



## بررسی عملکرد کنترل فرکانس واحدهای نیروگاهی

عبدالمجید دیناروند<sup>۱</sup>، کارشناس ارشد برق، میثم رستمی<sup>۲</sup>، کارشناس ارشد مکانیک

۱- معاون تولید نیروگاه بخار-نیروگاه شهید رجائی-قزوین-ایران

dainavabd1350@yahoo.com-

۲- کارشناس توربین-نیروگاه شهید رجائی-مهندسی-قزوین-ایران

eng.meysam66@gmail.com -

در ۲۰۱۴ نیز کتابی پیرامون طراحی AVR و ALFC برای یک سیستم انتقال قدرت مجزا شامل کنترل دمپینگ صورت گرفته است که در آن یک کنترلر انتگرالی-تناسبی در AVR و یک کنترلر انتگرالی در ALFC بکار گرفته شده بطوریکه پاسخ سیستم را از لحاظ پیک و زمان نشست بهبود قابل توجهی داده است [۱]. شبیه‌سازی و تحلیل کنترل خودکار بار-فرکانس توسط محرک‌های مختلف توسط چاوهان و همکارانش در سال ۲۰۱۳ صورت گرفته است و کارایی هر یک مورد بررسی قرار گرفته است [۵].

### ۲. کنترل ولتاژ و فرکانس

در شکل ۱ دو حلقه اصلی کنترل که در اکثر ژنراتورهای بزرگ بکار می‌روند نشان داده شده‌اند. حلقه تنظیم خودکار ولتاژ (AVR) دامنه ولتاژ پایانه را کنترل می‌کند. بدین منظور از ولتاژ پایانه بصورت پیوسته نمونه برداری و با ولتاژ مرجع مقایسه می‌کند. خطای ولتاژ بعنوان ورودی تحریک کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولتاژ خروجی تحریک کننده نیز به سیم پیچ میدان ژنراتور اعمال می‌شود. حلقه کنترل خودکار بار-فرکانس نیز توان حقیقی خروجی و فرکانس ژنراتور را تنظیم می‌کند. این حلقه خود شامل دو حلقه می‌باشد. حلقه اولیه نسبتاً سریع به سیگنال فرکانس واکنش نشان می‌دهد. حلقه ثانویه نیز کندتر و تنظیم دقیق‌تر فرکانس را بر عهده دارد. این حلقه به تغییرات سریع فرکانس حساس نیست [۳].

در هنگام افت فرکانس دیماند مگاوات افزایش پیدا می‌کند و گاورنر شروع به باز شدن می‌نماید تا بار ژنراتور را افزایش دهد و بالعکس. این پروسه در یک حلقه بسته کنترلی هدایت می‌گردد که خود سطوح مختلفی از کنترل را در بر می‌گیرد: ۱-کنترل

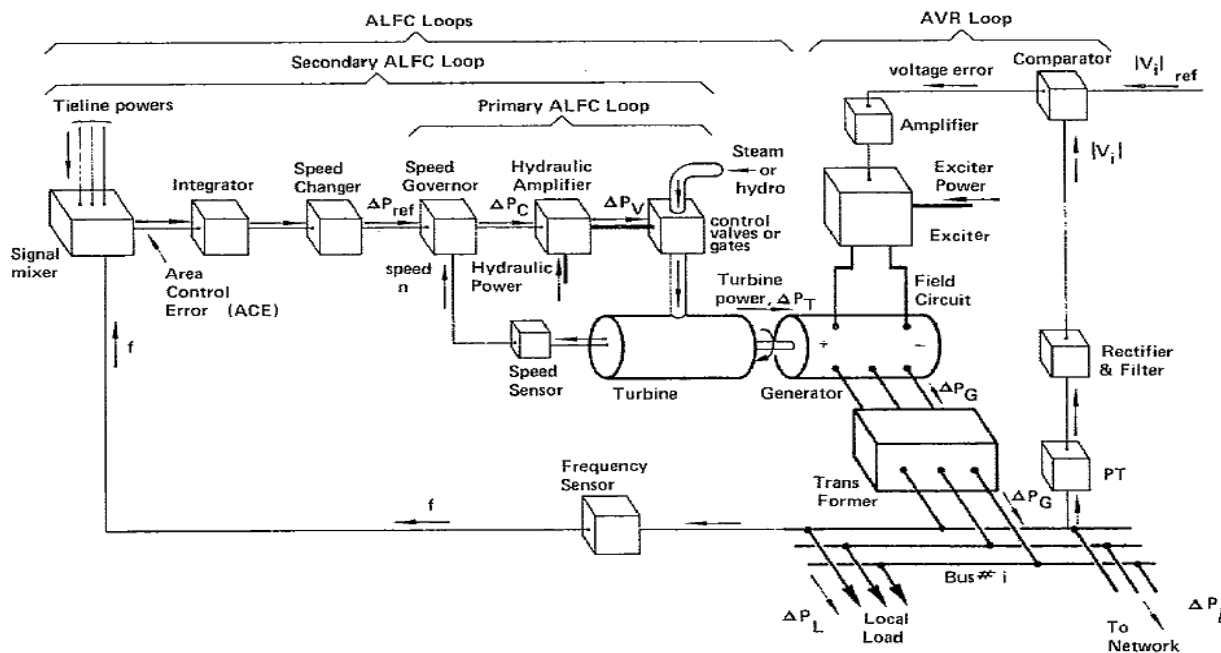
**چکیده:** در این مقاله رفتار دو واحد بخار یکسان نیروگاه شهید رجائی مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی در پی افزایش فرکانس ۰.۶ هرتزی شبکه مورخ دوم تیرماه نود و پنج و رفتار پرنوسان واحدهای کنترل کننده بار-فرکانس اولیه صورت گرفته است. با توجه به محدوده خطای فرکانسی رخ داده واحد سوم علاوه بر کنترل فرکانس ثانویه (SLFC) وظیفه کنترل فرکانس اولیه (PLFC) را نیز بر عهده داشته است و دچار نوسان شده درحالیکه واحد دوم که فقط سیستم کنترل فرکانس ثانویه آن عمل کرده به کارکرد خود در حالت عادی و اتوماتیک ادامه داده است. سیستم کنترل اولیه وظیفه پاسخ به تغییرات بار جهت برگرداندن فرکانس کار سیستم به مقدار مطلوب را بر عهده دارد و این عمل توسط گاورنر انجام می‌شود. برای از بین بردن خطای حالت ماندگار و افت فرکانس دائمی باید از سیستم کنترل تکمیلی استفاده کرد تا شرط صفر شدن خطای حالت ماندگار را برای ما ارضا کند، این کنترل تکمیلی همان سیستم کنترل ثانویه است.

### ۱. مقدمه

انرژی الکتریکی مهمترین نوع از انواع انرژی است که می‌تواند سبب توسعه پایدار کشورها گردد. استفاده تجاری از آن به قرن ۱۸ میلادی باز می‌گردد گرچه کشف یا ابداع الکتریسیته خیلی پیش تر رخ داد. در سال ۱۸۸۲ سیستم الکتریکی DC توسط توماس ادیسون مورد استفاده قرار گرفت و در سال ۱۸۸۶ ترانسفورماتورها و سیستم‌های توزیع AC توسط ویلیام استنلی گسترش یافتند. در سال ۱۸۹۳ اولین خط سه فاز ۲۳۰۰ ولتی بطول ۱۲ کیلومتر در ایالات متحده راه‌اندازی شد [۲و۱]. در سال ۲۰۱۵ مقاله‌ای درخصوص استراتژی‌های کنترل دروپ شبکه در سیستم‌های قدرت مورد بررسی قرار گرفته است [۴].



بار-فرکانس اولیه\* ۲-کنترل بار-فرکانس ثانویه ۳-کنترل بار-فرکانس ثالثیه ۱.



شکل ۱: حلقه‌های کنترل خودکار بار-فرکانس و تنظیم کننده ولتاژ در یک ژنراتور سنکرون [۳].

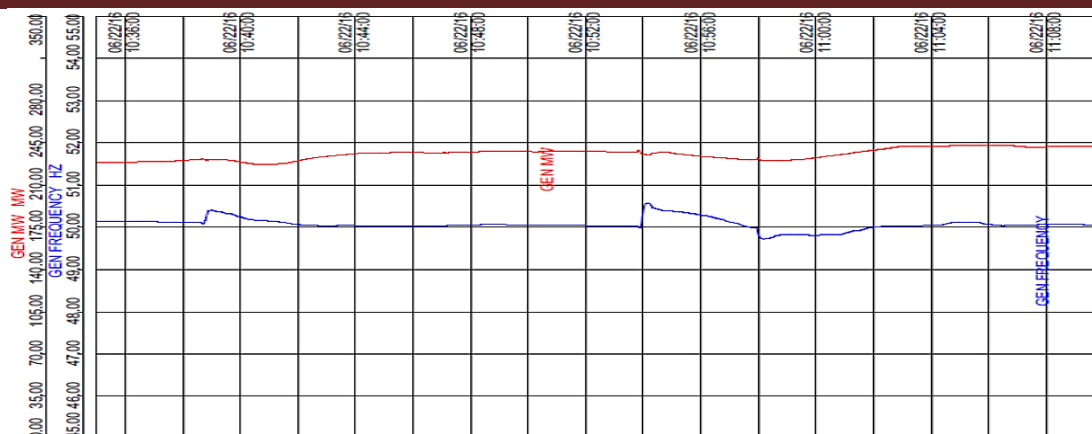
### ۳. تغییر فرکانس و پاسخ واحدها

هنگام تغییرات آرام و معمول فرکانس، کنترل فرکانس ثانویه واحدها که متشکل از حلقه‌های کنترلی PI می‌باشد به تغییرات فرکانس پاسخ می‌دهد. این سیستم کنترل با تغییر فلوی سوخت و هوا در بویلر سبب تغییر فلوی بخار و گشتاور ژنراتور می‌گردد که تغییرات گشتاور ژنراتور باعث تغییر در بار تولیدی واحد می‌گردد. اما در بحث تغییرات سریع فرکانس که می‌تواند به سبب تریپ واحدهای تولیدی (کاهش فرکانس) و یا کاهش ناگهانی بار مصرفی (افزایش فرکانس) رخ دهد کنترل فرکانس اولیه وارد عمل شده و فرکانس را اصلاح می‌نماید. سیستم مذکور مستقیم روی گاورنر واحدها فرمان می‌دهد و سبب تغییرات سریع بار می‌شود. این سیستم در حد ثانیه پاسخ داده و به اصلاح فرکانس می‌پردازد اما توانایی صفر کردن خطای حالت ماندگار بین فرکانس واقعی و نامی را ندارد و نیازمند کنترل فرکانس ثانویه که مجهز به کنترلر انتگرال گیر است می‌باشد.

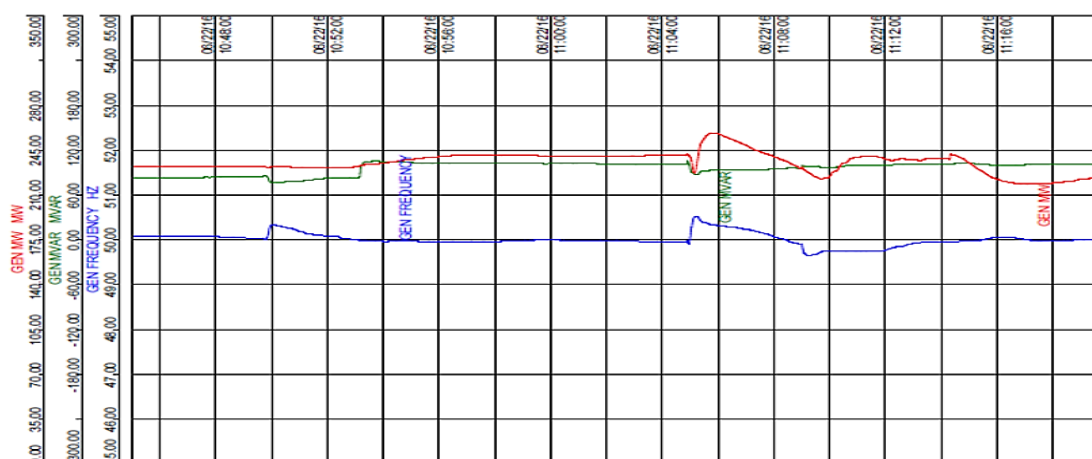
در حادثه دوم تیرماه نود و پنج پس از کاهش ۷۰۰ مگاواتی بار مصرفی افزایش ناگهانی فرکانس شبکه تا مقدار ۵۰/۶ هرتز رخ داده است. در واحد سوم نیروگاه بخار با توجه به جهش فرکانسی که به سرعت انجام شد و خارج از باند راکد سیستم کنترل فرکانس ثانویه و اولیه نیز بود عملکرد هر دو سیستم PLFC و SLFC را در پی داشت که واکنش سیستم کنترل فرکانس اولیه (PLFC) سبب نوسان این واحد شد. درحالیکه واحد دوم بعلت اثرگذاری ضعیف کنترل فرکانس اولیه که بدلیل تنظیمات متفاوت واحد دوم نسبت به واحد سوم است فقط کنترل فرکانس ثانویه عمل کرد که رفتاری غیرنوسانی و عادی را بدنبال داشت.

از شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان پی برد که در روز حادثه و به فاصله کمتر از ۱۵ دقیقه شاهد دو جهش در فرکانس بوده‌ایم که مقدار اولین جهش 50.41 Hz و دومین جهش 50.6 Hz بوده است. تمامی واحدها به اولین جهش پاسخ داده و شرایط عادی خود را در مود Coordinate یا هماهنگ-اتوماتیک حفظ کرده‌اند. اما در دومین مرحله از افزایش فرکانس رفتارشان نوسان بیشتری داشته است بطوریکه واحد ۳ نسبت به واحد ۲ تغییر بار خروجی بیشتری داشته است. پس از دومین جهش فرکانسی رخ داده در شبکه سراسری برق که نسبت به اولین جهش از دامنه بیشتری برخوردار بوده است شاهد کاهش ناگهانی فرکانس نیز هستیم که دلیل آن خارج شدن برخی نیروگاه‌ها یا قطع شدن خطوط انتقال برق است.

\* Primary Load Frequency Control  
† Secondary Load Frequency Control  
‡ Tertiary Load Frequency Control



شکل ۲: فرکانس و توان خروجی واحد ۲.



شکل ۳: فرکانس و توان خروجی واحد ۳.

### ۳- مراجع

- [1]. Design of AVR and ALFC for single area power system including damping control, Aditi Gupta; Amit Chauhan; Rintu Khanna, 6-8 March 2014, Recent Advances in Engineering and Computational Sciences.
- [2]. P. Kundur, —Power system stability and controll, New York, Mc Graw- Hill, 1994.
- [3].Electric Energy Systems Theory, An Introduction, Olle I. Elgerd, New York, Mc Graw- Hill, 1983.
- [4]. DROOP Control strategies of Conventional Power System Versus Microgrid Based Power Systems -A Review, Zameer Ahmad, Member, IEEE, S.N. Singh, 2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks.
- [5].Simulation & analysis of ALFC with higher order prime-mover models for single control area, Parin Chauhan; Viren Pandya; Jaypalsinh Chauhan; Rahul Karangia, Energy Efficient Technologies for Sustainability, 2013 International Conference on, 10-12 April 2013.