

2. Gieras J.F., Bianchi N. Electric Motors for Light Traction // EPE Journal. – 2004. – Vol. 14. – N 1. – P. 12–23.
3. Kashif Saeed Khan. Design of a Permanent-Magnet Assisted Synchronous Reluctance Machine for a Plug-In Hybrid Electric Vehicle // Electrical Machines and Power Electronics. School of Electrical Engineering. – 2011. – Stockholm, Sweden. – 61 p.
4. Paradkar M., Boecker J. Design of a High Performance Ferrite Magnet-Assisted Synchronous Reluctance Motor for an Electric Vehicle // Power Electronics and Electrical Drives Paderborn University. – 2012. – P. 4079–4083.
5. Szymczak P., Grebenikov V., Prymak M. Przegląd elektrycznych silników samochodowych // Wiadomości elektrotechniczne. – 2013. – N 8. – S. 28–33.

УДК 621.3.01, 621.313

**В.В. Гребеніков<sup>1</sup>**, докт. техн. наук, **П. Шимчак<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, **М.В. Приймак<sup>3</sup>**, інж. I кат.

1, 3 – Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, м. Київ-57, 03680, Україна

2 – Західнопоморський технологічний університет в Щецині,

Алея П'ястів, 17, м. Щецин, 320588161, Польща

#### **Порівняльний аналіз електродвигунів з постійними магнітами для електробуса**

*Наведено результати моделювання електродвигуна з постійними магнітами, який може бути використаний замість двигуна внутрішнього згорання в міському автобусі середньої місткості. Досліджено чотири типи електродвигунів з різною конфігурацією постійних магнітів у роторі, виконано розрахунок електромагнітного моменту і робочих характеристик у програмних пакетах Magnet і MotorSolve, наданих компанією Infolytica. Виконано тепловий розрахунок електродвигуна при його рідинному охолодженні в пакеті Comsol. Бібл. 5, рис. 6.*

**Ключові слова:** постійні магніти, електродвигун, магнітне поле, пульсації моменту, робоча характеристика, електробус.

**V.V. Grebenikov<sup>1</sup>, P. Szymczak<sup>2</sup>, M.V. Pryimak<sup>3</sup>**

1, 3 – Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

2 – West Pomeranian University of Technology Szczecin,

Piast Alley, 17, Szczecin, 320 588 161, Poland

#### **Comparative analysis of magnetic systems modifications for electric motor of electric bus**

*The simulation results of the motor with permanent magnets, which can be used instead of the internal combustion engine in a bus of medium capacity, are presented. Four types of motors with a different configuration of the permanent magnets in the rotor are studied and the electromagnetic torque and operating characteristics are calculated with the program packages Magnet and MotorSolve, provided by Infolytica. Also the thermal calculation of the motor when the liquid cooling is carried out with the package Comsol. References 5, figures 6.*

**Key words:** permanent magnets, electric motor, magnetic field, torque ripple, operating characteristics, electric bus.

Надійшла 25.02.2016

Received 25.02.2016

УДК 621.313.32

## **МАГНІТНІ ТА ВИСОКОТЕПЛОПРОВІДНІ КЛИНИ В ПОТУЖНИХ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРАХ**

**Г.М. Федоренко<sup>1</sup>**, докт. техн. наук, **О.Г. Кенсицький<sup>2</sup>**, докт. техн. наук, **Д.І. Хвалін<sup>3</sup>**, асп.

1, 3 – Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03680, Україна

2 – Інститут проблем безпеки АЕС НАН України,

вул. Кірова, 36-а, м. Чорнобиль, Київська обл., 07270, Україна

e-mail: [denis\\_h@bigmir.net](mailto:denis_h@bigmir.net)

*Проведено аналіз і дано оцінку впливу магнітних та високотеплопровідних клинів на параметри потужних енергетичних генераторів. Показано, що магнітні клини в пазах статора позитивно впливають на віброакустичні показники, а проникність магнітних клинів якісно впливає на втрати на поверхні ротора та опір розсіювання машини. Також показано, що застосування високотеплопровідних клинів при опосередкованому охолодженні потужної синхронної машини дає змогу знизити робочу температуру обмотки статора, підвищити вихідну потужність та коефіцієнт корисної дії. Бібл. 15, рис. 2, табл. 3.*

**Ключові слова:** потужні генератори, магнітний клин, високотеплопровідний клин.

Проведено дослідження гідрогенератора-двигуна (ГД) Дністровської ГАЕС типу СВО 1255/255-40 УХЛ4 як фізичної моделі потужних машин щодо покращення його віброакустичних та енергетичних властивостей. Коротка характеристика оборотного ГД вертикального типу, що досліджувався: маса в зборі становить 1740 т, маса ротора – 790 т, висота машини – 9 м, зовнішній діаметр корпусу – 19,8 м, діаметр розточки статора – 11,5 м, кількість пазів статора – 720, кількість полюсів ротора – 40. Основні номінальні параметри у русійному режимі роботи: повна потужність (на затискачах) 430 МВА, напруга статора 15,75 кВ, номінальний струм збудження 1850 А, частота 50 Гц, коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 0,979$ .

У роботі [11] наведено дані позитивного впливу магнітних клинів у пазах статора гідрогенератора (ГГ), який зменшує втрати на поверхні полюсних наконечників ротора, а також зменшує необхідний струм збудження, що призводить до зменшення електричних втрат у обмотці збудження та зниження її температури.

Відомо, що крім енергетичних показників важливими параметрами усіх електричних машин (ЕМ), у тому числі ГГ, є показники надійності, рівнів шуму та вібрації.

Оцінювання рівня магнітної вібрації досліджуваного ГД проводилось на основі розподілу нормальної та тангенційної складових магнітної індукції уздовж середньої лінії повітряного зазору по всій його довжині. Цей розподіл нерівномірний і залежить від взаємного положення полюсів ротора та пазів статора. Нерівномірність спотворює синусоїдальність розподілу магнітної індукції по довжині повітряного зазору, що призводить до появи вищих гармонічних і магнітної вібрації. Вищі гармоніки є причиною значних втрат від вихрових струмів у осерді машини, підвищеного витіснення струму, зростання електричних втрат, а також пульсації кругового моменту. Найбільш впливова перша гармоніка нормальної складової індукції, яка є основною, завдяки якій створюється круговий момент.

Відомо, що використання магнітних клинів у обмотці статора сприяє зниженню величини вищих гармонічних у спектрі індукції повітряного зазору та, як наслідок, зниженню шуму й вібрації [2, 11].

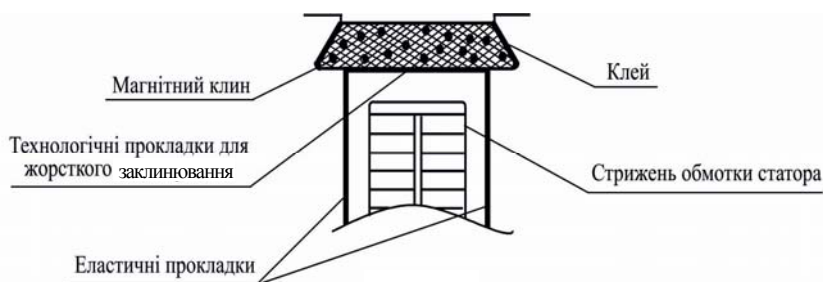
При застосуванні магнітних клинів, наприклад, марки МКП-6 з величиною відносної магнітної проникності 10, вони достатньо сильно насичуються. При цьому змінюються величини найбільш виражених гармонічних. Незважаючи на деяке зниження першої гармоніки, достатньо істотно послаблюється вплив зубцевих гармонічних, величини деяких вищих гармонічних хоч і збільшуються, але їх абсолютні величини значно менші найбільш вираженої зубцевої гармоніки. Це свідчить, що магнітні клини дійсно можуть зробити позитивний вплив на віброакустичні показники машини.

У роботі [11] описано досвід, отриманий при проектуванні, збиранні та експлуатації пазових магнітних клинів на двох ГГ. Композиція клина складається зі скловолокна (7,8 %), залізного порошку (74,9 %), епоксидного компаунду (17,3 %).

Коротка характеристика двох досліджених ГГ вертикального типу: повна потужність 34 МВА, напруга статора 10,5 кВ, частота 50 Гц, кількість пазів статора 264, діаметр розточки статора 5,67 м, кількість полюсів ротора 32, досвід комерційної експлуатації понад п'ять років, коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 0,8$ , середня магнітна проникність матеріалу магнітних клинів  $\mu_r = 2,8$ . Структуру паза статора досліджуваного ГГ [11] показано на рис. 1.

Величина намагнічуючого струму в обмотці збудження, який потрібен для створення магнітного потоку в повітряному зазорі, нижча, ніж при застосуванні немагнітних клинів. Результати, отримані на стадії проектування, та результати тестування генератора з немагнітними клинами і того ж генератора при застосуванні магнітних клинів показують збільшення енергоефективності генератора в останньому випадку (табл. 1).

При встановленні описаних магнітних клинів поверхневі втрати в роторі генератора було



При встановленні описаних магнітних клинів поверхневі втрати в роторі генератора було

зменшено на 20 %, тоді як втрати в обмотці збудження – на 8 %, у зв'язку зі зменшенням повітряного зазору та величини струму намагнічування. Крім того, отримані аналітичні розрахунки та заміри магнітного клина показують вплив на значення індуктивних опорів у генераторі. За рахунок зменшення струму збудження на холостому ході синхронний реактивний опір по поздовжній та поперечній осях збільшиться на 5 %. Якщо береться до уваги опір розсіювання, то взагалі збільшення синхронного реактивного опору складає близько 8 %.

Таблиця 1

Втрати	Розрахункові значення, кВт			Виміряні значення, кВт		
	Звичайні клини	Магнітні клини	Різниця	Звичайні клини	Магнітні клини	Різниця
Холостий хід	121,7	106,4	15,3	124,9*	107*	17,9*
Обмотка збудження	107,8	102,3	5,5	105,7	97,45	8,25

\*Вимірювання проведено при деяких різницях температури осердя статора.

Основним фактором, що обмежує навантаження потужної електричної машини, зокрема ГД, є максимальна температура активних елементів статора й ротора. Особливо це стосується обмотки статора, оскільки саме її ізоляція має бути розрахована на номінальну напругу на затискачах генератора. Підвищене нагрівання останньої в робочих режимах призводить до її передчасного старіння і пошкодження зі всіма негативними наслідками.

У роботі [7] запропоновано застосування клинів пазів статора з високотеплопровідного (ВТП) матеріалу. Авторами обґрунтовано заміну клинів пазової частини статора на запропоновані клини та визначено кількісні показники впливу цієї заміни, також було показано, що такі клини дають змогу знизити робочу температуру обмотки статора. Зниження робочої температури дає змогу подовжити ресурс ізоляції, покращити термомеханічні умови її експлуатації, підвищити коефіцієнт корисної дії, навантажувальну здатність та маневрені можливості в цілому. Паз з опосередкованим охолодженням показано на рис. 2. При такому методі укладання обмотки статора в паз у випадку опосередкованого охолодження показники надійності машини в цілому залежать від значень теплопровідності конструктивних матеріалів (міді й сталі осердя статора), у тому числі основної ізоляції та клина.

У синхронних генераторах (СГ) з безпосередньою системою охолодження, де порожнисті провідники охолоджуються воднем чи дистиллятом, тепло, створене провідником зі струмом, передається безпосередньо холодоагенту, отже, теплопровідність основної ізоляції паза та клина не має значного впливу на ефективність системи охолодження.

У СГ з опосередкованим охолодженням, де осердя статора охолоджується воднем чи повітрям, ситуація зовсім інша. Електричні втрати, які виділяються в обмотці, створюють тепло, яке надходить до холодоагенту через основну пазову ізоляцію та клин. Все частіше використовується опосередковане охолодження СГ, оскільки немає необхідності у використанні додаткового обладнання, яке застосовується при безпосередньому охолодженні. З одного боку, це дає можливість спростити конструкцію, а отже, підвищити надійність роботи машини, а з іншого – основна ізоляція та клин є тепловим бар'єром, що погіршує ефективність охолодження і тим самим обмежує вихідну потужність та ККД машини [4].

Таким чином, необхідно понизити тепловий перепад і покращити тепловий стан СГ у цілому. Існують

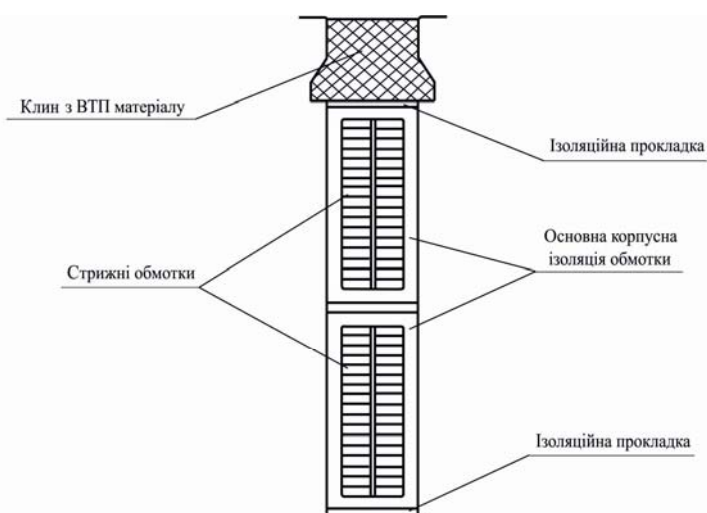


Рис. 2

методи щодо зменшення негативного впливу теплового бар'єру шляхом застосування основної ізоляції обмотки статора з підвищеною теплопровідністю.

Зокрема, в [8] щодо розробки систем ВТП ізоляції з застосуванням вакуумнагнітального просочення було досліджено, що при застосуванні ВТП наповнювачів можна досягти високої теплопровідності (понад 0,5 Вт/(м·К)) з опором до часткових розрядів близько  $10^{10} \dots 10^{14}$  (Ом·м) при високій якості виробництва й прийнятній вартості. ВТП матеріал є частинками, які збільшують термічну провідність ізоляційного матеріалу. Величина частинок становить близько 1...15 мкм сферичної, пластинчастої чи трубчастої форми, які додаються до ізоляційного матеріалу на будь-якому етапі його виготовлення у будь-якому стані, навіть в об'єднаннях між собою (сітки, вузли та ін.). Високотеплопровідний матеріал також може використовуватися як покриття, наприклад, алмазне напилення та різноманітні залізни оксиди, нітриди, карбіди, змішані сталі геометричні та несталі геометричні об'єднання. Має місце також об'єднання властивостей матеріалів, наприклад, домішки з залізним покриттям ізоляції. У результаті використання ВТП матеріалів відбувається збільшення термічної провідності вже готової ізоляції за рахунок виникнення провідної сітки на поверхні частинок або деяких об'єднань, без порушення інших ізоляційних властивостей, таких як електрична провідність, діелектрична властивість, витримка напруги, термічна стабільність та ін. Обсяг ВТП матеріалу становить 1...25 % від об'єму ізоляції, теплова провідність – не менше 5 Вт/(м·К), при цьому теплопровідність ізоляції після обробки перевищує 0,5 Вт/(м·К).

Таблиця 2

Назва допоміжного наповнювача	Значення теплопровідності, Вт/(м·К)
Алмаз	2000
BN ( <i>cubic</i> )	1300
BeO	370
AlN	150
BN ( <i>hexagonal</i> )	40 – 120
SiC	25 – 100
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	50
MgO	25 – 50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25 – 40

Опубліковано низку досліджень [9, 10, 12–15] щодо розробки систем ВТП ізоляції з застосуванням вакуумнагнітального просочення, основною відмінністю якої є застосування ВТП наповнювачів. При цьому до наповнювачів ставилися такі вимоги: висока теплопровідність та опір до часткових розрядів; сумісність із зв'язним та просочувальним компаундом; хімічна стабільність і низька токсичність; висока якість виробництва й прийнятна вартість.

У табл. 2 наведено тверді неорганічні речовини, які мають ізоляційні властивості та високу теплопровідність. У результаті досліджень було визначено, що тільки нітрид бору BN (*hexagonal*) й оксид алюмінію Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> відповідають наведеним вимогам і можуть застосовуватися у складі високовольтної ізоляції. При цьому діелектричні та механічні властивості ізоляції не змінюються. Більш ефективним є використання BN (*hexagonal*) як наповнювача.

Додавання Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> дає змогу підвищити теплопровідність лише на 50 %, проте він дешевший за BN.

Фірмою ABB було створено систему ізоляції Micadur із підвищеною питомою теплопровідністю 0,48 Вт/(м·К) при додаванні Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, та 0,58 Вт/(м·К) при використанні BN (*hexagonal*).

У роботі [5] розроблено комп'ютерну модель розрахунків, що дасть змогу у перспективі оцінити питому теплопровідність нового типу ізоляції стрижнів потужних ТГ, ГГ та інших енергетичних ЕМ, яка в 1,5...2,5 рази більша за питому теплопровідність ізоляції Micadur. Комп'ютерні методи моделювання дають змогу обґрунтовувати та пропонувати композитні оптимізовані склади ВТП ізоляції, що містять модифіковані наповнювачі, які дають змогу підвищити коефіцієнт теплопровідності ізоляції до двох-трьох разів. Авторами також було проведено розрахункові експерименти щодо визначення теплопровідності нових експериментальних систем ізоляції з застосуванням модифікованих діелектричних наповнювачів. Результати показали перспективність проведення досліджень у напрямку створення композиційних матеріалів на базі існуючих ізоляційних матеріалів з введенням до їх структури модифікованих добавок із застосуванням різних полімерних матеріалів. Однак зменшення негативного впливу теплового бар'єру (основна ізоляція та пазовий клин обмотки статора) відбувається не в повному обсязі, оскільки теплопровідність клина залишається незмінною.

З метою визначення кількісних показників впливу заміни клинів пазової частини ста-

тора на запропоновані клини з коефіцієнтом теплопровідності 0,5 Вт/(м·К), як приклад, було проведено розрахунок нагрівання основних елементів обмотки статора ГД Дністровської ГАЕС типу СВО 1255/255-40 УХЛ4. Для прикладу було вибрано рівень навантаження 400 МВт у двигунному режимі, що становить майже 95 % від номінального, при дещо завищеному коефіцієнті потужності  $\cos\varphi = 1,0$  (номінальний  $\cos\varphi = 0,979$ ).

Розрахунок проведено за допомогою математичної моделі [1]. Як було показано, розроблена математична модель у цілому адекватно відображає реальний теплообмін у корпусі ГД. Різниця між розрахунковими та експериментальними значеннями температур окремих елементів не перевищує 7 %, що для теплових розрахунків є цілком прийнятним. Розбіжності не стільки у рівнях температур, скільки у характері їх розподілу пов'язані перш за все із достовірністю вихідних даних – розподілу тепловиділень по активних елементах машини, реальної циркуляції холодоагенту, врахуванням витоків тепла через конструктивні елементи енергоблока тощо. Експериментальні [3] та отримані розрахункові значення нагрівання окремих зон машини із застосуванням клинів пазів статора з ВТП матеріалу та звичайних клинів зведено до табл. 3.

Таблиця 3

Температура	Обмотка статора, °С			Сталь осердя статора, °С		
	Сторона турбіни	Центральна частина	Сторона виводів	Сторона турбіни	Центральна частина	Сторона виводів
Експеримент (звичайні клини)	67,4	65,2	73,6	62,1	61,8	66,9
Розрахунок (звичайні клини)	67,4*	66,9*	71,3*	61,9	59,7	67,9
Розрахунок (ВТП клини)	62,6*	61,5*	67,2*	61,3	58,9	67

\* Максимальні температури міді верхнього стрижня обмотки статора.

Відповідно до проведеного розрахунку максимальні температури обмотки статора можуть бути знижені більш як на 5 °С (понад 8 %) і, як наслідок, сталі близько 1,5 % зі збереженням геометричних розмірів і без втрати діелектричної стійкості ізоляції. Зокрема, навантаження може бути підвищене на 7 % із збереженням існуючих рівнів максимальних нагрівань.

Отже, у статті досліджено таке:

1. Показано, що магнітні клини можуть зробити позитивний вплив на віброакустичні показники синхронного вертикального ГД Дністровської ГАЕС типу СВО 1255/255-40 УХЛ4 потужністю 430 МВА.

2. Проаналізовано результати впливу магнітних клинів на параметри та властивості синхронних вертикальних ГГ потужністю 34 МВА. Проникність магнітних клинів якісно впливає на втрати на поверхні ротора та опір розсіювання.

3. Проаналізовано вплив та оцінено ефективність застосування клинів пазів статора з ВТП матеріалу. Застосування таких клинів на практиці виробництва потужного генеруючого обладнання відкриває нові можливості по розширенню верхньої межі потужностей ЕМ із опосередкованим охолодженням, підвищенню їх коефіцієнта корисної дії, надійності та навантажувальної здатності.

1. Кенцицький О.Г., Хвалін Д.І. Оптимізація системи охолодження та підвищення навантажувальної здатності гідрогенератора-двигуна Дністровської ГАЕС // Гідроенергетика України. – 2014. – № 1. – С. 1–4.
2. Поташич С.І., Васюковський Ю.М., Федоренко Г.М. Підвищення надійності, рівня безпеки та ефективності функціонування демпферних систем потужних гідрогенераторів // Гідроенергетика України. – 2009. – № 4. – С. 28–34.
3. Тепловые испытания гидрогенератора-двигателя типа СВО 1255/255-40 УХЛ4 ст. № 1 Днестровской ГАЭС / Заключительный отчет по НИР. ГР 0111U001474. – Харьков: Электротяжмаш, 2010. – 32 с.

4. Федоренко Г.М., Колесник Г.А. Высоковольтная система изоляции с повышенной теплопроводностью для турбогенераторов // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2010. – Вип. 25. – С. 38–41.
5. Федоренко Г.М., Пащенко Е.А., Савченко Д.А., Костюченко І.А. Высокотеплопроводная изоляция с применением модифицирующих добавок и полимерных композиций // Гідроенергетика України. – 2012. – № 4. – С. 12–15.
6. Чумак В.В., Федоренко Г.М., Гайдено Ю.А. Разработка, применение и опыт эксплуатации магнитных клиньев в мощных асинхронных электродвигателях и синхронных гидрогенераторах // Гідроенергетика України. – 2010. – № 4. – С. 4–10.
7. Заявка Пат. 87650 Україна МПК H02K 3/46, 3/48, 3/483. Пазовий клин статора електричної машини / Г.М. Федоренко, О.Г. Кенсичкий, Д.І. Хвалін; Заяв. № а 2015 06705; Заявл. 07.07.2015.
8. Пат. 0274774 США, МПК B23K 1/00. Insulation paper with high thermal conductivity materials / James D. Smith, Gary Stevens, John W. Wood. – № 60/580,023; Заявл. 15.06.2004; Опубл. 15.12.2005, Бюл. № 11. – 7 с.
9. Marek P., Grubelnik W., Koerbler B. High Performance Insulation System For HV Rotating Machines // Isovolt AG, System Development, A-8402 Werndorf, Austria, 10<sup>th</sup> Insucon International Conference Birmingham, 2006.
10. Miller M.L., Emery F.T. Thermal Conductivity of High Voltage Stator Coil Groundwall Insulation // EIC Conference in Chicago, 1997. – P. 619–622.
11. Milojkovich Z., Ban D., Petrinic M., Studir J., Polak J. Application of magnetic wedges for stator slots of Hydro generators // 2010 CIGRE SESSION, SCA1, A1-101, Croatia.
12. Stephan C.–E., Liptak G., Schuler R. An improved insulation system for the newest generation of stator windings of rotating machines // CIGRE Session 1994. – P. 11–101.
13. Tari M., Yoshida K., Sekito S. A High Voltage Insulating System with Increased Thermal Conductivity for Turbo generators // Conf. IEEE 2003. – P. 613–617.
14. Tari M., Yoshida K., Sekito S., Allison J., Brutsch R., Lutz A. A High Voltage Insulating System with Increased Thermal Conductivity for Turbo generators // Coil Winding. Insulation and Electrical Manufacturing Conference, Berlin, 2001.
15. European Patent Specification 0 266 602 (ASEA AB). Coil for electrical machines and method of manufacturing the coil. Published 1993.

УДК 621.313.32

**Г.М. Федоренко<sup>1</sup>**, докт. техн. наук, **О.Г. Кенсичкий<sup>2</sup>**, докт. техн. наук, **Д.І. Хвалін<sup>3</sup>**, асп.

1, 3 – Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03680, Україна

2 – Інститут проблем безпеки АЕС НАН України,

ул. Кірова, 36-а, г. Чорнобиль, Київська обл., 07270, Україна

#### **Магнитные и высокотеплопроводные клинья в мощных синхронных генераторах**

*Проведен анализ и дана оцінка впливу магнитних і высокотеплопроводних клиньєв на параметри потужних енергетических генераторів. Показано, що магнитні клинья в пазах статора позитивно впливають на віброакустическі показателі, а проникність магнитних клиньєв якоственно впливає на втрати на поверхності ротора і спротивлення розсіювання машини. Також показано, що застосування высокотеплопроводних клиньєв при опосередованном охолодженні потужної синхронної машини дозволяє знизити робочу температуру обмотки статора, підвищити вихідну потужність і коефіцієнт корисного дієвства. Бібл. 15, рис. 2, табл. 3.*

**Ключевые слова:** потужні генератори, магнитний клин, высокотеплопроводний клин.

**G.M. Fedorenko<sup>1</sup>, O.G. Kensickiy<sup>2</sup>, D.I. Hvalin<sup>3</sup>**

1, 3 – Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Peremohy, 56, Kyiv, 03680, Ukraine

2 – Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Kirova street, 36-a, Chernobyl, Kyiv region, 07270, Ukraine

#### **The magnetic and high thermal conductivity wedges in the powerful synchronous generators**

*The analysis and assessed the impact of magnetic and high thermal conductivity wedges on the parameters of powerful energy generators. Shown, that magnetic wedges in the stator slots positively influence on vibroacoustic performance, and permeability magnetic wedges qualitatively affect the loss on the surface of the rotor and scattering resistance of machine. It is also shown, that the use of high thermal conductivity wedges with indirect cooling of powerful synchronous machine allows reduce the working temperature of the stator windings, increase output power and coefficient of useful effect. References 15, figures 2, tables 3.*

**Key words:** powerful generators, magnetic wedge, high thermal conductivity wedge.

Надійшла 9.02.2016

Received 9.02.2016