

требует дополнительного исследования.

### ***Выводы***

1. В случае слабой питающей сети пуск мощного асинхронного двигателя требует принятия специальных мер.

2. Пуск с отсечкой по току не полностью отвечает основной технологической задаче – поддержание такой минимально возможной величины остаточного напряжения на шинах сети в процессе запуска АД, при которой обеспечивается бесперебойная работа другого оборудования, подключенного к этой сети.

3. Пуск в системе ТПН-АД с контролем остаточного напряжения обеспечивает большее удобство настройки системы, поскольку задается величина остаточного напряжения и гарантируется её поддержание при любой загрузке сети, структурных и параметрических изменениях в питающей сети.

### ***Список литературы***

1. Петров Л.П., Ладензон В.А., Обуховский М.П., Подзолов Р.Г. Асинхронный электропривод с тиристорными коммутаторами. М.: Энергия, 1970.

2. Зюзев А.М., Костылев А.В., Степанюк Д.П., Нестеров К.Е. Устройство плавного пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Решение о выдаче патента на полезную модель, заявка №2012128145/07/(043926) от 03.07.2012

УДК 62-83

## **К ВОПРОСУ О ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

***В.Т. Вишнеревский, Г.С. Ленеvский***

*Белорусско-Российский университет, Беларусь, г. Могилев,  
Vishnerevski@gmail.com*

На данный момент существует множество электроприводов промышленных установок, в механической части которых содержатся упругие связи. В данной статье рассматриваются электроприводы шахтных грузоподъемных установок.

Повышение требований к системам автоматического управления электроприводами, как правило, связано с повышением требований к производительности промышленных установок. Одновременно с повышением производительности часто также необходимо улучшение энергетических показателей, снижение материалоемкости, повышение безопасности эксплуатации и надежности. Решение данной задачи не представляется возможным без внедрения в практику более совершенных и эффективных методов синтеза систем автоматического управления электроприводами промышленных установок.

Проводимые исследования направлены на поиск возможности применения в системах управления электроприводами наблюдателей состояния [1].

Необходимость применения наблюдающих устройств вызвана тем, что в шахтных грузоподъемных установках, как правило, невозможно измерение координаты скорости грузозахватывающего устройства, необходимой для осуществления обратной связи.

Для снижения до допустимого уровня ошибки, с которой наблюдатель восстанавливает значение координаты скорости, необходимо использование для его построения наиболее точной математической модели с учетом распределенности параметров [2].

Большинство существующих методов расчета подобных систем чаще всего основывается на представлении модели системы в виде двухмассовой или трехмассовой расчетной схемы электропривода. Однако при большой протяженности упругих элементов с целью повышения адекватности модели и точности расчетов при моделировании следует прибегать к моделям с большим количеством сосредоточенных масс. В свою очередь, это приводит к увеличению числа дифференциальных уравнений, описывающих поведение системы. В таких случаях необходимо произвести предельный переход к системе дифференциальных уравнений в частных производных, при условии, что упругость и масса протяженного элемента считаются распределенными по его длине.

Для того, чтобы убедиться в практической возможности применения математического описания элементов с распределенными параметрами для синтеза наблюдателей состояния, необходимо провести верификацию данного математического описания.

В состав кинематической цепи шахтных грузоподъемных установок входит линейный элемент с распределенной упругостью. Данный элемент представляет собой упругий стержень, на концах данного стержня закреплены две сосредоточенные массы. В данном случае первой массой является масса приводного устройства. В качестве вто-

рой массы выступает масса находящейся в нижнем положении емкости с грузом.

При расчетах принимается допущение, что линейный распределено-упругий элемент является условно неподвижным, поскольку изменение его длины в течение времени переходного процесса пренебрежимо мало. Также в математическом описании данного элемента не учитывается начальное статическое усилие, поскольку в начальный момент времени подъемные установки являются статически уравновешенными. Считается также, что демпфирование колебаний в таких системах происходит главным образом за счет электропривода [2].

При проведении данного исследования верификация исследуемого математического описания производится в частотной области. Поскольку передаточные функции элементов с распределенными параметрами являются трансцендентными, для проведения верификации необходимо установить степень соответствия экспериментальных амплитудно-частотных характеристик расчетным, полученным численными методами.

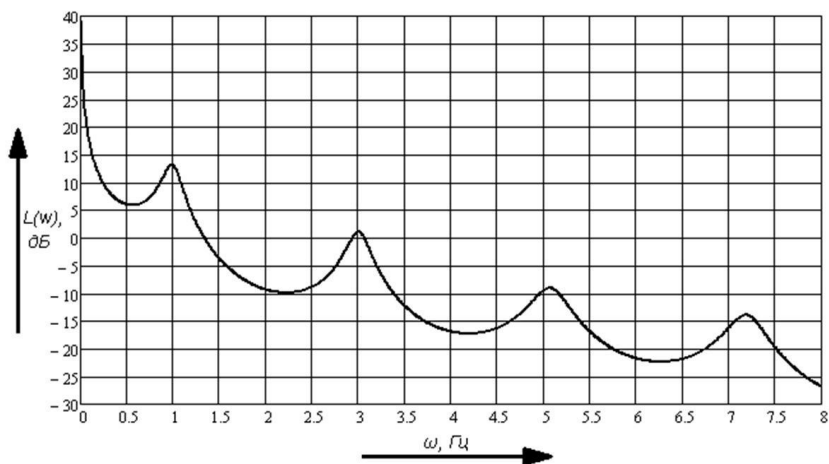
Ввиду отсутствия возможности проведения экспериментальных исследований на промышленных установках, поскольку существует опасность выхода оборудования из строя, исследования проводятся на созданной для этих целей лабораторной установке. Данная лабораторная установка служит для имитации поведения линейного элемента с распределенной упругостью при приложении к нему синусоидально изменяющегося воздействия регулируемой частоты [3].

Для проведения верификации выбраны передаточные функции от усилия к скорости, поэтому для получения экспериментальных амплитудно-частотных характеристик необходимо построить зависимость амплитуды колебаний различных точек распределено-упругого элемента от частоты входного воздействия.

В ходе лабораторных испытаний была успешно проведена идентификация параметров [2] исследуемого элемента с распределенной упругостью. Установлено, что значения резонансных частот и значения ЛАЧХ передаточной функции исследуемого упругого элемента на линейных участках с некоторой погрешностью соответствуют расчетным. Также с помощью полученных графиков ЛАЧХ были определены значения коэффициентов диссипации колебаний в каждом из полюсов передаточной функции исследуемого элемента. В результате идентификации параметров после аппроксимации [4] и учета демпфирования колебаний получен график расчетной ЛАЧХ исследуемого линейного элемента с распределенной упругостью – *рис. 1*.

Однако следует отметить, что для окончательного подтверждения предположения о применимости исследуемого математического опи-

сания для моделирования и синтеза систем электропривода, необходимо повысить достоверность полученных результатов. Поэтому необходимо проведение экспериментального определения характеристик упругих элементов с различными значениями скорости распространения волны упругой продольной деформации и различными значениями масс. Необходимо произвести получение ЛАЧХ не только в точке на одном из концов исследуемого элемента, но и в ряде точек, лежащих на его протяженности. Также необходимо повышение точности измерений и устранение возможного влияния средств измерения на поведение исследуемого объекта.



*Рис. 1. График ЛАЧХ исследуемого элемента, полученный в результате идентификации параметров.*

По графику ЛАЧХ на рис. 1 видно, что значения коэффициентов диссипации оказались слишком велики. Поэтому для наиболее полной оценки влияния резонансных частот на динамику систем с распределенными параметрами целесообразно усовершенствовать лабораторную установку с целью снижения демпфирования колебаний.

В связи с необходимостью исследования характеристик определенного множества элементов целесообразным является создание информационно-измерительной системы, которая позволит передавать мгновенные значения координат исследуемой электромеханической системы на ЭВМ для дальнейшей обработки. Предполагается создание возможности автоматизации процесса получения ЛАЧХ и ЛФЧХ исследуемых элементов, а также реализация наблюдателя состояния и корректирующих устройств САУ на базе ЭВМ.

Ожидается, что создание указанной информационно-измерительной системы позволит производить экспериментальные ис-

следования различных способов коррекции в САУ электроприводами с упругими связями. Проведение данных исследований необходимо для определения области практического применения существующих способов коррекции в системах с учетом распределенности параметров, а также упрощения синтеза новых способов коррекции.

### *Список литературы*

1. Вишнеревский В.Т. Анализ способов построения замкнутых систем управления электроприводами, содержащими упругие элементы в механической подсистеме / В.Т. Вишнеревский, К.В. Овсянников, Г.С. Ленецкий // Вестник Белорусско-Российского университета №2, 2012. С. 119-125.
2. Рассудов Л.Н. Электроприводы с распределенными параметрами механических элементов / Н.В. Рассудов, В.Н. Мядзель – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 142 с. : ил.
3. Вишнеревский В.Т. Создание лабораторного оборудования для проведения верификации математического описания элементов с распределенной упругостью. / В.Т. Вишнеревский, Г.С. Ленецкий // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей II Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной ко Дню космонавтики (Иркутск, 11–13 апреля, 2012 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012. – С. 187-190.
4. Вишнеревский В.Т. Аппроксимация передаточных функций звеньев электромеханических систем с распределенными параметрами. // Ползуновский вестник №2/1, 2011. С. 57-61.

УДК 621.313, 621.314

## **ВЫБОР ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

*Д.А. Колесниченко*

*Вологодский государственный технический университет,*

*Россия, г. Вологда*

*dimakolesnichenko@gmail.com*

### *Актуальность работы*

Применение современного частотно-регулируемого асинхронного электропривода для механизмов, где он ранее практически не применялся, базируется на достижениях силовой электроники и микропро-