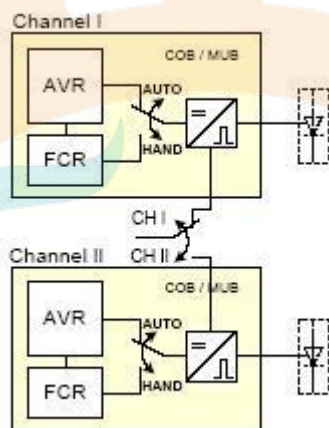
<sup>1</sup> Follow Up

<sup>2</sup> setpoint

<sup>3</sup> PRE-FAULT

نقطه تنظیم جریان آنرا تنظیم کرد. به طور معمول سیستم تحریک در مد اتوماتیک عمل می کند و عملکرد در این مد باعث می شود که ژنراتور به طور اتوماتیک در ناحیه امن باقی بماند مد دستی برای اهداف خاص یا برای شرایط خاص مثل نقص در اندازه گیری ولتاژ به کار برده می شود .

### 5-13- فرمان کانال 1/کانال 2 :



شکل 8-5: کنترل کننده avr

تغییر کانال فقط زمانی امکان پذیر است که در کانال دیگر خطا وجود نداشته باشد. در طرح سیستم تحریک، دو کانال کاملاً مستقل برای کنترل و تنظیم وجود دارد (کانال 1 و 2). این دو کانال کاملاً مجهز و تجهیز شده به طور آزاد می توانند به عنوان کانال فعل انتخاب کرد کانال دیگر که در حالت آماده باش<sup>1</sup> می باشد (کانال غیرفعال) به طور اتوماتیک با کانال فعال تطبیق پیدا می کند. اساساً تغییر کانال در هر زمان امکان پذیر است مگر در مواقع زیر :

- اگر خطایی در کانال فعال ایجاد شود به طور اتوماتیک به کانال دوم تغییر وضعیت می دهد و تا زمانی که خطا از کانال 1 برطرف نشود بازگشت به کانال 1 امکان پذیر نیست.
- امکان انتقال دستی از کانال فعال به کانال غیرفعال در صورتی که کانال غیرفعال دارای خطا باشد وجود ندارد.

در زمان وجود خطا در کانال، اختلالات دینامیکی در ولتاژ ژنراتور نیز میتواند به وقوع بپیوندد. هر چند کانال غیرفعال می تواند به طور اتوماتیک و آنی تغییر وضعیت دهد ولی نباید از اختلالات دینامیکی ژنراتور پیروی کند به همین منظور برای جلوگیری این امر کانال غیر فعال با تاخیر از ولتاژ ژنراتور تبعیت

<sup>1</sup> stand-by

می کند. در شکل های (9-5) و (10-5) کانالهای 1 و 2 که در نیروگاه رامین می باشد نشان داده شده است.



شکل 9-5: کانال 2

Power Plant Academy

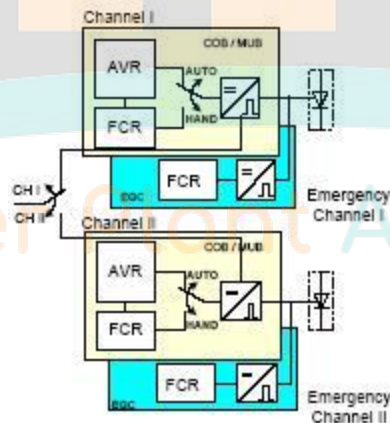




شکل 5-10 : کانال 1 و کانال 2 در کنار هم

#### 5-14- تغییر وضعیت به کانال اضطراری :

علاوه بر دو کانال اصلی ، سیستم تحریک دارای دو کانال اضافی مستقل است (دارای دو کانال اضافی خود مختار)



شکل 5-11 : کانال اصلی با کانال اضطراری در سیستم دو کاناله

کانال اضطراری شبیه حالت دستی کانال اصلی بارگولاتور جریان مجهز می شود علاوه بر رگولاتور جریان میدان کانال اضطراری با حفاظت ولتاژ بالا<sup>1</sup> و کنترل گیت که از کانال اصلی مستقل می شود مجهز می شود. تاثیر عملکرد رگولاتور جریان میدان در کانال اضطراری همانند رگولاتور جریان میدان در کانال اصلی است به عبارت دیگر کانال اضطراری جریان میدان ( و نه ولتاژ ژنراتور) را تنظیم می کند. از آنجا که رگولاتور جریان میدان از کانال اضطراری به طور اتوماتیک کانال اصلی را دنبال می کند لذا در صورتی که در کانال اصلی خطا اتفاق بیفتد تغییر وضعیت به سرعت می تواند ایجاد شود. البته لازم به ذکر است که تغییر وضعیت از کانال اصلی به کانال اضطراری تنها به وسیله اشخاص متخصص انجام می گیرد.

## 15-5- نواحی ایمن :

### • ناحیه ایمن 1 :

#### فوق تحریک

1. اضافه جریان تحریک = محدود کننده جریان تحریک
2. اضافه جریان استاتور = محدود کننده جریان استاتور
3. از دست دادن ولتاژ اندازه گیری = وجود نقص در ترانس ولتاژ<sup>2</sup> (تغییر به حالت دستی)

### • ناحیه ایمن 2 :

#### زیر تحریک

- 1- خطر عملکرد ناپایدار به واسطه خارج شدن از حالت سنکرون = محدود کننده حداقل جریان

#### تحریک P/Q

- 2- اضافه جریان استاتور = محدود کننده جریان استاتور.

## Power Plant Academy

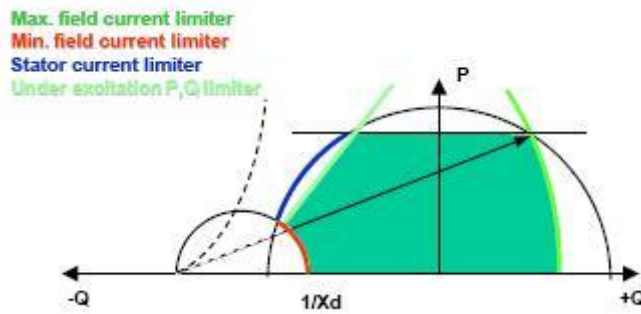
### • ناحیه ایمن 3 :

#### هر شرایطی

- 1- جریان و یا ولتاژ زیاد = محدود کننده ولتاژ بر هرتز (V/Hz)
- 2- نمودار قدرت و نواحی عملکرد ایمن .

<sup>1</sup> overvoltage

<sup>2</sup> PT



شکل 5-12: نمودار قدرت و نواحی عملکرد ایمن

اگر محدودکننده<sup>1</sup> فعال باشد دو فیدبک جدا برای اتاق کنترل فرستاده می شود. که بیان می کند محدودکننده فوق تحریک و یا زیرتحریک فعال می باشد.

## 5-16- فرمان کاهش و افزایش نقطه تنظیم<sup>2</sup>:

مقدار نقطه تنظیم<sup>2</sup> فعال، افزایش و یا کاهش خواهد یافت اگر:

- ماکزیمم و مینیمم مقدار مرجع به هم نرسد.
- اگر نقطه تنظیم ماکزیمم و یا مینیمم به هم برسد سیگنال فیدبک برای اتاق کنترل ارسال میشود. فرمان های  $\uparrow/\downarrow$  از اتاق کنترل تنظیم کننده<sup>2</sup> همه رگولاتورها را کنترل می کند:

**در مد اتوماتیک:** نقطه تنظیم<sup>2</sup> ولتاژ ژنراتور توسط فرمان  $\uparrow/\downarrow$  تنظیم می شود. در عملکرد بی باری، تغییر نقطه تنظیم<sup>2</sup>، ولتاژ ژنراتور را تنظیم می کند در عملکرد زیر بار تغییر نقطه تنظیم<sup>2</sup>، توان راکتیو را تنظیم می کند. اگر تنظیم ولتاژ ژنراتور به ماکزیمم و یا مینیمم مقدار خود رسید پیغام "فعالسازی رگولاتور"<sup>3</sup> مشاهده می شود. اگر فرمان  $\uparrow/\downarrow$  با هم اجرا شوند تغییر در مقدار تنظیم کننده<sup>4</sup> اتفاق نمی افتد. زمانیکه تحریک روشن شد نقطه تنظیم ولتاژ ژنراتور به طور اتوماتیک در مقدار نامی قرار می گیرد.

**در مد دستی:** نقطه تنظیم<sup>2</sup> جریان میدان، توسط فرمان  $\uparrow/\downarrow$  تنظیم میشود. در عملکرد بی باری این تنظیم ولتاژ ژنراتور را تغییر می دهد و در عملکرد زیربار توان راکتیو را تنظیم می کند. مد دستی فقط

<sup>1</sup> LIMITER

<sup>2</sup> setpoint

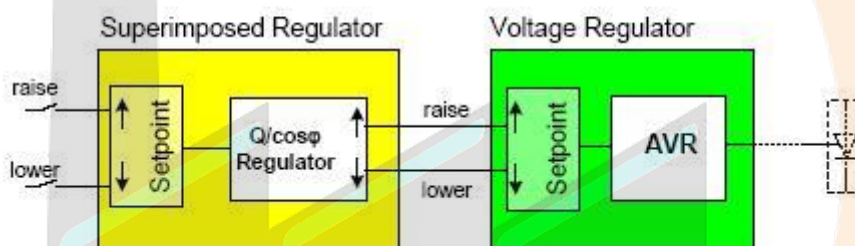
<sup>3</sup> active regulator min pos/max pos

<sup>4</sup> Setpoint

برای محدود کننده زیرتحریرک و محدودکننده ولت بر هرتز در دسترس می باشد درحالیکه فرمان  $\uparrow/\downarrow$  در مد اتوماتیک محدودیت ندارد پس بنابراین باید همواره مطمئن بود که محدوده عملکرد روتور و ژنراتور (براساس دیاگرام قدرت) از حد معین خود تجاوز نمی کند اگر نقطه تنظیم جریان میدان به مقدار ماکزیمم و یا مینیمم خود رسید پیغام "فعالسازی رگولاتور"<sup>1</sup> نمایش داده میشود. اگر فرمان  $\uparrow$  یا  $\downarrow$  هر دو با هم اجرا شوند تغییری در نقطه تنظیم ایجاد نمی شود. زمانیکه تحریرک روشن شد و هنگامیکه بریکر<sup>2</sup> ژنراتور باز است نقطه تنظیم جریان میدان به طور اتوماتیک در مقدار جریان بی باری تحریرک قرار می گیرد.

### 5-17- فرمان های تنظیم کننده اعمال گر فوق العاده<sup>3</sup>:

- Power Factor Regulation (Cos Phi)
- Reactive Power (MVar) Regulator



شکل 5-13: تنظیم کننده توان راکتیو و ضریب قدرت

تنظیم کننده توان راکتیو (Q) و تنظیم کننده ضریب قدرت ( $\cos\phi$ ) می توانند روشن شوند اگر مد اتو<sup>4</sup> انتخاب شده باشد و ژنراتور به شبکه متصل شده باشد تنظیم کننده توان راکتیو و تنظیم کننده ضریب قدرت به تنظیم کننده ولتاژ تحمیل می شوند و واکنش ها به طور آهسته شرایط عملکرد را تغییر می دهند. تمام محدود کننده های مربوط به مد اتو<sup>5</sup> می توانند اگر لازم باشد بر تنظیم کننده ولتاژ به همراه تنظیم کننده "اعمال گر فوق العاده"<sup>4</sup> تسلط داشته باشند. تنظیم کننده های توان راکتیو و ضریب قدرت خود دارای بخش هایی برای تنظیم رنج مشخص<sup>1</sup> می باشند. زمانیکه تنظیم کننده اعمال گر فوق العاده<sup>4</sup>

<sup>1</sup> active regulator min pos/max pos

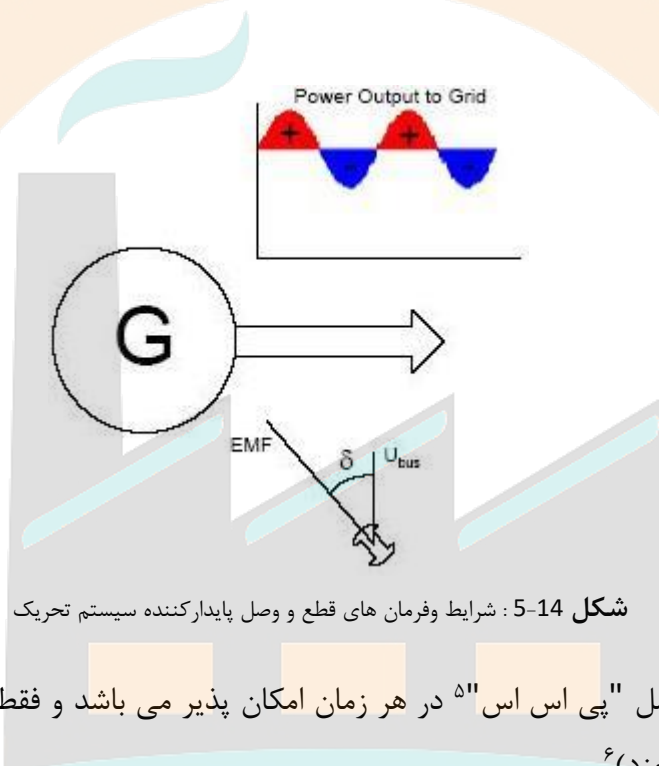
<sup>2</sup> breaker

<sup>3</sup> super imposed

<sup>4</sup> AUTO

خاموش می باشد "تنظیمات نقطه تنظیم"<sup>۱</sup> مقدار واقعی را دنبال می کند (جریان توان راکتیو / جریان ضریب قدرت) و این به آن معنی است که تغییر وضعیت از تنظیم کننده ولتاژ به تنظیم کننده "سوپر ایمپوزد"<sup>۲</sup> تاثیر مستقیم بروی نقطه عملکرد ژنراتور نمی گذارد. نقطه تنظیم<sup>۳</sup> مربوط به تنظیم کننده مربوطه فقط به وسیله دستورات "بیشینه/کمینه"<sup>۴</sup> تنظیم می شود که باعث تغییر توان راکتیو و ضریب قدرت می شود .

## 5-18- فرمان های قطع و وصل پایدارکننده سیستم تحریک :



شکل 5-14 : شرایط و فرمان های قطع و وصل پایدارکننده سیستم تحریک

امکان قطع و وصل "پی اس اس"<sup>۵</sup> در هر زمان امکان پذیر می باشد و فقط در مد AVR فعال می باشد (اتو یا سوپر ایمپوزد)<sup>۶</sup>

"پی اس اس"<sup>۵</sup> به عنوان عملکرد یک گزینه ای می باشد. دستورهای قطع و وصل "پی اس اس"<sup>۵</sup> هم به طور اختیاری مورد استفاده قرار می گیرد. نوسانات فرکانس پایین میدان مغناطیسی ژنراتور و فرکانس های شبکه توسط "پی اس اس"<sup>۵</sup> از بین می رود. "پی اس اس"<sup>۵</sup> در هر زمان می تواند به طور دستی خاموش شود و خاموش شدن در صورتی که ژنراتور از مقادیر تعیین شده برای توان اکتیو و ولتاژ خارج

<sup>1</sup> Set Point Setting

<sup>2</sup> super imposed

<sup>3</sup> Set Point

<sup>4</sup> Higher / Lower

<sup>5</sup> PSS

<sup>6</sup> Auto Or Super Imposed

شود و یا ژنراتور به طور موازی با شبکه قرار نگیرد، به طور اتوماتیک انجام می شود. روشن شدن دستی "پی اس اس"<sup>5</sup> باعث می شود توان اکتیو ژنراتور به مقدار معین خود برسد و وضعیت ولتاژ ژنراتور در رنج<sup>1</sup> تعیین شده باشد (90% - 110%) پایدار کننده سیستم تحریک نیازمند هیچ گونه تنظیمی نمی باشد که توسط پرسنل صورت پذیرد.

## 19-5- تجهیزات مربوط به کنترل محلی :

این تجهیزات شامل :

• تابلوی آرکنت<sup>2</sup>

• تابلوی سرویس<sup>3</sup>

• CMT

زمانی که فیدبک کنترل محلی<sup>4</sup> فعال می باشد امکان کنترل فقط از طریق محلی انجام پذیر می باشد که این به معنای آن است که کنترل از راه دور توسط اتاق کنترل تا زمانیکه مد به حالت کنترل از راه دور برنگردد امکان پذیر نیست.

## 20-5- معرفی تابلوهای آرکنت<sup>1</sup>:

وظایف تابلوی آرکنت<sup>1</sup> به شرح زیر می باشد

• کنترل محلی UNITROL 5000

• پذیرش مشاهده خطا و برطرف کردن آن

• مشاهده تحریک و سیگنال های ماشین.

همچنین اگر فاصله کمتر از 250 متر بود تابلوی دومی در اتاق کنترل می باشد.

<sup>1</sup> RANGE

<sup>2</sup> Arcnet

<sup>3</sup> Service

<sup>4</sup> Local

## 5-21- معرفی بخش های مختلف تابلو آرکنت<sup>1</sup>:

### ترتیب تابلو:

تابلو کنترل آرکنت<sup>1</sup> به سه بخش متفاوت تقسیم شده است:

- بلوک نمایش: خطاها و سیگنال ها بروی صفحه نمایش LCD نشان داده می شود.
- بلوک کنترل عملکرد نمایش: این کلیدها برای تغییر آن بخش هایی که در بلوک نمایش داده می شود به کار می رود.
- بلوک عملیات: این بلوک شامل کلیدهایی می باشد که به سیستم تحریک فرمان هایی را به طور واقعی اعمال می کند.

### بلوک های کنترل عملکرد نمایش:

- 8 مقدار عددی به همراه واحدهای فیزیکی
- 4 مقدار عددی به همراه نمایش میله ای
- 8 پیغام خطا که به طور اتوماتیک در هنگام وقوع خطا تغییر پیدا میکند



- 8 مقدار عددی: شماره سیگنال + توضیحات + مقدار + واحد
- یا 4 مقدار عددی: شماره سیگنال + توضیحات + واحد + نمودار میله ای
- 8 پیغام خطا و هشدار.

Power Plant Academy



## نمایش عددی ( آنالوگ ) تابلوی آرکنت<sup>۱</sup>:

شماره سیگنال  
تابلو  
(تا عدد ۳۲)

1	Generator Voltage	18.0	kV
2	Generator Current	6.22	kA
3	Active Power	190	MW
4	Reactive Power	38	MVA <sub>r</sub>
5	Frequency	50	Hz
6	Field Current	932	A
7	AVR Setpoint	100	%
8	Man Setpoint	46	%

به کار گیری اشاره گر  
برای جابجایی بین  
لیست نمایش  
تابلو

شکل 5-15: نمایش عددی ( آنالوگ ) تابلوی ARCNET

کاربر می تواند تصمیم بگیرد که کدام سیگنال نمایش داده شود و کدام یک در مرتبه بالاتر قرار گیرد.

## نمایش میله ای تابلوی آرکنت<sup>۲</sup>:

نمایش مقادیر به صورت  
در صدی از مقادیر نامی

1	Generator Voltage	18.0	kV		
20		40	60	80	100
3	Active Power	190	MW		
20		40	60	80	100
5	Frequency	50	Hz		
20		40	60	80	100
7	AVR Setpoint	100	%		
20		40	60	80	100

کاربر می تواند تصمیم  
بگیرد که کدام سیگنال  
نمایش و کدام سیگنال  
نمایش داده نشود

شکل 5-16: نمایش میله ای تابلوی ARCNET

<sup>1</sup> ARCNET

<sup>2</sup> ARCNET

## نمایش هشدارها و خطاها در تابلو آرکنت<sup>1</sup>:

Thyristor fuse fail	180
Common STBY Fault	111
STBY Trip	137
Converter 1	161
Branch Failure T-	182
Converter Blocked	196

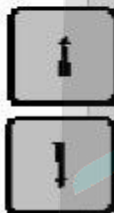
نیست هشدارها و  
خطاها بر اساس شماره  
نه بر اساس ترتیب



برای مشاهده خطاها و هشدارهای بیشتر  
می توانید از دکمه scroll استفاده کنید



LED مربوط به قطع و هشدارها به  
صورت چشمک زن می باشد



فشار دکمه های Scroll برای نمایش  
خطاهای بیشتر

### بلوک کنترل نمایش :

شامل دکمه راه اندازی مجدد<sup>1</sup> می باشد که لمس دکمه راه اندازی مجدد<sup>1</sup> برای کمتر از 1 ثانیه نمایش  
تمامی هشدارها را راه اندازی مجدد<sup>1</sup> میکند.  
دکمه پرینتر<sup>2</sup> برای پرینت گرفتن از کلیه خطاها و هشدارهایی که دستگاه گزارش داده است .

<sup>1</sup> Reset  
<sup>2</sup> Printer

## بلوک عملیات :



### عملکرد محلی انتخاب محلی<sup>۱</sup>/از راه دور<sup>۲</sup> :

برای به کار انداختن و استفاده از تابلو آرکنت<sup>۳</sup>، باید کنترل به صورت محلی باشد. برای اجرای دستورات از طریق تابلو آرکنت<sup>۴</sup> باید دکمه مربوط به فرمان با دکمه ریلیز<sup>۵</sup> با هم و به طور همزمان فشار داده شوند. ( فیدبک نشان می دهد که کنترل به صورت محلی و از طریق تابلو می باشد).



برای به کار انداختن و استفاده از تابلو باید کنترل به صورت محلی باشد

روشن بودن چراغ نشان دهنده آن است که کنترل به صورت محلی و از طریق تابلو می باشد



برای اجرای دستورات از طریق تابلو باید دکمه مربوط به فرمان با دکمه Release با هم و به طور همزمان فشار داده شوند

به عنوان مثال: برای بستن مدار FCB باید دکمه های FCB ON و ریلیز<sup>۶</sup> را همزمان فشار داد.

### قطع و وصل مدار FCB :

فشار همزمان دکمه های FCB ON و ریلیز<sup>۱</sup> باعث وصل شدن مدار FCB می شود. فیدبک نشان میدهد که بریکر<sup>۵</sup> وصل شده است. فشار همزمان دکمه های FCB OFF و ریلیز<sup>۱</sup> باعث قطع و باز شدن مدار بریکر<sup>۲</sup> خواهد شد.

## فرمان قطع و وصل تحریک :

فشار همزمان دکمه های ریلیز<sup>۱</sup> و EXC ON باعث وصل شدن تحریک و بسته شدن مدار بریکر<sup>۲</sup> اگر باز باشد می شود. فشار همزمان دکمه های ریلیز<sup>۱</sup> و EXC OFF باعث قطع شدن تحریک خواهد شد.

<sup>1</sup> Local

<sup>2</sup> Remote

<sup>3</sup> Arcnet

<sup>4</sup> Release

<sup>5</sup> Breaker

## کاهش یا افزایش نقطه تنظیم<sup>۱</sup>:

دکمه تنظیم کننده<sup>۳</sup> و ریلیز<sup>۱</sup> مقدار نقطه تنظیم<sup>۳</sup> کنترلر فعال را افزایش می دهد.

## انتخاب عملکرد اتوماتیک و دستی:

فشار همزمان دکمه های اتو<sup>۲</sup> و ریلیز<sup>۱</sup> باعث تغییر وضعیت از حالت تنظیم جریان به تنظیم ولتاژ می شود. روشن بودن چراغ کنار دکمه نشان دهنده آن است که تنظیم کننده ولتاژ فعال است. فشار همزمان دکمه های دستی<sup>۳</sup> و ریلیز<sup>۱</sup> باعث تغییر وضعیت از حالت تنظیم ولتاژ به تنظیم جریان می شود.

## انتخاب تنظیم کننده "سوپر ایمپوزد"<sup>۴</sup>:

فشار همزمان دکمه های PF/MVAr On و ریلیز<sup>۱</sup> تغییر وضعیت به تنظیم کننده سوپر ایمپوزد<sup>۵</sup> را فعال میکنند. فشار همزمان دکمه های pf/mvar off, ریلیز<sup>۱</sup> تنظیم کننده سوپر ایمپوزد<sup>۵</sup> را غیرفعال می کند.

## دکمه های "لامپ تست"<sup>۶</sup> و ریلیز<sup>۶</sup>:

دکمه "لامپ تست"<sup>۶</sup> نورهایی که دارای وظایفی در تابلوی آرکنت<sup>۷</sup> می باشد را تست می کند. ریلیز<sup>۱</sup> به همراه هر فرمانی به کار برده می شود تا اطمینان از اینکه فرمانی به طور تصادفی رخ نداده باشد حاصل شود.

<sup>1</sup> Set Point

<sup>2</sup> AUTO

<sup>3</sup> MANUAL

<sup>4</sup> Super Imposed

<sup>5</sup> lamp test

<sup>6</sup> Release

<sup>7</sup> Arcnet

## 5-22- کنترل های اضافی :

### تغییر کانال :

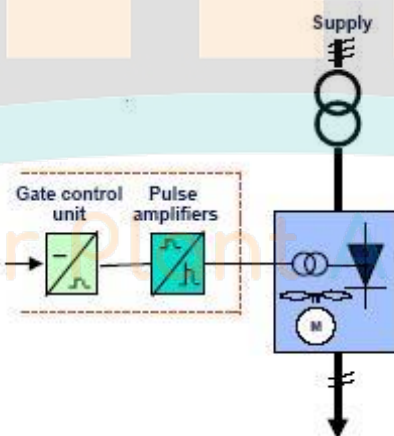
اگر یک نقص در سیستم کنترل فعال به وجود بیاید و کنترلر اضافی وجود داشته باشد کنترل تحریک به طور اتوماتیک سیستم را به کانال اضافی انتقال می دهد. کانال معیوب خطایی را نمایش می دهد در حالی که کانال سالم فقط یک هشدار برای توجه اپراتور به اینکه در کانال دیگر خطاها وجود دارد صادر می کند.

### کنترل کننده و پشتیبان ضروری :

در زمانیکه هر دو کانال اصلی دچار نقص می شوند سیستم به کانال ضروری انتقال پیدا میکند. "ای جی سی"<sup>1</sup> فقط قادر به کنترل جریان می باشد و فقط به عنوان پشتیبان روری طراحی شده است و در این حالت محدود کننده ها غیرفعال می باشند. در واقع ایده "ای جی سی"<sup>4</sup> به منظور توان ساختن سیستم تحریک برای ادامه تنظیم جریان میدان می باشد. "ای جی سی"<sup>4</sup> در مدت زمانی که کانال های اصلی غیرفعال دچار نقص می باشند می تواند فعالیت کند و باعث ادامه فعالیت تحریک شود ولی در این مدت اپراتور و مرکز کنترل شبکه با دقت فراوان ولتاژ و نقطه عملکرد آن اطمینان حاصل شود.

## 5-23- تریستور / مبدل :

### 1- یک مبدل (بدون مدل اضافی) :



استفاده از یک مبدل تنها باعث می شود اگر نقصی در آن اتفاق بیفتد سیستم تحریک قطع شود. این

نقایص می توانند شامل :

<sup>1</sup> EGC

مشکل در خنک کنندگی - مشکل در ترستور - مشکل در مدار الکترونیکی مشکل در دستگاه  
اندازه گیری جریان مبدل - دمای زیاد مبدل - مشکل در فیوز

### به کاربردن دو مدل :

مبدل ها هر کدام دارای سیستمهای کنترل مستقل از هم می باشند. اگر یک خطا در یکی از مبدلها رخ دهد یکی از مبدل ها ، سیستم کنترل آن خاموش خواهد شد و تحریک با مبدل و سیستم کنترل باقی مانده ادامه می دهد. اگر خطایی در مبدل اخیر رخ دهد تحریک قطع<sup>۱</sup> خواهد شد.

### 24-5- چک کردن برخی موارد قبل از راه اندازی سیستم :

باید قبل از راه اندازی موارد زیر بررسی شود :

تعمیرات سیستم تحریک و یا ژنراتور باید کنسل شود ( تمامی پروانه های کار کنسل شود)  
اتصالات ژنراتور و اتصالات باس بار چک شود.  
اتصال موقت به زمین حذف شود.  
کنترل سیستم تحریک و توان با دقت چک شود و درها قفل شوند.  
به تمامی ملزومات سیستم تحریک انرژی داده شود.  
هیچ گونه خطا و یا هشدار فعال نباشد.  
فیلترهای هوا تمیز شده باشند.  
کنترل سیستم تحریک از راه دور<sup>۲</sup> باشد  
سیستم تحریک در مد اتو<sup>۳</sup> (تنظیم کننده ولتاژ) باشد.  
چک کردن درونی unitrol 5000 انجام شود و اگر نیاز به تنظیم داشت حتماً باید تنظیم شود.  
ژنراتور باید در سرعت مجاز خود باشد.

<sup>1</sup> Trip

<sup>2</sup> remote

<sup>3</sup> auto

## 5-25- چک کردن در زمان بی باری<sup>۱</sup>:

تنظیم ولتاژ ماشین در ولتاژ نامی  
چک کردن مقدار جریان تحریک  
ولتاژ ژنراتور و جریان تحریک باید پایدار باشد.  
بررسی توزیع جریان ما بین مبدل ها که تقریباً یکسان می باشد.  
چک کردن مقدار Ufi . این مقدار وابسته به روتور می باشد.  
چک کردن مقدار دمای روتور و مقایسه آن با شاخص های دما.

## 5-26- چک کردن منظم در خلال عملکرد:

محدودکننده ها نباید فعال باشند . تغییر وضعیت از حالت دستی به اتو<sup>۲</sup> و برعکس فراهم باشد.  
تمیز بودن فیلتر هوا.  
ولتاژ ژنراتور در حالت پایدار باشد.  
توان اکتیو و راکتیو ژنراتور ممکن است تغییر کند ولی باید پایدار باشد.

## 5-27- بررسی های لازم و تعمیرات در هنگام خاموش بودن<sup>۳</sup>:

رعایت کردن کامل تمام احتیاطها .  
زمین کردن استاتور و میدان ( سیستم تحریک )  
ایزوله کردن ژنراتور ( جدا کردن ژنراتور )  
خاموش کردن منابع AC,DC  
کار نگهداری و تعمیر باید توسط مهندسین برق صورت گیرد.  
تمامی اتصالات از لحاظ سفتی و محکمی باید چک شود. تمیز کردن سیستم تحریک، اگر مقدار زیادی گرد و خاک یا سایر ذرات بر روی سیستم تحریک قرار بگیرد شما باید شرایط محیط را عوض کنید.  
تمیز کردن بردهای الکتریکی اگر لازم بود.

<sup>1</sup> No Local

<sup>2</sup> AUTO

<sup>3</sup> Shut Down

چک کردن اتصالات CT ، چک کردن عملکرد C.B .  
جریان بادبزن<sup>1</sup> باید توسط تست کننده<sup>2</sup> چک شود.  
در بی باری باید تغییر وضعیت از حالت اتو<sup>2</sup> به نرمال<sup>3</sup> و بر عکس چک شود.  
اگر تعداد زیادی کانال وجود دارد تغییر وضعیت آنها را چک کنید.

## 5-28- چک کردن تریپ<sup>4</sup> اضطراری در سیستم تحریک در زمان هشدار و یا خطا :

هنگامیکه خطا و یا هشدار اتفاق افتاد شما باید راهنمای خطاهای unitrol 5000 را چک کنید که به شما اطلاعات مفید و کافی در رابطه با خطا و راه حل آن نشان می دهد همچنین هر خطا یک شماره که مربوط به خود را دارد که به شما کمک می کند تا سریع تر و بهتر راهنمایی شوید.



Power Plant Academy

---

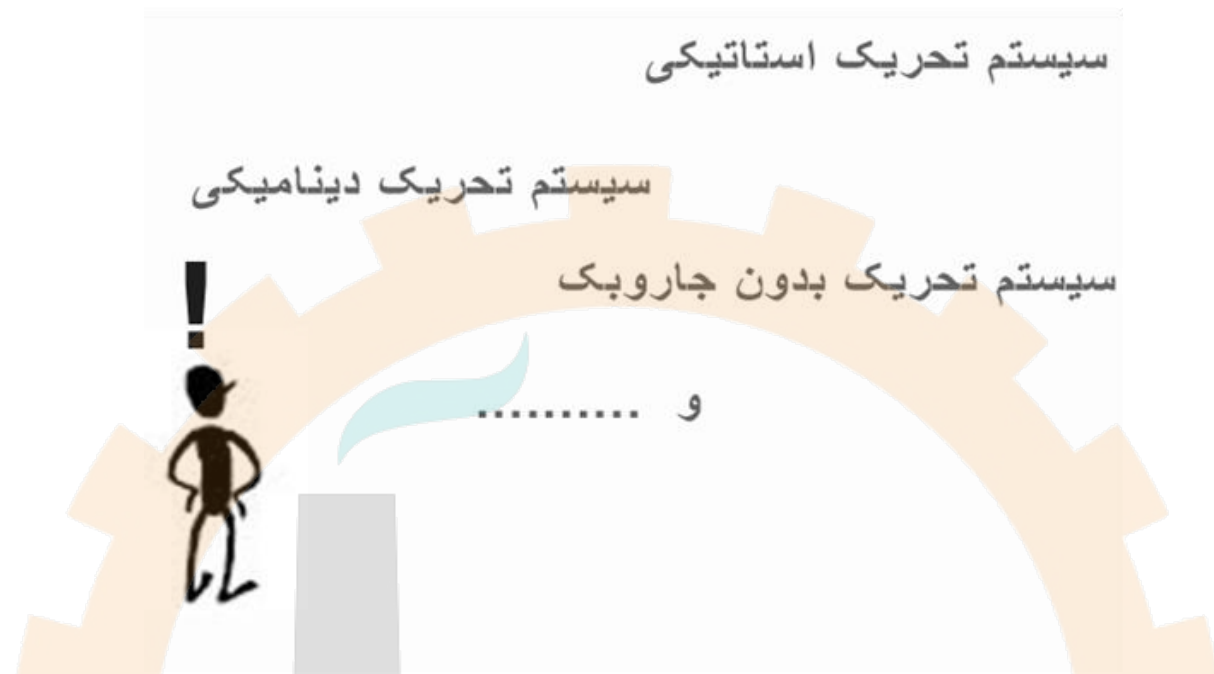
<sup>1</sup> FAN

<sup>2</sup> Clipon AMMETER

<sup>3</sup> Normal

<sup>4</sup> TRIP

## فصل 6- جمع بندی بررسی فنی و اقتصادی سیستم های تحریک



### 6-1- جمع بندی :

در فصلهای گذشته با چند نمونه از سیستمهای تحریک موجود در شبکه برق ایران آشنا شدیم که این سیستمهای تحریک عبارت بودند از :

- 1- سیستم تحریک دینامیکی DC (مربوط به نیروگاه آبی سد شهید عباسپور)
- 2- دو نمونه سیستم تحریک روسی (مربوط به 2 واحد از نیروگاه رامین)
- 3- سیستم تحریک استاتیکی (مربوط به واحد 1 نیروگاه رامین).

در این قسمت ابتدا به معرفی کامل مزایا و معایب سیستمهای تحریک فوق می پردازیم و در انتها با مقایسه قرار دادن مزایا و معایب فوق ، به این نتیجه می رسیم که در حال حاضر کدام سیستم تحریک بهترین است .

- 1- سیستم تحریک دینامیکی نیروگاه آبی سد شهید عباسپور : وقتی دوباره به سیستم تحریک نیروگاه شهید عباسپور نگاه کنیم مشاهده می کنیم که ما با یک سری ماشین DC روبرو هستیم که با توجه به نوع کار، انواع مختلفی از ماشینهای DC را در اینجا داریم مثلاً پیلوت اکسایتر یک ماشین DC

از نوع کمپوند است و ماشین تحریک اصلی<sup>۱</sup> یک ماشین DC تحریک مستقل به همراه دو سیم پیچ القاکننده است. موتور آمپی داین که یک ماشین DC کمپوند است. وقتی به این سیستم تحریک به طور کامل توجه کنیم با یک سری معایب مشهود مواجه می شویم که توجه به این معایب خالی از لطف نیست :

1- اولین مشکل این سیستم تحریک وجود یک تعداد ماشین دوار در آن است به عبارت دیگر شاید مشکل اصلی این سیستم تحریک وجود تعداد زیادی ماشین DC است. چرا که همانطور که می دانیم ماشینهای DC جزء پر در دسترترین نوع ماشینهای الکتریکی هستند.

در ادامه با مشکلات ناشی از سرویس و نگهداری ماشینهای DC بیشتر آشنا خواهیم شد. تمام ماشینهای DC دارای دو یاتاقان هستند که سرویس و نگهداری این یاتاقانها مشکلاتی را به همراه خواهد داشت چرا که این یاتاقانها، خودشان می توانند باعث ایجاد عیب در سیستم تحریک شوند شاید بپرسید چطور؟ در جواب باید گفت همانطور که می دانیم ما به طور کلی 3 نوع یاتاقان داریم :  
الف) یاتاقان توپی شکل تحت عنوان بال برینگ<sup>۲</sup> (ب) یاتاقانهایی که به صورت استوانه ای شکل<sup>۳</sup> هستند (ج) یاتاقانهایی که به صورت دو ردیف رول برینگ<sup>۳</sup> در کنار هم قرار گرفته اند که تحت عنوان دابل رول برینگ<sup>۴</sup> شناخته می شوند.

در سیستم تحریک نیروگاه آبی شهید عباسپور، بین موتور و ژنراتور آمپلی داین از یک سری یاتاقان توپی شکل (بال برینگ) استفاده شده است که این بال برینگ<sup>۲</sup>ها احتیاج به گریس کاری ساعتی، روزانه و هفتگی دارند (به عبارت دیگر از یاتاقانها، مرتب باید مراقبت کرد). در خیلی از مواقع، این یاتاقانها سر و صدا زیادی در موقع کار ایجاد می کنند که بهره بردار را مجبور به تریپ<sup>۵</sup> دادن واحد و تعویض آنها می کند لازم به ذکر است که این یاتاقانها برای الکتروموتورهای بسیار بزرگ، گرانبه هستند و در صورت خرابی در آنها، نیروگاه ضرر اقتصادی زیادی را متحمل می شود.

علاوه بر بال برینگ<sup>۶</sup> ممکن است در زغالهای ماشین DC مشکل ایجاد شود این مشکلات عبارتند از

1- بر اثر راه اندازی ماشین DC، جرقه در زغال روی دهد و بعد از مدت زمان کوتاهی در اثر جرقه های زیاد ممکن است مجبور به تعویض زغالها شویم مشکل دیگر در مورد زغالها این است که معمولاً تعمیر کردن و جایگزین کردن زغالها کار سختی است و جالب است بدانید که سفارش دادن و خریدن و پیدا

<sup>1</sup> Main exciter

<sup>2</sup> ball bearing

<sup>3</sup> roll bearing

<sup>4</sup> Double roll bearing

<sup>5</sup> Trip

<sup>6</sup> ball bearing

کردن زغال هم مشکلات خاص خود را دارد. علاوه بر زغالها، کلکتورها هم دچار آسیب می شوند به عنوان مثال سطح کلکتورها خراب می شود که در صورت خرابی مجبور هستیم با تراش کاری، سطح کلکتور را به حالت قبلی خودش بازگردانیم و در مراحلی که مقدار زیادی از سطح کلکتورها دچار آسیب شده باشد، در زمان اورهال نیروگاه مجبور به تعویض کلکتورها می شویم از جمله مشکلات دیگر کلکتورها این است که هر روز باید سطح کلکتورها را چوب گیری کرد شاید برسید که عمل چوب گیری در مورد کلکتورها به چه صورت انجام می شود؟ در جواب باید گفت که عمل چوب گیری به این صورت است که پارچه ای را به دور چوبی می بندند در حالتی که موتور و یا آن ژنراتور در حال کار است توسط کارگر متخصص سطح کلکتور را تمیز می کنند نکته ای که باید اشاره کرد این است که عمل چوب گیری کار بسیار خطرناکی است و خطرات بسیار زیادی را برای شخصی که این عمل را انجام می دهد در پی خواهد داشت و شاید آن چیزی که از همه مواردی که در بالا اشاره شد (مشکلات ناشی از سرویس و نگهداری) مهمتر باشد قدیمی و فرسوده بودن این سیستم تحریک است که خود باعث بیشتر شدن مشکلات ذکر شده در بالا می شود.

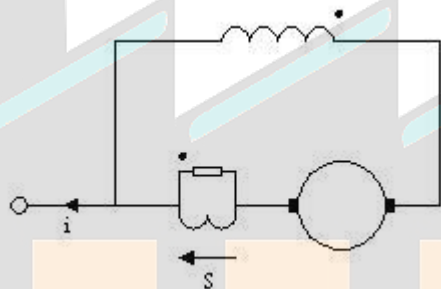
2- از جمله عیبهای دیگر این سیستم می توان به عکس العمل کند سیستم در پاسخ به اتفاقات که ممکن است به طور ناگهانی اتفاق بیفتد اشاره کرد همانطور که می دانیم تمام ماشینهای DC با یک لختی، عکس العمل نشان می دهند پس در نتیجه با وجود این تعداد ماشین DC (غیر از ماشین سنکرون اصلی، 4 ماشین DC در این سیستم تحریک وجود دارد) و با توجه به کندی پاسخ در ماشینهای DC سبب می شود که پاسخگویی سیستم تحریک ما به تغییرات در خروجی ژنراتور کم شود و همانطور که می دانیم سرعت پاسخگویی سیستم تحریک به نوسانات ولتاژ، یکی از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت سیستم تحریک به شمار می آید پس نتیجه می گیریم که سیستم تحریک نیروگاه شهید عباسپور از این نظر هم سیستم خوبی به شمار نمی رود.

3- با دقت در نقشه سیستم تحریک سد شهید عباسپور در می یابیم که در این سیستم تحریک از رله ها و مقاومتهای خیلی زیادی استفاده شده است که وجود تعداد زیاد رله و مقاومت می تواند باعث ایجاد عیبهای بیشتر در سیستم تحریک شود از جمله، می توان به موارد زیر اشاره کرد، مقاومتهای با وات بالا در این سیستم زیاد استفاده شده که خود می تواند برای این سیستم تحریک عیب محسوب شود و همچنین از رله ها ممکن است جریان زیاد عبور کند در نتیجه رله ها نیاز به سرویس و نگهداری و تعمیرات پیدا می کنند. به عنوان مثال ممکن است در اثر عملکرد زیاد رله ها، کنتاکتهای آنها دچار فرسایش شوند بنابراین مشکلات احتمالی که برای مقاومتها و رله های موجود در این نوع سیستم تحریک ایجاد می شود از دیگر نکات منفی برای این سیستم به شمار می آید.



4- با توجه به توضیحاتی که در مورد این سیستم تحریک تا اینجا داده شده متوجه شده اید که این سیستم تعمیرات بسیار پیچیده ای دارد بنابراین رفع این عیبه‌ها نیاز به یک راهنمایی از جانب سیستم تحریک دارد منظور از راهنمایی آن است که هنگامی که عیبی در سیستم تحریک ایجاد می‌شود، خود سیستم تحریک بتواند ما را در پیدا کردن عیب کمک کند در اصطلاح می‌گویند سیستم تحریک دارای سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> می‌باشد. از آنجا که در سیستم تحریک نیروگاه شهید عباسپور ما هیچ گونه سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> نداریم بنابراین پیدا کردن عیب به سختی و به روش سعی و خطا صورت می‌گیرد بنابراین از آنجا که نمی‌دانیم عیب دقیقاً در کدام قسمت اتفاق افتاده، لذا پیدا کردن عیب زمان طولانی صرف خواهد کرد.

برای مثال در سال 1375 مقاومت دیموند پایلوت اکسایتر<sup>2</sup>، قطع<sup>3</sup> شده بود یعنی اتصال آن شل شده بود (مقاومت دیموند یک سری مقاومت‌های بزرگ هستند که یک سری جامپر<sup>4</sup>هایی روی این مقاومت‌ها قرار می‌گیرد که حالت کمر بند هستند) یکی از این جامپر<sup>3</sup>ها شل شده بود پس موقعی که موتور آمپلی داین استارت می‌کرد و می‌خواست جریان شدیدی را بکشد آن مقاومت دیموند قطع می‌شد و چون این سیم پیچ سری پایلوت اکسایتر از نوع کمپوند نقصانی است باعث تضعیف شدیدی در ولتاژ می‌شد. (مطابق شکل 6-1)



شکل 6-1: سیم پیچ سری پایلوت اکسایتر از نوع کمپوند نقصانی

موقعی که موتور می‌خواهد شروع به کار کند یک جریان خیلی زیاد مثل  $i$  می‌خواهد از سیم پیچ سری عبور کند اگر نوع کمپوند اضافی باشد دیگر به مقاومت دیموند نیازی نیست ولی اگر نوع کمپوند نقصانی باشد (سر نقطه نظیر شکل باشد) در اثر عبور جریان از مقاومت باعث می‌شود جریان کمتری از سیم پیچ سری عبور کند و باعث افت ولتاژ در خروجی ژنراتور نمی‌شود. حالا اگر به دلیلی اتصال مقاومت دیموند با سیم پیچ سری دچار مشکل شود عملاً همه جریان از سیم پیچ سری عبور می‌کند در نتیجه

<sup>1</sup> Monitoring

<sup>2</sup> Pilot exciter

<sup>3</sup> Lose connection

<sup>4</sup> Jamper

باعث افت ولتاژ در خروجی ژنراتور می شود و باعث تریپ<sup>1</sup> آمپلی داین خواهد شد طوری که در سال 75 در طول یک هفته چندین بار باعث تریپ<sup>5</sup> شد طوری که می خواستند موتور و ژنراتور آمپلی داین را عوض کنند تا بالاخره متوجه شدند عیب از این مقاومت دیموند است که اتصال آن با سیم پیچ سری شل شده بود تا می خواست جریان از خود عبور دهد قطع می کرد و دوباره وصل می شد که بالاخره این عیب بدین صورت برطرف شد که چراغهای محوطه را خاموش کردند و سپس موتور را استارت کردند و جرقه را یافتند و از جرقه مشخص شد که اتصال مقاومت دیموند با سیم پیچ سری دچار مشکل شده است. بنابراین ملاحظه می کنید که این عیب به مدت چند روز در تولید ، وقفه ایجاد کرد که باعث شد نیروگاه ضرر اقتصادی زیادی را متحمل شود .

در کل در مورد سیستم تحریک سد شهید عباسپور می توان گفت که این سیستم جزء بدترین نوع سیستمهای تحریکی است که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرد چرا که علاوه بر اینکه ، سیستم تحریک فوق از نوع دینامیکی DC است دارای سرعت عکس العمل نسبتاً ضعیفی در مقایسه با سایر سیستمهای تحریک می باشد تنها مزیتی که برای این نوع سیستم تحریک می توان به شمار آورد پایداری دینامیکی خوب این سیستم است . جالب است بدانید :

از آنجا که سیستم تحریک سد شهید عباسپور در سال 1357 بهره برداری شده و تکنولوژی ساخت آن حداقل به 30 سال قبل از آن برمی گردد و همانطور که می دانیم ادیسون به عنوان اولین بهره بردار واقعی از نیروگاه ، شناختی که از الکتریسیته داشته، الکتریسیته DC را می شناخته ( یا به صورت باتری و یا به صورت استاتیکی بوده ) که هر دو منبع DC بودند بنابراین هنگامی که اولین ماشین را طراحی کرد انتظار داشت جریان خروجی این ماشین DC باشد در صورتی که همانطور که می دانیم همچنین چیزی ( ماشینی که جریان خروجی آن DC کامل باشد ) نه در آن زمان و نه در حالا وجود ندارد در واقع کلکتور به اجبار جریان خروجی ماشین را DC می کند اگر کلکتور نباشد جریان DC نخواهیم داشت. فقط تنها کاری که ما انجام می دهیم این است که با اضافه کردن تعداد هادیهای بیشتر ، مؤلفه DC را به DC نزدیکتر می کنیم . بنابراین با توجه به مواردی که در بالا گفتیم نتیجه می گیریم که سیستم تحریک سد شهید عباسپور از آنجا که تکنولوژی ساخت آن به سالهای خیلی قبل برمی گردد و از آنجا که طرز تفکر طراحان آن زمان بر پایه نظریه های ادیسون بوده است لذا این سیستم تحریک طراحی شده است و در سالهای پیش این تکنولوژی ( تکنولوژی ساخت سیستم تحریک ) تکامل یافته که نهایت این پیشرفت در ساخت سیستم تحریک مربوط به شرکت ABB بوده که در تابستان سال گذشته برای یکی از واحدهای

<sup>1</sup> Trip

نیروگاه رامین مورد بهره برداری قرار گرفته است که در انتها با مزایا و معایب این سیستم تحریک هم بیشتر آشنا خواهیم شد .

شاید در مورد سیستم تحریک نیروگاه شهید عباسپور سؤالی که ذهن شما خوننده عزیز را به خود مشغول کرده باشد این است که چرا سیستم تحریک که اینقدر برای نیروگاه ضرر اقتصادی ( اعم از مشکلات ناشی از سرویس نگهداری ، تعمیرات زغالها و تریپ<sup>1</sup>های ناگهانی و ... ) به دنبال دارد نیروگاه این سیستم تحریک را تغییر نمی دهد و به جای آن از سیستم تحریک استاتیکی مربوط به شرکت ABB که به تازگی هم برای نیروگاه رامین نصب شده است استفاده نمی کند ( با این کار هزینه های آن و هزینه نیروی کار ( نفر ) به مراتب کم می شود ) در جواب باید گفت که 80٪ جواب این سؤال به مشکلات اداری برمی گردد چرا که هنگامی که ما می خواهیم سیستمی را بهینه کنیم باید مراحل طی شود . مراحل کار به این صورت است که ابتدا باید از اداره بهینه سازی نیروگاه ها مجوز این کار گرفته شود . این اداره کارش نظارت بر انجام دادن چنین پروژه هایی است کارشناسان این اداره باید این موضوع را ( تغییر سیستم تحریک ) بررسی کرده و از همه مهمتر توجیه اقتصادی برای این کار انجام دهند و از همه مهمتر باید این سیستم تحریک که برای نیروگاه رامین نصب شده است باید به طور کامل جواب بدهد و از طرفی شاید در قسمتی دیگر از کشور بحث بهینه سازی اولویت داشته باشد ، یا جایی که می خواهد این هزینه را بر عهده بگیرد مشخص شود ، همه این موارد باید بررسی شود که بررسی کردن موارد فوق زمان زیادی به طول خواهد انجامید .

در نیروگاه رامین از دو نوع سیستم تحریک روسی استفاده شده است که در قسمتهای قبل با ساختار و نحوه عملکرد آنها آشنا شدیم در این قسمت به معرفی ( مزایا و معایب ) سیستم تحریک واحد 2 تا 4 نیروگاه رامین آشنا خواهیم شد و بعد از آن با دومین سیستم تحریک روسی موجود در نیروگاه رامین که در واحدهای 5 و 6 نیروگاه مورد استفاده قرار می گیرد آشنا خواهیم شد .

## 2-6- مزایا و معایب سیستم تحریک واحد 2 تا 4 نیروگاه رامین :

تعداد ماشینهای دوار این نوع سیستم تحریک در مقایسه با سیستم تحریک نیروگاه شهید عباسپور کم شده است ( 2 ماشین دوار وجود دارد ) . ولی به علت وجود ماشینهای دوار ، تمام مشکلات بیان شده در مورد سیستم تحریک نیروگاه آبی شهید عباسپور همچنان برقرار است ولی این مشکلات با توجه به کاهش تعداد ماشینهای دوار ، کمتر شده است و از طرفی تکنیک ساخت این نوع سیستم تحریک با توجه

<sup>1</sup> Trip

به زمان خودش بسیار خوب بوده است ولی با این وجود همچنان عیبهایی در این سیستم تحریک وجود دارد که در ادامه با آنها بیشتر آشنا خواهیم شد .

1- ماشین تحریک آن دوار است این دوار بودن باز مشکلاتی را ایجاد می کند.

شاید برسید چطور ؟ در جواب باید گفت علاوه بر مشکلاتی از قبیل فرسایش کلکتور و زغال و ایجاد مشکل در یاتاقانها که در مورد سیستم تحریک نیروگاه شهید عباسپور به طور مفصل به آن اشاره کردیم ، مشکلات دیگری هم وجود دارد . سیستم تحریک فوق سیستم روغن کاری و خنک کنندگی ( با آب ) بسیار پیچیده ای دارد سیستم روغن کاری آن به این صورت است که معمولاً بوسیله یک الکتروپمپ، روغن روی یاتاقان ریخته می شود و این روغن از زیر یاتاقان بیرون ریخته می شود یعنی مرتباً یاتاقان در حال روغن کاری قرار می گیرد البته این روغن کاری با فشار انجام می گیرد ( کلاً شما هنگامی که می خواهید چیزی را حرکت دهید باید سعی کنید اصطکاک آن را به حداقل برسانید ) پس همانطور که گفته شد برای کاهش اصطکاک، روغن را با فشار زیاد روی یاتاقانها می ریزند سپس شفت از سطح بابیت<sup>1</sup> یاتاقان (بابیت<sup>1</sup> فلزی بسیار نرم است که یاتاقان از این فلز ساخته شده است یعنی جنس یاتاقان از این فلزی می باشد ) فاصله می گیرد و یک فیلم<sup>2</sup> روغن قرار می گیرد و بدین وسیله اصطکاک حداقل می شود . این فیلم<sup>2</sup> روغن همیشه باید باشد چرا که اگر نباشد یاتاقان و شفت آسیب می بیند که بارها به علت از بین رفتن همین فیلم<sup>3</sup> روغن ، یاتاقانها از بین رفته اند و تریپ<sup>4</sup> واحد ایجاد شده است .

در مورد سیستم خنک کاری هم با مشکلاتی مواجه هستیم همانطور که می دانیم اطراف اکسایتر اصلی کولر وجود دارد که در محفظه کولر آن آب مقطر وارد می شود و از انتهای آن خارج می شود اگر یک لحظه آب قطع شود دیگر اکسایتر اصلی را نمی توان خنک کرد در نتیجه باعث ایجاد مشکلاتی در سیستم تحریک خواهد شد . بنابراین با توجه به توضیحات فوق در می یابیم که سیستم روغن کاری و خنک کنندگی نقش بسیار مهمی در سیستم تحریک ایفا می کنند و از آنجا که پایداری سیستم تحریک به این سیستم ها بستگی دارد لذا می توان این موضوع را به عنوان یکی از نقاط ضعف این سیستم تحریک به شمار آورد.

مشکل اصلی در مورد سیستم تحریک ( واحد 2 تا 4 نیروگاه رامین ) این است که ماشین تحریک اصلی<sup>5</sup> با ژنراتور کوپل مکانیکی شده است اگر با مشکلی در یاتاقان و یا در روغن کاری و یا مشکلات دیگر در تحریک مواجه شویم باید واحد را تریپ<sup>2</sup> دهیم (در همان لحظه نمی توان از تحریک رزرو استفاده کرد )

<sup>1</sup> bobite

<sup>2</sup> Film

<sup>3</sup> Film

<sup>4</sup> Trip

<sup>5</sup> main exciter

چند روز باید صبر کنیم تا واحد سرد شود و بتوان آهسته آهسته روتور را متوقف کرد چرا که همانطور که می دانیم توربوژنراتورها را نمی توان به طور آبی تریپ<sup>2</sup> داد باید مدت زمانی روتور را چرخاند تا دماهای روی توربین یکسان و یکنواخت شود چرا که همانطور که می دانیم از آنجا که توربین دارای مقاطع مختلف است ( از قبیل سیلندر و محفظه ای که در اطراف توربین است و ...) در نتیجه توربین دارای دماهای مختلف است اگر توربین که در حال کار بوده یک دفعه توقف کند و چون در مقاطع مختلف دارای دماهای مختلف است پس ناهمگنی در توربین ایجاد می شود ( در صورت تریپ<sup>2</sup> ناگهانی آن الکتروموتوری که توربین را آهسته و به طور مرتب می چرخاند حتماً باید وارد مدار شود ) . تازه بعد از 3 الی 4 روز که توربین خنک شد آن وقت کویل بین اکسایتر اصلی و ژنراتور را می توان باز کرد و در آنصورت می توان از اکسایتر رزرو استفاده کرد در اینجا هم بحث خنک کاری وجود دارد همانطور که می دانیم اطراف اکسایتر اصلی کولر وجود دارد آب مقطر وارد آن می شود و از آن خارج می شود اگر یک لحظه آب مقطر قطع شود دیگر اکسایتر اصلی را نمی توان خنک کرد در نتیجه در عملکرد سیستم تحریک مشکل ایجاد می شود .

از جمله اشکالات دیگر سیستم تحریک نیروگاه رامین می توان به مقاومتهای  $R_{th}$  ( که در کربار<sup>1</sup> و سیستم برقگیر استفاده می شوند ) اشاره کرد .

مقاومتهای  $R_{th}$  مقاومتهای خیلی بزرگی هستند که فضای زیادی را به خود اختصاص می دهند . تکنولوژی ساخت این مقاومتها به سالهای خیلی قبل برمی گردد که در آن زمان مقاومتهای با وات بالا و اهم کم را بسیار بزرگ و حجیم می ساختند. مرتب ذرات گرد و غبار در این مقاومتها نفوذ می کند و وجود رطوبت در این مقاومتها باعث ایجاد خطای اتصال زمین در سیستم تحریک خواهد شد و در نتیجه واحد دچار تریپ<sup>2</sup> خواهد شد .

از تنظیم خارج شدن آمپلی فایرها از جمله مواردی است که باعث ایجاد عیبهای زیادی در سیستم تحریک دینامیکی نیروگاه رامین شده است . هنگامی که آمپلی فایرهای مغناطیسی به هر دلیلی از تنظیم خارج شوند دوباره تنظیم کردن آنها بسیار مشکل می شود ولی در مورد سیستم تحریک فوق نکته جالب این است که بیشتر عیبهایی که برای این سیستم تحریک تا به حال اتفاق افتاده ، در مورد آمپلی فایرها بوده است .

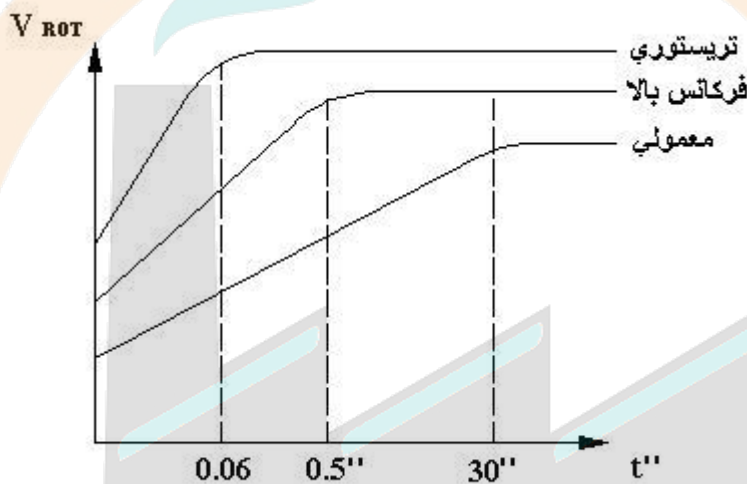
سیستم تحریک نیروگاه رامین ( واحد 2 تا 4 ) ، نظیر سیستم تحریک شهید عباسپور ، سیستم نمایش دهنده<sup>2</sup> ندارد بنابراین هنگامی که عیبی در سیستم تحریک ایجاد می شود با مشکل پیدا کردن عیب مواجه هستیم و باید زمان زیادی صرف کنیم تا عیب برطرف شود و علاوه بر اینها در صورت ایجاد

<sup>1</sup> crowbar

<sup>2</sup> Monitoring

مشکل در قطعه ای ، در پیدا کردن قطعه مورد نظر با مشکل مواجه خواهیم شد چون دیگر این قطعات تولید نمی شود ، چرا که تکنولوژی ساخت سیستمهای روسی از این نوع به سالهای خیلی دور برمی گردد

از جمله مزایای سیستم تحریک واحد های 2 و 3 و 4 نیروگاه رامین ( سیستم با فرکانس بالا ) عکس العمل نسبتاً سریع آن می باشد . اگر بخواهیم مقایسه ای در مورد عکس العمل سیستمهای تحریک مختلف داشته باشیم باید بگوئیم که سیستم تحریک تریستوری ، سریع ترین عکس العمل را خواهد داشت و پس از آن سیستم تحریک با فرکانس بالا عکس العمل سریعی خواهد داشت . در سیستم تحریک عادی زمان فرمان بلوک فورسینگ برای رسیدن به نقطه مورد نظر ( یعنی محدود کردن ) 30 ثانیه طول می کشد ولی در سیستم تحریک با فرکانس بالا این زمان حدود 0.5 ثانیه است به نمودار زیر توجه کنید .



شکل 2-6 : نمودار سیستم تحریک با فرکانس بالا

در سیستم تحریک تریستوری واحد 5 و 6 سرعت عمل خیلی بیشتر است و زمان حدود 60 ms خواهد بود با توجه به نمودار فوق ، سیستم تحریک با فرکانس بالا بین دو نوع دیگر قرار می گیرد .

با مطالبی که در بالا اشاره شد به این دیدگاه می رسیم که تا جایی که امکان دارد از سیستمهای تحریک دینامیکی دوار دوری کنیم چون هزینه های اقتصادی بسیار زیادی را باید تقبل کنیم و با توجه به سرویس نگهداری های مرتب ، عیب هم به دفعات ایجاد می شود به عنوان مثال اکسایتر اصلی خیلی موارد دچار مشکل شده ( پره های توربین آن شکسته ، ساتاقانهای آن خراب شده و ... ) پس تمام این هزینه ها که به ما اعمال می شود ما را به سمت و سویی می برد که ما به جای این هزینه های گزاف ، این هزینه ها را صرف بهبود سیستم تحریک مطمئن تر کنیم .

### 3-6- مزایا و معایب سیستم تحریک استاتیکی - آنالوگ واحد 5 و 6 نیروگاه

#### رامین :

نوع دوم که از سیستمهای تحریک روی موجود در نیروگاه رامین که در واحدهای 5 و 6 نیروگاه از آن استفاده می شود سیستم تحریک استاتیکی - آنالوگ نام دارد این سیستم تحریک، یک سیستم آنالوگ است. مشکلی که در مورد دو سیستم تحریک قبل وجود داشت همچنان در مورد این سیستم تحریک نیز برقرار است این مشکل وجود ماشین دوار است اگرچه تعداد ماشینهای دوار در این سیستم تحریک نسبت به دو سیستم تحریک قبل کم شده است ولی همچنان ماشین دوار وجود دارد ( یک ماشین دوار در این سیستم تحریک وجود دارد) این ماشین دوار یک ماشین سنکرون است که یک جریان دائم به روتور این ماشین وارد می شود و یک جریان ac از خروجی ماشین گرفته شده و به پل تریستوری وارد می شود پس به طور کلی معایبی که در مورد این سیستم تحریک وجود دارد به شرح زیر است :

1- یک ماشین دوار وجود دارد ( مانند قبل مشکلاتی از قبیل خراب شدن یاتاقانها، فرسایش کلکتور و زغال و روان کاری و خنک کاری و ... همچنان وجود دارد)

2. نظیر سیستمهای تحریک اشاره شده در قبل ، سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> وجود ندارد و اگر عیبی در هر جایی از سیستم رخ دهد مستلزم آن است که ما یا واحد را تریپ<sup>2</sup> دهیم و یا واحد را روی اکسایتر رزرو قرار داده و تمام تستهای لازم را روی سیستم تحریک انجام دهیم و یا اینکه با بررسی دقیق عیب را به یک نقطه محدود کنیم ( که این کار امکان بسیار کمی دارد) نکته ای که در اینجا لازم است به آن اشاره شود این است که اگر عیبی در سیستم تحریک اتفاق بیفتند ممکن است سر منشاء این عیب در مدارات فرمان باشد و یا حتی ممکن است عیبی که در مدارات فرمان اتفاق افتاده سر منشاء آن در سیستم تحریک باشد پس گستردگی کار زیاد است و اگر ما سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> نداشته باشیم باید تمامی مدارات فرمان و قسمت‌های مختلف سیستم تحریک را چک کنیم تا مشخص شود عیب در کجاست که این کار زمان زیادی طول خواهد کشید و باعث می شود که ما پایداری در تولید خودمان را از دست بدهیم که برای نیروگاه ضرر اقتصادی را به دنبال خواهد داشت.

3- از آنجا که در این سیستم تحریک به جای اینکه از ترانس تحریک استفاده شود از یک ماشین دوار استفاده شده است و این ماشین دوار در زون حفاظتی ژنراتور مثل ترانس تحریک قرار ندارد به خاطر همین باعث شده برای حفاظت ماشین دوار از حفاظتهای بسیاری نظیر حفاظت دیفرانسیل حفاظت اتصال زمین

<sup>1</sup> Monitoring

<sup>2</sup> Trip

و حفاظت اضافه جریان<sup>۱</sup> استفاده شود که استفاده از این حفاظتها احتمال ایجاد اشکال در سیستم تحریک را تقویت می کند بنابراین استفاده از حفاظتهای فوق برای سیستم تحریک یک عیب محسوب می شود.

4- از مشکلات دیگر سیستم تحریک فوق میتوان به قدیمی بودن اجزای آن اشاره کرد به عنوان مثال نظیر مقاومتهایی که در سیستم تحریک دینامیکی نیروگاه رامین اشاره کردیم ( مقاومتهای مربوط به کروبار<sup>۲</sup> و برقگیر) از آنجا که تکنولوژی ساخت مقاومتهای ثابت زمانی روتور در سیستم تحریک استاتیک – آنالوگ نسبت به سیستم تحریک دینامیکی ( واحد 2 تا 4 نیروگاه رامین) تغییر نکرده است لذا وجود این تجهیزات باعث بروز اتصال زمین در سیستم تحریک خواهد شد.

حال در ادامه به بررسی مزایای سیستم تحریک فوق خواهیم پرداخت:

۱- نکته مثبت این سیستم تحریک همچنان که در قسمت قبل به آن اشاره کرد سرعت عملکرد خوب آن به علت استفاده از تریستور می باشد.

2- از مزایای دیگر اینکه سیستم تریستوری آن دو پانله می باشد و این دو پانل دارای پایداری خوبی هستند و تکنولوژی ساخت اینها مربوط به زمانی می رسد که از خنک کنندگی های آبی استفاد شده است و به خاطر همین معمولاً سیستم تریستوری این سیستم تحریک عیب پیدا نمی کند ( چون خنک کردن بوسیله آب به تریستور خیلی کمک می کند) و بوسیله لامپ یک سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> گذاشته اند که اگر هر کدام از تریستورها بسوزند شما به راحتی می توانید آن تریستور را پیدا کرده و آن را عوض نمایید.

#### 4-6- سیستم تحریک استاتیکی واحد 1 نیروگاه رامین (تحت عنوان unitrol

5000):

این سیستم ، جزء سیستمهای تحریک جدید در دنیاست و در حال حاضر این سیستم تحریک کمترین عیب را داراست ( شاید سیستم تحریکی که در آینده می آید به مراتب از این سیستم تحریک کامل تر باشد). اولین برتری این سیستم تحریک این است که همه چیز استاتیکی است و هیچ چیز دینامیکی وجود ندارد فقط ما در اینجا از یک ماشین آن هم برای خنک کاری ترانس استفاده می کنیم که شاید در دسر آفرین باشد و شاید یکی از معایب و تنها عیب ای سیستم تحریک این باشد که در حدود 1% از توان نامی خروجی ژنراتور صرف راه اندازی سیستم تحریک می شود که این هم با توجه به هزینه های سنگین سیستم تحریک دینامیکی قابل نظر کردن است ( که البته در ماشینهای دوار 1% به توان نامی خروجی ژنراتور اضافه می شود چرا که در سیستمهای تحریک دینامیکی ژنراتور انرژی را از توربین می گیرد ولی

<sup>1</sup> over current

<sup>2</sup> crowbar

در سیستمهای تحریک استاتیکی ، از توان خروجی ژنراتور برای راه اندازی سیستم تحریک استفاده می شود) از آنجا که هر واحد نیروگاه رامین 315 مگاوات خروجی دارد لذا در حدود 3.15 مگا وات از توان خروجی ژنراتور صرف راه اندازی سیستم تحریک خواهد شد که معمولاً" در عمل هم حدود 1/5 مگاوات از خروجی ژنراتور کاسته می شود ( زیر 1% ) .

2- ژنراتور به شدت از طریق این سیستم حمایت می شود.

3- محدودکننده زیرتحریک دقیقاً آن چیزی که به آن فرمان دادیم را عمل می کند.

4- زاویه ( محدوده پایداری  $\delta \leq 900$  ) را به راحتی می توان تغییر داد اصلاً محدودیتی وجود

ندارد.

5 - محدودکننده فرسینگ<sup>1</sup> یا اورلود<sup>2</sup> روتور به خوبی عمل میکند.

6 - سیستم تحریک ولتاژ شبکه را به خوبی دنبال می کند

7 - محدودکننده ولتاژ بر فرکانس در این سیستم تحریک وجود دارد.

8- در ساخت مقاومتهای مربوط به ثابت زمانی روتور و یا همان کروبار<sup>3</sup> و مقاومت برق گیر از تکنولوژی خیلی پیشرفته ای استفاده کرده اند( از مقاومتهای دیسکی استفاده کرده اند) به این صورت که حجم مقاومتها را از یک اتاق بزرگ به حجم بسیار کوچکی کاهش داده اند این مقاومتها وات بالایی دارند یا به اصطلاح دفع حرارتی آنها بالاست ولی حجم آنها کم است که در این سیستم تحریک عیب سیستمهای قدیمی را برطرف کرده اند.

9- یکی دیگر از ویژگیهای مهم سیستم تحریک استاتیکی واحد 1 نیروگاه رامین راه اندازی نرم<sup>4</sup> بودن آن است ( راه اندازی نرم افزار آن است) با توجه به شکل قسمت تحریک پایه<sup>5</sup> ولتاژ سیستم تحریک سریع به مقدار نهایی خودش می رسد ولی در سیستم تحریک دینامیکی دیرتر به مقدار نهایی میرسد و نوسانهایی که هم انجام می دهد بیشتر است.

10- سیستم تحریک استاتیکی واحد 1 نیروگاه رامین قابلیت کنترل از طریق ماهواره را دارد ولی از آنجا که شرکت ABB ( سازنده سیستم تحریک فوق) به سیستم تحریک خودش اطمینان زیادی دارد ، کنترل ماهواره ای را از روی سیستم تحریکی که برای نیروگاه رامین نصب کرده برداشته است. جالب است بدانید که اگر در سیستم تحریک UNITROL 5000 مشکلی ایجاد شود ، سیستم تحریک به کار خودش ادامه می دهد. مگر اینکه عیب خیلی اساسی باشد که با درایت مهندسین نیروگاه رامین این مشکل برطرف

<sup>1</sup> FORCING

<sup>2</sup> Over Load

<sup>3</sup> Crowbar

<sup>4</sup> Soft Start

<sup>5</sup> Excitation Basic

میشود. بنابراین با توجه به توضیحات فوق نتیجه می‌گیریم که سیستم تحریک فوق مزایای بیشماری دارد که می‌تواند به بهره‌بردار توانایی‌های زیادی را بدهد. و از همه مهمتر اینکه سیستم تحریک Unitrol 5000 سیستم نمایش دهنده<sup>1</sup> بسیار خوبی دارد چرا که هر کارت دارای کدی است و میکروپروسسر این کد را در حافظه خود دارد هر کدام مشکل پیدا کند میکروپروسسر آنها را اعلام می‌کند که با این کار سرعت عیب‌یابی بسیار بالا می‌رود و معمولاً<sup>2</sup> نیاز به تریپ<sup>3</sup> واحد بسیار کم پیش می‌آید چون معمولاً<sup>3</sup> قسمت‌های مهم آن دارای سیستم پشتیبان<sup>3</sup> هستند می‌توانند در مدار باقی بمانند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سیستم تحریک برای شما مشکل آن‌چنانی ایجاد نخواهد کرد و یک سیستم قابل قبول است هرچند که ممکن است در آینده سیستم‌های خیلی کامل‌تر ظاهر شود. بنابراین با توجه به مقایسه فنی و اقتصادی 4 نمونه از سیستم‌های تحریک رایج در شبکه برق ایران، متوجه می‌شویم که با توجه به مشکلاتی که در مورد سیستم‌های تحریک دینامیکی اشاره کردیم و با توجه به محاسن بسیار زیاد سیستم‌های تحریک استاتیکی ( نظیر Unirol 5000 ) به آسانی می‌توان نتیجه گرفت که سیستم‌های تحریک استاتیکی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر فنی مقرون به صرفه خواهند بود. جالب است بدانید که قیمت یک ژنراتور در حدود 80 میلیون دلار است و هزینه یک سیستم تحریک استاتیکی به عنوان مثال unitrol 5000 ( شامل طراحی و نصب و ...) در حدود 1 میلیون دلار خواهد شد حال شما این قیمت را با هزینه یک سیستم تحریک دینامیکی با توجه به مشکلات بعد از نصب مقایسه کنید. شاید هزینه اولیه یک سیستم تحریک استاتیکی در حدود هزینه اولیه یک سیستم دینامیکی باشد و یا حتی هزینه اولیه یک سیستم تحریک دینامیکی از یک سیستم تحریک استاتیکی کمتر باشد ولی باید به این نکته توجه داشته باشید با توجه به مشکلاتی که در به مرور در مورد یک سیستم تحریک دینامیکی از قبیل فرسایش کلکتور و زغال، خرابی یاتاقانها و تریپ<sup>2</sup> های ناگهانی که در اثر این مشکلات برای سیستم تحریک ایجاد می‌شود و در تولید نیروگاه وقفه ایجاد میکند و آن هزینه‌هایی که نیروگاه در اثر این مشکلات باید به برق منطقه ای جریمه بپردازد باعث می‌شود که در کل هزینه یک سیستم تحریک دینامیکی از هزینه یک سیستم تحریک استاتیکی ( که به عنوان مثال 15 سال از عمر هر دو سیستم می‌گذرد) بیشتر باشد و با بررسی که ما انجام دادیم متوجه شدیم که در دهه گذشته، هر سیستم تحریک جدیدی که برای هر نیروگاهی در کشور نصب شده از نوع استاتیکی بوده است که کاملترین نوع سیستم تحریک استاتیکی، همین سیستم تحریک UNITROL 5000 بوده که در تابستان سال گذشته از طرف شرکت ABB برای نیروگاه رامین اهواز نصب گردیده است.

<sup>1</sup> Monitoring

<sup>2</sup> Trip

<sup>3</sup> Backup

## منابع و مراجع :

- [1]- اسناد و مدارک سیستم تحریک نیروگاه رامین ( سیستم تحریک های روسی )
- [2]- اسناد و مدارک ارائه شده توسط شرکت ABB در زمینه سیستم تحریک استاتیکی ( UNITROL 5000 ) نیروگاه رامین
- [3]- اسناد و مدارک سیستم تحریک نیروگاه آبی سد شهید عباسپور
- [4]- پروژه طراحی و تحقیقاتی نیروگاه بخار ( طراحی مفهومی ژنراتور و سیستم تحریک ) مرکز تحقیقات نیرو - بخش نیروگاه
- [5]- تولید الکتریسیته و بهره برداری - مسعود سلطانی
- [6]- طراحی و محاسبه ماشین های الکتریکی - دکتر مطلبی
- [7]- مدل سازی تحلیلی سیستم تحریک واحدهای نیروگاه آبی سد شهید عباسپور برگرفته از نشریه علمی برق - 1381

Power Plant Academy



ضمیمه :

آشنایی با حروف روسی :

( a : А ) – ( b : Б ) – ( c : С ) – ( D : Д ) – ( E : Е ) – ( ای : ای )  
( И : ایی ) – ( H : ان ) – ( П : پ ) – ( Ω : ال ) – ( φ : ف ) – ( B : و )  
( y : از ) – ( 3 : ز ) – ( Ш : ش ) – ( M : ام )  
( я : یا ) – ( U : ای ) – ( ε : ا ) – ( Ц : چ )

اصطلاحات و تعاریف و مفاهیم در نقشه ها :

B : بریکر : ( برگر روغنی 6 کیلو واتی یا برگر هوایی خودکار از نوع LMB در قسمت های 0.4 کیلو ولتی )

AB : کلید قطع و وصل هوایی خودکار از نوع AP-50 و یا A3100 از این کلید به عنوان دستگاه اتومات جریان برق اجرایی و یا برای وصل موتورهای کم قدرت به کار برده می شود .

PM : راه انداز مغناطیسی که اغلب در PM30 و یا چند پمپ قرار دارد .

KO : دکمه قطع

KB : دکمه وصل

KA : دکمه قطع اضطراری

Ky : کلید هدایت

PP : رله میانی

PB : رله زمانی

PH : رله ولتاژی

TH : ترانسفورماتور ولتاژی

PA : رله وصل پمپ

A.B.P : وصل خودکار پمپ رزرو

TT : ترانس جریان

PU : رله ضربه ای . این رله عملکرد یکبار A.B.P را تامین نموده و طول زمان فرمان برای وصل پمپ

رزرو را محدود می کند .

PPH : رله کنترل ولتاژ

