

ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНОГО УСИЛИТЕЛЯ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА ВЫСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Донченко Е. И.

Выполнен анализ факторов, снижающих помехоустойчивость емкостных датчиков высева пропашных культур. Путем моделирования в программной среде Multisim выполнен анализ влияния параметров используемых деталей на входной усилитель емкостного датчика высева. Предложен и реализован способ управления значением амплитуды сигнала на выходе усилителя, основанный на коррекции частоты сигнала при помощи управления коэффициентом деления формирующего генератора на базе микроконтроллера. Определена желательная амплитуда сигнала на выходе усилителя.

Виконано аналіз факторів, що знижують стійкість ємнісних датчиків висіву пропашних культур. Шляхом моделювання в програмному середовищі Multisim виконаний аналіз впливу параметрів використовуваних деталей на вхідний підсилювач ємнісного датчика висіву. Запропоновано і реалізовано спосіб управління значенням амплітуди сигналу на виході підсилювача, заснований на корекції частоти сигналу за допомогою управління коефіцієнтом ділення формуючого генератора на базі мікроконтролера. Визначено бажану амплітуду сигналу на виході підсилювача.

The analysis of the factors that reduce the noise immunity of capacitive sensors seeding row crops is made. By modeling in the software environment Multisim the analysis of influence of parameters of parts used in the input amplifier of the capacitive sensor seeding is made. A method of controlling the value of the amplifier output signal amplitude based on the frequency correction signal from the control division factor of the generator based on the forming of the microcontroller is proposed and realized. The desired amplitude of the signal at the amplifier output is defined.

Донченко Е. И.

ст. преп. каф. АПП ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.9.06

Донченко Е. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНОГО УСИЛИТЕЛЯ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА ВЫСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Вопрос регистрации высева пропашных культур исследуется сравнительно недавно – первые системы такого рода созданы около двадцати лет назад. Среди них важное место занимают системы, основанные на использовании емкостных датчиков высева, которые регистрируют движение семян по изменению емкости конденсатора, образованного обкладками датчика. В общем случае, обкладки датчика представляют собой прямоугольные пластины, расположенные параллельно [1]. При этом расстояние между пластинами, их площадь, и соотношение сторон изменяются в зависимости от применяемого высевающего аппарата, что заставляет искать способы автоматической подстройки измерительного канала датчика под конкретные реализации его механической части [2].

Цель работы – исследовать предложенный способ управления значением амплитуды сигнала на выходе усилителя.

Для проектирования датчика высева пропашных культур, способного автоматически подстраиваться под изменение параметров зоны измерения необходимо решить следующие задачи:

- 1) Выбрать схемотехническое решение для измерительной части емкостного датчика.
- 2) Предложить способ автоматической подстройки измерительного канала.

Существующие конструкции емкостных датчиков можно условно разделить на две группы: автогенераторные, основанные на генераторе с изменяемой емкостью частото задающей цепи и на системе с независимым питанием измерительного конденсатора. Исследование работы реальных высевающих аппаратов показали, что автогенераторные схемы работают недостаточно устойчиво, особенно в условиях с низкой влажностью, когда посевной материал электризуется при движении по пластиковым семяпроводам. Наиболее устойчивой к помехам оказалась именно вторая группа, в которой питание возбуждающей обкладки конденсатора [1] выполняется меандром с частотой 130 кГц.

Еще одним фактором, требующим повышения помехоустойчивости измерительного канала, является воздействие на приемную обкладку переменных электрических полей, возникающих при движении сеялки – остатки прошлогодней стерни, сухие стебли кукурузы и прочие предметы, участвующие в переносе электрических зарядов. Воспользуемся для оценки эффективной частоты воздействия этих факторов некоторыми допущениями:

- 1) Скорость движения сеялки v – номинальная 8 км/ч (2,22 м/с), максимальная 15 км/ч (4,1 м/с).
- 2) Наибольшую опасность представляют стебли кукурузы, их межкустовое расстояние s составляет обычно около 0,1 м.

Частота помехи на приемной обкладке:

$$f = \frac{v}{s}. \quad (1)$$

Таким образом, для номинальной скорости частота помехи составляет 22 Гц, а для максимальной – 41 Гц.

Однако самым сильным фактором помехи являются электрические поля промышленной частоты – 50 Гц. И хотя при испытаниях «в поле» уровень этих помех оказался пренебрежимо мал, при лабораторных исследованиях, а также стендовых

испытаниях в заводских условиях этой проблеме пришлось уделить самое пристальное внимание.

Для защиты входного усилителя от насыщения при воздействии промышленных помех было принято решение установить пассивный Г-образный ФНЧ первого порядка С2R3 (рис. 1). Полоса пропускания на уровне -3 Дб выбрана, исходя из рабочей частоты генератора. Задавшись значением полосы пропускания фильтра в 100 кГц, теоретически получили подавление помехи более чем на 60 Дб.

Однако, одной этой меры оказалось недостаточно. Было принято и опробовано решение использовать фильтр совместно с резонансным усилителем, настроенным на частоту, близкую к 130 кГц.

Коэффициент усиления U1A составляет около 50 Дб, АЧХ усилителя показана на рис. 2.

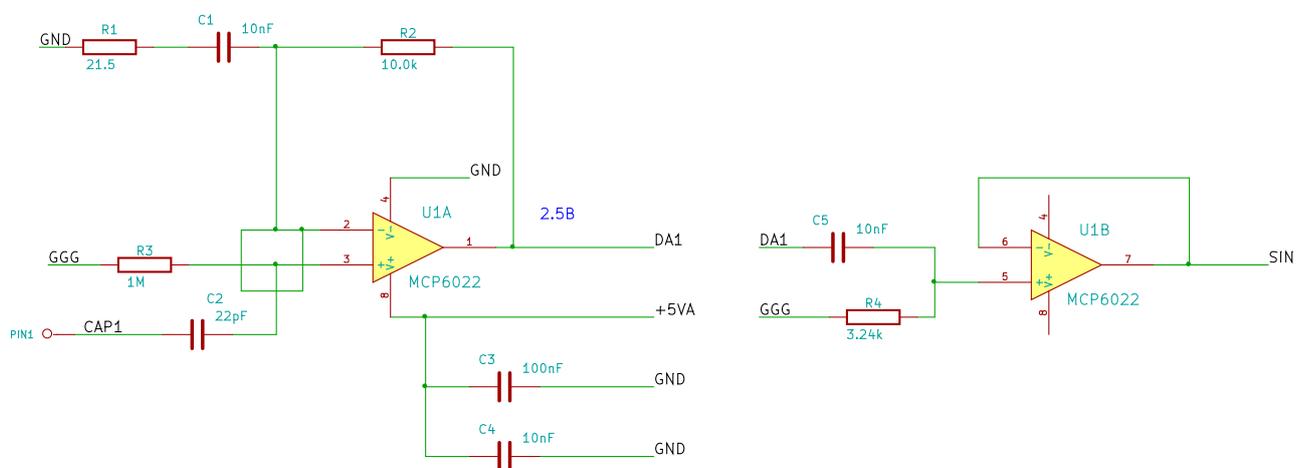


Рис. 1. Функциональная схема входного усилителя

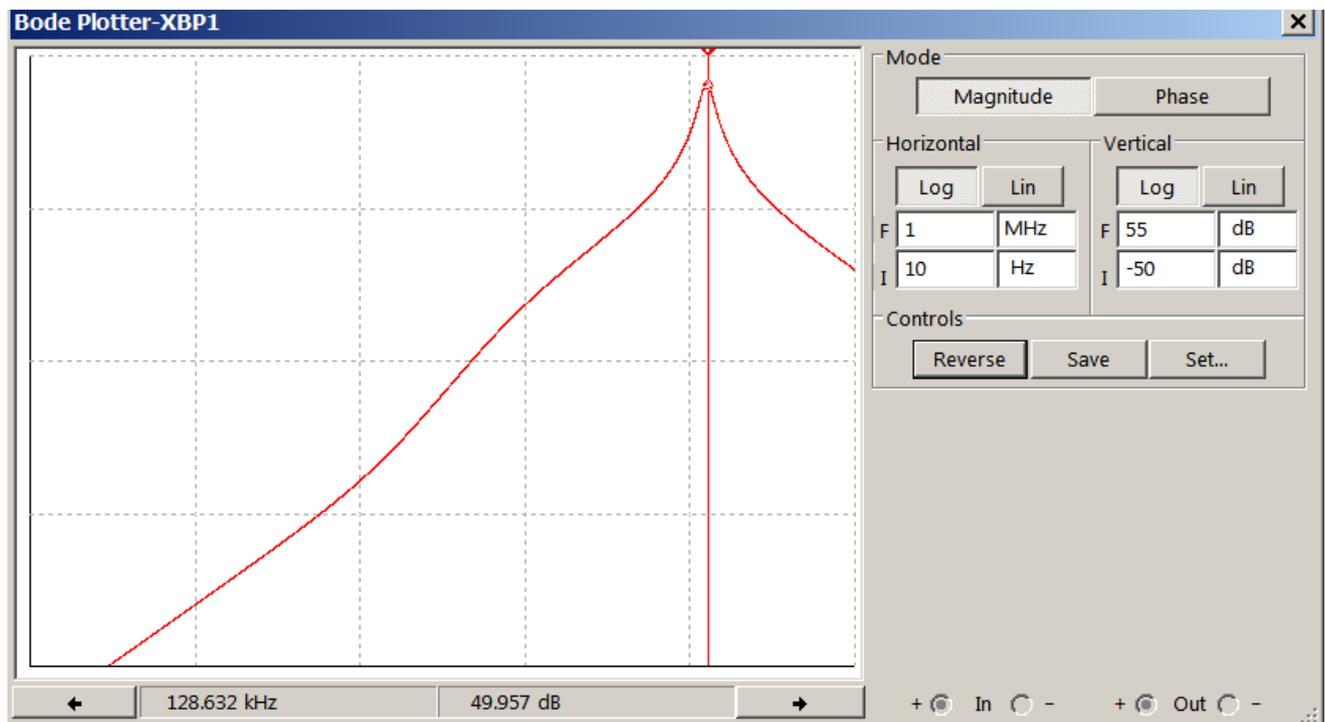


Рис. 2. АЧХ усилительного каскада U1A

Параметры усилителя сильно зависят от применяемого операционного усилителя, в частности, схема, показанная на рис. 1, работоспособна только с микросхемой МСР6022, имеющей граничную частоту полосы пропускания 10 МГц. Однако практика промышленного изготовления датчика показала отличную повторяемость усилителя более, чем на сотне экземпляров, изготовленных из различных партий операционных усилителей.

Желательная амплитуда несущей частоты на выходе измерительного усилителя U1A была принята равной 3 В, при напряжении питания усилителя 5 В. Это обусловлено наличием смещения выхода усилителя, достигающего у некоторых экземпляров 1,2-1,5 В, что обусловлено значительным номиналом сопротивления R3, определяющим как параметры ФНЧ, так и рабочую точку усилителя U1A. К сожалению, значение сопротивления R3, равное 1 Мом, не может быть уменьшено из-за влияния на параметры измерительного конденсатора датчика.

Для нивелирования влияния смещения синусоидального напряжения на работу детектора использован усилитель U1B, развязанный от U1A по постоянному току через фильтр С5.

Практическое исследование усилителя, выполненное с использованием основных пропашных культур (подсолнечника и кукурузы) показало, что при амплитуде несущей на выходе усилителя 3 В, амплитуда модулирующего сигнала при внесении одного зернышка составляет:

- для семечек 9 мВ;
- для кукурузы 25 мВ.

Для более мелких культур (например, сорго) амплитуда составляет 3-5 мВ.

Очевидно, что при такой амплитуде полезного сигнала на выходе усилителя, на его входе (при коэффициенте усиления 50 Дб) уровень полезного сигнала становится сравним как с собственными шумами усилителя, так и различными наводками. Для их минимизации были применены различные решения, как схемотехнические, так и конструктивные – цифровая и аналоговая части разнесены по плате датчика. К конструктивным решениям также можно отнести использование «золотого кольца» – замкнутой дорожки вывод 2 U1A вокруг входа 3, условно показанное на рис. 1.

Для теоретического изучения влияния отклонения параметров деталей на характеристики усилителя было проведено моделирование в среде Multisim. Фрагмент модели датчика показан на рис. 3. Конденсатор С1 представляет собой междуэлектродную емкость измерительного конденсатора датчика, С0 – емкость измерительного электрода относительно земли [1]. Измерительный прибор ХВР1 предназначен для измерения АЧХ усилителя.

В табл. 1 показаны численные значения изменения коэффициента усиления и частоты при отклонении значений сопротивлений и емкостей от номиналов. Для моделирования принято отклонение от номинала +-10%, характерное для наиболее распространенных и доступных деталей.

Резонансная частота усилителя определяется значениями R1C3. Добротность определяется сопротивлением R3. Коэффициент усиления – соотношением сопротивлений R1 и R3.

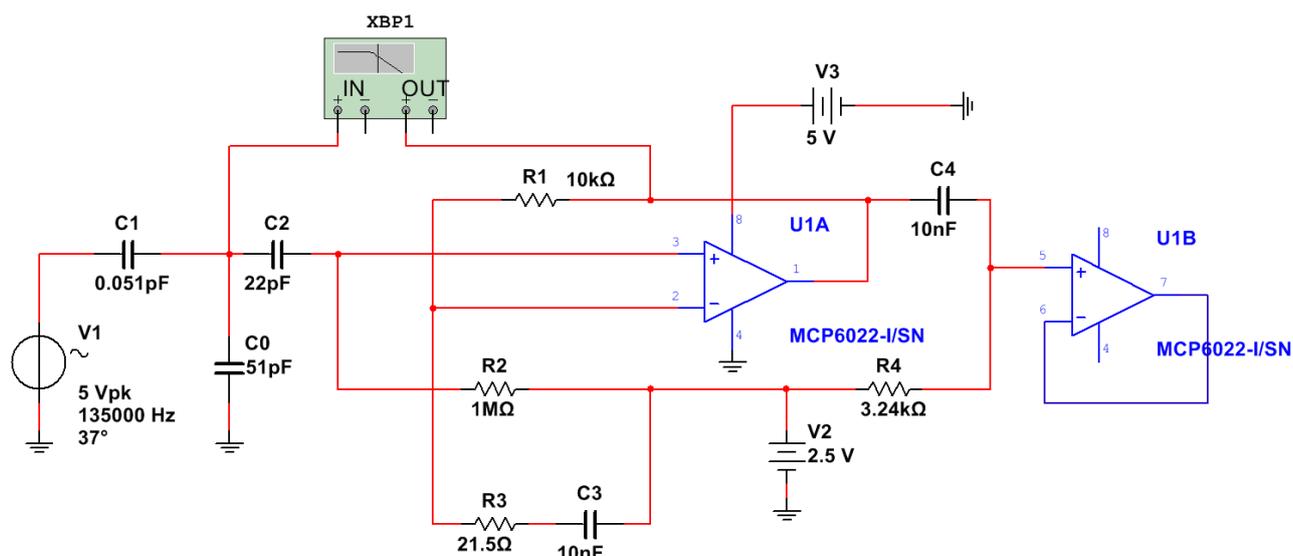


Рис. 3. Модель усилителя датчика в Multisim

Таблица 1

Влияние отклонения параметров деталей на резонанс

Позиционное обозначение, отклонение	Частота, kHz	Амплитуда, Дб
Нет отклонения	125,91	50,8
C2+2pF=24pF	125,91	51,0
C2-2pF=20pF	125,91	50,6
R1+1kOm=11kOm	120,31	51,7
R1-1kOm=9kOm	131,68	49,8
C3+1nF=11nF	120,23	50,9
C3-1nF=9nF	132,61	50,6
R2+0,1MOM=1,1MOM	125,91	50,8
R2-0,1MOM=0,9MOM	125,91	50,8
R3+2Om=23,5Om	125,91	50,1
R6-2Om=19,5Om	125,91	51,6

Таким образом, для достижения повторяемости конструкции усилителя необходимо обеспечить подстройку коэффициента усиления. Этой цели можно достичь, используя подстроечные элементы, например, цифровые потенциометры. Однако, на рабочей частоте 130 кГц параметры недорогих цифровых потенциометров неудовлетворительны, использование более совершенных моделей экономически неоправдано.

Для решения указанной проблемы предложено изменять частоту генератора. Так, используя для генерации меандра недорогие микроконтроллеры Cortex M0 со стандартной частотой 48 МГц на выходе МАТ таймера-счетчика (коэффициент деления четный), можно получить ряд частот с шагом от 0,7 до 0,4 кГц. В табл. 2 показан фрагмент ряда частот с указанием соответствующего ему коэффициента усиления.

Таблица 2

Фрагмент ряда частот с указанием соответствующего ему коэффициента усиления

Делитель	Частота резонанса, кГц	Усиление, Дб
382	125,7	50,849
384	125,0	50,789
386	124,4	50,689
476	100,8	42,133
478	100,4	41,995
480	100,0	41,857

ВЫВОДЫ

В предложенной системе выполняется автоматическая подстройка по амплитуде на выходе усилителя. Таким образом, для коррекции амплитуды выполняется подстройка частоты импульсов возбуждения датчика так, чтобы амплитуда синусоидального напряжения на выходе усилителя не превышала напряжения питания, с учетом возможного смещения нулевой точки. По результатам экспериментальных исследований выявлено, что рекомендуемая амплитуда колебаний не должна превышать 3,5 В, при больших значениях амплитуды сигнала его линейность снижается, что приводит к снижению метрологических характеристик датчика, в частности его помехоустойчивости.

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* : збірник наукових праць. – Краматорськ ДДМА, 2013. – Вип. №32.
2. Даценко П.В. Исследование энергосберегающих технологий в разработке датчика высева зерновых культур с целью увеличения времени непрерывной работы / П. В. Даценко, Е. И. Донченко // *Научный вестник ДГМА*. – Краматорск : ДГМА, 2015. – №2(17E) – С. 39–45.

Статья поступила в редакцию 18.05.2016 г.