

КРАТКИЕ НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 612.8.001.57

Д. К. РОСТОМЯН

ДАННЫЕ МАШИННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ
ЧАСТОТНЫХ СООТНОШЕНИЙ ВХОД—ВЫХОД НА
ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЙРОНА

В последнее время при моделировании переходных процессов в нейроне особое место уделяется описанию периодов абсолютной и относительной рефрактерности [1], так как установлено, что частота генерации выходных импульсов в определенной степени зависит от способности мембраны клетки восстанавливаться после генерации выходного импульса.

В ранее опубликованной работе [2] была предложена модель нейрона, в которой порог клетки изменяется по следующему закону:

$$\theta(t) = B \sum_{i=0}^M e^{-\xi(t-\tau_{ne})} I(t-\tau_{ne}), \quad (1)$$

где ξ —коэффициент, характеризующий скорость восстановления мембраны после генерации нейроном выходного импульса; B —значение порога при $t=0$, обусловленное генерацией выходного импульса при $t<0$; τ_{ne} —моменты равенства порога с потенциалом мембраны.

Уравнение (1), в котором учтена нестационарность процесса восстановления порога, позволяет воспроизвести в машинных экспериментах ряд известных из электрофизиологии режимов работы нервной клетки, таких, как генерация одиночных импульсов; генерация пачек импульсов; выпадение импульсов при последовательной ритмической стимуляции; изменение количества импульсов в пачке и т. д.

Ниже излагаются результаты машинных экспериментов по воспроизведению этих режимов работы нервных клеток. Предполагалось, что на тело клетки синхронно по нескольким синапсам поступают в равноотстоящие моменты времени возбуждающие импульсы.

Процессы изменения потенциала мембраны и порога при различных значениях параметров B и ξ показаны на рис. 1. Интервалы между импульсами выбраны так, чтобы каждый последующий ВПСП не накладывался на след предыдущего.

Результаты машинных экспериментов показали, что нейроны, порог которых скачкообразно меняется на большую величину, после генерации выходного импульса способны генерировать только одиночные импульсы, частота которых определяется параметром ξ . При этом по

мере продолжения стимуляции устанавливается определенный межимпульсный интервал $\Delta t_{\text{вых. уст.}}$, значение которого для $B=6$ и $\xi=1$ равно 4 отн. ед. и для $B=4$ и $\xi=0,3$ —8 отн. ед.

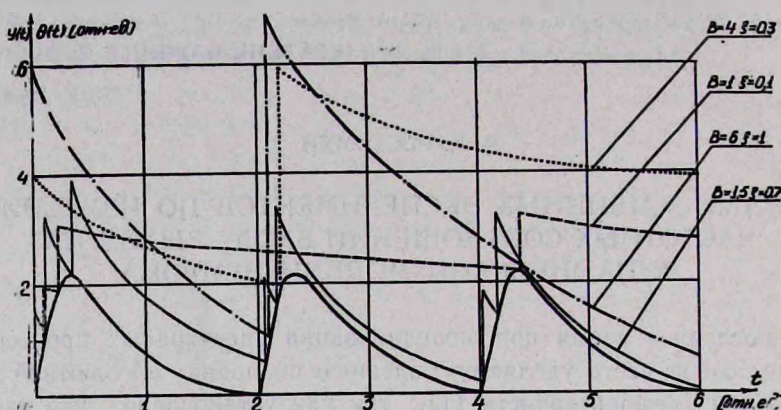


Рис. 1. Кривые изменения пороговой функции (сплошная тонкая, штрих-пунктирная, пунктирная и точечная линии) при различных значениях B и ξ и потенциала мембраны (сплошная жирная линия).

В отличие от таких нейронов, нейроны с малыми значениями параметра B могут генерировать пачки импульсов. Так, например, при $B=1,5$ и $\xi=0,7$ воспроизведен режим генерации пачек импульсов (количество импульсов в пачке равно 2) на каждый входной импульс, установившийся интервал между пачками равен 2 отн. ед.

Наконец, при $B=1$ и $\xi=0,1$ нейрон на первый входной импульс генерирует пачку импульсов (количество импульсов в пачке равно 2), на второй—1 импульс, на третий не реагирует. В дальнейшем, по мере продолжения стимуляции, этот нейрон на каждый входной импульс отвечает выходным импульсом.

Результаты машинных экспериментов, в которых при указанном выше условии изучалась зависимость между частотами входной и выходной импульсации нейрона при различных значениях параметров B и ξ , приведены на рис. 2.

Характер изменения кривых при увеличении величины ξ показывает, что нейроны, обладающие большей скоростью восстановления после генерации выходного импульса, реагируют на входную частоту почти с такой же выходной частотой, причем уменьшение параметра B приводит к общему возрастанию установившейся частоты генерации выходных импульсов. Нейроны с малыми значениями параметра B в основном генерируют пачки импульсов. Количество импульсов в пачке и интервалы между пачками определяются параметром ξ .

Таким образом, учет нестационарности процесса восстановления порога позволяет путем изменения параметров модели (B и ξ) добиваться воспроизведения различных режимов работы нервных клеток.

Можно надеяться, что возможность имитации в машинных экспериментах различных режимов работы нервных клеток будет способ-

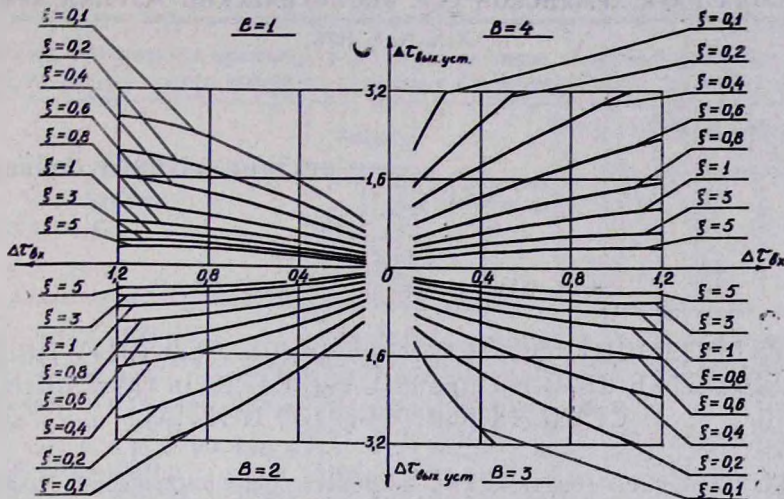


Рис. 2. Номограмма зависимостей между частотами входной и выходной импульсации нейрона при различных значениях параметров B и ξ .

ствовать выяснению некоторых механизмов, лежащих в основе принципов переработки информации нейроном.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
АН АрмССР

Поступило 4.V 1976 г.

Դ. Կ. ՌՈՍՏՈՄՅԱՆ

ՄՈՒՏՔ-ԵԼՔ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆԱԿԱՆ ՓՈԽԱՐԱՔԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՌԵՍՈՒՄԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵՔԵՆԱՅԱԿԱՆ ՓՈՐՁԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԸ
ՆՅՅՐՈՆԻ ԴԻՆԱՄԻԿ ՄՈԴԵԼԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Մուտք-ելք հաճախականական փոխհարաբերությունների ուսումնասիրության արդյունքները ներդրումի դինամիկ մոդելի վրա ցույց են տալիս, որ մոդելի պարամետրերի փոփոխման միջոցով կարելի է վերարտադրել ներվային բջջի աշխատանքային տարրեր ռեֆրմները: Օնթադրվում է, որ ներվային բջջի աշխատանքային տարրեր ռեֆրմների կրկնողություն հնարավորությունը մեքենայական փորձերում պայմաններ է ստեղծում որոշ մեխանիզմների պարզաբանման համար, որոնք ընկած են ներդրումի ինֆորմացիայի մշակման սկզբունքների հիմքում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Позин Н. В. Моделирование нейронных структур. М., 1970.
2. Ростомян Д. К. Биологический журнал Армении, 28, 10, 46—53, 1975.