

том отраженных на диаграмме путей воздействия помехи на устройство и установленной ранее чувствительности узлов устройства к исследуемой помехе.

Единообразное, строго формализованное и упорядоченное, и, вместе с тем, наглядное описание воздействия помехи на систему ЖАТ по изложенной методике позволяет избежать ошибок и пропусков при исследовании ЭМС СЖАТ, минимизировать влияние субъективного фактора, охватить рассмотрением все свойства системы, влияющие на устойчивость к электромагнитным помехам. Такое описание дает возможность четко сформулировать проблему обеспечения ЭМС систем ЖАТ к различным типам помех и, затем указать пути ее строгого решения. Тем самым можно существенно повысить адекватность исследований и испытаний систем ЖАТ на безопасность и электромагнитную совместимость.

УДК 681.5.043

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ИНТЕРФЕЙСА УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОЧНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А. А. КОРОЛЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время для управления стрелочными электроприводами в микропроцессорной централизации (МПЦ) «Ипуть» применяются релейные блоки. Типовая структурная схема взаимодействия ядра МПЦ с релейным блоком управления стрелкой приведена на рисунке 1.

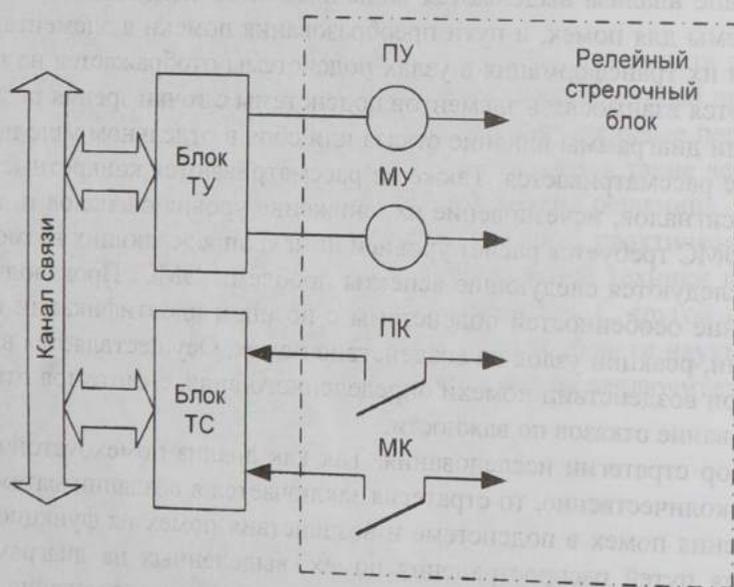


Рисунок 1 – Структурная схема взаимодействия ядра МПЦ с релейным блоком управления стрелкой

Управляющие напряжения для реле ПУ и МУ формирует микропроцессорный блок телеуправления ТУ. Для считывания информации с контактов реле контроля положения стрелки (ПК и МК) применяется микропроцессорный блок телесигнализации (ТС). Блоки ТУ и ТС обмениваются информацией с ядром системы микропроцессорной централизации (МПЦ) посредством канала связи.

Для описанной выше структуры характерны следующие недостатки:

- для согласования релейного стрелочного блока с ядром системы МПЦ требуется наличие дополнительных модулей ТУ и ТС, что в свою очередь приводит к увеличению занимаемого пространства;
- высокая металлоемкость конструкции релейного стрелочного блока и, как следствие, высокая стоимость;

- наличие в конструкции электромагнитных реле подвижных частей приводит к их износу;
- отсутствие самодиагностики релейного стрелочного блока приводит к увеличению времени поиска неисправностей.

Учитывая приведенные выше недостатки, а также тот факт, что объемы производства электромагнитных реле с каждым годом снижаются, перспективной является разработка бесконтактного интерфейса управления стрелкой.

В качестве коммутирующих элементов в бесконтактном блоке применяются полупроводниковые приборы (тиристоры, транзисторы или твердотельные реле на их основе). В отличие от электромагнитных реле первого класса надежности полупроводниковые коммутирующие приборы имеют симметричный отказ, т. е. вероятность обрыва цепи в таком элементе приблизительно равна вероятности короткого замыкания цепи (пробой полупроводникового прибора). Интенсивность отказов большинства полупроводниковых приборов имеет порядок  $10^{-6}$  1/ч. Следовательно, интенсивность опасных отказов таких приборов имеет тот же порядок, что значительно выше предельно допустимой интенсивности опасных отказов систем ЖАТ. Эта особенность полупроводниковых приборов не позволяет их использовать непосредственно для реализации безопасных систем.

Для повышения безопасности систем ЖАТ используются 3 стратегии:

- безотказность;
- отказоустойчивость;
- безопасное поведение при отказах.

Первые две стратегии подразумевают, что система, которая правильно выполняет свой алгоритм функционирования, безопасна. Третья стратегия используется специально для безопасных систем и заключается в переводе системы в защитное необратимое состояние при появлении отказа. Обратный переход в работоспособное состояние исключается (маловероятен) и производится искусственным путем (обычно с участием персонала).

Безопасность технических средств в значительной степени определяется влиянием человеческого фактора на всех стадиях жизненного цикла (разработки, изготовления и эксплуатации). Поэтому для создания безопасных технических средств должна дополнительно использоваться стратегия безошибочности.

При использовании полупроводниковых приборов в качестве коммутирующих элементов в системах ЖАТ для достижения необходимых показателей безопасности возможно применение сочетания различных видов резервирования с контролем и диагностикой появления сбоев и отказов этих приборов.

Наиболее широко распространенная концепция безопасности микроэлектронных СЖАТ требует, чтобы одиночные дефекты аппаратных и программных средств не приводили к опасным отказам и обнаруживались с заданной вероятностью на рабочих или тестовых воздействиях не позднее, чем в системе возникнет второй дефект. Проблема осложняется, если не все одиночные дефекты обнаруживаются. Тогда новый отказ может привести к нарушению безопасности. Поэтому необходимо предъявлять высокие требования по достоверности контроля программно-аппаратных средств и уменьшать время тестирования аппаратуры. Обнаружение отказа должно происходить в течение заданного интервала времени. Эту задачу решают внутрипроцессорный и межпроцессорный контроль. Наиболее эффективно внутрипроцессорный контроль осуществляется путем тестирования в отведенные для этого промежутки времени или путем применения принципов самоконтроля (самопроверяемости) и сигнатурного анализа. Межпроцессорный контроль состоит во взаимной проверке работы процессоров на уровне системных шин, памяти и выходов (контроль с сильными связями). При контроле с умеренными связями производится проверка выходов. Применяется также вариант, когда один процессор реализует вычисления, а другой их проверяет (контроль со слабыми связями).

На рисунке 2 приведена упрощенная структурная схема бесконтактного микропроцессорного модуля управления стрелочным электроприводом. Данный модуль реализует управление стрелочным электроприводом по 7 проводам, 3 из которых используются для управления электродвигателем (рабочая цепь), а 4 других – для контроля положения стрелки (контрольная цепь).

Данный модуль представляет собой систему с сильными связями и аппаратным диверситетом. Основу системы составляют 2 микроконтроллера МК1 и МК2 с различными архитектурами. Каждый из микроконтроллеров обменивается информацией со своим каналом ядра системы МПЦ. Так-

же с целью синхронизации работы микроконтроллеров осуществляется межпроцессорный обмен данными. Помимо микроконтроллеров в состав модуля входят безопасные схемы управления БСУ1, БСУ2, силовые трехфазные тиристорные ключи K1, K2, схемы контроля состояния силовых ключей СК1, СК2, схема реверсирования СР, силовой реверсирующий ключ РК и схема контроля положения стрелки.

Каждый микроконтроллер управляет своим силовым ключом посредством безопасной схемы управления БСУ. Данная схема формирует управляющий сигнал для ключа при условии наличия на линиях микроконтроллера динамического парафазного сигнала. Применение такой схемы позволяет исключить открывание силового ключа при зависании микроконтроллера или неправильном функционировании управляющего программного обеспечения.

За состоянием ключей K1, K2 следят схемы контроля СК1, СК2. При закрытом состоянии ключей данные схемы формируют на входных линиях микроконтроллера парафазные динамические сигналы. Таким образом, микроконтроллеры могут отслеживать состояние ключей и сообщать ядру системы МПЦ о возможных неисправностях.

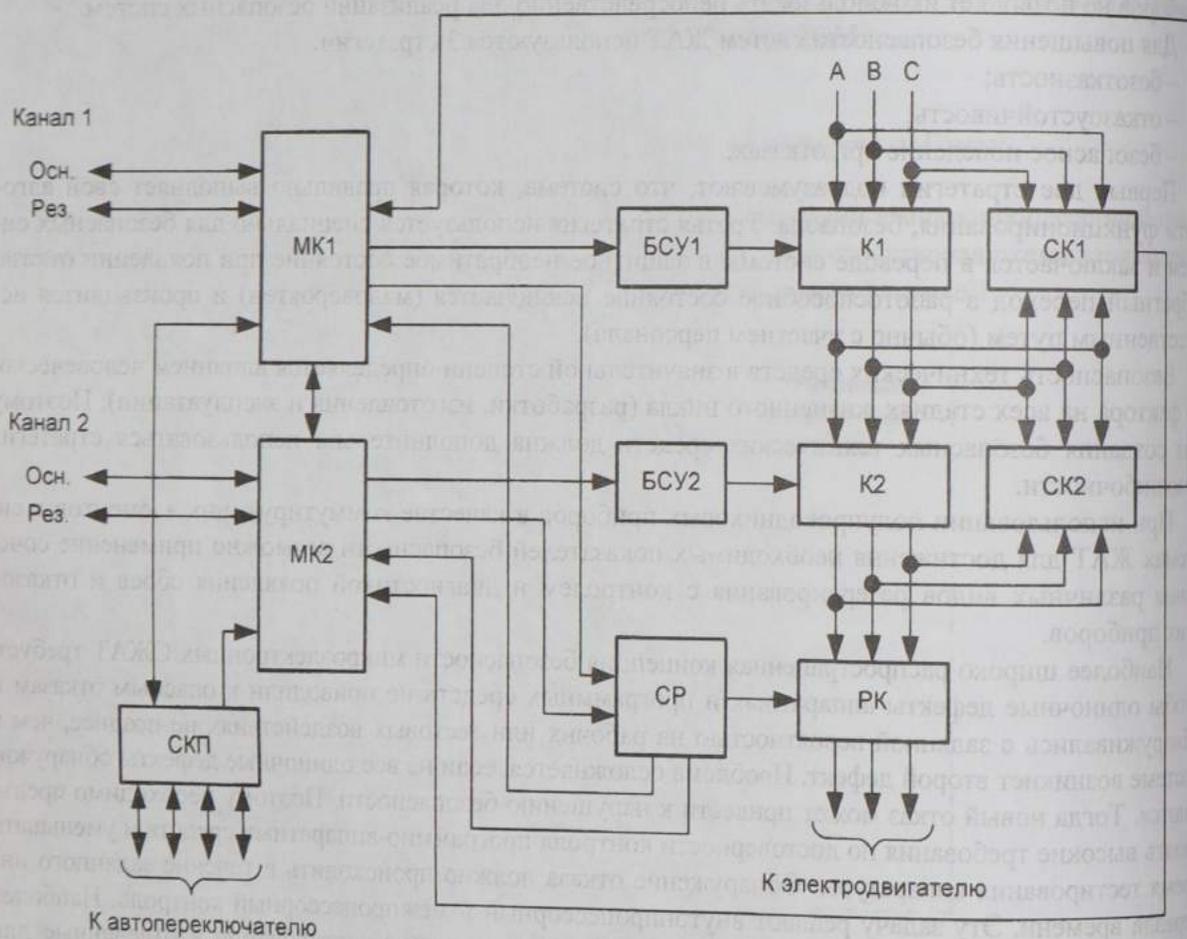


Рисунок 2 – Структурная схема бесконтактного микропроцессорного модуля управления стрелочным электроприводом

Реверсирующий силовой ключ РК обеспечивает смену порядка чередования фаз, что, в свою очередь, приводит в смене направления вращения электродвигателя привода.

Схема реверсирования СР формирует сигналы управления реверсирующим силовым ключом РК путем объединения сигналов, поступающих от микроконтроллеров МК1 и МК2. Кроме того, каждая из микроконтроллеров имеет возможность контроля сигнала, поступающего с выхода этой ключа в случае появления неправильной комбинации управляющих сигналов.

Силовые ключи K1 и K2, а также реверсирующий ключ РК, образуют рабочую цепь. Для ключей K1 и K2 опасным отказом является пробой. Опасным отказом рабочей цепи является появление фазных токов во всех обмотках электродвигателя, приводящих к вращению его ротора, при отсут-

ствии отсутствия разрешающих сигналов на выходах микроконтроллеров. Такая ситуация возможна в случае пробоя всех коммутирующих элементов ключей К1 и К2 и одновременном включении реверсирующего ключа. Пробой коммутирующих элементов реверсирующего ключа РК является защитным, так как приводит к межфазному замыканию и перегоранию предохранителей  $FU1, FU2$ . Применение двух последовательно соединенных силовых ключей позволяет уменьшить вероятность появления опасного отказа в рабочей цепи. Накопление отказов в рабочей цепи исключается путем постоянного контроля состояния силовых ключей.

Таким образом, схема управления стрелочным электроприводом может быть реализована на полупроводниковых коммутирующих приборах без применения электромагнитных реле первого класса надежности. Переход от релейной схемы управления стрелочным электроприводом к бесконтактному микропроцессорному модулю позволит сократить занимаемое устройствами МПЦ пространство, уменьшить общую металлоемкость и стоимость МПЦ, а также уменьшить время устранения неисправностей за счет применения самодиагностики.

УДК 681.3

## АПРОБАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО СРЕДСТВА «СПАС» БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СПОРТСМЕНОВ

Ю. Г. КУЗЬМИНСКИЙ, С. В. ШИЛЬКО

*Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси, г. Гомель*

М. В. БОРИСЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Биомеханика является основой новых методов и технических средств изучения важнейших систем организма, к числу которых относится сердечнососудистая система. В этой связи востребованы программно-аппаратные средства биомеханической диагностики и мониторинга, в том числе в ходе спортивных тренировок и соревнований с минимальными ограничениями подвижности спортсмена. О сложности задачи свидетельствует список основных контролируемых показателей гемодинамики, приведенный в таблице 1.

Таблица 1 – Основные определяемые параметры

Показатель и единица измерения	Интервальные и средние значения	Показатель и единица измерения	Интервальные и средние значения
Нагрузка, кДж	$L \in [4-6-120]$	Скорость пульсовой волны, см/с	$C_v \in [300-500-900]$
Частота сердечных сокращений, мин <sup>-1</sup>	$F_{cc} \in [30-60-250]$	Содержание гемоглобина, г/л	$Hb \in [80-150-200]$
Систолическое давление, мм рт. ст.	$P_{max} \in [40-120-250]$	Кинематическая вязкость крови, сСт	$\eta \in [1,9-5-12]$
Диастолическое давление, мм рт. ст.	$P_{min} \in [30-80-130]$	Параметр аритмии, %	$pnn50 \in [5-15-40]$
Систолический объем, л	$V_{sys} \in [0,03-0,08-0,25]$	Коэффициент интегральной тоничности, %	$KIT \in [50-75-92]$
Индекс аугментации	$AI \in [50-75-92]$	Индекс отражения	$RI \in [50-75-92]$

Исходя из специфики применения в спорте, аппаратное средство расширенной тонометрии при достаточной точности и чувствительности должно быть мобильным и устойчивым к термосиловым воздействиям, а также допускать телеметрию. Исполнение прибора зависит от требуемой степени автономности (стационарный либо мобильный варианты). В стационарном исполнении для регистрации значений артериального давления пригодна манжета Рива-Роччи. В настоящий момент в ИММС НАНБ проходит тестирование специализированное программно-аппаратное средство «СПАС», включающее полуавтоматический тонометр LD-1, тензостанцию SL32 с беспроводной передачей данных и программное обеспечение диагностики.

Основной задачей исследования является разработка критериев определения состояния сердечнососудистой системы спортсмена с учетом его специализации и квалификации.