

УДК 621.313.10

О. Є. Савенко, асп.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Розглянуто причини зниження якості електроенергії суднової електростанції. Розроблено алгоритм роботи системи управління для зменшення амплітуди обмінних коливань потужності. В ході дослідження використана математична модель і проведено експеримент в реальних судових умовах.

Вступ

Забезпечення якості вироблюваної електроенергії є одним з найважливіших завдань електричних станцій. В електроенергетичній системі України, яка в основному складається з великих гідро- і атомних електростанцій, якість електричної енергії відповідає встановленим показникам якості. Проте в наш час знаходять широке застосування автономні електричні станції. До таких електростанцій відносяться вітряні та електростанції транспортних засобів, найбільшими з яких є електростанції морських суден. У зв'язку з тим, що до їх складу входять декілька генеруючих агрегатів, основним режимом їх роботи є паралельна робота, що також здійснює вплив на якість електричної енергії.

Постановка завдання

В автономних електростанціях крутний момент генератори отримують від приводних двигунів, для суден це найчастіше дизелі. Це також погіршує якість вироблюваної електроенергії, оскільки частота обертання ротора генератора не є строго постійною величиною, а отже, змінюється і частота вироблюваної електроенергії. Частота змінюється як у перехідних режимах під час пусків і вимкнень генераторів і споживачів, так і в сталих режимах. Звичайно, електростанції мають системи автоматичного регулювання частоти (АРЧ) обертання дизелів і напруги (АРН) генераторів, і це робить можливим їх експлуатацію в наш час. Однак ці системи мають у своєму складі механічні та електричні елементи, які мають зони нечутливості і явище «люфт». Зміна частоти вироблюваної генератором електроенергії і різниця частот генераторів під час їх паралельної роботи приводить до труднощів у розподілі активного навантаження і виникають обмінні коливання потужності [1]. Обмінні коливання потужності під час паралельної роботи судових дизель-генераторних агрегатів чинять великий негативний вплив аж до знеструмлення судна, що само по собі є аварійною ситуацією. Великий вплив на якість суднової електроенергії здійснюють і силові напівпровідникові перетворювачі, які дуже сильно спотворюють синусоїдальну форму напруг і струмів [2]. Необхідно провести дослідження і з'ясувати можливість і методи поліпшення якості електроенергії суднової електростанції.

Результати дослідження

Явища обмінних коливань потужності в судовій електростанції, яка є автономною, були зафіксовані під час експериментальних досліджень на поромі «Сйськ» Керченської державної судноплавної компанії, що здійснює вантажопасажирські перевезення між портом Крим і портом Кавказ [3].

Дослідження з використанням математичної моделі електроенергетичної системи порома [4, 5] підтвердили наявність обмінних коливань потужності в різних режимах роботи суднової електростанції, основною причиною яких є наявність «люфту» із зонами нечутливості в системах регулювання частоти обертання дизелів. Подальші дослідження показали, що для зменшення амплітуди обмінних коливань до допустимої величини, а по можливості і повного їх усунення, необхідно ввести в структуру автоматичного управління електростанції блок УОКП (управління обмінними коливаннями потужності), який працює за алгоритмом, наведеним на рис. 1.

Після початку роботи встановлюються номінальні значення коефіцієнтів передачі K_{ω} регуляторів швидкості дизелів і уставок завдання $\omega_{r,0}$ швидкостей обертання дизелів для n паралельно

працюючих агрегатів. Потім визначаються максимальні A_{\max} і мінімальні A_{\min} значення амплітуд потужностей генераторів, момент часу t_{\max} максимального значення потужності протягом періоду коливань T . На підставі отриманих даних робиться висновок про наявність і величину обмінних коливань потужності.

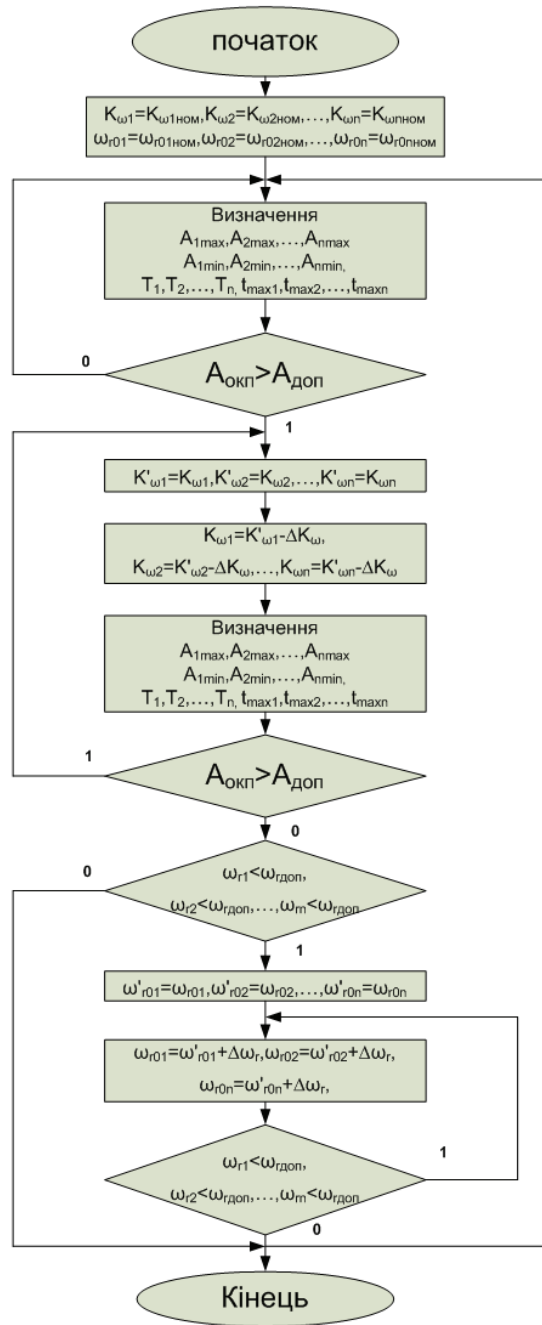


Рис. 1. Алгоритм роботи блока УОКП

Блок УОКП (рис. 2) у разі виявлення перевищення амплітуди $A_{\text{окм}}$ обмінних коливань допустимої величини $A_{\text{доп}}$ ступенево, з кроком ΔK_{ω} , зменшує коефіцієнти передачі автоматичних регуляторів частоти обертання дизелів (D_1 — D_n). Одночасно контролюються частоти обертання ω_r роторів генераторів ($СГ_1$ — $СГ_n$), які зменшуються внаслідок пом'якшення характеристик дизель-генераторних агрегатів (ДГА), у разі їх зниження нижче допустимої величини $\omega_{r\text{доп}}$ блок ступенево, з кроком $\Delta\omega_r$, збільшує уставки задання швидкостей обертання дизелів до досягнення ними номінальної частоти обертання. Необхідність підтримки швидкості обертання на номінальному рівні очевидна, оскільки її зниження призводить до зниження частоти вироблюваної електроенергії, що погіршує роботу суднового електрообладнання. Значення коефіцієнтів передачі K'_{ω} регуляторів

швидкості дизелів і уставок завдання ω'_{r0} швидкості обертання дизелів використовуються для збереження поточних значень відповідних параметрів перед їх зміною.

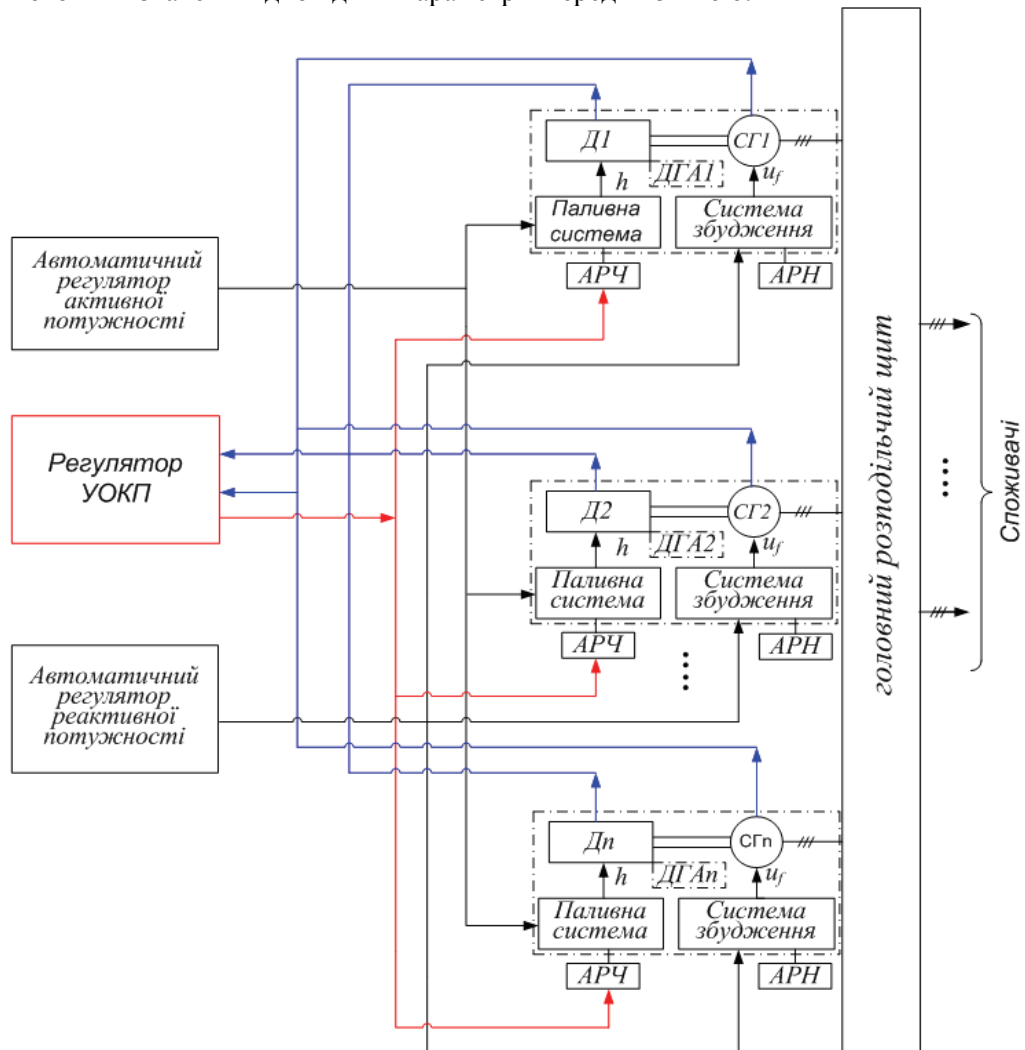
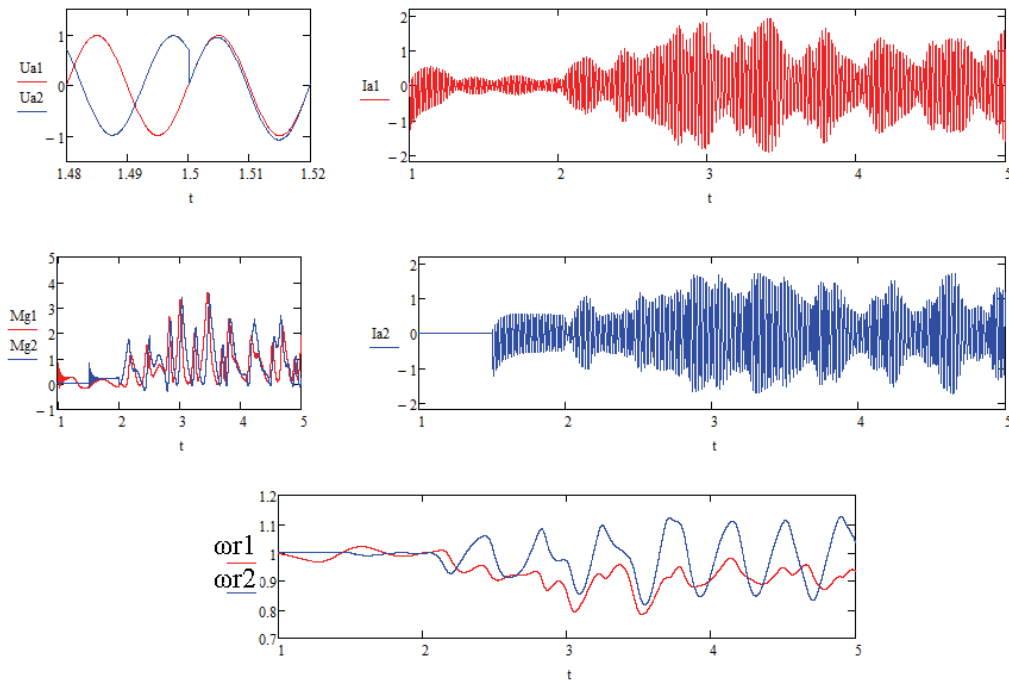


Рис. 2. Структурна схема суднової електростанції

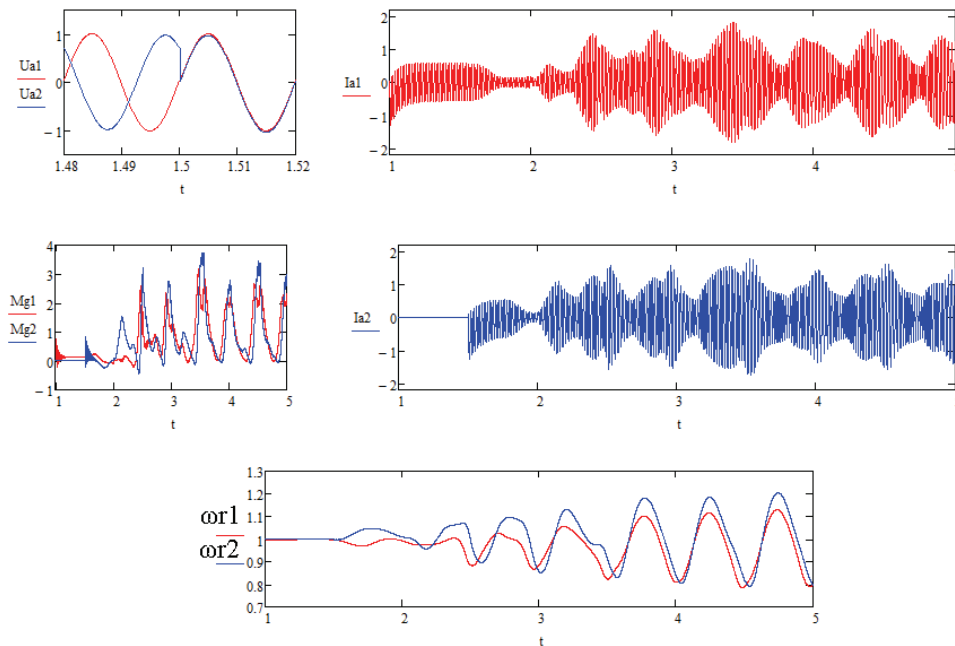
Блок УОКП працює за запропонованим алгоритмом в сталих режимах і є доповненням до всіх існуючих систем автоматизації суднової електростанції. Цей блок отримує інформацію про параметри паралельно працюючих дизель-генераторних агрегатів по лініях зворотного зв'язку і управляє налаштуваннями АРЧ. У разі зміни кількості працюючих генераторів і значній зміні навантаження суднової електростанції його робота переривається на час перехідних процесів, а потім його робота починається спочатку. Блок доцільно застосовувати для управління роботою дизелів з електронними регуляторами частоти обертання, оскільки саме в них є можливість зміни налаштувань в процесі роботи.

Необхідно відмітити обов'язковість одночасної зміни коефіцієнтів передачі регуляторів частоти обертання дизелів з метою підтримання їх рівності під час використання однотипних агрегатів. Дослідження, проведені на математичній моделі суднової електростанції (рис. 3), показали, що невиконання цієї умови приводить до виникнення додаткових синфазних коливань потужності дизель-генераторних агрегатів, які накладаються на наявні обмінні коливання. Амплітуда таких коливань збільшується зі зростанням різниці коефіцієнтів передачі регуляторів частоти обертання дизелів. Результати моделювання показують миттєві значення напружень U_{a1} , U_{a2} , моментів M_{g1} , M_{g2} , струмів I_{a1} , I_{a2} , частот обертання роторів ω_{r1} , ω_{r2} , паралельно працюючих генераторів.

У процесі роботи блока УОКП задання по частотах обертання всіх паралельно працюючих однотипних дизель-генераторних агрегатів мають змінюватися також одночасно, з метою підтримки їх рівності, бо інакше виникають синфазні автоколивання потужності, які підсумовуються з обмінними коливаннями.

Рис. 3. Результати моделювання $K_{\omega 1} = 10$, $K_{\omega 2} = 50$, $\omega_{r01} = \omega_{r02} = 1,0$

На рис. 4 показані результати математичного моделювання роботи дизель-генераторних агрегатів, уставки за швидкістю яких різні. Тут очевидне виникнення додаткових коливань потужності, період яких, як показали дослідження, залежить від різниці уставок за швидкістю.

Рис. 4. Результати моделювання $K_{\omega 1} = K_{\omega 2} = 50$, $\omega_{r01} = 0,985$, $\omega_{r02} = 1,025$

Таким чином, синфазні коливання потужності під час паралельної роботи однотипних дизель-генераторних агрегатів мають місце за неоднакових значень коефіцієнтів передачі регуляторів частоти обертання і уставок за частотою обертання. Такі відмінності можуть з'являтися не тільки в процесі роботи системи автоматичного управління ОКП. Під час проведення експериментальних досліджень на поромі «Сйськ» зафіксовані синфазні коливання в процесі роботи гребних двигунів у ходовому режимі (рис. 5). Синфазні коливання мають місце під час руху судна з різною швидкістю і у разі маневрування під час роботи підрулюючого пристрою. Очевидно, причиною цих коливань є відмінності в настройках регуляторів частот обертання дизелів.

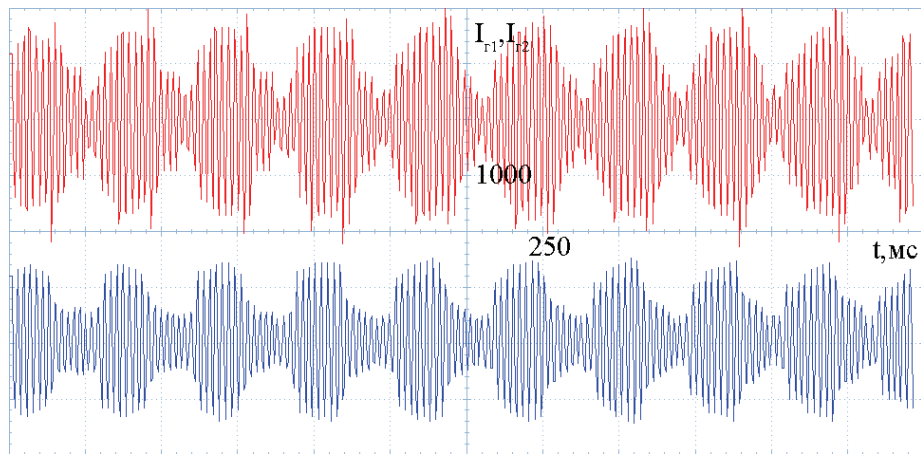


Рис. 5. Струми двох паралельно працюючих дизель-генераторів у ходовому режимі

Висновки

В процесі роботи суднової електростанції порома «Сйськ» існують обмінні коливання потужності, причиною яких є наявність люфтів в системах регулювання частоти обертання дизель-генераторних агрегатів. Для оптимізації роботи суднової електростанції з метою поліпшення показників якості електроенергії та розробки методу усунення обмінних коливань потужності проведені необхідні теоретичні дослідження цієї проблеми з використанням математичного моделювання. Доведено можливість їх пригнічування системою автоматичного управління, яка у разі виявлення обмінних коливань змінює коефіцієнти передачі регуляторів частоти обертання дизелів і уставки завдання по частоті обертання дизель-генераторних агрегатів відповідно до розробленого алгоритму.

Виявлено також існування синфазних коливань потужності під час паралельної роботи дизель-генераторних агрегатів, які виникають внаслідок неузгодженості налаштувань регуляторів частоти обертання дизелів. Для їх виключення в запропонованому алгоритмі роботи закладено підтримання рівності коефіцієнтів передачі регуляторів і уставок за частотою обертання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конкс Г. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. — М. : Машиностроение, 2005 г. — 512 с.
2. Савенко А. Е. Результаты экспериментального исследования режимов работы судовой электроэнергетической системы порома «Ейск» / А. Е. Савенко // Судовые энергетические установки. — 2010. — № 26. — С. 30—36.
3. Савенко О. Є. Теоретичне та експериментальне дослідження роботи багатогенераторної суднової електроенергетичної системи / О. Є. Савенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 3. — С. 58—62.
4. Савенко О. Є. Оптимізація роботи багатогенераторної суднової електроенергетичної системи / О. Є. Савенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 1. — С. 131—134.
5. Савенко О. Є. Дослідження суднової електроенергетичної системи порома «Сйськ» / О. Є. Савенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2013. — № 1. — С. 85—89.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 15.10.2013
Рекомендована до друку 1.11.2013

Савенко Олександр Євгенійович — аспірант кафедри електроустаткування судів і автоматизації виробництва.

Керченський державний морський технологічний університет, Керч