ISSN 0131-7393

СЕЛЬСКИЙ МЕХАНИЗАТОР

9 2023



75 лет энергетическому факультету Азово-Черноморского инженерного института

СЕЛЬСКИЙ МЕХАНИЗАТОР 9 2023

Основан в январе 1958 года

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ УЧРЕЖДЕН МИНИСТЕРСТВОМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ООО «НИВА»

Украинцев М.М. ПУТЬ ДЛИНОЮ В 75 ЛЕТ 2

АРСЕНАЛ ЗЕМЛЕДЕЛЬЦА

Несмиян А.Ю., Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Черемисин Ю.М., Асатурян А.В. КОМБИНИРОВАННОЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОРУДИЕ НА БАЗЕ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА-РЫХЛИТЕЛЯ 4

Суханова М.В., Бутенко А.Ф. МАШИНА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН С УДАРОПОГЛОЩАЮЩИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ 7

НА ФЕРМАХ И КОМПЛЕКСАХ

Украинцева И.В. ПРИОРИТЕТНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ 10

Жидченко Т.В., Удинцова Н.М., Середина М.Н., Серёгина В.В., Степовой Д.В. ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 13

Овсянников Д.А., Лытнев А.С., Украинцев М.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА МЕДА В ДЕКРИСТАЛЛИЗАТОРЕ 16

Панченко С.В., Липкович И.Э., Токарева А.Н., Демченко М.С. ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В БАРАБАННОЙ СУШИЛКЕ 18

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Баракин Н.С., Христофоров М.С., Украинцев М.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ И АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ ЧЕЛОВЕКА В ПРОГРАММЕ SIMINTECH 20

Липкович И.Э., Пятикопов С.М., Егорова И.В., Петренко Н.В. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ НА АККУМУЛЯТОРНОМ УЧАСТКЕ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯ 22

ТЕХНИКЕ – ДОЛГИЙ ВЕК

Псюкало С.П., Луханин В.А., Украинцев М.М. АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ НАГРУЖЕНИЯ 26

ЭНЕРГЕТИКА: ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ

Корчагин П.Т., Украинцев М.М.. Гуляев П.В., Пономарев В.Р., Лысенко А.А. ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНОЙ УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ТОМАТОВ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ 28

Пономарева Н.Е., Грачева Н.Н., Беленов В.Н., Коваленко А.Д. ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЯЧМЕНЯ 32

Кобзистый О.В. РАСЧЕТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ТРЕХФАЗНОЙ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ 34

Юндин М.А., Исупова А.М., Юндин К.М. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКА В НУЛЕВОМ РАБОЧЕМ ПРОВОДЕ 36

Лебедев К.Н. СРАВНЕНИЕ СОФТСТАРТЕРОВ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ 38

Журнал включен в перечень ведущих периодических изданий ВАК.
Статьям присваивается цифровой идентификатор – DOI

Главный редактор
В.А. ШЕВЧЕНКО

Редакционная коллегия:
В.В. АЛЬТ, доктор технических наук, академик РАН
Г.И. БОНДАРЕВА, доктор технических наук
В.Т. ВОДЯННИКОВ, доктор экономических наук
М.Н. ЕРОХИН, доктор технических наук, академик РАН
А.И. ЗАВРАЖНОВ, доктор технических наук, академик РАН
А.Н. ЗАЗУЛЯ, доктор технических наук
Я.П. ЛОБАЧЕВСКИЙ, доктор технических наук, академик РАН
А.Г. ПАПЦОВ, доктор экономических наук, академик РАН
В.Д. ПОПОВ, доктор технических наук
И.С. САНДУ, доктор экономических наук;
В.А. СЫСУЕВ, доктор технических наук, академик РАН
Д.А. ТИХОМИРОВ, доктор технических наук, член-корреспондент РАН
М.Н. ЧАТКИН, доктор технических наук
О.Ф. ЧУПРОВ, МСХ РФ
В.А. ШЕВЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
И.В. ЮДАЕВ, доктор технических наук

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Рег. ПИ № 77-16138

Подписано в печать 30.09.2023.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Заказ № 15981
Отпечатано в типографии «OneBook.ru» ООО «Сам Полиграфист». 109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5, «Технополис Москва».
www.onebook.ru

Издательство ООО «Нива»
Адрес и телефон редакции:
127434, Москва,
ул. Большая Академическая,
д. 44, корп. 2, оф. 408.
Тел. (499) 153-11-05
E-mail: selmech@mail.ru
http://selmech.msk.ru

ISSN 0131-7393

© «Сельский механизатор», 2023 г.
Перепечатка материалов – обязательно со ссылкой на СМ
♣ – материал с этим знаком публикуется на правах рекламы

УДК 621.313.3; 62-573
DOI: 10.47336/0131-7393-2023-9-38-39-40

СРАВНЕНИЕ СОФТСТАРТЕРОВ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

К.Н. ЛЕБЕДЕВ,
кандидат технических наук, доцент
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
E-mail: slonbs@mail.ru

Выявлено, что софтстартеры при надлежащей настройке на конкретный электропривод (ЭП) более эффективно уменьшают механические перегрузки при пуске асинхронных ЭП турбомеханизмов, чем преобразователи частоты.

Ключевые слова: *асинхронный электропривод; софтстартер; преобразователь частоты; устройство плавного пуска.*

Трехфазный асинхронный электропривод – самый распространённый тип ЭП в сельхозпроизводстве, что объясняется сравнительной простотой устройства асинхронных электродвигателей и их высокой надежностью. Однако повышенный пусковой ток и связанные с этим механические перегрузки в элементах ЭП в некоторых случаях приводят к существенному уменьшению срока службы агрегата. Это могут быть, например, вентиляторы, насосы, дробилки, измельчители, мешалки, конвейеры и другое оборудование. Ведущую роль в снижении эксплуатационной надежности ЭП при прямых пусках при помощи магнитных пускателей имеет тип и устройство рабочей машины, а также частота включений. Значительное влияние на механические перегрузки при пуске оказывают момент инерции приводимого механизма и начальный момент сопротивления рабочей машины.

Для уменьшения механических перегрузок во время пуска асинхронного ЭП применяются различные методы, основные из которых – пуск с уменьшенным начальным напряжением с последующим его нарастанием до номинального значения при неизменной частоте при помощи софтстартеров (СС) и пуск с увеличением частоты и напряжения, прикладываемых к обмотке статора при помощи преобразователей частоты [1]. Преобразователи частоты существенно дороже СС, а наиболее распространенные рекомендации по выбору устройств плавного пуска заключаются в следующем: если требуется регулирование частоты вращения ЭП в процессе работы, то однозначно выбираются преобразователи частоты, используемые также в качестве устройств плавного пуска; если частота вращения не регулируется, то выбираются СС.

Известно, что механические характеристики асинхронного электродвигателя при уменьшении напряжения на обмотке статора имеют более «мягкий» характер, чем при уменьшении частоты [1]. Это явление определяет значительную зависимость динамических характеристик пуска ЭП от настройки устройства для СС, чем для преобразователей частоты. Так как основной характеристикой, определяющей механические перегрузки во время пуска, является зависимость динамического момента на валу ЭП от времени, были проведены экспериментальные исследования процесса пуска асинхронного ЭП при применении СС и преобразователя частоты. Для этого применили метод «мотор-весов» для измерения момента при помощи поворотной платформы с установленным на ней ЭП [2]. Перемещение поворотной платформы под воздействием реактивного момента во время пуска ограничивается упругой пластиной, на которую наклеен тензорезистор. Изгиб пластины от реактивного момента ЭП приводит к изменению сопротивления тензорезистора, подключенного к модулю преобразования сигнала в напряжение, значение которого в процессе пуска фиксировалось с частотой 1 кГц при помощи компьютера с платой аналого-цифрового преобразования. В эксперименте использовали воздуходувку ВП 400/0,8, макет СС на базе симисторов и преобразователь частоты ВЕСПЕР Е2 8300. В процессе обработки экспериментальных данных применяли цифровую фильтрацию по методу скользящего среднего и статистический анализ. «Плавность» пуска оценивали по максимальной амплитуде колебания реактивного момента $\Delta\mu$ (**рис. 1**) [2].

Устройства плавного пуска (софтстартеры) реализуют увеличение напряжения на обмотке статора во время пуска путем управления тиристорным коммутатором (трехфазным или двухфазным). Для софтстартеров основные настроечные параметры – начальное напряжение и время его нарастания до номинального значения. Из-за

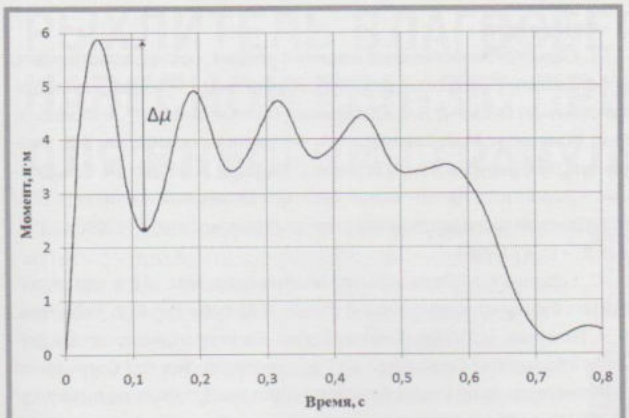


Рис. 1. Переходный реактивный момент при прямом пуске

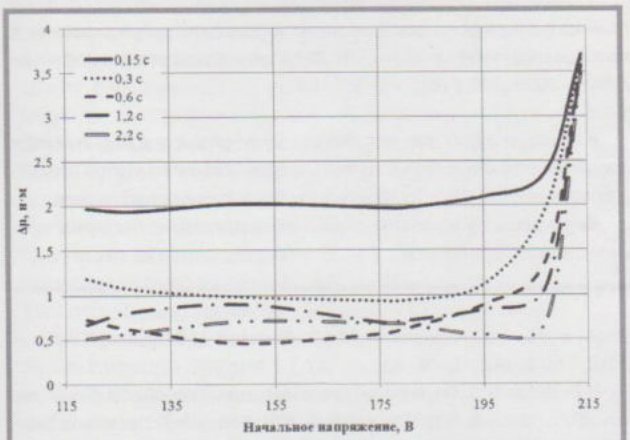


Рис. 2. Зависимости максимальной амплитуды колебания реактивного момента от настроечных параметров софтстартера

специфики работы тиристорного коммутатора трехфазное напряжение имеет несинусоидальный характер, а для двухфазных оно несимметрично, что определяет наряду с «мягкой» механической характеристикой асинхронного электродвигателя неоднозначную связь между настроечными параметрами и получаемыми динамическими характеристиками ЭП.

По экспериментальным зависимостям максимальной амплитуды колебания реактивного момента от начального напряжения и времени его нарастания для турбомеханизма ВП 400/0,8 (**рис. 2**) видно, что при начальном напряжении 115–195 В и времени его нарастания более 0,3 с наблюдается заметное увеличение «плавности» пуска. Однако его затягивание при напряжении, недостаточном для начала движения ротора, приводит к неоправданному износу обмотки статора на повышенном по сравнению с номиналом токе статора. Следовательно, оптимальным с точки зрения настройки СС следует признать начальное напряжение, при котором происходит «страгивание» ротора. Очевидно, что это напряжение отличается для различных ЭП, а также для разных условий эксплуатации, что затрудняет настройку. Для использованного в экспериментах ЭП начало движения происходит при напряжении на обмотке статора 180 В.



Рис. 3. Экспериментальные зависимости максимальной амплитуды колебания реактивного момента Δμ от времени пуска

Полученные экспериментальные зависимости максимальной амплитуды колебания момента от времени нарастания напряжения показывают, что его увеличение более 0,6 с для турбомеханизма ВП 400/0,8 не приводит к существенному увеличению плавности пуска.

Таким образом, СС требуют определения начального напряжения и времени его нарастания для каждого конкретного ЭП. Неверное их определение может снизить эффективность применения в качестве устройства плавного пуска. Также было выявлено, что из-за несимметрии напряжений двухфазные СС менее эффективны, чем трехфазные.

Преобразователи частоты реализуют различные законы изменения отношения напряжения на обмотке статора к частоте, соответствующие типам ЭП. В экспериментальных исследованиях на турбомеханизме ВП 400/0,8 выявлено, что закон типа «р» устройства ВЕСПЕР Е2 8300, рекомендуемый для ЭП с вентиляторной нагрузкой, обеспечивает наибольшую плавность пуска. Преобразователи частоты из-за «жестких» механических характеристик асинхронного электродвигателя при частотном регулировании обеспечивают однозначность связи между временем нарастания напряжения и частоты с разгоном ЭП в сравнении с СС. По этой причине настройка преобразователя частоты в качестве устройства плавного пуска в условиях производства проще, чем софтстартера.

В процессе экспериментальных исследований выявлено, что математическая модель, связываю-

щая максимальную амплитуду колебания реактивного момента Δμ с установленным в преобразователе частоты временем разгона (τ), имеет экспоненциальный вид (коэффициент множественной корреляции $R = 0,99$), а коэффициенты регрессионного уравнения для указанных выше устройств $c = 0,366$, $b_0 = 1,229$, $T = -11,781$ [3]:

$$\Delta\mu = c + e^{b_0+T\tau}.$$

На **рис. 3** представлены экспериментальные зависимости максимальной амплитуды колебания реактивного момента Δμ от времени пуска (настроечный параметр устройства) для преобразователя частоты, трехфазного и двухфазного СС. Начальное напряжение СС устанавливалось как напряжение, соответствующее началу движения ЭП, а для преобразователя частоты выбран тип «р» закона изменения отношения напряжения на обмотке статора к частоте.

Отношение максимальных амплитуд колебаний реактивного момента ЭП при прямом пуске к плавному для преобразователя частоты составляет 10,3, для двухфазного СС – 28,2, а для трехфазного – 76,6. Таким образом, экспериментально выявлено, что СС при надлежащей настройке не только дешевле, но и эффективнее в качестве устройств плавного пуска, чем преобразователи частоты.

Литература

1. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, конструкция, использование (под общ. ред. Э.И. Липковича) / Привод сельскохозяйственных машин // В.С. Сидоренко, В.И. Антоненко, Р.А. Фридрих, М.С. Полешкин, М.С. Таранов, А.А. Серегин, К.Н. Лебедев, Г.В. Степанчук, В.Н. Ванурин, М.А. Таранов, О.Ю. Каун, А.В. Лыткин, С.В. Оськин. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ВГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». – 2013. – Т. 7. – Ч. 2. – С. 471–686.

2. Lebedev K.N. Technical and economic aspects of the use of soft starters for asynchronous electric drives / K.N. Lebedev, G.V. Lebedeva, N.N. Gracheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production (Azov-Black Sea Engineering Institute of FSBOU Don GAU in Zernograd, Rostov Region, Russia Federation, 27-28 august 2020 year). – Bristol, United Kingdom: IOP Publishing Ltd., 2021. – Vol. 659. - P. 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012027

3. Лебедев, К.Н. Экспериментальное исследование процесса плавного пуска асинхронного электропривода турбомеханизма с преобразователем частоты / К.Н. Лебедев // Вестник аграрной науки Дона. – 2023. – № 1 (61). – С. 91–103.

It has been found that soft starters, when properly configured for a specific electric drive, reduce mechanical overload during startup of asynchronous electric drives more effectively than frequency converters.

Keywords: *Asynchronous electric drive; soft starter; frequency converter; smooth start device*

Окончание. Начало на стр. 32-33

ботке. Значения коэффициентов уравнений регрессии значимы по критерию Стьюдента, всхожесть семян ячменя находится в тесной взаимосвязи с дозой воздействия.

Полученные статистические модели, позволили установить значение доз, при которых показатели, характеризующие посевные качества семян, достигают максимального значения. Величины доз, соответствующие максимальному значению всхожести и длины ростков, составили соответственно 250 и 225 Вт/м^2.

Литература

1.Беляков, М.В. Оптические спектральные свойства отражения семян пшеницы / М.В. Беляков // Информационные технологии, энергетика и экономика : Межд. науч.-техн. конф. студ. и асп., 24-25 апреля 2004 г., г. Смоленск : сб.трудов. – Смоленск : филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Смоленске, 2004. – В 3 томах. – Т. 2. – С. 9–11.

2. Беляков, М.В. Исследование спектральных характеристик семян пшеницы как приёмников излучения / М.В. Беляков // Конкурс молодых учёных: сб. материалов. – Смоленск : Универсум, 2006. – С. 88–92.

3. Belyakov, M.V. The spectral characteristics of oilseed, fodder and vegetable plants seeds reflection / M.V. Belyakov // X International scientific and practical conference «International scientific review of the problems and prospects of modern science and education». – Boston, USA. – International scientific review. – 2016. – № 2 (12). – P. 39–42.

4. Беляков, М.В. Оптические спектральные свойства семян растений различной влажности / М.В. Беляков // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 4 (59). – С. 38–50.

5. Газалов, В.С. Оптическая система предпосевной обработки семян /В.С. Газалов, Н.Е. Пономарева, В.Н. Беленов // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 3 (43). – С.21–30.

6. Страхов, В.Ю. Применение УФ излучения для обработки семян сои перед проращиванием / В.Ю. Страхов, С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 3 (35). – С.82–88.

7. Пономарева, Н.Е. Оценка влияния ультрафиолетового излучения на посевные качества семян огурцов / Н.Е. Пономарева, Д.В. Краснянский, А.В. Кукотин // Агротехника и энергообеспечение. – 2020. – № 1 (26). – С.52–59.

8. Газалов, В.С. Регрессионная модель процесса комбинированной предпосевной обработки ячменя «Ратник» оптическим излучением и химическим протравителем / В.С. Газалов, А.В. Брагинец, Н.Е. Пономарева // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 119. – С. 466–476.

9. Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения всхожести (с изменениями №1,2). ГОСТ 12038–84 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://data.1000gost.ru/catalog/Data/128/12883.pdf – (Дата обращения: 04.07.2023).

The results of studies of the effect of the dose of ultraviolet radiation in areas A and B on the germination and length of barley seed sprouts of the «Akademik» variety are presented. The ranges of doses of exposure at which the maximum effect of stimulation of sowing qualities is achieved have been established.

Keywords: *ultraviolet radiation; pre-sowing stimulation; pre-sowing seed treatment; dose; sowing qualities; barley seeds.*