

**В. Б. Клепиков**, д-р техн. наук, председатель НМК МОН Украины по направлению «Электромеханика»

### К ПЕРСПЕКТИВАМ РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА»

**Аннотация.** Обосновывается целесообразность организации на кафедрах автоматизированных электромеханических систем подготовки магистров в области электроприводов для электромобилей и открытия взамен специальности «Электробытовая техника» специальности «Мехатроника». Материал статьи предлагается к обсуждению.

**Ключевые слова:** подготовка магистров, электромеханические системы, электропривод, мехатроника, электромобиль, энергосбережение, проект TEMPUS MPAM

**V. Klyepikov**, ScD., Head of the Methodological Commission on Electromechanics Educational field of the Ministry of Education and Science of Ukraine

### TO DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF SOME ELECTROMECHANICS EDUCATIONAL FIELD SPECIALITIES

**Abstract.** The reasonability of masters training in the field of electric vehicle electric drives on the automated electromechanical systems chairs and opening “Mechatronics” specialty instead of “Household appliances” is justified. It is proposed to discussion.

**Keywords:** masters training, electromechanical systems, electric drive, mechatronics, electric vehicle, energysaving, TEMPUS MPAM project

**В. Б. Клепиков**, д-р техн. наук, голова НМК МОН України з напрямку «Електромеханіка»

### ДО ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ДЕЯКИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ З НАПРЯМКУ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

**Анотація.** Обґрунтовується доцільність організації на кафедрах автоматизованих електромеханічних систем підготовки магістрів у галузі електроприводів для електромобілів, а також відкриття спеціальності «Мехатроніка» замість спеціальності «Електрообутова техніка». Матеріал пропонується до обговорення.

**Ключові слова:** підготовка магістрів, електромеханічні системи, електропривод, мехатроніка, електромобіль, енергозбереження, проект TEMPUS MPAM

Новый закон о высшей школе предполагает подготовку двух квалификационных уровней выпускников: бакалавров и магистров. Исключение категории «Специалист» и перспективы экономического развития страны ставят перед кафедрами, обучающими по специальностям направления «Электромеханика», ряд требующих обсуждения вопросов.

Современные тенденции экономического развития Украины указывают на неуклонное сокращение промышленного производства, иногда с полной остановкой работы предприятия. В Харькове, например, уже нет некогда известных заводов: «Серп и молот», «Кондиционер», ХЗТД, а ранее ведущие отраслевые предприятия ХЭМЗ, «Электромашина», станкоинструментальный завод им. Косиора, «Укрэлектромаш» и другие сократили большую часть рабочих и номенклатуру выпускаемой продукции.

В такой ситуации технические ВУЗы должны с особой ответственностью за судьбу своих выпускников определить перспективы развития существующих специальностей.

По направлению «Электромеханика» в Украине более 30 кафедр ВУЗов ведут подготовку специалистов и магистров по одной из наиболее распространенных специальностей: 05070204 «Электромеханические системы автоматизации и электропривод» и 05070206 «Электробытовая техника», дипломируя ежегодно около полутора тысяч выпускников.

© Клепиков В.Б., 2014

Широкопрофильность подготовки по вышеуказанным специальностям до настоящего времени обеспечивала выпускникам возможность трудоустройства, однако с каждым годом все большее их число находит работу, не вполне соответствующую профилю подготовки.

Проведенный нами анализ показал, что возможным и привлекательным направлением развития нашей специальности могла бы стать целевая подготовка электроприводчиков для современного автотранспорта.

В 2011 – 2012 гг. на кафедре АЭМС НТУ «ХПИ» были открыты две новые специализации для магистров: «Компьютеризированные системы электромобилей» и «Мехатроника». Чем это было вызвано?

Международное энергетическое агентство (IEA) прогнозирует неуклонный ежегодный рост выпуска электромобилей. В [1] отмечается: «...если посмотреть в ближайшее будущее, то альтернативы электроприводу на транспортных средствах не существует». Это обусловлено такими серьезными факторами, как ограниченность мировых запасов нефти, необходимой не только как сырье для топлива, но и для производства, например, пластмасс и пестицидов; необходимостью улучшения экологической обстановки больших городов за счет устранения выхлопных газов от ДВС; существенно меньшие, в 5 – 7 раз, расходы на электроэнергию по сравнению с расходами на бензин; повышение

комфортности движения за счет снижения шума, плавности хода; возможность возврата энергии источнику при торможении электромобиля за счет рекуперативных режимов электропривода.

Важным достоинством электропривода является и то, что он может допускать двукратную перегрузку по движущему моменту в то время, как двигатель внутреннего сгорания в режимах форсированных ускорений отдает лишь до 20 % номинальной мощности. Указанное обстоятельство позволяет создавать электропривод автомобиля без коробки передач и даже без механической передачи путем индивидуального электропривода для каждого из колес.

Впечатляют показатели, которые уже сейчас демонстрируют созданные электромобили:

- электромобиль *Lekker Mobil* проехал 605 км от Мюнхена до Берлина со средней скоростью 90 км/час (максимальная скорость достигала 130 км/час), сохранив 18 % заряда аккумуляторной батареи [2];

- электромобиль *Venturi Jamais Contente* установил рекорд скорости – 515 км/час [3];

- электромобиль *Tesla Roadster Sport* обеспечил разгон с нуля до скорости 97 км/час за 3,7 секунды [4];

- электромобиль *Renault ZOE* в реальных городских условиях в умеренном климате на одной зарядке способен проехать 150 км, а максимальный запас хода – 210 км [5].

Практически все ведущие автомобильные фирмы либо уже выпускают электромобили или гибридные автомобили, либо ведут их активную разработку.

Рынок электромобилей стремительно расширяется. Только в Германии в 2015 г. планируется, что в эксплуатации будет находиться около 1 млн автомобилей с электрическим приводом.

Несомненно, что тенденция расширения парка электромобилей захватит и Украину, и тогда потребуются высококвалифицированные специалисты, способные производить разработку, монтаж, наладку, диагностику, техническое обслуживание электроприводов электромобилей, владеющие программированием микропроцессорных средств управления с учетом специфики их работы.

Вышеуказанное привело нас в 2011 году к целесообразности открытия на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» НТУ «ХПИ» специализации «Компьютеризированные системы электромобиля».

Казалось бы, при наличии специальностей «Электрический транспорт» и «Электрические системы и комплексы транспортных средств» в открытии подобной специализации нет необходимости.

Однако по данным специальностям традиционно готовились специалисты для железнодорожного и трамвайно-троллейбусного транспорта. Специфика электропривода электромобиля и объем перспективного спроса столь существенны, что по данному профилю имеет смысл вести целевую подготовку.

Представляется, что из набора существующих специальностей именно электроприводчики с их традиционной основательной подготовкой в области прикладной механики, теоретических основ электротехники, промышленной электроники, электрических машин, теории автоматического управления, микропроцессорной техники и систем управления электроприводами в наибольшей степени подходят для решения проблем создания и технического обслуживания электроприводов электромобилей. Этому способствует также опыт создания инженерами нашего профиля электроприводов разнообразных промышленных электротранспортных средств: рудничных электровозов, электрокаров, механизмов перемещения подъемных кранов, промышленных роботов и др.

Вышеизложенное, в свою очередь, говорит о том, что подготовка на кафедрах электропривода специалистов, профилированных на электромобильный транспорт, потребует незначительной корректировки учебных планов.

Одной из непростых задач обеспечения учебного процесса по открытой специализации стало создание лабораторной базы для проведения занятий и научных исследований. Понимая ущербность «начетнического» обучения, мы приняли решение самостоятельно разработать и создать в качестве учебного образца микропроцессорный электропривод, максимально реализующий свои возможности при замене двигателя внутреннего сгорания в отечественном автомобиле «Ланос». Техзадание предусматривало создание тормозного момента электроприводом при снижении скорости и остановке и обеспечением при этом рекуперативного режима с возвратом кинетической энергии движения. В связи с высокой стоимостью и другими известными недостатками литий-ионных аккумуляторных батарей, для приема энергии в режимах рекуперации при токах, достигающих сотен ампер, была выбрана суперконденсаторная батарея. Массовое производство суперконденсаторов уже освоено за рубежом [6]. В Украине опытные образцы созданы фирмой «ЮНАСКО», которая предоставила их для лабораторных испытаний [7]. Такое решение позволило выбрать в качестве основного источника питания батарею из отечественных свинцово-кислотных аккумуляторов. Проверка на пониженных параметрах запатентованной нами схемы электропривода с суперконденсаторной батареей подтвердило ее работоспособность, и в настоящее время завершается ее монтаж на номинальную мощность.

Работа над электроприводом электромобиля сама по себе увлекательна, и в то же время она показала нашу способность решать совокупность всех задач при его создании: программирования, расчета, моделирования, монтажа, наладки и экспериментального исследования рабочих режимов. По данной тематике 8 выпускников кафедры защитили магистерские работы, два аспиранта кафедры – А.С. Гончар, А.В. Семиков – завершают подготовку кандидатских диссертаций.

Одновременно пришлось убедиться, что наша электротехническая промышленность не готова к обеспечению массового производства отечественных электромобилей. За исключением аккумуляторных батарей, все остальные комплектующие: электродвигатель, суперконденсаторы, транзисторы, микропроцессор – зарубежного производства.

Считаю нужным отметить, что успешному созданию нашего образца способствовало наше научно-техническое содружество с институтом электродинамики НАН Украины (директор Кириленко А. В.), где ранее были созданы экспериментальные образцы различных модификаций электромобильных транспортных средств. Полезные советы д-р техн. наук В. Б. Павлова дали возможность ускорить работу над образцом.

О специализации «Мехатроника». Открытие данной специализации было следствием нашего участия в международной программе TEMPUS MPM (EU-PC Double Degree Master Program in Automation / Mechatronics), в которой участвовали ВУЗы Франции, Чехии, Болгарии, России и Украины.

Цель проекта – совершенствование и расширение подготовки магистров по специальности «Мехатроника», получившей распространение в зарубежных ВУЗах.

Программой проекта предусматривалось включенное обучение украинских магистрантов в одном из университетов Болгарии, Франции или Чехии с защитой магистерской работы на английском языке, помимо защиты в родном ВУЗе.

Мы с интересом включились в выполнение проекта, помня о дискуссии, возникшей на конференции ПАЭП-2011: «мехатроника и электропривод – это одно и то же или нет?». Участие в проекте побудило нас глубже разобраться во многих, связанных с мехатроникой вопросах, подготовить коллективом авторов НТУ «ХПИ» и издать учебное пособие «Введение в мехатронику» [8], прийти к ряду выводов.

Несомненно, мехатронные системы, как и электропривод, относятся к классу электромеханических систем.

Термин «мехатроника» происходит от слов «механика» и «электроника», появился в 1969 г. в Японии, где активно велась разработка прецизионных электроприводов для станков с программным управлением и обрабатывающих центров. В отличие от СССР и Германии, термин «электропривод» в Японии и США не был распространен, что обусловило введение для вышеуказанных устройств нового определения, получившего в дальнейшем широкое распространение и закрепившееся в литературе [10, 11]. И хотя современный автоматизированный электропривод немалым образом использует электронику (полупроводниковых преобразователей, устройств автоматики, микропроцессорной техники), между промышленным электроприводом и мехатронной системой имеются определенные отличия, более полно описанные в [8]. Основное из них – исполнение всей мехатрон-

ной системы или значительной части ее функциональных блоков в одном конструктиве. При этом преобразование электрической энергии в механическую со значениями движущего момента и скорости, необходимыми для исполнительного механизма, осуществляется в мехатронном модуле, включающем силовое преобразовательное электродвигательное устройство и передаточный механизм.

Появление микропроцессорных устройств, сокращение их веса и габаритов при одновременном повышении быстродействия и объемов памяти необычайно расширило возможности управления и создания электромеханической системы в едином конструктивном исполнении. Такое исполнение обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с традиционной раздельной компоновкой электрических приводов: уменьшаются габариты, вес, протяженности электрических и механических связей, снижаются динамические нагрузки, исключаются промежуточные интерфейсы, сокращаются производственные площади, повышается надежность работы и точность обработки координат движения. В то же время исполнение мехатронного модуля в едином конструктиве ограничило пределы их мощности до десятков кВт. Мехатронные системы нашли воплощение в роботах и манипуляторах в различных отраслях промышленности, технологических машинах-гексаподах, транспортных средствах, здравоохранении и др.

К мехатронным системам следует отнести и многочисленные электроприводы автотранспортных средств (в современном автомобиле их более 30-ти). Знакомство с зарубежными ВУЗами при участии в проекте TEMPUS MPM подтвердило, что практически все кафедры, ведущие подготовку по мехатронике, разрабатывают электроприводы различного назначения для автотранспорта. Это, с одной стороны, подтверждает своевременность и целесообразность открытия вышеуказанных специализаций, с другой – указывает на возможность их интеграции.

В связи с этим возникает следующее соображение. В принципе, к мехатронным следует отнести и устройства современной электробытовой техники. Кроме того, что они выпускаются в едином конструктивном исполнении, они все в большей мере насыщаются электроникой и микропроцессорным управлением (в том числе интеллектуальным): стиральные и посудомоечные машины, кинокамеры, холодильники, электроплиты, кондиционеры и многие другие уже содержат микропроцессоры, а в описаниях нередко встречается слово «фаззи».

В то же время специальность «Электробытовая техника» не пользуется слишком большой популярностью у абитуриентов. Возможно, в рамках направления «Электромеханика», учитывая стремление МОН Украины не увеличивать число специальностей, стоило бы заменить данную специальность специальностью «Мехатроника», включив в нее также специализацию «Компьютеризированные системы электромобилей».

В этом случае в Украине появилась бы специальность, распространенная и продолжающая утверждаться за рубежом, что соответствует общей направленности протекающих интеграционных процессов. В свою очередь, это расширило бы возможности сотрудничества с родственными кафедрами зарубежных ВУЗов.

Для наших кафедр расширилась бы сфера приложения научных и академических знаний применительно к компьютеризированным электромеханическим системам, насыщенным электронными и микропроцессорными устройствами, современными оригинальными датчиками координат движения, с широким разнообразием механических схем, источников электропитания (электросеть, аккумуляторные батареи различного типа, солнечные батареи, суперконденсаторы, топливные водородные элементы и др.), с различным функциональным назначением. Вышеуказанное, в сочетании с необходимостью создания электропривода с исполнением в едином конструктиве, расширит базу задач по тематике магистерских работ, требующих наличия исследовательских разделов, а также задач для продолжения обучения в аспирантуре.

Возвращаясь к теме электропривода электромобилей, следует отметить важное государственное значение активного участия электроприводчиков в развитии этого направления.

Конечно, наивно было бы думать, что мы сможем конкурировать в создании электромобилей с ведущими зарубежными фирмами, имеющими высокотехнологичное производство, конструкторские бюро со штатом высокооплачиваемых специалистов, большие финансовые средства.

Однако в случае положительного отечественного опыта разработки электроприводов для замены ими двигателей внутреннего сгорания при всевозрастающей цене бензина, многие автовладельцы пошли бы на такую замену. Купить новый электромобиль за 30 – 50 тыс. долларов большинство из них не в состоянии, но изыскать сумму в 10 раз меньшую они бы постарались.

Массовый переход к электроприводу в автомобилях мог бы дать импульс промышленности на создание электродвигателей, полупроводниковых преобразователей, аккумуляторов и станций их подзарядки, суперконденсаторных батарей, систем микропроцессорного управления, измерительных датчиков и др. Государство получит эффективное средство экономии нефтяных и газовых ресурсов, а также улучшение экологии больших городов.

Это также обеспечит возможности для малого и среднего бизнеса в создании новых фирм по переоборудованию автомобилей, их техническому обслуживанию, по созданию сети станций подзарядки электромобилей, приведет к увеличению рабочих мест и наполнению бюджета государства.

А выпускники наших кафедр получат гарантию полезной, интересной, достойно оплачиваемой работы.

## Список использованной литературы

1. Шидловский А. К. Применение суперконденсаторов в автономном аккумуляторном электро-транспорте / А. К. Шидловский, В. Б. Павлов, А. В. Попов // *Технічна електродинаміка*. – 2008. – № 4. – С. 43 – 47.
2. Yoney D. Converted Audi A2 Claims new Electric Vehicle Distance Record: 372 miles. Available at: <http://green.autoblog.com/2010/10/27/converted-audi-a2-claims-new-electric-vehicle-distance-record-3> (accessed 10.02.2010).
3. Mladenov Z. Venturi Jamais Contente topped 515 km/h – a new world record. Available at: <http://www.automobilesreview.com/auto-news/venturi-jamais-contente-world-record/25242> (accessed 05.05.2014).
4. Available at: <http://www.teslamotors.com/roadster/specs> (accessed 04.03.2014).
5. Available at: <http://media.renault.com/global/en-gb/renault/Media/PressRelease.aspx?mediaid=32715> (accessed 02.06.2014).
6. Каталог суперконденсаторов Maxwell Technologies. [Электронный ресурс] / Режим доступа : [http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/K2SERIES\\_DS\\_10153704.PDF](http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/K2SERIES_DS_10153704.PDF) (дата доступа 28.06.2014).
7. Клепиков В. Б. Лабораторные исследования электропривода электромобиля с суперконденсаторной батареей / В. Б. Клепиков, А. С. Гончар, А. Н. Моисеев, А. В. Семиков и др. // *Вісник НТУ «ХПИ»*. – 2013. – № 36 (1009). – С. 441 – 443.
8. Грабченко А. И. Введение в мехатронику: учеб. пособ. / А. И. Грабченко, В. Б. Клепиков, В. Л. Доброскок и др. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. – 264 с.
9. Záda V., (2012), *Robotika: Matematické Aspekty Analýzy a řízení*, Liberec, *Technická Univerzita v Liberci*, 210 p.
10. Giurgiutiu V., and Lyshevski S.E., (2009), *Micromechatronics Modeling Analysis and Design with MATLAB 2nd ed.*, Boca Raton, FL: *CRC Press*, 920 p.
11. Harashima F., Tomizuka M., and Fukuda T. (1996), *Mechatronics – what is it, why, and how? IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Tokyo, Vol. 1, 350 p.

Получено 17.07.2014

## References

1. Shydlovsky A.K., Pavlov V.B., and Popov A.V., *Primenenie superkondensatorov v avtonomnom akkumulyatornom elektrotransporte* [Application of Ultracapacitors in Autonomous Electrotransport], (2008), *Tehnichna Elektrodynamika Publ.*, Kiev, Ukraine, Vol. 4, pp. 43 – 47 (In Russian).

2. Yoney D. Converted Audi A2 Claims new Electric Vehicle Distance Record: 372 miles. Available at: <http://green.autoblog.com/2010/10/27/converted-audi-a2-claims-new-electric-vehicle-distance-record-3> (accessed 10.02.2010).

3. Mladenov Z. Venturi Jamais Contente Topped 515 km/h – a new world Record. Available at: <http://www.automobilesreview.com/auto-news/venturi-jamais-contente-world-record/25242> (accessed 05.05.2014).

4. Available at: <http://www.teslamotors.com/roadster/specs> (accessed 04.03.2014).

5. Available at: <http://media.renault.com/global/en-gb/renault/Media/PressRelease.aspx?mediaid=32715> (accessed 02.06.2014).

6. Ultracapacitors Catalog Maxwell Technologies. Available at: [http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/K2SERIES\\_DS\\_10153704.PDF](http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/K2SERIES_DS_10153704.PDF) (accessed 28.06.2014).

7. Klepikov V.B., Gonchar A.S., Moiseev A.N., Semikov A.V., Maletin Y. A. and Zhykharev A. M. Laboratornye issledovaniya elektroprivoda elektromobilya s superkondensatornoj batareej [Laboratory Research of Electric Vehicle Electric Drive with Supercapacitor Module], (2013), *Visnyk NTU “KHPI” Publ.*, Kharkov, Ukraine, Vol. 36 (1009), pp. 441 – 443 (In Russian).

8. Grabchenko A.I., Klepikov V.B., and Dobroskok V.L. Vvedenie v mehatroniku [Introduction in Mechatronics Manual], (2014), *NTU “KHPI” Publ.*, Kharkov, Ukraine, 264 p. (In Russian).

9. Záda V. Robotika: matematické aspekty analýzy a řízení, (2012), Liberec: *Technická Univerzita v Liberci*, 210 p.

10. Giurgiutiu V., and Lyshevski S.E., (2009), *Micromechatronics Modeling Analysis and Design with MATLAB* 2nd ed., Boca Raton, FL: *CRC Press*, 920 p.

11. Harashima F., Tomizuka M., and Fukuda T. (1996), *Mechatronics – what is it, why, and How? IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Tokyo, Vol. 1, 350 p.



Клепиков  
Владимир Борисович,  
д-р техн. наук, проф., зав. каф.  
автоматизированных электро-  
механических систем  
Нац. технического ун-та «Харь-  
ковский политехнический ин-т»,  
председатель НМК МОН Ук-  
раины по направлению «Элек-  
tromеханика», Президент укра-  
инской ассоциации инженеров-  
электриков, Заслуженный дея-  
тель науки и техники Украины,  
тел. раб. (057) 7076226,  
e-mail: klepikov@kpi.kharkov.ua