

АДАПТИВНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ИСТОЧНИКА С ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ

Новиков С.О., Новикова Л.И., Титко В.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) является основной автоматикой на любой электрической станции в энергосистеме, к ней предъявляется ряд условий и требований, при этом большая часть устройств АЧР и автоматического частотного деления (АЧД) устарели и не удовлетворяют требованиям действующих ТНПА.

Текст доклада:

АЧД, согласно действующих ТНПА следует устанавливать на всех ТЭС мощностью свыше 25 МВт. В таком случае отделение электростанций от энергосистемы при системных авариях предотвратит полное отключение потребителей, а АЧР помогает сохранить значение частоты на требуемом уровне.

Регулирующий эффект нагрузки зависит от состава потребителей, поэтому в различных энергосистемах он имеет свое значение и лежит в пределах $k_n = 1,0 - 3,0$. В течение суток состав потребителей меняется, вследствие чего регулирующий эффект нагрузки k_n также меняется. При действии АЧР величину и динамику снижения частоты в основном определяет плотность разгрузки и регулирующий эффект нагрузки.

Структурная схема агрегата, используемого в энергосистеме для регулировки небаланса мощности, показана на рисунке 1.

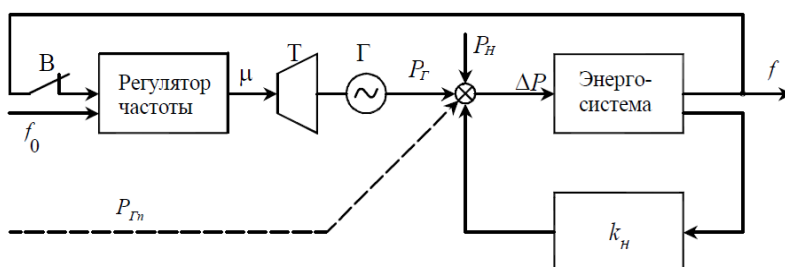


Рис. 1. Структурная схема для регулировки небаланса мощности

Регулятор частоты вращения реагирует на отклонение частоты от номинальной и воздействует на турбину. Мощность турбоагрегата уравнивается нагрузкой P_n .

При воздействии небаланса мощности ΔP изменение частоты во времени определяется выражением:

$$\Delta f = \frac{\Delta P}{k_n} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right).$$

Если небаланс мощности $\Delta P < 0$, то частота снижается по экспоненциальному закону на величину $\Delta f_{уст} = \Delta P / k_n$ и в установившемся режиме будет равна $f_{уст} = 50 - \Delta f_{уст}$. Процесс снижения частоты показан в виде кривой «3» на рисунке 2.

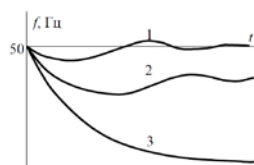


Рис. 2. Структурная схема агрегата при $P_r = \text{const}$

Если условится, что состав потребителей известен, тогда изменение состава нагрузки узла (потребителей) приводит к изменению регулирующего эффекта нагрузки, что в свою очередь даст возможность положительного регулирования (восстановления) частоты в режиме избытка и нехватки генерирующих мощностей, за счет обратной связи. Данный процесс саморегулирования не приведет к восстановлению частоты до номинального значения, а лишь позволит сохранять частоту рассматриваемой системы на более высоком уровне, и улучшит переходной процесс снижения частоты.

Авторами рассматривался вопрос изменения регулирующего эффекта нагрузки при работе автоматического частотного деления и при дефиците мощности, который компенсировался воздействием на турбины генерирующих источников в зависимости от частоты на шинах станции.

В момент времени « t_0 » система в равновесии и частота равна 50 Гц, в течении времени происходит ступенчатое изменение нагрузки во времени « t_n » и мощность потребления растет. Приняв, что у генерирующих источников нет запаса по мощности, частота в рассматриваемом узле начинает снижаться. В разрезе времени происходит изменение регулирующего эффекта нагрузки в зависимости от нагрузки потребителей.

Постоянная времени энергосистемы 8 с, период рассмотрения процесса 11 секунд, ступень изменения мощности 1 секунда, изменения регулирующего эффекта нагрузки на 1 МВт изменения мощности равен $\Delta k_n = 0,05$.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Расчета режима при дефиците мощности и «хаотичном» изменении нагрузки потребителей

Нагрузка потребителей, МВт	Дефицит, МВт	Регулирующий эффект нагрузки k_n (для выборки)	Постоянная времени энергосистемы с учетом регулирующего эффекта нагрузки T_j	t, с	Выбор требуемого k_n , зависящего от нагрузки	Изменение частоты M , Гц	f , Гц
20	0	2	4	1	2	0	50
22	2	2,05	3,721	2	2,15	0,366	49,634
24,5	4,5	2,1	3,556	3	2,25	1,055	48,945
28,8	8,8	2,15	3,265	4	2,45	2,270	47,730
25,9	5,9	2,2	3,478	5	2,3	1,830	48,170
23,65	3,65	2,25	3,636	6	2,2	1,289	48,711
21	1	2,3	3,810	7	2,1	0,393	49,607
22,1	2,1	2,35	3,721	8	2,15	0,845	49,155
24,5	4,5	2,4	3,556	9	2,25	1,789	48,211
29,7	9,7	2,45	3,200	10	2,5	3,562	46,438
26,9	6,9	2,5	3,404	11	2,35	2,748	47,252

Мощность генерирующего источника, МВт	Постоянная времени энергосистемы T_i						
20	8						

При расчете режима в зависимости от суммарной мощности потребителей производилась выборка требуемого регулирующего эффекта нагрузки, и расчет частоты в данный момент времени с соответствующим коэффициентом.

Далее произведен расчета системы с постоянным коэффициентом и идентичными дефицитами мощности на всем промежутке времени. Результаты расчетов приведены в таблицу 2.

Таблица 2. – Расчета режима при дефиците мощности и $k_H=2$

Дефицит, МВт	Регулирующий эффект нагрузки k_H	Постоянная времени энергосистемы с учетом регулирующего эффекта нагрузки T_j	t , с	Изменение частоты Δf при $k_H = 2$, Гц	f при $k_H=2$, Гц	Частота f с $k_H \text{ var}$, Гц	f с экспоненциальным снижением частоты, Гц
0	2	4	1	0	50	50	50
2	2		2	0,393	49,607	49,634	48,623
4,5	2		3	1,187	48,813	48,945	48,153
8,8	2		4	2,781	47,219	47,730	47,788
5,9	2		5	2,105	47,895	48,170	47,503
3,65	2		6	1,418	48,582	48,711	47,281
1	2		7	0,413	49,587	49,607	47,108
2,1	2		8	0,908	49,092	49,155	46,974
4,5	2		9	2,013	47,987	48,211	46,869
9,7	2		10	4,452	45,548	46,438	46,787
6,9	2		11	3,229	46,771	47,252	46,724

Графики переходного процесса приведены на рисунках 3 и 4.

Анализируя данные можно заметить, что наибольшее значение снижения частоты происходит на 10 секунде, дефицит в этот момент времени составляет 9,7 МВт.

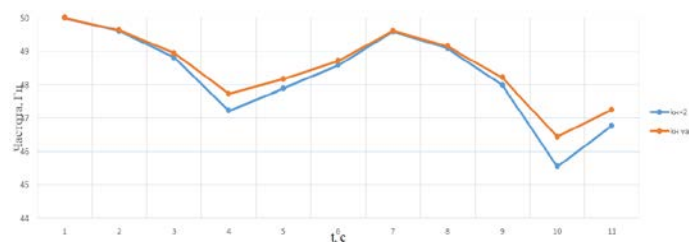


Рис. 3. Переходной процесс при изменяющемся k_H



Рис. 4. Переходной процесс при дефиците $\Delta P = 5$ МВт в ПА АЧД

Сравнивая показатели системы с динамически изменяющимся коэффициентом k_n можно более стабильно и плавно производить регулирования частоты.

Литература

1. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110–750 кВ : СТП 09110.35.677-07. – Введ. 01.11.2007. – Минск : Белэнергоремналадка, 2007. – 136 с.
2. Цифровые устройства частотной разгрузки / А.Ф. Александров [и др.]; НТФ Энергопрогресс. – М., 2005. – 80 с.
3. Противоаварийная автоматика. Автоматическая частотная разгрузка [Электронный ресурс]. Режим доступа : titko-vadim.surge.sh. – Дата доступа : 17.12.2019.
УДК 621.311