Качур О.С.

Україна
Запоріжжя

Запорізький національний технічний університет

СТАБІЛІЗАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ АМІАКОПРОВОДУ

Сучасні геополітичні реалії української промисловості ставлять перед українською промисловість та науковою спільнотою ряд актуальних питань, зокрема переобладнання магістральних трубопровідних потужностей сучасними, економічними електромеханічними системами. Колективом ВАТ НДІ «Перетворювач» розроблено високовольтний привод типу ПЧ-ТТП-200-6к-50-43.1 для керування асинхронним двигуном, потужністю 1600 кВт, насосної станції магістрального аміакопроводу «Тольяті-Одеса» [1, 3].

При навантаженнях більших від 1000 кВт для узгодження з живлячою мережею найчастіше використовують схемні рішення на основі дванадцяти фазного випрямляча. Але електропривод насосної станції має слідкуючі технологічні особливості роботи, а саме, можливість прямого включення від трансформатору трьох фазного навантаження по схемі байпас для забезпечення високого ККД при повному завантажені потужностей та у випадку аварії з переходом у керування продуктивністю дроселюванням. За цих умов обрано схемне рішення на основі мостового випрямляча, для узгодження з живлячою мережею потрібно або використовувати ще один трансформатор, що економічно недоцільно, або використовувати гармонічний фільтр. Розрахунки при проектуванні ПЧ-ТТП-200-6к-50-43.1 показали доцільність застосування фільтру п'ятої гармоніки.

Параметри представленого на функціональній схемі, рис. 1, фільтру п'ятої гармоніки розраховано на компенсацію виходячи з максимального навантаження системи. При глибокому регулюванні в фільтрі п'ятої гармоніки виникає надмірна реактивна потужність по основній гармоніці, Q. Для компенсації пропонується алгоритм котрий буде забезпечувати рівність реактивної потужності електроприводу і фільтру п'ятої гармоніки по основній гармоніці (1) за рахунок регулювання напруги випрямляча на шині постійного струму електроприводу, U_d, при коефіцієнті модуляції інвертора $\mu = 1$.

$$Q_{ф50Гц} = Q_{пр} \tag{1}$$

де $Q_{ф50Гц}$ – реактивна потужність фільтру п'ятої гармоніки по основній гармоніці, 50 Гц;

$Q_{пр}$ – реактивна потужність перетворювача, при зміні потужності навантаження двигуна по функції потоку аміаку.

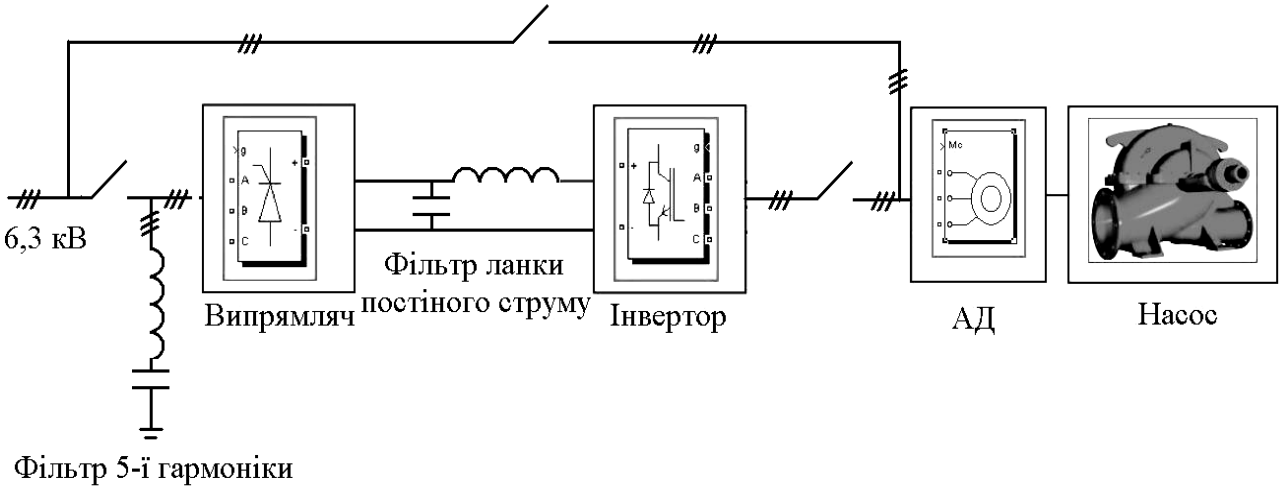

Рис. 1 – Функціональна схема електроприводу насосної станції з насосом

Використовуючи співвідношення залежності вихідної напруги випрямляча перетворювача, U_d, від кута керування випрямляча [2], α, шляхом перетворень рівності (1) отримано вираз залежності $tg\alpha$ від параметрів перетворювача, фільтра п'ятої гармоніки та потужності навантаження насосу (2, 3).

$$tg\alpha = \frac{N_{нас} \cdot \left| X_L - X_C \right|}{3 \cdot U^2 \cdot \sin \varphi_{ф50Гц} \cdot \eta_{нас} \cdot \eta_{пр}} \tag{2}$$

$$\alpha = \cot g\alpha \quad (3)$$

де $U_ф$ - фазна напруга гармонічного фільтру, $N_{нас}$ - потужність насосу;

X_L - індуктивний опір фільтру п'ятої гармоніки;

X_C - ємнісний опір фільтру п’ятої гармоніки;

$\varphi_{ф50Гц}$ - кут зсуву між напругою та струмом у фільтрі п’ятої гармоніки по основній гармоніці, 50 Гц;

α - кут регулювання випрямлячем електропривода;

$\eta_{нас}$ - ККД насосу; $\eta_{пр}$ - ККД інвертора перетворювача.

Використовуючи отримані вирази (2, 3), побудовані криві залежностей потужності насосу магістрального аміакопроводу, MSD 8x10x15, від кута регулювання випрямлячем перетворювача який забезпечує виконання рівності (1), крива 1 – при подачі аміаку $Q_1 = 100$ м^3/год, крива 2- при подачі аміаку $Q_1 = 400$ м^3/год, рис. 2. Для розрахунку використовувалися експериментальні данні отримання при регулюванні швидкості обертання насосу від 1750 об/хв до 2978 об/хв.

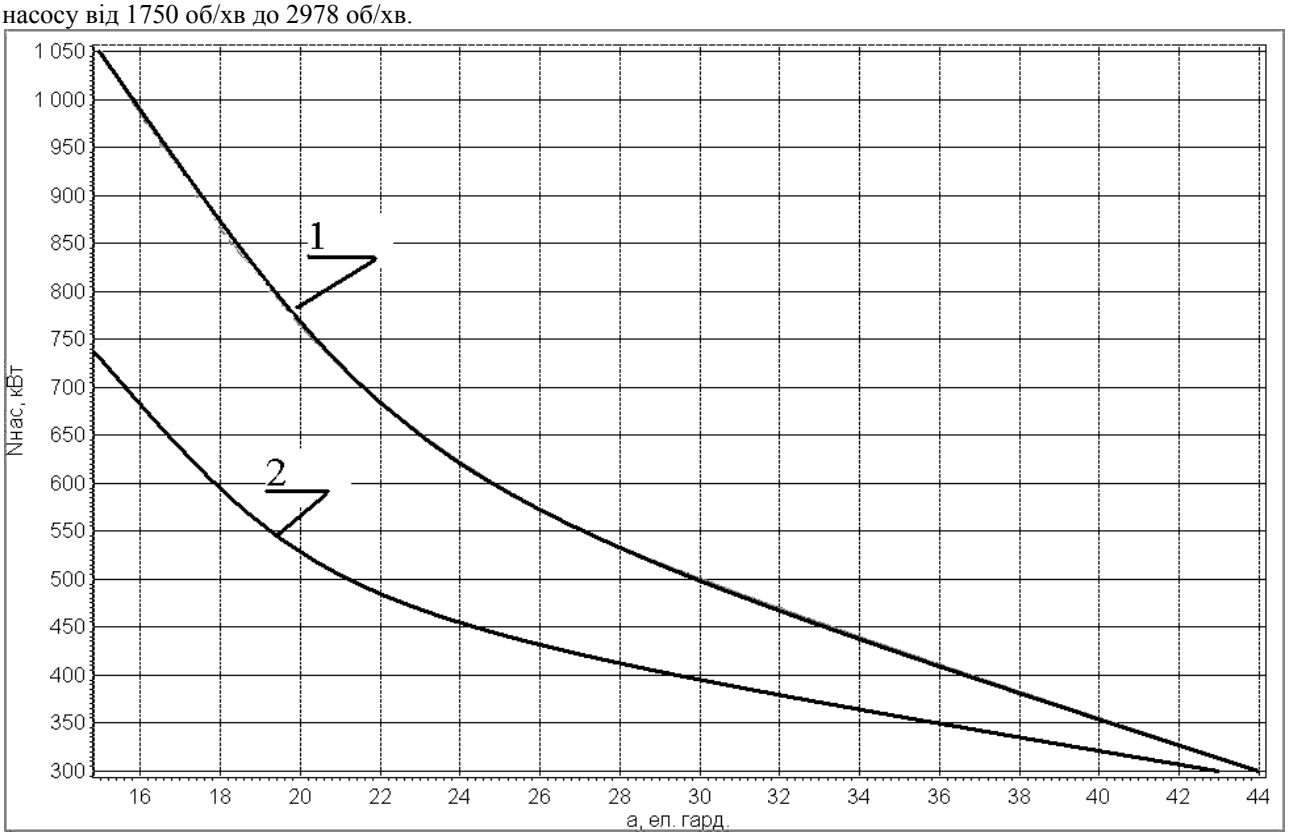

Рис. 2 Отримані залежності кута керування випрямлячем, α , до потужності навантаження насосу, що забезпечує компенсацію реактивної потужності гармонічного фільтру по основній гармоніці

Як видно з рис. 2, для забезпечення компенсації надмірної реактивної потужності фільтру п’ятої гармоніки потрібно забезпечити регулювання кута α від 15 до 44 ел. град., що зменшить напругу на виході випрямляча перетворювача на 3 та 28 % відповідно.

За рахунок зниження амплітуди напруги шини постійного струму U_d зменшуються комутаційні втрати в інверторі, втрати RC ланцюгів, пропорційно квадрату зменшення [2]. Таким чином підвищивши загальний ККД системи при регулюванні витрати насосу. Це набуває особливої актуальності в електроприводах високої енергетики які орієнтовані на безперервне технологічне навантаження.

Використання запропонованого алгоритму керування випрямлячем перетворювача на вентиляторне навантаження дозволяє досягнути високого коефіцієнту потужності, близького до 1 по основній гармоніці, у всьому діапазоні регулювання без застосування спеціальних пристроїв типу ФКП, до того ж використання схемних рішень з регульованим випрямлячем, для вентиляторного навантаження, зніжує струми короткого замикання в аварійних режимах по відношенню до схем з нерегульованими випрямлячами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качур О.С., Кулагін Д.О., Андрієнко П.Д. Порівняльний аналіз систем керування частотно-керованим електроприводом магістрального насосу// Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008, № 30. – с. 262-264.

2. Ф.И. Ковалев, Г.П. Мосткова. Полупроводниковые выпрямители. – М., Энергия. 1967 г. – 479 с.

3. Кражан В.С., Жорняк А.Э., Землянский В.В., Чепкунов А.И. Микропроцессорная система управления высоковольтным частотно-регулируемым электроприводом // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. - 2008. - Випуск 3. – с. 64-70.