

АПЕРИОДИЧЕСКОЕ ЗВЕНО КАК ИНТЕГРАТОР, ОХВАЧЕННЫЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.

А.С. Глазырин, д.т.н, проф.,
С.С. Попов, студент гр. 5АМ16

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-701-777 вн. 1961

E-mail: ssp14@tpu.ru

При синтезе регуляторов и задающих воздействий многосвязные электромеханические системы постоянного и переменного тока можно разбивать на подсистемы. Для составления математического описания подсистем разработчику доступно временное пространство (с использованием алгебраических, дифференциальных, интегро-дифференциальных и т.д. уравнений), а также операторное (передаточные функции) и частотное (частотные характеристики). Структурные схемы позволяют наглядно изобразить полученные математические модели, где стрелками указаны направления потоков энергии и/или информации. К примеру, подсистемы электрического преобразования энергии, представляемые активно-индуктивными (RL -) цепями (обмотка возбуждения, якоря и т.д.) можно отобразить в различных видах в зависимости от конкретной задачи. Для задач синтеза методом *backstepping* необходимо получить интегрирующие звенья или интеграторы в явном виде, т.к. суть метода заключается в последовательном обходе интеграторов [1]. Таким образом, представление аperiodического звена, описывающая RL -цепь, оказывается полезным в различных видах.

Схема коммутации RL -цепи на источник постоянного напряжения представлена на рис. 1.

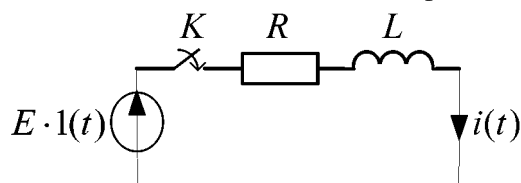


Рис. 1. RL -цепь.

Процессы при замыкании ключа K , описываются законом электрического равновесия:

$$R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} = U(t). \quad (1)$$

Дифференциальное уравнение (1) можно представить в изображениях по Лапласу, т.к. мгновенный ток $i(t)$ удовлетворяет условиям, предъявляемым к оригиналу, а начальные условия – нулевые:

$$i(t) \square I(p); \left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t_L(0_+)} \square p \cdot I(p).$$

Тогда, уравнение (1) примет вид:

$$R \cdot I(p) + L \cdot p \cdot I(p) = U(p).$$

Запишем передаточную функцию:

$$I(p)[R + L \cdot p] = U(p) \Rightarrow W(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{1}{R + L \cdot p}. \quad (2)$$

Преобразуем передаточную функцию (2) в вид, принятый в теории автоматического управления:

$$W(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{K}{T \cdot p + 1}, \quad (3)$$

где $K = \frac{1}{R} \left[\frac{1}{\text{Ом}} \right]$ – коэффициент передачи; $T = \frac{L}{R} \left[\frac{\Gamma_{\text{H}}}{\text{Ом}} = \text{с} \right]$ – постоянная времени.

Передаточная функция (3) представляет собой типовое апериодическое звено 1-го порядка, которое можно представить в разных видах в зависимости от задачи. Представим, что существует звено с передаточной функцией $W_1(p)$, охваченное отрицательной обратной связью с звеном $W_2(p)$ в обратной ветви. Тогда, эквивалентная передаточная функция примет вид:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{W_1(p) \cdot W_2(p) + 1}. \quad (4)$$

Заметим, что передаточные функции (3) и (4) имеют идентичный вид со слагаемым «1» в знаменателе, которая получена при умножении передаточной функции (2) на такую четырехэтажную дробь, чтобы сформировать «1» в месте слагаемого «R»:

$$W(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{\left[\frac{1}{R} \right]}{1 + \left[\frac{1}{R} \right] \cdot [L \cdot p]}. \quad (5)$$

Исходя из выражений (4) и (5) следует вывод, что апериодическое звено можно отобразить в виде передаточного звена $W_1(p) = 1/R$, охваченного идеальным дифференцирующим звеном $W_2(p) = L \cdot p$ по отрицательной обратной связи. Использование дифференциального звена не рекомендуется если не предусмотрена высокого качества фильтрация сигнала, т.к. такое звено реагирует на крутые фронты помех. Практическая реализация идеального дифференциального звена на аналоговой базе невозможна, а при цифровом дифференцировании сигналов на микропроцессорной технике возникает несколько задач, описанных в работе [2].

Теперь, составим передаточную функцию (4) путем формирования «1» в месте слагаемого « $L \cdot p$ » из выражения (2):

$$W(p) = \frac{1}{R + L \cdot p} \cdot \frac{\frac{1}{L \cdot p}}{\frac{1}{L \cdot p}} = \frac{\left[\frac{1}{L \cdot p} \right]}{\left[\frac{1}{L \cdot p} \right] \cdot [R] + 1}. \quad (6)$$

Из передаточной функции (6) следует вывод, что апериодическое звено можно представить в виде интегратора $W_1(p) = 1/(L \cdot p)$, охваченного передаточным звеном $W_2(p) = R$ по отрицательной обратной связи, что оказывается полезным в ряде задач синтеза и исследования систем управления электрических приводов.

Список литературы:

1. Колесников А.А. Методы АКАР и бэкстеппинг в задачах синтеза нелинейных систем управления / А.А. Колесников, А.А. Колесников, А.А. Кузьменко // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17. – № 7. – С. 435-445.
2. Майстренко А.В. Синтез, исследование и применения алгоритмов цифрового дифференцирования сигналов в системах автоматического регулирования процессов : дис. ... канд. техн. наук. / Майстренко Андрей Васильевич ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск, 2007. – 140 с.