

# ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

И.И. ГИРУЦКИЙ, к.т.н.; А.А. ЖУР, инженер (БАТУ)

В Белоруссии функционирует большое число крупных свинокомплексов с промышленной технологией содержания животных, построенных по проекту итальянской фирмы Жи-Ай-Жи. Несмотря на ряд экологических проблем, они являются высокоэффективным производством с высоким уровнем механизации. Свинокомплексы оснащаются серийно выпускаемыми системами управления технологическими процессами на базе релейно-контактной логики. Данные системы функционируют по заранее заданному алгоритму коммутации аппаратуры и ее элементов. Необходимость модифицировать систему в процессе эксплуатации приводит к значительным затратам времени и материальных ресурсов. Любое изменение в алгоритме управления, например, вследствие модернизации технологических процессов или изменения технологии производства требует выполнения больших объемов работ в процессе изменений монтажа электрических и пневматических блоков и изменения их числа. Кроме того, используемая для этих целей элементная база, построенная в основном на контактных реле и дискретных компонентах, отличается низкой надежностью и требует больших затрат квалифицированного труда при обслуживании. В то же время, опыт эксплуатации релейно-контактных систем выявил и их функциональную недостаточность.

Анализ накопленного опыта и литературных данных показал высокую технико-экономическую эффективность применения микропроцессорной техники для управления технологическими процессами приготовления и раздачи жидких кормов. Поэтому в период с 1989 по 1993 г. на свинокомплексе "Белая Русь" Узденского района Мин-

ской области были внедрены восемь микропроцессорных систем приготовления и раздачи жидких кормов (рис. 1).

В качестве управляющего устройства применен микропроцессорный контроллер общепромышленного применения КМС-1. Для измерения доз и учета количества воды при приготовлении жидкого корма применены индукционные расходомеры ИР-61 и счетные приставки ФС-31[1].

## 1. Экспериментальные данные об отказах восьми линий АСУТП приготовления и раздачи жидких кормов на свинокомплексе совхоза-комбината "Белая Русь" (1989-2000 г.

№	Основные составляющие КТС	Кол.	Годы								Итого		
			1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000
1	Контроллер КМС-1	8			1	4	2	1	2	1	4	3	18
2	Пульт оператора ПРУ-01	8				1			1	1			3
3	Преобразователь расхода ИР-61	11		1		3			2		2		6
4	Преобразователь измерительный ФСЗ1	11					2	1		3			6
5	Узел коммутации	8	7		4	8	3	2		1	2	1	21
6	Шкаф управления	7	4	2	3	5	7	8	4		1		34
7	Раздаточная тележка												
	а) речной путь	38	2		1	3	5	2		1			14
	в) двигатель	38	2	1	3	8	7	4	6	8	3	5	47
	с) концевые выключатели начало сектора	38	5	3	9	15	14	13	11	9	10	4	93
	разгрузка	38	13	11	16	27	23	26	21	14	7	5	163
	конец сектора	38	6	7	6	15	18	13	15	10	14	9	113
8	Кабельные линии			1		9	4		3	2		1	20
	Количество отказов по годам, всего:	243	39	26	43	98	85	70	65	50	43	28	540
	В т.ч. микропроцессорная система	46	7	1	5	16	7	4	5	6	8	4	56

Основные технические характеристики микропроцессорной системы:

- дискретность задаваемых доз для приготовления жидкого корма 750 кг;
- погрешность влажности жидкого корма-1%;

- диапазон задаваемых с пульта оператора доз жидкого корма для выдачи в групповые кормушки 0-255л.;

- погрешность выдаваемых доз в групповые станки не более 3%;

- время раздачи корма в 144 групповые станки, 40...70 мин.

Одним из основных требований, предъявляемых сельскохозяйственным производствам к системам управления, является их высокая надежность.

Любая АСУТП может быть объектом исследования теории надежности, если она может находиться в двух взаимно исключающихся состояниях - отказа или работоспособности [2]. Работоспособное состояние микропроцессорной системы приготовления и раздачи жидких кормов характеризуется способностью выполнять заданные функции с сохранением значений заданных параметров, согласно нормативно - технической документации. Если один из параметров не выполняется то состояние АСУТП считается неработоспособным (табл.1).

Экспериментальные данные о надежности АСУТП получены в результате наблюдения за их работой в условиях реальной эксплуатации в течение 10 лет.

Реальная эксплуатация представляет собой недостижимый по своим масштабам в лабораторных

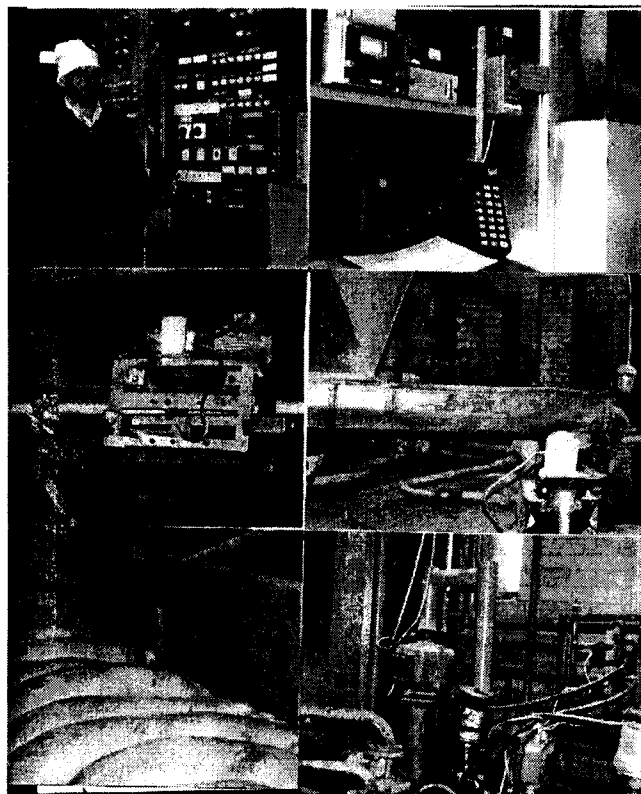


Рис.1. Общий вид технологического оборудования для кормления свиней.

## 2. Показатели эксплуатационной надежности микропроцессорной и типовой систем приготовления и раздачи жидких кормов (одна линия)

Показатели эксплуатационной надежности	Формула расчета	Результаты расчета показателей надежности АСУТП	
		Микропроцессорная	Типовая
Коэффициент готовности	$K_G = \frac{t_{РАБ}}{t_{РАБ} + t_{РМ}}$	0,96	0,47
Коэффициент технического использования	$K_{Г.И} = \frac{t_{РАБ}}{t_{РАБ} + t_{ПРОФ} + t_{РМ}}$	0,98	0,41
Коэффициент использования	$K_{И} = \frac{t_{РАБ}}{t_{РАБ} + t_{РМ} + t_{ПРОФ} + t_{ПОКОЯ}}$	0,116	0,29
Эффективность функционирования старой системы по отношению к новой	$K_{Э} = \frac{B_{Д}}{B_{Н}}$	1,0	0,55
Вероятность безотказной работы	$P(t) = e^{-\lambda t}$	0,989	0,484
Время наработки на отказ, ч		13000	250

условиях эксперимент. Несмотря на то, что экспериментальные данные соответствуют морально устаревшим устройствам, основной целью данных исследований является повышение надежности микропроцессорных систем. Многолетний опыт эксплуатации микропроцессорной системы приготовления и раздачи жидких кормов свидетельствует о более высокой ее надежности по сравнению с типовой системой управления (табл.2).

По литературным и расчетным данным на типовую систему управления приходится в среднем 12-15 отказов в год. Причем типовая система обладает ограниченными функциональными возможностями.

Эксплуатация микропроцессорной системы показала, что в год случается в среднем 1-2 отказа на один шкаф управления.

На эксплуатационную надежность существенное влияние оказывают три причины отказа сис-

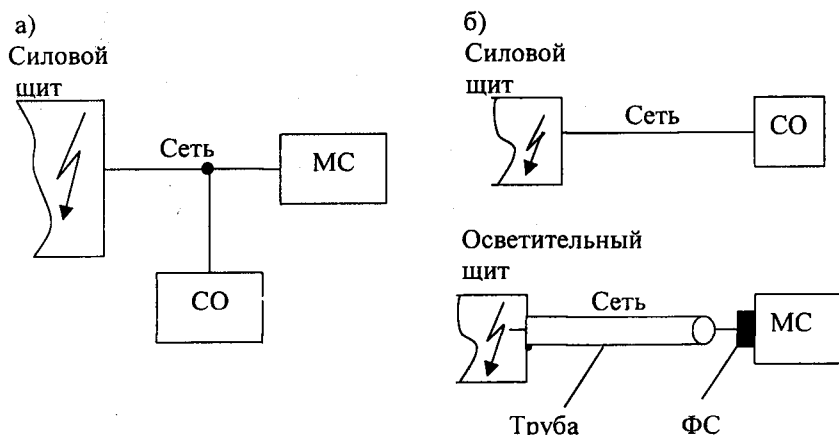


Рис. 2. Варианты подключения микропроцессорной системы и силового оборудования к питающей сети.

а) без помехозащищенности; б) с помехозащищенностью.

МС - микропроцессорная система; СО - силовое оборудование;

ФС - сетевой фильтр.

темы: ошибка проектирования; производственный дефект; сбой.

Ошибка проектирования - это дефект, который с самого начала присутствует в системе. Обычно ошибка проектирования устраняется при монтаже, наладке или эксплуатации системы.

Производственный дефект - это ошибка, имеющаяся в одном или нескольких экземплярах изделия из-за того, что эти конкретные экземпляры изготовлены неверно. Производственный дефект устраняется в процессе наладки и запуска системы. Изготовителям микропроцессорной техники удалось добиться достаточно низких значений этого показателя благодаря современным технологиям и приемочным испытаниям.

Распространенным отказом микропроцессорных устройств являются сбои. Сбой - это дефект, первоначально не присутствующий в изделии, но возникающий в процессе его функционирования вследствие некоторых физических явлений, например, ухудшения параметров, вызванного молекулярными дефектами, нагревом, влажностью, трением. Сбой это самоустраняющийся отказ, который приводит к кратковременному нарушению работоспособности системы, что является причиной нарушения выполнения технологического процесса приготовления или раздачи жидких кормов.

Причинами сбоев могут быть помехи в линиях связи, источниках питания и т. д. Поэтому при проектировании и внедрении микропроцессорной системы большое внимание уделялось устранению причин, которые могли вызвать сбои функционирования микропроцессорной системы. В первую очередь это относится к устранению помех по питанию, которые могут возникать при включении исполнительных механизмов[3].

Форма сигнала переменного напряжения про-

мышленной питающей сети ( $\sim 220\text{В}$ ,  $50\text{Гц}$ ) в течение коротких промежутков времени может сильно отличаться от синусоидальной - возможны выбросы, снижение амплитуды одной или нескольких полуволн и т. д. Возникновение таких искажений обычно связано с резким изменением сетевой нагрузки. Причинами изменения сетевой нагрузки может быть включение мощного электродвигателя, сварочного аппарата. Поэтому следует по возможности осуществлять развязку от таких источников помех по сети (рис.2). На рисунке показаны две схемы подключения силового оборудования и микропроцессорной системы

с отсутствием и наличием помехозащищенности по питанию. На вводе питания микропроцессорной системы с целью подавления кратковременных помех возможно введение сетевого фильтра. Резонансная частота фильтра может лежать в пределах  $0,15\text{-}300\text{ мГц}$ . Широкополосные сетевые фильтры обеспечивают подавление помех по всему указанному диапазону. Для подключения микропроцессорной техники и средств автоматики использовалась отдельная линия питания от осветительного щита. В некоторых случаях обязательным является

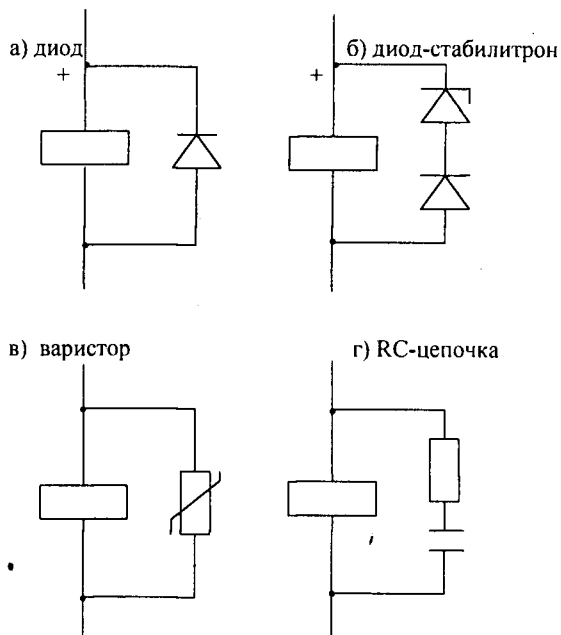


Рис. 3. Схемы подавления импульсных помех на индуктивной нагрузке:

а, б) по постоянному току;

в, г) по переменному току.

введение электростатического экрана (водопроводная труба или металлорукав), который соединяется с заземленным корпусом щита питания.

Для подавления помех в микропроцессорной системе управления необходимо правильно произвести монтаж электропроводки внутри устройства.

Необходимо различать три типа кабелей:

- кабели интерфейсов и кабели, по которым передаются аналоговые сигналы или сигналы счетчиков (они всегда должны быть экранированы).
- Линии, по которым передаются цифровые входные сигналы: 24В (постоянного/переменного тока).
- Соединительные линии для цифровых выходов.

При монтаже эти три типа кабелей необходимо пространственно разделять. Следует избегать параллельного расположения кабелей различных типов на любом протяжении. Если кабели разных типов должны размещаться в одном кабелепроводе, то их следует разделять заземленной металлической стенкой. Необходимо избегать укладки в один жгут сетевых и сигнальных проводов даже в случае экранирования тех и других. Идеальным решением является использование отдельных кабелепроводов для кабелей каждого типа.

Для устранения помех, возникающих при срабатывании пускателей, в реле необходимо использовать внешние защитные элементы. Обычно рекомендуется, чтобы релейные и транзисторные выходные модули микропроцессорных контроллеров имели внешние защитные элементы (рис.3). Защитные элементы устанавливаются либо на переключаемой нагрузке, на выходе модуля, либо между выводами.

Можно отметить следующие особенности использования внешних элементов для подавления импульсных помех на индуктивной нагрузке:

- RC элементы обычно используются в цепях переменного тока. Типичные значения RC элемента для индуктивной нагрузки мощностью примерно 10 Вт, составляют 22 Ом/250 нФ для 24 В или 220 Ом/1 мкФ для 220 В переменного тока.
- Варисторы обычно используются в цепях переменного тока. В связи с тем что варисторы изнашиваются использование RC элементов предпочтительнее.
- Диоды используются только в цепях постоянного тока.
- Комбинация диод-стабилитрон используется только в цепях постоянного тока. Этот тип защитного элемента обеспечивает меньшее время отсечки. Недостатком данной схемы является выделение значительного тепла в элементе при высоких частотах переключения.

Для устранения помех большое внимание уделялось заземлению средств автоматизации. В микропроцессорных системах АСУТП, выполненных

в виде конструктивно - законченных блоков, используется два типа шин "земля" - корпусная и схемная. Согласно требованиям техники безопасности, корпусная земля подключается к шине заземления, расположенной в помещении. Схемная шина (относительно которой отсчитываются уровни напряжения сигналов) не должна быть соединена с корпусом внутри блока - для нее должен быть выведен отдельный зажим, изолированный от корпуса.

При неправильном заземлении импульсные напряжения, порождаемые уравнивающими токами по земляной шине, будут фактически приложены к входам контроллера, что может вызвать их ложное срабатывание и сбой технологического процесса.

Выбор наилучшего варианта заземления зависит от конкретных "местных" условий и зачастую проводится после серии тщательных экспериментов.

Наименее надежным звеном микропроцессорной системы кормораздачи является кормораздаточная тележка. Установленный на ней датчик разгрузки часто выходил из строя из-за поломки механической группы. Такая неисправность характерна для датчиков типа ДКП при частом их срабатывании. Для устранения отказов датчиков разгрузки была предложена схема их модернизации. При модернизации в корпусе датчика ДКП монтируется герконовое реле. При этом снимается контактная группа и ограничитель поворота рычага привода. Геркон срабатывает при взаимодействии с магнитным полем магнита, который крепится на пластине, механически связанной с рычагом привода. При такой конструкции значительно повышается надежность работы устройства. Снижаются требования к точности установки датчика по отношению к головке крана.

Одной из характерных неисправностей раздаточной тележки является ее буксование, которое может возникнуть при заклинивании рычага крана и упора тележки в результате износа или некачественного обслуживания оборудования. Несвоевременное обнаружение сбоя ведет к выламыванию зубьев реечного пути или выходу из строя двигателя. Для своевременного обнаружения неисправности в цепь питания двигателя подключается амперметр, по показаниям которого можно обнаружить буксование тележки. Второй метод обнаружения данной неисправности - программный. Если, например, вышло контрольное время движения тележки между кранами, что свидетельствует о неисправности, происходит отключение тележки с подачей сообщения оператору.

В современных АСУТП, использующих микропроцессорные контроллеры, очень велико значение не только безотказной работы технических средств, но и наличие программ не имеющих скрытых ошибок. В настоящее время из-за многообразия микропроцессорных контроллеров и их программного

обеспечения существует тенденция к увеличению количества ошибок в программе. Наиболее сложными являются программы управления технологическими процессами в реальном масштабе времени. Полная проверка таких программ в процессе отладки невозможна. Функционирование программы может быть полностью оценено лишь в процессе применения. Ошибки программ обычно проявляются только при воздействии различных сигналов, поступающих на входы микропроцессорного контроллера. Ошибки программ могут привести к сбоям и нарушению выполнения технологического процесса. В процессе внедрения новых линий приготовления и раздачи жидких кормов производилось усовершенствование программ. В результате были полностью исключены ошибки программ, которые могли вызвать нарушение технологического процесса. Существенным и обязательным является использование избыточных программно-технических возможностей микропроцессорной техники для диагностики технологического оборудования. Это позволяет предотвратить или уменьшить ущерб от неизбежных отказов технологического оборудования.

Для повышения надежности технологических систем необходимо учитывать свойства оператора. В первую очередь целесообразно учесть возможность избыточных действий оператора и его способность компенсировать последствия отказов технических объектов и своих ошибок. К числу наиболее часто применяемых способов уменьшения количества ошибок операторов относятся: блокировка нежелательных действий, резервирование действий, организационные и психологические мероприятия. Для блокировки нежелательных действий оператора, при проектировании

микропроцессорной системы, были введены дополнительные аппаратные и программные средства. Режим кормоприготовления не начинается, если не выполняются определенные начальные условия. Резервирование действий состоит во введении дополнительных действий перед основным. Приготовление или раздача жидкого корма не начнется, если переключателями не выбраны соответствующие режимы.

Многолетний опыт эксплуатации микропроцессорных систем управления показывает, что они легко и быстро осваиваются персоналом, обладают высокой надежностью и эффективностью.

При их проектировании и внедрении необходимо соблюдать следующие условия:

- выбор программно-технических средств общепромышленного применения с высокой вероятностью безотказной работы;

- использование избыточных программно-технических возможностей микропроцессорной техники для диагностики и предотвращения отказов технологического оборудования;

- качественный монтаж с защитой от электромагнитных помех;

- обучение персонала и сопровождение действующей АСУТП.

### Литература

1. Гируцкий И. И., Жур А. А. Микропроцессорная техника в системе кормоприготовления. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Москва, №7, 1993г. С.12-13.

2. Дружинин А. Н. Надежность автоматизированных производственных систем. - М.: Энергия, 1986. 480с.

3. Шевкопляс Б.В. Микропроцессорные структуры. Москва, "Радио и связь", 1990, 512с.

**С.И. Альфтек Индастрикс**

- Абразивный инструмент
- Алмазный инструмент
- Металлорежущий инструмент
- Подшипники заводов СНГ
- Профессиональные щетки из стальной проволоки

Платежные реквизиты:

*Расчетный счет*

3012004380015

в Партизанском отд.

БелПСБ г.Минска

*Код*

386

*УИН*

100019233

**Возможна оплата по  
чековой книжке**

При получении знать коды

**Наш адрес и телефоны:**

**Отдел инструмента**

(017) 265-13-90,

268-73-36, 268-28-53

**Отдел подшипников**

(017) 265-28-53

**Факс**

(017) 265-14-82

**Адрес**

220103 г.Минск, ул.Кнорина, 55

Склад работает с 8.00 до 16.00  
(кроме субботы и воскресенья)