

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЯКОВ

*В. А. Королев, В. Н. Топорков, И. К. Жмакин,
кандидаты технических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства», г. Москва, Россия
e-mail: gnuvieshinfo@yandex.ru*

Аннотация. Принципы функционирования и построения электроимпульсных устройств (ЭИУ) для уничтожения сорняков предусматривает интеграцию инновационных электроимпульсных технологий и технических средств их реализации с перспективными индустриальными технологиями производства продукции (точное, дифференцированное земледелие и т. п.). Определен состав электроимпульсных культиваторов для борьбы с сорняками. Модульные компоненты в структуре ЭИУ выбираются в зависимости от требований конкретной технологии, условий применения. Параметры компонентов подстраиваются под реальные условия реализации выполняемых процессов, характеристики объекта воздействий. Алгоритм функционирования ЭИУ предусматривает корректировку параметров выполняемых технологических процессов, а также прогнозирование изменений их характеристик.

Ключевые слова: сорные растения, электрокультиватор, электрический импульс, высокое напряжение

Уничтожение сорняков – один из важнейших необходимых процессов в комплексе технологий производства продукции растениеводства. В аспекте экологичности, снижения стоимости и затрат энергии принципиальными преимуществами, по сравнению с другими, обладает технология уничтожения сорняков импульсами высокого напряжения (ТИВН) с применением электроимпульсных устройств (ЭИУ) [1].

Кроме ТИВН, существуют технологии и технические устройства уничтожения сорняков с воздействиями синусоидальным током высокого напряжения промышленной частоты (ЧИМЭСХ, ф. Lasko, США и др.) [2]. Однако эти технологии более энергоемкие, по сравнению с ТИВН, т.к. синусоидальные воздействия оказывают на клетки растительных тканей сорняков исключительно тепловые воздействия.

Цель исследований – обоснование принципов построения и функционирования электроимпульсных устройств для уничтожения сорняков.

Материалы и методика исследований. К настоящему времени накоплен большой научно-практический задел в части создания и применения ЭИУ для борьбы с сорняками на базе ТИВН. Выполненные исследования были завершены ОКР с разработкой специальных источников электроснабжения, рабочих органов, систем управления процессами, адаптации транспортных баз существующих образцов тягово-транспортных рабочих агрегатов для применения с ЭИУ. Хотя результаты хозяйственных испытаний образцов были положительные и ЭИУ показали высокие технико-экономические характеристики, в связи с изменившимися экономическими условиями, до промышленного внедрения результаты исследований по ТИВН не дошли.

Инновационные разработки агропроизводства (технологии и технические средства их реализации), эффективность которых подтверждена практически, в частности ТИВН, должны быть совместимы с перспективными индустриальными технологиями производства продукции (точное дифференцированное земледелие и т.п.) [3], а также технологиями, используемыми в небольших фермерских хозяйствах. Для возможности ускорения широкого внедрения ЭИУ в производство и практику целесообразно адаптировать полученные результаты к современным требованиям агропроизводства, выполнить анализ, структурировать и классифицировать полученные знания, выделить, доработать и унифицировать имеющиеся технические решения в соответствии с современным состоянием развития техники и технологий.

Один из основополагающих положений современных подходов к исследованию агротехнологических систем рассматривает технические устройства обеспечения и поддержки агротехнологических процессов, как элементы техноценозов (ТЦ) – техногенной части открытых природно-техногенных метасистем – АТЦ. Природные структуры агротехноценозов (АТЦ) – биоценозы (БЦ), включающие живые, способные к саморазвитию, саморегуляции и сохранению генетической информации, неограниченное время растительные структуры, первичные по отношению к ТЦ, а природные процессы изменения растительных структур и внешней среды для процессов в ТЦ – ведущие. Фактор зависимости режимов функционирования элементов ТЦ от состояния природной составляющей АТЦ при выполнении технологических процессов производства агропродукции – один из важнейших в настоящее время [3, 4].

Максимальную продуктивность объекта аграрного производства, низкие затраты материально-технических ресурсов в реализациях агропроцессов обеспечивает осознанно организованная адаптация параметров функционирования техногенных устройств под реальные и прогнозные изменения природной составляющей АТЦ. Прогнозирование хода процессов, выделение (выбор) управлений, стимулирующих и оказывающих наибольшее положительное влияние на выполняемые процессы, наряду с перечисленными факторами, являются приоритетными в реализациях агротехнологий.

Результаты исследований. Для формализации структуры ЭИУ рассмотрим его место в АТЦ. Из рис. 1 можно определить важнейшие факторы, влияющие на технико-экономические характеристики процессов уничтожения сорняков. В пределах агрогодья на его разных участках развитие сорняков неравномерно, а состояние неодинаково. Отдельные участки агрогодья требуют усиленной обработки, а на других выполнение технологических операций уничтожения сорняков может быть смещено на более поздний период времени.

Таким образом, в ходе реализации агропроцессов нужна динамичная (обновляемая в режиме реального времени) информация об изменении объекта воздействия (сорняков). Получение этой и другой подобной информации осуществляют с помощью современных устройств технического зрения, размещаемых на стационарных конструкциях либо мобильных подвижных объектах наземных или летающих). Подобные устройства должны использоваться (единолично или кооперативно с другими системами агротехнологий) в составе ЭИУ. Причем, поскольку на больших агрогодьях может использоваться не один, а группа ИЭУ, система управления ими должна по технологиям «взаимодействия роя» осуществлять оперативное управление выполняемыми процессами.

Длительный опыт исследований ТИВН и анализ практических результатов применения ЭИУ позволили однозначно определить необходимый минимум элементов в составе технических устройств для уничтожения сорняков электрическими импульсами высокого напряжения:

- первичный источник электроэнергии (ПИЭ); блок высоковольтных импульсов (БВИ); рабочие органы (РО); транспортная база для размещения и доставки на поле компонентов ЭИУ;
- первичный источник электроэнергии (ПИЭ); блок высоковольтных импульсов ЭИУ.

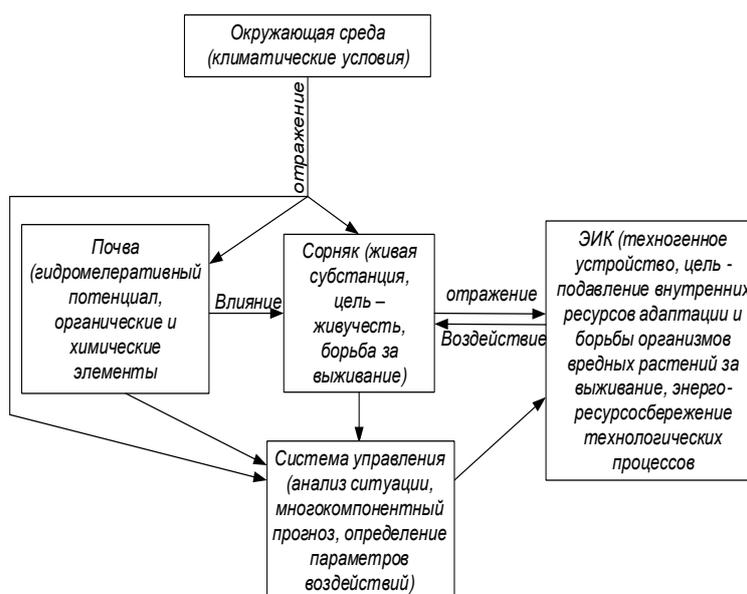


Рис. 1. Взаимодействие техногенной и природной составляющих АТЦ в реализациях процессов уничтожения сорняков на агрогодьях

Формирование структуры ЭИУ выполнено исходя из следующих положений:

- необходимость наличия элементов, обеспечивающих полное и эффективное выполнение технологических процессов на разных фазах их реализации;
- максимальное подавление внутренних ресурсов адаптации и борьбы организмов вредных растений за выживание;
- учёт превалирования природной составляющей АТЦ над техногенной;
- осознанно организованная адаптация параметров функционирования техногенных устройств под реальные и прогнозные изменения природной составляющей АТЦ;
- обеспечение и реализация превентивного опережающего управления энерго- и ресурсосберегающими режимами работы технологического оборудования.

Дальнейшие рассуждения приведены применительно к использованию ЭИУ в новейших экологически чистых энергоэффективных технологиях и системах растениеводства (ГИС, ТЗ и т. п.) [3]. В концепции этих технологий присутствует требование применения модульных структур, многофункциональность в реализациях рабочих технологических машин.

Состав элементов ЭИУ и связи между ними, с учётом изложенных положений и имеющегося научно-практического задела, приведены на рис. 2.

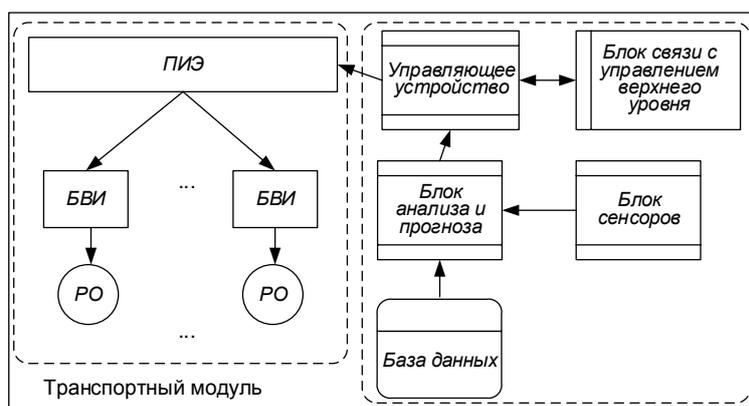


Рис. 2. Структурная схема ЭИУ

В качестве ПИЭ возможно применение различных устройств автономного (генератор, как правило, синхронный повышенной частоты с приводом от вала отбора мощности транспортного модуля либо от специального двигателя внутреннего сгорания) или централизованного электроснабжения (промышленный стандарт, однопроводниковая резонансная система). По условиям упрощения и удешевления конструкции, трансмиссии, снижения затрат при эксплуатации,

рационален вариант использования автономного генератора с приводом от вала отбора мощности. Последние исследования выявили перспективность использования резонансной системы.

Функцией БВИ является преобразование энергии (синусоидального напряжения) первичного источника электроэнергии в энергию высоковольтных импульсов с необходимыми параметрами: амплитуда, форма (крутизна фронта и спада), энергия, – мощности ЭИУ. Прямоугольный импульс с бесконечно большой крутизной фронта – наиболее подходит для рассматриваемых процессов. Гарантировано необходимые параметры импульсов обеспечивают классические схемы высоковольтных импульсных источников различных технологических процессов на базе емкостных накопителей энергии с разрядом конденсатора на рабочий промежуток и далее на сорняк – через коммутирующие (разрядные) устройства. В источниках с индуктивными накопителями на крутизну фронта импульсов тока существенно влияет индуктивность цепи «источник – РО – сорняк – земля».

В настоящее время разрабатываются схемы ЭИУ с использованием *IGBT*-транзисторов с возможностью формирования импульса заданной формы, регулируемой энергией импульса, в частности, на базе однопроводниковой резонансной системы. Новое решение существенно увеличивает производительность ЭИУ и сокращает энергоёмкость процессов.

Конструкции РО и параметры воздействий на сорняки для различных этапов технологических процессов неодинаковы.

При выборе конструкции РО для уничтожения всходов и взрослых сорняков анализировались способы подачи на растения высоковольтных электроимпульсов напряжения, особенности и условия применения, виды и стадии развития сорняков. Как основная принята схема с подведением к сорнякам электроэнергии через цепь “навесной электрод – стебель растения – корневая система – почва – заглубленный электрод”, используя в качестве заглубленного в почву электрода вращающийся дисковый нож, а в качестве навесных электродов – изолированные от транспортной базы металлические прутки. Навесные электроды регулируются по высоте и по ширине. Для исключения эффектов шунтирования, РО выполняются в виде секций (модулей). Для сокращения энергоёмкости процесса электропрополки (уменьшение влияния эффекта шунтирования значительной части сорняков сорняками, электрическая проводимость которых минимальна по цепи «РО – почва из-за существенного разброса значений электрических сопротивлений сорняков: десятки кОм – несколько мОм) при повышении производительности ЭИУ БВИ и РО реализуются в виде нескольких независимых по электроснабжению модулей.

В ходе реализации процессов уничтожения сорняков необходима интер-активная динамичная (обновляемая в режиме реального времени) информация об изменении сорняков (объекта воздействия). Получение этой и другой необходимой информации осуществляют с помощью

сенсорных устройств, средств технического зрения, размещаемых на стационарных конструкциях либо мобильных подвижных объектах наземных или летающих). Подобные устройства должны использоваться (единолично или кооперативно с другими системами агротехнологий) в составе ЭИУ.

В составе ЭИУ функции обеспечения информацией в ходе выполнения технологических процессов на конкретных участках агроугодий выполняет блок сенсоров, элементы которого смонтированы на ЭИУ либо распределены по полю. Эта информация включает сведения о значениях параметров технологического процесса (виды, количество, размеры, электрическая проводимость растений на разных участках угодья, метеоданные и др.), тенденциях изменения этих параметров.

Для текущего планирования и выполнения технологических операций информация от блока сенсоров поступает в блок анализа и прогноза (рис. 2, 3). Необходимость текущего планирования возникает в ситуациях, когда характеристики процессов не соответствуют параметрам и режимам технологических карт технологических операций, и предполагает оперативную корректировку параметров выполняемых процессов с изменением режимов работы оборудования. По результатам обработки имеющейся информации, блок анализа и прогноза вырабатывает команды для задания режимов работы БВИ, пространственному расположению РО, скорости движения транспортной базы и т. п.



Рис. 3. Схема алгоритма работы ЭИУ

Другой функцией блока анализа и прогноза является планирование технологических операций на перспективу, выявление предикторов выполняемых процессов и их прогнозирование. В последнем случае, блок анализа и прогноза использует информацию о реализациях подобных процессов ранее (база данных), а также данные, получаемые от системы вышестоящего уровня через блок связи с управлением верхнего уровня. В ходе анализа информации выявляются депрессивные участки земельного угодья, где число сорняков наибольшее, и на эти участки перебазируют ЭИУ в первую очередь. Причём, поскольку на агроугодьях с большими площадями может использоваться не один, а группа ЭИУ, система управления ими должна по технологиям «взаимодействия роя» осуществлять оперативное управление выполняемыми процессами.

Генерирование команд для задания режимов работы БВИ осуществляется непосредственно в зависимости от реального состояния сорняков на земельном угодье с учетом операций, включённых в технологическую карту процессов. При этом весь цикл функционирования ЭИУ представляют в виде агрегатной модели [7], структура которой в зависимости от реальных условий может корректироваться. Элементарный технологический процесс уничтожения сорных растений разделяют на два этапа.

На первом этапе уравнивают значения электрических проводимостей сорных растений. Для этого сорные растения подвергают воздействиям электрических импульсов высокого напряжения малой энергии (амплитуда – 30–35 кВ, энергия – 0,05–0,1 Дж). При этом мембраны клеток сорных растений оказываются под воздействием электрического поля высокой напряжённости. Из-за более высокого тургорного давления, больших размеров и малой суммарной толщины мембран в центральных частях стеблей и корней сорных растений, по сравнению с клетками на периферии стеблей и корней, пробиваются мембраны клеток в центре стебля и корня сорного растения. В результате этого, клеточное вещество выходит в межклеточник, сопротивления стеблей и корней различных сорных растений, контактирующих с рабочим органом устройства, уменьшаются и становятся приблизительно одинаковыми, соответствуют проводимости протоплазмы разрушенных клеток сорных растений.

Однако разрушения всех структур сорного растения на первом этапе технологической операции не происходит, так как энергия импульса незначительна, и в результате воздействия высокой напряжённости разрушаются только мембраны растительных клеток в средней части стебля или корня растения, и если процесс уничтожения сорного растения прекратить, то через небольшое время после снятия воздействий процессы регенерации живых тканей в сорных растениях могут полностью восстановить свои функции. Далее по величине сопротивления оценивают характеристики сорняков непосредственно после воздействия. Если растения не полностью уничтожены ($R_{\text{растений}} >$

$R_{доп}$), на них повторно подают импульсы высокого напряжения. Отличием вторичного воздействия является задание высокоплотных импульсов заданных (необходимых для полного уничтожения растений) энергии, частоты и напряжения [5, 6].

Кроме непосредственного контроля параметров процесса в ходе его выполнения, осуществляют оценку характеристик сорняков на всем земельном угодье и, используя результаты этой оценки, информацию об изменении параметров внешней среды, базу данных о реализациях аналогичных процессов, выполняют прогноз изменения параметров выполняемых процессов и объекта воздействия на ближайшую перспективу либо на другой заданный период времени (рис. 4). Для определения прогнозных зависимостей используются методы «нечеткого» моделирования, а также реальные зависимости изменения параметров процесса во времени описываются нормализованными математическими зависимостями и экстраполируются на перспективу [3, 7].

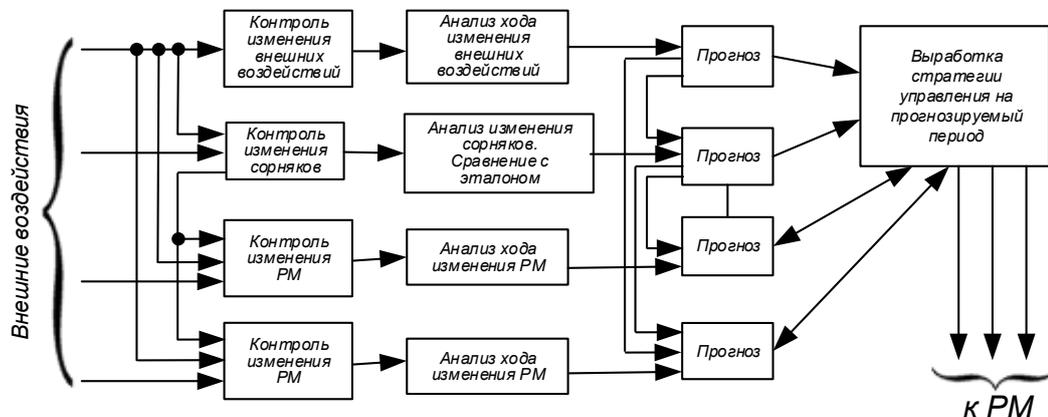


Рис. 4. К прогнозированию хода процессов

Выводы

Определен состав ЭИУ, как технического средства поддержки экологически-чистых технологических процессов, интегрированного в техногенные структуры инновационных технологий точного земледелия. Состав ЭИУ, структурированный модульными компонентами, определяется в зависимости от требований конкретной технологии, условий применения. Кроме этого, параметры ЭИУ подстраиваются под реальные условия реализации выполняемых процессов, характеристики объекта воздействий.

Список литературы

1. Топорков В. Н. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / В. Н. Топорков. – М. : ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. – 174 с.
2. Электрифицированные системы в растениеводстве / В. М. Усаковский, Н. Ф. Молоснов, В. А. Королев, В. Н. Топорков // «Электротехника 2010 года». Доклады 3-го симпозиума. ВЭИ, Международная ассоциация ТРАВЭК,

Звенигород, 23–26 мая 1995 г. – М. : ВЭИ, Международная ассоциация ТРАВЭК, 1995. – Т. 1. – С. 315–319.

3. Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве : научно-аналит. обзор. – М. : Росинформагротех, 2009. – 136 с.

4. Свентицкий И. И. Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации / И. И. Свентицкий. – М. : ВИЭСХ, 2007. – 466 с.

5. Патент № 2081581 РФ, МПК 6А 01М 21/04. Устройство для уничтожения сорной растительности с помощью электрического тока / Королёв В. А., Топорков В. Н., Чижиков Н. И., Чеботарёв М. И., Фортуна В. В. – № 93032539/13 ; заявл. 22.06.1993 ; опубл. 20.06.1997, Бюл. № 17.

6. Патент № 2490888 РФ, МПК 6А 01М 21/04. Способ и устройство уничтожения сорных растений / Топорков В. Н., Королёв В. А., Лавренева Т. В., Харченко Н. В. ; заявл. 22.12.2011; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24.

7. Королёв В. А. Управление дискретными системами в агротехнологиях / В. А. Королёв // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 1 (187). – С. 22–24.

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ Й ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ

В. О. Корольов, В. Н. Топорков, І. К. Жмакін

Анотація. *Принципи функціонування та побудови електроімпульсних пристроїв (ЕІП) для знищення бур'янів передбачає інтеграцію інноваційних електроімпульсних технологій і технічних засобів їх реалізації з перспективними індустріальними технологіями виробництва продукції (точне, диференційоване землеробство тощо). Визначено склад електроімпульсних культиваторів для боротьби з бур'янами. Модульні компоненти в структурі ЕІП вибираються залежно від вимог конкретної технології, умов застосування. Параметри компонентів підлаштовуються під реальні умови реалізації виконуваних процесів, характеристики об'єкта впливу. Алгоритм функціонування ЕІП передбачає коригування параметрів виконуваних технологічних процесів, а також прогнозування зміни їх характеристик.*

Ключові слова: *бур'яни, електрокультиватор, електричний імпульс, висока напруга*

PRINCIPLES OF FUNCTIONING AND BUILD EFFECTIVE DEVICES FOR WEEDING

V. Korolev, V. Toporkov, I. Zhmakin

Annotation. *The principles of operation and construction of electroimpulse devices (EID) for weed control involves the integration of innovative electroimpulse technologies and means of their realization with advanced industrial technology production (exact, differentiated agriculture, etc.). The composition electroimpulse cultivators for weed control. Modular*

components in the EID structure chosen depending on the specific technology requirements of the application. Component settings adjusted to the real conditions for the realization of running processes, the characteristics of an object impacts. EID operation algorithm provides for an adjustment of parameters of technological processes carried out, as well as the prediction of changes in their characteristics.

Key words: weeds, electrocultivator, electrical impulse, a high voltage

УДК:631.1.004.18:636.22/28

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

**А. А. Ковалёв, В. А. Панченко, кандидаты технических наук
ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации
сельского хозяйства», г. Москва, Россия
e-mail: pancheska@mail.ru**

Аннотация. Приведена технологическая схема использования солнечных теплофотозлектрических модулей в системе энергоснабжения биогазовой установки блочно-модульной конструкции. Показано, что наряду с различными видами источников альтернативной энергии применительно к теплоэлектроснабжению биогазовой установки возможно использование солнечных теплофотозлектрических модулей, что приведёт к увеличению эффективности биогазовой установки и снижению или исключению расхода биогаза на собственные энерго нужды. Приведено описание солнечных теплофотозлектрических модулей, предлагаемых для энергоснабжения биогазовых установок. Показано, что использование блочно-модульной конструкции биогазовых установок с энергоснабжением от солнечных теплофотозлектрических модулей способно значительно повысить энергетическую эффективность использования биогазовых установок в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: биогазовые установки, блочно-модульный принцип, солнечные теплофотозлектрические модули

В последние годы внимание общества всё больше привлекается к решению двух неразрывно связанных проблем – предотвращению истощения природных ресурсов и охране окружающей среды от загрязнения. Быстрое расходование запасов природного топлива, ограничение строительства гидро- и атомных электростанций вызвали