

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ВЫСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ИХ ГРУППОВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Бондарев С. В., Донченко Е. И.

Выполнен анализ факторов, снижающих помехоустойчивость емкостных датчиков высева пропашных культур при групповом использовании. Путем моделирования в программной среде Multisim был выполнен анализ негативного влияния одного датчика высева на соседний датчик, выявлено наличие наведенной помехи и её параметры. Основываясь на прототипе из предыдущих исследовательских работ, предложен и реализован способ повышения помехоустойчивости датчика, заключающийся в изменении схемотехнических параметров входного усилителя, что позволило тонко настраивать рабочие точки генераторов возбуждения датчиков. Определено соотношение частот, недопустимых для настройки генераторов возбуждения при групповом использовании датчиков.

Виконано аналіз факторів, що знижують завадостійкість ємнісних датчиків висіву пропашних культур при груповому використанні. Шляхом моделювання в програмному середовищі Multisim був виконаний аналіз негативного впливу одного датчика висіву на сусідній датчик, виявлено наявність наведеної перешкоди та її параметри. Ґрунтуючись на прототипі з попередніх дослідницьких робіт, запропонований і реалізований спосіб підвищення завадостійкості датчика, що полягає в зміні схемотехнічних параметрів вхідного підсилювача, що дозволило точно налаштувати робочі точки генераторів збудження датчиків. Визначено співвідношення частот, неприпустимих для настройки генераторів збудження при груповому використанні датчиків.

In this article, the analysis of the factors that reduce the noise immunity of capacitive seed cropping sensors for group use was made. By modeling in the Multisim software environment, an analysis of the negative effect of one seed sensor on a neighboring sensor was made, the presence of induced interference and its parameters was detected. Based on previous research prototype, a method for increasing the noise immunity of a sensor consisting in a change in the circuitry parameters of input amplifiers, which allows fine tuning of the operating points of the sensor excitation generators, is proposed and implemented. The ratio of frequencies that are inadmissible for tuning excitation generators in the case of group use of sensors is determined

Бондарев С. В.

студент каф. АПП ДГМА
serg42046@yandex.ru

Донченко Е. И.

ст. преп. кафедры АПП ДГМА

УДК 621.9.06

Бондарев С. В., Донченко Е. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ВЫСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ИХ ГРУППОВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Вследствие некачественного посева семян, недобор урожая составляет, в среднем, 5–30 %, в некоторых случаях до 50 % [1]. Выражая потери в денежном эквиваленте, применительно к сегодняшним условиям, на примере подсолнечника они составляют около 70 грн с гектара на каждый процент недополученного урожая. Таким образом, недополученная прибыль из-за некачественной сеялки может составлять десятки, а то и сотни тысяч гривен [1].

Основной задачей посева является точное распределение семян на поле, что обеспечивает заданную норму посева на гектар. Справиться с такой задачей сможет сеялка, информация о работе которой поступает в каждый момент времени. Для этого сеялки оснащаются специальными системами контроля посева с использованием датчиков емкостного типа. Принцип действия таких датчиков заключается в следующем: чувствительная зона образуется двумя обкладками датчика, установленными параллельно, между которыми существует поле с определенными параметрами. Семечка, пролетая через чувствительную зону, изменяет параметры поля. Это изменение считывается, обрабатывается и преобразовывается в сигнал.

Ряд сеялок имеет высевающий аппарат на основе делительной головки. Семяпроводы располагаются достаточно близко, что бы можно было говорить о групповом использовании емкостных датчиков посева. Практика использования показала, что при групповом использовании датчиков посева, между ними возникают емкостные связи, в результате чего сильно возрастает уровень шума и, как следствие, снижается достоверность регистрации.

Таким образом, целью данной работы является исследовать влияние работы одного датчика на ближайший другой датчик; разработать способ повышения помехоустойчивости работы датчиков в групповом режиме.

Вопрос регистрации посева пропашных культур исследуется сравнительно недавно – первые системы такого рода созданы около двадцати лет назад. В общем случае, обкладки датчика представляют собой прямоугольные пластины, расположенные параллельно [1]. При этом расстояние между пластинами, их площадь, и соотношение сторон изменяется в зависимости от применяемого высевающего аппарата, что заставляет искать способы автоматической подстройки измерительного канала датчика под конкретные реализации его механической части [2].

Коваль З. М. в своей диссертации [3] пишет, что бесконтактные емкостные и оптические датчики обеспечивают надежное срабатывание на одиночные семена в потоке. Распознавание двойных и тройных совокупностей затруднено, они регистрируются как одиночные семена. Легкие примеси в виде пленок тоже могут регистрироваться как семена.

Простейшие приспособления для настройки сеялок на норму посева в виде емкостей, вставляемых в полость сошника, позволяют определить количество семян, высеваемых на единицу пути, но требуют ручного счета и прогона агрегата на мерном участке пути [3].

Балашов А. В. в своей статье «Контроль посева семян на пропашных сеялках» [4] предлагает использовать систему контроля посева семян «Ритм».

Она включает, в зависимости от ширины захвата сеялки, от 8 до 24 емкостных датчиков посева, индуктивный датчик пути, контроллер с микропроцессором и кабельную разводку, соединяющую сеялку с кабиной трактора. Для улучшения механической прочности

и герметизации, схема залита эпоксидным компаундом. Пролет семян через датчик высева индицируется кратковременным загоранием светодиода.

Однако во всех рассмотренных случаях, датчики высева достаточно удалены друг от друга и задача группового использования авторами исследований не рассматривалась.

Современные сеялки точного высева пропашных культур проектируются как конструктивно-технологическое решение в зависимости от вида выполняемой работы. Широкое распространение получили сеялки модульного типа, которые выполнены в виде рамы на колесах, на которую крепятся определенное количество высевных модулей.

Расстояние между высевными модулями не велико, оно определяется нормой высева и может достигать до 100 мм. При таком близком расположении, ёмкостные датчики высева оказывают негативное влияние на работу друг друга. Исследование помехоустойчивости было выполнено при помощи моделирования работы близко расположенной пары датчиков в среде Multisim. Прежде всего, было выполнено моделирование схемы прототипа [1] (рис. 1).

Как рекомендовано в [1], для защиты входного усилителя от насыщения при воздействии низкочастотных помех было на входе установлен пассивный Г-образный ФНЧ первого порядка C2R1 (рис. 1). Полоса пропускания на уровне -3 Дб выбрана, исходя из минимальной рабочей частоты генератора возбуждения. Значение полосы пропускания фильтра в 100 кГц дает возможность подавить помехи 50 Гц более чем на 60 Дб.

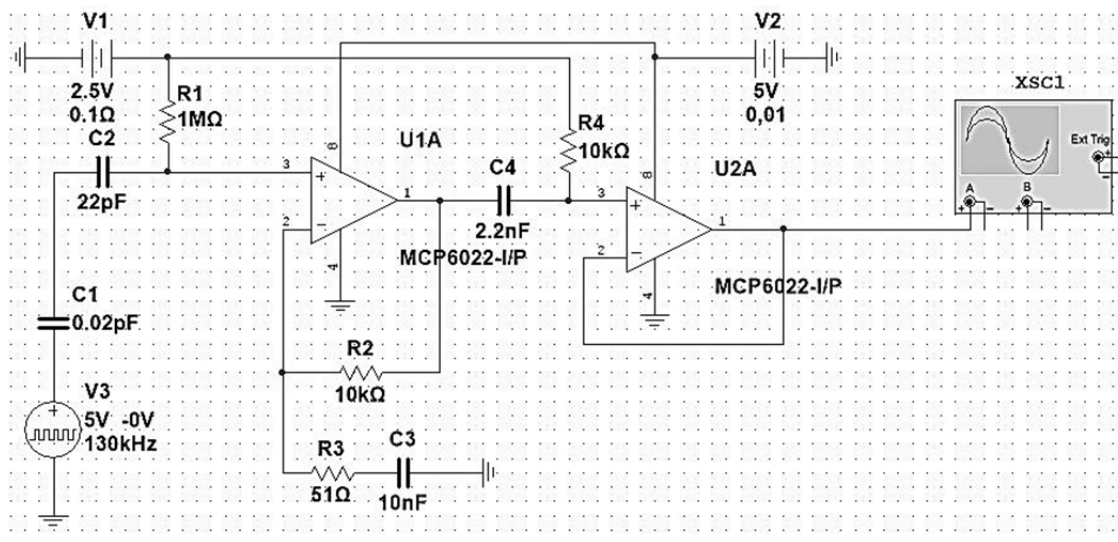


Рис. 1. Модель прототипа входного каскада емкостного датчика

Кроме того, для решения задачи управления коэффициентом передачи усилителя был использован резонансный усилитель, настроенного на частоту, близкую к 130 кГц.

Желательная амплитуда несущей частоты на выходе измерительного усилителя U1A была принята равной 3В, при напряжении питания усилителя 5 В. Это обусловлено наличием смещения выхода усилителя, достигающего у некоторых экземпляров усилителей 1,2–1,5 В, что обусловлено значительным номиналом сопротивления R1, определяющим как параметры ФНЧ, так и рабочую точку усилителя U1A. Для нивелирования влияния смещения синусоидального напряжения на работу детектора использован усилитель U2A, развязанный от U1A по постоянному току через фильтр C4. Резонансная частота усилителя определяется значениями R2C3. Добротность определяется сопротивлением R2. Коэффициент усиления – соотношением сопротивлений R2 и R3. Результаты моделирования прототипа приведены на рис. 2.

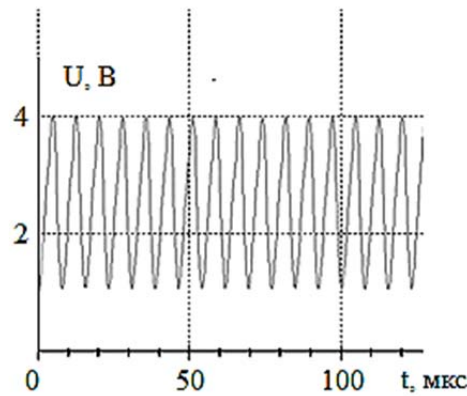


Рис. 2. Осциллограмма выходного сигнала прототипа

Результаты моделирования в целом подтверждают полученные в [1] данные. Выполним проверку влияния близкорасположенного датчика на модели прототипа.

На рис 3 генератор V4, подсоединенный через разделительный конденсатор C10, представляет собой модель влияния второго датчика. Частота генератора V4 близка по значению с частотой генератора V3. Результат влияния второго датчика и появившаяся наведенная помеха представлены на рис. 4.

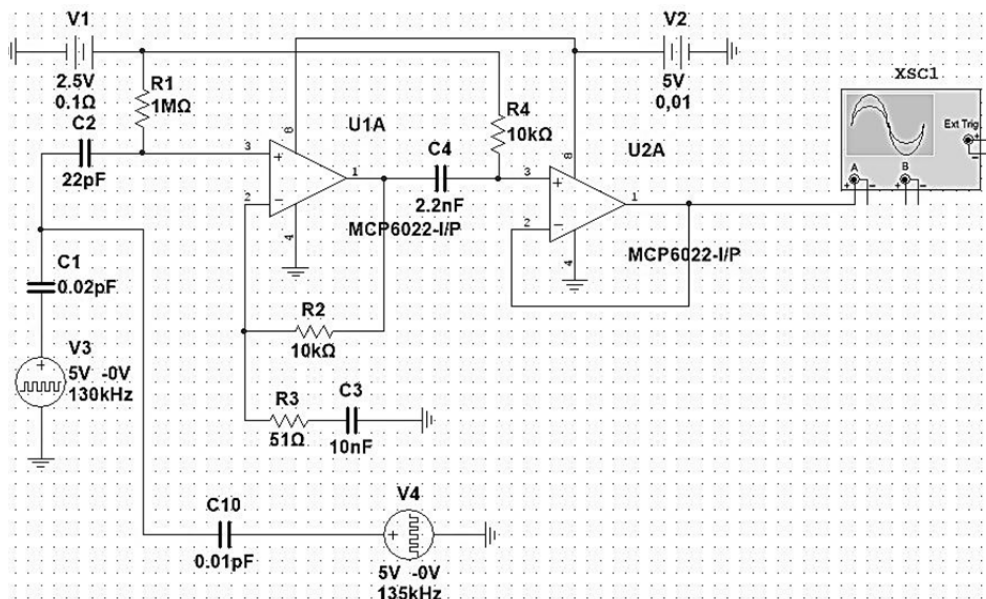


Рис. 3. Моделирование негативного влияния второго датчика

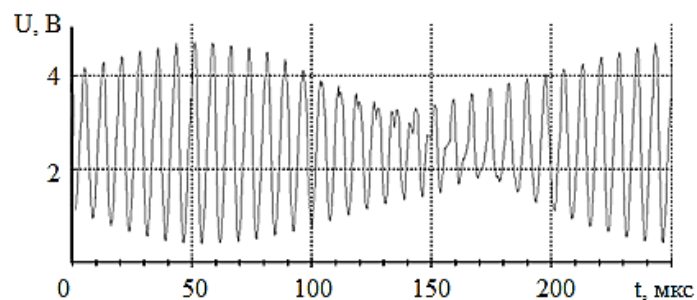


Рис. 4. Результат влияния второго датчика

Таким образом, модель прототипа чрезвычайно чувствительна к помехам от группового использования. Это обусловлено высокой добротностью используемого резонансного усилителя, ввиду чего для однотипных датчиков рабочие частоты практически одинаковы в 90 % случаев.

Предлагается проверить возможность разнесения рабочих частот датчиков. Для этого предлагается внести изменения в прототип с целью снижения добротности резонансного усилителя и расширения допустимых рабочих частот. Модифицированная схема, (рис. 5) отличается тем, что усиление первого каскада (и связанная с ним добротность) уменьшено, а второго увеличено. Это позволит тонко настраивать рабочие точки генераторов возбуждения датчиков. Результат моделирования показан на рис. 6.

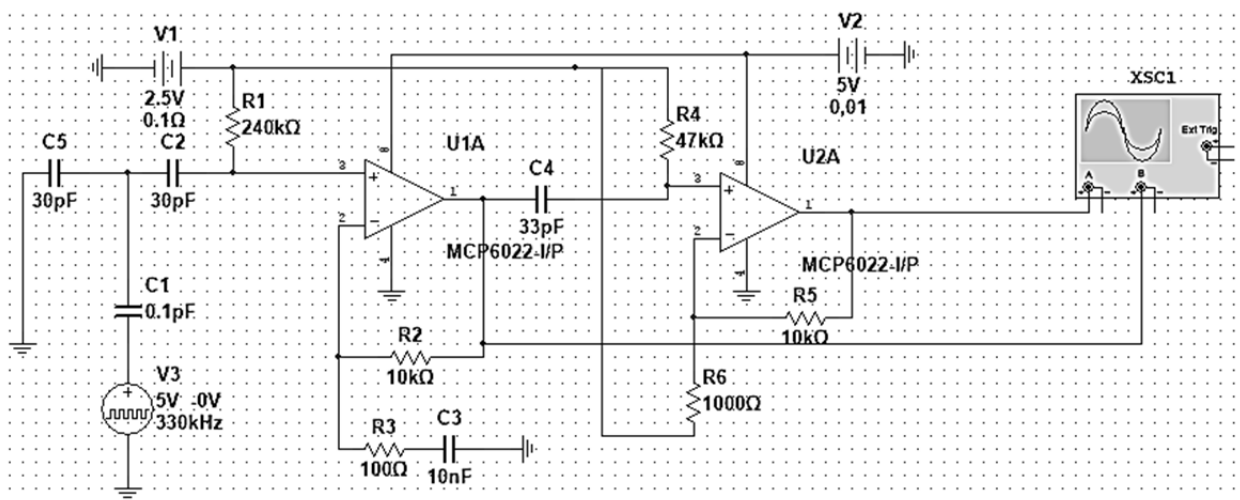


Рис. 5. Модифицированная схема выходного сигнала одного датчика

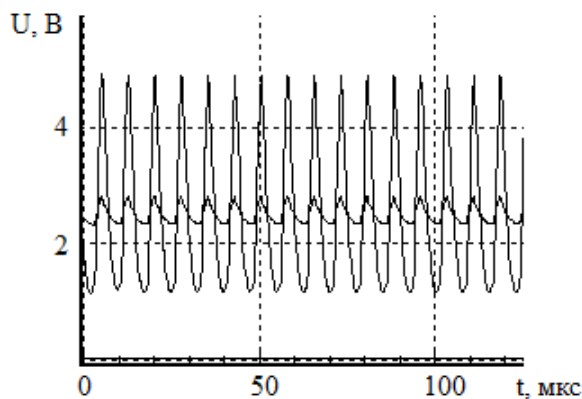
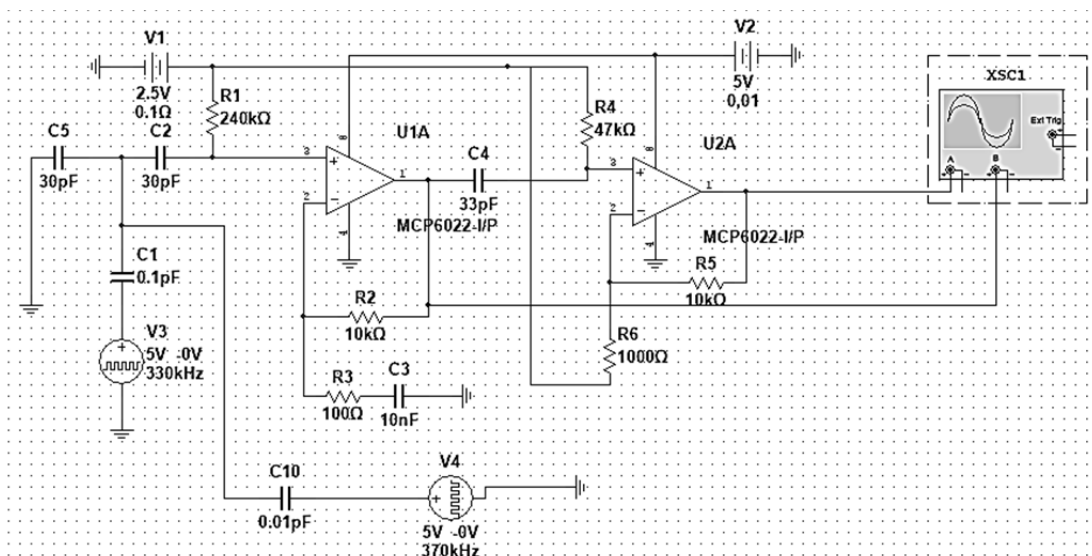


Рис. 6. Осциллограмма выходного сигнала модифицированной схемы

Проверим изменение выходного сигнала модифицированной схемы при подключении источника помех, представленного генератором V4. Схема с источником помех представлена на рис. 7, её выходной сигнал представлен на рис. 8.

Огибающая сигнала показывает наличие наведенной помехи. Характер помехи такой, что система контроля высева определяет увеличение амплитуды, как пролет семечки с постоянным интервалом времени, что недопустимо.

Если оба генератора возбуждения будут настроены на одинаковую частоту, то биения отсутствуют. Но получение таких результатов невозможно – по паспортным данным системный генератор микроконтроллера имеет допустимое отклонение частоты $\pm 5\%$, откуда, для пары датчиков расхождение частот может достигать 10 %.



Рису. 7. Модифицированная схема с подключенным источником помех

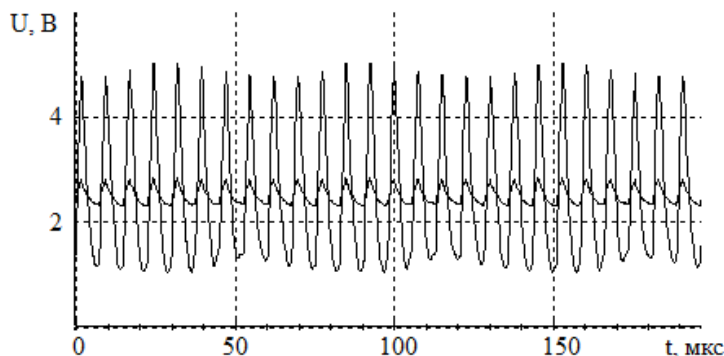


Рис. 8. Осциллограмма выходного сигнала модифицированной схемы с подключенным источником помех

Проведем моделирование, при котором частота генератора V3 будет постоянной и составит 330 кГц, а частота генератора V4 будет изменяться на 1 %, 3 %, 5 % и 10 % от частоты V3. Результаты моделирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты моделирования при постоянной частоте генератора V3 и изменяемой частоте генератора V4

	Частота генератора V3, кГц	Частота генератора V4, кГц	Частота импульса наведенной помехи, кГц	Длительность импульса наведенной помехи, мс
При разнице частот 1 %	330	333,3	3,3	0,303
При разнице частот 3 %	330	340	10	0,1
При разнице частот 5 %	330	346,5	16,5	0,0606
При разнице частот 10 %	330	363	33	0,0302

Результаты моделирования показывают, что расхождение частот генераторов обязательно вызывает появление наведенной помехи.

Проведем моделирование, при котором будем произвольно изменять частоту генератора V3, а частота генератора V4 будет изменяться по закону $V3 \times 1,05$. Результаты моделирования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты моделирования при 5 %-ом отклонении частоты генератора второго датчика

Частота генератора V3, кГц	Частота генератора V4, кГц	Частота импульса наведенной помехи, кГц	Длительность импульса наведенной помехи, мс
300	315	15	0,0665
310	325,5	15,5	0,0645
330	346,5	16,5	0,0606
340	357	17	0,0587
360	378	18	0,0554

Данное моделирование показывает, что частота наведенной помехи меньше 20 кГц, что не позволяет её отфильтровать в дальнейшем без потери информации о пролете семечки. Так же можно заметить следующую закономерность: частота наведенной помехи в точности равна разности частот двух генераторов возбуждения.

Проведем моделирование, в ходе которого будем подбирать произвольные частоты для обоих генераторов, причем частоты будут различаться между собой на большую величину. Результаты моделирования приведены в табл. 3.

Таблица 3

Частота импульса наведенной помехи

V4, кГц \ V3, кГц	273	294	304,5	315	325,5	336	346,5
260	13	34	44,5	55	65,5	76	86,5
280	7	14	24,5	35	45,5	56	66,5
290	17	4	14,5	25	35,5	46	56,5
300	27	6	4,5	15	25,5	36	46,5
310	37	16	5,5	5	15,5	26	36,5
320	47	26	15,5	5	5,5	16	26,5
330	57	36	25,5	15	4,5	6	16,5
340	67	46	35,5	25	14,5	4	6,5

В данной таблице, темным фоном отмечены соотношения частот, недопустимые для настройки генераторов возбуждения при групповом использовании.

По результатам проведенной работы, можно сделать вывод, что при близости значений тактовых частот генераторов возбуждения двух соседних датчиков, наводится помеха. При настройке датчика, для того чтобы система была работоспособна, следует искусственно развести частоты так, чтобы разница между ними составляла не менее 20 кГц, как показано в табл. 3.

Для выполнения детектирования сигнала, воспользуемся амплитудным детектором, который представлен на схеме элементами D1, R7 и C6 (рис. 9). Сигнал на выходе детектора в виде осциллограммы представлен на рис. 10.

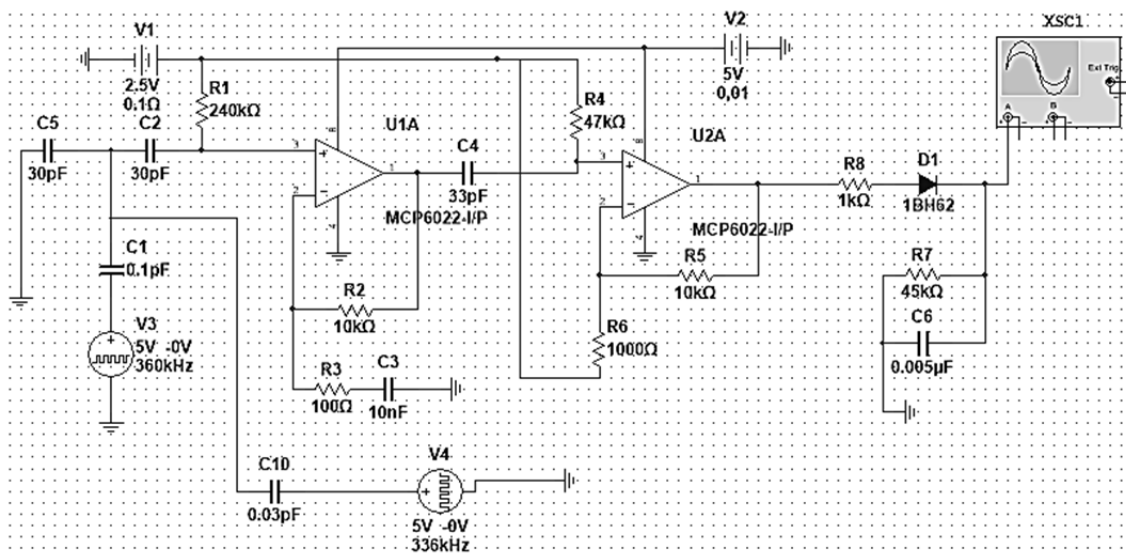


Рис. 9. Модель датчика с усилителем и амплитудным детектором

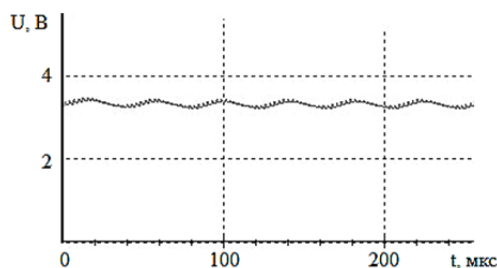


Рис. 10. Сигнал на выходе детектора

ВЫВОДЫ

В данной работе, путем моделирования в программной среде Multisim, был выполнен анализ негативного влияния одного датчика высева на соседний датчик, выявлены наличие и параметры наведенной помехи. Для повышения помехоустойчивости датчика была предложена модифицированная схема усилителя датчика с измененными коэффициентами усиления двух каскадов, что позволило тонко настраивать рабочие точки генераторов возбуждения датчиков. По результатам экспериментальных исследований выявлены запретные диапазоны рабочих частот для группового использования датчиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донченко Е. И. Исследование системы контроля количества малоразмерных неметаллических объектов / Е. И. Донченко, А. В. Шишкин, А. Е. Пантелеев // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем.* – 2013. – № 32.
2. Даценко П. В. Исследование энергосберегающих технологий в разработке датчика высева зерновых культур с целью увеличения времени непрерывной работы [Электронный ресурс] / П. В. Даценко, Е. И. Донченко // *Научный вестник ДГМА : сб. науч. трудов.* – 2015. – № 2(17E). – С. 39–45. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvdgma_2015_2_9.
3. Коваль З. М. Совершенствование методов и средств испытаний высевающих аппаратов точного высева: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Коваль Зинаида Михайловна ; [Азово-Черномор. гос. аграр. акад.]. – Новокубанск, 2010.
4. Балашов А. В. Контроль высева семян на пропашных севках / А. В. Балашов, Н. Ю. Пустоваров // *Материалы международной научно-практической конференции.* – 2016. – С. 217–225.