

INSTYTUT ORGANIZACJI I KIEROWANIA

POLSKIEJ AKADEMII NAUK
MINISTERSTWA NAUKI SZKOLNICTWA WYŻSZEGO I TECHNIKI

**ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО
УПРАВЛЕНИЯ, КИБЕРНЕТИКИ И
ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИИ**

МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ
ЭКСПЕРТОВ СТРАН-ЧЛЕНОВ СЭВ
БЫТОМ, ДЕКАБРЬ 1974

МАТЕРIAŁY KONFERENCYJNE

WARSZAWA

9 7 6

Redaktor
Piotr Oziębło
Redaktor techniczny
Iwona Dobrzyńska
Korekta
Barbara Czerwińska

Opracowanie naukowe
mgr inż. Jan Studziński



Nr inw. IBS PAN

31708

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

В Институте проблем управления группа ученых во главе с членом-корреспондентом АН СССР Емельяновым С.В. в течение 15 лет плодотворно работает в области сравнительно нового класса систем автоматического управления — в области систем с переменной структурой (СПС). По системам с переменной структурой получено много важных и интересных теоретических результатов, опубликованных в большом числе монографий и научных статей. На принципах СПС созданы устройства, успешно работающие в различных системах регулирования, многие из этих устройств защищены авторскими свидетельствами и патентами.

В настоящем сообщении будут доложены лишь те результаты по СПС, которые получены сотрудниками Института проблем управления, Международного коллектива ученых и Югославского предприятия „Энергоинвест”.

Системы с переменной структурой относятся к нелинейным системам, но, являясь кусочно-линейными, они сохранили многие полезные свойства линейных систем. Подтверждением этому является сохранение для СПС одного из признаков суперпозиции. Коммутация по определенному логическому закону структур (в чем проявляются нелинейные свойства СПС) придает системам с переменной структурой качественно новые свойства, какими линейные системы не обладали. Если в линейных системах можно использовать только устойчивые структуры, при которых не всегда удастся получить требуемое быстроедействие и качество, то в системах с переменной структурой можно получать устойчивые движения и при использо-

вании быстрых неустойчивых структур, следствием чего является более высокое качество и быстроедействие СПС по сравнению с линейными системами.

Другие весьма важные и полезные свойства СПС с разрывными характеристиками обусловлены возможностью возникновения в этих системах скользящих режимов. Преднамеренная организация скользящих режимов позволяет получить в СПС такие качества, как инвариантность движения к нестационарным параметрам объекта регулирования, инвариантность к внешним неконтролируемым возмущениям, что позволило успешно решить в классе СПС задачу многосвязного регулирования. Следует отметить, что реализация высококачественных систем с переменной структурой сопоставима по сложности с реализацией линейных систем, что позволило найти этим системам широкое практическое применение. За последнее время теория СПС получила новые интересные направления развития. Была существенно дополнена теория скользящих режимов и развита теория многомерных скользящих режимов, результаты которой могут применяться не только в СПС, но и во многих смежных областях теории автоматического управления.

В классе СПС нашли свое решение некоторые важные постановки задач фильтрации, адаптации, идентификации, появилась возможность создавать на новых принципах устройства преобразования информации.

В области фильтрации удалось создать фильтры переменной структуры, которые, реализуя одну из возможных структур винеровского фильтра, осуществляют качественную, близкую к оптимальной в среднеквадратическом смысле фильтрацию при произвольных уровнях полезного сигнала и шума. Эффект помехозащитности фильтров переменной структуры достигается за счет того, что под действием входных сигналов переменной интенсивности коэффициент передачи переключающих элементов переменной структуры меняется также, как меняются соответствующие коэффициенты в подстраиваемых винеровских фильтрах в зависимости от полезного сигнала и помехи той же самой интенсивности. Но релейного типа фильтры с переменной структурой реализуются существенно проще подстраиваемых винеровских фильтров, коэффициенты в которых вычисляются в результате статистической обработки входных сигналов и корректируются с помощью множительных элементов, что помимо

усложнения устройств приводит к существенному увеличению времени адаптации по сравнению с временами адаптации в фильтрах переменной структуры.

Адаптивные регуляторы, разработанные в классе СПС, позволяют только по выходной регулируемой координате объекта (не используя информации о возмущениях) осуществлять процесс подстройки параметров регуляторов под изменяющиеся характеристики нестационарной системы регулирования. Эффект адаптации регуляторов с переменной структурой основан на том, что между изменяющимися параметрами объекта регулирования и характером переходных процессов в системе имеется связь, которая средствами СПС легко обнаруживается. Адаптивные регуляторы с переменной структурой парируют как изменение коэффициента передачи объекта, так и изменение его постоянной времени и запаздывания (именно этими параметрами характеризуется большинство промышленных объектов).

В классе СПС имеются интересные решения задач идентификации. Так в системах идентификации с моделью за счет специальным образом организованных многомерных скользящих режимов удалось сравнительно просто решить задачу „быстрой” идентификации. Эффект идентификации основан на том, что при возникновении в модели с переменной структурой многомерного скользящего режима вектор средних значений управлений определяет искомый вектор коэффициентов. Выбором параметров модели идентификации можно обеспечить возникновение скользящего режима за сколь угодно короткое время.

Результаты по функциональным преобразователям, полученные на принципах СПС, позволяют создавать высокоточные просто реализуемые и надежные в эксплуатации множительно-делительные устройства, различного рода нелинейные преобразователи, преобразователи аналоговых сигналов в частотные и т.д.

Все эти результаты в области систем с переменной структурой послужили основой при создании универсальной унифицированной общепромышленной системы управления переменной структуры — Системы СУПС.

Помимо теоретической, сотрудниками Института была проведена большая практическая работа с объектами регулирования для определения номенклатуры системы СУПС. Номенклатура системы выявилась в результате изучения задач регулирования более чем на 300

объектах в различных отраслях промышленности. Имея ввиду однотипность задач регулирования и минимизацию числа элементов универсальной системы регулирования было решено ограничиться такой номенклатурой, которая решала бы задачи автоматизации в 80% рассмотренных случаев.

Для решения задач в оставшихся 20% случаев требовались устройства специального типа и включать их в номенклатуру универсальной системы регулирования было нецелесообразно.

Система СУПС — это модульная система. Преимущество модульных систем перед другими в том, что процесс проектирования таких систем сравнительно прост и может быть сведен к формальным методам. Связь между модулями в системе СУПС токовая и имеет два токовых диапазона: 0—20 мА и 4—20 мА.

В связи с тем, что система СУПС предназначена для работы на нижнем иерархическом уровне АСУ ТП она может работать как автономно, так и в комплексе с управляющими вычислительными машинами.

В номенклатуру системы СУПС входит 38 модулей, объединенных в группы модулей получения информации, модулей преобразования информации и модулей исполнительных органов.

Модули получения информации представлены датчиками малых и больших статических давлений, датчиками разности малых и больших статических давлений и расходомерами. Эта группа датчиков построена по принципу компенсации усилия, что гарантирует высокую точность измерений и быстроедействие датчиков. При наличии барьеров искробезопасности, которые входят в номенклатуру системы СУПС, датчики давления могут работать во взрывоопасных средах. Кроме датчиков давлений в группу модулей получения информации входят датчики температуры и уровнемеры. Датчики температур представлены термометрами сопротивления и термопарами, сигналы с которых преобразуются в стандартные токовые сигналы с помощью высокоточного, высокостабильного и высоконадежного милливольтового преобразователя.

К датчикам уровня относятся уровнемеры и сигнализаторы уровня, построенные по волновому электромагнитному принципу, благодаря чему удалось сделать этот тип датчиков высокоточным, быстродействующим и высоконадежным. Надежность датчиков уровней объясняется прежде всего тем, что в них отсутствуют подвижные элементы.

Модули преобразования информации системы СУПС служат для обработки сигналов с датчиков, вычисления регулируемых величин, непосредственное измерение которых затруднено или невозможно, и формирования алгоритма управления. При построении большинства модулей преобразования информации использовались принципы систем с переменной структурой с применением работающих в скользящем режиме элементов переменной структуры, что позволило при реализации модулей ограничиться малым набором элементов.

Модули преобразования информации представлены статическими и динамическими устройствами. В статические устройства системы СУПС входят универсальный математический блок, блок преобразования аналогового сигнала в частоту прямоугольных импульсов и блок преобразования корня квадратичного из аналогового сигнала в частоту прямоугольных импульсов, цифровой расходомер, блок гальванической развязки аналогового сигнала, селектор на четыре аналоговых сигнала, компаратор аналоговых сигналов на два уровня, алгебраическая единица, дистанционный задатчик и запоминающий интегратор.

Универсальный математический блок осуществляет перемножение и деление двух аналоговых сигналов, возводит в квадрат и извлекает квадратный корень из аналогового сигнала. Режим работы математического блока программируется с помощью металлических перемычек, специальным образом расположенных на печатной плате устройства. В основе построения математического блока лежит работающий в скользящем режиме элемент переменной структуры, который осуществляет широтную и амплитудную модуляцию сигнала, реализуя широтно импульсный принцип умножения. Блоки преобразования аналоговых сигналов в частотные также базируются на работающем в скользящем режиме элементе переменной структуры. При интегрировании частотно-модулированных сигналов с помощью цифрового десятичного счетчика получается цифровой расходомер с переменной структурой.

Гальванический изолятор стандартного сигнала предназначен для передачи сигнала с коэффициентом единица, причем потенциал „земли“ входного сигнала может отличаться от потенциала „земли“ выходного сигнала. Достигается гальваническая развязка с помощью работающего в скользящем режиме элемента переменной структуры и импульсного трансформатора. Остальные статические модули си-

стемы СУПС выполнены обычным способом. Входящий в номенклатуру системы „запоминающий интегратор” предназначен для связи системы СУПС с внешними вычислительными машинами.

Динамические модули преобразования информации представлены адаптивным регулятором, помехозащищенным ПИД-регулятором, помехозащищенными фильтром и дифференциатором.

Адаптивный регулятор с переменной структурой предназначен для работы с нестационарным объектом, управление которым линейными средствами оказывается недостаточно эффективным или невозможным. Адаптивный регулятор представляет собой ПИД-регулятор, общий коэффициент передачи которого с помощью элементов переменной структуры формируется таким образом, что при увеличении, например, коэффициента передачи объекта, относительно некоторой настроечной величины, коэффициент передачи регулятора уменьшается, обеспечивая требуемый запас устойчивости и качества. За счет адаптивных свойств регулятора удалось сделать его настройку однопараметрической.

Помехозащищенный регулятор предназначен для работы с объектом, регулируемая координата которого наблюдается в шумах переменной интенсивности. Регулятор представляет собой последовательно соединенные фильтр и ПИД-регулятор, причем постоянная времени фильтра автоматически меняется под действием шума пропорционально его дисперсии. В помехозащищенном фильтре и дифференциаторе, также как и в фильтре ПИД-регулятора, постоянные времени знаменателей автоматически меняются пропорционально дисперсии шума, реализуя близкую к оптимальной в среднеквадратичном смысле фильтрацию. Реализованы помехозащищенные устройства системы СУПС на базе работающего в скользящем режиме элемента переменной структуры.

Модули исполнительных органов представлены в номенклатуре СУПС электропневматическими серводвигателями с линейным выходом, электрогидравлическими серводвигателями с линейным выходом, электрогидравлическими серводвигателями с угловым выходом. Все исполнительные механизмы системы СУПС построены на принципе компенсации усилия, что обуславливает высокую точность преобразования электрического сигнала в механический, высокое быстродействие и надежность. Источником питания электропневматических сервомоторов является источник постоянного давления в $2,5 \text{ кг/см}^2$, что поз-

воляет при наличии барьеров искробезопасности использовать эти механизмы во взрывоопасных средах. Электрогидравлические механизмы имеют автономный источник давления, который создается трехфазным электродвигателем.

Универсальная система управления переменной структуры, о которой шла речь, является первым опытом использования результатов теории систем с переменной структурой при создании универсальных общепромышленных систем автоматического управления. В настоящее время в Институте проводятся работы по усовершенствованию системы СУПС. Создаются новые типы адаптивных регуляторов с переменной структурой, которые в отличие от адаптивного регулятора системы СУПС осуществляют процесс подстройки параметров при одновременном изменении коэффициента передачи объекта регулирования, постоянной времени и запаздывания, причем диапазон адаптации к коэффициенту передачи объекта в новых регуляторах в несколько раз больше, чем в регуляторе системы СУПС. Новые подходы к решению задач фильтрации и дифференцирования на принципах СПС позволили существенно улучшить качество фильтрации и дифференцирования в шумах, упростив схемную реализацию устройств.

На основе этих новых решений задач адаптации, фильтрации и существующей системы СУПС ведутся совместно с проектными организациями работы по подготовке к промышленному производству новой усовершенствованной универсальной общепромышленной системы на принципах СПС.



Druk: CDW Cieszyn, Zakład nr 5 w Bielsku-Białej. Wyd. I. Nakład 400+20 egz.
Format A-5. Objętość: ark. wyd. 12,0, ark. druk. 11,5. Papier druk. sat., kl. III/80 g.
Oddano do składania 20.04.1976 r., druk ukończono w grudniu 1976 r. Zam. nr 976/76

101
LOK
BYN

31708