

электроприводы переменного тока также являются источниками периодических провалов напряжения.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод.

При синтезе ЭП следует уделять серьезное внимание нестабильности питающего напряжения и учитывать не гостированные, а реальные параметры провалов напряжений. ЭП должен быть помехозащищен. Он должен «различать» провал напряжения и сигнал регулирования.

#### Литература

1. ГОСТ 27487-87. Электрооборудование производственных машин. Общие технические требования и методы испытаний. Введ. 01.07.88. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 95 с.
2. Прокопчик В.В., Широков О.Г. Проблемы электроснабжения предприятий с непрерывным технологическим процессом //Электрификация металлургических предприятий Сибири: Материалы науч-техн. и метод. конф., Новокузнецк, 19-21 нояб. 1997 г. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1997. – Вып.7. – С. 56-71.

## ОПЕРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

О.А. Лапин

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Луковников В.И.

Широкое распространение в теории автоматического управления метод типовых динамических звеньев получил за счет того, что он позволяет все многообразие элементов автоматики самой различной физической природы и конструкции идентифицировать одинаковыми математическими моделями, приводящими к небольшому числу элементарных звеньев.

Это дает возможность абстрагироваться от реальных систем автоматического регулирования и проводить их анализ и синтез по структурным схемам, представляющим собой условно-графическое изображение математической модели САУ в виде соединения типовых динамических звеньев, учитывающего их однонаправленность и автономность.

В зависимости от класса САУ, а значит от типа их математических моделей, используют несколько разновидностей структурных схем.

Наибольший успех имеют структурные схемы, в которых звенья описываются передаточными функциями через одномерные операторные изображения сигналов по Лапласу.

Такое представление структурных схем для линейных стационарных САУ не представляет особых трудностей, но для нелинейных или (и) нестационарных САУ они громоздки и неточны.

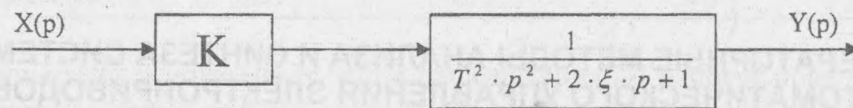
Разработанный проф. Луковниковым В.И. на кафедре автоматизированного электропривода Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого метод многомерного операторного моделирования по Лапласу электро-механических систем, по-видимому, позволит для линейных САУ с модуляцией сигналов и нелинейных САУ с нелинейностями типа произведение устранить возникающие трудности, если использовать метод типовых динамических звеньев с многомерными операторными математическими моделями [1].

В теории линейных стационарных САУ вводят шесть типов звеньев: безинерционные и форсирующие звенья первого и второго порядков, интегрирующие звенья  $\nu$ -го ( $\nu > 0$ ) порядка и аperiodические звенья первого и второго порядков (рис. 1а).

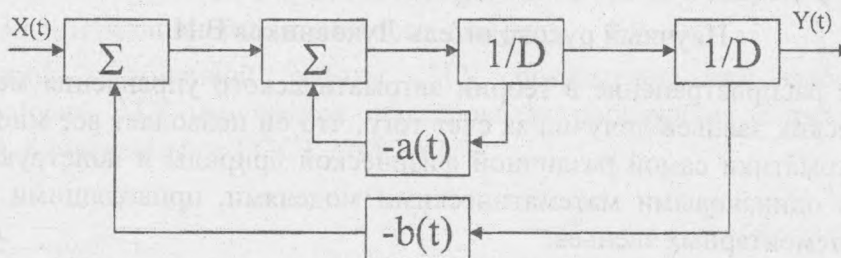
Если астатизм САУ отрицательный ( $\nu < 0$ ), то соответствующее звено называют не интегрирующим, а дифференцирующим  $\nu$ -го порядка.

При положительных коэффициентах затухания звенья являются минимально фазовыми (устойчивыми), а при отрицательных – неминимально фазовыми (неустойчивыми).

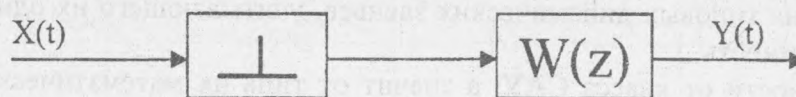
Процедура использования указанных типовых звеньев для анализа и синтеза линейных стационарных САУ становится удобной и наглядной при использовании структурных схем, которые с помощью правил структурных преобразований достаточно просто приводятся к желаемому виду.



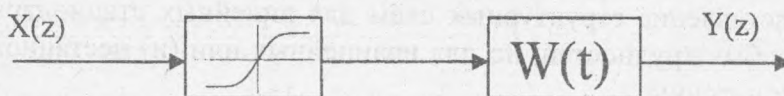
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Примеры структурных схем линейных стационарных (а), нестационарных (б), дискретных (в) и нелинейных (г) систем автоматического управления

Разработано большое число критериев, определяющих показатели качества САУ (устойчивость, точность, быстродействие, перерегулирование, колебательность) с по-

мощью частотных характеристик, получить которые по структурной схеме, зная частотные характеристики типовых динамических звеньев, не представляет особого труда.

Типовые динамические звенья являются «кирпичиками» САУ, поэтому их характеристики определяют поведение системы в целом.

В нестационарной САУ параметры (коэффициенты передачи и затухания, постоянные времени) изменяются во времени, что усложняет использование структурных схем и метода типовых динамических звеньев.

Структурная схема в операторном виде представлена быть не может, поскольку передаточная функция системы в явном виде не определяется. На рис. 1б изображена структурная схема нестационарной системы во временной области, где кратко

обозначено:  $D = \frac{d}{dt}, \frac{1}{D} = \int dt$ .

Правила структурных преобразований таких схем сложны, поскольку они описывают не алгебраические операции в комплексной  $p$ -области, а интегродифференциальные операции во временной  $t$ -области.

Как известно, в дискретных системах сигнал, хотя бы на одном из участков схемы, обязательно периодически коммутируется для преобразования из аналоговой формы в дискретную.

В связи с этим дискретная САУ может рассматриваться как последовательное соединение аналоговой линейной стационарной части системы и ключевого элемента, осуществляющего квантование сигнала (рис. 1в).

Для аналоговой части пригодно непрерывное преобразование сигналов по Лапласу ( $p$ -преобразование), а для дискретной части требуется дискретное, так называемое  $z$ -преобразование сигналов. Это преобразование работает с оригиналами в виде решетчатых временных функций. Поскольку получить решетчатую функцию по аналоговой можно однозначно, а восстановить аналоговую функцию по решетчатой однозначно нельзя, то метод типовых динамических звеньев и структурных схем дискретных систем базируется только на  $z$ -преобразовании Лапласа.

Так как существует достаточно простой переход от передаточной функции в  $p$ -форме к передаточной функции в  $z$ -форме, то, несмотря на аналитическое усложнение вида «дискретных» передаточных функций, в целом метод типовых динамических звеньев и структурных схем успешно используется для анализа и синтеза дискретных систем.

В нелинейных САУ имеется хотя бы один элемент либо с нелинейной статической характеристикой, либо осуществляющий нелинейные математические операции с сигналами (рис. 1г).

В первом случае, используя линеаризацию статической характеристики касательной, секущей или применяя метод гармонической линеаризации, можно использовать метод типовых динамических звеньев в обычном для линейных систем виде, правда, результат при этом будет получаться приближенным.

В случае САУ с нелинейностями типа произведения к успеху может привести многомерное операторное преобразование по Лапласу. Такой подход перспективен и в случае исследования систем с модуляцией, которые можно рассматривать как частный случай нестационарных систем.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод, что развитие метода типовых динамических звеньев за счет применения многомерного операторного преобразования по Лапласу позволит существенно расширить его область применения для анализа и синтеза САУ разных типов.

В работе [1] был предложен многомерный операторный метод анализа систем автоматического управления (САУ), работающих на несущей переменного тока, использующих модуляцию-демодуляцию, имеющих нелинейности типа «степень» или «произведение», которые объединяет то, что их сигналы представляются в виде произведения по меньшей мере двух временных функций.

В отличие от традиционных методов анализа таких систем, базирующихся на представлении произведений функций с помощью одномерного преобразования Лапласа, в этой работе используется многомерное преобразование Лапласа и его модификация по Луковникову, что позволяет устранить необходимость определения интеграла свертки и связанные с этим неудобства.

#### Литература

1. Луковников В.И. Многомерный операторный метод анализа систем с модуляцией // Вестник КГТУ, посвящ. 65-летию проф. Соустина Б.П. – Красноярск: Изд. КГТУ, 1998. – С. 102-110.

### ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

К.М. Медведев, Д.М. Лось

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Широков О.Г.

По новым нормам [1] при расчёте питающих сетей для вычислительной техники пользуются значением коэффициента мощности активной нагрузки ( $\cos \varphi$ ), равным 0,65. Это же значение  $\cos \varphi$  фигурирует в устаревших нормах ВСН 5982. Получается, что для персональных компьютеров (ПК) разных поколений отличия в элементной базе не привели к сколько-нибудь заметному изменению коэффициента мощности, что вызывает определённую долю сомнения.

Кроме того, в последнее время, как в быту, так и в организациях особенно увеличилось количество ПК. Поэтому можно предположить, что даже малое отличие  $\cos \varphi$  этой группы электроприёмников от принятого в нормах значения приведёт к изменению величины реальных потерь в питающих сетях. Таким образом, целью исследований является уточнение значения коэффициента мощности современных ПК.

Коэффициент мощности согласно [2] можно определить следующими методами:

- 1) косвенно (по показаниям трёх приборов – амперметра, вольтметра, ваттметра):

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}, \quad (1)$$

где  $P$  – измеренная ваттметром активная мощность;  $U$  – измеренное вольтметром действующее значение напряжения;  $I$  – измеренное амперметром действующее значение тока;

- 2) по показаниям фазометра.

Особенностью ПК и другой сложной бытовой техники является потребление импульсного тока (с уровнем коэффициента искажения синусоидальности кривой выше 100 %) при коэффициенте искажения синусоидальности кривой напряжения, не выходящем за границы нормально допустимых значений. Этот факт был установлен для ПК экспериментально. В этих условиях показания логометрического фазометра Д5781 будут некорректны согласно его паспорту. Поэтому для определения