

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СТАТИЗМА НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФИЦИТА АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ЧАСТОТЫ

Кожоналиева Айнура Кыдырбековна, преподаватель, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, Akozhonalieva@bk.ru, orcid.id 0000-0001-6079-1367

Аннотация: Отклонение частоты тесно связано с величиной активной мощности. Баланс выработанной источниками электроэнергии должен соответствовать потребляемой мощности, тогда частота будет номинальной. При нарушении баланса частота изменяется, и последствия могут быть отрицательными. Для устранения отрицательного влияния необходимо соблюдать баланс путем изменения активной мощности. Автоматическое управление частотой напряжения генератора осуществляется автоматическими регуляторами частоты вращения (**АРЧВ**) гидравлических и паровых турбин. Основная задача автоматического управления активной мощностью (регулирование частоты) – определить выработку и передачу активной мощности при наименьшем удельном расходе топлива (газ, уголь, мазут) и воды. Она решается оптимизацией режимов работы гидро и турбогенераторов по активной мощности. В связи с указанными различными режимами работы и участием гидро - турбогенераторов, в автоматическом регулировании частоты и активной мощности для АРЧВ и турбогенераторов - статические **ПИД** – регуляторы, а для гидрогенераторов - астатические **ПИ** - регулятора. В зависимости от вида регулятора статизма, частотные характеристики могут быть различными. Гидравлический АРЧВ паровых турбин выполнен на универсальных элементах: центробежный измеритель преобразователя частоты вращения в давления масла, гидромеханический элемент сравнения давления, усилитель в виде гидравлического двигателя двухстороннего действия, автоматический регулятор статический пропорционального действия.

Ключевые слова: частота, регулирование, активная мощность, баланс, дефицит, статизм, регулятор, астатическое, статическое, отклонение, коэффициент.

INFLUENCE OF COEFFICIENT OF CONSTANT-ERROR BEHAVIOUR ON VALUE OF THE DEFICIT THE ACTIVE POWER IN CASE OF REGULATION OF FREQUENCY

Kozonalieva Ainura K., teacher, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov av., 66, Akozhonalieva@bk.ru, orcid.id 0000-0001-6079-1367

Abstract: The frequency deviation is closely related to the value of the active power. The balance produced by the electric power sources must correspond to the consumed power then the purity will be the nominal. If the balance is disturbed, the frequency changes and the consequences can be negative. In order to eliminate the negative influence, it is necessary to observe the balance by changing the active power. Automatic frequency control of generator's voltage carried out by automatic regulators of hydraulic and steam turbines' rotation (**ARFR**). The main task of automatic control of active power (frequency control) is to determine the production and transfer of active power in the smallest and comparative amount of fuel (gas, coal, fuel oil) and water consumption. It decided by optimization of hydro and turbogenerators' operation modes through active power. Because of the different operating modes and with involvement of hydro-turbogenerators in automatic frequency control and active power for ARFR turbogenerators are static **PID**-controllers, while for hydrogenerators astatic **PI**- controllers. Depending on type of statism's regulators the frequency characteristics could be different. Hydraulic ARFR steam turbines are done in universal elements: centrifugal, converter meter of rotation's frequency in oil pressuring, hydromechanical element for comparing the pressure, the amplifier in the form of hydraulic engine of two-sided action, and automatic regulator statatic for proportional action.

Keywords: frequency, regulation, active power, balance, deficit, statism, regulator, static, deviation, coefficient.

Частота как основной показатель качества электроэнергии нормируется ГОСТом согласно [4]. Отклонение частоты не должно превышать $\pm 0,2$ Гц, то есть 49,8 и 50,2 Гц в течение одной недели с вероятностью 95% времени и 0,4 Гц, то есть 49,6 и 50,4 Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю.

Согласно [1, 4] любые нарушения соответствия между выработанной электроэнергией и ее потреблением немедленно влияют на частоту, f . Критерием такого соответствия является **баланс** между генераторами, электроэнергетическими системами и потребителями активной мощности

$$\sum P_g - \sum P_n = 0, \quad f_n = 50 \text{ Гц} \quad (1)$$

или в допустимых пределах изменения частоты в другой то частоте, f .

$$\sum P_{gf} - \sum P_{nf} = 0 \quad (2)$$

Отклонение частоты сети от номинального значения зависит от коэффициента статизма регулятора, который определяется как отношение изменения частоты сети и изменения нагрузки, Гц/МВт [1]:

$$K_c = \frac{f_1 - f_2}{P_2 - P_1} \text{ Гц} / \text{МВт}, \quad (3)$$

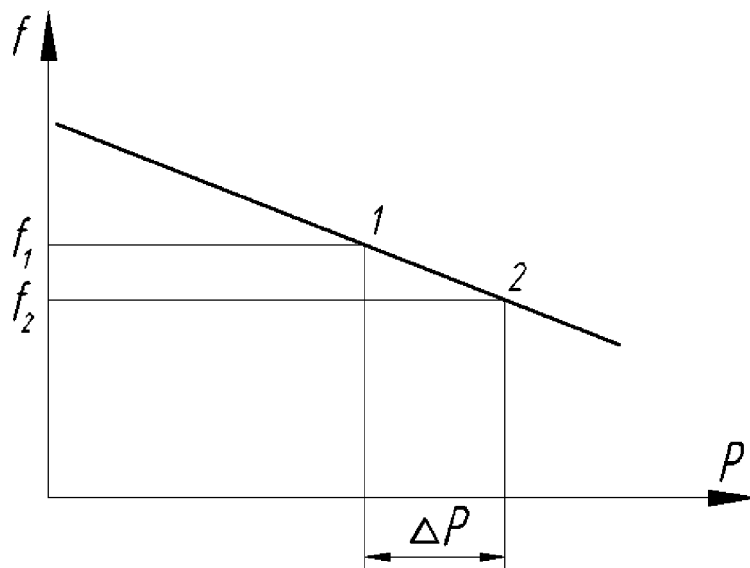


Рис.1

Характер изменения частоты и мощности приведён на рисунке 1.

Обозначив $f_1 - f_2 = \Delta f$, $P_2 - P_1 = \Delta P$, получим

$$K_c = \frac{\Delta f}{\Delta P} \quad (4)$$

Для удобства расчета определяем их в относительных единицах, то есть выполним приведение к номинальным значениям f_n , $P_{нз}$.

$$K_c = \frac{\Delta f / f_n}{\Delta P / P_{нз}} = \frac{\Delta f}{f_n} \cdot \frac{P_{нз}}{\Delta P} \cdot 100 \quad (5)$$

Тогда,

$$K_c = \frac{f}{P_{нз}} \text{ о.е.} \quad (6)$$

ΔP является мощностью дефицита при нарушении баланса. Если $P_n > P_z$ частота снижается, чтобы восстановить номинальную частоту или получит близкую к допустимому пределу (49,82 Гц), необходимо выработать дополнительную мощность ΔP . Существуют различные способы восстановления номинальной частоты.

Поскольку допустимое отклонение частоты **0,2 Гц, (0.0 4%)**, определим, каким должен быть коэффициент статизма:

$$K_c = \frac{\Delta f \cdot P_{нз}}{f_n \cdot \Delta P} = 0,004 \frac{1}{\Delta P} \quad (7)$$

Если дефицит мощности будет меньше или равен ΔP , то частота изменяется в допустимых пределах. Но автоматические регуляторы имеют различные коэффициенты статизма.

Согласно [1, 4] значения $K_c = 0,06$ достаточно чтобы частота не вышла за пределы допустимых значений. При таком значении изменение мощности должно быть:

$$\Delta P = \frac{\Delta f}{f_n} \cdot \frac{P_{нз}}{K_c} = \frac{0,004}{1} \frac{1}{0,06} = 0,07 \cdot P_{нз} \quad (8)$$

то есть в пределах 0,7% номинальной мощности генератора. При мощности генератора **200 МВт $\Delta P=14$ МВт**, т.е. это незначительно.

Рассмотрим влияние K_c на дефицит активной мощности. Для этого рассмотрим рисунок 2.

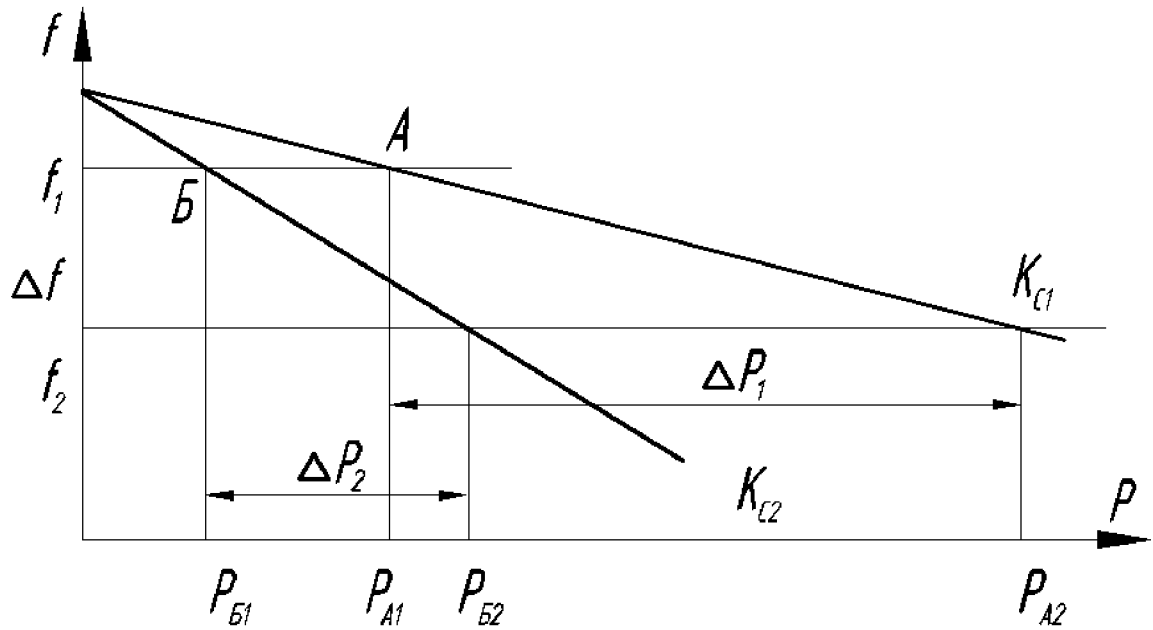


Рис.2

Линия А- имеет коэффициент статизма K_{c1} , линия Б - K_{c2} .

Рассмотрим линию А. При изменении активной мощности от P_{A1} до P_{A2} частота изменяется Δf , дефицит мощности ΔP_1 .

Если регулятор имеет $K_c = K_{c2}$, то дефицит мощности ΔP_2 , и $\Delta P_1 > \Delta P_2$. Это означает, что при изменении частоты на Δf регулятора, имеющего мягкую характеристику, дефицит мощности меньше чем в случае жесткой характеристики, то есть для регулятора, имеющего жесткую характеристику, необходимо для доведения частоты до номинального значения (или в пределах допустимого) иметь достаточную мощность резерва.

Из этого дефицита мощность генератора может выдать мощности регулирования частоты в допустимых пределах $0.07/P_{nm}$ остальной мощности, т.е.

$$\Delta P' = \Delta P_2 - 0,07 / P_{nm} \tag{9}$$

обеспечить резервный источник. В таблице 1 приведено влияние коэффициента статизма на величину дефицита активной мощности P_{nm} .

Таблица 1

Влияние коэффициента статизма на величину дефицита активной мощности

Коэффициент статизма, %	Значение ΔP , МВт, при Δf			
	0.5 Гц	0.8 Гц	1.0 Гц	2.0 Гц
	0.01	0.016	0.02	0.04
$K_c=4$	50	80	100	200
$K_c=5$	40	64	80	160
$K_c=6$	33.33	53.33	66.66	133.33
$K_c=7$	28.57	45.71	57.14	114.3
$K_c=8$	25	40	50	100

Из неё видно, что при существенном влиянии коэффициента статизма на величину дефицита мощности при изменении частоты $f= 2,0$ Гц, требуется значительный резерв активной мощности. Если генератор предназначен для первичного регулирования частоты [4], то при $K_c =0,04$ при изменении частоты в 0,5 Гц, коэффициент загрузки должен быть:

$$K_{32} = \frac{150}{200} = 0,75 \text{ а при } K_c = 0,06$$

$$K_{32} = \frac{166,67}{200} = 0,88.$$

Эти расчёты показывают, что коэффициент статизма существенно влияет на величину изменения активной мощности.

Если генератор в нормальном режиме загружен до 0,9, то коэффициент статизма регулятора должен быть не более чем **при** изменении частоты 0,5 Гц $K_c = 10$ или 0,1%. Это слишком мягкие характеристики.

Для взаимосвязанных величин активной мощности и частоты, их регулирование в гидрогенераторах принимается астатическими **ПИ-регуляторами**, в турбогенераторах статическими **П-регуляторами**.

Выводы

1. Частота как основной показатель должна поддерживаться в допустимых пределах.
2. Изменение величины частоты вызывает дефицит активной мощности.
3. Коэффициент статизма существенно влияет на величину дефицита мощности.
4. Необходимо определить оптимальную величину коэффициента статизма в зависимости от типа генератора и закона регулирования.
5. При определении величины дефицита мощности так же учитывать зоны нечувствительности регулятора.

Список литературы

1. Автоматика электроэнергетических систем. Учеб.пособ, для вузов О.П.Алесеев и др. - М.: Энергоиздат, 1981.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика
3. Беркович М.А. и др. Основы автоматки энергосистем. - М: Энергоиздат, 1981. - 432 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Учеб.пособ. для вузов. - М.: изд – 60 МЭИ. 2000.
6. Каленпионан Е.В. и др. Оперативное управление в энергосистемах. уч.пособ. – Минск. Высш.шк, 2007. - 351 с.
7. Кожоналиева А.К., Суеркулов М.А. Частота – основной показатель качества ЭЭ и способы регулирования. Изв. КГТУ им. И. Раззакова № 1(41) часть 1; -Токмок, Изд.центр. Текник, 2017 – С. 43-46.
8. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электротехнических систем. – М.: Научно-учеб.центр ЭНАС, 2000.
9. Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем. Учеб.пособ. - вузов М.: Энергоатомиздат, 1995.
10. Онин А.А. Противоаварийная автоматика энергосистем. - М.: Изд-во МЭИ, 1995.
11. Электромеханический справочник. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии /Под общ. ред. М.И. Герасимовича и др. –М.: изд-во МЭИ, 2004. – 914 с.