

УДК 621.314

## СИСТЕМИ УПЕРЕДЖУВАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ІМПУЛЬСНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

**Є.В.Вербицький,****Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,****пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна, тел. +38(044) 454-90-69, e-mail: [verbitskiy@bigmir.net](mailto:verbitskiy@bigmir.net)**

*Проаналізовано особливості роботи імпульсних перетворювачів. Описано методи підвищення якості регулювання параметрів електричної енергії, зокрема, використання систем упереджувального керування. Розглянуто загальний підхід синтезу та адаптації упереджувальних систем керування для імпульсних перетворювачів. Наведено структуру системи упереджувального керування імпульсними перетворювачами. Бібл. 4, рис. 1.*

**Ключові слова:** імпульсний перетворювач, математична модель, система упереджувального керування.

Системи керування імпульсними перетворювача зазвичай мають статичну структуру. Їхній синтез пов'язаний з лінеаризацією моделі перетворювача в околі робочої точки, зазвичай для цього використовується його усереднена модель [2]. При появі збурень в таких системах значення параметрів передавальних ланок не коректуються. Це призводить до погіршення якості регулювання вихідного параметра і зменшення запасу стійкості системи при зміщенні робочої точки відносно номінального значення.

Для підвищення якості параметрів системи керування в цілому часто використовують такі підходи: введення в систему керування коректуючих ланцюгів; збільшення порядку астатизму системи; забезпечення інваріантності системи відносно певного збурюючого фактора. Застосування цих підходів можливе лише при відомих параметрах перетворювача, на основі яких формується його математична модель і синтезується система керування. Вибір типу системи керування залежить не тільки від параметрів об'єкта керування (режимів роботи, структури, доступної інформації про його стан), але і від форми представлення інформації. Значне розповсюдження мікропроцесорних систем дало можливість формувати гнучкіші методи керування. Для розширення можливостей цих системи необхідна інформація про внутрішній стан системи. Тому моделі об'єкта керування доцільно формувати на основі змінних стану, що повністю визначають поточний стан системи і дають можливість його прогнозу [4].

Для забезпечення заданих значень параметрів регулювання при неповній інформації про об'єкт керування доцільно використовувати робастні системи. Синтез робастних систем пов'язаний з введенням невизначеності у передавальну функцію системи, тому структура робастного регулятора ускладнюється. В системах з відомими параметрами об'єкта керування, які змінюються в широких межах, використовуються адаптивні системи керування, структура і параметри контурів керування яких коректуються при зміні параметрів об'єкта керування. Подібна задача вирішується і в модальних системах керування. Основна мета синтезу модальної системи – корекція передавальної характеристики об'єкта керування для забезпечення заздалегідь визначених властивостей системи. Упереджувальне керування [1] використовується для підвищення якості динамічних параметрів системи. Воно базується на прогнозі станів системи на основі математичної моделі об'єкта керування, що дозволяє скоротити час на відпрацювання помилки вихідного параметра.

В системах керування імпульсними перетворювачами в першу чергу необхідно покращити динамічні характеристики, для чого доцільно використовувати упереджувальне керування.

Принцип упереджувального керування почав розвиватися на початку 60-х років і застосовувався для керування процесами, в яких використання традиційних систем не дає бажаних результатів внаслідок вкрай складних математичних моделей об'єктів керування. Якість параметрів керування об'єктом в таких системах оцінюється певним цільовим функціоналом, значення якого методами математичної оптимізації зводиться до мінімуму [1]. Основною перевагою упереджувального керування є простота базової схеми формування зворотного зв'язку, що має високі адаптивні властивості. Остання обставина дозволяє використовувати упереджувальні системи керування до об'єктів зі складною структурою, які містять нелінійності, оптимізувати процеси в режимі реального часу в рамках обмежень на значення змінних стану, враховувати невизначеності параметрів об'єкту керування і збурень.

Основу цього підходу складає наступний алгоритм керування динамічними об'єктами за принципом зворотного зв'язку.

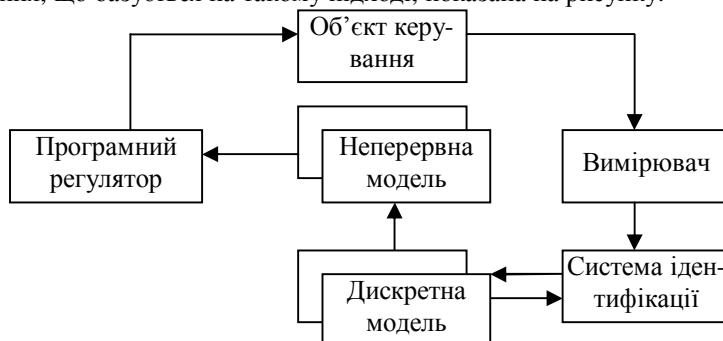
1. За допомогою математичної моделі проводиться прогноз стану об'єкта керування на деякому скінченному прогнозному інтервалі – горизонті прогнозу, який складає одиниці – десятки періодів роботи пристрою.

2. Виконується оптимізація керування, метою якої є максимальне наближення значень вихідного параметра до оптимальних на прогнозному інтервалі.

3. З сформованої послідовності сигналів керування виділяються сигнали керування першого періоду і подаються на вхід об'єкта керування. Визначають значення змінних стану в кінці поточного періоду роботи пристрою.

4. Зміщається горизонт прогнозу на крок вперед. Повторюються пункти 1-3 наведеного алгоритму.

Зазначений підхід є ефективним для систем, які мають сталу структуру. Тому його адаптація для імпульсних перетворювачів можлива лише при розробці алгоритмів ідентифікації та діагностики збурень, пов'язаних зі зміною параметрів навантаження. На практиці для цього зручно використовувати миттєві значення змінних стану силової частини перетворювача. Тому в даному випадку усереднену модель перетворювача використовувати неможливо. Замість неї доцільно використовувати дискретно-лінійну модель, яка утворюється після заміни напівпровідникових приладів перетворювача ключовими моделями [3]. Для зменшення трудомісткості розрахунків, пов'язаних з оптимізацією значень змінних стану, доцільно використовувати неперервну модель, яка отримується з дискретної моделі з використанням апарату z-перетворення [4]. Структура упреждавального керування, що базується на такому підході, показана на рисунку.



Використання запропонованої структури системи упреждавального керування дозволяє знизити інерційність системи керування при відпрацюванні помилок, викликаних збуренням, і підвищити точність системи керування. Використання дискретно-лінійної моделі перетворювача дозволяє збільшити запас стійкості і розширити діапазон припустимих значень параметрів навантаження.

1. Жуїков В.Я., Павлов В.Б., Стжелецьки Р.Г. Системы упреждающего управления вентильными преобразователями. – К.: Наук. думка, 1991. – 240 с.
2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. Ч.2. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 197 с.
3. Ромашко В.Я. Дискретно-лінійні електричні ланцюги. Теорія та розрахунок. – К.: Аверс, 2005.– 175 с.
4. Цыпкин Я.З. Теория линейных импульсных систем. – М.: Физматгиз, 1963. – 968 с.

УДК 621.314

СИСТЕМИ УПРЕЖДАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Е.В.Вербицкий,

Национальный технический университет «Киевский политехнический институт»,  
пр. Победы 37, Киев, 03056, Украина, тел. +38(044) 454-90-69, e-mail: [verbitskiy@bigmir.net](mailto:verbitskiy@bigmir.net)

*Проанализированы особенности работы импульсных преобразователей. Описаны методы повышения качества регулирования параметров электрической энергии, в частности использование систем упреждающего управления. Рассмотрен общий подход синтеза и адаптации упреждающих систем управления для импульсных преобразователей. Описана структура системы упреждающего управления импульсными преобразователями. Библи. 4, рис. 1.*

**Ключевые слова:** импульсный преобразователь, математическая модель, система упреждающего управления.

PREDICTIVE CONTROL SYSTEMS OF SWITCHING CONVERTERS

I.V.Verbitskiy,

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”,  
Peremogy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine, tel. +38(044) 454-90-69, e-mail: [verbitskiy@bigmir.net](mailto:verbitskiy@bigmir.net)

*Switching converters work features are analyzed. Quality improving methods of regulating electricity power are describing. General method of creating and adaptation predictive control systems for switching converters are considered. Structure of predictive control systems for switching converters are describing. References 4, figure 1.*

**Key words:** switching converter, mathematical model, predictive control system.

1. Zhuikov V.Ya., Pavlov V.B., Stzheletskii R.G. Predictive control systems of valve converters. – Kyiv: Naukova dumka, 1991. – 240 p. (Rus)
2. Zinovev G.S. Fundamentals of power electronics. Part 2. – Novosibirsk: Foundation NGTU, 2000. – 197 p. (Rus)
3. Romashko V.I. Discrete linear electrical circuits. Theory and calculation.– Kyiv: Avers, 2005. – 175 p. (Ukr)
4. Tsyppkin I.Z. Linear impulse systems theory. – Moskva: Fizmatgiz, 1963. – 968 p. (Rus)

Надійшла 18.01.2012  
Received 18.01.2012