

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

к.т.н. И.В. Пантелеева
(представил проф. В.Е. Пустоваров)

Исследованы динамические характеристики частотно-импульсных элементов систем управления энергоблоков и проанализирован принцип работы дифференцирующего устройства.

Постановка проблемы. Использование частотно-импульсных устройств в системах регулирования и защиты агрегатов электрических станций обуславливает повышенные требования к их быстродействию. Возникает необходимость в теоретическом исследовании динамики преобразования подобных элементов.

Анализ последних достижений и публикаций. При изучении частотно-импульсных систем [1, 2] рассматривается задача линеаризации характеристики нелинейного элемента относительно медленно меняющегося сигнала методом наложения высокочастотного периодического сигнала. Однако характеристики линеаризующего высокочастотного сигнала не находят отражения в эквивалентной динамической характеристике нелинейного элемента.

Цель данной работы заключается в определении влияния параметров высокочастотного модулируемого сигнала на динамические характеристики преобразования медленно меняющегося модулирующего сигнала.

Требования к точности учета различных факторов при исследовании динамических характеристик частотно- импульсных элементов в системах управления агрегатов противоречивы. С одной стороны, по условиям быстродействия нужно учитывать дискретность преобразования, с другой – система регулирования благодаря свойству низкочастотного фильтра подавляет высокочастотные пульсации выходного сигнала. Таким образом, следует определить динамическую характеристику преобразования медленно меняющегося сигнала с учетом дискретности преобразования, совершаемого частотным датчиком.

Одним из важных элементов систем управления являются дифференцирующие устройства. Принцип работы исследуемого в данной ра-

боте частотно-импульсного дифференцирующего устройства (ЧИДУ) основан на охвате безинерционного звена с большим коэффициентом усиления интегрирующей обратной связью. Структурно оно включает в себя: дискриминатор частотно-импульсных сигналов (ЧИС), преобразователь частоты в напряжение (ПЧН); в канале обратной связи – интегратор с постоянной интегрирования τ , преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ) с коэффициентом преобразования γ .

ЧИС $F(t)$, представляющий собой последовательность импульсов с частотой следования, пропорциональной частоте вращения ротора агрегата, формируется датчиком частоты вращения. Закон преобразования непрерывной физической величины – частоты вращения ротора $f_1(t)$ – в ЧИС $F_1(t)$ с интервалом времени $T_1(t)$ между появлением двух следующих друг за другом импульсов, описывается выражением

$$\int_{-T_1(t)}^0 f_1(t + \theta) d\theta = 1. \quad (1)$$

На другой вход дискриминатора поступает ЧИС $F_2(t)$, полученный в результате преобразования в цепи обратной связи непрерывного выходного сигнала устройства. Принцип действия дискриминатора ЧИС заключается в том, что на его выход поступают импульсы из входных ЧИС в случае, если нарушается чередование в поступлении импульсов на оба входа схемы. ПЧН обеспечивает формирование импульсов калиброванной амплитуды E и длительности τ_1 , следующих с частотой, задаваемой выходным ЧИС дискриминатора.

Аналоговый выходной сигнал устройства, на который реагирует система регулирования агрегата, является среднее значение напряжения на выходе ПЧН.

Из анализа условий работы ЧИДУ следует, что задача может рассматриваться для малых и медленных изменений модулирующего сигнала по отношению к несущей частоте и может решаться методом гармонической линеаризации.

Процесс появления импульсов на входах узла сравнения можно представить как два независимых потока появления событий – импульсов, что позволяет использовать в исследовании вероятностный подход. При этом левую часть выражения (1) рассматриваем как вероятность появления выходного импульса в интервале периода следования выходных импульсов, под интегральную функцию – как плотность вероятности появления импульса на выходе устройства, а подинтегральное выражение – как вероятность появления импульса в окрестности момента времени $t + \theta$. Такой подход – одна из возможных форм усреднения ха-

рактических. Он оправдывается тем, что в условиях данной задачи безразлично, когда внутри промежутка времени $T_1(t)$ появится выходной импульс, важна только достоверность факта появления импульса в указанном промежутке.

Использование метода гармонического баланса и вероятностного подхода позволило определить эквивалентные амплитудно- и фазочастотные характеристики ЧИДУ в виде:

$$K(\Omega) = \frac{\tau \cdot \Omega}{T_{0\gamma} \sqrt{1 + \left(\frac{\tau \cdot \Omega}{E\tau\gamma}\right)^2}}; \quad (2)$$

$$\varphi(\Omega) = \frac{\pi}{2} \arctg \frac{\tau \cdot \Omega}{E\tau\gamma}, \quad (3)$$

где $1/T_0$ – номинальное значение частоты вращения ротора агрегата; Ω – частота модуляции.

Выводы. ЧИДУ в отношении преобразования входного сигнала в выходной сигнал управления представляет собой реальное дифференцирующее звено. Эквивалентная постоянная времени ЧИДУ равна $\tau/E\tau\gamma$.

Для уменьшения эквивалентной постоянной времени устройства без снижения коэффициента усиления необходимо увеличивать амплитуду импульсов напряжения, генерируемых ПЧН. Увеличение длительности импульса ПЧН дает тот же результат, однако ограничено сверху минимальным периодом следования входных импульсов. Необходимое значения коэффициента преобразования ПЧН определяется диапазонами изменения входного сигнала и выходного напряжения интегратора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Е.П. *Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах*. – М.: Наука, 1986. – 584 с.
2. Цыпкин Я.З. *Основы теории автоматических систем*. – М.: Энергия, 1987. – 576 с.

Поступила 10.08.2004

ПАНТЕЛЕЕВА Ирина Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики Украинской инженерно-педагогической академии. Область научных интересов – задачи управления энергообъектами.