

УДК 629.083

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАЗ-21703 С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Денисов И.В., Смирнов А.А.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: denisoviv@mail.ru, AlexiFoX@yandex.ru

Данная статья посвящена вопросу оценки технического состояния электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля ВАЗ-21703. Установлено, что в настоящее время подобные операции выполняются с использованием специальных сканер-тестеров. Но большинство из считываемых сканерами ошибок возникают при достижении рассматриваемым узлом предельного состояния, что не позволяет отслеживать изменение технического состояния ЭМУ РУ в процессе эксплуатации и вовремя применять корректирующие действия. Поэтому авторы работы предлагают ввести новый оценочный параметр – критерий работоспособности. В результате проведенных исследований определена расчетная формула предлагаемого критерия, выполнены промежуточные расчеты, в ходе которых установлено значение коэффициента полезного действия ЭМУ РУ, а также найдены предельное и предельно допустимое значения критерия работоспособности.

Ключевые слова: ЭМУ РУ, ВАЗ-21703, критерий работоспособности, КПД

EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION ELECTROMECHANICAL POWER STEERING VAZ-21703 USING PERFORMANCE CRITERIA

Denisov I.V., Smirnov A.A.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: denisoviv@mail.ru, AlexiFoX@yandex.ru

This article is devoted to the evaluation of the technical state of the electromechanical power steering car VAZ-21703. Found that in the present, these operations are performed using a special scanner testers. But most of the scanners read error occurs when a node considered limiting state that does not allow tracking of technical change in the state of the electromechanical power steering system during operation and the time to apply corrective action. Therefore, the authors propose to introduce a new work evaluation parameter criterion of efficiency. These studies defined the calculating formula of the proposed criterion, made interim payments, in which is set to the efficiency of the electromechanical power steering, and found the limit and the limit values of the criterion of efficiency.

Keywords: electromechanical power steering, VAZ-21703, criterion of efficiency, efficiency

При проведении работ по ТО автомобиля, оборудованного электромеханическим усилителем рулевого управления (ЭМУ РУ), необходимо диагностировать техническое состояние данного устройства. В настоящее время подобные операции выполняются с использованием специальных сканер-тестеров, считывающих коды отказов и неисправностей из памяти блока управления.

Применительно к исследуемому ЭМУ РУ заводом-изготовителем определен ряд кодов ошибок [7], позволяющих выявить неисправность конкретного элемента в конструкции узла. Следует отметить, что данные критерии не позволяют отслеживать динамику изменения ТС усилителя в эксплуатации, т.к. возникновение большинства данных ошибок происходит лишь при полной потере ЭМУ РУ работоспособности.

Цель исследования: разработать новый критерий оценки технического состояния электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля ВАЗ-21703.

Методы исследования: аналитическое исследование.

В нашем случае для оценки технического состояния ЭМУ РУ предлагается ввести специальный критерий работоспособности φ , равный отношению коэффициента усиления K_y к максимальному токопотреблению усилителя I_{\max} .

$$\varphi = \frac{K_y}{I_{\max}}. \quad (1)$$

Коэффициент усиления K_y представим как отношение момента силы $M_{\text{вых}}$, развиваемого усилителем, к моменту $M_{\text{вх}}$, прикладываемому к рулевому колесу АТС, умноженное на КПД узла.

$$K_y = \frac{M_{\text{вых}}}{M_{\text{вх}}} \cdot \eta, \quad (2)$$

где η – коэффициент полезного действия.

Критерий работоспособности, выраженный через коэффициент усиления, будет равен

$$\varphi = \frac{M_{\text{вых}}}{M_{\text{вх}} \cdot I_{\max}} \cdot \eta. \quad (3)$$

Найдем значение КПД изучаемого ЭМУ РУ. Для этого определим тип механических связей между элементами конструкции узла.

Из конструктивных особенностей ЭМУ РУ [12] известно, что входной и выходной валы усилителя соединены между собой посредством торсиона, представляющего собой упругий металлический

элемент, работающий на скручивание. В большинстве случаев соединение концов торсионного вала с взаимно подвижными деталями осуществляется при помощи шлицевого (зубчатого) соединения [1], образующегося при наличии наружных зубьев на валу и внутренних зубьев в отверстии ступицы (втулки).

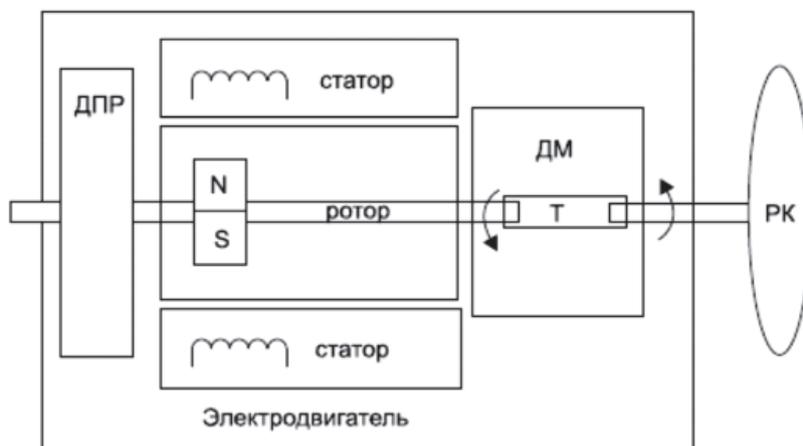


Схема ЭМУ РУ:

ДПР – датчик положения ротора; ДМ – датчик момента; Т – торсион; РК – рулевое колесо

Для наглядного представления устройства ЭМУ РУ воспользуемся схемой, указанной в работе [2] (рисунок), на которой видно, что в конструкции исследуемого узла присутствуют два механических сопряжения.

Из курса «Теория машин и механизмов» [4] известно, что общий КПД механической передачи равен

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n, \quad (4)$$

где η_1, η_2, η_n – коэффициенты полезного действия передач или сопряжений.

В нашем случае, согласно конструктивным особенностям узла [2, 12], КПД ЭМУ РУ можно найти по формуле

$$\eta = \eta_{\text{под}} \cdot \eta_{\text{мс}} \cdot \eta_{\text{под}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{под}}, \quad (5)$$

где $\eta_{\text{под}}$ – КПД подшипника; $\eta_{\text{мс}}$ – КПД механического сопряжения; $\eta_{\text{эд}}$ – КПД электродвигателя.

Определим коэффициент полезного действия механического сопряжения. Учитывая, что в связи «торсион – ступица» применяется шлицевое соединение, аналогичное используемому в конструкции зубчатой муфты, примем КПД рассматриваемого механического сопряжения равным коэффициенту полезного действия зубчатой муфты. В справочной литературе [5] приводится следующий диапазон значений данного параметра: 0,98–0,99. Для расчета

требуемой величины будем использовать среднее значение, равное $\eta_{\text{мс}} = 0,995$.

Из представленной в [12] схемы видно, что в конструкции ЭМУ РУ присутствуют три подшипника качения, КПД которых, согласно [8], равен $\eta_{\text{под}} = 0,995$.

Найдем КПД электродвигателя ЭМУ РУ. Для этого воспользуемся расчетной формулой, представленной в работе [9]:

$$\eta_{\text{эд}} = \frac{P_2}{P_1}, \quad (6)$$

где P_1 – потребляемая электродвигателем ЭМУ мощность; P_2 – полезная (отдаваемая) мощность.

Так как в электрической цепи ЭМУ РУ протекает постоянный ток, то значение P_1 определяется как [11]:

$$P_1 = U_{\text{ном}} I_{\text{max}}, \quad (7)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение в сети; I_{max} – максимальное токопотребление усилителя.

Полезную мощность электродвигателя представим следующим образом:

$$P_2 = P_2' + P_2'', \quad (8)$$

где P_2' – механическая мощность на валу вращающегося электродвигателя, P_2'' – мощность преобразователя напряжения (источника питания электродвигателя).

Величина P_2' , согласно [10], находится по формуле

$$P_2' = \frac{M_{\text{вых}} \cdot n}{9,57}, \quad (9)$$

где n – частота вращения двигателя, мин^{-1} .

Из [12] известно, что электродвигатель ЭМУ РУ работает при частоте вращения до 2 с^{-1} , что составляет 120 мин^{-1} .

Потребляемую мощность источника питания электродвигателя (интегральный транзисторный мост GWM160-0055X1 [2]) определим, используя руководство [13]. Согласно диаграмме № 18 при времени переключения управляющего драйвера источником питания 6 мс значение P_2'' составляет 180 Вт .

$$\eta = 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,71 = 0,692.$$

В случае отказа функционирования ЭМУ РУ ($M = 0$) КПД механической связи

$$\eta_{\text{мех.св}} = 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,995 = 0,975,$$

а коэффициент усиления будет равен

$$K_y = 1 \cdot \eta_{\text{мех.св}} = 0,975 \text{ при } M_{\text{вх}} = M_{\text{вых}}.$$

Предельное значение критерия работоспособности определим как отношение максимального компенсирующего момента M_{max} (при усилии водителя на рулевом колесе 6 Нм [7]) к максимальному токопотреблению $I_{\text{max}} = 55 \text{ А}$ (в случае отказа предохранителя в электрической цепи).

$$\Phi_{y \text{ пред}} = \frac{24}{55 \cdot 6} \cdot 0,692 = 0,05.$$

Предельно допустимое значение данного параметра, определяемое за счет предохранителя, обеспечивающего предельное значение силы тока в цепи, равное 50 А , составит

$$\Phi_{y \text{ доп}} = \frac{24}{50 \cdot 6} \cdot 0,692 = 0,055.$$

Вывод

Предлагаемый диагностический параметр удовлетворяет требованиям однозначности, стабильности, чувствительности, информативности, технологичности и позволяет достоверно оценить работоспособность усилителя. Оценка динамики изменения КР по наработке может использоваться для решения задачи прогнозирования остаточного ресурса ЭУ РУ автотранспортного средства, в частности автомобиля ВАЗ-2170 и его модификаций.

Подставляя выражения (7), (8), (9) в (6), получим

$$\eta_{\text{эд}} = \frac{P_2' + P_2''}{U_{\text{ном}} I_{\text{max}}} = \frac{\frac{M_{\text{вых}} \cdot n}{9,57} + 180}{U_{\text{ном}} I_{\text{max}}}. \quad (10)$$

В [7] указано, что $M_{\text{вых}} = 24 \text{ Нм}$, $U_{\text{ном}} = 13,5 \text{ В}$, $I_{\text{max}} = 50 \text{ А}$ (с учетом предохранителя в электрической цепи).

Результаты исследования и их обсуждение

КПД электродвигателя ЭМУ РУ составит

$$\eta_{\text{эд}} = \frac{\frac{24 \cdot 120}{9,57} + 180}{13,5 \cdot 50} = \frac{480,94}{675} = 0,71.$$

Общий КПД ЭМУ РУ будет равен

«входной вал – торсион – выходной вал» составит:

Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с. ISBN 5-02-013810-X.
2. Борисов Ю.М. Электротехника: учеб. для вузов / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов, Ю.Н. Зорин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 552 с.
3. Вольдек А.И. Электрические машины: учеб. для студ. высш. техн. учреждений. – 2-е изд., перераб. и доп., СПб.: «Энергия», 1974 г., 840 с.
4. Герасимов С.В., Долотов А.М., Кулаков Ю.Н. Краткий справочник для расчета грузоподъемных машин. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – 103 с.
5. Кузнецов В.А., Дьяков И.Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: учеб. пособие / В.А. Кузнецов, И.Ф. Дьяков – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 64 с. ISBN 5-89146-200-0.
6. Кузьмин А.В. и др. Расчеты деталей машин: справ. пособие / А.В. Кузьмин, И.М. Чернин, Б.С. Козинцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш.шк., 1986. – 400 с.
7. ОАО «АвтоВАЗ». Особенности конструкции, технического обслуживания и диагностирования электромеханического усилителя рулевого управления автомобилей семейства ПРИОРА [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/ladaportalcom/files> (дата обращения 10.08.2014).
8. Печников А., Трубин В. Электромеханический безредукторный усилитель руля: принципы работы и применяемые электронные компоненты // Вестник электроники. – 2011. – № 1 (29). – С. 4–8.
9. Электромеханический усилитель руля автомобиля и электродвигатель для усилителя руля [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/227/2278797.html> (дата обращения 10.08.2014).
10. GWM 160-0055X1 [Электронный ресурс]. URL: <http://ixapps.ixys.com/DataSheet/GWM160-0055X1.pdf> (дата обращения 10.08.2014).

References

1. Artobolevsky I.I. Teoriya mekhanizmov i mashin [Theory of Mechanisms and Machines]: Textbook for universities. 4th ed., Revised. and ext. Moscow: Nauka. Ch. Ed. Sci. Lighted., 1988. 640 p. ISBN 5-02-013810-X
2. Borisov Y.M. Elektrotehnika [Electrical Engineering]: Proc. for schools / Y.M. Borisov, D.N. Lipatov, Y.N. Zorin. 2nd ed., Revised. and ext. Moscow: Energoatomizdat, 1985. 552 p.
3. Voldek A.I. Elektricheskie mashiny [Electric cars]: studies. for the studio. Higher. tehn. Proc. institutions. 2nd ed., Revised. and ext. St. Petersburg: «Energy», 1974, 840 p.
4. Gerasimov S.V., Chisels A.M., Kulakov Y.N. Kratkiy spravochnik dlya rascheta gruzopod'emnyih mashin [Quick reference for the calculation of lifting equipment]. Bratsk State Educational Institution «BrSU», 2009. 103 p.
5. Kuznetsov V.A., Dykov I.F. Konstruirovaniye i raschet avtomobilya. Podveska avtomobilya [The design and calculation of the vehicle. Car suspension]: studies allowance. / V.A. Kuznetsov, I.F. Dykov Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University, 2003. 64 p. ISBN 5-89146-200-0.
6. Kuzmin A.V. Raschetyi detaley mashin [The calculations of machine parts]: studies allowance / A.V. Kuzmin, I.M. Chernin, B.S. Kozintsev. 3rd ed., Revised. and ext. Minsk.: Vysh.shk., 1986. 400 p.
7. OAO «AvtoVAZ». Osobennosti konstruksii, tehnikeskogo obsluzhivaniya i diagnostirovaniya elektromehaničeskogo usilitelya rulevogo upravleniya avtomobilye semejstva PRIORA [«AvtoVAZ». Design features, maintenance and diagnostics electromechanical power steering cars PRIORA family], [electronic resource]. URL: <https://sites.google.com/site/ladaportalcom/files> (date accessed 10/08/2014).
8. Pechnikov A., Trubino V. Elektromehaničeskij bezreduktornyiy usilitel rulya: printsipy raboty i primenyaemye elektronnyie komponentyi [Gearless electromechanical power steering, working principles and applied electronic components] // Journal of Electronics no. 1 (29) 2011, pp. 4–8.
9. Elektromehaničeskij usilitel rulya avtomobilya i elektrodvigatel dlya usilitelya rulya [The electromechanical power steering and a motor vehicle for the power steering], [electronic resource]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/227/2278797.html> (date accessed 10/08/2014).
10. GWM 160-0055X1 [electronic resource]. URL: <http://ixapps.ixys.com/DataSheet/GWM160-0055X1.pdf> (date accessed 10/08/2014).

Рецензенты:

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры тепловых двигателей и энергетических установок, ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир;

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, главный специалист ООО «Завод инновационных продуктов КТЗ», г. Владимир.

Работа поступила в редакцию 28.11.2014.