

УДК 612.82:615.844+615.849.11

Г. И. Ходоровский, А. М. Розенберг, В. Ф. Мыслицкий

МЕТОД ТЕЛЕСТИМУЛЯЦИИ МОЗГА

Применяемые в настоящее время способы телестимуляции мозга основаны на принципе радиоволновой связи [1]. Связь с подопытным животным осуществляется с помощью устройства, генерирующего не только необходимые экспериментатору стимулы, но и неизбежные в таких устройствах высокочастотные сигналы. Кроме того, во время работы устройства возникают радиопомехи; нестабильность необходимого в этом

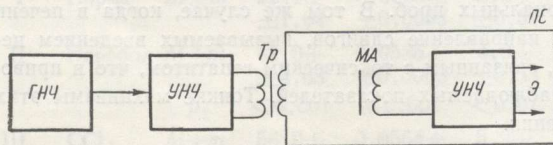


Рис. 1. Функциональная схема устройства для телестимуляции.

ГНЧ — генератор низкой частоты, УНЧ — усилитель низкой частоты, Tr — трансформатор, МА — магнитная антенна, Э — электроды, ПС — петля связи.

устройстве генератора высокой частоты снижает достоверность эксперимента; неоправданно сложен физический принцип, заложенный в устройство, для тех целей, для которых оно предназначено; вес приемника, который укрепляется на животном, не позволяет использовать метод на мелких животных.

Нашей задачей было изыскание метода телестимуляции мозга с использованием такого устройства, которое не создавало бы радиопомех, обладало размерами и весом, позволяющими применять его на мелких лабораторных животных, было бы надежным в работе и, помимо необходимой исследователю стимуляции, не оказывало побочного действия на организм. Поставленная цель достигается использованием телестимулирующего устройства, в основе которого лежит принцип индукционной связи.

Разработанное нами устройство состоит из двух частей: передатчика и приемника (рис. 1). Передатчик включает генератор низкой частоты и усилитель низкой частоты, работающие на петлю связи. Приемник состоит из магнитной антенны и усилителя низкой частоты.

На вход усилителя низкой частоты с генератора низкой частоты подаются стимулирующие сигналы, частоту которых можно изменять. В петле связи передатчика создается переменное магнитное поле заданной частоты. Равномерность магнитного поля, создаваемого петлей связи, достаточна для стимуляции животного в любой точке внутри петли связи. Это поле индуцирует в магнитной антенне приемника переменную э. д. с. с передаваемой частотой. Эта э. д. с. усиливается и подается на вживленные в мозг электроды.

Принципиальная схема передатчика приведена на рис. 2. Задающий генератор на транзисторе Т1 выполнен по схеме емкостной трехточки. Усилитель низкой частоты трехкаскадный. Выходной каскад — двухтактный усилитель мощности. Вторичная обмотка трансформатора Tr. 2 имеет отводы для согласования сопротивления петли связи с выходом усилителя. Регулировка мощности, отдаваемой в петлю, производится резистором R7. Мощность передатчика 15 Вт.

L1 — 2000 витков ПЭВ 0,18 с ферритовым стержнем марки 600НН Ø 8 мм и длиной 35 мм. Tr. 1 намотан на сердечнике III 16×16 $W_I=470$ ПЭВ 0,23, $W_{II}=200$ ПЭВ 0,35. Tr. 2: сердечник III 20×25 $W_I=110$ ПЭВ 0,8, $W_{II}=40$ ПЭВ 1,08. Петля связи ПЭВ 0,8 мм — длиной 20 м.

Принципиальная схема устройства для телестимуляции мозга. В петле связи индуктируется поле с передаваемой частотой сигнала. Во время движения животного...

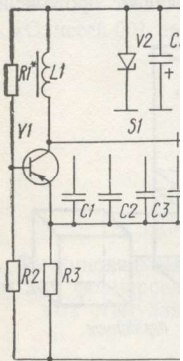
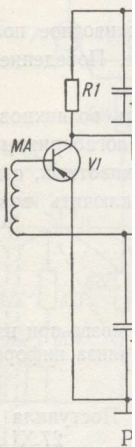


Рис. 2. Принципиальная схема приемника.



приемника изменяется. Для предотвращения перегрева предусмотрен ограничитель температуры стимуляции при перемещении животного.

L1 — 2000 витков ПЭВ 0,18 с ферритовым стержнем марки 600НН Ø 8 мм и длиной 40 мм. Питание производится от источника с регулируемым напряжением.

Габариты приемника 100×100×100 мм. Масса 35 г. Питание от источника 50 мВт.

Частота, на которой работает передатчик, выбирается из ряда: 1,0; 0,5; 0,33; 0,25; 0,2; 0,16; 0,125; 0,1; 0,08; 0,063; 0,05; 0,04; 0,03; 0,025; 0,02; 0,016; 0,0125; 0,01; 0,008; 0,0063; 0,005; 0,004; 0,003; 0,0025; 0,002; 0,0016; 0,00125; 0,001; 0,0008; 0,00063; 0,0005; 0,0004; 0,0003; 0,00025; 0,0002; 0,00016; 0,000125; 0,0001; 0,00008; 0,000063; 0,00005; 0,00004; 0,00003; 0,000025; 0,00002; 0,000016; 0,0000125; 0,00001; 0,000008; 0,0000063; 0,000005; 0,000004; 0,000003; 0,0000025; 0,000002; 0,0000016; 0,00000125; 0,000001; 0,0000008; 0,00000063; 0,0000005; 0,0000004; 0,0000003; 0,00000025; 0,0000002; 0,00000016; 0,000000125; 0,0000001; 0,00000008; 0,000000063; 0,00000005; 0,00000004; 0,00000003; 0,000000025; 0,00000002; 0,000000016; 0,0000000125; 0,00000001; 0,000000008; 0,0000000063; 0,000000005; 0,000000004; 0,000000003; 0,0000000025; 0,000000002; 0,0000000016; 0,00000000125; 0,000000001; 0,0000000008; 0,00000000063; 0,0000000005; 0,0000000004; 0,0000000003; 0,00000000025; 0,0000000002; 0,00000000016; 0,000000000125; 0,0000000001; 0,00000000008; 0,000000000063; 0,00000000005; 0,00000000004; 0,00000000003; 0,000000000025; 0,00000000002; 0,000000000016; 0,0000000000125; 0,00000000001; 0,000000000008; 0,0000000000063; 0,000000000005; 0,000000000004; 0,000000000003; 0,0000000000025; 0,000000000002; 0,0000000000016; 0,00000000000125; 0,000000000001; 0,0000000000008; 0,00000000000063; 0,0000000000005; 0,0000000000004; 0,0000000000003; 0,00000000000025; 0,0000000000002; 0,00000000000016; 0,000000000000125; 0,0000000000001; 0,00000000000008; 0,000000000000063; 0,00000000000005; 0,00000000000004; 0,00000000000003; 0,000000000000025; 0,00000000000002; 0,000000000000016; 0,0000000000000125; 0,00000000000001; 0,000000000000008; 0,0000000000000063; 0,000000000000005; 0,000000000000004; 0,000000000000003; 0,0000000000000025; 0,000000000000002; 0,0000000000000016; 0,00000000000000125; 0,000000000000001; 0,0000000000000008; 0,00000000000000063; 0,0000000000000005; 0,0000000000000004; 0,0000000000000003; 0,00000000000000025; 0,0000000000000002; 0,00000000000000016; 0,000000000000000125; 0,0000000000000001; 0,00000000000000008; 0,000000000000000063; 0,00000000000000005; 0,00000000000000004; 0,00000000000000003; 0,000000000000000025; 0,00000000000000002; 0,000000000000000016; 0,0000000000000000125; 0,00000000000000001; 0,000000000000000008; 0,0000000000000000063; 0,000000000000000005; 0,000000000000000004; 0,000000000000000003; 0,0000000000000000025; 0,000000000000000002; 0,0000000000000000016; 0,00000000000000000125; 0,000000000000000001; 0,0000000000000000008; 0,00000000000000000063; 0,0000000000000000005; 0,0000000000000000004; 0,0000000000000000003; 0,00000000000000000025; 0,0000000000000000002; 0,00000000000000000016; 0,000000000000000000125; 0,0000000000000000001; 0,00000000000000000008; 0,000000000000000000063; 0,00000000000000000005; 0,00000000000000000004; 0,00000000000000000003; 0,000000000000000000025; 0,00000000000000000002; 0,000000000000000000016; 0,0000000000000000000125; 0,00000000000000000001; 0,000000000000000000008; 0,0000000000000000000063; 0,000000000000000000005; 0,000000000000000000004; 0,000000000000000000003; 0,0000000000000000000025; 0,000000000000000000002; 0,0000000000000000000016; 0,00000000000000000000125; 0,000000000000000000001; 0,0000000000000000000008; 0,00000000000000000000063; 0,0000000000000000000005; 0,0000000000000000000004; 0,0000000000000000000003; 0,00000000000000000000025; 0,0000000000000000000002; 0,00000000000000000000016; 0,000000000000000000000125; 0,0000000000000000000001; 0,00000000000000000000008; 0,000000000000000000000063; 0,00000000000000000000005; 0,00000000000000000000004; 0,00000000000000000000003; 0,000000000000000000000025; 0,00000000000000000000002; 0,000000000000000000000016; 0,0000000000000000000000125; 0,00000000000000000000001; 0,000000000000000000000008; 0,0000000000000000000000063; 0,000000000000000000000005; 0,000000000000000000000004; 0,000000000000000000000003; 0,0000000000000000000000025; 0,000000000000000000000002; 0,0000000000000000000000016; 0,00000000000000000000000125; 0,000000000000000000000001; 0,0000000000000000000000008; 0,00000000000000000000000063; 0,0000000000000000000000005; 0,0000000000000000000000004; 0,0000000000000000000000003; 0,00000000000000000000000025; 0,0000000000000000000000002; 0,00000000000000000000000016; 0,000000000000000000000000125; 0,0000000000000000000000001; 0,00000000000000000000000008; 0,000000000000000000000000063; 0,00000000000000000000000005; 0,00000000000000000000000004; 0,00000000000000000000000003; 0,000000000000000000000000025; 0,00000000000000000000000002; 0,000000000000000000000000016; 0,0000000000000000000000000125; 0,00000000000000000000000001; 0,000000000000000000000000008; 0,0000000000000000000000000063; 0,000000000000000000000000005; 0,000000000000000000000000004; 0,000000000000000000000000003; 0,0000000000000000000000000025; 0,000000000000000000000000002; 0,0000000000000000000000000016; 0,00000000000000000000000000125; 0,000000000000000000000000001; 0,0000000000000000000000000008; 0,00000000000000000000000000063; 0,0000000000000000000000000005; 0,0000000000000000000000000004; 0,0000000000000000000000000003; 0,00000000000000000000000000025; 0,0000000000000000000000000002; 0,00000000000000000000000000016; 0,000000000000000000000000000125; 0,0000000000000000000000000001; 0,00000000000000000000000000008; 0,000000000000000000000000000063; 0,00000000000000000000000000005; 0,00000000000000000000000000004; 0,00000000000000000000000000003; 0,000000000000000000000000000025; 0,00000000000000000000000000002; 0,000000000000000000000000000016; 0,0000000000000000000000000000125; 0,00000000000000000000000000001; 0,000000000000000000000000000008; 0,0000000000000000000000000000063; 0,000000000000000000000000000005; 0,000000000000000000000000000004; 0,000000000000000000000000000003; 0,0000000000000000000000000000025; 0,000000000000000000000000000002; 0,0000000000000000000000000000016; 0,00000000000000000000000000000125; 0,000000000000000000000000000001; 0,0000000000000000000000000000008; 0,00000000000000000000000000000063; 0,0000000000000000000000000000005; 0,0000000000000000000000000000004; 0,0000000000000000000000000000003; 0,00000000000000000000000000000025; 0,0000000000000000000000000000002; 0,00000000000000000000000000000016; 0,000000000000000000000000000000125; 0,0000000000000000000000000000001; 0,00000000000000000000000000000008; 0,000000000000000000000000000000063; 0,00000000000000000000000000000005; 0,00000000000000000000000000000004; 0,00000000000000000000000000000003; 0,000000000000000000000000000000025; 0,00000000000000000000000000000002; 0,000000000000000000000000000000016; 0,0000000000000000000000000000000125; 0,00000000000000000000000000000001; 0,000000000000000000000000000000008; 0,0000000000000000000000000000000063; 0,000000000000000000000000000000005; 0,000000000000000000000000000000004; 0,000000000000000000000000000000003; 0,0000000000000000000000000000000025; 0,000000000000000000000000000000002; 0,0000000000000000000000000000000016; 0,00000000000000000000000000000000125; 0,000000000000000000000000000000001; 0,0000000000000000000000000000000008; 0,00000000000000000000000000000000063; 0,0000000000000000000000000000000005; 0,0000000000000000000000000000000004; 0,0000000000000000000000000000000003; 0,00000000000000000000000000000000025; 0,0000000000000000000000000000000002; 0,00000000000000000000000000000000016; 0,000000000000000000000000000000000125; 0,0000000000000000000000000000000001; 0,00000000000000000000000000000000008; 0,000000000000000000000000000000000063; 0,00000000000000000000000000000000005; 0,00000000000000000000000000000000004; 0,00000000000000000000000000000000003; 0,000000000000000000000000000000000025; 0,00000000000000000000000000000000002; 0,000000000000000000000000000000000016; 0,0000000000000000000000000000000000125; 0,00000000000000000000000000000000001; 0,000000000000000000000000000000000008; 0,0000000000000000000000000000000000063; 0,000000000000000000000000000000000005; 0,000000000000000000000000000000000004; 0,000000000000000000000000000000000003; 0,0000000000000000000000000000000000025; 0,000000000000000000000000000000000002; 0,0000000000000000000000000000000000016; 0,00000000000000000000000000000000000125; 0,000000000000000000000000000000000001; 0,0000000000000000000000000000000000008; 0,00000000000000000000000000000000000063; 0,0000000000000000000000000000000000005; 0,0000000000000000000000000000000000004; 0,0000000000000000000000000000000000003; 0,00000000000000000000000000000000000025; 0,0000000000000000000000000000000000002; 0,00000000000000000000000000000000000016; 0,000000000000000000000000000000000000125; 0,0000000000000000000000000000000000001; 0,00000000000000000000000000000000000008; 0,000000000000000000000000000000000000063; 0,00000000000000000000000000000000000005; 0,00000000000000000000000000000000000004; 0,00000000000000000000000000000000000003; 0,000000000000000000000000000000000000025; 0,00000000000000000000000000000000000002; 0,000000000000000000000000000000000000016; 0,0000000000000000000000000000000000000125; 0,00000000000000000000000000000000000001; 0,000000000000000000000000000000000000008; 0,0000000000000000000000000000000000000063; 0,000000000000000000000000000000000000005; 0,000000000000000000000000000000000000004; 0,000000000000000000000000000000000000003; 0,0000000000000000000000000000000000000025; 0,000000000000000000000000000000000000002; 0,0000000000000000000000000000000000000016; 0,00000000000000000000000000000000000000125; 0,000000000000000000000000000000000000001; 0,0000000000000000000000000000000000000008; 0,00000000000000000000000000000000000000063; 0,0000000000000000000000000000000000000005; 0,0000000000000000000000000000000000000004; 0,0000000000000000000000000000000000000003; 0,00000000000000000000000000000000000000025; 0,0000000000000000000000000000000000000002; 0,00000000000000000000000000000000000000016; 0,000000000000000000000000000000000000000125; 0,0000000000000000000000000000000000000001; 0,008; 0,0063; 0,005; 0,004; 0,00000

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 3. Переменное магнитное поле петли связи индуцирует в катушке магнитной антенны переменную э. д. с. 3—5 мВ с передаваемой частотой. В первых двух каскадах происходит усиление принятого сигнала. Во время движения животного в петле связи величина напряжения на входе

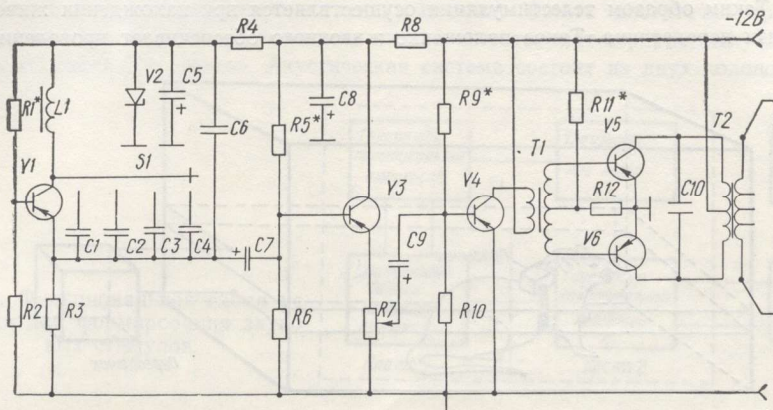


Рис. 2. Принципиальная схема передатчика.

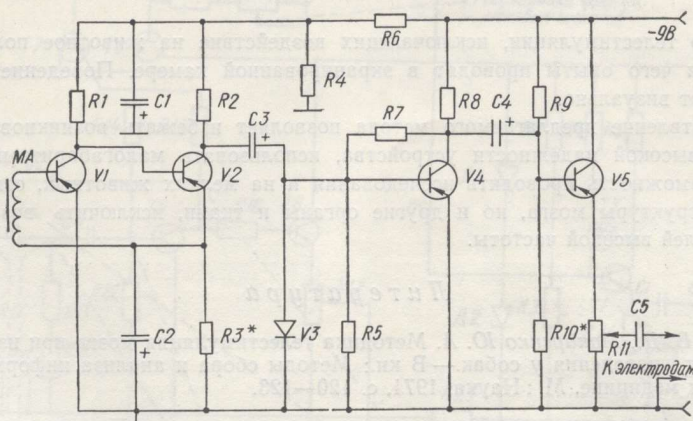


Рис. 3. Принципиальная схема приемника.

приемника изменяется. Для поддержания на выходе приемника постоянного напряжения предусмотрен ограничитель на транзисторе Т3. Этим сохраняется постоянный уровень стимуляции при перемещениях животного.

L1 — 2000 витков ПЭВ 0,1 на ферритовом стержне марки 600НН $\varnothing$ 8 мм и длиной 40 мм. Питание приемника осуществляется от шести аккумуляторов ДО-06. Для уменьшения веса приемника усилитель может быть выполнен на микросхеме К1УТ401А.

Габариты приемника на транзисторах 75 мм $\times$ 43 мм, вес 80 г. Габариты приемника на микросхеме 35 мм $\times$ 30 мм, вес 45 г. Мощность, потребляемая приемником 50 мВт.

Частота, на которой производится связь, зависит от емкости конденсатора, подключаемого к генератору. В варианте схемы, приведенной на рис. 2, использованы конденсаторы 1,0; 0,5; 0,33 и 0,25 мкФ, позволяющие производить раздражение с частотой 500; 1000; 1600; 2100 Гц соответственно.

Зона уверенного приема сигналов передатчика в горизонтальной плоскости равна полутора — двум площадям петли связи.

Лучшие условия приема обеспечиваются при вертикальном расположении антенны приемника. На подопытное животное укрепляют приемник и соединяют с предвари-