

Лекція №24. Розрахунок статичних механічних характеристик в системі ТП-Д.

24.1. Розрахунок статичних механічних характеристик системи ТП-Д.

Розрахунок статичних механічних характеристик системи ТП-Д без зворотних зв'язків виконується за рівнянням механічної характеристики

$$\omega = \frac{U_{d0} \cdot \cos \alpha_i}{K\phi} - \frac{R_9}{(K\phi)^2} \cdot M,$$

$$\text{де } \omega = \frac{U_{d0} \cdot \cos \alpha_i}{K\phi} - \frac{R_9}{(K\phi)^2} \cdot M.$$

$$\text{При } m = 6 \text{ } E_{d0} = U_{d0} = 2,311U_{2\phi}; \text{ } m = 3 \text{ } E_{d0} = U_{d0} = 1,17U_{2\phi};$$

Порядок розрахунку наступний:

1. Визначається еквівалентний опір якірного ланцюга

$$R_9 = \frac{mX_{mp}}{2\pi} + 2R_{mp} + R_{Я\Sigma} + R_{с\partial} + 2R_{y.\partial p},$$

де X_{mp} , R_{mp} - індуктивний і активний опір фази трансформатора, приведені до його вторинної обмотки.

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з}}{m_1 \cdot I_{1н}^2 \cdot K_{mp}^2}; \quad X_{mp} = \frac{U_{к \%} \cdot U_{1\phi}}{100 \cdot I_{1н} \cdot K_{mp}^2}.$$

Тут $\Delta P_{к.з}$ - втрати к.з. трансформатора; m_1 - число фаз; $U_{к.з}$ - напруга к.з. трансформатора;

$$K_{mp} = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} - \text{коефіцієнт трансформації трансформатора.}$$

Опір згладжувального і зрівняльного дроселів

$$R_{c.\partial} \cong \frac{\Delta U_{c.\partial}}{I_{дн}}; \quad R_{y.\partial} = \frac{\Delta U_{y.\partial}}{I_{дн}},$$

де $\Delta U_{c.\partial} = \Delta U_{y.\partial} \cong (0,005 - 0,01)U_{дн}$ - падіння напруги на дроселях при $I_{дн}$.

2. Визначається кут затримки відкривання вентилів, необхідний для забезпечення роботи двигуна з усталеною швидкістю.

$$\alpha_i = \arccos \frac{U_{di}}{U_{d0}} = \arccos \frac{K\phi\omega_{ci} + I_c \cdot R_9}{U_{d0}}.$$

Тут $I_{ci} = \frac{M_{ci}^l}{K\phi}$ - струм статичного навантаження, якому відповідає приведений момент M_{ci}' , який визначається за характеристикою $\omega_c=f(M_c)$ при даній ω_{ci} .

3. Задаючись моментом М за рівнянням розраховуються механічні характеристики системи.

24.2. Коефіцієнт потужності та техніко-економічні показники системи ТП-Д.

Внаслідок специфіки режиму роботи вентилів відбувається спотворення форми кривої струму, споживаного ТП з мережі, а при регулюванні вихідної напруги перетворювача виникає додаткове спотворення форми кривої струму і зсув по фазі між напругою і струмом, оскільки струм через вентиля починає проходити пізніше, ніж за відсутності регулювання. Відключення вентилів, тобто припинення струму, також відбувається відповідно пізніше. При достатній індуктивності якірного кола струм через вентиля продовжує протікати в тому ж напрямку навіть при зміні знака напруги.

Найважливішим енергетичним показником вентиляного перетворювача вентиляного електропривода, є коефіцієнт потужності, який характеризує використання живильної системи. При синусоїдальній напрузі U та струму I він дорівнює косинусу кута зсуву по фазі між струмом і напругою. У вентиляних установках напруга за формою кривої близька до синусоїди (насправді крива первинної напруги несинусоїдна, що є наслідком несинусоїдності споживаного з мережі струму).

Відношення активної потужності P до повної S характеризує використання живильної енергосистеми і називається коефіцієнтом потужності вентиляного електропривода

$$\chi = \frac{P_1}{S} = \frac{3U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}{3U \cdot I},$$

де $S = U \cdot I = \sqrt{P_1^2 + Q^2 + N^2}$.

Тут N – потужність спотворення, викликана струмами, що протікають в мережі змінного струму. Негативний ефект потужності N схожий з ефектом реактивної потужності – збільшення втрат і зменшення ККД.

Так як $U = \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} U_i^2}$; $I = \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} I_i^2}$, то

$$\chi = \frac{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}{U \cdot I} = v_u \cdot v_I \cdot \cos \varphi_1 = v \cdot \cos \varphi_1,$$

де v_u, v_I – коефіцієнти спотворення напруги і струму, а v – коефіцієнт потужності спотворення. У безтрансформаторних схемах при достатній індуктивності в колі випрямленого струму $\alpha = \varphi_1$ і $\cos \varphi_1 = \cos \alpha$

$$\text{У трансформаторних схемах } \cos \varphi_1 = \frac{\cos \alpha + \cos(\alpha + \gamma)}{2} \cong \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right).$$

З достатнім наближенням можна вважати, що

$$\chi = v \cdot \cos \varphi_1 = v \cdot \cos \alpha = v \cdot \frac{U_d}{U_{d0}} = v \cdot \frac{\omega}{\omega_0},$$

так як напрузі U_d відповідає швидкість ω при даному куті регулювання, а напрузі U_{d0} – швидкість ω_0 при тому ж куті регулювання.

Звідси випливає, що χ вентильного електроприводу залежить від швидкості при регулюванні і навантаження на валу, тобто він пропорційний ступеню зниження швидкості.

Зниження ω і відповідно збільшення кута α , а також збільшення струму навантаження призводить до зменшення χ . На рис.24.1 наведені залежність χ від ω при номінальному навантаженні системи ТП-Д і $\cos \varphi$ системи Г-Д (для порівняння). Видно, що коефіцієнт потужності системи ТП-Д поступається системі Г-Д.

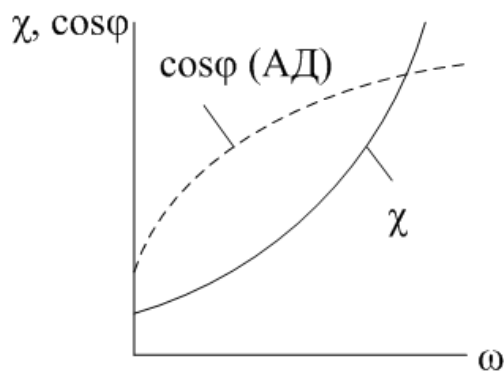


Рис.24.1.

З метою підвищення значення χ застосовуються методи штучної комутації вентилів і спеціальні резонансні фільтри, що забезпечують резонанс напруг на відповідній гармоніці і малий опір для цієї гармоніки на вході перетворювача.

ККД системи ТП – Д

$$\eta = \frac{P_{эм}}{P_c} = \frac{E_d \cdot I_d}{P_c} = \frac{\omega \cdot M}{P_c}.$$

Для режиму неперервного струму електромагнітна потужність дорівнює

$$P_{эм} = (E_d - \Delta U_B - I_d \cdot R_{Я}) \cdot I_d = (E_d - \Delta U_B - I_d \cdot R_{Я\Sigma}) \cdot I_d.$$

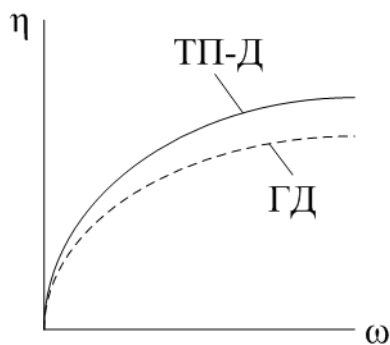
Потужність, що споживається з мережі

$$P_c = \left(E_d - \frac{X_{mp} \cdot m}{2\pi} \cdot I_d\right) \cdot I_d.$$

Тоді

$$\eta = \frac{(E_d - \Delta U_B - I_d \cdot R_{\Sigma}) I_d}{(E_d - \frac{m \cdot x_m}{2\pi}) \cdot I_d} \cong \frac{E_d}{E_d - \frac{m \cdot x_m}{2\pi}} = \frac{\omega}{\omega + \frac{\Delta U_{\epsilon} + I_d \cdot R_{\Sigma}}{K\phi}}$$

Аналіз цього виразу показує, що ККД системи ТП-Д залежить як від навантаження двигуна, так і від швидкості при регулюванні. Порівняння наведених на рис.2.2 залежностей η від ω при номінальному навантаженні на валу двигуна показує, що він вищий, ніж в системі ГД.



Основні переваги системи ТП-Д:

1. Висока швидкодія перетворювача, тому що $T_{\Pi} \leq 0,1$ с;
2. Більш високий ККД у порівнянні з системою Г-Д;
3. Незначна потужність управління;
4. Великий термін служби;
5. Малі габарити і вага перетворювача.

Рис.2.2.

Недоліки системи ТП-Д:

1. Значне спотворення кривої струму, споживаного перетворювачем з мережі;
2. Зменшення коефіцієнта потужності перетворювача при зменшенні швидкості. Цей недолік стає особливо помітним і важливим при великих потужностях електроприводу.
3. Неминучі при регулюванні кута α коливання реактивної потужності, що призводять до коливань напруги в мережі живлення, так само особливо помітні при великій потужності електроприводу.