

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ФИКСАЦИИ ТОКА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СОКРАТИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

Для исследования сопряжения между электрическими и сократительными процессами в возбудимых тканях в настоящее время наиболее широко применяется метод двойного «сахарозного мостика» при одновременной регистрации сократительной активности [1, 3].

Однако этот метод обладает рядом недостатков: а) смешивание тестирующего раствора с раствором сахарозы происходит на двух границах раздела; в) распределение потенциала по длине препарата подчиняется экспоненциальному закону [6]; в) ток утечки состоит из трех компонентов [6].

К этому следует добавить трудность одновременного отведения электрических и сократительных реакций мышечной ткани. Известные методы регистрации сократительной активности в условиях двойного «сахарозного мостика» с тестируемого участка, такие как фотоэлектрический [5] и механоэлектрический, с использованием нитяной петли для передачи напряжения, развиваемого мышечной тканью, вносят погрешность в определение силы сокращения, так как в этих случаях регистрируется не абсолютная величина напряжения, а лишь ее проекция [4].

Метод одинарного «сахарозного мостика» лишен этих недостатков, однако при использовании его для регистрации электрических процессов невозможно измерять сопротивление мембраны клеток и изменять уровень поляризации мембраны в условиях действия поляризующего тока для одновременной регистрации мембранного потенциала.

Чтобы преодолеть эти недостатки одинарного «сахарозного мостика» мы применили технику импульсной фиксации тока.

Импульсная фиксация тока базируется на принципе Котельникова [2]. Применительно к нашим условиям, принцип сводится к следующему: мембранный потенциал как функция времени с ограниченным спектром однозначно определяется своими значениями, взятыми через интервал $t < \frac{1}{2F_v}$, где F_v — верхняя граничная частота спектра сигнала, генерируемого возбудимой клеткой.

Блок-схема одинарного «сахарозного мостика» с применением техники импульсной фиксации тока показана на рис. 1.

Одинарный «сахарозный мостик» посредством хлорсеребряных электродов Э с переходными «агаровыми контактами» включался в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя А1. При таком включении ток через мышечную полосу определяется выражением $i = \frac{U_{вх}}{R}$ и не зависит от параметров полосы.

Электронный ключ К1 управляется импульсным генератором Г.

Когда К1 замкнут, через препарат протекает импульс тока, который заряжает мембрану клетки. В тот момент, когда К1 разомкнут, ток через препарат не протекает, и на выходе А1 появляется сигнал, равный потенциалу мембраны в данный момент времени. Чтобы устранить колебания напряжения на выходе А1 во время протекания тока, в схему вводится электронный ключ К2, запоминающая емкость С и повторитель напряжения на А2. К2 работает в противофазе с ключом К1, для чего в схему вводится инвертор И. При таком режиме работы электронных ключей К1, К2 емкость С запоминает только потенциал мембраны. На рис. 2 показана электрическая

принципиальная схема импульсной фиксации тока. Электронные ключи K1, K2 выполнены на микросхемах MC1, MC3. Импульсный генератор собран на микросхеме MC5. Для того чтобы развязать цепь управления ключей K1, K2 от цепи коммутации используется изолирующий трансформатор Тр.

Таким образом, предлагаемая нами техника импульсной фиксации тока позволяет заменить метод двойного «сахарозного мостика» одинарным — для исследования элект-

Рис. 1. Блок-схема одинарного «сахарозного мостика» с применением техники импульсной фиксации тока.

а — тестирующий участок; б — сахарозный участок; в — участок с изотоническим раствором KCl; г — исследуемый препарат; д — резиновые перегородки; М — механотрон; Э — электроды; K1, K2 — электронные ключи; А1, А2 — операционные усилители; Г — генератор прямоугольных импульсов; И — инвертор; С — запоминающая емкость; R — токовое сопротивление; КСП — самопишущий прибор.

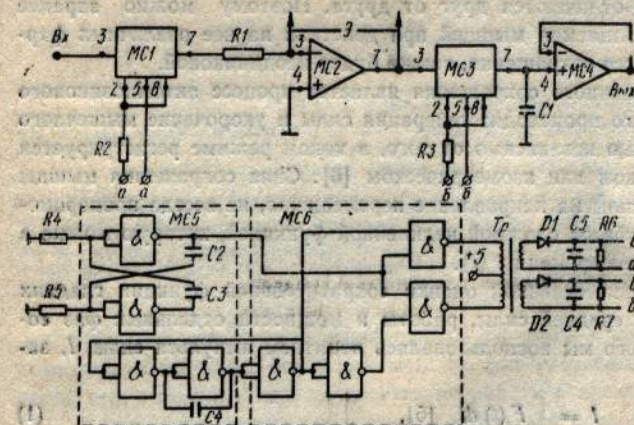
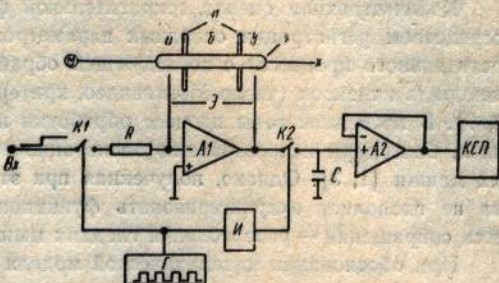


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема импульсной фиксации тока.

MC1, MC3 — микросхемы К101КТ1А; MC2, MC4 — микросхемы 544УД1Б; MC5 — микросхема 1Л1А553; MC6 — микросхема 1Л1А558; R1, R2... R7 — резисторы МЛТ-0,5: 5МОм, 1кОм, 2кОм, 2кОм, 5,1кОм, 5,1кОм; C1...C5 — конденсаторы КМ-6: 1000пФ, M22, M22 300пФ, 100пФ, 100пФ; Д1, Д2 — диоды КД503А; Тр — импульсный трансформатор МИТ-4.

рических и сократительных свойств мышечных полосок гладких, скелетных и прочих мышц. Этот метод позволяет также исследовать электрофизиологические свойства пучков нервных волокон.

Список литературы

1. Артеменко Д. П., Шуба М. Ф. Методика дослідження електричних властивостей нервових і м'язових волокон за допомогою поверхневих позаклітинних електродів. — Фізіол. журн., 1964, 10, № 3, с. 403—407.
2. Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники. М.: Сов. радио, 1976. 421 с.
3. Тараненко В. М. Влияние ионов кальция, бария и марганца на электрофизиологические свойства гладкомышечных клеток воротной вены. — Бюл. эксперим. биологии и медицины, 1974, № 4, с. 15—19.
4. Beeler G. W., McGuigan J. A. S. Voltage clamping of multicellular myocardial preparations: capabilities and limitations of existing methods. — Progr. Biophys. Molec., 1978, 34, N 2, p. 219—254.
5. Gargouil Y. M., Leoty C., Poindessault J. P., Raymond G. Evolution du courant initial global et de la contraction sur la fibre sinoauriculaire de grenouille. — C. r. Acad. sci. (Paris), 1969, 269, N 12, p. 1686—1689.
6. McGuigan J. A. S. Some limitations of the double sucrose gap, and its use in a study of the slow outward current in mammalian ventricular muscle. — J. Physiol., 1974, 240, N 4, p. 775—807.

Отдел нервно-мышечной физиологии
Института физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

Поступила в редакцию
26.VI 1980 г.