

Критерій Попова для аналізу стійкості вимушених систем Лур'є

Анна Чернікова, Единбурзький університет ім. Нейпіра

Аналіз стійкості нелінійних систем керування є однією з фундаментальних задач сучасної теорії керування, оскільки більшість реальних технічних систем містять нелінійні елементи. На відміну від лінійних моделей, нелінійні системи дозволяють враховувати такі ефекти, як насичення, гістерезис, зона нечутливості та нелінійний зворотний зв'язок. Із розвитком енергетичних систем, робототехніки, автономного транспорту та промислової автоматизації зростає потреба в ефективних методах аналізу стійкості складних нелінійних систем.

Особливий інтерес становлять системи Лур'є — клас нелінійних систем, що складається з лінійної стаціонарної динамічної підсистеми та статичної нелінійності без пам'яті, з'єднаних через зворотний зв'язок. Таке представлення є важливим у теорії абсолютної стійкості, оскільки дозволяє поєднувати методи аналізу лінійних систем із дослідженням нелінійних характеристик. Нелінійність у системах Лур'є зазвичай описується секторними обмеженнями, що дає змогу застосовувати критерій частотної області для встановлення умов стійкості. Моделі типу Лур'є широко використовуються для опису енергетичних систем, силових електронних перетворювачів, механічних систем із фрикційними нелінійностями та систем автоматичного керування.

У практичних умовах нелінійні системи рідко є автономними та зазвичай перебувають під впливом зовнішніх збурень, керувальних або опорних сигналів. Тому аналіз стійкості повинен враховувати не лише поведінку системи поблизу стану рівноваги, а й її робастність та властивості типу «вхід–вихід». Наявність зовнішніх впливів ускладнює застосування класичних методів Ляпунова та часто призводить до необхідності використання частотних методів аналізу.

Одним із найвідоміших підходів до дослідження абсолютної стійкості систем Лур'є є критерій Попова. Цей критерій забезпечує достатні умови стійкості для систем із секторно обмеженими нелінійностями у вигляді нерівностей для частотної характеристики лінійної підсистеми.

Використання критерію Попова дозволяє ефективно досліджувати стійкість нелінійних систем за наявності зовнішніх впливів і оцінювати запаси стійкості системи.