

УДК 681.51, 621.3.07

Анатолій Поіхало¹, Юрій Наконечний², Андрій Паламар², Юрій Пастернак²

¹Національний центр управління і випробування космічних засобів, м. Київ

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛЬОВАНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ У СИСТЕМІ ПРЕЦИЗІЙНОГО УПРАВЛІННЯ АНТЕННИМ КОМПЛЕКСОМ

Приведені кінематичні розрахунки модернізованого азимутального приводу супутникової антени із застосуванням асинхронних електродвигунів з частотним регулюванням швидкості. Обґрунтована доцільність застосування таких двигунів в приводах супутникових антен.

Ключові слова: Супутникові антени, азимутальний привід, кінематична точність, асинхронні електродвигуни з частотним регулюванням.

Anatolii Poikhalo, Yuriy Nakonetchnyj, Andriy Palamar, Yuriy Pasternak APPLICATION OF FREQUENCY VARIABLE ASYNCHRONOUS MOTORS TO PRECISION CONTROL OF SATELLITE ANTENNA

Resulted kinematic calculations upgraded azimuth drive satellite antenna using asynchronous motors with variable frequency speed control. Expediency the use of these engines in drives satellite dishes.

Keywords: Satellite antenna, azimuthal drive, kinematic accuracy, asynchronous motors with frequency regulation.

Побудова високоточних систем керування масивними об'єктами з метою їх наведення на задані координати, супроводу по заданих траєкторіях або слідкування за рухомим об'єктом є актуальною для багатьох галузей машинобудування, військової сфери. Зокрема це актуально для синтезу систем керування антенними комплексами супроводу низькоорбітальних супутників дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), або систем радіомоніторингу, в яких несуча конструкція опорно-поворотної платформи з великогабаритним рефлектором має вагу від одиниць до десятків тонн [1]. Важливим елементом систем керування антенами є виконавчий електропривод великої потужності, який повинен забезпечити широкий динамічний діапазон регулювання з високою точністю та стабільним моментом[2].

При модернізації азимутального електроприводу (АЗ) опорно-поворотної платформи супутникової антени з діаметром рефлектора 5 м штатний безконтактний моментний електродвигун ДБМ-185-16-0,3-2 було замінено недорогим асинхронним чотириполюсним електродвигуном ТВ80В4ФМ з частотним керуванням [3,4]. Така заміна обумовлена тим, що в даний час електродвигуни серії ДБМ, що розроблені і виготовляються в Росії, є застарілими, для них закінчився ресурс експлуатації і для їхнього використання необхідна складна і громіздка система керування. Оскільки номінальні швидкості обертання обох типів двигунів різні (ДБМ-185-16-0,3-2 має $n_{ном}=300$ об/хв, а ТВ80В4ФМ - $n_{ном}=1420$ об/хв), то виникла необхідність у заміні конструкції штатного приводного механізму АЗ з метою забезпечення необхідного діапазону регулювання швидкостей обертання по азимутальній осі, що становить від мінімальної $n_{АЗmin}=4'$ /с до максимальної $n_{АЗmax}=15^0$ /с (2,5 об/хв).

Привід складається з наступних механічних вузлів, які залишаються незмінними в модернізованій конструкції (рис. 1): 1 – циліндрична зубчаста передача з передатним відношенням $i_{цил.}=17,55$; 2 – планетарний редуктор з передатним відношенням

$i_{ред.планет.}=16$. Для забезпечення заданого діапазону регулювання швидкостей обертання застосовано додатковий редуктор 3 з понижувальною зубчастою передачею. Необхідне передатне відношення цієї передачі знаходиться з умови забезпечення максимальної швидкості обертання по осі АЗ $n_{АЗmax}=2,5об/хв$. Прийmemo, що на двигун при цьому буде подаватись напруга живлення з частотою 75 Гц і його швидкість буде відповідно рівною $n_{дв(75)} = 1420 \frac{75}{50} = 2130 об/хв$. Тоді загальне передатне відношення АЗ:

$$i_{АЗ заг} = \frac{n_{дв(75)}}{n_{АЗ max}} = i_{цил.} \cdot i_{ред.планет.} \cdot i_{ред.дод.}$$

$$i_{ред.дод.} = \frac{n_{дв(75)}}{n_{АЗ max} \cdot i_{цил.} \cdot i_{ред.планет.}} = \frac{2130}{2,5 \cdot 17,55 \cdot 16} = 3,03$$

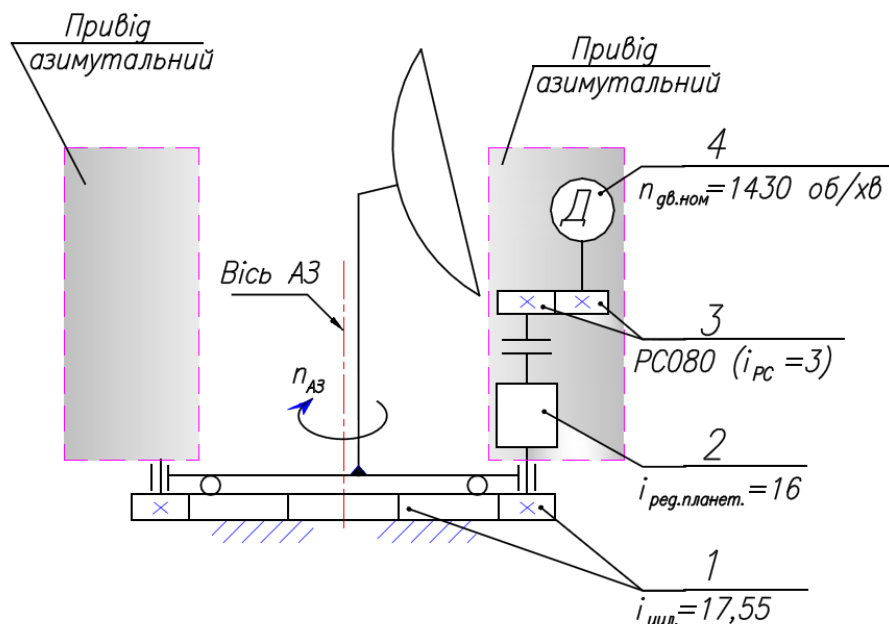


Рис. 1. Кінематична схема модернізованого приводу АЗ

В штатній конструкції азимутального приводу для усунення мертвого ходу (бокового зазору) в зубчастій передачі 1, який безпосередньо передається на вісь АЗ і тому найбільш суттєво впливає на точність відпрацювання кутів наведення по цій осі, застосований спеціальний люфтовибираючий торсіонний механізм з електромагнітним фрикційним гальмом і два конічних редуктори. Такий механізм суттєво ускладнює конструкцію приводу, збільшує його вартість і, як показує практика, має не надто високу надійність. В розробленій конструкції функцію люфтовибираючого механізму виконують два ідентичних приводи АЗ, що обертають зубчасте колесо (див. рис.1). Ці приводи працюють паралельно і синхронно. Оскільки абсолютно ідентичних механізмів не буває, то, як показує практика, крутні моменти і втрати на тертя (ККД) обох приводів хоч незначно, але будуть відрізнятись. Тоді, завдяки різниці крутних моментів обох цих приводів, будуть вибиратись бокові зазори (мертвий хід) в зубчастому зачепленні 1 між двома шестірнями та зубчастим колесом. Фактично, два приводи по осі АЗ, які працюють паралельно, виконують крім усього іншого ще й функцію люфтовибираючого механізму.

Результати кінематичного розрахунку модернізованого приводу АЗ при різних частоті струму живлення асинхронного електродвигуна 4 приведені в табл.1.

Таблиця 1. Швидкості обертання по азимутальній осі модернізованого приводу при різній частоті струму живлення

Частота струму живлення в Гц	80	75	50	25	1	0,5	0,33
Швидкість обертання вала двигуна в об/хв	2272	2130	1420	710	28,4	14,2	9,3
Швидкість обертання по осі АЗ в об/хв	2,71	2,53 (15,2 ⁰ /с)	1,68	0,84	0,034	0,017 (6,1'/с)	0,011 (3,96'/с)

Як показали експериментальні дослідження для прецизійного регулювання частоти обертання АД кожної осі у модернізованій системі керування АС [4] важливо, щоб частотні регулятори забезпечували підтримку стабільного моменту обертання на низьких обертах [5], для чого було використано датчики швидкості обертів двигунів.

Випробування в експлуатаційних умовах свідчать, що застосування асинхронних електродвигунів з частотним регулюванням швидкості обертання в приводах опорно-поворотних пристроїв супутникових антен забезпечує широкий діапазон регулювання робочих швидкостей обертання необхідних для супроводу траєкторій низькоорбітальних супутників ДЗЗ та разом з тим підвищує надійність системи керування, зменшуючи її вартість.

Література

1. M. Palamar Designing of new antenna stations to the communication with low-orbital Earth remote sensing satellites // Proceedings of the XI International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science”, TCSET’2012, Lviv-Slavske, Ukraine, February 21-24, 2012 – p. 92.
2. Козярук, А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов [Текст] / А.Е. Козярук, В.В. Рудаков // С.-Петербургская электротехническая компания. – 2004. – С.352.
3. Паламар, М. Моделивання схеми векторного керування асинхронного електроприводу антенної системи супроводу низькоорбітальних космічних апаратів [Текст] / М. Паламар, А. Хом’як // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя. - 2008. - том № 1 .- С.135-144.
4. MykhayloPalamarImprovement Metrological Characteristics of the Antenna System Using Smart Angle Sensor [Text] / MykhayloPalamar, AndriiChaikovskiy, YuriyPasternak, YaroslavPalamar // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS): - 24-26 September 2015, Warsaw, Poland. IEEE, P.: 131–135. ISBN: 978-1-4673-8359-2, IEEE Catalog Number: CFP15803-PRT.
5. Shneiderelectric [Electronicresource] / Accessmode: WWW. – URL : <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/2900-motion-drives/2905-compact-drives/704-altivar-31/>