

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. Б. Бабахаян

**Потребители-регуляторы частоты (ПРЧ)
 в электроэнергетической системе**

(Представлено А. Г. Иосифяном 1 VII 1948)

Поведение частоты в электроэнергетической системе может быть представлено функцией:

$$f_d = \varphi (f_{\text{ном}}, \Delta P_B, \mathcal{E}_{js}, P_{\text{ур}}, t),$$

где

$f_{\text{ном}}$ — номинальная частота

f_d — значение действительной частоты

ΔP_B — мощность возмущения

\mathcal{E}_{js} — кинетическая энергия вращения агрегатов системы при $f = f_{\text{ном}}$

$P_{\text{ур}}$ — удельная мощность регулирования системы

t — время

В системах $f_{\text{ном}}$ является постоянной величиной.

Для определенного постоянного режима работы системы постоянными величинами могут быть \mathcal{E}_{js} и $P_{\text{ур}}$.

При постоянных значениях величин $f_{\text{ном}}$, \mathcal{E}_{js} и $P_{\text{ур}}$ действительная частота системы будет функцией двух переменных

$$f_d = \varphi (\Delta P_B, t).$$

Мощность возмущения системы вообще представляется разностью $P_{\text{ген}} - P_{\text{пот}} = \Delta P_B$,

где $P_{\text{ген}}$ — мощность генерирования

$P_{\text{пот}}$ — мощность потребления.

В зависимости от свойств системы ΔP_B может иметь зависимость от значения самой частоты, т. е. $\Delta P_B = \xi(f)$.

Благоприятным условием для системы является свойство самовыравнивания, т. е. когда ΔP_B в процессе изменения частоты стремится к нулю без воздействия искусственного автоматического регулирования.

Если ΔP_B с изменением частоты возрастает, то система приходит к распаду. Это свойство называем саморасстройством системы.

Фактор времени входит в функцию $\Delta P_B = \xi(f)$, как время переходного процесса изменения частоты. Полное время переходного процесса изменения частоты представляет сумму $t_n = t_3 + t_p$, где

t_3 — время запаздывания начала действия регулирования

t_p — время действия регулирования.

При $t \leq t_3$ в системе происходит изменение частоты под действием мощности возмущения ΔP_B .

Начало действия автоматического регулирования совпадает с моментом $t = t_3$. В свою очередь $t_3 = t'_3 + t''_3$, где

t'_3 — время запаздывания действия регулятора

t''_3 — время запаздывания действия регулирования вследствие инерции движущегося фактора.

Обычно в системах вследствие значительных величин t_3 и t_p частота имеет значительные колебания как по продолжительности, так и по амплитуде.

Анализ поведения частоты в системах средних мощностей с мощными потребительскими агрегатами и с беспокойной нагрузкой показывает, что частота системы имеет значительные колебания, недопустимые для нормальной работы системы.

Регулирование частоты таких систем генерирующими агрегатами, при применении наиболее совершенных и чувствительных реагирующих элементов и аппаратов-регуляторов, вообще не в состоянии устранить то изменение частоты, которое вызывается внезапным изменением баланса мощности генерирования и потребления в системе.

При почти внезапном изменении мощности возмущения мощность восстановления изменяется с течением определенного времени, вследствие запаздывания начала действия регулирования и постепенного изменения мощности регулирования.

Поэтому поддержание частоты в узких пределах ее изменения в электроэнергетических системах средних мощностей с энергоемкими потребительскими агрегатами путем регулирования только генерирующими агрегатами, почти невозможно.

Нами доказывается возможность поддержания частоты систем средней мощности в узких пределах ее изменения с помощью предложенного автором метода совместного регулирования частоты генерирующими и потребительскими агрегатами.

Потребительские агрегаты, участвующие в регулировании частоты системы, будем называть потребителями-регуляторами частоты — ПРЧ.

Метод регулирования частоты в системе с помощью ПРЧ заключается в мгновенном отключении или включении специально выделенной нагрузки потребления в момент нарушения нормального режима

частоты с последующим автоматическим восстановлением первоначального режима работы указанной нагрузки.

При регулировании частоты с помощью ПРЧ имеется возможность создавать почти мгновенное ответное изменение возмущению системы, так как значительно уменьшается время запаздывания начала действия регулирования за счет уменьшения t'_3 и t''_3 .

Поведение частоты при возмущениях в системе без регулирования вообще при $\Delta P_B = \text{Const}$ может быть охарактеризовано из уравнения

$$f_d = f_{\text{ном}} \sqrt{K_{f_{t_0}}^2 + \frac{\Delta P_B}{\Theta_{js}} t_B}; \quad K_{f_{t_0}} = \frac{f_{t_0}}{f_{\text{ном}}},$$

где

t_B — продолжительность действия возмущения;

f_{t_0} — уровень частоты в начальный момент возмущения.

При наличии автоматического регулирования частоты посредством только генерирующих агрегатов приходится решать после времени t_B нижеследующее уравнение поведения частоты для каждого малого интервала времени:

$$f_d = f_{\text{ном}} \left(\sqrt{K_{f_{t_0}}^2 + \frac{\Delta P_B}{\Theta_{js}} t_B} + \sqrt{K_{f_t}^2 + \frac{\Delta P_P}{\Theta_{js}} t_P} - K_{f_t} \right),$$

где

t_P — время действия регулирования; ΔP_P — мощность регулирования;

$K_{f_t} = \frac{f_t}{f_{\text{ном}}}$; f_t — частота соответствующая времени t .

При регулировании частоты с помощью ПРЧ значительно сокращается время регулирования, так как постепенное изменение мощности регулирования заменяется мгновенным вступлением мощности ПРЧ в действие. Время регулирования в этом случае будет при $\Delta P_B < P_{\text{ПРЧ}}$

$$t_P = (K_{f_{t_3}}^2 - 1) \frac{\Theta_{js}}{\Delta P_B - P_{\text{ПРЧ}}}.$$

Работа ПРЧ представляется различной для различных режимов изменения частоты. ПРЧ для случая понижения частоты выбирается из числа потребителей системы. В течение суток такой потребитель может быть обесточен на время в общей сложности измеряемое минутами.

Повторное включение ПРЧ в работу производится или подъемом нагрузки с минимально возможной величины при $\frac{dP_{\text{ПРЧ}}}{dt} = \frac{dP_P}{dt}$ (где $P_{\text{ПРЧ}}$ — мощность ПРЧ), или включением нагрузки на полную мощность. В последнем случае одновременно с отключением ПРЧ подаются импульсы на регулирование генерирующих агрегатов. Повторное включение ПРЧ производится при $f_d = f_{\text{ном}} + \Delta f_{\text{вкл}}$ при $\Delta f_{\text{вкл}} \leq \Delta f_{\text{доп}}$,

где

$\Delta f_{\text{доп}}$ — допустимое отклонение частоты

$\Delta f_{\text{вкл}}$ — отклонение частоты в момент включения ПРЧ.

Таким образом, в данном режиме работы ПРЧ, предвидится включение определенной нагрузки возмущения, и система заранее подготавливается к возмущающему толчку.

ПРЧ для случая повышения частоты выбирается в виде специальной потребительской установки.

ПРЧ в этом режиме питается кратковременно и обычно бывает обесточен. Включение его в работу происходит в момент повышения частоты. За сутки ПРЧ в данном режиме в общей сложности может питаться энергией в течение времени, измеряемого минутами.

Вывод ПРЧ из работы производится или постепенным снижением нагрузки $\left(\frac{dP_{\text{ПРЧ}}}{dt} = \frac{dP_{\text{Р}}}{dt} \right)$ или отключением ПРЧ с полной нагрузкой при частоте $f_{\text{д}} = f_{\text{ном}} - \Delta f_{\text{вык}}$, где $\Delta f_{\text{вык}}$ — отклонение частоты в момент выключения ПРЧ.

Ввод в действие ПРЧ осуществляется автоматически прибором или схемой, реагирующей на $\frac{df}{dt}$ в начальный момент изменения частоты при $t < t_3$.

При постоянных режимах работы системы для $t < t_3$ $\frac{df}{dt}$ имеет непосредственную зависимость только от мощности возбуждения — $\Delta P_{\text{в}}$.

В соответствии с режимами работы системы ПРЧ может предназначаться:

1. Для сглаживания и сведения на нет мгновенных пиков мощности возмущения в нормальных и аварийных условиях при наличии резерва вращающейся мощности, обеспеченного движущимся фактором. Работа ПРЧ в этом случае служит для поддержания качества электроэнергии.

2. Для предотвращения недопустимого отклонения частоты при возмущениях в системе с отсутствием резерва вращающейся мощности. Работа ПРЧ в этом случае служит главным образом для поддержания устойчивости параллельной работы системы.

На рис. 1 представлен переходный процесс частоты системы для случая ее понижения при регулировании только генерирующими агрегатами (жирная линия) и при регулировании с помощью ПРЧ (пунктирная линия) для условий

$$P_{\text{ПРЧ}} > \Delta P_{\text{в}} \text{ и } \frac{dP_{\text{ПРЧ}}}{dt} = \frac{dP_{\text{Р}}}{dt}.$$

Выводы. Метод регулирования частоты с помощью ПРЧ значи-

тально уменьшает время запаздывания начала действия регулирования и мгновенно вводит в действие мощность восстановления частоты.

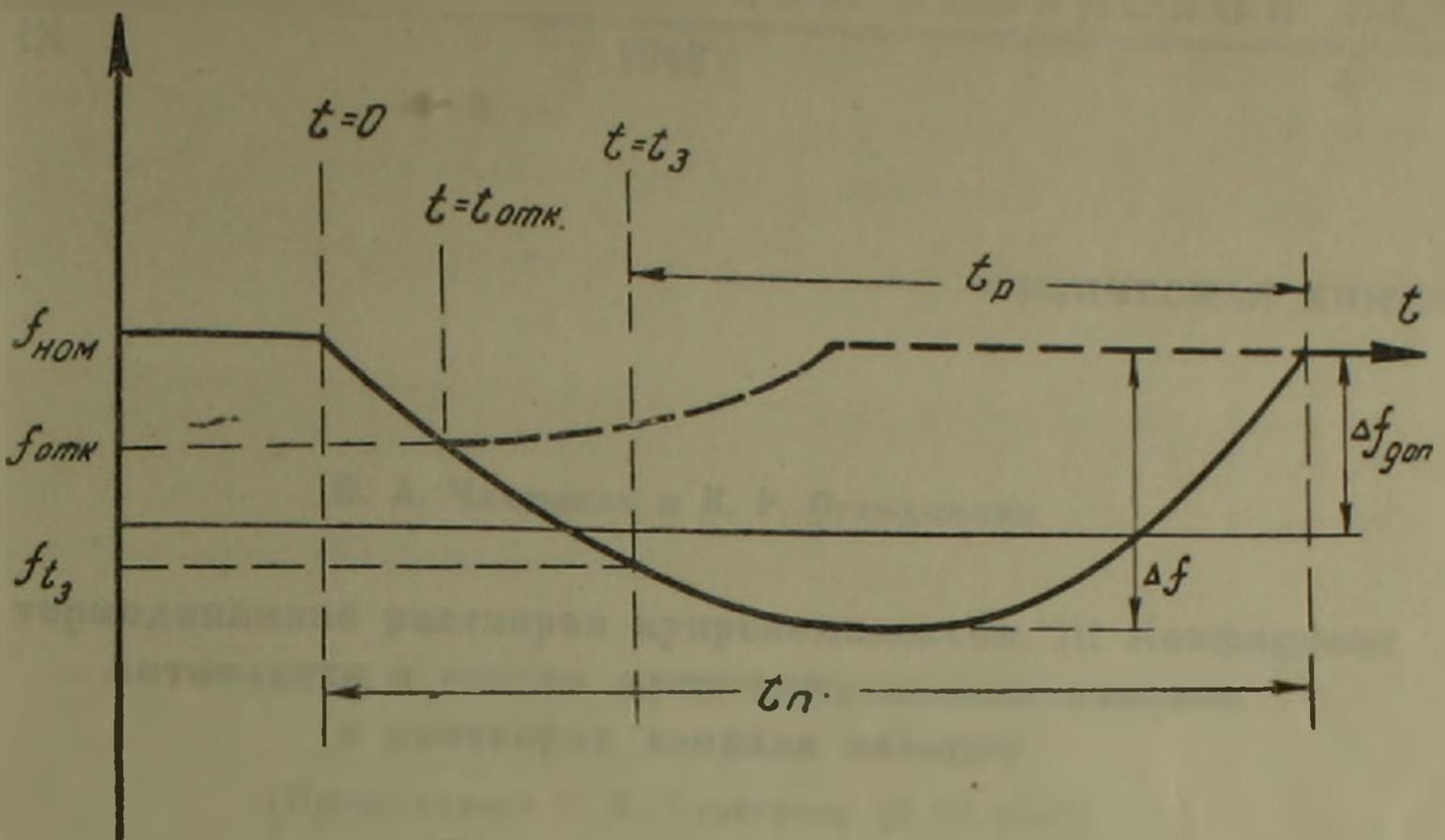


Рис. 1.

В результате этого частота системы колеблется в переходном процессе изменения незначительно как по амплитуде, так и по времени изменения.

Лаборатория Электротехники
Академии Наук Армянской ССР
Ереван, 1948, май.

Հ. Բ. ԲԱԲԱԽԱՆՅԱՆ

Հաճախականության սպառիչ-կարգավորիչները էլեկտրաէներգիայի օրգանում

Հաճախականության պահպանումը նրա փոփոխման նեղ սահմաններում, միջին հզորության սպառիչներով էլեկտրաէներգետիկ սխեմաներում, գեներատորների միջոցով, բավականին դժվար է:

Հաճախականության սպառիչ-կարգավորիչի միջոցով հաճախականության կարգավորման էությունը հետևյալն է: — Հաճախականության նորմալ ուժի խախտման մոմենտին անմիջապես միացվում կամ անջատվում են հատուկ սպառիչներ, որից հետո ավտոմատիկորեն վերականգնվում է այդ սպառիչների սկզբնական վիճակը:

Հաճախականության սպառիչ-կարգավորիչների միջոցով հաճախականության կարգավորման դիպքում հնարավորություն, ենթ ունենում անմիջապես ստեղծել սխեմաի վրդովմանը հակադիր փոփոխություն, կարգավորման գործողության ուշացման ժամանակի զգալի փոքրացման հետևանքով և անմիջապես գործի գցելով վերականգնման հզորությունը:

Հաճախականության սպառիչ-կարգավորիչը գործի է զցվում հաճախականության փոփոխման սկզբնական մոմենտում ($\omega > \omega_3$) հատուկ գործիքի միջոցով, որը զգում է $\frac{df}{dt}$ փոփոխությունը:

Հաճախականության սպառիչ-կարգավորիչի կիրառման դիպքում հաճախականության տատանումները անցողիկ պրոցեսներում թե ըստ ամսլիտուդի և թե ըստ ժամանակի ստացվում են աննշան: