

УДК 62-5; 621.316.7

О.А. Яқунін, О.С. Калугіна, Є.С. Беяк

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків

ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЯМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ФІЛЬТРАЦІЇ ГАРМОНІК

Стаття присвячена питанням використання попереджувального керування для реалізації керованих пристроїв. Основну увагу приділено різнобічному аналізу принципу попереджувального керування, виділено його переваги та недоліки. Розглянуто питання створення пристроїв зниження рівню реактивної потужності, та фільтрації вищих гармонік. Розглянуто можливість реалізації попереджувального керування ними, та визначено питання які виникають при проектуванні таких систем.

Ключові слова: попереджувальне керування, компенсація, реактивна потужність, гармоніки

Постановка проблеми

Метод попереджувального керування використовується як при керуванні технічними процесами, так і в менеджменті. При реалізації систем автоматичного керування перспективним є використання цього методу. Такі фірми як Schneider Electric та АВВ вже пропонують пристрої, що базуються на ньому. Використання методу попереджувального керування дозволяє підвищити якість керування об'єктами, їх надійність та довговічність експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Метод попереджувального керування є сучасним й застосовується у різних областях, наприклад у системах керування імпульсними та вентильними перетворювачами [1 - 3], при керуванні складними технологічними процесами [4 - 7]. Питанням компенсації реактивної потужності та фільтрації гармонічних складових приділено увагу в низці праць [8-11], в них зазначено важливість забезпечення якості електроенергії та приведено існуючі схеми компенсуючих установок та фільтрів гармонік. Завдання реалізації активних пристроїв компенсації реактивної потужності та активних фільтрів високих гармонік кінцевого вирішення не знайшло, й є актуальним.

Мета статті. Привести результати аналізу можливості реалізації попереджувального керування пристроями компенсації реактивної потужності та фільтрації вищих гармонік.

Виклад основного матеріалу 1. Принципи попереджувального керування.

Попереджувальне керування - методика керування об'єктом, в основу якої покладені методи і засоби прогнозування, планування, моніторингу, аналізу і моделювання динамічних систем, а також

оптимізації керування протягом всього строку експлуатації.

Відомо, що недостатньо ефективним є керування складними технологічними процесами та системами, при відсутності інформації стосовно пережитих аварійних та близьких до аварійних режимів керованих об'єктів.

Основу цього підходу складає наступний алгоритм керування динамічними об'єктами за принципом зворотного зв'язку [3]:

1) за допомогою математичної моделі проводиться прогноз стану об'єкта керування на деякому скінченному прогнозованому інтервалі, який складає одиниці-десятки періодів роботи об'єкта керування;

2) виконується оптимізація керування, метою якої є максимальне наближення значень вихідного параметру до оптимальних на прогнозованому інтервалі;

3) з сформованої послідовності сигналів керування виділяються сигнали керування першого періоду і подаються на вхід об'єкта керування.

2. Застосування активних компенсаторів реактивної потужності.

Серед всіх можливих пристроїв компенсації реактивної потужності, найбільше поширення отримали конденсаторні установки, завдяки тому, що на потужних підприємствах основними споживачами реактивної потужності є двигуни (індуктивне навантаження).

До переваг конденсаторних установок можна віднести: простоту монтажу та експлуатації; можливість підключення в будь-якій точці електромережі; низькі експлуатаційні витрати; швидку окупність; невеликі питомі втрати активної потужності, що не перевищують 0,5 Вт на 1 кВАр компенсаційної потужності; відсутність частин, що обертаються.

Серед недоліків конденсаторних установок (КУ) можна виділити низьку швидкодю і проблему комутації конденсаторів.

Змішані індуктивно-ємнісні компенсуючі пристрої мають можливість, як виробляти (конденсатори), так і споживати реактивну потужність. Також, можна застосовувати синхронні компенсатори, перевагою яких є швидкий запуск й можливість як споживання так і вироблення реактивної потужності, проте через велику вартість і завдяки високій швидкодю їм рекомендують використовувати лише як піковий елемент.

Під активними компенсаторами реактивної потужності (АКРП) розуміємо пристрої, що призначені для корекції рівня реактивної потужності, що передається по мережі від споживача, в яких рівень вироблення чи споживання реактивної потужності регулюється за певними законами.

3. Застосування активних фільтрів високих гармонік.

Фільтром високих гармонік називають пристрій, призначений для видалення гармонік вище за першу, настроєний «відфільтровувати» всі або частину гармонік, існування яких призводить до додаткових втрат.

Активним фільтром високих гармонік (АФВГ) називають автоматично керовані, деякою системою керування, фільтри високих гармонік, які реалізуються за допомогою силової електроніки та мікропроцесорної техніки.

АФВГ, мають блок (систему) керування, що аналізує гармоніки, що вводяться навантаженням, і потім на навантаження подається струм такої ж гармоніки з відповідною фазою. В результаті (в ідеальному випадку) гармонічні струми повністю нейтралізуються. Це означає, що вони більше не проходять вгору по мережам до джерела живлення і більше не виробляються джерелом.

Основна перевага активних фільтрів полягає в тому, що вони гарантують ефективну компенсацію гармонік навіть при зміні режимів роботи установок. Вони досить прості у використанні в силу наступних характеристик: автоматичне налаштування конфігурації під гармонійні навантаження незалежно від порядку гармонік; усунення ризиків перевантаження; сумісність з електрогенераторами; приєднання в будь-якій точці електричної мережі; декілька фільтрів можуть використовуватися в одній і тій же установці для підвищення ефективності усунення гармонік.

Принцип роботи активних фільтрів високих гармонік (АФВГ) полягає в наступному: трансформатор струму вимірює вміст гармонік в струмі навантаження, і керує генератором струму, що генерує відповідні гармоніки з протилежною

фазою до виміряних, вони подаються в мережу і компенсують спектр вищих гармонік, найчастіше рівень компенсації досягає рівня в 90%.

4. Питання, як показник перспективних напрямків досліджень.

Питання, що виникають при розробці систем попереджувального керування:

1) зв'язок між системою керування, об'єктом і керуючими елементами (ключами);

2) якість моделі (досить точна й одночасно досить проста);

3) реакція на сигнали від датчиків (зворотній зв'язок);

4) пріоритетність дій (реакцій);

5) врахування факторів (кількість, якість);

6) зв'язок похибки вимірювання контрольних величин і похибки розрахунку за моделлю;

7) запам'ятовування, збір статистики, аналіз, та врахування результатів аналізу при наступних діях.

Питання, що виникають при керуванні пристроєм компенсації реактивної потужності (ПКРП):

1) з яких елементів повинен складатись ПКРП;

2) передумови визначення набору елементів;

3) режими функціонування елементів ПКРП;

4) комутація елементів;

5) датчики, збір та аналіз інформації.

Питання, що виникають при керуванні пристроєм фільтрації вищих гармонік (ПФВГ):

1) якість фільтрації (неможливо досягнути повної чистоти, критерії – «достатньо»);

2) відношення потужності й ефективності, – масштаб вирішення завдань;

3) доцільність використання ПФВГ (обґрунтування);

4) реалізація пристрою керування (вимоги до нього).

Висновки

1. При інтенсифікації процесів передачі та споживання електроенергії, а також в промисловості, ручне керування не забезпечує необхідної швидкості та надійності, тому використовується автоматизоване та автоматичне керування.

2. Передовим є використання попереджувального керування, завдяки чому може забезпечуватись менша кількість комутацій, що в свою чергу сприяє збільшенню строків експлуатації обладнання.

3. Розробка та реалізація активних пристроїв компенсації реактивної потужності та фільтрації гармонік є актуальним та не простим завданням.

4. Приведені питання щодо перспектив дослідження надають напрямок, та не охоплюють всіх аспектів.

Література

1. Вербицький С.В. Системи упереджувального керування імпульсними перетворювачами [Текст] / С.В. Вербицький // Технічна електродинаміка: СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ 2012. № 3, ст. 123-124
2. Вербицький С. В. Упереджувальне керування з ідентифікацією параметрів перетворювачів постійної напруги [Текст] : автореф. к.т.н.: 05.09.12 / НАН України. — Київ, 2013. — 23с.
3. Грабовецкий, А. Г. Упреждающее управление вентиляемыми преобразователями с естественной коммутацией для быстросействующих электроприводов [Текст] : автореф. к.т.н.: 05.09.03 / НАН СССР. — Новосибирск, 1984. — 24с.
4. Шнайдер, Д.А. Метод упреждающего управления сложными технологическими комплексами по критериям энергетической эффективности / Д.А. Шнайдер, Л.С. Казаринов // Управление большими системами. — 2011. — Выпуск 32. — С. 221–240.
5. Филимонов Н. Б. Полиэдральная оптимизация дискретных процессов управления: теория и применение [Текст] : автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.13.01 / НАН России. — Москва, 2008. — 29с.
6. Солодовников В. В. , Филимонов А. Б. Упреждающее управление линейными стационарными объектами с запаздываниями / В. В. Солодовников, А. Б. Филимонов// Автомат. и телемех., — 1982, — №11, — С. 57 – 60
7. П.В. Гуляев, М.Р. Гафаров, Е.Ю. Шелковников, А.В. Тюрников, Н.И. Осипов Метод упреждающего управления сканером в сканирующем туннельном микроскопе [Текст] / П.В. Гуляев, М.Р. Гафаров, Е.Ю. Шелковников, А.В. Тюрников, Н.И. Осипов // Ползуновский вестник, Раздел III: новые приборы и методы измерений. — 2010. — № 2. — С.115 – 119
8. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие / А.В. Кабышев. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. — 234 с.
9. Жежеленко, В.И. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий [Текст] / В.И. Жежеленко. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 2000. — 331с.
10. Розанов, Ю.К. Современные методы регулирования качества электроэнергии средствами силовой электроники [Текст] / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк // Электротехника. — 1999. — №4. — С. 28–32.
11. Быстрицкий, Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.Ф. Быстрицкий. - М.: Издательский центр "Академия", 2003. - 304 с
2. Verbyts'kyj Ye. V. (2013) Uperedzhuval'ne keruvannia z identyfikatsiieiu parametriv peretvoriuvachiv postijnoi napruhy [Proactive management of the identification parameters of DC converters]: avtoref. k.t.n.: 05.09.12 / NAN Ukrainy, Kyiv, 23 p. [in Ukrainian]
3. Grabovetsky A G (1984) Uprezhdayuschee upravlenie ventilnyimi preobrazovatelyami s estestvennoy kommutatsiyei dlya bystrodeystvuyuschih elektroprivodov [Feedforward control the converter with natural switched to high-speed electric drives]: avtoref. k.t.n. [Author. PhD].: 05.09.03 / NAS USSR, Novosibirsk, , 24c. [in Russian]
4. Schneider D. A. Kazarinov L.S. (2011) Metod uprezhdayuschego upravleniya slozhnyimi tehnologicheskimi kompleksami po kriteriyam energeticheskoy effektivnosti [The method of proactive management of complex technological systems according to the criteria of energy efficiency]. Upravlenie bolshimi sistemami [Managing large systems]. No 32, pp 221-240. [in Russian]
5. Filimonov N. B. Poliedralnaya optimizatsiya diskretnykh protsessov upravleniya: teoriya i primenenie [Polyhedral optimization of discrete control processes: theory and application]. avtoref. dis... d-ra tehn. nauk [Author. Dis ... Dr. tehn. Sciences]: 05.13.01 / NAN Rossii [National Academy of Sciences of Russia]. - Moscow, 2008. — 29p. [in Russian]
6. Solodovnikov V. V., Filimonov A. B. (1982) Uprezhdayuschee upravlenie lineynymi statsionarnymi ob'ektami s za-pazdyvaniyami [Proactive management of linear stationary objects with over-pazdyvaniyami]. Avtomat. i telemekhanika [Automation and telemechanics], №11, pp. 57 – 60 [in Russian]
7. Gulyaev P. V., Gafarov M. R., Shelkovnikov E. J., Tyurikov A. V., Osipov N. I. (2010) Metod uprezhdayuschego upravleniya skanerom v skaniruyuzem tunelnom mikroskope [Method of proactive management in the scanner skaniruyuzem tunneling microscope]. Polzunovskiy vesnik [Polzunov news], Razdel III: novyye pribory i metody izmereniy [Section III: new instruments and methods of measurement], № 2, - pp.115 – 119 [in Russian]
8. Kabyishev A. V. (2012) Kompensatsiya reaktivnoy moschnosti v elektroustanovkah promyishlennykh predpriyatiy: uchebnoe posobie [Reactive power compensation in electrical industry: the manual], Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta [Publishing house of Tomsk Polytechnic University], Tomsk, 234 p. [in Russian]
9. Zhezhenko, V. I. (2000) Vyisschie harmoniki v sistemah elektrosnabzheniya predpriyatiy [The higher harmonics in power systems businesses]. 4-e izd., pererab. i dop. [4th ed., Rev. and. ext.], Moscow, Energoatomizdat, 331p. [in Russian]

References

1. Verbyts'kyj Ye. V. (2012) Systemy uperedzhuval'noho keruvannia impul'snymy peretvoriuvachamy [Proactive management systems pulse converters]. Tekhnichna elektrodynamika: systemy vymiryuvanna ta rehukuvannya. № 3, st. 123-124 [in Ukrainian]

10. Rozanov, J. K. (1999) *Sovremennyye metodyi regulirovaniya kachestva elektroenergii sredstvami silovoy elektroniki [Modern methods of quality regulation of electricity by means of power electronics], Elektrotehnika [Electrical engineering], №4, pp. 28-32. [in Russian]*

11. Bystrytsky G.F. (2003) *Energosilovoe oborudovanie promyshlennyih predpriyatiy [Industry power equipment]: ucheb. posobie dlya stud. vyissh. ucheb. zavedeniy [benefits for students. Executive. Proc. Institutions] / GF Bystritskii. M.: publishing center "Academy", 304 p. [in Russian]*

Рецензент: Харченко Віктор Федорович, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків.

Автор: ЯКУНІН Олександр Анатолійович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, інженер кафедри електропостачання міст
E-mail Yakunin_AA_KH@mail.ru

Автор: Калугіна Ольга Сергіївна
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, магістр, факультет ЕОМ, спец. ЕСЕ

Автор: Беляк Євгенія Сергіївна,
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, магістр. факультет ЕОМ, спец. ЕСЕ

УПРЕЖДАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И ФИЛЬТРАЦИИ ГАРМОНИК

А.А.Якунин, О.С.Калугіна, Е.С.Беляк

Статья посвящена вопросу применения принципа упреждающего управления и созданию предпосылок для разработки соответствующих устройств. Всесторонне рассмотрено принцип упреждающего управления, выделены его преимущества и недостатки. Также рассмотрены некоторые вопросы реализации активных устройств компенсации реактивной мощности и фильтрации высоких гармоник в ключе их управления..

Ключевые слова: упреждающее управление, компенсация, реактивная мощность, гармоники

ANTICIPATORY MANAGEMENT OF REACTIVE POWER COMPENSATORS AND HARMONICS FILTERS

Olexii A. Yakunin , Olha S.Kaluhina, Yevheniia S. Beliak

The paper purpose description of advantages and questions of anticipatory management of active complexes. The list of questions is made, solving which it is possible to create an active complex. It is observed a reactive power compensators and a filtering of harmonics. The urgency of cases in point is proved by necessity of decrease in current consumption.

In a basis of a technique of anticipatory management methods and means of forecasting, planning, monitoring, the analysis and dynamic systems modelling, and also management optimisation.

Active compensators of the jet powerful it is fathomed difficult automatically operated devices of correction of level of a reactive power.

The active filter of high harmonics name automatically operated filters of high harmonics.

In work leading-outs are resulted that for automatic steering implementation use of a method of anticipatory management, the fact of complexity of working out of the active systems and expediency of the resulted questions is modern.

Keywords: anticipatory management, compensation, a reactive power, harmonics