УДК 621.86/.87:621.89:665.7:537.212:537.63 DOI: 10.33042/2522-1809-2024-4-185-31-35

С.В. Воронін, О.О. Суранов, Т.В. Трифонов, Ю.К. Орлюк

Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

БЛОК ЖИВЛЕННЯ СТЕНДА ТА ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРОБКИ ОЛИВ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИМ ПОЛЕМ

У статті розглянуто актуальне науково-прикладне питання покращення антифрикційних та протизношувальних властивостей індустріальних олив шляхом електростатичної обробки, що використовують у гідроприводах підйомно-транспортних та вантажно-розвантажувальних машин. Описано принципово нову схему стенда електростатичної обробки мастил та наведено результати експериментальних досліджень на машині тертя СМЦ-2.

Ключові слова: *протизношувальна властивість, олива, вплив електростатичного поля на протизносні властивості оливи, пристрій для електростатичної обробки оливи.*

Постановка проблеми

У більшості технологічних машин, серед яких підйомно-транспортні, вантажно-розвантажувальні, будівельні, дорожні, колійні, гірничі тощо, використовують гідравлічні приводи та двигуни внутрішнього згорання. Підвищення ресурсу вказаних агрегатів технологічних машин є актуальним завданням. Одним із його можливих напрямків рішення є електростатична обробка гідравлічних олив та дизельних палив [1–5].

За три останніх десятиріччя проведено багато досліджень, які спрямовані на пошук оптимальних засобів використання зовнішніх силових полів для підвищення якості змащувальних матеріалів та інтенсифікації їх виготовлення [4–7].

Такі види впливу силових полів, як механічний, механохімічний, акустичний, електромагнітний, електричний, все частіше використовують для регулювання поведінки дисперсних часток у неполярних та малополярних середовищах.

Теорія регульованих міжфазних переходів доводить, що виникнення, зростання та зміна розмірів надмолекулярних структур, які оточені адсорбційно-сольватним шаром (сольватною оболонкою) і створюють складні структурні одиниці у нафтових дисперсних системах, сприяють виникненню нових властивостей цих систем [5, 7]. Одним з основних положень цієї теорії є необхідність екстремальної і антибатної зміни розмірів складних структурних одиниць за допомогою зовнішніх впливів, до яких належать і силові поля [5].

Змащувальні матеріали характеризуються різними ступенями дисперсності, складом та властивостями, тому характер дії на них силових полів різноманітний. Можливість регулювання міжмолекулярних взаємодій, а також розмірів складних структурних одиниць має велике значення при експлуатації змащувальних матеріалів. Електричні поля дозволяють керувати міжфазовими взаємодіями в таких дисперсних системах: збільшують постійні дипольні моменти часток та електроповерхневі сили, які пособляють деформації подвійного електричного шару. Під дією сильних електричних полів у вуглеводневих дисперсних системах виникають структурні зміни, які суттєво змінюють фізико-хімічні властивості змащувальних матеріалів [5]. Так, залежно від хімічної природи системи (стану поверхні розподілу фаз), можуть бути змінені динамічна в'язкість змазки та її опір деформації [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

До цього часу нема розробленого єдиного механізму впливу силових полів, не повністю досліджено характер їх впливу на міжмолекулярні взаємодії, не визначено принципи цілеспрямованого регулювання міжмолекулярної взаємодії шляхом зміни полярності системи, електрокінетичного потенціалу, термодинамічних параметрів [4, 5]. Одним з найбільш суттєвих недоліків теоретичного обґрунтування механізму впливу зовнішнього силового поля на систему є відсутність загальної теорії, яка пояснює адекватність впливу різних силових полів (наприклад, механічного, механохімічного, ультразвукового, електромагнітного, електричного), хоча багато експериментальних досліджень доводять наявність кореляційних залежностей.

Однак, незважаючи на можливість використання силових полів для безпосереднього впливу на дисперсну систему, процес екстремальної зміни розмірів асоціатів достатньо складний через виникнення комплексу пондемоторних і диполофоретичних сил, електрокоагуляції та міжміцелярної взаємодії, внутрішньої хімічної поляризації [4, 5, 7].

© Воронін С.В., Суранов О.О., Трифонов Т.В., Орлюк Ю.К.

Працями провідних вчених Української державної академії залізничного транспорту та інших вчених встановлено, що одним із перспективних напрямків покращення властивостей рідин на нафтовій основі є використання механічного та електричного силових полів. Вивчення їх впливу дозволяє регулювати властивості рідин на нафтовій основі та змащувальних матеріалів, які використовуються у вузлах тертя [5].

З іншого боку, практична реалізація способу електростатичної обробки рідких нафтопродуктів машинобудівного призначення потребує розроблення універсального блока живлення, який відповідає вимогам забезпечення рівня вихідної напруги в широкому діапазоні, з одночасним обмеженням за величиною електричного струму. Це дозволить виконувати електрообробку рідин за оптимальних режимів та запобігати явищу електричного пробою.

Мета статті

Метою цієї статті є розробка електричної схеми універсального блока живлення стенда для дослідження процесів електрообробки рідин на нафтовій основі та створення стенда для випробування зразків за схемою «колодка – ролик».

Виклад основного матеріалу

Проведені раніше експериментальні дослідження [6, 7] дозволяють докладно сформулювати вимоги до стенда, за допомогою якого можливо дослідити властивості рідин на нафтовій основі. Так, підвищення протизносних властивостей рідин на нафтовій основі може бути досягнуто при проходженні рідини у зазорі між електродами в електростатичному полі. Напруга між електродами повинна становити U = 1000–1500 В, а швидкість пересування рідини у міжелектродному просторі – V = 4,5–6,5 м/с [6]. Таким вимогам відповідає блок живлення стенда для електрообробки рідин на нафтовій основі, який пропонується у цій роботі [8].

Електрична схема блока живлення представлена на рис. 1.

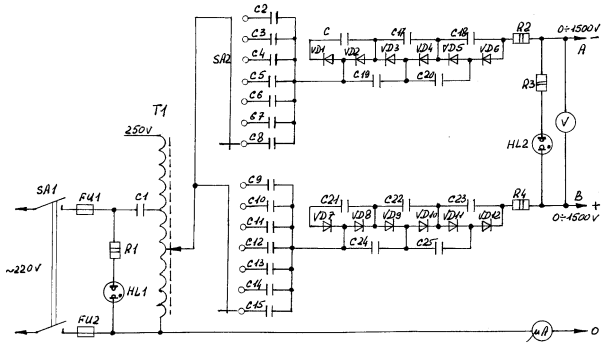

Рис. 1. Схема лабораторного блока живлення

Блок живлення включає такі основні вузли: вимикач напруги SA1, запобіжники FU1–FU2, індикатор наявності мережевої напруги HL1, лабораторний автотрансформатор T1 (ЛАТР-1), перемикач SA2 з блоками конденсаторів C2–C15, помножувачі напруги VD1–VD6 та VD7–VD12, індикатор високовольтної напруги HL2, вольтметр V, міліамперметр μA.

Блок працює наступним чином. При перемиканні вимикача SA1 мережева напруга ~220 В подається на обмотку автотрансформатора T1. При цьому загоряється індикаторна лампа HL1. Конденсатор C1 захищає автотрансформатор від перевантажень у разі виникнення коротких замкнень або виникнення дугового розряду між електродами A, B, 0. Перемикачем SA2 встановлюється обмеження струму за допомогою блоків конденсаторів C2–C15, який повинен протікати через лабораторний прилад, який досліджується. Далі перемінна напруга подається на помножувачі напруги VD1–VD6 та VD7–VD12, де відбувається підвищення та виправлення напруги. Індикаторна лампа HL2 загоряється при напрузі між електродами A і B – 1500–3000 В, попереджаючи персонал про наявність високовольтної напруги. За допомогою вольтметра V та міліамперметра μA контролюється процес поляризації у лабораторному приладі.

Лабораторний блок живлення має подвійний захист від коротких замкнень, які часто трапляються при проведенні дослідницьких експериментів. Він дозволяє стабілізувати та ступенево регулювати струм у приладі, а також плавно регулювати напругу на виході від 0 до 3000 В. Таку можливість дає ЛАТР-1. Він дозволяє плавно регулювати напругу від 0 до 250 В.

Для проведення експериментальних досліджень була розроблена лабораторна установка, представлена на рис. 2.

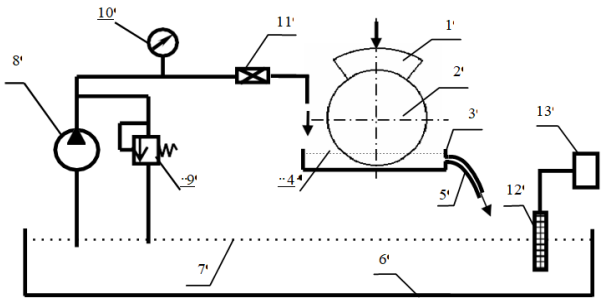

Рис. 2. Схема лабораторної установки для випробування зразків за схемою «ролик – колодка»: 1 – колодка; 2 – ролик; 3 – кювета з робочою рідиною; 4 – рівень робочої рідини; 5 – зливний патрубок; 6 – бак; 7 – робоча рідина; 8 – насос; 9 – перепускний клапан; 10 – манометр; 11 – пристрій для обробки робочої рідини електростатичним полем; 12 – нагрівальний елемент; 13 – терморегулятор

Робоча рідина поступає з бака 6 за допомогою насоса 8 у пристрій 11, звідки після обробки електростатичним полем зливається в кювету 3, з якої через зливний патрубок 5 робоча рідина поступає назад в бак 6, забезпечуючи в такий спосіб постійну її циркуляцію. Швидкість рідини, що поступає в кювету, регулюється перепускним клапаном 9. Температура робочої рідини в баку 6 підтримувалася на рівні 68–75 °С за допомогою нагрівального елемента 12 і терморегулятора 13.

Дослідження впливу продуктів зносу на швидкість зношування пар тертя при обробці робочої рідини зовнішнім електростатичним полем на машині тертя СМЦ-2 проводили за схемою «колодка – ролик» (діаметр ролика – 50 мм, ширина ролика – 12 мм, ширина колодки – 10 мм). Матеріали зразків: колодка – бронза БрАЖН10-4-4, ролик – сталь 18ХГТ (матеріали прецизійних пар аксіально-поршневих насосів [9]). Схема навантаження була прийнята такою [10, 11]: приробляння з навантаженням 1000 Н триває 2 год і випробування при 1400–1600 Н, що відповідає тиску в контакті 7,29–8,33 МПа, при яких реалізовувалося граничне змащення для цієї пари тертя і робочої рідини. Швидкість обертання ролика – 300 об/хв.

Такі режими навантаження відповідають режимам навантаження пар тертя в аксіально-поршневих насосах.

Критерієм для оцінки швидкості зношування зразків була втрата ними маси під час випробування, яка вимірювалася терезами ВЛР-200.

Висновки

1. Проведений аналіз патентної та технічної літератури показує необхідність розробки єдиного механізму впливу силових полів (механічного, механохімічного, акустичного, електромагнітного, електричного) на якість змащувальних матеріалів, які використовуються у вузлах тертя; поглибити дослідження характеру впливу полів на міжмолекулярні взаємодії; визначити принципи цілеспрямованого регулювання міжмолекулярної взаємодії шляхом зміни полярності системи, електрокінетичного потенціалу, термодинамічних параметрів.

Недостатньо лише констатувати факт позитивної зміни властивостей, необхідно добитися екстремального підвищення показників, регулюючи складний механізм міжмолекулярної та міжчасткової взаємодії.

2. У роботі запропоновано розроблену принципово нову схему блока живлення лабораторного стенда для електрообробки постійним струмом рідин на нафтовій основі. Блок живлення являє собою двополярне джерело постійного струму, яке регулюється. Він забезпечує плавне регулювання напруги від 0 до 3000 В та ступеневе регулювання струму на виході. Блок має подвійний захист від коротких замкнень на виході та вході.

3. Проведені дослідження на машині тертя показали, що частинки зносу впливають на зношування поверхонь тертя. Частинки зносу розміром до 5 мкм покращують протизношувальні властивості робочої рідини і можуть знижувати швидкість зношування на 15 %.

4. Обробка робочої рідини зовнішнім електростатичним полем знизила швидкість зношування у 1,84–2,26 раза. Частинки зносу розміром 5 мкм і менше збільшують протизношувальний ефект від обробки електростатичним полем на 45–50 %. У результаті електрообробки робочої рідини, забрудненої частинками зносу розміром до 5 мкм, швидкість зношування знизилася у 2,75–3,28 раза.

5. Зі збільшенням тиску в контакті з 7,29 до 8,33 МПа протизношувальний ефект від електрообробки збільшується приблизно на 19 %.

6. Електрообробка робочої рідини зовнішнім електростатичним полем дозволяє зменшити швидкість зношування вузлів тертя гідроприводів будівельних машин і, відповідно, підвищити надійність роботи цих машин.

Література

1. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій / укладач Е. В. Колісніченко, А. С. Мандрика, В. О Панченко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 176 с.

2. Влияние электрофизического воздействия на эксплуатационные свойства дизельного топлива [Текст] / В. И. Морозов, Я. Е. Белоконь, А. И. Окоча, С. Т. Усатенко // Исследования процессов подготовки, применения и контроля качества авиа ГСМ и спецжидкостей. – Киев: КИИГА, 1992. – С. 94–98.

3. Лысиков Е. Н. Физические основы механизма воздействия внешнего электростатического поля на структуру рабочей жидкости гидроприводов строительных и дорожных машин // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. - Харьков: РИО ХГАДТУ. - 2000. - Вып. 11. - С. 44-47.

4. Патент RU 2101480 С1., МПК[6] Е21 В0 43/24 Способ электрообработки жидкости на нефтяной основе / Руднев В.К., Костин Н.Н., Курбан В.Д., Старунов В.М., Матюхин А.И., Косолапов В.Б., Лысиков Е.Н. - №95118617; Заяв. 01.11.93, Опубл. 10.01.98.

5. Лысиков Е.Н. Влияние продуктов износа элементов гидроприводов на адсорбционные процессы рабочих жидкостей при воздействии на них электростатическим полем // Автомобильный транспорт. - Харьков: РИО ХГАДТУ. - 2000. - Вып. 4. - С. 54-57.

6. Investigation of electrostatic charging mechanisms in oil lubricated tribo-contacts [Text] / T. Harvey, R. Wood, G. Denuault, H. Powrie // Tribology International, 2002. – № 35. – P. 605 – 614.

7. Gajewski J.B. Influence of an applied electric field on the torque of rotary lip seals on metal shafts [Text] / J.B. Gajewski, M.J. Glogowski // Tribology International, 2007. – № 40. – P. 49 – 63.

8. Bhushan B., Gupta B.K., Van Cleef G.W., Capp C., Coe J.V. // Tribol. Trans. 1993. Vol. 36. N4. P. 573-580

9. Salvelat J-P et al. Adv. Mater. 11 161 (1999)

10. Ando Y., Zhao X., Sugai T.,. Kumar M: Growing carbon nanotubes. Materials Today 22-29 (2004)

11. Stokes D. On the theories of internal friction of fluids in motion, and of the equilibrium and motion of elastic solids [Text] / D. Stokes // Transactions of the Cambridge Philosophical Society. – 1845. – T. 8.

References

1. Hydraulics, hydraulics of pneumatic drives: lecture notes / publication by E. V. Kolisnichenko, A. S. Mandryka, V. O Panchenko. – Sumi: Sumy State University, 2021. – 176 p. [in Ukrainian]
2. The influence of electrophysical influence on the operational properties of diesel fuel [Text] / V. I. Morozov, Ya. E. Belokon, A. I. Okocha, S. T. Usatenko // Research on the processes of preparation, application and quality control of aviation fuel and lubricants and lubricants special liquids. – Kyiv: KIIGA, 1992. – P. 94–98.
3. Lysikov E. N. Physical foundations of the mechanism of influence of an external electrostatic field on the structure of the working fluid of hydraulic drives of construction and road machines // Bulletin of the Kharkov State Automobile and Highway Technical University. - Kharkov: RIO KhGADTU. - 2000. - Issue. 11. - pp. 44-47.
4. Patent RU 2101480 C1., MPK6 E21 B0 43/24 Method of electrical treatment of oil-based liquid / Rudnev V.K., Kostin N.N., Kurban V.D., Starunov V.M., Matyukhin A.I., Kosolapov V.B., Lysikov E.N. - No. 95118617; Application 01.11.93, Publ. 01/10/98.
5. Lysikov E.N. The influence of wear products of hydraulic drive elements on the adsorption processes of working fluids when exposed to an electrostatic field // Automotive transport. - Kharkov: RIO KhGADTU. - 2000. - Issue. 4. - pp. 54-57.
6. Investigation of electrostatic charging mechanisms in oil lubricated tribo-contacts [Text] / T. Harvey, R. Wood, G. Denuault, H. Powrie // Tribology International, 2002. – № 35. – P. 605 – 614.
7. Gajewski J.B. Influence of an applied electric field on the torque of rotary lip seals on metal shafts [Text] / J.B. Gajewski, M.J. Glogowski // Tribology International, 2007. – № 40. – P. 49 – 63.
8. Bhushan B., Gupta B.K., Van Cleef G.W., Capp C., Coe J.V. // Tribol. Trans. 1993. Vol. 36. N4. P. 573-580.
9. Salvelat J-P et al. Adv. Mater. 11 161 (1999).
10. Ando Y., Zhao X., Sugai T.,. Kumar M: Growing carbon nanotubes. Materials Today 22-29 (2004).
11. Stokes D. On the theories of internal friction of fluids in motion, and of the equilibrium and motion of elastic solids [Text] / D. Stokes // Transactions of the Cambridge Philosophical Society. – 1845. – T. 8.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Д.А. Плугін, Український державний університет залізничного транспорту, Україна.

Автор: ВОРОНІН Сергій Володимирович
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машинобудування та технічного сервісу машин
Український державний університет залізничного транспорту
E-mail – voronon.sergey@ukr.net
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8443-3222

Автор: СУРАНОВ Олексій Олексійович
кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машинобудування та технічного сервісу машин
Український державний університет залізничного транспорту
E-mail – suranov3@kart.edu.ua
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8449-2038

Автор: ТРИФОНОВ Тарас Вікторович
аспірант кафедри машинобудування та технічного сервісу машин
Український державний університет залізничного транспорту
E-mail – ttrifonov81.tt@gmail.com
ID ORCID: https://orcid.org/0009-0006-1415-8767

Автор: ОРЛЮК Юрій Костянтинович
аспірант кафедри машинобудування та технічного сервісу машин
Український державний університет залізничного транспорту
E-mail – orlyuk525@gmail.com

POWER SUPPLY UNIT OF THE STAND AND LABORATORY INSTALLATION FOR TREATING OLIVES WITH ELECTROSTATIC FIELD

S. Voronin, O. Suranov, T. Tryfonov, Yu. Orliuk
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine

Most technological machines (TM) use hydraulic drives and internal combustion engines, such as lifting and transporting, loading and unloading, construction, road, track, and mining. Increasing the durability of the specified TM units is an urgent task. One of the possible solutions to this urgent problem is the electrostatic treatment of hydraulic oils and diesel fuels.

Over the past three decades, researchers have conducted many studies focused on finding optimal means of using external force fields to improve the quality of lubricating materials and intensify their production. Types of influence of force fields, such as mechanical, mechanochemical, acoustic, electromagnetic, and electric, are increasingly used to regulate the behaviour of dispersed particles in nonpolar and slightly polar environments.

The theory of regulated interphase transitions proves that the emergence, growth, and size change of supramolecular structures, surrounded by an adsorption-solvate layer and creating complex structural units in oil dispersion systems, contribute to the emergence of new properties of these systems. One of the main provisions of this theory is the need for extreme and antibating changes in the size of complex structural units with the help of external influences, which include force fields.

Lubricating materials differ in their degrees of dispersity, composition, and properties, so the effect of force fields on them is diverse. The ability to regulate intermolecular interactions and the size of complex structural units are significant in the operation of lubricants. Electric fields make it possible to control phase interactions in these dispersed systems: they increase the constant dipole moments of particles and the electrosurface forces, which contribute to the deformation of the electric double layer. Under the action of strong electric fields, structural changes occur in hydrocarbon dispersion systems, which significantly change the physicochemical properties of lubricating materials. Thus, the dynamic viscosity of the lubricant and its resistance to deformation may change depending on the chemical nature of the system.

Previously conducted experimental studies allow us to formulate the requirements for the stand in detail, which enables investigation of the properties of petroleum-based liquids. Thus, it is possible to achieve increased anti-wear properties of petroleum-based liquids when the liquid passes through the gap between the electrodes in an electrostatic field. The voltage between the electrodes should be U = 1000–1500 V, and the speed of the liquid movement in the space between the electrodes should be V = 4.5–6.5 m/s. The power supply unit of the stand for electroprocessing petroleum-based liquids, proposed in this paper, meets these requirements.

The article proposes a fundamentally new scheme for the power supply unit of the laboratory stand for direct current electrotreatment of petroleum-based liquids. The power supply unit is a bipolar source of adjustable direct current. It provides smooth regulation of the voltage from 0 to 3000 V and step regulation of the output current. The block has double protection against short circuits at the output and input.

Keywords: *anti-wear property, oil, influence of an electrostatic field on the anti-wear properties of oil, device for electrostatic treatment of oil.*