

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

УДК 612.173:004.942 (045)

Е. Г. Азнакаєв д-р физ.-мат. наук,
Д. Є. Мельников

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ В МОДЕЛИ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ

Институт электроники и систем управления НАУ, e-mail: aznakayev@nau.edu.ua

Исследовано влияние параметров математической модели, описывающей мышечные волокна миокарда на результаты анализа.

Ключевые слова: сердечная мышца, параметрическое управление.

Постановка задачи. Сигналы мышечных волокон миокарда несут в себе информацию о состоянии сердечной мышцы, ее работоспособности и наличии (или отсутствии) каких либо патологических изменений. Поэтому моделирование происходящих в ней процессов представляет собой важную задачу, имеющую широкое практическое применение.

Характеристика исследуемого элемента. Мышечные волокна миокарда, обеспечивающего сократительную функцию сердца, состоят из мышечных клеток (кардиомиоцитов), соединенных вставочными дисками. Диаметр кардиомиоцитов составляет 10...20 мкм, длина – 50...120 мкм. Возбудимость обусловлена способностью кардиомиоцитов генерировать в ответ на раздражение электрические потенциалы действия.

Сигналы нервной системы действуют через рецепторы миокарда желудочков, предсердий, узлов проводящей системы и гладких мышц кровеносных сосудов. Регуляция осуществляется по механизмам прямой и обратной связи. Сенсорами являются барорецепторы.

Математическая модель исследуемого элемента. Такая модель была предложена в виде уравнения электрического состояния резонатора ($/1,2/$). Решение модели проводилось численными методами, а результаты расчёта сравнивались с экспериментальными данными.

Одномерная модель переноса заряда q в нелинейной инерционной системе в форме уравнения баланса имеет вид:

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{\tau_r(q)} q(t - \tau_0(q)) = \sum_{k=1}^n \sigma_k(q) u_k(t),$$

где $g = \int_V \rho_{cp} d\xi$, ρ_{cp} – средняя плотность заряда $\rho_{cp} = 1/V \int_V \rho d\xi$; τ_r – время релаксации заряда; $\tau_0 = l/V$ – время переноса заряда; l – длина пролета; V – скорость дрейфа; σ_k – мгновенное значение входной проводимости исследуемого элемента; u_k – входное напряжение; n – количество входов.

Решая уравнение модели относительно пульсирующего входного воздействия различной частоты и амплитуд его постоянной и переменной составляющих, можем исследовать влияние некоторых параметров предлагаемой модели на форму выходного сигнала.

Полученные результаты моделирования представлены на рис. 1 – 4 в виде осциллограмм выходного сигнала и фазовых портретов для разных режимов существования выходного сигнала относительно входного гармонического воздействия, а также для режима хаотических колебаний.

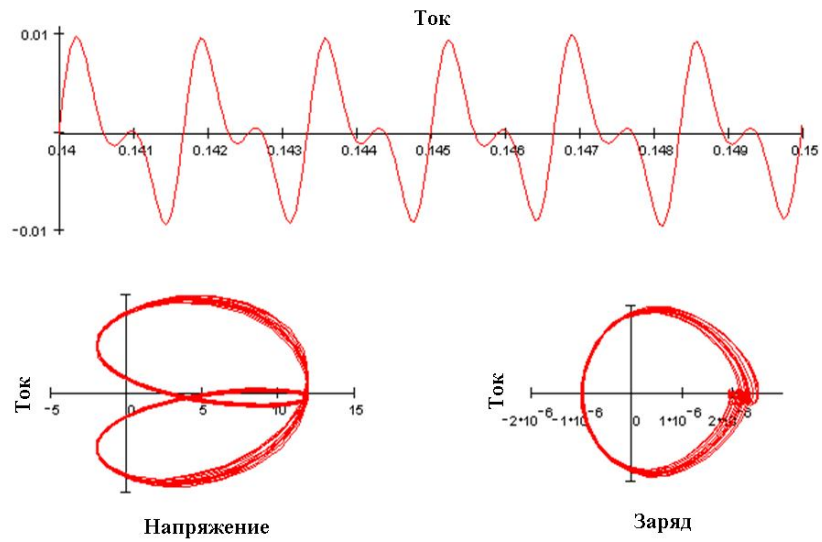


Рис. 1. Результаты моделирования при значениях параметров входного сигнала:
 $f = 1200$ Гц, $u_0 = 5$ В, $u_m = 7$ В

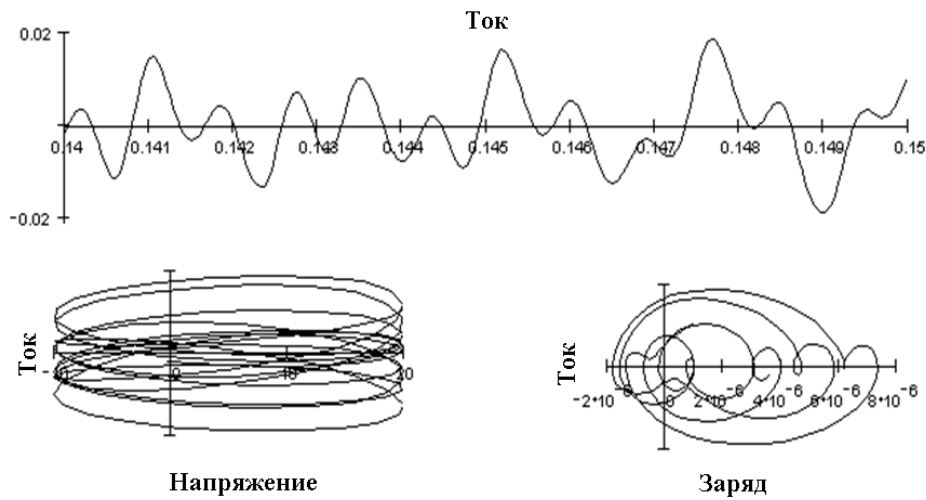


Рис. 2. Результаты моделирования при значениях параметров входного сигнала:
 $f = 60$ Гц, $u_0 = 5$ В, $u_m = 15$ В

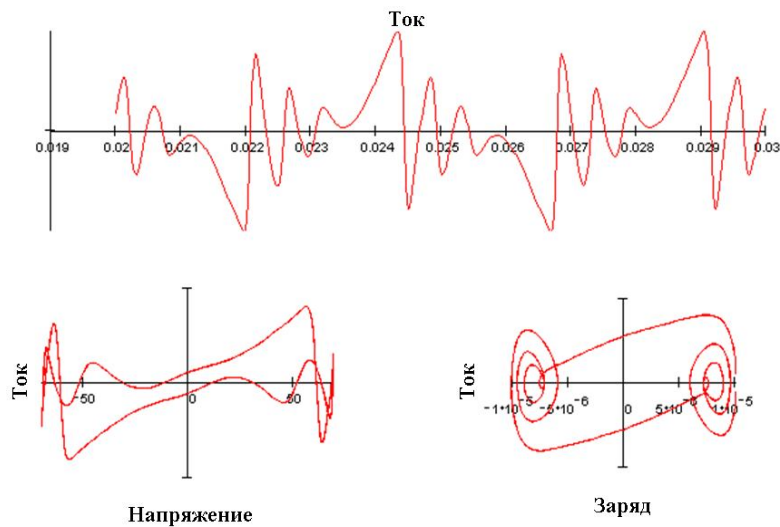


Рис. 3. Результаты моделирования при значениях параметров входного сигнала:
 $f = 212$ Гц, $u_0 = 0$ В, $u_m = 70$ В

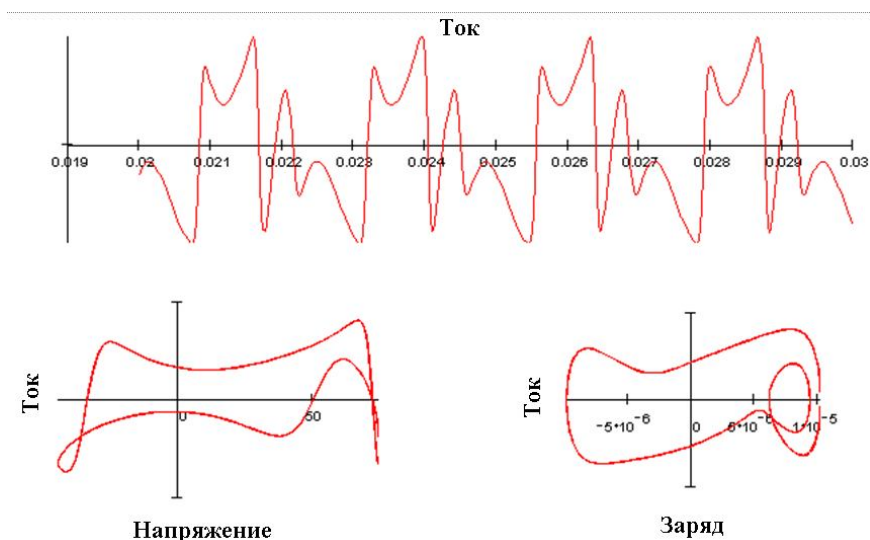


Рис. 4. Результаты моделирования при значениях параметров входного сигнала:
 $f = 30$ Гц, $u_0 = 15$ В, $u_m = 60$ В

Выводы. Из результатов проведенных исследований видно, что дальнейшее исследование предлагаемой модели представляет практический интерес для описания с ее помощью колебаний кардиомиоцитов.

Использование этой модели позволяет получить важные динамические характеристики волокна миокарда простыми способами, обеспечив при этом адекватность результатам экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Азнакаев Э. Г. Моделирование электрических сигналов сердечной мышцы / Э. Г. Азнакаев, Д. Е. Мельников // Сборник ИЭСУ. 2008. – №7. – С. 59 – 63.
2. Азнакаев Э. Г. Исследование нелинейных моделей биологических систем / Э. Г. Азнакаев, Д. Е. Мельников // Сборник ИЭСУ. 2007. – №7. – С. 45 – 50.
3. Aznakaev E. G. Biophysics. Text-book: National Aviation University Publishing – Kiev, 2005 – 308 p.
4. Яблучанский Н. И. Интерпретация в клинической физиологии сердца / Н. И. Яблучанский, И. П. Вакуленко и др. Серия: Для настоящих врачей, Харьков – 2002. – 168 с.

Е. Г. Азнакаев, Д. Е. Мельников

Параметричне керування в моделі серцевого м'яза

Досліджено вплив параметрів математичної моделі, що описує м'язові волокна міокарда на результати аналізу.

E. G. Aznakaev, D. E. Melnikov

Parameters of management in model of cardiac muscle

Are investigational influence of parameters of mathematical model, describing the myshechnye fibres of myocardium on the results of analysis.