

К 80-летию
БГПА

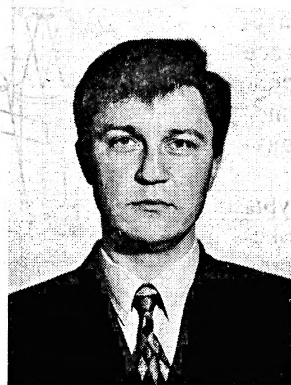
КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНО-РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ СОЧЛЕНЕННОГО ТРОЛЛЕЙБУСА

Надежность, долговечность и безопасность вновь разрабатываемой техники базируется на конструкторских расчетах, сравнении с аналогами, моделировании, включая математическое. На стадии производственных испытаний и доводки конструкции существенная роль принадлежит снятию технических характеристик систем в реальных условиях. От этого во многом зависит эффективность вновь создаваемой техники. В свою очередь, точность и достоверность этих характеристик во многом определяется возможностями используемой измерительной аппаратуры.

В последнее время возникла существенная необходимость внедрения различных микропроцессорных систем для управления, контроля состояния и сбора информации об исследуемом объекте, так как аналоговая измерительная аппаратура становится несовместимой с цифровым «восприятием» ЭВМ. Поэтому более рациональным, а во многих случаях и более дешевым спосо-



А. САФОНОВ,
кандидат
технических наук



С. НОВИЦКИЙ,
инженер

бом регистрации данных будет использование цифровой аппаратуры. Очень важным преимуществом такой аппаратуры является наличие интерфейса с ЭВМ, что не ограничивает (в разумных пределах) исследователя в объеме регистрируемых данных из-за трудностей, возникающих при хранении и обработке полученной информации. Использование встроенного компьютера для исследований систем позволяет использовать новые алгоритмы сбора и обработки информации и получить качественно новые результаты. Данная работа направлена на создание комплекса аппарату-

ры, позволяющего проводить натурные эксперименты мобильных машин в реальных дорожных условиях.

Цифровой измерительно-регистрационный комплекс состоит из комплекта измерительной аппаратуры фирмы Datron и встроенной системы управления и диагностики троллейбуса, связанной с бортовым компьютером.

Комплект аппаратуры фирмы Datron модели EEP-3 с помощью цифровых и аналоговых датчиков, устанавливаемых на транспортном средстве, позволяет измерять пройденный путь, скорость движения, замедление, время исследуемого процесса, давление воздуха в тормозных камерах мостов. Последний параметр обрабатывается тремя аналоговыми каналами. Аналоговые сигналы регистрируются в оцифрованном виде и при дальнейшей обработке требуют пересчета. Однако для используемых датчиков давления воздуха зависимость аналогового сигнала от величины измеряемого параметра имеет линейный характер с коэффициентом пропор-

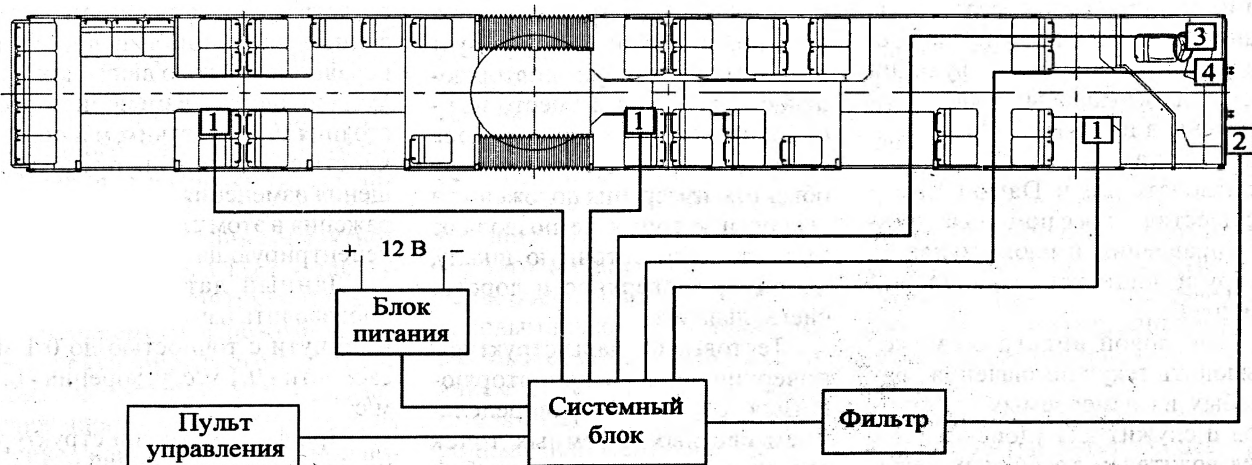


Рис. 1. Структурная схема комплекса измерительно-регистрающей аппаратуры: 1 - датчики давления воздуха в рабочих тормозных камерах; 2 - оптический датчик перемещения; 3 - датчик начала нажатия на тормозную педаль; 4 - цифровой индикатор

циональности, близким к 1 (0.999), что позволяет с некоторым допущением использовать аналоговые данные в качестве реальных значений измеряемого параметра.

В процессе работы аппарата Datron может использовать все аналоговые и цифровые измеренные значения для создания любых новых математически связанных переменных.

Схема установки аппаратуры на транспортном средстве показана на рис. 1. Системный блок имеет разъемы для подключения цифровых и аналоговых датчиков, блока питания, пульта управления, цифрового индикатора, а также дополнительные средства передачи и документирования информации: параллельный интерфейс с возможностью подключения внешнего принтера, последовательный программируемый компьютерный интерфейс RS 232 № 24 с возможностью подключения внешнего принтера или передачи измеренных данных в другие компьютерные системы, внутренний принтер для первоначальной проверки и оценки данных во время испытаний.

Системный блок имеет встроенное программное обеспечение, разработанное с возможностью задания дискретизации измерений по времени, перемещению или скорости, а также в любых их комбинациях. Параметры испытаний, такие, как условия запуска и остановки процесса регистрации, частота выборки (дискретизация) и специальные функции могут быть выбраны заранее и сохранены в памяти (RAM).

Работа и диалог между пользователем и Datron EEP-3 осуществляется с помощью пульта управления, имеющего клавиатуру и жидкокристаллический дисплей.

Цифровой индикатор может выводить текущие значения двух любых из измеряемых параметров и служит для удобства задания водителем требуемых режимов движения.

Датчик давления (1, рис. 1) представляет собой цилиндри-

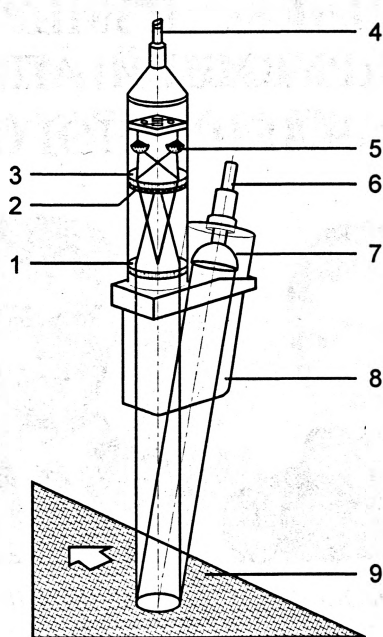


Рис. 2. Устройство оптического датчика перемещения.

ческий стальной корпус с закрепленной в нем керамической диафрагмой с уплотнением. Непосредственно на диафрагме установлены тензодатчики, с помощью которых можно регистрировать давление в диапазоне от 0 до 1 МПа с точностью 0.001 МПа.

Цифровой датчик (2, рис. 1) перемещения, скорости и ускорения работает по такому же принципу, как и обычные оптические датчики перемещения, использующие модуляцию фотоэлектрического сигнала при движении датчика относительно контрастной светло-темной решеточной шкалы. Однако, в отличие от них, указанный датчик не использует точно определенную повторяющуюся структуру, а вместо нее - случайную неповторяющуюся (стохастическую) структуру объектов, измерения положения и скорости которых не позволяют применить решеточную шкалу, например, поверхности дороги, снега, льда и т. п.

Тестовые сигналы структуры поверхности с ее неповторяющимся, случайным распределением светлых и темных точек оцениваются статистически. Это значит, что результат теста получается из значения неповторяющихся сигналов, то есть, в случае

измерения скорости - усреднением по времени, а в случае измерения расстояния - усреднением по расстоянию. Чем длиннее время и расстояние, выбираемые для усреднения, тем выше будет точность результата.

Оптика данного датчика сконструирована для структур с элементами больше 0.5 мм. Его схема показана на рис. 2. Для создания направленного светового потока служит блок освещения 7, к которому с помощью кабеля 6 подводится питающее напряжение 12 В. Лучи, отраженные от измеряемой поверхности 9 и представляющие собой ее изображение, проектируются зонной линзой 1 на измерительную решетку 2, собираются передающей линзой 3 и фокусируются на два фотодетектора 5.

При движении датчика вдоль поверхности дороги производится оптическая модуляция движением точек изображения по измерительной (эталонной) решетке. При этом сигналы на двух фотодетекторах будут идентичны, но иметь фазовое рассогласование в 180° , что позволяет отделить их от синфазных низкочастотных компонентов и усилить отдельно. Для дальнейшей обработки сигналы с помощью кабеля 4 передаются через фильтр к системному блоку. Кожух 8 защищает оптику от загрязнения.

При использовании описанного датчика на транспортных средствах колебания кузова, вызванные неровностями дороги и неравномерностью движения, будут приводить к изменениям расстояния между датчиком и поверхностью дороги. Для предотвращения изменения масштаба изображения в этом случае служит телецентрирующая диафрагма.

Данный датчик позволяет производить измерения пройденного пути с точностью до 0.1 м, скорости - 0.1 м/с, ускорения - 0.1 м/с².

При формировании структурно-функциональной схемы информационно-измерительной системы совместно с комплектом измерительной аппаратуры фирмы

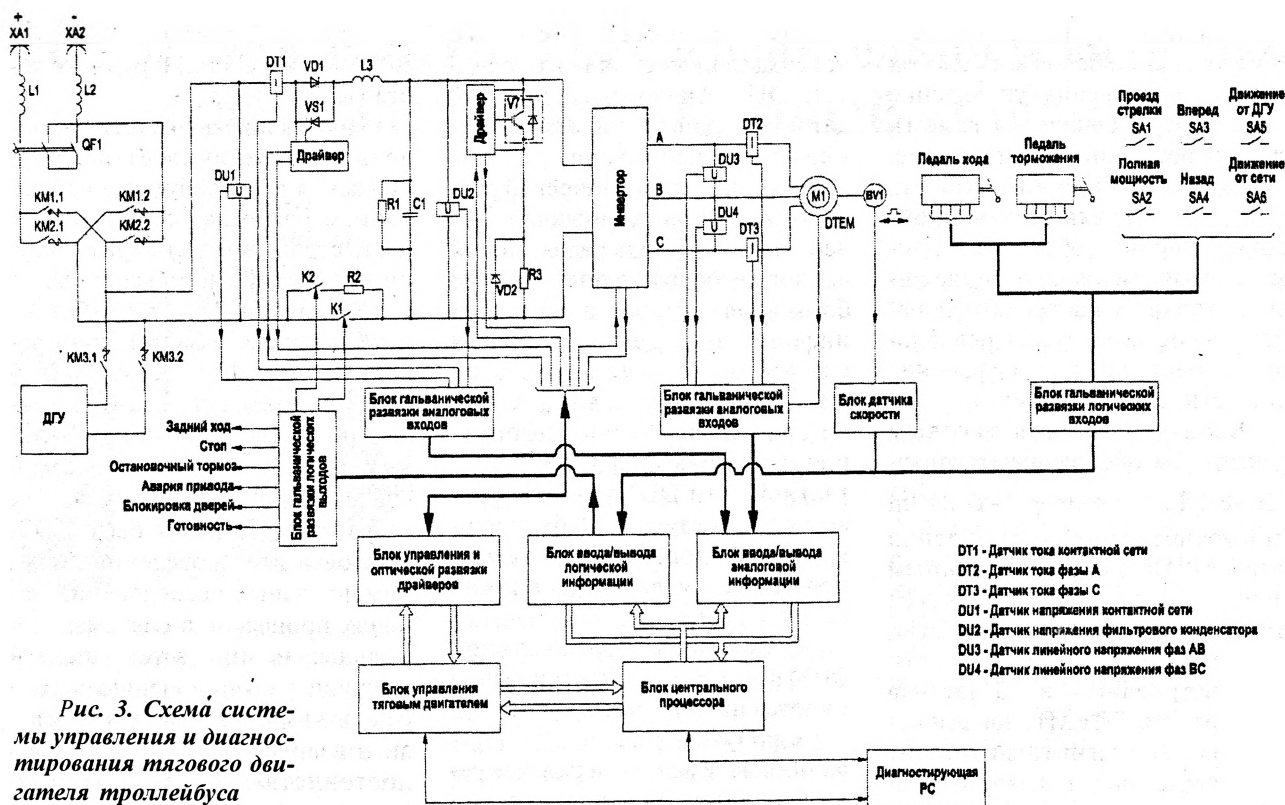


Рис. 3. Схема системы управления и диагностирования тягового двигателя троллейбуса

Datron была использована встроенная система DGT⁰101 (рис. 3) управления и диагностирования тягового двигателя. Она имеет следующие технические характеристики: входное напряжение 600_{-180}^{+120} В, длительная выходная мощность 220 кВА, максимальная выходная мощность 750 кВА ($t < 30$ с), напряжение питания системы управления $24_{-7,2}^{+6,0}$ В, вид защиты

- IP⁰⁰, виброустойчивость - согласно норме МЭК⁹⁷⁷, охлаждение - воздушное принудительное, вес 370 кг.

Составные части привода переменного тока DGT⁰101 имеют следующее назначение. Датчик напряжения DU1 служит для измерения напряжения контактной сети; датчик тока DT1 - для измерения тока контактной сети, потребляемого в режиме хода, или рекуперированного в режиме торможения; диод VD1 - для исключения возможности подачи на привод напряжения обратной полярности. Тиристор VS1 обеспечивает возможность рекуперации энергии в контактную сеть при превышении напряжения на

фильтровом конденсаторе C1, измеряемого датчиком напряжения DU2, по отношению к контактной сети. Резистор R1 необходим для обеспечения аварийного разряда фильтрового конденсатора C1 при отключении троллейбуса от контактной сети. Контактные K1 и K2 служат для коммутации входного напряжения. Резистор R2 обеспечивает ограничение тока заряда фильтрового конденсатора C1. Инвертор формирует напряжение питания тягового двигателя M1. Силовой транзистор V7 обеспечивает сброс избыточной энергии на тормозной реостат R3. Датчики тока DT2 и DT3 измеряют ток фаз A и C тягового двигателя соответственно, а датчики напряжения DU3 и DU4 измеряют линейные напряжения U_{AB} и U_{BC} тягового двигателя. Все драйверы обеспечивают управление силовыми ключами, а также осуществляют контроль за их состоянием. В качестве тягового двигателя (ТД) используется асинхронный двигатель 2ML3550 K/4 фирмы § KODA. Импульсный датчик скорости BV1, установленный на валу ТД, служит для получения информации, необхо-

димой для управления тяговым двигателем, вычисления скорости и ускорения движения троллейбуса.

Педали хода и торможения имеют по 15 позиций. При этом следует отметить, что пневматический тормозной привод включается при перемещении тормозной педали выше 12 позиции.

Все сигналы, поступающие в привод или выводимые из него, имеют гальваническую развязку, которую обеспечивают блоки гальванической развязки логических входных и выходных сигналов, блоки гальванической развязки аналоговых входных сигналов. Первичная обработка сигналов с датчика скорости производится в блоке датчика скорости. Обмен информации с блоком центрального процессора осуществляется через блок ввода-вывода логической информации и блок ввода-вывода аналоговой информации.

Блок управления содержит блоки: центрального процессора, управления тяговым двигателем, управления и оптической развязки драйверов.

Блок центрального процессо-

ра выполняет функции: объединение в единое целое всех блоков системы управления (управление системой управления в целом), сбор информации о всей системе, анализ полученной информации, выдача управляющих воздействий на привод, обеспечение диагностики привода, хранение индивидуальных настроек и параметров системы, отсчет реального времени, ведение и хранение статистических данных.

Блок управления тяговым двигателем обеспечивает управление ТД по закону $\psi_r - \text{constant}$ (постоянство потокосцепления ротора). По исходным данным (информация с датчиков тока DT2 и DT3, напряжения DU3 и DU4, импульсного датчика скорости BV1, встроенного в ТД датчика температуры DTEM) блок вычисляет электромагнитный момент ТД, который поддерживается равным заданному моменту, поступающему с блока центрального процессора. Блок управления тяговым двигателем формирует управляющие сигналы на блок управления и оптической развязки драйверов.

Блок управления и оптической развязки драйверов обеспечивает формирование сигналов на драйверы силовых ключей инвертора и V1, VS1, получает и анализирует информацию о состоянии драйверов и силовых ключей (напряжение питания драйвера, наличие короткого замыкания в цепи силового ключа и т.д.), обеспечивает гальваническую развязку между цепями питания драйверов и системы управления.

Блок питания (на рис. 3 не показан) служит для обеспечения гальванической развязки питающих цепей троллейбуса и системы управления привода переменного тока, формирования питающих напряжений +15В, -15В, +5В. Блок питания также формирует сигнал «U питания в норме», который используется для блокировки работы привода в случае снижения входного питающего напряжения ниже допустимой нормы.

В качестве примера рассмот-

рим путь прохождения сигнала с датчика напряжения контактной сети DU1. Аналоговый сигнал с датчика, пропорциональный измеряемому напряжению, поступает на блок гальванической развязки аналоговых сигналов. Далее гальванически развязанный аналоговый сигнал поступает на блок ввода-вывода аналоговой информации, где производится его преобразование в цифровой вид. С блока ввода-вывода аналоговой информации информация с датчика напряжения контактной сети DU1 уже в цифровом виде поступает на блок центрального процессора, где она используется для дальнейших вычислений.

С помощью персональной ЭВМ в режиме диагностирования имеется возможность:

- получения около 300 внутренних переменных в режиме реального времени с дискретностью 100 мс с представлением в графическом и табличном виде (напряжение контактной сети, потребляемый (рекуперированный) ток контактной сети, скорость и ускорение движения троллейбуса, реальный и заданный электромагнитный момент ТД, температура ТД, позиция нажатия педалей хода и тормоза, ошибки и сообщения системы и т.д.);

- получения статистических данных о троллейбусах (потребляемая и рекуперированная электроэнергия, пробег троллейбуса, временные показатели и т.д.);

- использования программного логического анализатора, позволяющего без присутствия оператора (по заданному оператором условию) записывать в память для дальнейшего считывания 100 точек состояния привода с дискретностью от 10 мс до 2.5 с;

- получать перечень ошибок привода за контрольный период времени для дальнейшего их анализа и устранения;

- настройки часов реального времени и заводского номера троллейбуса;

- изменения параметров привода (временных задержек, коэффициентов и т.д.);

- программного (RAM, EPROM, Watchdog) и ручного теста (K1, K2 и т.д.).

Проведение диагностики привода не ограничивает режимы движения троллейбуса (за исключением режимов теста и смены параметров), что очень существенно для эксплуатации машины.

Таким образом, разработанный комплекс измерительно-регистрающей аппаратуры позволяет проводить экспериментальные исследования мобильных машин с достаточно высокой степенью точности получаемых результатов и может быть рекомендован для проведения экспериментальных исследований рабочих процессов в системах мобильных машин, в том числе и различных по назначению систем с целью выявления их взаимосвязи и взаимного влияния. К его достоинствам следует отнести возможность установки на борту машины и, следовательно, испытаний натурных образцов транспортных средств в реальных дорожных условиях. Неоспоримым преимуществом по сравнению с аналоговой аппаратурой является наличие интерфейса с ЭВМ, что обеспечивает удобство передачи, хранения и обработки полученной информации, что особенно важно при большом количестве измеренных параметров. Ввиду программного управления, предложенный комплекс обладает хорошей гибкостью процесса регистрации данных, что позволяет исследователю достаточно легко и быстро изменять количество измеряемых параметров, дискретность и общее время их регистрации. Применение такой аппаратуры, в отличие от аналоговой, требующей настройки и тарировки датчиков, позволит существенно уменьшить время на подготовку и проведение испытаний троллейбусов. Использование разработанного измерительно-регистрающего комплекса, имеющего указанные преимущества, позволит значительно сократить время на разработку новой техники.