

ристики двигателя, ступенчатое изменение передаточного числа трансмиссии трактора и непостоянство тягового сопротивления.

На выходные показатели работы двигателя, трактора и агрегата на отдельном поле и группе полей существенное влияние оказывают значения вероятностных оценок тягового сопротивления агрегата.

2. Дискретная и вероятностная математические модели функционирования агрегата как системы «почва-орудие-двигатель-трансмиссия-двигатель», алгоритмы и программы расчетов на ЭВМ позволяют определять выходные показатели МТА, рациональный состав агрегата, вид характеристики двигателя, параметры и режимы работы моторно-трансмиссионной установки по принятому критерию оптимизации (производительности, погектарному расходу топлива, приведенным затратам средств) с автоматическим переключением передач на ходу и без переключения.

Библиографический список

1. Деев А.Г. Динамическая характеристика дизельного двигателя мобильного агрегата / А.Г. Деев, Р.Х. Каримов, А.П. Кузнецов, В.Н. Попов // Сб. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1970. – Вып. 68. – Ч. 1. – С. 25-30.

2. Соколов В.В. Вероятностно-статистическая модель функционирования тяговых машинно-тракторных агрегатов / В.В. Соколов, Е.В. Красовских // Механизация технологических процессов в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности: сб. науч. тр. АГАУ. – Барнаул, 1997. – С. 144-147.

3. Красовских Е.В. Обоснование рациональной характеристики двигателя Д-4601 трактора Т-250 / Е.В. Красовских // Совершенствование технологий и технических средств АПК: матер. юбилейной науч.-практ. конф. – Барнаул, 1999. – Ч. 2. – С. 32-36.



УДК 621.3.036.61

Ц.И. Калинин,
В.Г. Горшенин

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫМИ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯМИ

Ключевые слова: электротехнология, электродные водонагреватели, регулятор, широтно-импульсная модуляция, тиристор.

В сельском хозяйстве широко используются электродные водонагреватели, т.е. устройства, в которых нагрев жидкости происходит путем пропускания тока через саму жидкость.

Основная проблема использования электродных водонагревателей заключается в том, что режим протекания тока не стационарный. Поэтому для управления такими приборами наиболее перспективны схемы с тиристорными преобразователями широтно-импульсного регулирования.

Основным параметром, подлежащим регулированию, является температура нагреваемого тела. Однако в зависимости от конкретной технологической ситуации

это требование усложняется. Как правило, приходится на практике иметь дело с непрерывным, или дискретным, полем температур, переменным во времени.

Вторым по важности параметром регулирования является мощность, выделяемая в нагреваемом объекте. От ее значения зависит скорость процесса и, следовательно, длительность технологического цикла. Следует отметить, что мощность, передаваемая в объект нагрева, практически не поддается измерению. Поэтому приходится ограничиваться управлением тока, который, как будет показано ниже, пропорционален мощности.

Для достижения оптимального процесса регулирования подбирают такой регулятор, который при известной характеристике объекта позволил бы в заданных пределах изменения нагрузки последнего обеспечить требуемую точность регули-

рования при минимальных затратах и высокой надежности.

В данной работе проводится анализ работы типовых регуляторов и систем управления. Предлагается регулятор с тиристорными преобразователями с простой и надежной системой формирования управляющих сигналов, позволяющий более качественно решать многие задачи управления технологическими процессами в электротехнологии.

Анализ процессов двухпозиционного регулирования. В установках сельскохозяйственного назначения наиболее широко распространено двухпозиционное автоматическое регулирование (особенно в замкнутых системах автоматизации тепловых процессов).

Двухпозиционными регуляторами называют такие, выходная величина которых может принимать только два положения – включено или выключено, а приток энергии (вещества) в объекте регулирования – только два значения – максимальное или минимальное. В результате этого регулируемая величина при использовании позиционных регуляторов испытывает непрерывные колебания, то есть автоколебательный режим является их рабочим режимом [1].

На рисунке 1 а приведена переходная функция, характеризующая закон изменения во времени показаний датчика при скачкообразном изменении мощности нагревательного элемента от нуля до максимального значения. Введение двухпозиционного регулятора ограничивает процесс нагрева (рис. 1 б). При достижении температуры t_1° регулятор отключает нагревательные элементы (точка А). Сни-

жение температуры до t_2° (точка В) приведет к включению нагревателей. В дальнейшем процесс будет повторяться.

Найдем основные параметры двухпозиционного регулятора.

Расчет переходных процессов ведем по уравнению системы регулирования, состоящей в общем случае из объекта регулирования и регулятора. Передаточная функция регулятора учитывает все релейные элементы. Для упрощения расчетов примем, что контакты релейных элементов срабатывают (включаются и выключаются) мгновенно.

Дифференциальное уравнение объекта регулирования для простейших тепловых установок с учетом оговоренных выше условий может быть записано в виде

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = g + \theta_0, \quad (1)$$

где $T = \frac{cG}{YS}$ – постоянная времени объекта, с;

$g = \frac{P}{YS}$ – установившееся значение

температуры объекта при включенном нагревателе, $^{\circ}\text{C}$;

P – мощность нагревателя, кВт;

S – поверхность охлаждения, м^2 ;

c – теплоемкость нагреваемой среды, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$;

y – коэффициент теплоотдачи, $\text{кДж}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot^{\circ}\text{C})$;

G – масса нагреваемой среды, кг;

θ_0 – температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

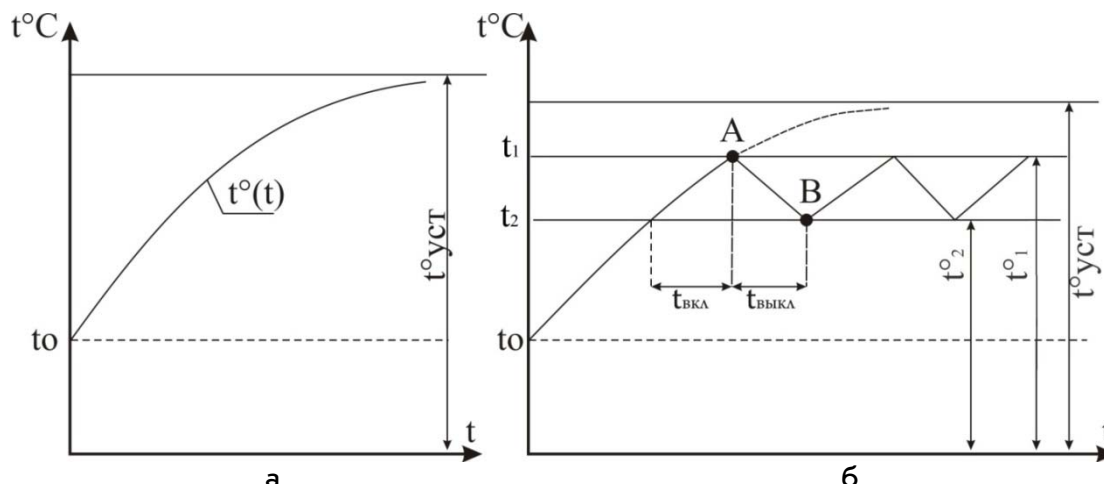


Рис. 1. Изменение температурного режима в процессе нагрева: а – при отсутствии регулятора, б – при наличии двухпозиционного регулятора; $t^{\circ}(t)$ – кривая разгона, $t^{\circ}_{уст}(\theta)$ – установившееся значение температуры, t°_1 – температура отключения верхняя, t°_2 – температура включения нижняя

При охлаждении $P = 0$, следовательно, $g = 0$, уравнение (1) принимает вид

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = \theta_0. \quad (2)$$

Решив уравнение (1), получим

$$\theta_1 = \theta_{уст} + A_n e^{-\frac{t}{T}}, \quad (3)$$

где $A_n = -g$ – постоянная интегрирования (определяется из начальных условий).

Тогда, при нагреве

$$\theta_1 = \theta_0 + g(1 - e^{-\frac{t_{вкл}}{T}}); \quad (4)$$

при охлаждении

$$\theta_2 = \theta_0 + (\theta_1 - \theta_0)e^{-\frac{t_{выкл}}{T}}. \quad (5)$$

Из уравнений (4) и (5) находим время включенного ($\theta_{вкл} = \theta_1$) и выключенного ($\theta_{выкл} = \theta_2$) состояния:

$$t_{вкл} = T \cdot \ln \cdot \frac{g}{T_{возд} + g_1 - \theta_1}; \quad (6)$$

$$t_{выкл} = T \cdot \ln \cdot \frac{\theta_1 - T_{возд}}{\theta_2 - T_{возд}}; \quad (7)$$

период цикла:

$$t_{ц} = t_{вкл} + t_{выкл}; \quad (8)$$

частота включения регулятора:

$$z = \frac{1}{t_{ц}}. \quad (9)$$

В некоторых случаях отклонение температуры от среднего значения ограничивается определенными пределами, которые чем меньше, тем выше частота включения аппаратуры. Если эта частота превосходит допустимую для данных релейных элементов, следует переходить на бесконтактные устройства управления.

В рассмотренном варианте принималась во внимание лишь нечувствительность регулятора. Однако для большинства сельскохозяйственных объектов характерны как нечувствительность, так и запаздывание.

Процесс двухпозиционного регулирования в значительной мере зависит от этих двух факторов.

Допустимая величина амплитуды колебаний определяется технологическими условиями, а периода колебаний – еще и условиями надежной работы исполнительного механизма регулятора, частота переключений которого ограничена.

Важным показателем качества двухпозиционного регулирования технологического процесса с изменяющейся нагрузкой является также установившееся от-

клонение среднего значения регулируемой величины от заданного значения. При одних и тех же условиях регулирования установившееся отклонение изменяется при изменении нагрузки объекта в значительных пределах.

При наличии запаздывания регулируемая величина продолжает увеличиваться после прекращения притока в течение некоторого времени (время запаздывания для условий притока). Только после истечения этого времени регулируемая величина начинает уменьшаться из-за наличия оттока, причем и после появления притока уменьшение будет продолжаться в течение времени запаздывания для условий оттока.

При наличии запаздывания в объекте увеличиваются амплитуда и период автоколебаний регулируемой величины.

Способы улучшения систем позиционного регулирования. При наладке релейных регуляторов чаще всего нужно изменить частоту и амплитуду автоколебаний. При этом используют три принципиально разных способа: изменяют зону нечувствительности (ширину петли) релейного элемента или значения притока и оттока управляющего воздействия, а также вводят динамические элементы в схему регулятора [2].

При уменьшении ширины петли релейной статической характеристики уменьшаются амплитуда и период автоколебаний, следовательно, повышается точность регулирования. Уменьшить ширину петли можно, например, изменив натяжение отбрасывающей пружины электромагнитного реле, и другими способами.

При введении дифференцирующих элементов релейный регулятор охватывают инерционной положительной обратной связью [2].

Для регулирования параметров объектов с запаздыванием также широко применяют каскадные схемы регулирования, т.е. регулирование посредством нескольких контуров [2].

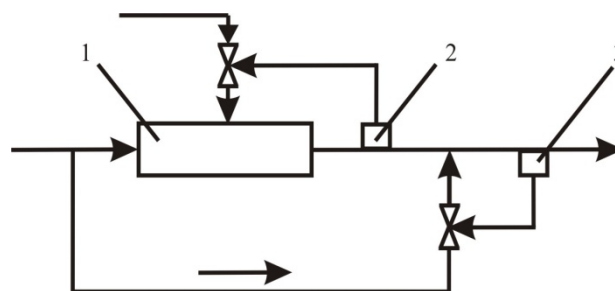


Рис. 2. Схема с обводной линией

На рисунке 2 представлен один из вариантов таких схем (так называемая схема с обводной линией, или байпасом) для случая автоматического регулирования температуры жидкости (или газа). В теплообменнике 1 жидкость непрерывно нагревается до заданной температуры. Воспринимающий элемент 2 регулятора, установленный на выходе подогревателя, управляет поступлением тепла в подогреватель. При такой большая величина постоянной времени теплообменника приводит к большим запаздываниям при регулировании. Проложим теперь обводную линию и установим воспринимающий элемент 3 второго регулятора на магистрали за местом ее соединения с обводом, а регулятор температуры теплообменника настроим на температуру, более высокую, чем требуется. Второй регулятор будет управлять количеством жидкости, поступающей из обводной линии в магистраль, и в итоге – регулировать температуру жидкости после смешивания. В этом случае постоянная времени конечного процесса (т.е. смешивания потоков жидкости, прошедших через теплообменник и по обводной линии) очень невелика, и быстродействие системы резко возрастает.

Величина запаздывания весьма важна для характеристики любого звена системы и особенно объекта регулирования, для которого запаздывание обычно имеет большую величину, главным образом, когда пренебрегают наличием дополнительных емкостей с малыми постоянными времени, и подобный многоемкостный объект рассматривают как одноемкостный. Очевидно, что наиболее характерным параметром является не абсолютная величина времени запаздывания процесса τ , а ее сопоставление с постоянной времени процесса T , т.е. отношение $\frac{\tau}{T}$ [3].

Регуляторы с тиристорными преобразователями. Регулирующие свойства тиристорных преобразователей повышенной частоты, обусловившие их доминирующее значение в деле автоматизации электро-технологических производств, следующие: быстродействие – от 10^{-3} до 10^{-2} с; коэффициент усиления по мощности порядка 10^3 - 10^4 ; диапазон регулирования мощности 1:20; возможность управления несколькими параметрами нагрузки (например, полем температур); дистанционное управление; централизованное питание

нескольких нагревателей; автоматическое взаимодействие с другими системами управления; прецизионность поддержания требуемых параметров (например, температуры с точностью до 10^{-3}) [4].

В настоящее время разработано большое количество систем автоматического регулирования электротермических установок на базе тиристорных преобразователей с частотно-импульсными системами управлениями. Этот метод использует большую тепловую инерцию нагреваемых объектов, характеризующихся постоянными времени от секунд до минут и даже часов. В связи с этим кратковременное с частотой порядка 10 Гц отключение нагревателя приводит к весьма малым колебаниям мощности нагрузки вокруг некоторого среднего значения, зависящего от скорости импульсов работы инвертора.

Варьируя скважность импульсов в широких пределах, можно получить значительный диапазон регулирования выходной мощности и не прибегая дополнительно к частотному методу.

Однако большинство электротермических установок гораздо устойчивее работает при импульсах малой мощности, нежели большой, т.е. с частотной коррекцией, что значительно усложняет схему управления.

Предлагается простая схема генератора с широтно-импульсным управлением и с частотной коррекцией, позволяющая задавать режим управления в широких пределах [5].

Функциональная схема системы частотно-импульсного регулирования дана на рисунке 3 а, диаграмма его работы – на рисунке 3 б.

В силовой части контур состоит из нагрузки 3, через которую посредством ключей 1 и инвертора 2 пропускается управляемый рабочий ток I_p от источника питания I_n .

Блок управления образуют два преобразователя напряжения – частоты 5, 6 которые поочередно коммутируются ключами 7, 8 через RS триггер 9 по сигналам токовых преобразователей 4, 10, соединенных с датчиками температуры (t°) и рабочего тока I_p в объекте регулирования 3.

Работа устройства с фиксированной величиной рабочего тока I_p показана на рисунке 3.

Ю.М. Зинин; под ред. С.В. Шапиро. – М.: Энергопромиздат, 1989.

5. Калинин Ц.И. Устройство для регулирования линейной плотности волокнисто-

го продукта на выходе бункерного питателя / Ц.И. Калинин и др. А.С. СССР № 1266904, опубл. в БИ. – 1986.



УДК 631.3.145

В.А. Завора

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ МАШИН ПОТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА АПК

Ключевые слова: поточность процессов, производительность агрегатов, отказы, коэффициент простоя, вероятность, резервирование машин.

Высокая эффективность групповой работы машин в составе механизированных комплексов, прежде всего, обеспечивается правильным их формированием применительно к конкретным производственным условиям. Оптимальное формирование предполагает обоснованный состав технических средств и обслуживающего персонала, обеспечивающие поточность выполнения комплекса технологических процессов и максимально возможный сбор сельскохозяйственной продукции [1].

Для сложных сельскохозяйственных процессов наука выдвигает требование выполнения всего комплекса сопряженных работ с минимальными разрывами во времени.

На весеннем цикле работ необходим минимальный разрыв между предпосевной обработкой и посевом.

При уборке зерновых культур это требование обусловлено соображениями получения зерна высоких кондиций и уменьшения потерь, снижения энергоемкости.

Условием непрерывности потока является равенство производительности по всем звеньям технологической линии [1]:

$$n_1 \cdot W_1 = n_2 \cdot W_2 = \dots = n_k \cdot W_k, \quad (1)$$

где n_k – число агрегатов в звене;

W_i – производительность агрегата.

Взаимодействие смежных звеньев потока может рассматриваться как система обслуживания, в которой ведущее звено является обслуживаемым, а последую-

щее, смежное с ним, – обслуживающим. Поток требований на обслуживание в большинстве случаев может быть отнесен к типу простейших, то есть обладающих свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия, и выражается законом (2):

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где $P_k(t)$ – вероятность поступления точно k требований за t ;

t – значение фиксированного интервала времени;

λ – параметр потока, т.е. среднее число требований, поступающих в единицу времени;

λt – параметр закона Пуассона, то есть среднее значение числа требований, поступивших за время t [2].

Условие поточного производства для двух смежных процессов комплекса, выполняемых звеньями из m обслуживаемых и n обслуживающих агрегатов, может быть выражено (3):

$$W_m m (1 - K_{им}) = W_n n (1 - K_{ин}), \quad (3)$$

где W_m и W_n – производительности, соответственно, обслуживаемых и обслуживающих агрегатов;

$K_{им}$ и $K_{ин}$ – коэффициенты простоя, соответственно, обслуживаемых и обслуживающих агрегатов (доля времени смены в бездействии) [3].

По заданным значениям производительности и числу обслуживающих агрегатов n (4) [4]:

$$n = \frac{W_m m (1 - K_{им})}{W_n (1 - K_{ин})}. \quad (4)$$

При поточной системе организации комплекса механизированных процессов особое значение имеет уровень надежности применяемых технических средств, в