

Лекція 10 МЕС в АПК

3.5. Гідроенергія хвиль та припливів-відпливів

Потужність хвиль у глибокій воді пропорційна до квадрата їх амплітуди і періоду коливань хвилі. Для хвильової енергетики доцільно використовувати довгоперіодні ($T = 10$ с) хвилі з великою амплітудою ($A = 2$ м), які дають змогу отримати з одиниці довжини гребеня хвилі від 50 до 70 кВт/м. Істотно, що амплітуда хвилі не залежить від її довжини, швидкості переміщення, періоду, а залежить від характеру взаємодії вітру з морською поверхнею.

Звичайно в морі спостерігають нерегулярні хвилі зі змінними частотою, напрямом і амплітудою. Тому розвиток хвильової енергетики супроводжується певними труднощами, оскільки:

- у хвиль нерегулярні амплітуда, фаза і напрям руху;
- завжди є вірогідність виникнення екстремальних штормів і ураганів (раз на 50 років утворюються хвилі, амплітуда яких у десять разів перевищує середнє значення, тому конструкції енергоустановки повинні витримувати стократне перевантаження);

– якщо переважно період хвилі $T = 5-10$ с (тобто частота близько 0,1 Гц), важко створити умови генерування електроенергії з промисловою частотою (потрібне 500-кратне перетворення частоти);

– дуже складно вибрати тип пристрою для перетворення енергії, реалізації пересилання її на берег, спосіб утримання енергетичної установки у заданому стійкому положенні.

Перевага хвильової енергетики в її сконцентрованості, доступності для перетворення і прогнозованій ефективності залежно від погоди.

3.5.2. Використання енергії морських течій

Під час припливів і відпливів утворюються припливні течії, швидкість яких між островами чи в прибережних протоках досягає 5 м/с. Періоди припливних коливань – 24 год 50 хв (добові) або 12 год 25 хв (півдобові). Висота припливів змінюється у межах 0,5–10 м.

Доцільні відбирання і перетворення енергії сильних течій припливів. Спосіб та пристрої перетворення цієї енергії подібні до тих, що використовують енергію течії води у річках (рис. 3.7).

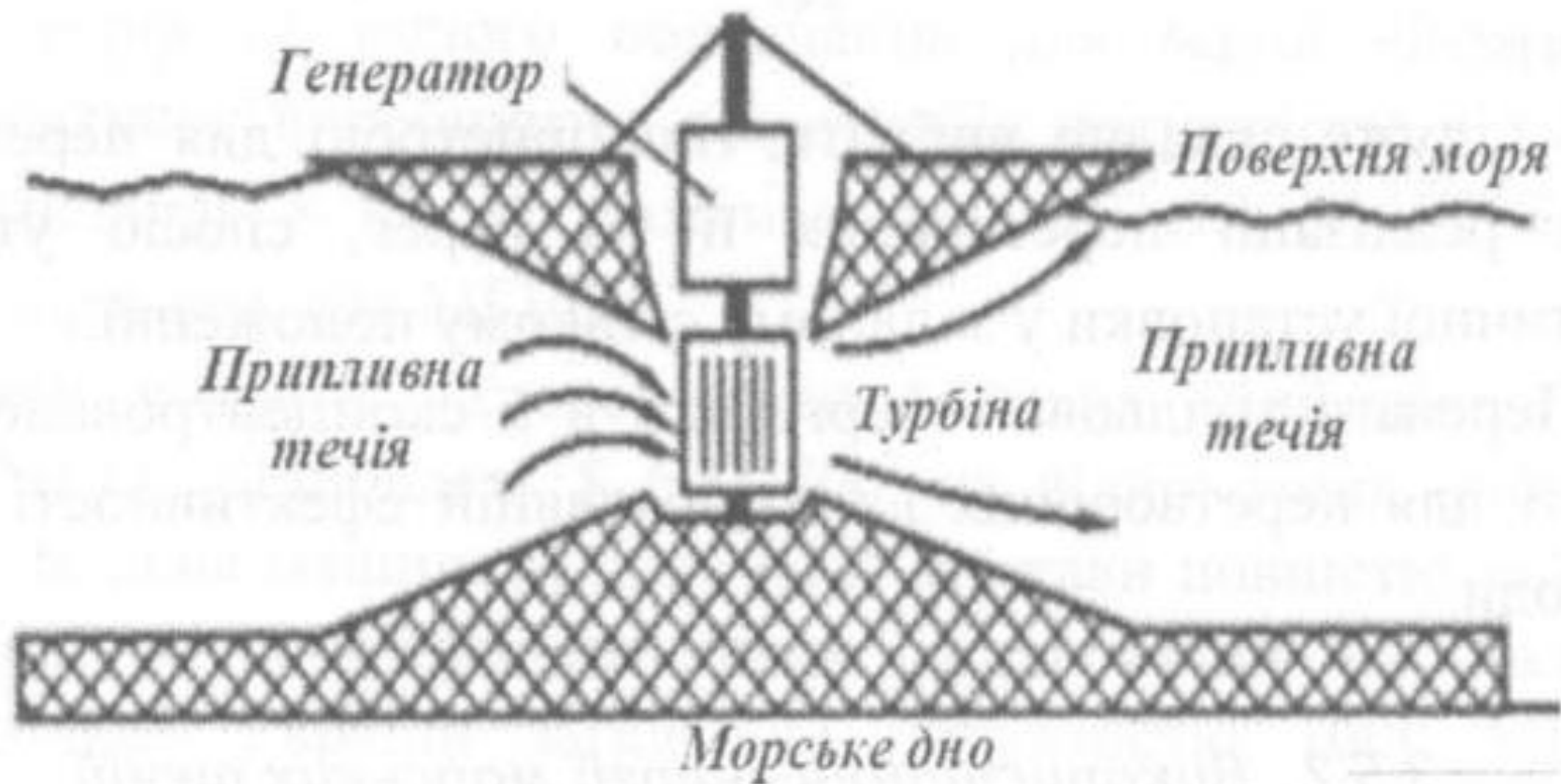


Рис. 3.7. Використання енергії течії припливів і відпливів

Густина потужності потоку води, Вт/м², обчислюють за формулою

$$q = \rho \frac{V^3}{2}, \quad (3.5)$$

де ρ – густина морської води, кг/м³ (у Середземному морі густина 1020,9 кг/м³, у Чорному морі – 1013,9, у Північному – 1026, 4); V – швидкість течії, м/с.

Швидкість припливної течії змінюється у часі за таким законом:

$$V = V_0 \sin(2\pi t / \tau), \quad (3.6)$$

де V_0 – максимальна швидкість течії, м/с; τ – період природного припливу, 12 год 25 хв для півдобового.

Коефіцієнт використання енергії течії фактично не перевищує 40 %.

Електрична потужність, яку можна отримати з 1 м^2 площі поперечного перерізу потоку (з урахуванням ефективності перетворення енергії водного потоку на електричну 40 %), у середньому дорівнює

$$q \approx 0,1\rho V^3 \quad (3.7)$$

За максимальної швидкості течії 5 м/с з 1 м^2 площі поперечного перерізу потоку можна отримати електричну потужність до 14 кВт. Отже, на площі 1000 м^2 середня потужність електростанції становитиме близько 14 МВт (рис. 3.7).

На рис. 3.7 наведено схему, що дає змогу використовувати енергію води як під час припливу, так і під час відпливу за допомогою реверсивних агрегатів. За такої схеми енергію припливів–відпливів використовують повніше.

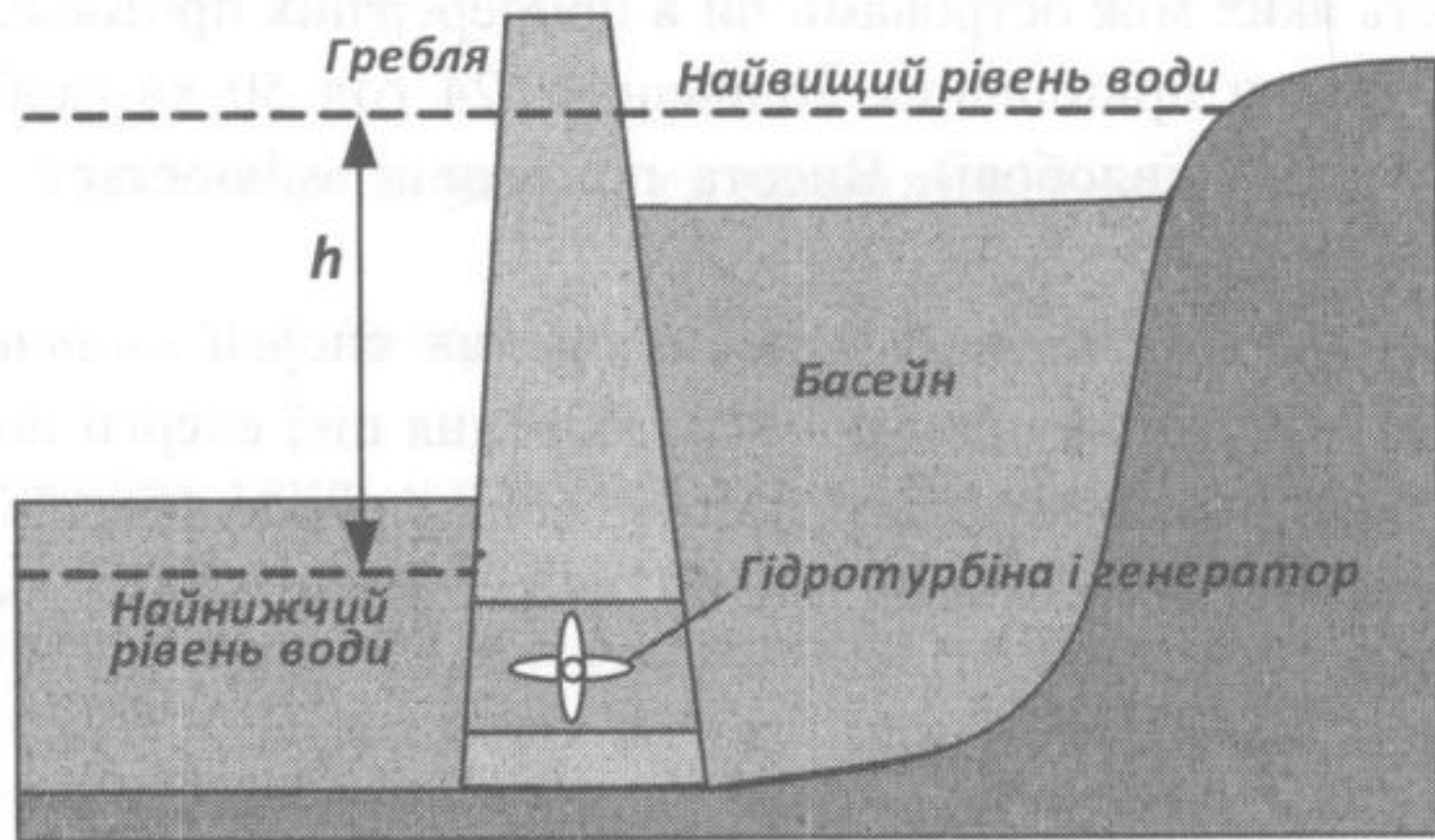


Рис. 3.8. Використання енергії припливів утворенням запасу води у басейні

3.5.3. Використання енергії припливів

Різницю рівнів між послідовними найвищим і найнижчим рівнями води називають висотою припливу R . Під час припливу підняту на висоту воду можна відділити від моря дамбою і зосередити в нагромаджувальному басейні (рис. 3.8), а під час відпливів, пропускаючи цю масу води через турбіну, отримати певну потужність.

Переважно греблею перегороджують затоку моря. Якщо площа відгородженої затоки F , то маса води, що надійшла в утворений басейн, дорівнює

$$m = \rho FR, \quad (3.8)$$

де R – різниця рівнів високої та низької води під час припливів–відпливів.

Ця маса зосереджена у центрі ваги на висоті $R/2$ від рівня низької води (рис. 3.9), вона витікає з басейну, коли вода низька. Тоді потенціальна енергія припливу дорівнює

$$E = \rho F R g \frac{R}{2}. \quad (3.9)$$

Якщо енергію відгородженої у басейні води використано протягом періоду відпливу, то середня потенційна потужність за припливний період дорівнюватиме

$$P = \frac{\rho F R R g}{2\tau} = \frac{\rho F g R^2}{2\tau}. \quad (3.10)$$

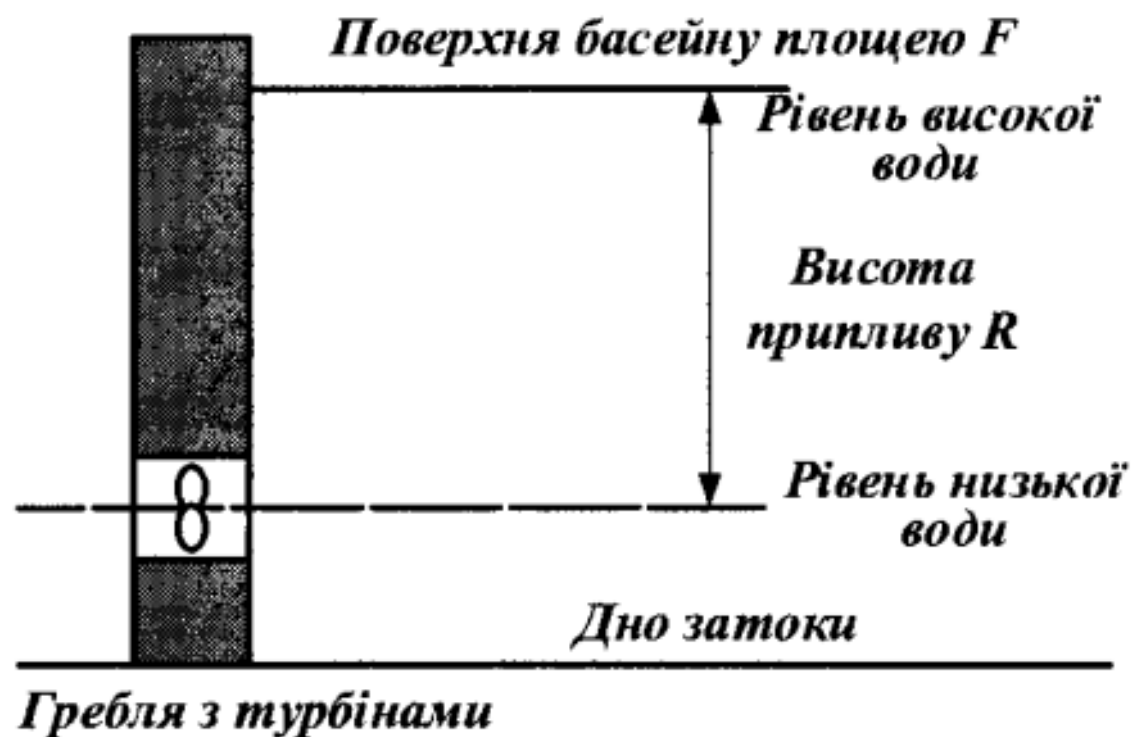


Рис. 3.9. Схема використання припливної енергії

Практична ефективність використання запасу води басейну знижується, оскільки генерування енергії можливе за умови низької води, а також невисокого напору води. Унаслідок цього неможливо рівномірно забезпечувати споживачів електроенергією.

Якщо площа басейну 10 км^2 , висота припливу 4 м , за умови півдобового періоду середнє значення потужності досягатиме 17 МВт . У світі потужність великих електростанцій сягає 240 МВт (електростанція “Ранс”, Франція).

Перетворення припливної енергії пов’язане з певними труднощами:

- ✓ періоди припливів (добові та півдобові), залежні від руху Місяця, не узгоджені з періодом сонячної доби (24 год), тому оптимум припливної генерації не у фазі з потребами людей в енергії;

- ✓ зміни висоти припливів і потужності припливної течії (з періодом два тижні) породжують коливання виробництва електричної енергії;

- ✓ у потоках води з великими витратами і малим перепадом висоти потрібно використовувати багато турбін і вмикати їх на паралельну роботу;

- ✓ необхідні великі капітальні затрати на спорудження припливних електростанцій.

На практиці отримати максимальну потенціальну потужність від нагромадженої в басейні води не вдається внаслідок таких причин:

- ✓ неможливо забезпечити генерування електроенергії із низьким рівнем води в басейні;

- ✓ ефективність роботи турбіни невисока через низький напір і великі швидкості потоків;

- ✓ вироблення електричної енергії нерівномірне у часі.

3.6. Генератори електричної енергії на гідроелектричних станціях

На малих гідроелектричних станціях застосовують як асинхронні трифазні генератори, так і синхронні трифазні генератори змінного струму. Вал генератора може бути з'єднаний з турбіною безпосередньо або через зубчастий чи пасовий редуктор. Синхронні генератори застосовують переважно на великих гідроелектричних станціях. Асинхронні генератори встановлюють на малих ГЕС без резервного живлення. Вони складаються із нерухомого статора та рухомого ротора. Обмотка ротора короткозамкнена, тому таку машину називають генератором із короткозамкненим ротором.

Асинхронна машина працює як генератор за умов, що ротор приводиться в обертовий рух турбіною. Статор повинен бути приєднаний до електромережі чи до конденсаторної батареї, бо для утворення магнетного потоку в трифазному асинхронному генераторі необхідний струм намагнення у обвитці статора, який отримують або від зовнішнього джерела – загальної електромережі, або із локальної мережі з батареєю конденсаторів. Трифазний змінний струм утворює колове обертове магнетне поле. Частота обертання обертового магнетного поля називається синхронною і позначається n_c . Синхронну частоту обертання визначають за формулою

$$n_c = \frac{60 \cdot f_1}{p}, \quad (3.11)$$

де f_1 – частота струму електромережі, Гц; p – кількість пар полюсів обмотки статора.

Обертове магнетне поле через рівномірний повітряний проміжок перетинає обвитку ротора. У ній індукується (наводиться) змінна електрорушійна сила, яка викликає струм в обвитці ротора. Струм ротора зумовлює виникнення електродинамічної сили, яку можна розрахувати за формулою

$$F = B \cdot I \cdot l, \text{ Н}, \quad (3.12)$$

де B – магнетна індукція, Тл; I – сила струму в роторі, А; l – довжина провідника, м.

Електродинамічна сила утворює електродинамічний момент. За правилом лівої руки ротор обертається у напрямку обертання електромагнетного поля. Так працює асинхронний двигун.

Якщо ж частота обертання ротора n перевищить значення n_C , у машині виникне електромагнетний момент і вона перейде із режиму двигуна у режим генератора. Тоді машина перетворює механічну енергію, що надходить від турбіни, на електричну енергію. Отже, турбіна повинна забезпечити то вищу частоту

обертання ротора електрогенератора, що більшу потужність виробляє генератор (що більше енергії споживають електроприймачі змінного струму). Однією із характеристик асинхронної машини є ковзання s , значення якого обчислюють за формулою

$$s = \frac{n_c - n}{n_c}. \quad (3.13)$$

Оскільки ротор асинхронного генератора обертається з частотою, більшою від синхронної частоти обертання магнетного поля, ковзання такої машини від'ємне, $s < 0$.

За номінального навантаження ротор асинхронного генератора обертається приблизно на 3 % швидше, ніж електромагнетне поле статора. Наприклад, $n = 1540$ об./хв, а $n_c = 1500$ об./хв. На рис. 3.10 наведено основні характеристики асинхронного генератора.

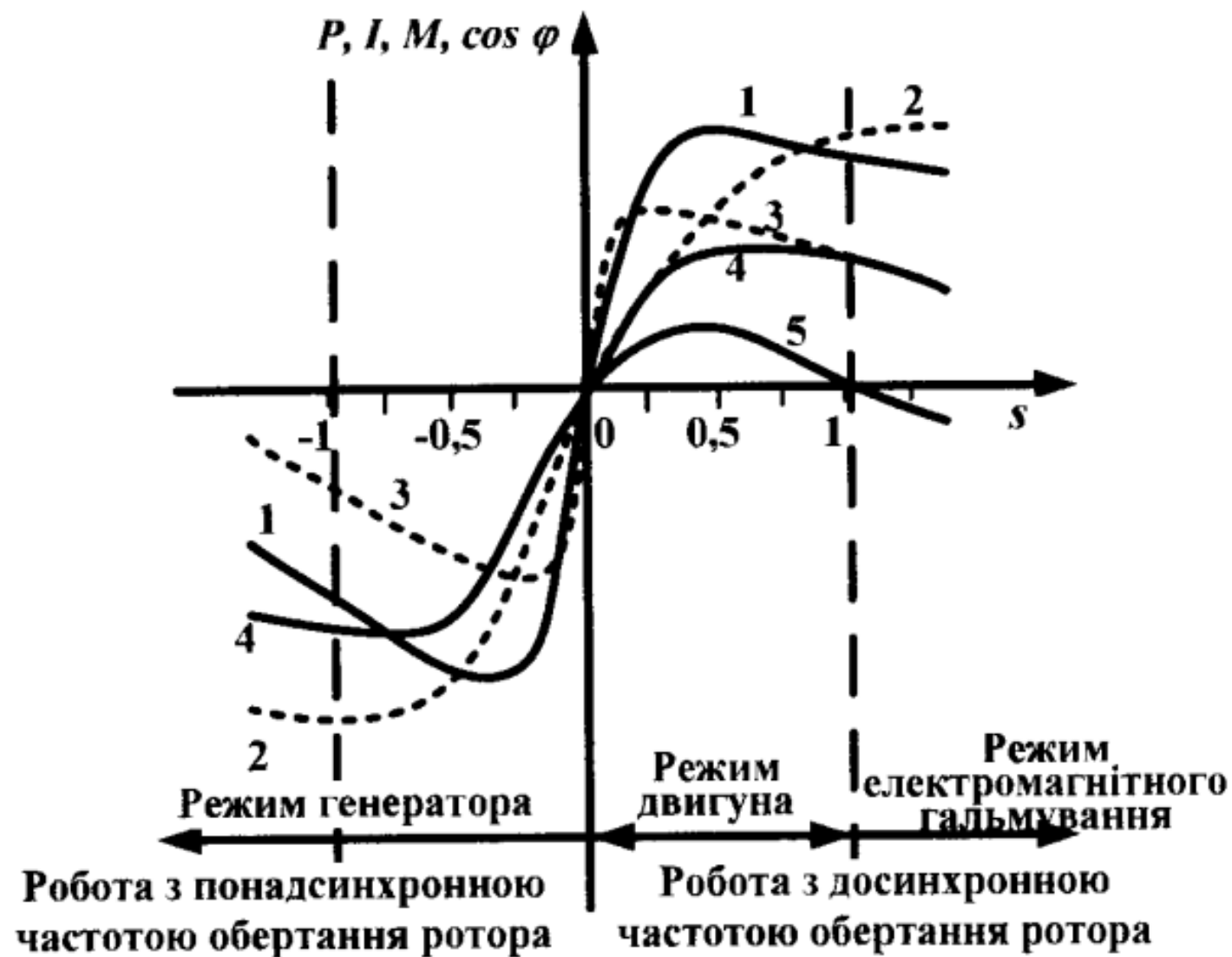


Рис. 3.10. Динамічні характеристики асинхронної машини:
 1 – електрична потужність, 2 – струм, 3 – момент, 4 – $\cos \varphi$,
 5 – механічна потужність, s – ковзання

