

Д. т. н. Д. И. ЛЕВИНЗОН,
к. т. н. Г. А. ЧАУСОВСКИЙ, Р. В. ГОЛОВАХА

Украина, Запорожская гос. инженерная академия
E-mail: zgiaimt@aport.ru

Дата поступления в редакцию
21.05 2001 г.

Оппоненты
д. т. н. А. В. ПЕРЕВЕРЗЕВ (ЗГИА, г. Запорожье),
д. м. н. Л. С. ГОДЛЕВСКИЙ (ОГМУ, г. Одесса)

УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ БОДРСТВОВАНИЯ ВОДИТЕЛЯ

В основу принципа действия положена регистрация колебательной активности рулевого колеса, а также потеря тонуса затылочных мышц.

Общеизвестна проблема повышения безопасности управления транспортными средствами за счет своевременного получения сигнальной информации — предвестника потенциально предаварийного физиологического состояния водителя.

В числе наиболее значимых факторов, влияющих на безаварийную эксплуатацию транспортных средств, выделяется момент перехода водителя от состояния бодрствования к засыпанию. Существенным недостатком известных систем автоматического контроля бодрствования водителя транспортного средства [1—6] является необходимость фиксации датчиков на теле водителя. Наибольшие затруднения создает проблема устранения прямых тактильных связей с сенсорной системой мониторинга состояния водителя.

Нами были разработаны принципиально новые технические решения, базирующиеся на использовании электронно-биомедицинских сенсоров, отличающихся высокой информативностью и технологичностью и в известной степени разрешающие указанную проблему:

- гальваномагнитный сигнализатор наступления предсонного состояния водителя;
- оптоэлектронный сигнализатор наступления состояния диффузного бодрствования водителя;
- кинезиолого-кондуктометрический регистратор бодрствования водителя.

Принцип действия гальваномагнитного сигнализатора наступления предсонного состояния водителя основан на отслеживании и анализе частоты управленческо-колебательных движений рулевого ко-



Рис. 1

леса. Общий вид преобразователя, осуществляющего это отслеживание, приведен на рис. 1.

Преобразователь заключен в пластмассовый корпус с размещенными внутри него магнитной системой на ферритобариевом магните и магнитоуправляемой микросхемой (МУМС). МУМС, разработанная и изготовленная специализированная микросхема, представляет собой устройство малой степени интеграции, содержащее в одном кремниевом кристалле преобразователь магнитного поля и электронное устройство усиления и обработки сигнала. В структуре микросхемы выполнен преобразователь магнитного поля (интегральный 4-электродный элемент Холла).

Основными преимуществами МУМС по сравнению с другими известными преобразователями неэлектрических величин являются возможность механической, гальванической, тепловой развязки измерительных и управляющих цепей от объектов контроля и осуществление непосредственного сопряжения со стандартными логическими узлами.

Микросхема изготавливается по эпитланарной технологии и заключена в пластмассовый корпус с жесткими плоскими выводами. Сигнал с элемента Холла усиливается дифференциальным усилителем и подается на триггер Шмитта, который управляет выходным усилителем. Работоспособность датчика в диапазоне питающих напряжений 4,5—18 В обеспечивает стабилизатор напряжения.

Преобразователь работает следующим образом. При перемещении в рабочем зазоре преобразователя шторки из ферромагнитного материала, имеющей сквозные окна (отверстия), происходит прерывание магнитного потока, воздействующего на элемент Холла МУМС, и на выходе преобразователя формируется импульсный сигнал стандартного уровня. Направление вращения в зазоре датчика — любое. Шторка выполнена в виде стального стакана, который сочленен с осью вала рулевого колеса. По окружности стакана выполняются прямоугольные окна, количество которых определяется минимальным значением перемещения руля в градусах, что позволяет идентифицировать величину критического подрегулирования рулем ($\varphi=6^\circ$), после которого водитель уже не в состоянии управлять транспортным средством.

Вдвигающийся в зазор зубец шторки шунтирует все большую часть магнитного потока, падающего на элемент Холла. При уменьшении величины индукции до порога отпущения микросхемы на выходе датчика

происходит смена логического уровня с 0 на 1. При выходе зубца из зазора индукция увеличивается, и при достижении порога срабатывания происходит обратная смена уровня выходного напряжения — 1 на 0.

Функциональная схема гальваномагнитного сигнализатора наступления предсонного состояния водителя

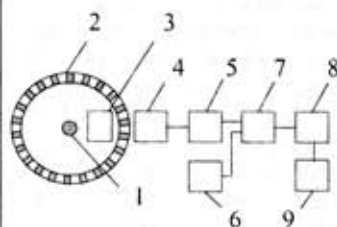


Рис. 2

7 — компаратор; 8 — электронный ключ; 9 — блок активизации психофизиологического состояния водителя.

Для регистрации двигательной активности водителя нами было также предложено техническое решение, основанное на использовании оптоэлектронной системы.

Функциональная схема оптоэлектронного сигнализатора наступления состояния засыпания водителя приведена на рис. 3, где 1 — вал рулевого колеса; 2 — жестко зафиксированный на нем оптический отражатель; 3 — ИК-излучатель; 4 — ИК-фотоприемник; 5 — преобразователь «частота—код»; 6 — датчик опорной частоты; 7 — компаратор; 8 — электронный ключ; 9 — блок выдачи сигнального акустического воздействия. Оптический отражатель выполнен в виде цилиндра с нанесенными на него чередующимися поглощающими и отражающими ИК-лучи черными и белыми полосами.

Оптоэлектронный преобразователь двигательной активности последовательно соединен с преобразователем «частота—код», подключенным с датчиком опорной частоты через компаратор к электронному ключу, который подает напряжение питания на блок выдачи сигнального акустического воздействия.

При вращении вала рулевого колеса на вход фотоприемника поступают последовательно чередующиеся отраженные цилиндром ИК световые импульсы, которые преобразуются в соответствующие функциональные электрические сигналы. При этом частота следования электрических импульсов пропорциональна частоте вращательно-колебательных движений рулевого колеса относительно своей оси.

Увеличение чувствительности оптоэлектронного преобразователя осуществляется посредством повышения уровня дискретизации отсчета величины угла поворота рулевого колеса в единицу времени путем увеличения радиуса цилиндра, на который нанесены

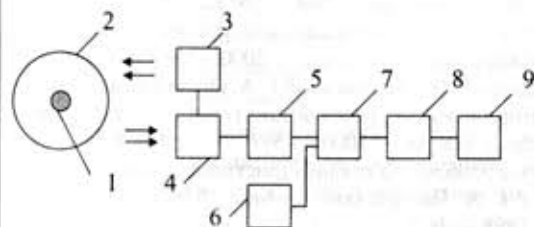


Рис. 3

чередующиеся черные и белые полосы, а также варьированием их размеров.

Последовательные электрические импульсы, регистрируемые в единицу времени ИК-приемником 4, поступают на преобразователь «частота—код» 5. Далее этот код сравнивается по величине с поступающим из датчика кода опорной частоты 6. Если код опорной частоты становится больше кода, получаемого с преобразователя «частота—код», то констатируется факт нахождения водителя в состоянии активного бодрствования, и блок акустической сигнализации 8 находится в ждущем режиме. Если код опорной частоты становится меньше кода, получаемого с преобразователя «частота—код», компаратор включает блок акустической сигнализации появления симптоматических признаков наступления состояния диффузного бодрствования водителя, который достаточно громким звуком (уровень порядка 100 дБ) выводит водителя из состояния дремоты.

Основным элементом оптоэлектронного сигнализатора является фотоприемник, преобразующий в информативный сигнал излучение ИК-светодиода, промодулированное цилиндром с нанесенными на него черными и белыми полосами. Фотоприемник изготовлен по специально разработанной технологии на основе кремниевой эпитаксиальной структуры $n-n^+$ -типа. Высокая эффективность фотоэлектрического преобразования, простота конструкции и технологии, малая энергоемкость и достаточно высокий КПД достигаются путем снижения потерь на отражение в области спектральной чувствительности при использовании гетероструктуры с тонкой пленкой $In_xSn_yAl_zO_3$, представляющей собой барьерообразующий оксид металла (ПАО). Основные параметры полученных фотопреобразователей: напряжение холостого хода — 560 мВ, ток короткого замыкания — $28,3 I_{sc}$, мА/см², КПД — 14,4%.

Отличительными особенностями разработанного устройства являются высокая эксплуатационная надежность и простота реализации алгоритма функционирования, а также отсутствие необходимости внесения конструктивных изменений в схему работы основных узлов автомобиля. Следует отметить, что водитель в процессе получения информации о показателях его двигательной активности гальванически и механически не связан с системой контроля его нервной системы, что исключает внесение элемента дискомфорта и артефактов в естественную профессиональную деятельность.

Использование гальваномагнитных и оптоэлектронных сенсоров для мониторинга функционального состояния водителя, как показали наши исследования, соответствуют поставленным функциональным задачам контроля уровня бодрствования водителей транспортных средств, однако в целях повышения надежности имеет смысл использовать одну из этих систем в комплексе с биосенсорной системой контроля непосредственно психофизиологического состояния водителя. В рамках решения этой проблемы нами предложен кинезиолого-кондуктометрический регистратор.

В основу разработанного устройства положен принцип регистрации непроизвольного наклона (кивка) головы, который является внешним признаком наступления предсонного состояния человека [7]. Для регистрации этого фактора разработано электронное устройство, характеризующееся портативностью конструктивного исполнения, низкой ценой, простотой эксплуатации, высокой надежностью и малым потреблением электроэнергии. Устройство представляет собой индивидуальный миниатюрный сигнализатор, исключающий наличие гальванических связей с контролирующей стационарной аппаратурой и не вносящий элементов дискомфорта в естественную производственную деятельность водителя.

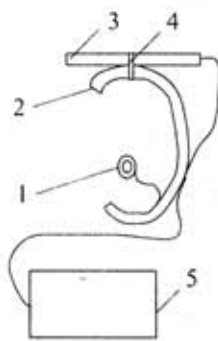


Рис. 4

Устройство контроля состояния водителя (рис. 4) содержит слуховой телефон 1, соединенный с выходом электронного блока 5, вход которого подключен к датчику 3, выполненному в виде капсулы, частично заполненной водно-ацетоновой смесью и снабженной электродами, которые являются выходами датчика. Предусмотрена фиксация датчика на верхней части уха водителя при помощи держателя 2, выполненного в виде дужки, причем крепление датчика к дужке фиксатором 4 обеспечивает возможность изменения исходного угла наклона капсулы.

При изменении положения головы водителя в предсонном состоянии одновременно наклоняется и капсула с водно-ацетоновой смесью. В результате электролит перетекает к одному из электродов, что приводит к срабатыванию в электронном блоке генератора электрических импульсов звуковой частоты. Водитель ощущает достаточно резкое и неприятное акустическое раздражение, которое выводит его из предсонного состояния.

Порог срабатывания звуковой сигнализации подбирается индивидуально и устанавливается соответствующим исходным углом наклона капсулы.

Особенностью конструкции датчика является использование в качестве электролита водно-ацетоновой смеси. Выбор электролита обусловлен достаточно высокой скоростью его испарения при температуре, близкой к 36°C, возможностью достижения необходимого уровня избыточного давления внутри ампулы датчика и подвижностью электролита при изменении угла наклона капсулы.

Для исключения явления поляризации электродов датчика (следствием которого является постепенное уменьшение тока через электролит до ничтожно малой величины) используется периодическое изменение направления тока в цепи датчика.

Электронный блок устройства показан на рис. 5, где 1 — мультивибратор; 2 — ключ № 1; 3 — цепь датчика; 4 — ключ № 2; 5 — генератор звуковой частоты; 6 — датчик; 7 — телефон головной.

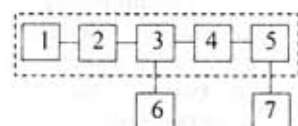


Рис. 5

Наличие проводящей среды, находящейся в непосредственном контакте с электродами датчика, обуславливает протекание тока зарядки через конденсатор, являющийся основным элементом цепи датчика. Срабатывание ключа № 1, управляемого мультивибратором, вызывает протекание в обратном направлении тока разрядки конденсатора в цепи датчика.

Нарушение гальванического контакта между электродами датчика приводит к прекращению протекания тока в цепи датчика и служит сигналом для включения ключом № 2 генератора звуковой частоты, подключенного к головному телефону.

С целью выбора оптимальных геометрических размеров датчика было изготовлено 5 опытных образцов. Применение датчика, диаметр капсулы которого больше 10 мм, вызывает физические неудобства и неприятные ощущения. Использование капсулы с диаметром меньше 8 мм приводит к запаздыванию срабатывания звуковой сигнализации. Капсула диаметром 9 мм позволяет свести к минимуму неудобства, причиняемые водителю, и обеспечить достаточно малое время срабатывания устройства.

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность осуществления в реальном режиме времени мониторинга физиологического состояния водителя в процессе управления им транспортным средством на основе использования гальваноманометрических, оптоэлектронных и кондуктометрических преобразователей в качестве автоматических регистраторов.

Предложенные устройства характеризуются технологичностью исполнения и возможностью широкомасштабного оснащения ими как эксплуатируемых, так и серийно выпускаемых автомобилей в рамках решения проблемы снижения количества ДТП, обусловленных психофизиологическими факторами системы "машина — водитель".

Конструктивно-схемное решение обеспечивает широкий спектр функциональных возможностей устройств как в рамках поставленной задачи повышения безопасности управления транспортным средством, так и для медицинских проблем физкультурно-реабилитационного и лечебно-кинезиологического направления.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Система "Антисон" // За рулем. — 1999. — № 1. — С. 11.
2. Информатор о критическом состоянии летчика // Радиоаматор-конструктор. — 2000. — № 7—8. — С. 38.
3. Дементенко В. В., Марков А. Г., Коренева Л. Г., Шахнорович В. Н. Автоматизированный контроль бодрствования водителя транспортного средства // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2000. — № 8. — С. 38.
4. Головаха Р. В., Левинзон Д. И., Чаусовский Г. А. Сигнализатор предсонного состояния водителей транспортных средств // Радиоаматор-электрик. — 2000. — № 12. — С. 28—29.
5. Головаха Р. В. Антисон для водіїв сільгоспмашин // Аграрний інформаційний бюлетень. — 2000. — № 4. — С. 18—19.
6. Головаха Р. В., Чаусовський Г. А. Оксигеметричний сигналізатор зниження працездатності оператора транспортного засобу // Там же. — 2000. — № 6. — С. 19—20.
7. Заявка 95063000 України. Пристрій для контролю стану водія / Г. А. Чаусовський. — Бюл. "Промислова власність". — 1998. — № 1.