



УДК 629.016

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ПРИВІД-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТУ

Іщенко І.М., Черненко В.В., Клементьєва О.Ю.

Херсонська державна морська академія

У статті розглядаються умови доцільності використання валогенераторів на судах різних типів, а також можливість використання валогенераторів у режимі руху при живленні їх від автономних дизель-генераторів. Наявність валогенератора зменшує число автономних дизель-генераторів, знижує вартість виробленої електроенергії, витрати на ремонт і обслуговування, а також рівень шуму у машинному відділенні. У роботі проведений аналіз і визначено основні характеристики валогенераторної установки на основі диференціального привід-генераторного агрегату комбінованого пропульсивного комплексу. В якості прикладу розглянуто диференціальний асинхронно-синхронний генераторний агрегат стабільної частоти при змінній швидкості обертання – «супероксівар». У результаті дослідження автори дійшли висновку, що застосування диференційного привід-генераторного агрегата дозволяє відносно легко вирішити задачу пуску вало-генераторної установки в режимі двигуна, а також забезпечити стабілізацію частоти обертання при роботі в режимі генератора.

Ключові слова: валогенератор, диференціальний привід-генераторний агрегат, розрахунок режимів роботи.

Вступ. Транспортні судна складають близько 90 % загального тоннажу морського та річкового флоту. Універсальні вантажні судна – це судна для перевезення генеральних вантажів, контейнерів, навалювальних вантажів, колісної техніки. Аналіз статистичних даних показує, що значення потужності суховантажних, нафтоналивних суднових електроенергетичних систем (СЕЕС) подвоюється через кожні 7–10 років. Сьогодні на суховантажних універсальних судах морського плавання потужність електростанцій складає, в середньому, вже близько 2000 кВт. За рахунок економії електроенергії СЕЕС, можна отримати істотну економію нафтопродуктів на судах.

Для суховантажних універсальних суден питання економичності й удосконалення можуть бути вирішені шляхом автоматизації СЕЕС з використанням пристроїв і систем регулювання, управління, контролю і захисту; використанням дизель-генераторів, що працюють переважно на стоянці та при якірному режимі та застосуванням систем використання енергії гребних електроустановок у ходовому режимі; стабілізацією напруги і частоти генераторів; розподілом активного і реактивного навантаження між паралельно працюючими генераторними агрегатами; включенням резервних і аварійних джерел електроенергії; автоматичним включенням генераторів на паралельну роботу; захистом генераторів, електричних якорів і СЕЕС від режимів, що можуть пошкодити це обладнання; перемиканням живлення приймачів; контролем роботи СЕЕС; дистанційним управлінням СЕЕС.

Актуальність дослідження. Використання на судах валогенераторів доцільно за такими причинами: більш високий коефіцієнт корисної дії головних двигунів, можливість стабілізації навантаження двигунів при змінному навантаженні електричної мережі, а також специфічних режимів роботи головного двигуна з недонавантаженням для деяких типів суден (риболовецькі траулери, буксири, судна льодового плавання). Валогенератор повинен забезпечувати постійну частоту обертання генератора незалежно від навантаження головного двигуна і частоти його обертання.

Валогенератори дозволяють повніше використовувати енергетичні можливості головного двигуна, одержувати електроенергію від нього для всіх допоміжних споживачів на ходовому режимі, причому з більшою економичністю, тому що коефіцієнт корисної дії головного двигуна звичайно вище ККД ВД.

Крім того, можливе використання валогенераторів у режимі руху при живленні їх від автономних дизель-генераторів. Наявність валогенератора зменшує число автономних



дизель-генераторів, знижує вартість електроенергії, що виробляється, а також витрати на ремонт і обслуговування і рівень шуму у машинному відділенні.

На риболовецьких траулерах застосування валогенераторів дозволяє стабілізувати навантаження головного двигуна на різних ходових режимах (без трала, з різними типами тралів, при їх постановці і виборці) і полегшує живлення такого важкого споживача електроенергії, як тралова лебідка.

Валогенератор повинен забезпечувати постійну частоту обертання генератора незалежно від навантаження головного двигуна і його частоти обертання. Стабілізація частоти обертання валогенератора забезпечується двома засобами: зміною кута установки лопастей гвинта керованого кроку та ступенем заповнення мастилом порожнини гідروмуфти. При останньому методі застосування значно знижується ККД. У зв'язку з вимогами стабільності частоти обертання валогенераторів їх частіше використовують в судових енергетичних установках, які обладнані гвинтом керованого кроку. Гідрравлічну муфту завжди доцільно встановлювати на самому швидкохідному валі (з метою зменшення її габаритів).

Існують наступні схеми приводу валогенератора в енергетичних установках: з клиноремінною передачею; передачею від вільного кінця головного двигуна; з валогенератором, який вбудований в лінію вала; з мультиплікатором від валопроводу.

Найбільшого застосування валогенератори набули в енергетичних установках з гвинтом керуючого кроку при роботі головного двигуна за навантажувальною характеристикою. Потужність валогенератора в залежності від типу і призначення судна може досягати 1,5–2,0 тис. кВт (визначається з умови повного забезпечення всіх судових споживачів в електричній енергії у ходовому режимі).

При знеструмленні валогенератора один із допоміжних дизель-генераторів постійно знаходиться в «гарячому» резерві й автоматично включається в роботу при різкому падінні частоти обертання або зупинці головного двигуна. Валогенератори в енергетичних установках із гвинтом керованого кроку обов'язково повинні бути забезпечені спеціальними стабілізуючими пристроями, які забезпечують підтримку постійної частоти обертання валогенератора або частоти струму (чи напруги у валогенераторі постійного струму). Це в основному стосується енергетичних установок з оптимізацією роботи гвинта керованого кроку, коли одночасно змінюється частота обертання головного двигуна та крокове відношення головного гвинта.

Мета дослідження. Провести аналіз і визначити основні характеристики валогенераторної установки на основі диференціального привід-генераторного агрегату комбінованого пропульсивного комплексу.

Результати дослідження. Валогенератори можна умовно підрозділити на три основні категорії:

1. Найпростіші валогенератори, які не мають системи регулювання частоти обертання, а, отже, і підтримки необхідної частоти електричної енергії. Оскільки частота електроенергії, що виробляється пропорційно частоті обертання головного двигуна, то він повинен працювати при $n = const$. Це можливо тільки для гвинта керованого кроку без оптимізації його роботи.

2. Альтернативні валогенератори, які застосовуються для вироблення електроенергії із плаваючою частотою між 50 і 60 Гц, через можливі зміни частоти обертання головного двигуна від 100 до 80 %. Це означає, що споживачі енергії, які чутливі до зміни частоти, повинні житися через перетворювачі частоти або від дизель-генераторів. Ці валогенератори непристосовані до паралельної роботи з дизель-генераторами, вони використовуються під час рейсу судна, коли дизель-генератори виведені з експлуатації. Їх загальний ККД становить близько 92 %.

3. Валогенератори, які виробляють електричну енергію з постійною частотою в широкому діапазоні обертів двигуна. Для забезпечення частоти електричного струму можуть використовуватися редуктори або електронні перетворювачі частоти струму.



Редуктор може підтримувати постійну частоту обертання вихідного вала в діапазоні 100...70 % від обертань дизельної машини. Валогенератор може працювати один або паралельно з дизель-генераторами. Загальний ККД змінюється від 88 до 91 % у залежності від частоти обертання колінчатого вала головного двигуна.

На сучасних судах використовують приводи валогенераторів від вільного валу дизеля. При цьому генератор розміщений горизонтально між підвищуючим редуктором і носовим торцем двигуна. Еластична демпфіруюча гумова муфта встановлена на вхідному валу редуктора зі сторони двигуна, а двигун з'єднаний з валогенератором проміжним валом, який проходить через щит закриття носового торця. Часто між носовим торцем двигуна і муфтою встановлюється опорний підшипник.

Пропульсивна система з низькооберттовим двигуном і валогенератором встановлюється на судах, які потребують високих маневрених якостей, наприклад на човникових танкерах, призначених для доставки вантажу зі сховищ при родовищах або безпосередньо від нафтодобувних платформ. Допоміжна пропульсивна установка здатна приводити гвинт керованого кроку, використовуючи валогенератор як електродвигун, коли головний двигун зупинений і роз'єднаний з гвинтом, а електроенергія подається від дизель-генераторів. На валопроводі після редуктора укріплюється муфта, яка роз'єднує гвинт і головний двигун в порту, тому головний двигун може використовуватися для вироблення електричної енергії без обертання гвинта. Ця муфта працює від тиску гідромастила, що надходить від силового блоку управління гвинта керованого кроку.

Коли муфта роз'єднана, упор гвинта передається через вбудований в муфту упорний підшипник на упорний підшипник двигуна. Для досягнення високого ККД гвинта в режимі допоміжної пропульсивної установки використовується двошвидкісний тунельний редуктор, який забезпечує зниження обертів гвинта.

Валогенератори на відміну від дизель-генераторів мають наступну низку переваг: менші габарити, низька початкова вартість, низькі витрати на монтаж і обслуговування, значний термін служби і низький рівень шуму.

У залежності від типу валогенератора, який застосовується вони можуть мати деякі недоліки: при зупиненому двигуні електрична енергія не виробляється, необхідна підвищена потужність головного двигуна, знижується ККД гвинта і двигуна (якщо гвинт керованого кроку працює при $n = const$), складний валопровід.

Статистика показує, що, не зважаючи на значну кількість переваг валогенераторів, більшість двотактних двигунів із прямим приєднанням гребного гвинта ними не обладнуються. Це обумовлено тим, що дизель-генератори за останні роки стали більш надійними і можуть працювати на важкому паливі. Якщо ж існує надмір потужності головного двигуна, встановлення валогенератора є економічно виправданим.

Як показано вище, окрім риболовецьких траулерів, буксирів, суден льодового плавання, на сучасних судах достатньо широко використовуються системи із валогенераторами особливо в судових енергетичних установках, які обладнані гвинтом керованого кроку. Також вони набули широкого застосування на судах із тривалим ходовим режимом при якому головний двигун працює практично при постійній частоті обертання, що дозволяє протягом тривалого часу використовувати валогенератор для живлення судових приймачів. При цьому дизель-генератор знаходяться в постійній готовності і включаються в роботу при зупинці головного двигуна або при переході на маневрений режим.

На сучасних судах застосовуються валогенератори різних схем і конструкцій. Розглянемо системи валогенераторів з перетворювачами частоти та планетарними передачами. Так, валогенераторні установки фірми «Siemens» вже декілька десятиліть успішно експлуатуються на різних судах. Фірма освоїла випуск кількох типів валогенераторних установок, однак найбільш широке застосування отримала установка з синхронними валогенератором та напівпровідниковою перетворювачем, які застосовуються для стабілізації частоти судової мережі. Валогенераторна установка



фірми Siemens з напівпровідниковим перетворювачем і синхронним валогенератором, яка представлена на рис. 1, складається із синхронного валогенератора, синхронного компенсатора (СК) та напівпровідникових перетворювачей енергії. При цьому інвертор, як правило, виконується двомостовим і часто підключається до гвинта керованого кроку за допомогою підвищувального трансформатора.

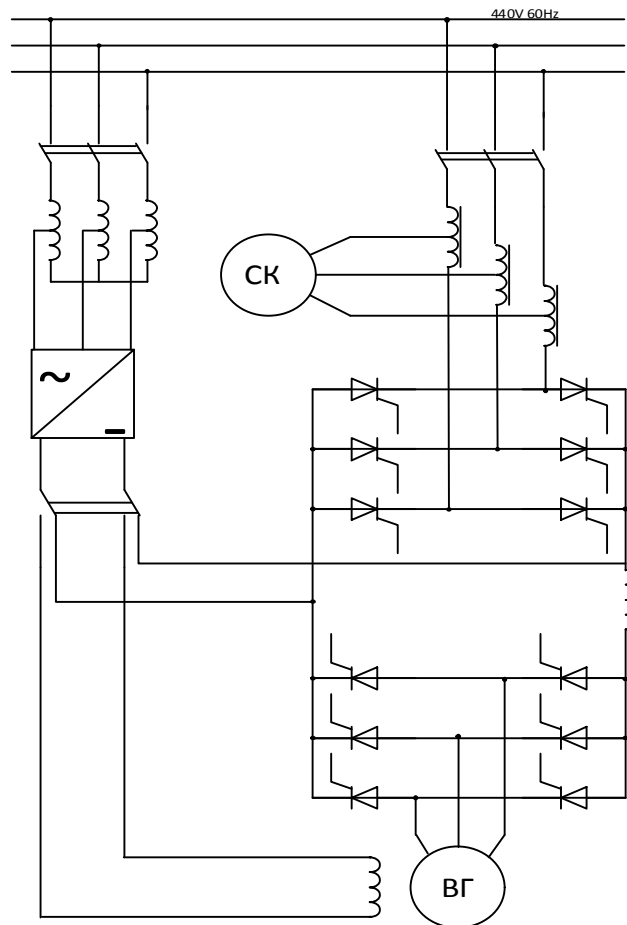


Рисунок 1 – Схема валогенераторної установки фірми «Siemens»

Крім автономної роботи система регулювання валогенераторної установки забезпечує тривалу паралельну роботу валогенератора з дизель-генератором, утилізаційним турбогенератором або іншим валогенератором (на багатовальних судах).

Істотною перевагою валогенераторної установки фірми «Siemens» є можливість роботи валогенератора в режимі руху судна. Електроенергія в цьому випадку надходить до валогенератора через напівпровідниковий перетворювач від гвинта керованого кроку. Інвертор при цьому переходить в режим роботи керованого випрямляча, а випрямляч – в режим роботи інвертора.

У режимі двигуна валогенератор може працювати як спільно з головним двигуном, так і автономно при аварійних режимах за умови відмови головного двигуна. В останньому випадку валогенератор за допомогою роз'єднувальної муфти від'єднується від головного двигуна. У режимі руху при автономній роботі він може забезпечити швидкість судна до 30 % від номінальної швидкості. При спільній роботі валогенератора і головного двигуна швидкість судна може бути збільшена на 3–5%.

У системах з планетарними передачами постійна частота обертання генератора забезпечується відповідною зміною частоти обертання допоміжного генератора або гідравлічного двигуна.

Перевагою установки валогенератора з гідроприводом є висока швидкодія і масогабаритні показники. За динамічними характеристиками планетарні передачі з гідроприводом мають більше переваг від передач із допоміжним електричним двигуном.



Це пов'язано з тим, що гідромашини мають більш низький момент інерції і при цьому відрізняються більш високими демпфуючими властивостями. Однак різниця у регульовальних властивостях цих двох систем несуттєва. Найбільш суттєвою перевагою валогенераторної установки з електричною системою стабілізації є більш високий ККД.

Втрати в валогенераторі дизельної установки з електроприводом менші, ніж у валогенераторній установці з гідроприводом, але при цьому втрати в останній істотно залежать від навантаження валогенератора і частоти обертання головного двигуна та мають виражений мінімум. За оцінкою фірм-виробників, вартість валогенераторної установки з гідроприводом трохи нижча. Так, витрати на установку планетарної передачі з електроприводом виправдовують себе приблизно через 10 років експлуатації валогенераторної установки, у той час як гідравлічні системи передачі – через 5–7 років. У зв'язку з цим саме валогенератори з гідравлічною системою стабілізації частоти знайшли більш широке застосування.

Прикладом використання валогенераторна установка з планетарною передачею є навалочне судно «Кристіян Палусалу», збудоване Миколаївським заводом «Океан». На судні встановлений головний двигун типу 8ДКРН 60/195 з тривалою максимальною потужністю 9500 кВт при частоті обертання 100 об/хв. Двигун безпосередньо з'єднаний з гвинтом керованого кроку. Приводом валогенератора є редуктор, який здійснює перерозподіл потужності від головного двигуна і підтримує постійну частоту обертання валогенератора при зміні частоти обертання головного двигуна від 70 % до 100 % від номінальної потужності.

Як приклад диференціального асинхронно-синхронного генераторного агрегату стабільної частоти при змінній швидкості обертання розглянемо «СуперОксівар», принципова схема якого зображена на рис. 2. Агрегат складається із синхронного генератора (СГ) зі збудником і підзбудником, диференціального редуктора (ДР), асинхронної машини з тиристорною системою перемикачів (АМ), статорних обмоток і тиристорних регуляторів напруги із трансформаторним фільтром (ТФ) та блоку керування (КК).

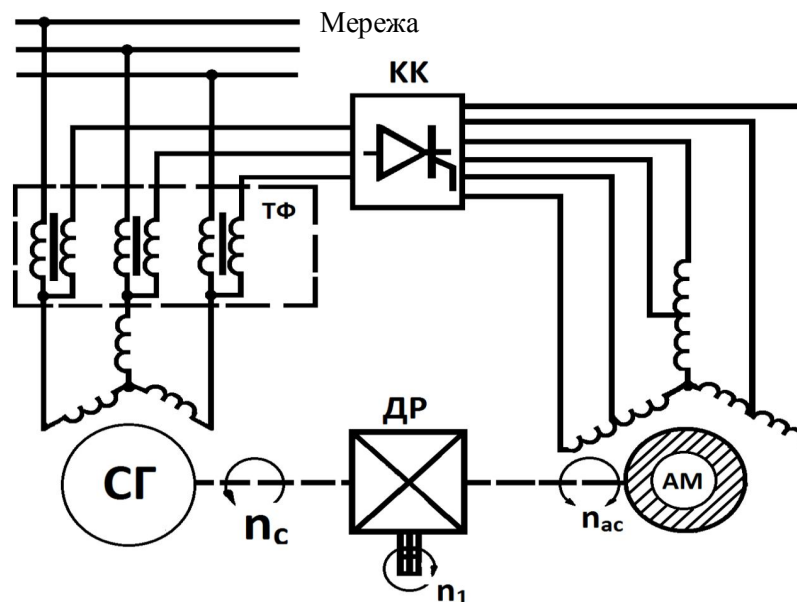


Рисунок 2 – Агрегат фірми «СуперОксівар»

Особливістю генераторного агрегату «СуперОксівар» є те, що замість перемикачів контакторного типу застосовані тиристорні перемикачі, а замість керованого дроселя ланцюга статорної обмотки асинхронної машини – тиристорний регулятор напруги з трансформаторним фільтром. Для забезпечення широкого діапазону зміни швидкості обертання ротора АМ при відносно невеликій максимальній потужності ковзання,



перетворюється у тепло в масивному роторі, швидкість обертання магнітного поля АМ змінюється як за величиною, так і за напрямками в результаті зміни числа пар полюсів p_i у послідовності чергування фаз статорної обмотки.

На основі проведеного аналізу різних систем з валогенераторами, у тому числі і з планетарними передачами, як агрегат комбінованого пропульсивного комплексу обираємо диференційний синхронно-асинхронний агрегат, схема якого приведена на рис. 3.

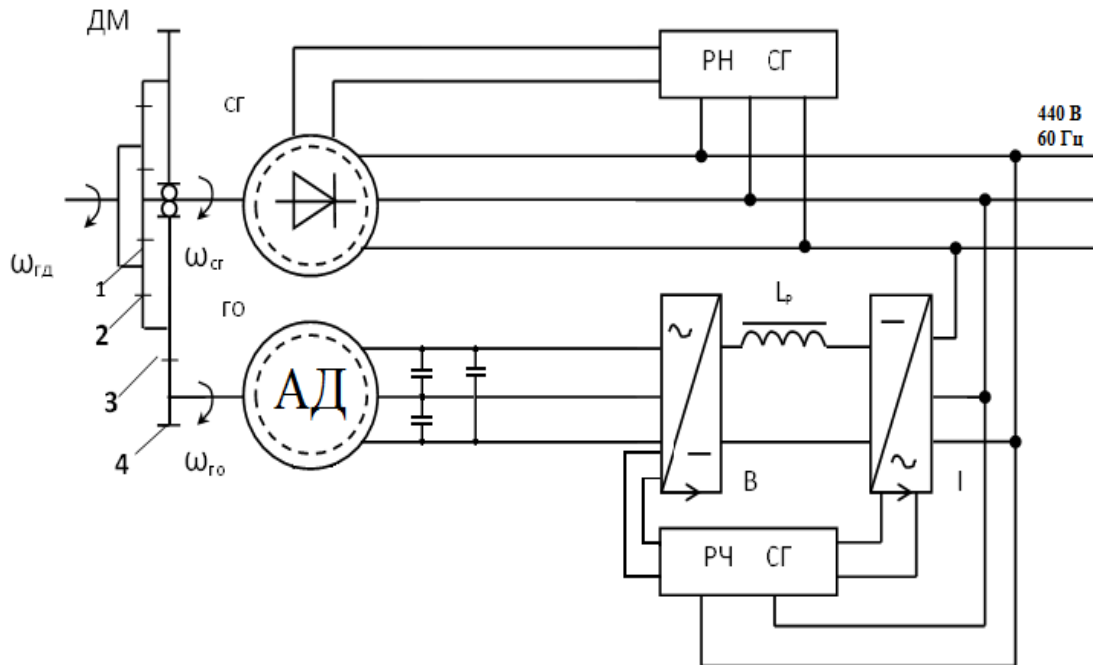


Рисунок 3 – Принципова електрична схема диференційного синхронно-асинхронного агрегату: ДМ – диференційний механізм; СГ – безконтактний трифазний основний синхронний генератор; АД – генератор опори; В – випрямляч; І – інвертор; РН – регулятора напруги; РЧ – регулятор частоти, апаратура захисту і управління

У схемах, які містять диференціальний механізм, водило, як правило, з'єднується з валом приводного двигуна. У нашому випадку це може бути вал головного двигуна або валопровід. При цьому однакова з сонячною чи коронною шестернею буде поєднано вал основного синхронного генератора.

У цьому випадку сонячна шестірня поєднана із валом основного генератора, а коронна за допомогою проміжної – з валом генератора опори. Для отримання повної визначеності руху валів диференціального механізму необхідно задати напрям руху двох його зовнішніх валів. Так як необхідно забезпечити постійну частоту напруги на виході синхронного генератора, тобто його постійну частоту обертання (постійну частоту обертання сонячної шестірні), то відповідно повинні бути задані частоти обертання водила і коронної шестірні. Отже, регулювання частоти обертання сонячної шестірні при заданому законі руху водила (валу головного двигуна) може бути досягнуте відповідною зміною частоти обертання коронної шестірні шляхом зміни моменту генератора опори, який сполучений з нею. Таким чином, стабілізація частоти обертання вала основного синхронного генератора, а отже, і частоти напруги змінного трифазного струму на виході диференційного синхронного привід-генераторного агрегату при зміні частоти обертання вала головного двигуна забезпечується відповідною зміною частоти обертання генератора опори за допомогою регулювання його механічного моменту зміною величини активної потужності, що передається від генератора опори через випрямляч і інвертор у мережу змінного струму. При цьому в сталому режимі роботи потужності генераторів повинні бути перерозподілені між собою таким чином, щоб на всьому діапазоні частот обертання головного при різних величинах навантаження на виході диференціального синхронного



привід-генераторного агрегату наведені механічні моменти основного синхронного генератора і генератора опори були рівні між собою. Цього, на нашу думку, можна досягнути наступними шляхами:

- зміною величини напруги постійного струму на вході інвертора при постійному значенні кута випередження;
- зміною кута випередження інвертора при постійному значенні напруги на його вході;
- зміною напруги на виході генератора опори при використанні некерованого випрямляча;
- зміною напруги на виході керованого випрямляча за допомогою зміни кута управління;
- при змішаному управлінні.

Виходячи із розглянутих вище схем, визначимо основні співвідношення диференціального синхронного привід-генераторного агрегату.

Співвідношення частот обертання водила, пов'язаного з валом головного двигуна, валів основного синхронного генератора і генератора опори, пов'язаних з відповідними шестернями, для електрокінематичної схеми, наведеної на рис. 3, визначається рівнянням:

$$\left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \omega_{z\partial} = \omega_{c2} + \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3} \cdot \omega_{z0}, \quad (1)$$

де $\omega_{z\partial}$, ω_{c2} , ω_{z0} – частоти обертання валів головного двигуна (води́ла), основного генератора (сонячної шесті́рні), генератора опори (коронної шесті́рні); Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 – числа зубів відповідних шестерень.

Для даної схеми вираз $\left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right)$ та $\frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3}$ – передавальні числа від водила до вала основного синхронного генератора при загальмованому валі генератора опори і передавальні числа від вала генератора опори до валу основного синхронного генератора при загальмованому водилі. Позначивши їх відповідно як i_1 і i_2 , отримаємо:

$$i_1 \omega_{z\partial} = \omega_{c2} + i_2 \omega_{z0}. \quad (2)$$

Співвідношення механічних моментів на валах основного синхронного генератора і генератора опори для прийнятої схеми визначається виразом:

$$i_2 M_{c2} = M_{z0}, \quad (3)$$

де M_{c2} , M_{z0} – механічні моменти, що створюються синхронним генератором і генератором опори на відповідних валах диференціального механізму.

Для перехідного режиму роботи агрегату маємо:

$$i_2 \left(J_{c2} \frac{d\omega_{c2}}{dt} + M_{\varepsilon c2} \right) = J_{z0} \frac{d\omega_{z0}}{dt} + M_{\varepsilon z0}, \quad (4)$$

де ω_{c2} , ω_{z0} – кутові швидкості основного синхронного генератора і генератора опори, пов'язані з частотами обертання; J_{c2} , J_{z0} – моменти інерції; $M_{\varepsilon c2}$, $M_{\varepsilon z0}$ – електромагнітні моменти основного синхронного генератора і генератора опори.

Диференціюючи рівняння (2) з урахуванням (4) отримуємо щодо $\omega_{c2} \omega_{z\partial}$:

$$i \left(J_{c2} \frac{d\omega_{c2}}{dt} + M_{\varepsilon c2} \right) = \frac{i_1}{i_2} J_{z0} \frac{d\omega_{z\partial}}{dt} - \frac{1}{i_2} J_{z0} \frac{d\omega_{c2}}{dt} + M_{\varepsilon z0}. \quad (5)$$

Після перетворення маємо:

$$J_{np1} \frac{d\omega_{c2}}{dt} - J_{np2} \frac{d\omega_{z\partial}}{dt} = \frac{1}{i_2} M_{\varepsilon z0} - M_{\varepsilon c2}, \quad (6)$$

де $J_{np1} = J_{c2} + \frac{1}{i_2} J_{z0}$ – приведений момент інерції вала основного синхронного генератора;

$J_{np2} = \frac{i_2}{i_2} J_{z0}$ – приведений момент інерції вала головного двигуна.



Рівняння (6) є рівнянням руху, що описує процеси в диференціальному синхронному привід-генераторному агрегаті як при зміні навантаження на його виході, так і при зміні кутової швидкості головного двигуна.

Із приведених виразів видно, що співвідношення моментів основного синхронного генератора і генератора опори залежить від величини передаточного співвідношення i_2 . Величина передаточного співвідношення залежить від діапазону зміни частоти обертання приводу двигуна, синхронної частоти обертання основного генератора, максимального значення і кратності зміни частоти обертання генератора опори. У свою чергу, значення вказаних параметрів визначаються режимами роботи агрегату і його енергетичними характеристиками.

Із співвідношення механічних моментів генераторів можна визначити, що:

$$i_2 \frac{30 \cdot P_{CG}}{\pi \cdot n_{CG} \cdot \eta_{CG}} = \frac{30 \cdot P_{GO}}{\pi \cdot n_{GO} \cdot \eta_{GO}}, \quad (7)$$

де η_{CG} , η_{GO} – коефіцієнти корисної дії основного синхронного генератора і генератора опори.

Активна потужність на виході диференціальних синхронних привід-генераторних агрегатів дорівнює:

$$P_{GA} = P_{CG} + P_{GO} \cdot \eta_{BV} \cdot \eta_{IIV}, \quad (8)$$

де η_{BV} , η_{IIV} – коефіцієнти корисної дії випрямляча та інвертора.

Після спільного рішення приведених рівнянь активних потужностей електричних машин і інвертора, отримуємо рівняння, які зв'язують активну потужність кожного елемента агрегату з активною потужністю на його виході:

$$P_{CG} = P_{GA} \frac{1}{1 + i_2 \frac{n_{GO} \cdot \eta_{BV} \cdot \eta_{IIV} \cdot \eta_{GO}}{n_{CG} \cdot \eta_{CG}}}; \quad (9)$$

$$P_{GO} = P_{GA} \frac{1}{\eta_{IIV} + \frac{n_{CG} \cdot \eta_{CG}}{i_2 \cdot n_{GO} \cdot \eta_{GO} \cdot \eta_{BV}}}; \quad (10)$$

$$P_{IIV} = P_{GA} \frac{1}{1 + \frac{n_{CG} \cdot \eta_{CG}}{i_2 n_{GO} \cdot \eta_{GO} \cdot \eta_{BV} \cdot \eta_{IIV}}}. \quad (11)$$

Коефіцієнт корисної дії агрегату визначимо із рівняння балансу активних потужностей для режиму роботи, при якому генератор опори працює з віддачею енергії:

$$\eta_{GA} = \frac{P_{GA}}{P_{MEХGA}}, \quad (12)$$

$$P_{MEХGA} = \frac{P_{MEХCG} + P_{MEХGO}}{\eta_{DM}}, \quad (13)$$

$$P_{MEХCG} = \frac{P_{CG}}{\eta_{CG}}, \quad (14)$$

$$P_{MEХGO} = \frac{P_{GO}}{\eta_{GO}}, \quad (15)$$

де η_{GA} – коефіцієнт корисної дії генераторного агрегату; $P_{MEХGA}$ – механічна потужність диференціального механізму; $P_{MEХCG}$, $P_{MEХGO}$ – механічна потужність валів основного синхронного генератора і генератора опори; η_{DM} – коефіцієнт корисної дії диференціального механізму.



Розв'язуючи рівняння щодо коефіцієнта корисної дії агрегату, остаточно отримаємо:

$$\eta_{ГА} = \frac{\eta_{ДМ} \cdot \eta_{СС} \cdot \eta_{ГО} \cdot \eta_{ВУ} \cdot \eta_{ИУ} \cdot (1 + \frac{P_{ИУ}}{P_{СГ}})}{\eta_{ГО} \cdot \eta_{ВУ} \cdot \eta_{ИУ} + \eta_{СГ} \frac{P_{ИУ}}{P_{СГ}}} \quad (16)$$

Аналіз виразу (16) показує, що коефіцієнт корисної дії агрегату в основному визначається співвідношенням активних потужностей між основним синхронним генератором і інвертором.

На підставі отриманих співвідношень авторами проведений розрахунок потужності електричної машини агрегату, моментів, частоти обертання генератора опори при потужності агрегату 560 кВт, частоті обертання вхідного валу (головного двигуна) від 50 до 128 об/хв. При цьому, частота синхронного генератора обрано 1500 об/хв. Результати розрахунків приведено на рис. 4.

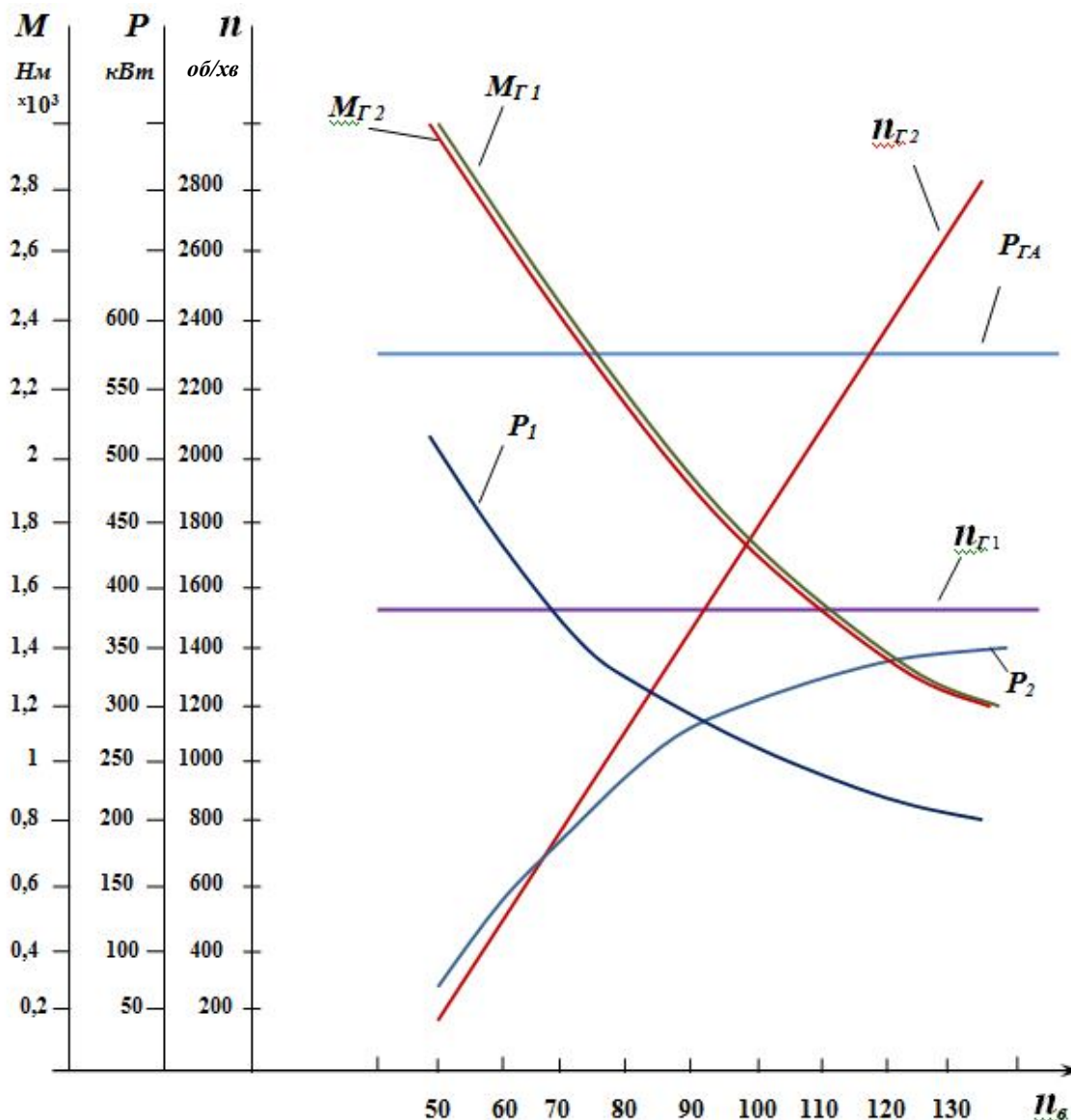


Рисунок 4 – Характеристики диференціального синхронного привід-генераторного агрегату

Висновки. Застосування диференційного привід-генераторного агрегата дозволяє відносно легко вирішити задачу пуску валогенераторної установки в режимі двигуна, а також забезпечити стабілізацію частоти обертання при роботі в режимі генератора. При цьому на відміну від валогенераторної установки із синхронним генератором частоти та



синхронним компенсатором потужність однієї із машин, а також потужність перетворювача частоти приблизно на 50 % менша, що відповідно дозволяє зменшити масу та габарити установки та підвищити надійність її роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пахомов Ю. А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания / Ю. А. Пахомов. – М. : ТрансЛит, 2007. – 528 с.
2. Григорьев А. В. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки / А. В. Григорьев, В. А. Петухов. – СПб. : Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2009. – 176 с.
3. Жийкин В. Б. Теория и устройство корабля / В. Б. Жийкин. – СПб., 2002. – 336 с.

Ищенко И.М., Черненко В.В., Клементьева О.Ю. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПРИВОД-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА

В статье рассматриваются вопросы целесообразности использования валогенераторов на судах разных типов, а также возможность использования валогенераторов в режиме движения при питании их от автономных дизель-генераторов. Наличие валогенератора уменьшает число автономных дизель-генераторов, снижает стоимость производимой электроэнергии, затраты на ремонт и обслуживание, а также уровень шума в машинном отделении. В работе проведен анализ и определены основные характеристики валогенераторной установки на основе дифференциального привод-генераторного агрегата комбинированного пропульсивного комплекса. В качестве примера рассмотрены схемы дифференциальных асинхронно-синхронный генераторный агрегатов. В результате исследования авторы пришли к выводу, что применение дифференциального привод-генераторного агрегата позволяет относительно легко решить задачу пуска вало-генераторной установки в режиме двигателя, а также обеспечить стабилизацию частоты вращения при работе в режиме генератора.

Ключевые слова: валогенератор, дифференциальный привод-генераторный агрегат, расчет режимов работы.

Ishchenko I.M., Chernenko V.V., Klementyeva O.Yu. MODES ANALYSIS AND CALCULATION OF KEY PERFORMANCE DIFFERENTIAL DRIVE-GENERATOR UNIT

The article examines the feasibility of using shaft generators on ships of various types, as well as the possibility of using shaft generators in the running mode when powered from their autonomous diesel generators. The presence of the shaft generator reduces the number of stand-alone diesel generators, reducing the cost of electricity produced, the cost of repairs and maintenance, as well as the noise level in the engine room. The paper analyzes the main characteristics and valogeneratoroy plants based on differential-drive generator set combined propulsion system. As an example, consider the circuit differential asynchronous-synchronous generating units. The study authors concluded that the use of a differential-drive generator set makes it relatively easy to solve the problem start valo-generating plant in the motor mode, as well as to stabilize the speed when operating in generator mode.

Keywords: shaft generator, differential drive-generator unit, payment modes.

Статтю прийнято
до редакції 16.05.2014.