

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАС- ПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Многочисленные объекты различных областей техники представляют собой системы с распределенными параметрами (СРП). К ним относятся длинные линии электропередач, трубопроводы для перекачки воды и нефти, объекты, включающие длинные стержни, например, в бурении — колонна труб, в глубинно-насосных установках — штанга, в грузоподъемных механизмах — трос и канат, и т. д. [1].

Для проектирования, эксплуатации и наладки систем и установок с СРП необходимы экспериментальные исследования. В экспериментальном исследовании СРП выделим исследования в частотной и во временной области.

### **Экспериментальное исследование СРП в частотной области.**

Для исследования электромеханических характеристик СРП экспериментальный стенд снабжен комплектом измерительных устройств. Система измерения обеспечивает измерение и сохранение данных:

- напряжений в диапазоне от -400В до +400В с точностью не менее 0.1%;
- тока якоря двигателя в диапазоне от -10А до +10А с точностью не менее 0.1%;
- напряжения, снимаемого с тахогенератора в диапазоне от 0В до +2,5В.

Для упрощения дальнейшей обработки полученной информации существует связь системы измерения с персональным компьютером и возможность сохранения получаемых данных.

Для получения заданной точности измерения в цифровой системе сбора данных необходимо наличие в ней аналогово-цифровых преобразователей с количеством цифровых разрядов не менее 10.

Частота дискретизации в соответствии с дискретной теоремой Найквиста должна быть не менее чем в два раза больше частоты самого быстро изменяющегося сигнала – (отношение частоты дискретизации к частоте среза системы для возможности воспроизведения сигнал должно быть не менее двух) [2]. Так как частота питающего напряжения, а соответственно и тока равна 50Гц, частота дискретизации должна быть не менее 100Гц.

Для получения информации о токе двигателя используется программно-аппаратный комплекс. Аппаратная часть представлена сенсорным модулем, который может использоваться для измерения высоковольтных аналоговых сигналов, а также для мониторинга процессов в силовых электрических цепях. Устройство имеет четыре гальванически развязанных аналоговых входа для измерения высоковольтного напряжения (диапазон входных напряжений от +600 В до -600 В), а также один аналоговый вход для измерения низковольтных напряжений, снимаемых с шунта (диапазон входных напряжений на измерительном шунте от +150 мВ до -150 мВ). Разрядность аналогово-цифровых преобразователей по всем каналам равна 12. Элементом, ведущим обработку ин-

формации в составе модуля, является микроконтроллер Fujitsu MB90F543. Для разработки управляющих программ используется среда программирования Softune Workbench for FR-microcontroller. Данные преобразуются CAN-USB конвертером и перенаправляются в персональный компьютер, где в последующем может производиться их обработка.

Программная часть комплекса основана на комплекте программ StrimServer и CANMonitor, позволяющих фиксировать и сохранять информацию, полученную от сенсорного модуля в режиме реального времени.

Исследования проводились согласно полученным теоретическим результатам [3, 4]. Данные, полученные в ходе экспериментального исследования, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные значения ЛАЧХ СРП.

Частота круговая, рад/с	0,1	0,3	0,5	0,6	0,65	0,7
Коэффициент усиления, dB	1	-6,1	-3,8	6,3	11,1	-1,5
Частота круговая, рад/с	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
Коэффициент усиления, dB	-10,6	-18,4	-18,7	10,5	-26,5	-38,3
Частота круговая, рад/с	1,6	1,7	1,8	1,85	1,9	2,0
Коэффициент усиления, dB	-48,5	-60,5	-82,7	-156,6	-81,2	-63,6

На рисунке 1 представлены теоретические (тонкой линией) и экспериментальная (толстой линией) ЛАЧХ СРП.

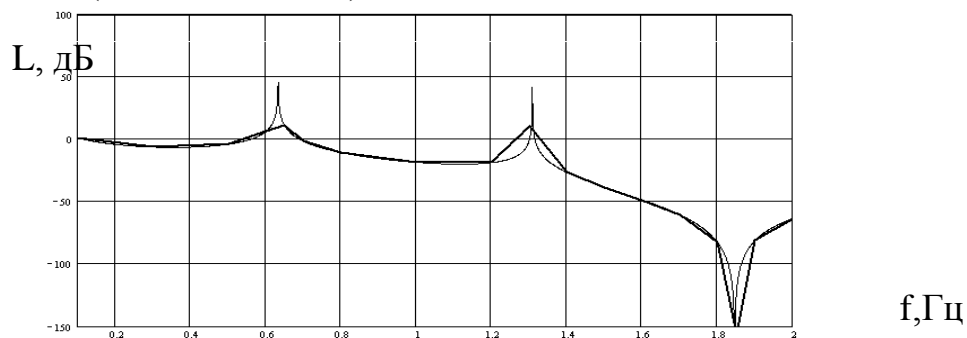


Рисунок 1 – Теоретическая и экспериментальная ЛАЧХ СРП

Как видно из графиков полученные экспериментальные значения соответствуют теоретическим расчетам. Максимальная относительная погрешность не превысила 10%.

Экспериментальное исследование СРП во временной области

Экспериментальные исследования проводились согласно с теоретическим исследованиям [3, 4].

В результате эксперимента получены следующие графики переходных процессов тока двигателя. Общий вид переходных процессов в СРП рассмотрен в [5]. При частоте  $f=1,5$  Гц, которая меньше резонансной частоты СРП, получен график тока двигателя постоянного тока, представленный на рисунке 2.

При частоте  $f=1,8$  Гц, равной резонансной частоте СРП, получен график тока двигателя постоянного тока, который представлен на рисунке 3.

I, mA

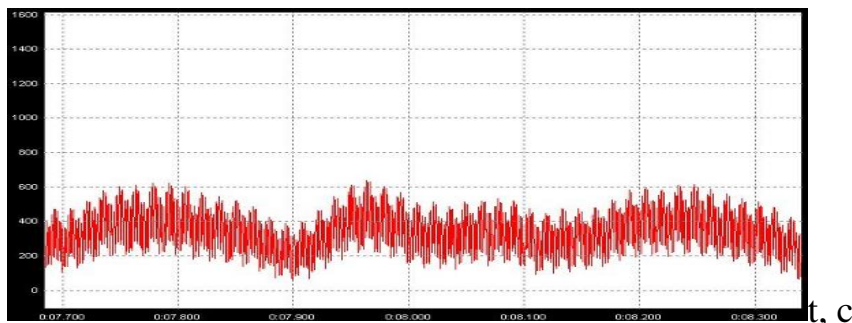


Рисунок 2 – Ток двигателя при частоте меньше резонансной частоты

I, mA

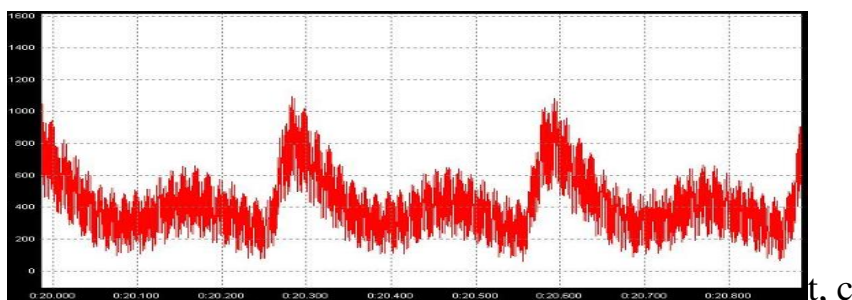


Рисунок 3 – Ток двигателя при резонансной частоте

## Выводы

1 Проведены экспериментальные исследования системы с распределенными параметрами в частотной и временной области, которые подтверждают теоретические расчеты.

2 Амплитуда графика тока при резонансной частоте увеличивается примерно в 2 раза, как и должно быть при резонансной частоте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рассудов Л. Н., Мядзель В. Н. Электроприводы с распределёнными параметрами электромеханических элементов.– Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987.– 144 с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования.– М.: Наука, 1972.– 450 с.
3. Корнеев А.П., Ленеvский Г.С. Синтез системы управления электропривода электромеханической системы с распределенными параметрами // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Тез. междунар. науч.-техн. конф. молодых учёных, Могилев. 2015г. // Бел.-рос. ун-т – Могилев, 22-23 октября 2015. – С. 156.
4. Корнеев А.П., Стражников Н.А., Шумский С.И., Ленеvский Г.С. Новый способ аппроксимации механической части нестационарной электромеханической системы с распределенными параметрами // Информационные технологии, энергетика и экономика: Материалы докладов XIII межрегиональной науч.-техн. конф. студентов и аспирантов в 4-х т., Смоленск. 14-15 апреля 2016 г. // филиал «МЭИ (ТУ)» – Смоленск, 2016. Т.1– С. 289–293.
5. Karneyev A.P., Lenevsky G.S. Development of a stand for research of systems with the distributed parameters / Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 41' 2011 (32-35).