

Homework 1. Hodgkin-Huxley model

Dmitriy B.

October 2020

1 Реализовать модель Ходжкина-Хаксли

$$I_e = C_m \frac{dV_m}{dt} + \bar{g}_K n^4 (V_m - E_K) + \bar{g}_{Na} m^3 h (V_m - E_{Na}) + \bar{g}_L (V_m - E_L) \quad (1)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1 - n) - \beta_n(V_m)n \quad (2)$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(V_m)(1 - m) - \beta_m(V_m)m \quad (3)$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(V_m)(1 - h) - \beta_h(V_m)h \quad (4)$$

Формализм модели Ходжкина-Хаксли детально описан в книге "Theoretical Neuroscience Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems" Peter Dayan and L.F. Abbott (раздел 5.5-5.6, стр. 166 - 174), значения \bar{g}_L , \bar{g}_K , \bar{g}_{Na} , а также E_L , E_K , E_{Na} даны на стр. 173. Реализация должна включать в себя 2 симуляции:

1. I_{inj} (подаваемый ток) определяется 4 значениями в промежутке от 5 до 50 nA. Длительность подачи для каждого из 4 значений выбирается в промежутке от 20 до 100 мс. Обе пары значений выбираются на ваше усмотрение. Временной промежуток между двумя подачами тока фиксирован и равен 50 мс. Таким образом, например, симуляция может состоять из 4 последовательно подаваемых значений тока 8, 15, 32 и 47 nA промежутками 30, 50, 90 и 100 мс соответственно.
2. I_{inj} (подаваемый ток) определяется 2 значениями в промежутке от 50 до 200 nA. Длительность подачи для каждого значения составляет 1 мс. Промежуток между подачей составляет также 1 мс. Импульсы подаются до окончания симуляции. Время симуляции ограничивается 200 мс.

Язык программирования: Python. Для симуляции можно использовать готовый решатель ODE.

2 Анализ

Построить графики для каждой симуляции и сделать выводы:

1. Зависимость V_m от времени, зависимость n , h , m от времени, зависимость I_{inj} от времени (6 штук, по 3 для каждой симуляции). Сделайте вывод о зависимости амплитуды и частоты I_{inj} и амплитуды и частоты V_m .
2. Для каждого промежутка в первой симуляции постройте графики фазовых пространств $V_m(t)$ к $n(t)$, $V_m(t)$ к $m(t)$, $V_m(t)$ к $h(t)$ (3 штуки). Для каждого ли промежутка первой симуляции существуют предельные циклы каждого фазового пространства?

3 Результат

Ссылка на репозиторий с кодом модели, симуляций и построения графиков. Выводы положить в отдельный md файл.