

Лекція №6. Гальмівні режими двигуна незалежного збудження.

6.1. Гальмування з рекуперацією енергії в мережу.

Перехід двигуна в гальмівний режим з віддачею енергії в мережу буде мати місце в разі, коли швидкість якоря двигуна виявляється більше швидкості ідеального холостого ходу ($\omega > \omega_0$), а ЕРС двигуна більше прикладеної напруги. Практично цей вид електричного гальмування застосовується при спуску важких вантажів зі швидкістю $\omega > \omega_0$.

В цьому випадку двигун включається в напрямок спуску (рис.6.1) і система розганяється під дією електромагнітного моменту M двигуна і статичного моменту M , створюваного вантажем.

Те ж саме буде мати місце, якщо транспортний пристрій з двигуном незалежного збудження переходить на похилий ділянку шляху (рис.6.2).

При $\omega > \omega_0$ струм якоря змінить напрямок.

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}\Sigma}} = \frac{U - k \cdot \phi \cdot \omega}{R_{\text{я}\Sigma}}.$$

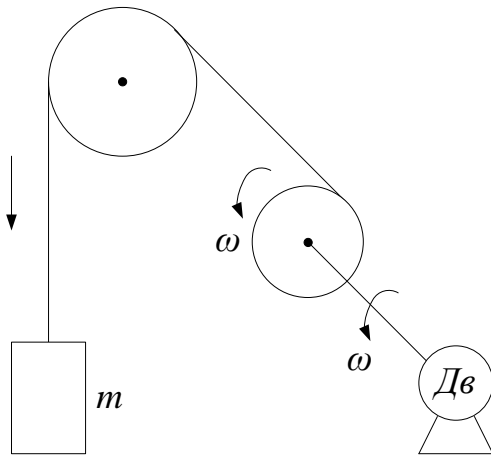


Рис.6.1.

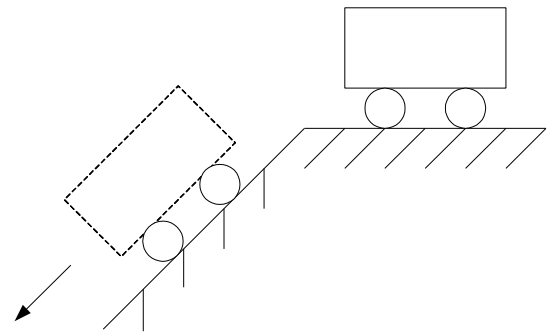


Рис.6.2.

Момент, що розвивається двигуном, при цьому буде не обертальним, а гальмівним. Двигун перетворюється в генератор, що перетворює механічну енергію, що підводиться до його валу з боку робочої машини, в електричну і віддає її в мережу за винятком втрат. Привід досягне сталої швидкості ω_y як тільки зростаючий гальмівний момент двигуна стане рівним рушійному моменту, створюваному робочою машиною, тобто $M = M_c$.

Механічна характеристика в цьому випадку піде з III квадранта в IV квадрант (див. рис.6.3). Потужність, що віддається в мережу дорівнює $P_C = P_{\text{эм}} - I_{\text{я}}^2 \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доб}})$, де $R_{\text{доб}}$ - додатковий опір в якорного ланцюга, яке в загальному випадку може бути. ККД машини в цьому режимі

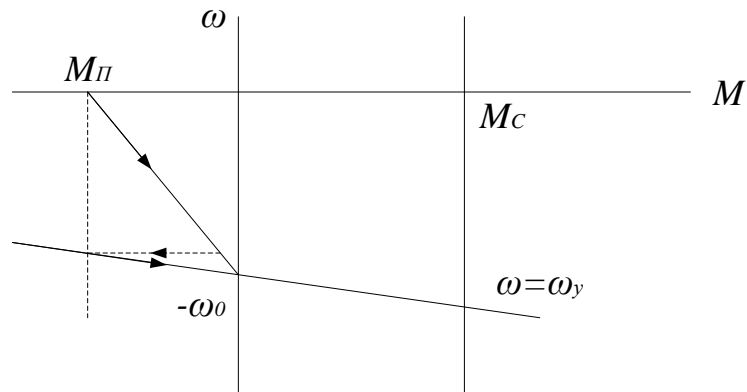


Рис.6.3.

$$\eta_{P.T.} = \frac{P_C}{P_{\Sigma M}} = \frac{P_{\Sigma M} - I_{\Sigma}^2 \cdot (R_{\Sigma} + R_{\text{доб}})}{P_{\Sigma M}}$$

Генераторное торможение с отдачей энергии в сеть весьма экономично. Однако оно может быть осуществлено в ограниченных пределах, т.к. не во всех электроприводах возможно соблюдение условия $\omega > \omega_0$, т.е. не все электроприводы допускают увеличение скорости сверх скорости ω_0 .

Генераторне гальмування з віддачею енергії в мережу досить економічне. Однак воно може бути здійснено в обмежених межах, тому що не у всіх електроприводах можливо дотримання умови $\omega > \omega_0$, тобто не всі електроприводи допускають збільшення швидкості понад швидкості ω_0 .

6.2. Гальмування противмиканням

Противмиканням називається режим, коли двигун включений для одного напрямку обертання, а його якор за інерцією або під дією зовнішнього моменту обертається в протилежну сторону. При цьому момент двигуна протидіє руху. Такий режим може використовуватися при активному моменті M_c для гальмівного спуску вантажу. Якщо в коло якоря двигуна, що піднімає вантаж, включити великий додатковий опір, двигун виявиться працюючим на штучній характеристики з великою крутизною, на якій при швидкості перемикавання (т.В див. рис.6.4.) момент, що розвивається двигуном, буде менше M_c , двигун почне сповільнюватися і зупиниться в т.С, а потім під дією вантажу він почне обертатися в протилежному напрямку.

Розпочнеться спуск вантажу. Стала швидкість гальмівного спуску буде в т.д. ЕРС двигуна змінить свій знак і співпадатиме з напругою мережі. Струм якоря буде рівним:

$$I_{\Sigma} = \frac{U - (-E)}{R_{\Sigma} + R_{\text{доб}}} = \frac{U + E}{R_{\Sigma} + R_{\text{доб}}}$$

При реактивному моменті опору для переходу двигуна в режим противмикання необхідно на ходу двигуна змінити полярність напруги на

його якорі. Одночасно для обмеження кидка струму в коло якоря слід ввести додатковий опір. Схема включення двигуна і відповідні цьому режиму механічні характеристики зображені на рис.6.5.

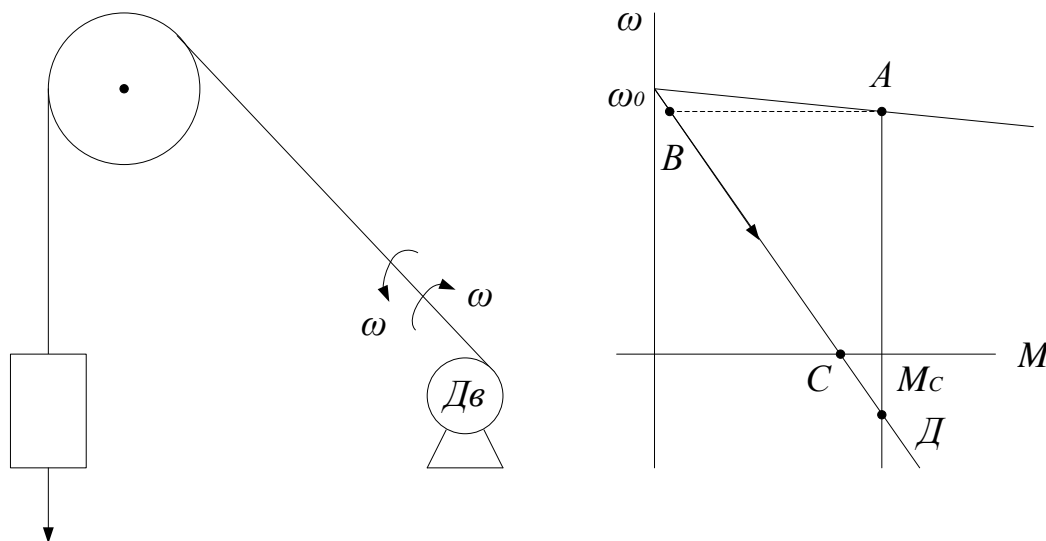


Рис.6.4

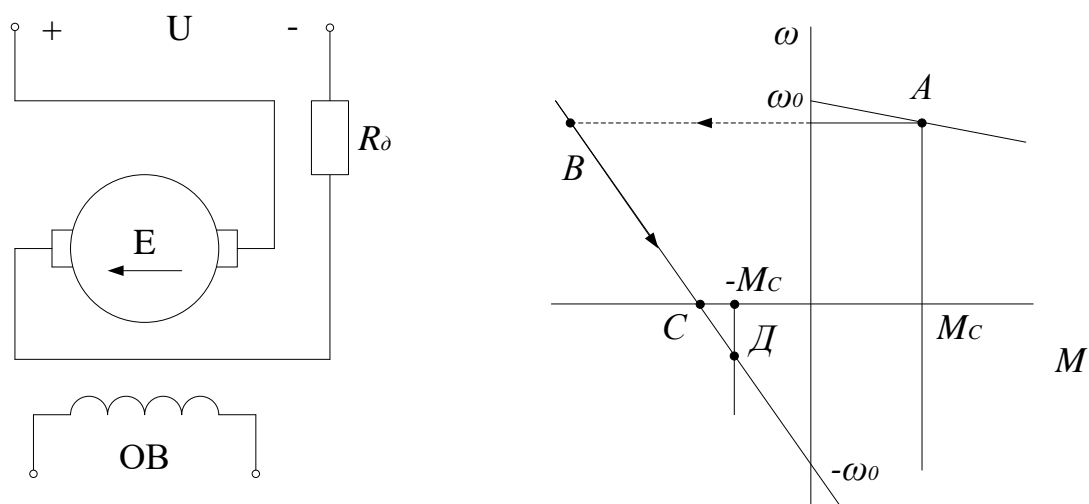


Рис.6.5.

При зміні полярності напруги на якорі, двигун, що працював до цього зі швидкістю, що відповідає т.А, переходить в т.В для роботи на штучній характеристиці, і гальмується на її ділянці ВС. При $\omega = 0$ його потрібно відключити від мережі. Якщо потрібен реверс і якщо момент двигуна в т.С більше M_c , знак якого стрибком зміниться на протилежний, двигун переходить в двигун ний режим і розганяється до швидкості, що відповідає т.Д, де його момент стане рівним M_c .

Струм двигуна в цьому гальмівному режимі:

$$I_{я} = -\frac{U + E}{R_{я} + R_{\delta}}$$

У новому двигунному режимі разом зі зміною напрямку обертання зміниться і напрямок ЕРС двигуна, яка буде знову спрямована зустрічно напрузі мережі. У режимі проти вмикання до двигуна з боку мережі підводиться потужність $P_C = U \cdot I_{\text{я}}$, а з боку механізму $P_{\text{МЕХ}} = E \cdot I_{\text{я}}$. Вся ця потужність $P_C + P_{\text{МЕХ}}$ розсіюється у вигляді тепла в опорах якірного кола. При такому пере-творенні енергії ККД = 0, тому що корисно використуваної енергії тут немає.

Режим проти вмикання найчастіше застосовується для реверсивних електроприводів, в яких гальмування і пуск двигуна в зворотному напрямку являє собою єдиний процес.

Цей спосіб забезпечує інтенсивне гальмування до повної зупинки механізму при порівняно малозмінному гальмівному моменті, але супроводжується значним нагріванням двигуна.

6.3. Динамічне гальмування

Суть цього способу гальмування полягає в тому, що якір двигуна відключається від мережі і замикається накоротко або, або на гальмівний опір, а обмотка збудження залишається підключеним до мережі (рис.6.6).

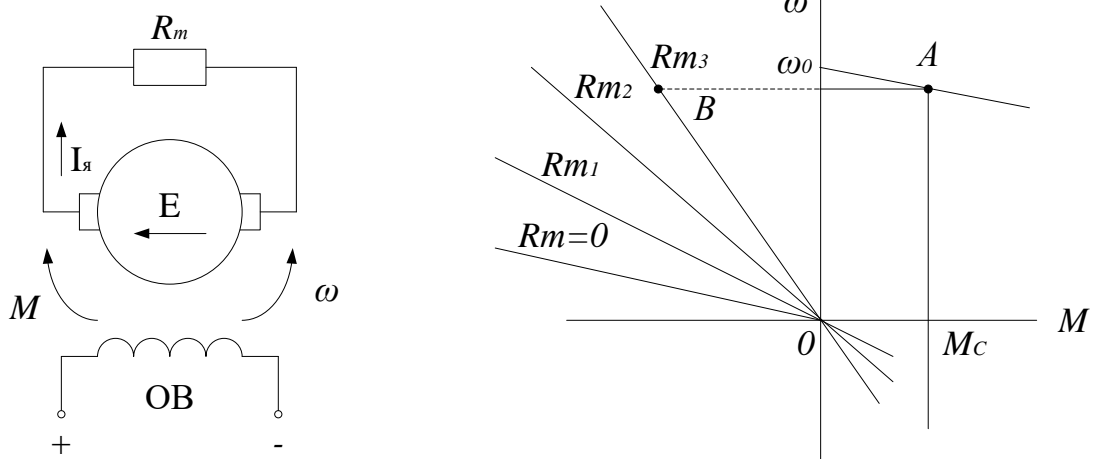


Рис.6.6.

Внаслідок того, що ЕРС двигуна за напрямом залишається такою ж, як і до гальмування, а напруга до якоря не прикладена, струм, що протікає під дією цієї ЕРС

$$I_{\text{я}} = \frac{0 - E}{R_{\text{я}} + R_m} = - \frac{E}{R_{\text{я}} + R_m}$$

створює гальмівний момент. Машина працює генератором. Кінетична енергія, запасена в двигуні і обертових частинах проведеного ним механізму, перетворюється в електричну і розсіюється у формі тепла опір якірного кола. Як і в режимі противмикання поняття ККД тут втрачає сенс. Так як при

динамічному гальмуванні $U=0$, то також дорівнює $\omega_0 = \frac{U}{k\phi}$ нулю і рівняння механічної характеристики має вигляд:

$$\omega = - - \frac{R_{\beta} + R_m}{(k\phi)^2} \cdot M .$$

Сімейство механічних характеристик, що відповідають різним опорам R_m , зображено на рис.6.6. Всі вони проходять через початок координат. Найбільш інтенсивне гальмування виходить при замиканні якоря накоротко. При цьому характеристика динамічного гальмування буде паралельна природній. Однак за умовами обмеження початкового кидка струму замикання якоря накоротко допустиме тільки при переході двигуна в гальмівний режим при малих швидкостях.

Зазвичай динамічне гальмування здійснюється при $\Phi=\Phi_n$ і широко застосовується в електроприводах, де потрібна точна зупинка. Воно може бути використано і для гальмівного спуску вантажу.

З енергетичної точки зору динамічне гальмування вигідніше за проти вмикання, тобто з мережі енергія споживається тільки обмоткою збудження. Воно забезпечує плавність гальмування, надійне, можна отримати характеристики з малою крутістю. Недоліком є зменшення гальмівного моменту двигуна по мірі зниження швидкості.