

УДК 621.3

**Изучение мгновенных значений электромеханических объектов
с распределенными параметрами**

А. П. Корнеев

В статье представлены результаты измерения тока в электромеханическом объекте с распределенными параметрами. Представлены результаты экспериментального исследования объекта с распределенными механическими параметрами во временной и в частотной областях. Получены результаты моделирования силы тока при резонансных и близких к резонансным частотам. Для анализа использована программная среда MATLAB/Simulink.

Ключевые слова: объект с распределенными параметрами, резонансная частота, экспериментальное исследование, сила тока, переходный процесс.

**Investigate of instantaneous values of electromechanical objects
with distributed parameters**

A. P. Korneev

The article presents the results of measuring the current in an electromechanical object with distributed parameters. The article presents the results of measuring the current in an electromechanical object with distributed parameters. The results of an experimental study of an object with distributed mechanical parameters in the time and frequency domains are presented. The results of modeling the current strength at resonant and close to resonant frequencies are obtained. For the analysis, the software environment MATLAB / Simulink was used.

Keywords: object with distributed parameters, resonant frequency, experimental study, current strength, transient process.

Во многих областях техники есть объекты, являющиеся объектами с распределенными механическими параметрами (ОРМП). Это протяженные линии

электропередач, объекты с длинными стержнями, например, колонна труб – в бурении, штанга – в насосных установках, трос и канат – в грузоподъемных устройствах и т. д. [1].

При проектировании, наладке и эксплуатации таких объектов и установок с ОРМП необходимо учитывать результаты, полученные в результате экспериментов. Экспериментальные исследования ОРМП разделяются на исследования во временной и частотной областях.

Исследование ОРМП при экспериментах в частотной области

Стенд снабжен устройствами измерения для изучения следующих характеристик ОРМП:

- напряжение с точностью не менее 0,1 % в диапазоне от –400 до +400 В;
- ток двигателя с точностью не менее 0,1 % в диапазоне от –10 до +10 А;
- напряжение тахогенератора в диапазоне от 0 до +2,5 В.

Для последующей обработки информации существует связь персонального компьютера с системой измерения, позволяющая сохранить получаемые данные.

Применение аналого-цифровых преобразователей с числом цифровых разрядов не менее 10 позволяет получить необходимую точность измерения в цифровой форме.

В соответствии с дискретной теоремой Найквиста частота дискретизации 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].

Частота напряжения сети равна 50 Гц, следовательно, частота дискретизации должна быть не менее 100 Гц.

Ток двигателя определяется с помощью программно-аппаратного комплекса, в котором аппаратная часть является сенсорным модулем. В модуле есть 4 аналоговых входа, которые гальванически развязаны и используются для измерения высоковольтного напряжения, и 1 аналоговый вход, который используется для измерения напряжение, снимаемого с шунта. Во всех каналах разрядность аналогово-цифровых преобразователей равна 12. Элемент, обрабатывающий информацию, это микроконтроллер Fujitsu MB90F543.

Среда программирования Softune Workbench for FR-microcontroller используется для разработки специальной управляющей программы. Данные передаются в персональный компьютер после преобразования CAN-USB конвертером для дальнейшей обработки.

Программная часть комплекса выполнена на комплекте программ StrimServer и CANMonitor, фиксирующем и сохраняющем информацию, полученную в режиме реального времени от модуля.

Исследования проводились на основании теоретических результатов [3, 4]. Экспериментальные данные, полученные в ходе исследования, приведены в таблице.

На рис. 1 представлены экспериментальная (толстой линией) и теоретические (тонкой линией) ЛАЧХ ОРМП.

Экспериментальные значения ЛАЧХ ОРМП

| | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 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 |

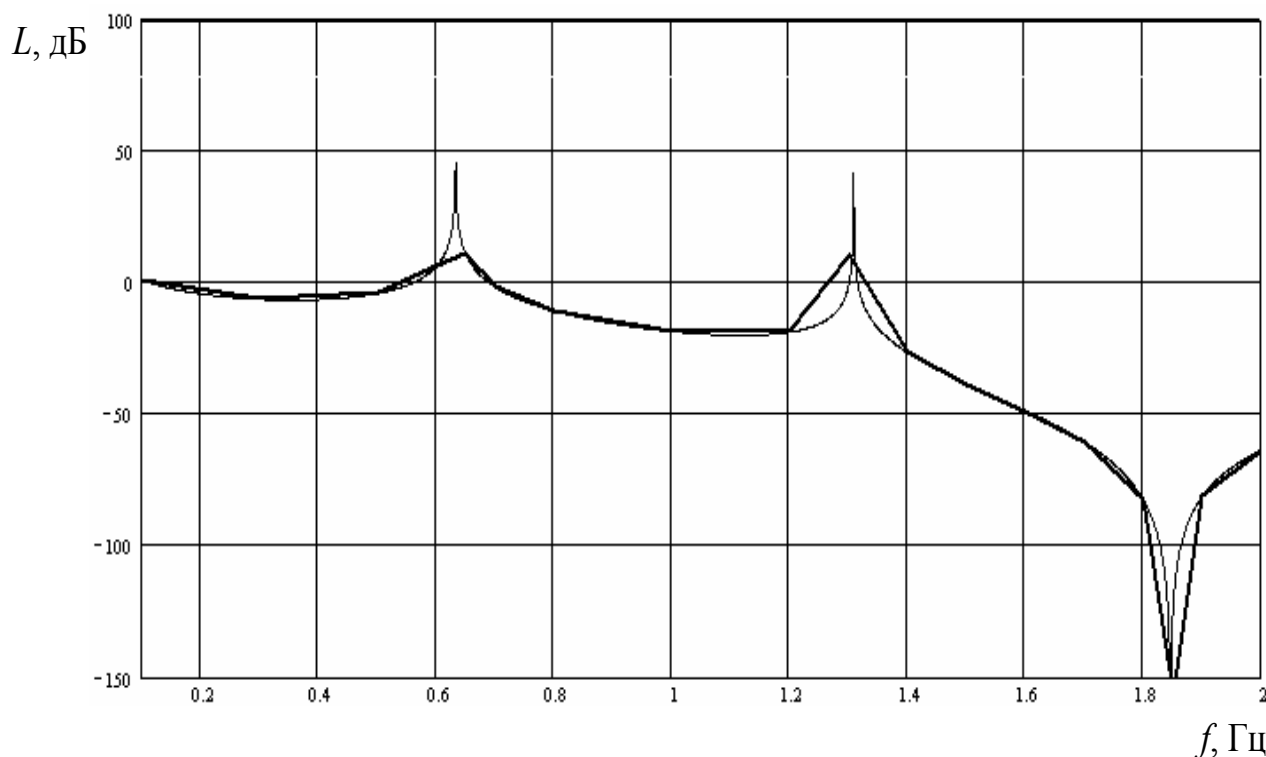


Рис. 1. Теоретическая и экспериментальная ЛАЧХ ОРМП

Значения, полученные экспериментальным способом, соответствуют значениям, рассчитанным теоретически. Относительная максимальная погрешность не превышает 10 %.

Экспериментальные исследования ОРМП во временной области проводились в соответствии с теоретическими исследованиями [3, 4].

На основании экспериментов получены следующие графики переходных процессов тока двигателя. Общий вид переходных процессов в ОРМП рассмотрен в [5]. Частоте $f = 1,5$ Гц, являющейся частотой меньше, чем резонансная частота ОРМП, соответствует график тока двигателя, представленный на рис. 2.

Частоте $f = 1,8$ Гц, являющейся частотой, равной резонансной частоте ОРМП, соответствует график тока двигателя, представленный на рис. 3.

Выводы

1. Эксперименты объектов с распределенными параметрами, проведенные во временной и частотной областях, подтверждают теоретические расчеты.

2. При резонансной частоте ток увеличивается примерно в 2 раза, что соответствует теоретическим расчетам.

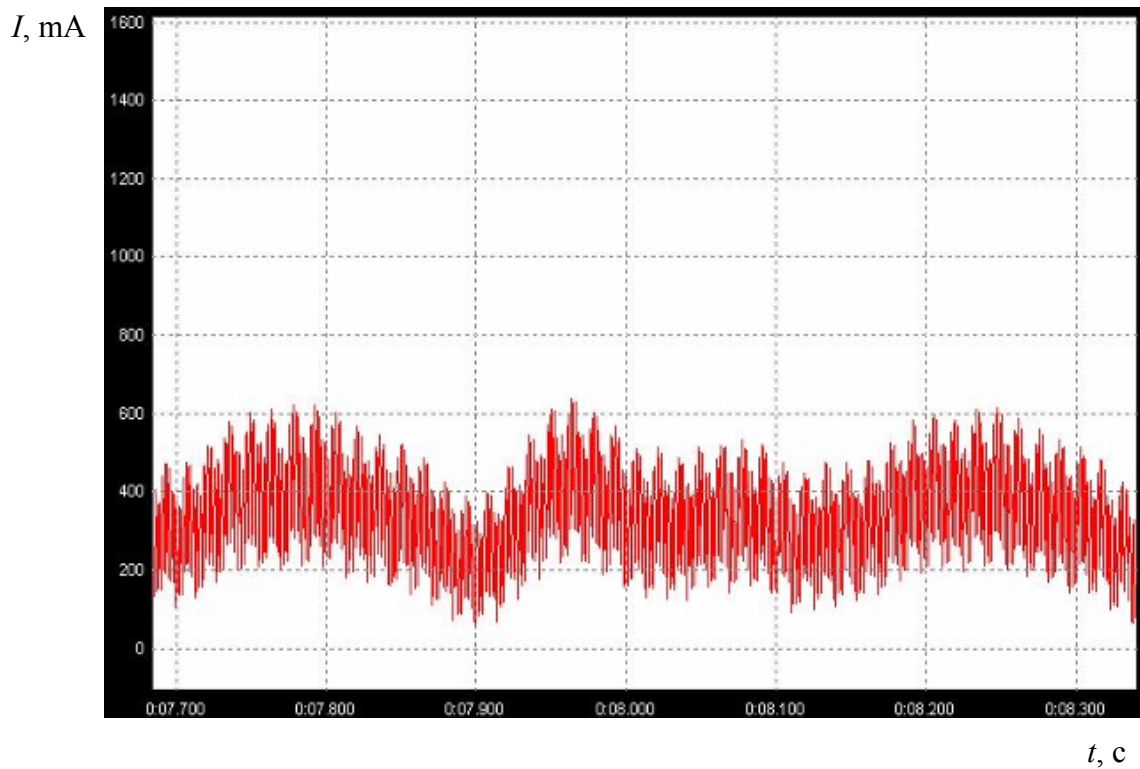


Рис. 2. Ток двигателя при частоте меньше резонансной частоты

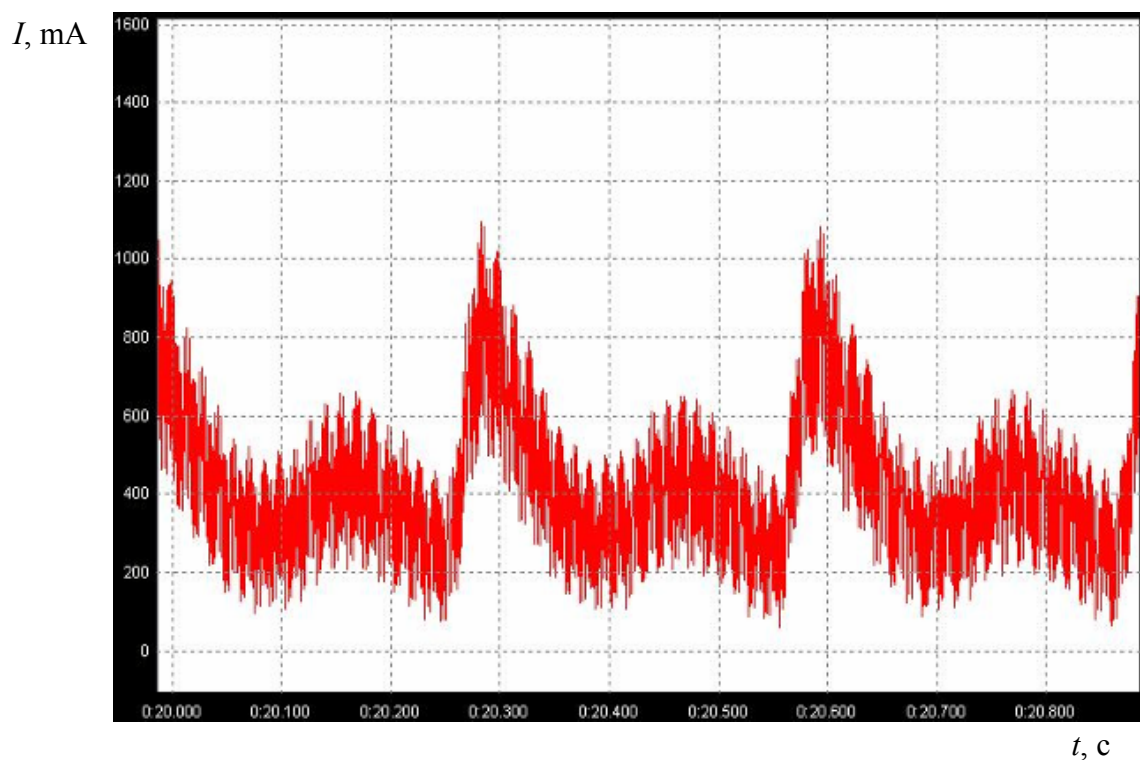


Рис. 3. Ток двигателя при резонансной частоте

Список использованных источников и литературы

1. Рассудов, Л. Н. Электроприводы с распределёнными параметрами электро-механических элементов / Л. Н. Рассудов, В. Н. Мязель. – Ленинград : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 144 с.

2. *Бесекерский, В. А.* Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – Москва : Наука, 1972. – 450 с.

3. *Корнеев, А. П.* Синтез системы управления электропривода электромеханической системы с распределенными параметрами / А. П. Корнеев, Г. С. Ленеvский // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : тез. междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 2015. – Бел.-рос. ун-т – Могилев, 22-23 октября 2015. – С. 156.

4. *Корнеев, А. П.* Новый способ аппроксимации механической части электромеханической системы с распределенными параметрами / А. П. Корнеев, Н. А. Стражников, С. И. Шумский, Г. С. Ленеvский // Информационные технологии, энергетика и экономика : материалы докладов XIII межрегиональной науч.-техн. конф. студентов и аспирантов : в 4 т., Смоленск. 14-15 апреля 2016 г. ; филиал «МЭИ (ТУ)». – Смоленск, 2016. – Т. 1. – С. 289–293.

5. *Karneyev, A. P.* Development of a stand for research of systems with the distributed parameters / G.S. Lenevsky // Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 41. 2011 (32-35).

Сведения об авторе

Андрей Петрович Корнеев, старший преподаватель кафедры «Электропривод и АПУ», Белорусско-Российский университет (Республика Беларусь, г. Могилев), ankorn@tut.by