

## ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.3.045.59, 621.314.6

doi: 10.31498/2225-6733.39.2019.201067

© Коромисленко В.Ю.<sup>1</sup>, Мінін Д.Г.<sup>2</sup>, Бурлака В.В.<sup>3</sup>,  
Поднебenna С.К.<sup>4</sup>

### ПРИСТРІЙ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРОБОЮ ВИПРЯМЛЯЧА БЕЗЩІТКОВИХ ЗБУДЖУВАЧІВ СИНХРОННИХ МАШИН

*В роботі розглянуті передумови створення пристрою для діагностування пробую випрямляча і розрядного тиристора безщіткового збуджувача синхронної машини без необхідності її розбирання. Проаналізовані процеси, що протікають у збуднику і випрямлячі, що обертається. Сформульовані вимоги до системи діагностування збудника. Наведені результати експериментів, виконаних у лабораторних умовах, показана можливість забезпечення діагностики (виявлення пробую) роторних елементів збудника (діодів, розрядних тиристорів) перед пуском машини шляхом подання на обмотку збудження збудника напруги 220 В 50 Гц. Показано, що пошкодження елементів збудника, розташованих на роторі, може бути виявлено шляхом аналізу ЕРС обмотки збудження збудника, для чого її живлення має бути виконане від джерела з високим вихідним опором (в експерименті використовувався гіратор на активних елементах). Запропонована електрична схема системи діагностування елементів збудника, розташованих на роторі, яка виконана на основі однокристального мікроконтролера та дозволяє виявляти пробії діодів роторного випрямляча або розрядного ланцюжка на зупиненій машині (перед пуском). Крім того, під час пуску машини запропонована система, що фіксує напругу відкривання розрядного ланцюжка, а під час роботи – вимірює напругу на виході роторного випрямляча. Передача інформації з ротора збудника, на якому встановлюється запропонована система, здійснюється шляхом використання повітряного трансформатора методом зворотного розсіювання.*

**Ключові слова:** синхронна машина, безщітковий збуджувач, діагностування пробую, випрямляч, що обертається, обмотка збудження.

**Коромисленко В.Ю., Мінін Д.Г., Бурлака В.В., Поднебennая С.К. Устройство диагностики пробую выпрямителя бесщиточных возбудителей синхронных машин.** В работе рассмотрены предпосылки создания устройства для диагностирования пробую выпрямителя и разрядного тиристора бесщиточного возбудителя синхронной машины без необходимости ее разборки. Проанализированы процессы, протекающие в возбудителе и вращающемся выпрямителе. Сформулированы требования к системе диагностики возбудителя. Приведены результаты экспериментов, выполненных в лабораторных условиях, показана возможность обеспечения диагностики (выявления пробую) роторных элементов возбудителя (диодов, разрядных тиристоров) перед пуском машины путем подачи на обмотку возбуждения возбудителя напряжения 220 В 50 Гц. Показано, что повреждение элементов возбудителя, расположенных на роторе, может быть обнаружено путем анализа ЭДС обмотки возбуждения возбудителя, для чего ее питание должно быть выпол-

<sup>1</sup> студент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [wolfalong333@mail.ru](mailto:wolfalong333@mail.ru)

<sup>2</sup> студент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [mden.good@gmail.com](mailto:mden.good@gmail.com)

<sup>3</sup> д-р техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [vladimir.burlaka@ukr.net](mailto:vladimir.burlaka@ukr.net)

<sup>4</sup> канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [podsvet@gmail.com](mailto:podsvet@gmail.com)

нено от источника с высоким выходным сопротивлением (в эксперименте использовался гиратор на активных элементах). Предложена электрическая схема системы диагностирования элементов возбудителя, расположенных на роторе, которая выполнена на основе однокристалльного микроконтроллера и позволяет выявлять пробой диодов роторного выпрямителя или разрядной цепочки на остановленной машине (перед пуском). Кроме того, при пуске машины предложена система, которая фиксирует напряжение открытия разрядной цепочки, а во время работы – измеряет напряжение на выходе роторного выпрямителя. Передача информации с ротора возбудителя, на котором устанавливается предложенная система, осуществляется путем использования воздушного трансформатора методом обратного рассеяния.

**Ключевые слова:** синхронная машина, бесщеточный возбудитель, диагностирование пробоя, вращающийся выпрямитель, обмотка возбуждения.

**V.Yu. Koromyslenko, D.H. Minin, V.V. Burlaka, S.K. Podnebenna. Diagnostic Devices for Remote Controller of Synchronous Machines.** In this paper, the prerequisites of creating a device for diagnosing the breakdown of the rectifier diodes and discharge thyristor of the brushless exciter of the synchronous machine without the need for its disassembly are considered. The processes occurring in the exciter and its rotating rectifier are analyzed. Requirements for the system of diagnosis of the exciter are formulated. The results of laboratory experiments performed are shown, the possibility of providing diagnostics (detection of breakdown) of rotary elements of the exciter (diodes, discharging thyristors) before starting the machine by applying a 220 V 50 Hz voltage to the exciter' excitation winding are shown. It is shown that the damage of the exciter elements located on the rotor can be detected by analyzing the EMF of the excitation winding of the exciter, for which it must be powered from a source with high output resistance (a gyrator with the active elements was used in the experiment). An electrical circuit diagram of a system for diagnosing the elements of the exciter located on the rotor, which is made on the basis of a single-crystal microcontroller and allows to detect the breakdown of the diodes of the rotary rectifier or the discharge circuit on the stopped machine (before starting). In addition, during machine startup, the proposed system captures the firing voltage of the discharge circuit, and during operation – measures the voltage at the output of the rotary rectifier. The data transmission from the exciter rotor, on which the proposed system is installed, is carried out by the use of an air transformer by the method of back-scattering.

**Keywords:** synchronous machine, brushless exciter, breakdown diagnosis, rotating rectifier, excitation winding.

**Постановка проблеми.** Всі турбогенератори, гідрогенератори, дизель-генератори, синхронні компенсатори і двигуни, що виготовляються в даний час, оснащуються сучасними напівпровідниковими системами збудження [1]. Але на більшості виробництв досі працюють машини з системами збудження тридцятирічної давності, які періодично треба ремонтувати. В них виходять із строю діоди обертового випрямляча, а також розрядні тиристри в колі збудження синхронної машини. Основна проблема в тому, що після ремонту синхронної машини її треба збалансувати, що робиться тільки на спеціалізованих підприємствах. Усе, починаючи з простою, пошуку несправностей, демонтажу обладнання, ремонту, балансування і монтажу обладнання машини, коштуватиме великих грошей та часу. Тому проблема забезпечення діагностики випрямлячів, що обертаються, яка б не потребувала робіт з демонтажу, є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні напівпровідникові системи збудження, якими оснащуються всі турбогенератори, гідрогенератори, дизель-генератори, синхронні компенсатори і двигуни, що виготовляються в даний час, використовують принцип випрямлення трифазного змінного струму підвищеної або промислової частоти збуджувачів або напруги машини, що збуджується [2-6]. Розглянуті системи збудження дозволяють проводити діагностику пробою випрямляча без особливих проблем. Діагностика діодів обертового випрямляча без демонтажу самого випрямляча на існуючих збуджувачах, що використовуються у промисловості, потребує значних витрат грошей та часу на демонтаж, пошук несправностей, монтаж

та балансування ротора.

**Мета статті** – аналіз та розробка малогабаритного пристрою для діагностики напівпровідникових елементів системи безщіткового збуджувача синхронної машини, що має низьку собівартість, високу надійність і невеликий розмір, завдяки чому встановлюється без потреби балансування ротора машини.

**Виклад основного матеріалу.** Схема збуджувача наведена на рис. 1. Збудження в обмотку збуджувача подається тільки при синхронізації двигуна і роботі його в синхронному режимі. Наводиться ЕРС в обмотці якоря, випрямляється трифазним випрямлячем і прикладається до обмотки збудження двигуна. Величина струму збудження двигуна при сталому опорі (температурі) обмотки збудження двигуна прямо пропорційна струму збудження збуджувача, що пояснюється відсутністю насичення збуджувача в діапазоні струмів, який не перевищує номінального.

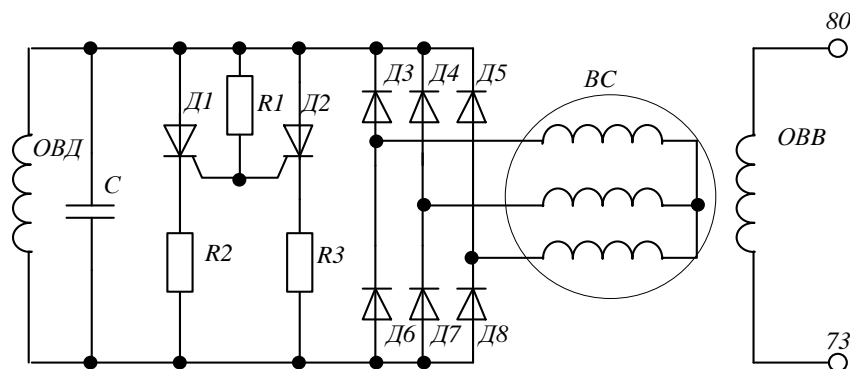


Рис. 1 – Принципова схема безщіткового збуджувача

Представлена на рис. 1 схема має захисний ланцюг якоря з двох паралельно включених тиристорів (Д1 і Д2), які призначені для захисту діодного перетворювача (Д3-Д8) від перенапруг, що виникають на обмотці збудження двигуна при пуску, та забезпечення самого пуску двигуна. Захисний тиристорний ланцюг відкривається напругою ЕРС, що наводиться в обмотці збудження двигуна при пуску, інших перехідних режимах.

Поріг відмикання за анодною напругою вибирається таким чином, щоб повністю виключалося відмикання захисного ланцюга в будь-якому з асинхронних режимів з малим ковзанням, що відповідає навантаженню на валу двигуна від нуля до номінального, а також при будь-яких можливих в експлуатації кратностях форсування збудження. Поріг відмикання задається опором резистора R1 в ланцюзі управління тиристорів, величина опорного резистора крім порога визначається також струмами відмикання тиристорів і опором їх керуючих електродів. Замість резистора R1 можуть використовуватися ланцюжки з варисторів або стабілітронів. Діапазон напруг відмикання прийнятий для:

- ВС-20-3000 – від 300 до 600 В;
- ВС-40-3000 – від 600 до 900 В;
- ВС-80-3000 – від 900 до 1200 В.

Тиристорні шини з опорами R2, R3 призначені для забезпечення відмикання обох паралельно включених тиристорів та забезпечення пропорційного розподілу струму між тиристорами.

Безщітковий збуджувач являє собою обернену синхронну машину з обмоткою збудження, що розташована на статорі. На роторі збуджувача розташована трифазна обмотка, навантажена на 6-пульсний діодний випрямляч, підключений до силової (основної) обмотки збудження синхронної машини. Для захисту роторного випрямляча від ЕРС основної обмотки збудження під час пуску до його виходу підключений розрядний ланцюжок із тиристора і порогової схеми його відкриття. Діоди роторного випрямляча і тиристор розрядного кола мають спеціальне виконання і здатні витримувати значні відцентрові прискорення, оскільки вони розташовані на роторі, що може обертатися зі швидкостями до 3000 об/хв [1].

В разі аварійного відключення синхронної машини виникає питання локалізації несправності: чи треба демонтувати для діагностики елементи, що розташовані на роторі, чи причина точно не в них. Справа в тому, що після демонтажу роторного випрямляча треба заново

балансувати ротор машини, що є кошовною і тривалою операцією. Існуючі старі системи можуть виявити пошкодження роторного випрямляча шляхом відстеження появи змінної складової ЕРС на обмотці збудження збуджувача (вона виникає при порушенні симетрії роторного випрямляча). При цьому не забезпечується виявлення пошкоджень розрядного кола (його пробій чи відхилення напруги відкривання), що збільшує час діагностики несправності. Більше того, якщо живлення обмотки збудження збуджувача виконано від джерела з малим вихідним опором (а це всі сучасні системи керування збудженням), застосування такого методу неможливе.

В умовах лабораторії електричних машин кафедри систем автоматизації та електроприводу був проведений експеримент з дослідження можливостей діагностування пошкоджень роторного випрямляча шляхом аналізу форми ЕРС обмотки збудження збуджувача. Для цього збуджувач був імітований синхронною машиною, що приводилася у обертання двигуном постійного струму, до статора синхронної машини був підключений трифазний діодний випрямляч з активним навантаженням (лампи розжарювання). Живлення обмотки збудження лабораторної синхронної машини було виконано від імпульсного джерела живлення (напівмостовий перетворювач з регульованою вихідною напругою) через гіратор, виконаний на транзисторі IRFZ44N та операційному підсилювачі LM358. Саме наявність гіратора дозволила спостерігати форму власної ЕРС обмотки збудження, обумовлену струмами статора.

На рис. 2 можна побачити, як на працюючій синхронній машині на обмотці збудження збуджувача проявляється пошкодження роторного випрямляча через появу змінної складової ЕРС.

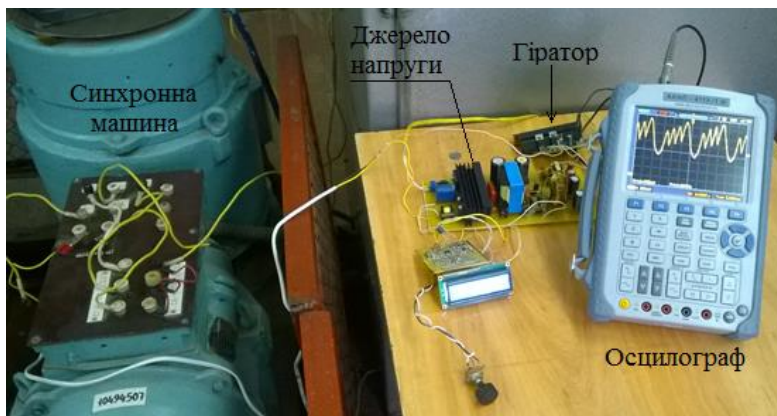


Рис. 2 – Зовнішній вигляд експерименту по виявленню змінної складової ЕРС в обмотці збудження збуджувача при пробію випрямляча

На рис. 3 наведені осцилограми напруги обмотки збудження при різних режимах випрямляча. Горизонтальна розгортка – 5 мс/діл; частота статорної напруги становить 50 Гц.

Найчастішими пошкодженнями являються пробій одного діода та коротке замикання на виході випрямляча (пробієм розрядного тиристора).

Для виявлення пошкоджень (пробієм) діодів і тиристора розрядного кола роторного випрямляча безщіткових збуджувачів синхронних машин, вимірювання напруги відмикання розрядного кола, вимірювання напруги на обмотці збудження синхронної машини розроблена експериментальна система діагностики стану безщіткового збуджувача.

Принцип роботи цього пристрою дуже простий. Пристрій складається з двох груп – анодної і катодної (побудовані на компараторах, див. рис. 4), які слідкують за своєю групою напівпровідникових діодів у випрямлячі (exc\_a – exc\_c), а також за тиристором розрядного кола (exc\_P, exc\_N). Діагностика пробієм проводиться при зупиненій синхронній машині. На обмотку збудження збуджувача подається напруга 220 В з частотою 50 Гц.

При нормальній роботі напівпровідникових діодів на них з'являється деяке падіння напруги, яке фіксується пристроєм та порівнюється з опорним значенням (R1, R3 – анодної групи; R1, R4 – катодної групи). Якщо контрольований діод цілий – відповідний світлодіод вмикається з частотою випрямленої напруги (тобто це сприймається як його світіння). Але якщо кон-

трольований діод пробитий, то падіння напруги на ньому не буде і відповідний світлодіод не загориться. На рис. 5 можна побачити розроблену експериментальну плату пристрою.

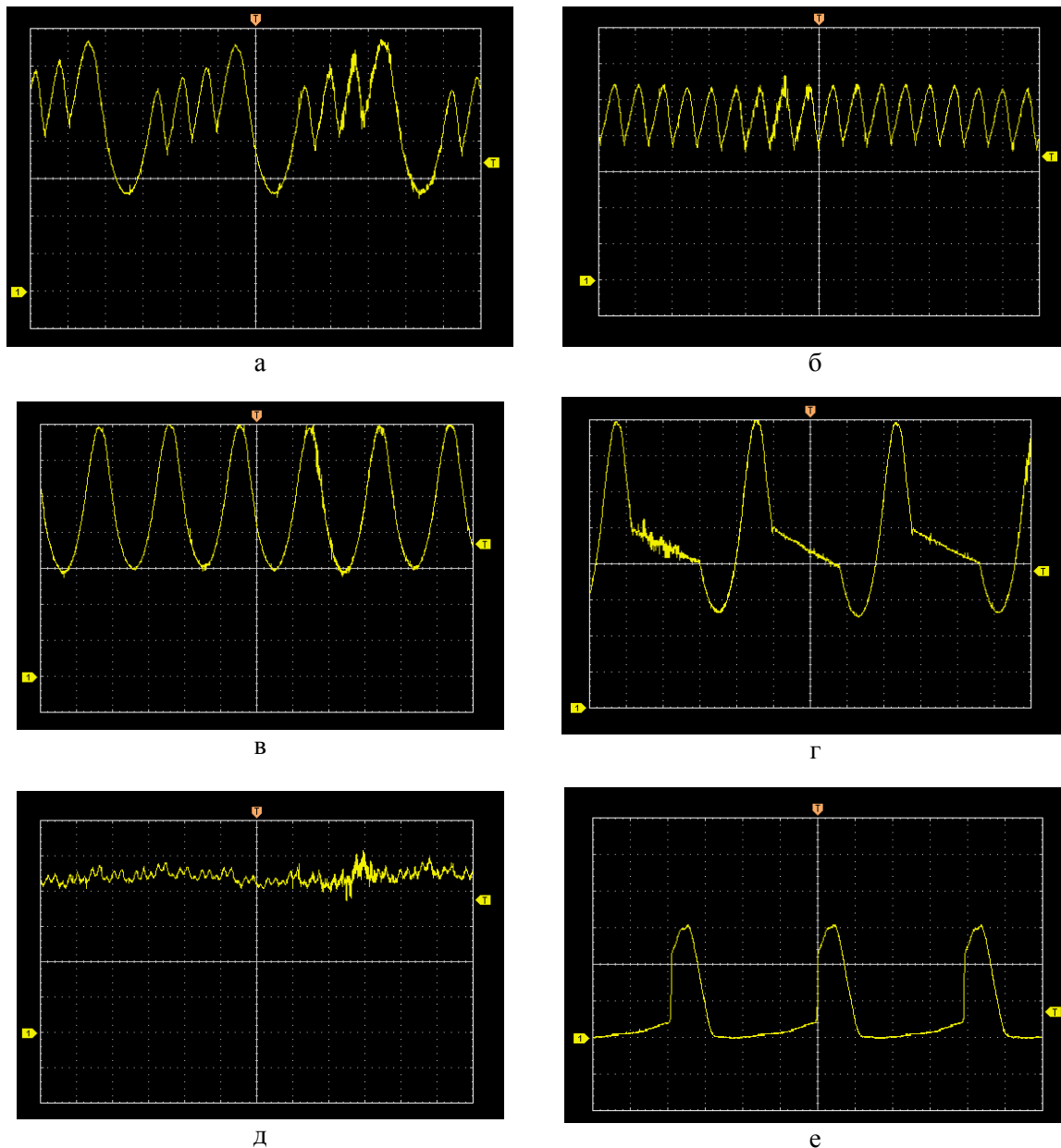


Рис. 3 – Осцилограми напруги обмотки збудження: а – обрив одного діода випрямляча; б – нормальний режим; в – обрив однієї фази; г – обрив однієї фази і одного діода; д – КЗ на виході випрямляча (імітація пробую розрядного тиристора); е – пробій одного діода

Для виявлення пошкоджень (пробою) діодів і тиристора розрядного кола роторного випрямляча безщіткових збуджувачів синхронних машин, вимірювання напруги відмикання розрядного кола, вимірювання напруги на обмотці збудження синхронної машини розроблена експериментальна система діагностики стану безщіткового збуджувача для промислового використання. Вона складається з двох блоків: один встановлюється на ротор і підключається до роторного випрямляча; другий – блок бездротового збору, обробки і відображення інформації (рис. 6).

Зв'язок між блоками і передача живлення виконані за допомогою повітряного трансформатора (одна обмотка розташована на торці ротора збуджувача, інша – на кришці). Передача даних з блоку, що знаходиться на роторі, здійснюється методом зворотного розсіювання

(backscattering), аналогічно системам RFID або зарядним пристроям стандарту Qi. Оскільки роторний блок знаходиться на малій відстані від вісі обертання, він не впливає на балансування машини. Застосування розробленої системи дозволить зменшити час пошуку несправності при втраті збудження; завчасно виявляти відхилення параметрів розрядного кола, що дозволить заздалегідь провести його налаштування. Схемні рішення, застосовані при створенні системи, дали можливість отримати невелику собівартість її блоків.

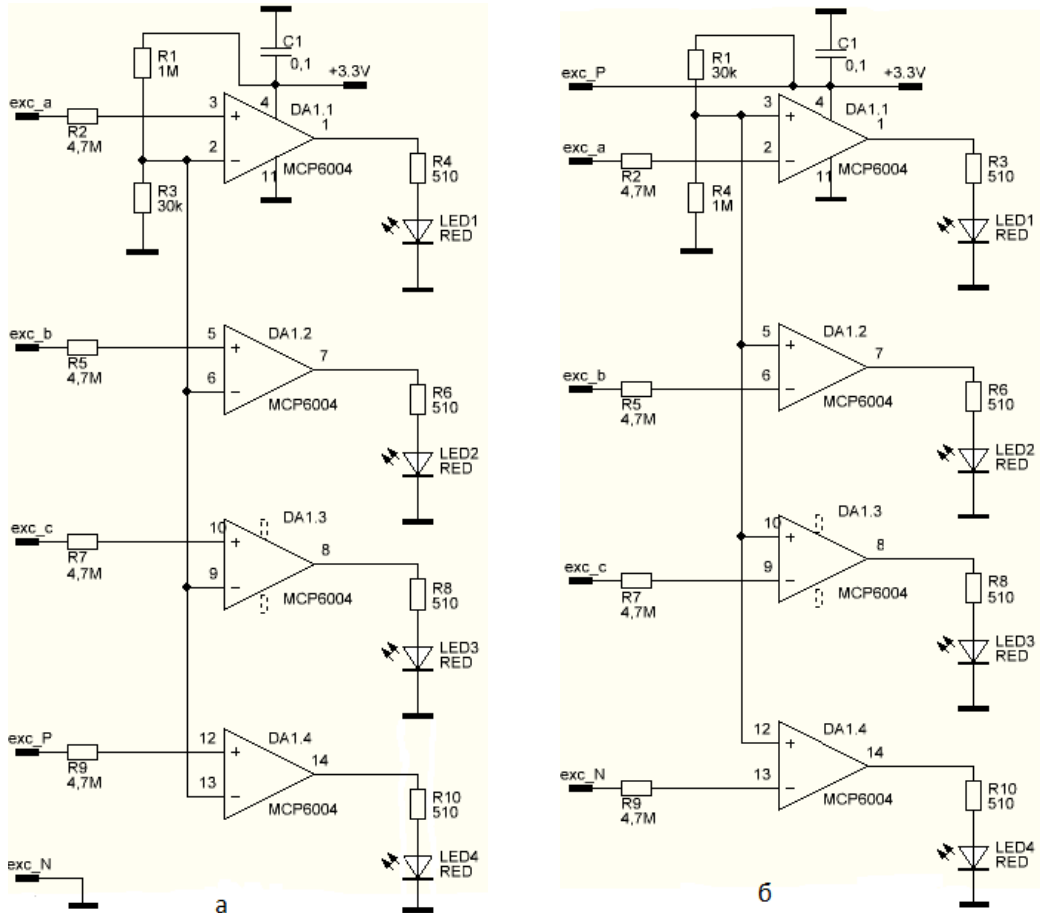


Рис. 4 – Експериментальні схеми контролю анодної та катодної груп випрямляча і тиристора розрядного кола: а – анодної групи, б – катодної групи

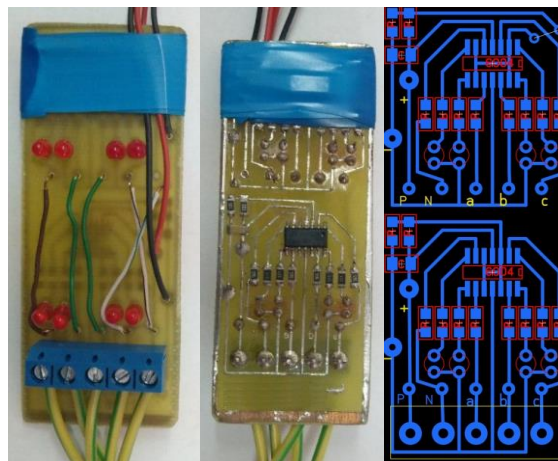


Рис. 5 – Зовнішній вигляд і друкована плата розробленого експериментального пристрою

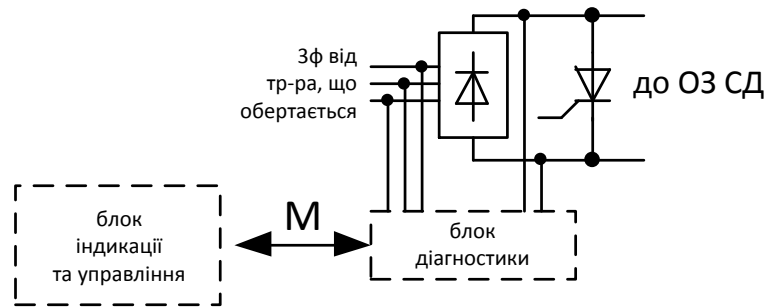


Рис. 6 – Загальна концепція пропонованої системи для діагностики напівпровідникових елементів збудження СД

Розглянемо потенційну схему діагностування випрямляча, яка наведена на рис. 7.

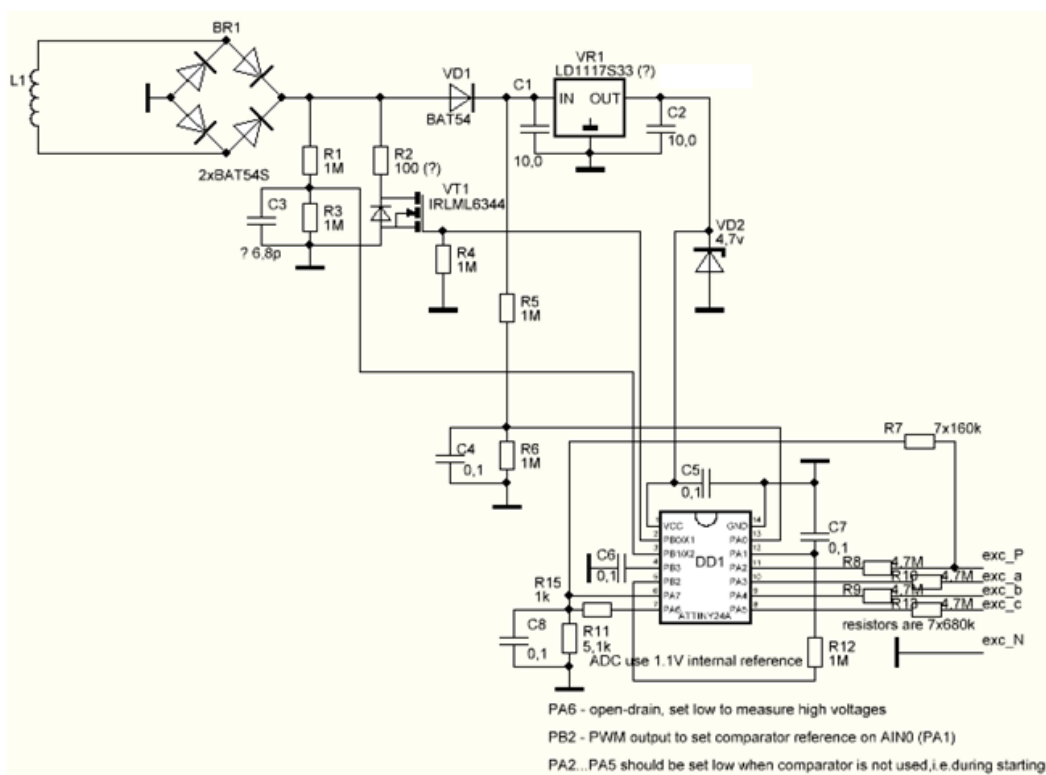


Рис. 7 – Електрична схема пристрою діагностування

Схема побудована на базі 8-бітного мікроконтролера AVR сімейства ATtiny24A. Так як в цьому мікроконтролері тільки один аналоговий компаратор, то для вибору каналу вимірювання (PA2-PA5) перед входом компаратора використовується мультиплексор, а завдання опорної напруги компаратора формується шляхом фільтрації ШІМ послідовності з порта PB2. Живиться схема від повітряного трансформатора L1 через випрямляч BR1 і стабілізатор напруги з малим падінням напруги (low dropout) VR1. Ланцюг R1, R3, C3 служить для прийому пакетів даних, а ланцюг R2, VT1 – для передачі даних, а також встановлення потужності живлення. Ланцюг R5, R6, C4 потрібен для контролю напруги живлення від повітряного трансформатора.

На рис. 8 зображена задня частина ротора синхронної машини потужністю 3 МВт підприємства ПрАТ «МК «Азовсталь», червоним колом виділено місце для пристрою діагностування пробою напівпровідникових елементів збуджувача та розрядного тиристора.

Завдяки такому розміщенню повторне балансування після встановлення пристрою не потрібне. А друга частина пристрою, яка живить, збирає та оброблює дані, повинна знаходитися на задній кришці машини на відстані кількох міліметрів.



Рис. 8 – Зовнішній вигляд частини, де встановлюється пристрій

### Висновки

В статті запропонована система діагностики і моніторингу режиму роботи безщіткового збуджувача синхронних машин. Система дозволяє виявити пробій діодів роторного випрямляча та пробій розрядного тиристора (чи тиристорів) не тільки під час роботи, але й перед пуском машини, для чого на обмотку збудження збуджувача короткочасно подається тестова змінна напруга 220 В 50 Гц. Пристрій діагностики і моніторингу встановлюється в торець валу ротора синхронної машини (над вихідними клемми збуджувача) близько до вісі обертання, що не порушує балансування ротора. Система дозволяє вимірювати напругу збудження синхронної машини під час роботи, а також фіксує напругу відкриття розрядного тиристора (чи тиристорів) під час пуску машини.

### Перелік використаних джерел:

1. Чередник Н.Г. Дослідження режиму синхронного генератора когенераційної установки у складі системи електропостачання малого промислового підприємства / Н.Г. Чередник, О.В. Бялобржеський // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2015. – Вип. 94. – С. 139-146. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/geta\\_2015\\_94\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/geta_2015_94_27).
2. Simulations of Rotating Brushless AC Excitation System with Controlled Thyristor Bridge Rectifier for Hydropower Generators [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:476290/fulltext02>.
3. Maintenance Free Exciter [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://voith.com/corp-en/VH\\_Product\\_Brochure\\_Automation\\_Maintenance-free-exciter\\_15\\_vvk\\_t3404e\\_en.pdf](https://voith.com/corp-en/VH_Product_Brochure_Automation_Maintenance-free-exciter_15_vvk_t3404e_en.pdf).
4. DGC Brushless Excitation – Emerson Process Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.yumpu.com/en/document/view/11400516/dgc-brushless-excitation-emerson-process-management>.
5. Brushless Excitation System Series Diode Redundancy for 2-pole Generators 265-700kW at 3,000-3,600rpm [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.electricmachinery.com/files/Brushless\\_Exciters/Series\\_Diode\\_Redundancy.pdf](http://www.electricmachinery.com/files/Brushless_Exciters/Series_Diode_Redundancy.pdf).
6. Thyristor Excitation System, Voith [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://voith.com/br/t3387\\_e\\_Thyristor\\_screen.pdf](http://voith.com/br/t3387_e_Thyristor_screen.pdf).

### References:

1. Cherednyk N.H., Bialobrzhes'kyi O.V. Doslidzhennia rezhimu sinkhronnogo generatora kogeneratsiinoi ustanovki u skladі sistemi elektropostachannia malogo promislivogo pidpriemstva [Investigation of the mode of synchronous generator of a cogeneration unit within the power supply system of a small industrial enterprise]. *Girnichna elektromekhanika ta avtomatika – Mining Electrical and Automation*, 2015, vol. 94, pp. 139-146. (Ukr.)



2. Simulations of Rotating Brushless AC Excitation System with Controlled Thyristor Bridge Rectifier for Hydropower Generators Available at : [www.diva-portal.org/smash/get/diva2:476290/fulltext02](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:476290/fulltext02) (accessed 15 September 2019).
3. Maintenance Free Exciter Available at : [www.voith.com/corp-en/VH\\_Product\\_Brochure\\_Automation\\_Maintenance-free-exciter\\_15\\_vvk\\_t3404e\\_en.pdf](http://www.voith.com/corp-en/VH_Product_Brochure_Automation_Maintenance-free-exciter_15_vvk_t3404e_en.pdf) (accessed 5 August 2019).
4. DGC Brushless Excitation – Emerson Process Management Available at : [www.yumpu.com/en/document/view/11400516/dgc-brushless-excitation-emerson-process-management](http://www.yumpu.com/en/document/view/11400516/dgc-brushless-excitation-emerson-process-management) (accessed 5 August 2019).
5. Brushless Excitation System Series Diode Redundancy for 2-pole Generators 265-700 kW at 3,000-3,600 rpm Available at : [www.electrimachinery.com/files/Brushless\\_Exciters/Series\\_Diode\\_Redundancy.pdf](http://www.electrimachinery.com/files/Brushless_Exciters/Series_Diode_Redundancy.pdf) (accessed 30 June 2019).
6. Thyricon Excitation System, Voith Available at : [www.voith.com/br/t3387\\_e\\_Thyricon\\_screen.pdf](http://www.voith.com/br/t3387_e_Thyricon_screen.pdf) (accessed 25 September 2019).

Рецензент: С.В. Гулаков  
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 19.10.2019

УДК 621.791.03, 621.314.2, 621.316.727

doi: 10.31498/2225-6733.39.2019.201068

© Поднебенна С.К.\*

## МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МАШИНИ КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

У статті досліджена робота електротехнічного комплексу машини контактного зварювання з тиристорним регулюванням струму. Модель процесу контактного зварювання представлена у вигляді об'єкту керування з відомими вхідними параметрами, вихідними параметрами та зовнішніми збуреннями. Проаналізовано вплив збурюючих факторів на процес зварювання та підтверджено, що для забезпечення якісного зварного з'єднання необхідно стабілізувати енергію, що виділяється у зварювальному контакті. Розроблено модель, яка імітує зміну опору зварювального кола впродовж зварювального циклу. Розроблено модель підсистеми стабілізації енергії, що обчислює енергію, яка виділяється в зварювальному контакті, та при досягненні нею заданого значення відключає машину. Для розрахунку необхідної енергії використано рівняння теплового балансу, що враховує як корисну енергію, що витрачається на створення зварного з'єднання, так і втрати енергії на тепловідвід у електроди, у деталі, що зварюються, та конвективний теплообмін (яким зазвичай нехтують). Отримані результати розрахунку корисної енергії враховують приховану теплоту плавлення. В результаті імітаційного моделювання показано, що забезпечення виділення необхідної кількості енергії призводить до збільшення тривалості зварювання: при врахуванні зміни опору під час зварювання – до 20%, при врахуванні коливань напруги (-15%) – до 30%. При дії обох збурюючих факторів тривалість зварювання може в межі зростати до 60% за умови забезпечення необхідної якості зварювання. Таким чином, показано, що окрім величини зварювального струму можна регулювати тривалість зварювання, забезпечуючи потрібну енергію у зварювальному контакті (з урахуванням обмежень на тривалість струму).

**Ключові слова:** машина контактного зварювання, джерело живлення, енергія, коливання напруги, зміна опору, тривалість зварювання.

\* канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [podsvet@gmail.com](mailto:podsvet@gmail.com)