

УДК 621.3

<https://doi.org/10.31713/vt1202621>**Новогорецький Сергій** [1; ORCID ID: 0000-0003-0240-1847],

к.т.н., доцент,

**Баришник Юрій** [1; 0009-0006-5696-0846],

аспірант

<sup>1</sup>Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,  
м. Миколаїв

## **МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ОБМІННИХ КОЛИВАНЬ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ МІЖ ГЕНЕРАТОРНИМИ АГРЕГАТАМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОІВ ПОЗДОВЖНЬО- ПОПЕЧЕЧНОГО ЗБУДЖЕННЯ**

В роботі проаналізовано методи зниження рівня обмінних коливань активної потужності між генераторами в автономних електростанціях. Дослідження, опрацьовані в роботі, доводять, що такі коливання призводять до нестабільної роботи синхронних генераторів, зменшують показники економічної ефективності електростанції, спричинюють пришвидшений знос деталей системи, а також стають передумовами аварійних ситуацій та аварій. Проведено аналіз, вказано на переваги й недоліки наведених теоретичних та практичних методів. Розглянуто методи пов'язані зі збільшенням інерційних мас агрегатів (маховики стаціонарної та динамічної конструкції), застосуванням демпфуючих пристроїв, удосконаленням системи збудження генераторів, використання масивних демпферних обмоток та збільшенням характеристик статизму генераторів. Запропоновано для ефективного демпфування обмінних коливань використати в якості генераторних агрегатів синхронні машини поздовжньо-поперечного збудження з відповідною системою керування. Для автономної електростанції з подібними генераторами наведено стислий опис принципу регулювання збудження на основі запропонованої схеми датчика миттєвої активної потужності із застосуванням аналогової інтегральної мікросхеми перемноження вхідних напруг. Визначено перспективним напрямком подальших досліджень аналіз динамічних властивостей системи керування регулятора збудження в  $dq$ -осях індуктора, що забезпечує в усіх

**усталених режимах роботи генератора нульовий кут вильоту ротора. Введення зворотного зв'язку від датчиків миттєвої активної потужності до регулятора збудження поперечної обмотки дозволять істотно зменшити амплітуду коливань активної потужності, підвищити стійкість та ефективність роботи автономної енергосистеми.**

**Ключові слова:** обмінні коливання активної потужності, автономна електростанція, генератор поздовжньо-поперечного збудження, рівняння Парка-Горєва, статична стійкість синхронного генератора.

**Вступ.** Проектування та експлуатація електрогенеруючих агрегатів в автономних електростанціях включають значний перелік специфічних інженерних рішень, які немає необхідності враховувати при роботі генераторного агрегату у об'єднаній потужній енергосистемі, де потужності генеруючих елементів значно вище за потужності окремих споживачів. Варто зазначити, що нештатна робота генераторного агрегату автономної електростанції веде до аварійної ситуації в автономному об'єкті інфраструктури в цілому, тоді як в об'єднаній електромережі це стосується лише аварійності окремої генеруючої електростанції.

Однією з найменш досліджених проблем, що виникають при паралельній роботі декількох синхронних генераторів (СГ) в автономній електростанції є виникнення обмінних коливань активної потужності. Так прийнято називати явища нерівномірної видачі потужності у електромережу та своєрідного умовного переходу потужності від одного генераторного агрегату до іншого з частотою, що вимірюється декількома герцами. Осцилограми зміни активної потужності кожного з паралельно працюючих генераторних агрегатів є синусоїдоподібними кривими з дзеркальним характером, тобто максимуму потужності одного генераторного агрегату в певний час відповідає мінімум потужності іншого генераторного агрегату (і навпаки) [1].

Вимоги класифікаційних товариств і міжнародні стандарти не містять допустимих норм, що обмежують рівень таких коливань, але при експлуатації їх рівень обов'язково контролюється та зменшується шляхом налаштування регуляторів, систем збудження електричних машин і подачі паливних сумішей до приводів, тощо [1; 6].



Обмінні коливання потужності призводять до нестабільної роботи генераторів, зменшують показники економічної ефективності електростанції, провокують пришвидшений знос деталей системи. В окремих випадках можуть призвести до короткочасного переходу машини з генераторного у режим двигуна, до випадіння генератору із синхронізму, аварійної зупинки та виходу з ладу окремих вузлів агрегатів.

Вирішення проблеми обмеження амплітуди обмінних коливань потужності або їх усунення дозволяє збільшити стійкість роботи електростанції, підвищити її надійність та ефективність [6; 7].

Метою роботи є аналіз існуючих теоретичних і тих, що вже знайшли застосування на практиці, методів зменшення амплітуди обмінних коливань активної потужності між генераторними агрегатами автономних електростанцій; аргументована пропозиція комплексного рішення зменшення низькочастотних обмінних коливань шляхом використання синхронного генератора з специфічною конструкцією індуктора, відповідною системою керування та датчиками.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналізуючи методи зменшення впливу або усунення обмінних коливань потужності між генераторними агрегатами в автономних електростанціях є сенс класифікувати їх відповідно до технічних рішень і зон модернізації складових агрегатів. Варто розрізняти методи, що направлені на механічні частини, на електричні та конструктивно-організаційні методи.

До механічних слід віднести способи поліпшення динамічних характеристик дизельних агрегатів, що включають збільшення інерційних мас ДВЗ, використання маховиків двомасової конструкції та зі змінним моментом інерції, застосування механічних акумулюючих пристроїв, таких як гідравлічні та пружинні демпфери.

При дослідженні системи «приводний механізм – генератор», зокрема дизельного двигуна, момент кривошипно-шатунного механізму в більшості випадків вважають постійним, що не повністю відображає дійсну картину. В деяких випадках такий підхід призводить до значних відхилень розрахункових та експериментальних даних, як, наприклад, при дослідженні коливальних процесів, пов'язаних з двигуном, і обмінних коливань потужності між генераторами [2]. Функція сумарного обертового індикаторного моменту циліндрів ДВЗ має чітко виражені періодичні

коливання із кількістю екстремумів, що дорівнює подвоєній кількості циліндрів (рис.1). А значення коефіцієнту нерівномірності обертального моменту, тобто відношення максимального моменту до середнього, знаходиться в межах 5..6 для 4-циліндрових та 2..3 для 6-циліндрових ДВЗ [3]. При дослідженні обмінних коливань потужності між СГ ці процеси мають бути обов'язково враховані.

Збільшення інерційних мас знижує амплітуду коливань частоти обертання первинних двигунів, отже, і коливання частоти та напруги у електричних ланцюгах [4] та обмінні коливання потужності. Однак, цей спосіб має негативний ефект, тому що зі збільшенням маси маховиків та демпферних пристроїв збільшується і тривалість перехідних процесів. В більшості випадків такий спосіб неприпустимий для автономних електростанцій, де потужності генератора і споживача співмірні та мають місце процеси підключення або відключення 25%, 50% або навіть 100% навантаження. В автономних електростанціях з відсутністю різких змін величини і характеру навантаження збільшення тривалості перехідних процесів можливо компенсувати збільшенням пропорційної і диференційної складових регулятора, але завжди ризикуючи зменшити стійкість системи.

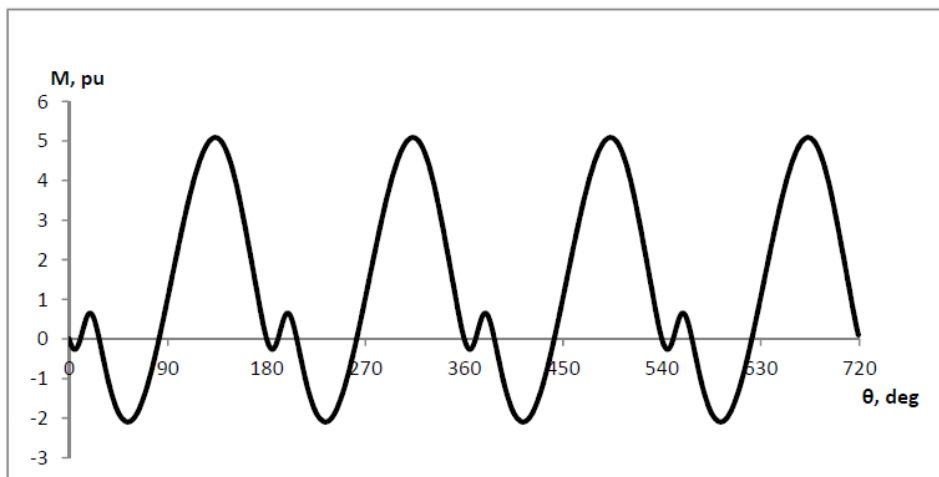


Рис.1. Сумарний індикаторний момент КШМ 4-циліндрового ДВЗ

Удосконалення інженерних рішень щодо зміни інерційних мас через визначення закономірностей зміни приведенного моменту інерції кривошипно-шатунного механізму протягом одного оберту



дозволяє реалізувати маховик змінного моменту інерції. Цей пристрій значно зменшує вплив зміни приведенного моменту інерції КШМ ДВЗ за один оберт на коливальні процеси та нерівномірність ходу двигуна [2]. Використання маховиків змінного моменту інерції разом з гасіями коливань або двомасовими маховиками підвищує ефективність роботи останніх.

Іншим підходом є застосування механічних або гідравлічних акумулюючих пристроїв (гідравлічні або пружинні демпфери). Вони мають на меті амортизувати механічні коливання приводного двигуна шляхом накопичення кінетичної енергії і її поступового розсіювання або повернення до приводу у момент провалу потужності. Проте вони не знайшли застосування у потужних агрегатах.

Принципово іншими методами боротьби з негативною дією обмінних коливань є вплив на генератор та системи керування шляхом модернізації та оптимізації електричних машин, контрольованих пристроїв та регуляторів. Прикладом удосконалення систем збудження СГ є застосування алгоритму активного керування придушенням перешкод (Active Disturbance Rejection Control – ADRC) та включення контролера на основі такого алгоритму у систему збудження генератора. Блок-схема контролера містить такі основні компоненти – диференціатор відстеження, розширений спостерігач стану та ланку нелінійного зворотного зв'язку помилки стану [4].

Ще одним рішенням щодо зменшення амплітуди обмінних коливань є використання масивної демпферної обмотки в синхронному генераторі або регулювання збудження по куту вильоту ротора та відхиленню частоти. Частина демпферної обмотки, зображуючий вектор ЕРС якої перпендикулярний зображуючому вектору напруги статора в даному режимі роботи, буде викликати максимальний демпферний момент при малих коливаннях ротору. Але це призведе до зменшення надперехідного опору генератора та збільшення струму короткого замикання [5].

Методом, який можна застосувати безпосередньо при налагоджуванні і експлуатації генераторів автономної електростанції, є зміна нахилу регулювальної характеристики у бік збільшення її статизму [6]. Однак цей метод має два суттєві недоліки: 1) генератор з більш жорсткою характеристикою (менше падіння частоти) візьме на себе більшу частину навантаження; 2) при недостатній швидкодії регуляторів частоти і напруги стрибкоподібні

зміни навантаження автономної електростанції призведуть до стрибків напруги та значних коливань частоти. Метод збільшення статизму синхронних генераторів значно знижує обмінні коливання потужності, але робить автономну електростанцію не здатною підтримувати параметри напруги і частоти у нормованих межах в динаміці – при режимах підключення та скидання навантаження, що співмірне з потужностями генеруючих агрегатів. Очевидно, що даний метод можна рекомендувати до застосування тільки у автономних електростанціях з значною кількістю споживачів, одинична потужність яких значно менше потужності генератора.

**Виклад основного матеріалу.** Перспективним методом і нашим напрямком дослідження способу усунення обмінних коливань активної потужності є використання в автономних електростанціях синхронних машин поздовжньо-поперечного збудження. Як відомо, ці машини дозволяють отримати більш високі показники статичної і динамічної стійкості [5].

Синхронні машини поздовжньо-поперечного збудження відрізняються від синхронних машин класичного виконання наявністю на роторі додаткової обмотки збудження, що зсунута в просторі відносно основної на певний кут [7]. У переважній більшості конструкцій машин значення кута становить 90 електричних градусів і зміна співвідношення струмів в обмотках збудження дозволяє здійснити приріст ЕРС якоря в напрямку осей ротора  $d$  або  $q$  незалежно.

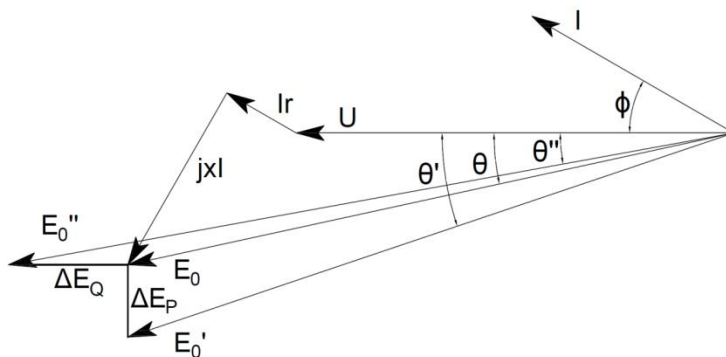


Рис.2. Векторна діаграма СГ з регулюванням приросту ЕРС

Як можна бачити з векторної діаграми рис.2, зміна  $E_0$  може бути направлена перпендикулярно зображуючому вектору напруги якоря (на рисунку  $\Delta E_P$ ) і в цьому випадку відбувається регулювання лише



активної потужності машини. Зміна приросту ЕРС в напрямку вектора напруги дозволяє виконувати регулювання реактивної потужності (на рисунку  $\Delta E_0$ ). Варто зазначити, що для синхронних машин поздовжньо-поперечного збудження зміна кута навантаження  $\theta$  між осями полюсів магнітних полів якоря і індуктора не визначає режим роботи, а лише положення осей ротора відносно векторів напруги якоря.

В системі автоматичного регулювання генератора поздовжньо-поперечного збудження можливо реалізувати компенсацію проєкцій реакції якоря відповідною обмоткою збудження, що певним чином дозволить розділити вплив обмоток збудження на коливання активної та реактивної потужностей генератора. А саме, в осі  $d$  регулювання за зміною напруги якоря відповідного генераторного агрегату дозволяє підтримувати уставку номінальної напруги електростанції та регулювати коливання реактивної потужності агрегату. В поперечній осі  $q$  регулювання по куту вильоту ротора дозволяє підтримувати його близьким до нуля та максимально впливати на електромагнітний момент, виконувати демпфування коливань ротора, збільшити стійкість та зменшити вплив збурень у привідному агрегаті. Тобто система, яку пропонується розробити та математично описати, має на меті зменшення впливу негативних факторів, що призводять до уповільнення, прискорення або виникнення коливань моменту приводного агрегату.

Цілком зрозуміло, що ефективність роботи запропонованої системи генераторних агрегатів, систем збудження і керування залежить від якості і точності вимірювання величин обмінних коливань активної потужності.

Для вивчення обмінних коливань активної потужності дизель-генераторних агрегатів і в наступному для визначення керуючого сигналу на систему збудження запропоновано використовувати блок вимірювання миттєвого значення активної потужності  $U_1$ , реалізований на аналогових інтегральних мікросхемах перемноження вхідних напруг та представлений на рис.3 [8].

В наведеній схемі для узгодження сигналів використані трансформатори струму  $TA$  з опорами шунтування  $R$  та трансформатори напруги  $TV$ . У блоці  $U_1$  сигнали по струмам та напругам масштабуються відповідними підсилювачами  $DA1...DA4$  та подаються на блоки перемноження  $DA5$  та  $DA6$ . Після підсумовування вихідних сигналів отримуємо напругу  $U_1(\Delta p_1)$ , що у





де  $p_1$  – миттєве значення активної потужності генератора  $G1$ ;  $u_a, u_b, u_c$  – миттєві значення напруг фаз;  $i_a, i_b, i_c$  – миттєві значення струмів,  $U_m, U_{ma}, U_{mb}, U_{mc}$  – амплітудні значення напруг;  $I_{ma}, I_{mb}, I_{mc}$  – амплітудні значення струмів;  $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$  – значення кута зсуву між напругою і струмом відповідної фази.

Цілком очевидно, що за визначених раніше умов в трифазній системі без нульового проводу сумарна високочастотна складова буде дорівнювати нулю, але при порушенні однаковості амплітуд фазних напруг або наявності нелінійного навантаження потрібно передбачити фільтр. Частота власних коливань генераторного агрегату зазвичай складає одиниці герц та на порядок нижче високочастотної складової миттєвого значення  $p_1$ , що змінюється із подвійною частотою мережі. Тому наявність фільтру має мало вплинути на корисний сигнал у вигляді низькочастотних коливань  $p_1$ :

$$p_1 = \frac{U_m I_{ma}}{2} \cos(\varphi_a) + \frac{U_m I_{mb}}{2} \cos(\varphi_b) + \frac{U_m I_{mc}}{2} \cos(\varphi_c).$$

Аналогічним чином отримано величину напруги  $U_2(\Delta p_2)$  в блоці  $U2$ , що пропорційна миттєвому значенню активної потужності, яка генерується генератором  $G2$ . Різниця між  $U_1(\Delta p_1)$  та  $U_2(\Delta p_2)$  дозволяє отримати напругу, перемінна складова якої буде пропорційна обмінним коливанням потужності між генераторами.

На рис.3 показана можливість введення отриманого сигналу по потужності в канал регулювання збудженням. Розглянемо варіацію активної потужності навколо усталеного режиму, параметри якого додатково позначимо індексом «н». Для визначення варіації скористаємось рівняннями Парка-Горєва, записаними у відносних одиницях, та представимо активну потужність через параметри в осях  $dq$ , позитивні напрямки яких співпадають із позитивними напрямками проекцій струму в генераторному режимі синхронної машини [9]:

$$\begin{aligned} p_1 &= UI \cos \varphi = UI \cos(\Psi - \theta) = \\ &= UI \cos(\Psi) \cos(\theta) + UI \sin(\Psi) \sin(\theta) = \\ &= U_q I_q + U_d I_d, \end{aligned}$$

де  $I, I_d, I_q$  – модуль зображаючого вектора струму статора та його проекції на осі  $d$  та  $q$  відповідно;  $U, U_d, U_q$  – модуль зображаючого вектора напруги статора та його проекції на осі  $d$  та  $q$  відповідно;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності навантаження;  $\Psi$  – кут між віссю  $q$  та зображуваним вектором струму статора;  $\theta$  – кут вильоту ротора, тобто кут між віссю  $q$  та зображуваним вектором напруги статора.

Якщо знехтувати перехідними процесами та активним опором в статорній обмотці, маємо наступний зв'язок між проекціями напруги та струму статора для неявнополюсного генератора:

$$\left. \begin{aligned} (x_a I_q - I_{fq}) \omega &= U_d; \\ (-x_a I_d + I_{fd}) \omega &= U_q; \end{aligned} \right\} \text{ або } \left. \begin{aligned} I_q &= \frac{U_d}{x_a \omega} + \frac{I_{fq}}{x_a}; \\ I_d &= -\frac{U_q}{x_a \omega} + \frac{I_{fd}}{x_a}, \end{aligned} \right\}$$

де  $\omega$  – кутова швидкість ротора синхронної машини;  $x_a$  – синхронний реактивний опір по подовжній і поперечній осі (для неявнополюсної машини ці опори є однаковими);  $I_{fd}$  – струм в обмотці збудження по подовжній осі;  $I_{fq}$  – струм в обмотці збудження по поперечній осі.

Після підстановки маємо

$$\begin{aligned} P_1 &= U_q I_q + U_d I_d = \frac{U_q U_d}{x_a \omega} + \frac{U_q I_{fq}}{x_a} - \frac{U_q U_d}{x_a \omega} + \frac{U_d I_{fd}}{x_a} = \\ &= \frac{U_q I_{fq}}{x_a} + \frac{U_d I_{fd}}{x_a} = \frac{U \cos(\theta) I_{fq}}{x_a} + \frac{U \sin(\theta) I_{fd}}{x_a}. \end{aligned}$$

Знайдемо приріст потужності за правилами варіаційного обчислення:

$$\begin{aligned} \delta P_1 &= \frac{U_H \cos(\theta_H) \delta I_{fq}}{x_a} + \frac{U_H \sin(\theta_H) \delta I_{fd}}{x_a} + \\ &+ \delta U \left( \frac{\cos(\theta_H) I_{fqH}}{x_a} + \frac{\sin(\theta_H) I_{fdH}}{x_a} \right) + \\ &+ \delta \theta \left( \frac{U_H \cos(\theta_H) I_{fdH}}{x_a} - \frac{U_H \sin(\theta_H) I_{fqH}}{x_a} \right). \end{aligned}$$

Відомо, що при розгляді статичної стійкості паралельної роботи декількох однакових синхронних генераторів на загальне навантаження, систему можна представити у вигляді двох незалежних: роботи синхронного генератора на потужну мережу для дослідження взаємних коливань між генераторами та одиночної роботи синхронного генератора на навантаження. При розгляді роботи генератора на потужну мережу варіацію напруги можна



прирівняти нулю  $\delta U = 0$ . Розглянемо режим роботи генератора із нульовим кутом вильоту ротора ( $\theta_n = 0$ ), тоді кінцевий вираз для визначення варіації потужності:

$$\delta p_1 = \frac{U_n}{x_a} \delta I_{fq} + \delta \theta \frac{U_n I_{fdn}}{x_a}.$$

Таким чином, введення зворотного зв'язку по активній потужності в синхронному генераторі подовжньо-поперечного збудження, який в усталеному режимі працює із нульовим кутом вильоту ротора, при розгляді взаємних коливань між паралельно працюючими генераторами еквівалентний введенню зворотного зв'язку по куту вильоту ротора та по струму збудження в поперечній осі. Такі зв'язки ефективні як раз в поперечній осі збудження [5, 9]. В наступних роботах передбачається аналіз динамічних властивостей роботи генераторного агрегату при регулюванні струму збудження в поперечній обмотці по активній потужності та її похідній.

**Висновок.** Виникнення обмінних коливань потужності між генераторами в автономних електростанціях є актуальною проблемою в сучасній електроенергетиці. Проте дозволені величини амплітуди і частоти цих обмінних коливань не визначені у галузевих директивних документах, хоч їх негативний вплив доведено і опрацьовано в наукових працях. Окремі методи, запропоновані науковою спільнотою та наведені у статті, є суто теоретичними, інші ж знайшли й практичне застосування. Усі методи мають на меті зниження негативного впливу, хоч і не позбавлені недоліків.

Генератори подовжньо-поперечного збудження з відповідною системою збудження та датчиками миттєвої активної потужності ускладнять схему електростанції, але дозволять не тільки значно зменшити коливання активної потужності, а й вдосконалити систему регулювання розподілу генерації активної і реактивної потужності між генераторними агрегатами автономної електростанції.

**1.** Савенко О. Є. Теоретичне та експериментальне дослідження роботи багатогенераторної суднової електроенергетичної системи. Вісник Вінницького політехнічного інституту, Вінниця: 2011. Вип. 3. С. 58-62. **2.** Ломакін В.О. Зменшення нерівномірності ходу двигуна внутрішнього згоряння удосконаленням конструкції маховика. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 Двигуни та енергетичні установки. На правах рукопису. Київ: НТУ, 2018. 21 с. **3.** Слинько Г.І., Рябошапка Н.Є., Сухонос Р.Ф., Євсєєва Н.О.,

Солдатченков О.Г. Дослідження впливу пропусків запалювання на нерівномірність обертання бензинового двигуна. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. Вип.1. С.82–88. DOI: 10.15588/1607-6885-2024-1-11. **4.** Зеленюк С.О., Александровська Н.І., Потравко С.А. Огляд перспективних напрямків покращення динамічних характеристик суднових електроенергетичних систем електроходів. Розвиток транспорту. Видавництво «Гельветика», Одеса: 2024. Вип. 3(22). С. 60-86. **5.** Новогрецький С.М., Баришник Ю.М. Вплив демпферної обмотки на статичну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів. Матеріали ВНТК СПАЕ-2025. Миколаїв: НУК, 2025. С.43-47. **6.** Савенко О. Є. Дослідження суднової електроенергетичної системи порома «Єйськ». Вісник Вінницького політехнічного інституту. Вінниця: 2013. Вип.1. С. 85-89. **7.** Міняйло О.С., Романів М.С., Кривий В.В., Крисяк А.М. Системи збудження машин поздовжньо-поперечного збудження і асинхронізованих. Електроенергетичні та електромеханічні системи. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», Львів:2002. Вип. 449. С. 132-137. **8.** Новогрецький С.М., Костюченко В.І., Баришник Ю.М. Датчик активної потужності для трифазної мережі із можливістю відслідковувати низькочастотні коливання. Матеріали ВНТК Автоматика і електротехніка. Миколаїв: НУК, 2024. С. 91-94. **9.** Новогрецький С.М. Статистична стійкість роботи синхронних генераторів автономно і на мережу нескінченної потужності. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Кременчук: КДПУ, 2007. Вип. 3/2007 (44) ч2. С.114-117.

## REFERENCES

1. Savenko O. Ye. Teoreticheskoye i eksperimental'noye issledovaniye raboty mnogogeneratornoy sudovoy elektroenergeticheskoy sistemy. Vestnik Vinnitskogo politekhnicheskogo instituta, Vinnitsa: 2011. Vyp. Tretiy S. 58-62.
2. Lomakin V.A. Umen'sheniye neravnomernosti khoda dvigatelya vnutrennego sgoraniya usovershenstvovaniyem konstruksii makhovika. Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk po spetsial'nosti 05.05.03 Dvigateli i energeticheskiye ustanovki. Na pravakh rukopisi. Kiyev: NTU, 2018. 21 s. 3. Slin'ko G.I., Ryaboshapka N.Ye., Sukhonos R.F, Yevseyeva N.A., Soldatchenkov A.G. Issledovaniye vliyaniya propuskov zazhiganiya na neravnomernost' vrashcheniya benzinovogo dvigatelya. Novyye materialy i tekhnologii metallurgii i mashinostroyenii. Zaporozh'ye: NU «Zaporozhskaya politekhnika», 2024. Vyp.1. S.82-88. DOI: 10.15588/1607-6885-2024-1-11. **4.** Zelenyuk S.A., Aleksandrovskaya N.I., Potravko S.A. Obzor perspektivnykh napravleniy uluchsheniya dinamicheskikh kharakteristik sudovykh elektroenergeticheskikh sistem elektrokhodov. Razvitiye transporta.

Izdatel'stvo «Gel'vetika», Odessa: 2024. Vyp. 3(22). S. 60-86. 5. Novogrecheskiy S.M., Baryshnik YU.M. Vozdeystviye dempfernoy obmotki na staticheskuyu ustoychivost' parallel'noy raboty sinkhronnykh generatorov. Materialy VNTK SPAE-2025. Nikolayev: NUK, 2025. S.43-47. 6. Savenko O. Ye. Issledovaniye sudovoy elektroenergeticheskoy sistemy paroma «Yeysk». Vestnik Vinnitskogo politekhnicheskogo instituta. Vinnitsa: 2013. Vyp.1. S. 85-89. 7. Minyaylo O.S., Romaniv M.S., Krivoy V.V., Krysyuk A.M. Sistemy возбuzhdeniya mashin prodol'no-poperechnogo возбuzhdeniya i asinkhronizirovany. Elektroenergeticheskiye i elektromekhanicheskiye sistemy. Izdatel'stvo Natsional'nogo universiteta «L'vovskaya politehnika», L'vov:2002. Vyp. 449. S. 132-137. 8. Novogrecheskiy S.M., Kostyuchenko V.I., Baryshnik YU.M. Datchik aktivnoy moshchnosti trekhfaznoy seti s vozmozhnost'yu otslezhivat' nizkochastotnyye kolebaniya. Materialy VNTK Avtomatika i elektrotehnika. Nikolayev: NUK, 2024. S. 91-94. 9. Novogrecheskiy S.M. Statisticheskaya stoykost' raboty sinkhronnykh generatorov avtonomna i na set' beskonechnoy moshchnosti. Vestnik Kremenchugskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Kremenchug: KGPU, 2007. Vyp. 3/2007 (44) ch2. S.114-117.

---

**Novohretskyi Sergii** [1: ORCID ID: 0000-0003-0240-1847],

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

**Baryshnyk Yurii** [1: 0009-0006-5696-0846],

Post Graduate Student

<sup>1</sup>Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

## **METHODS FOR REDUCING ACTIVE POWER OSCILLATIONS BETWEEN GENERATOR UNITS AND PROSPECTS FOR USING GENERATORS WITH LONGITUDINAL-TRANSVERSE EXCITATION IN AUTONOMOUS POWER PLANTS**

**The paper investigates methods of reducing the level of exchange oscillations of active power between generators in autonomous power plants. Studies prove that such oscillations lead to unstable operation of synchronous generators, reduce the economic efficiency of the power plant, provoke accelerated wear of system parts, and also become prerequisites for emergency situations and accidents. An analysis is conducted, indicating the advantages and disadvantages of common theoretical and practical methods. Methods**

related to increasing the inertial masses of units (flywheels of stationary and dynamic design), the use of damping devices, improving the generator excitation system, the use of massive damping windings, and increasing the static characteristic of generators are considered. It is proposed to use longitudinal-transverse excitation synchronous machines with an appropriate control system as a complex system that will eliminate exchange oscillations as generator units. Vector diagram of the longitudinal-transverse excitation generator is constructed. A brief description of the principle of measuring instantaneous active power based on a sensor on an analog integrated circuit for multiplying input voltages is given. The development of a control system for such a system based on an excitation regulator in the  $dq$ -axes of the inductor is identified as a promising direction of research. Longitudinal-transverse excitation generators with control units based on signals from instantaneous active power sensors will eliminate the influence of active power oscillations and improve the system for regulating the distribution of active power generation between units of autonomous power plants.

**Key words:** active power exchange oscillations, autonomous power plant, longitudinal-transverse excited generator, Park's equation, static stability of the synchronous generator.

---

Отримано: 15 січня 2026 року  
Прорецензовано: 25 лютого 2026 року  
Прийнято до друку: 27 березня 2026 року



© 2026 [Novohretskyi Sergii, Baryshnyk Yurii]. Licensee [NUWEE]. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license ([creativecommons.org](https://creativecommons.org)).